

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Світлана ГУРКОВСЬКА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

на тему
**«УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ КОКСОВИХ
МАШИН»**

Керівник роботи

Микола ГОЛОТЮК

Консультант від
бази практики

Іван РУБАН

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Олександр ТКАЧЕНКО

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Андрій ГОЛОЯДОВ



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем
Освітньо-кваліфікаційний магістр
рівень
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
ОПП Комп'ютерне конструювання мехатронних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»

Світлана ГУРКОВСЬКА
(прізвище та ініціали) (підпис)

«12» липня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Ткаченка Олександра Юрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи (проєкту) Удосконалення системи позиціонування коксових машин
керівник роботи (проєкту) Голотюк Микола Віталійович, кандидат технічних наук, доцент
кафедри АБЕРС

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

затверджені наказом Університету від 01.07.2024 р. №162/01.07.2024

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з галузевого машинобудування, автоматизації; методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи за тематикою досліджень; літературні джерела, технологічні інструкції, результати власних експериментів та досліджень тощо

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз предметної області. 2. Теоретичні дослідження. 3. Програма, методика та результати експериментальних досліджень (3.1 Аналіз існуючої ситуації позиціонування коксових машин; 3.2 Оптимізація процесів позиціонування застарілих коксових машин). 4. Розділ з економіки. Загальні висновки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу: _____

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Консультант (прізвище, ініціали та посада)
--------	--



1-4	Голотюк М.В., доцент кафедри АБЕРС

7. Дата видачі завдання 05 липня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекта)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	09.09.2024 – 03.11.2024	
2	Розділ 2. Теоретичні дослідження	04.11.2024 – 10.11.2024	
3	Розділ 3. Програма, методика та результати експериментальних досліджень	11.11.2024 – 17.11.2024	
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованих змін	18.11.2024 – 20.11.2024	
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	21.11.2024 – 24.11.2024	
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	25.11.2024 – 27.11.2024	
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	25.11.2024 – 27.11.2024	
8	Рецензування завершеної роботи.	28.11.2024 – 01.12.2024	
8	Захист	02.12.2024 – 07.12.2024	

Здобувач

Ткаченко Олександр Юрійович
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник роботи

Голотюк Микола Віталійович
(прізвище та ініціали)

(підпис)



Анотація

Ткаченко Олександр Юрійович. Моделювання системи позиціонування коксових машин. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». ОПП «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»– ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кам'янське, 2024.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес завантаження шихти та виробництво коксу, зокрема, проблема позиціонування коксових машин.

Предметом дослідження є процес виробництва коксу, зосереджений на аспектах позиціонування коксових машин та його впливу на продуктивність технологічного обладнання.

Мета та завдання. Розробка системи автоматизованого контролю позиціонування коксових машин, де точність позиціонування цих машин впливає на ефективність процесу коксування, знижує ризик аварійних ситуацій і забезпечує оптимальне використання ресурсів.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати існуючі методи позиціонування коксових машин;
2. Вибрати оптимальні системи для коксових машин;
3. Провести теоретичні дослідження використання системи позиціонування коксових машин;
4. Зробити розрахунок економічного ефекту.

У першому розділі досліджено існуючі основні коксові машини, їх основні функції та призначення.

У другому розділі дипломної роботи розглядаються теоретичні основи дослідження, які використовуються в дипломній роботі. На основі проведеного аналізу встановлено, що на кожному етапі виробництва коксу є різні ступені важливості позиціонування. Детально проаналізовано існуючі системи позиціонування в промисловості. Матеріал розділу систематично викладено, враховуючи теоретичні положення та висновки з проведених досліджень, що дозволяє зробити обґрунтовані висновки та рекомендації для вдосконалення існуючих принципів позиціонування.

У третьому розділі дипломної роботи описана існуюча система позиціонування машин коксового цеху. Розроблена програма, методика та надані результати експериментальних досліджень. Надані загальні рекомендації.

У четвертому розділі дипломної роботи розглянуті можливі економічні аспекти та розрахунки для кожного з етапів, де використовується позиціонування. Проведено економічні розрахунки втрат, пов'язаних з втратою часу на позиціонування, помилковим виштовхуванням коксу на колії ЕК, неплановою заміною ділянки колії та ліквідації інших наслідків простою. Визначено, що загальні втрати одного випадку склали 120 000 грн., що також



є економічним ефектом при впровадженні системи контролю позиціонування коксових машин.

Ключові слова: КОКСОВІ МАШИНИ, КОКСОВИШТОВКУВАЧ, ДВЕРЕЗНИМАЛЬНА МАШИНА, ПРОСТОЇ ОБЛАДНЕННЯ, ПОЗИЦІОНУВАННЯ, ДАТЧИК.



ЗМІСТ

Вступ.....	
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 Сучасні схеми виробництва коксу	8
1.2 Основне обладнання коксової батареї	12
1.3. Аналіз сучасних систем управління та позиціонування промислового обладнання	17
1.4. Системи контролю точності переміщень у важкій промисловості	20
1.5. Аналіз теоретичних досліджень	23
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	26
2.1 Механічні методи позиціонування.....	26
2.2 Електромеханічні системи	28
2.3 Електронні та автоматизовані методи позиціонування	29
2.4 Системи з використанням лідарів та 3D-сканерів.....	31
3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
3.1 Аналіз існуючої ситуації позиціонування коксових машин	37
3.2. Оптимізація процесів позиціонування застарілих коксових машин.....	38
4 РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІКИ	42
4.1. Підготовка сировини для коксової печі	42
4.2. Коксування вугілля у печі.....	42
4.3. Охолодження коксу та його вивантаження	43
4.4. Транспортування та доставка готового коксу.....	43
Загальні висновки	
Список використаних джерел.....	46



ВСТУП

Тема дипломної роботи – позиціонування коксових машин – є актуальною в контексті розвитку сучасних промислових технологій, зокрема металургійної галузі. У процесі виробництва коксу, що є важливим компонентом металургійного виробництва, ключовим етапом є ефективна і точна робота коксових машин, які забезпечують переміщення сировини та готового продукту на різних стадіях технологічного циклу. Від якості їх роботи залежить як продуктивність, так і безпека всього виробничого процесу.

Позиціонування коксових машин передбачає визначення та контроль їх точного положення у просторі для виконання відповідних технологічних операцій. Основними задачами є мінімізація похибок, підвищення швидкості та надійності роботи обладнання. У зв'язку з цим виникає потреба у застосуванні сучасних систем позиціонування, які базуються на інноваційних підходах, таких як використання датчиків, систем автоматизації та алгоритмів контролю.

Сучасні технології позиціонування дозволяють значно оптимізувати роботу коксових машин, знижуючи ризик помилок, спричинених людським фактором, а також забезпечують підвищення ефективності використання ресурсів. Удосконалення цих систем сприяє досягненню таких ключових цілей, як зменшення витрат на обслуговування, підвищення точності виконання операцій, скорочення часу технологічного циклу та поліпшення екологічних характеристик виробництва.

У дипломній роботі розглянуто аспекти проектування, впровадження та аналізу систем позиціонування коксових машин. Особлива увага приділена дослідженню сучасних підходів до автоматизації процесу позиціонування, їх перевагам і обмеженням, а також перспективам розвитку.

Метою роботи є обґрунтування вибору та впровадження оптимальних систем позиціонування коксових машин, що відповідають сучасним вимогам до промислового обладнання, та оцінка їх впливу на ефективність виробничого процесу. Для досягнення цієї мети визначено низку завдань: аналіз існуючих методів позиціонування, розробка рекомендацій щодо вдосконалення процесу, проведення експериментальних досліджень з використанням новітніх систем автоматизації.

Актуальність теми зумовлена зростаючими вимогами до точності, ефективності та безпеки технологічного обладнання в умовах швидкого розвитку промислових технологій. Технічні рішення, які будуть запропоновані у цій роботі, можуть бути використані для модернізації коксового виробництва та впровадження інноваційних підходів у металургійній галузі.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Сучасні схеми виробництва коксу

Сучасний кокс виробляють з вугільної шихти в печах коксових, об'єднані в батареї. Кожна батарея складається з 45-75 коксових печей. Кожну піч, за своєю конструкцією, можна розділити на п'ять частин, це: – камера, куди завантажується вугільна шихта, для процесу коксування; – обігрівального простінка, в якому проходять опалювальні канали, де відбувається горіння газу для обігріву стін камери; – системи газорозподільних та повітропідвідних каналів, що подають газ та повітря для опалення печей; – регенераторів для нагрівання повітря та для відведення продуктів горіння; – відповідні, невеликі арматури та механізми для підтримки роботи печі. Кокс за всю історію свого часу отримували двома основними методами: – Шаровим, що здійснюється у горизонтальних камерах, є першим і на даний момент застарілим способом коксування вугільної шихти. – Безперервним, його називають прогресивним методом коксування, у вертикальних камерах коксування. Порівняно з попереднім методом використовується як основний, на теперішній час, через його безперервний час роботи та отримання найбільшої кількості готової продукції. Для зручності експлуатації та підвищення продуктивності праці камери зводяться до батарей. Довжина якої виходить із конкретних умов виробництва, на якому вона встановлена. Схематичне зображення коксової печі в розрізі наведено на рис.1.1.

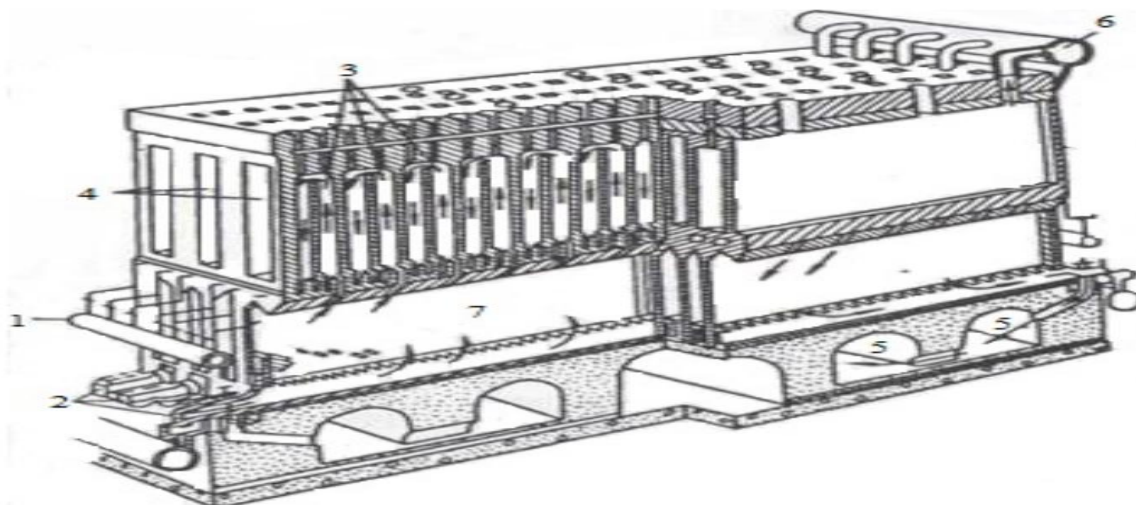



Рисунок 1.1. – Схематичне зображення коксової печі в розрізі
1 – подача повітря; 2 – подача газу; 3 – вертикальні опалювальні канали;
4 – камери коксування; 5 – бора для продуктів горіння; 6 – відведення газоподібних продуктів коксування; 7 – регенератори.



Сама піч має завантажувальні люки, що знаходяться зверху печі, в сучасних камерах, як правило, встановлюється три-чотири таких отвори. Поряд із ними встановлені газовідведення для того, щоб направити продукти коксування в цех уловлювання і які служать для виготовлення іншої продукції та інших потреб на даному підприємстві. Камера щільно закривається з торців спеціальними дверима, для забезпечення герметичності, для недопущення потрапляння зайвого повітря усередину. Після закінчення процесу коксування та зняття дверей готовий продукт виштовхується за допомогою спеціальної штанги з одного боку і висипається у вагонетку з іншого, звідки транспортується для подальшого його гасіння. Обігрівальний простінок, що знаходиться між двома камерами, складається з великої кількості опалювальних каналів, як з 28-32 вертикалів, який між собою розділені глухою перегородкою.

Поділ опалювального простінка на велику кількість вертикалів необхідний для рівномірного обігріву вугільного завантаження, що є умовою отримання коксу хорошої якості та зниження питомої витрати тепла на коксування. Щоб забезпечити належний розподіл температур по довжині і висоті камери, кожен з вертикалів простінка забезпечений пристроями для регулювання кількостей газу і повітря, що надходять до нього.

Калібровані пальники з конфузорними або дифузорними отворами для регулювання кількості коксового газу, що надходить у кожен вертикал при бічному підведенні коксового газу (коли коксовий газ надходить у простінок через горизонтальний канал «корнюр» у вогнетривкій кладці печі вздовж простінка), або що надходить у вертикал газу при нижньому підведенні коксового газу, коли коксовий газ надходить у кожен вертикал по вертикальному корнюру (дюзовому каналу), а до простінку підводиться по металевій розподільній трубі, розташованій в тунелі під регенераторами коксових печей .

Схема руху потоків стисненого повітря в опалювальному каналі зображено на рис. 1.2.

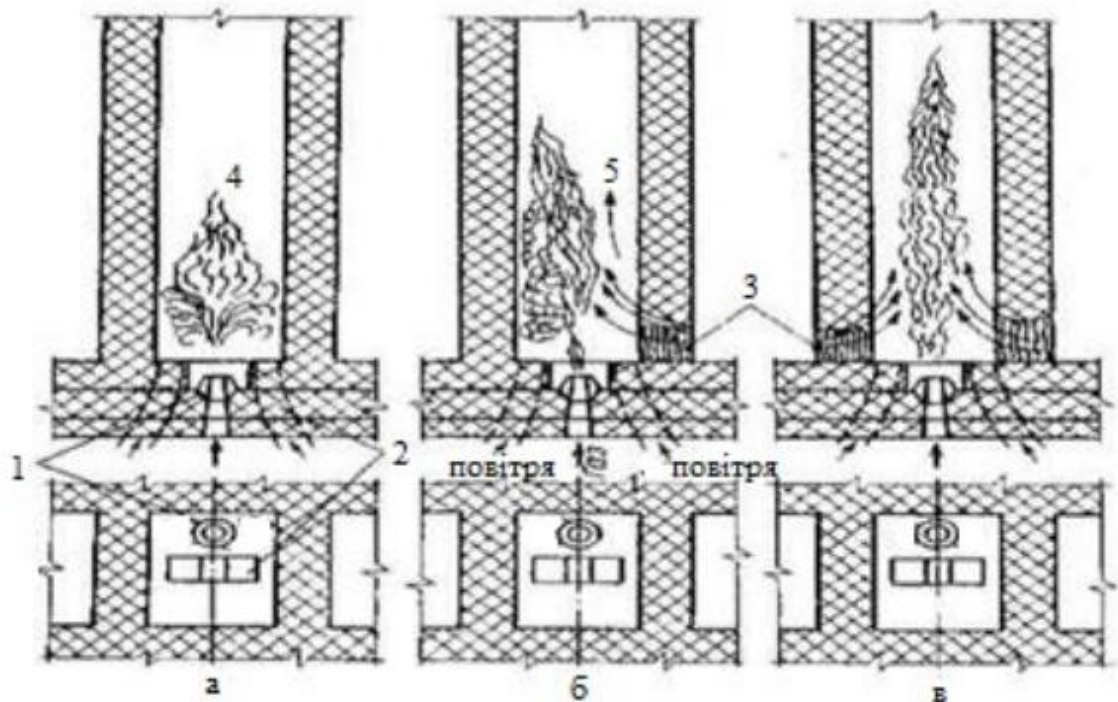



Рисунок 1.2 – Схема руху потоків стисненого повітря в опалювальному каналі 1 – пальник; 2 – сполучені канали; 3 – циркуляційні вікна; 4 – факел горіння; 5 – напрямок руху газових потоків; а – без рециркуляції повітря; б – одностороння рециркуляція; в – двостороння рециркуляція.

Коксовий або доменний газ подається в кожен простінок через розподільний газопровід, забезпечений пристроями для регулювання та відключення подачі газу в кожне простінок. Повітря всмоктується в обігрівальні простінки через газоповітряні клапани, що також мають пристрої для регулювання його надходження. Регенератори, заповнені фасонною насадкою, зумовлюють періодичну зміну напрямку руху газів в системі обігріву на протилежне. Ця зміна напрямку забезпечується спеціальним пристроєм. Регенератори, що працюють на нагріванні повітря, та вертикали, в яких згоряють гази, перемикаються відповідно на нагрівання насадки та прийом продуктів горіння. Газоповітряні клапани, через які в регенератори надходило повітря, перемикаються на прийом продуктів горіння з регенератора та передачу їх у борів і далі в димову трубу. При обігріві доменним газом та частина газоповітряних клапанів, якими у регенератори надходив газ, перетворюється на прийом продуктів горіння, інші клапани переключаються на подачу доменного газу регенератори. Таким чином, вся опалювальна система половину часу працює на вихідному потоці, а половину – на спадному. Коксовий газ подається в



кожен простінок через розподільний газопровід, який у свою чергу регулюється до повного припинення подачі - вентилями. Для процесу горіння також необхідне повітря, яке в свою чергу подається через спеціальні клапани, які регулюються окремими вентилями. Це виходить з того, що за умови зупинки подачі газу на будь-якій з ділянок обігріву, кам'яна кладка, з якої складаються стіни печі, починає дуже швидко остигати, у свою чергу це впливає на цілісність конструкції, аж до її виведення з ладу.

Сутність процесу коксування Коксування - це процес нагрівання вугільної шихти при температурах від 900 до 1100 °С з метою одержання коксу, а також коксового газу. Перед високотемпературним коксуванням вугільної шихти проходить сушіння, вона здійснюється при температурах 100-110 °С, вона служить для видалення зайвої вологи та газів з матеріалу та сприяє його переходу в пластичний стан. Пористість під час такого стану сприяє виходу газів у газовідведення, що допомагає усадці вугільної шихти. При її спіканні відбувається затвердіння маси та зміцнення коксу. Відповідно до зміни швидкості видалення летких речовин, швидкість усадки спочатку зростає, а потім знижується.

Для процесу коксування характерно послідовне у кожному шарі збільшення швидкості усадки, та був її зменшення. Отже, у суміжних шарах, що знаходяться на різних стадіях процесу коксування, швидкість усадки буде різною. Різниця швидкості усадки та різниця температур є однією з причин виникнення при коксуванні внутрішньої напруги та утворення тріщин, від яких в кінцевому підсумку залежить ситовий склад коксу. Утворюється вугільна пластична маса у процесі високої термічної обробки вугілля. Якість її залежить від обраної вугільної шихти, її подрібнення, щільності, вологи, температури та інших факторів.

Тиск вугільного завантаження на вогнетривку кладку в процесі коксування називають тиском коксування. Він служить однією з причин тугого ходу коксового пирога, при його виштовхуванні є однією з проблем буріння коксової печі, його запобіганням служить усадка готового коксу. Пік його приходить на початок коксування, перші кілька годин, після належного нагрівання коксового пирога він трохи відходить від стін печі, послаблюючи тиск, проте не тільки це впливає на тиск коксування, також чим вище була зроблена щільність завантаження, тим менше усадка і навпаки. При збільшенні швидкості коксування усадка знижується, при цьому тріщину коксу збільшується [1, 2].



1.2 Основне обладнання коксової батареї

До основного обладнання коксової батареї входять: машини вуглезавантажувальні (вагон), коксовиштовхувачі, машини дверізімальні та вагон коксогасильний. Взаємозв'язок між машинами здійснюється в такий спосіб: Вуглезавантажувальний вагон, набравши чергову порцію шихти під вугільною баштою, транспортує її до камери, що підлягає завантаженню. Під час сходу шихти із середнього бункера машиніст вуглезавантажувального вагона дає сигнал машиністу коксовиштовхувача на подачу в піч планірної штанги для розрівнювання шихти.

Видача коксу з камери проводиться коксовиштовхувачем, сигнал на виштовхування коксового пирога дає машиніст електровоза тушильного вагона, коли направляюча ванна дверей знімної машини всунута в піч з коксового боку і вагон тушкований готовий до прийому коксу. Робота обслуговуючих машин суворо взаємопов'язана за часом. Механізми коксових машин приводяться в дію від електродвигунів змінного струму напругою 380 В та постійного струму напругою 220 В. Живлення машин здійснюється через тролів, прокладені по довжині коксової батареї. Тролеї вуглезавантажувального вагона можуть розташовуватися з коксової сторони на рівні близько 5 м від верху печей або проходити на тій самій висоті в центрі батареї. Тролеї коксовиштовхувача знаходяться або із зовнішнього боку стінки тунелю батареї, або на кронштейнах під газозбірником. Тролеї двознімної машини розташовані на кронштейнах, що кріпляться до верхньої частини анкерних колон. Тролеї електровоза тушильного вагона розташовуються, як правило, із зовнішнього боку стінки тунелю.

Вагон коксогасильний призначений для прийому розпеченого коксу з коксової печі, транспортування розпеченого коксу до вежі мокрогасіння, транспортування та розвантаження охолодженого коксу на коксову рампу. Залежно від місткості камер коксування, що обслуговуються, вагони виготовляються для печей місткістю від 21,6 м³ до 41,6 м³. Управління гальмами, затворами, приймальними патрубками здійснюється оператором із кабіни електровоза. Пересування коксотушильного вагона здійснюється електровозом.



Рисунок 1.3 – вагон коксогасильний

Коксогасильний вагон є незамінним елементом у процесі виробництва коксу. Він забезпечує безпечне транспортування гарячого коксу, захищаючи навколишнє середовище від забруднення, і сприяє стабільності виробничих процесів, а також ефективному гасінню матеріалу

Коксовиштовхувач призначений для виштовхування коксу з печей коксової батареї.

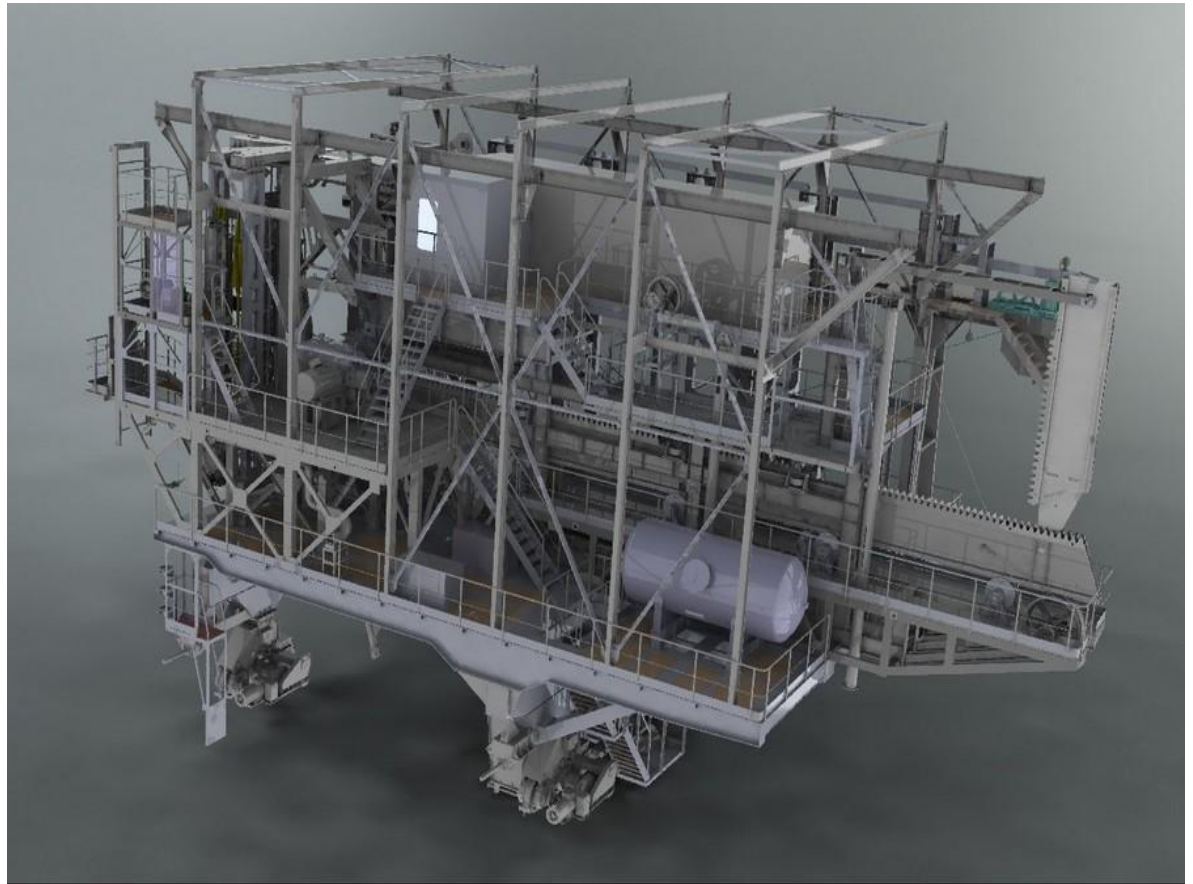


Рисунок 1.4 – коксовиштовкувач.

Машина проводить основні операції на машинній стороні батареї: знімання/встановлення дверей коксової печі, виштовхування коксу з печі, планування вугільної шихти. Машина забезпечена механізмами, що виконують допоміжні операції: випалювання графіту зі склепіння печі, чищення дверей і рам, відкриття/зачинення дверцят планірного люка, прийом, зберігання та вивантаження шихти, що вноситься з печі при плануванні, підйом – опускання персоналу обслуговуючого дверцят коксових.

Дверезнімальні машини призначені для обслуговування коксової сторони батареї. Основні операції, що виконуються машиною в залежності від виконання: знімання/встановлення дверей, підведення/відведення коксонаправляючої корзини до печі, спрямоване сходження коксу в коксотушільний вагон, чистку дверей і рам, уловлювання пилогазової суміші, прибирання коксу, що прокидається. Конструктивно машини традиційного компонування складаються з двох частин – дверей і коксонаправляючої, з'єднаних між собою зчіпкою.

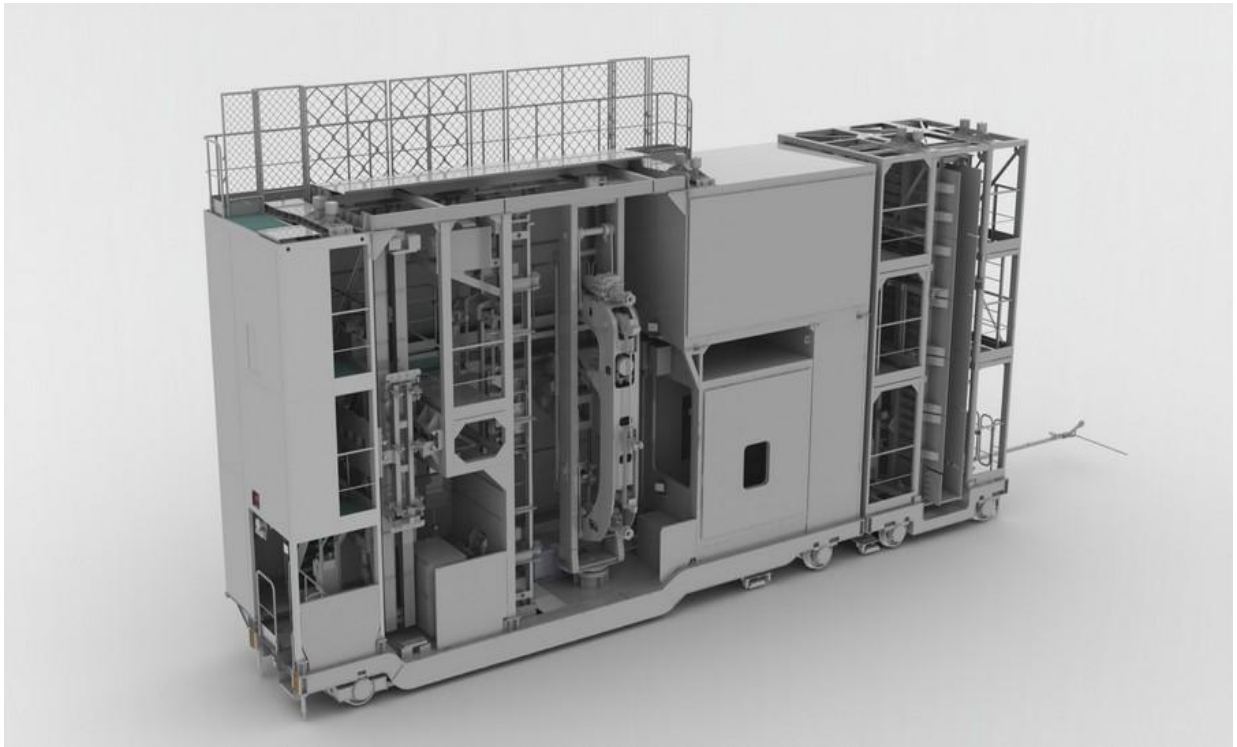


Рисунок 1.5 – дверезнімальна машина

Дверезнімальні машини є важливим елементом автоматизації коксового виробництва. Їхнє використання забезпечує ефективність, безпеку та екологічність роботи коксових батарей, сприяючи підвищенню продуктивності та зниженню виробничих витрат.

Вуглезавантажувальний вагон — це спеціалізований транспортний засіб, призначений для перевезення, тимчасового зберігання та завантаження вугілля в коксові печі. Він є важливою ланкою в технологічному циклі коксового виробництва, забезпечуючи рівномірне та точне подавання сировини.



Рисунок 1.6 - вуглезавантажувальний вагон

Вагон обладнаний спеціальними пристроями, які забезпечують рівномірне заповнення завантажувальних отворів коксових печей для оптимального протікання процесу коксування. Сучасні вагони оснащуються системами автоматичного зважування, що дозволяє точно дозувати об'єм вугільної шихти для кожної печі. Забезпечення герметичного транспортування вугілля, щоб уникнути втрат сировини та зменшити запиленість навколишнього середовища. Вуглезавантажувальні вагони інтегруються в автоматизовані системи управління, що дозволяє керувати їх роботою дистанційно та забезпечує високу точність позиціонування над завантажувальними отворами.:

Вуглезавантажувальний вагон відіграє ключову роль у процесі виробництва коксу. Його правильна експлуатація та модернізація сприяють підвищенню продуктивності, зменшенню втрат сировини та дотриманню екологічних стандартів.



1.3 Аналіз сучасних систем управління та позиціонування промислового обладнання

Системи управління та позиціонування є ключовими елементами сучасного промислового виробництва, забезпечуючи високу точність, ефективність і надійність технологічних процесів. Їх розвиток визначає не лише продуктивність обладнання, але й рівень автоматизації виробництва, відповідність стандартам якості та безпеки.

Сучасна промисловість вимагає надзвичайно високої точності під час виконання технологічних операцій. Від цього залежить якість кінцевого продукту, зниження витрат матеріалів, енергоресурсів і часу на виконання завдань. Зокрема, у важкій промисловості, такій як металургія, хімічне виробництво або машинобудування, системи позиціонування є вирішальними для стабільності процесів і мінімізації аварійних ситуацій.

Потреба в ефективному позиціонуванні зростає разом із ускладненням виробничих операцій. Наприклад, у коксових машинах точне розташування завантажувальних, ущільнюючих і видавальних механізмів впливає не лише на продуктивність, але й на ресурс обладнання, оскільки будь-яке відхилення може призвести до нерівномірного навантаження або пошкодження компонентів.


Системи позиціонування складаються з комплексу апаратних і програмних компонентів, що працюють у тісній взаємодії. Апаратна частина зазвичай включає датчики положення (індуктивні, оптичні, магнітні), приводи (електричні, гідравлічні, пневматичні) і контролери. Датчики фіксують поточний стан або координати елементів обладнання, а приводи забезпечують їх рух у заданому напрямку.

Програмна частина таких систем відповідає за реалізацію алгоритмів керування, зокрема регулювання положення, швидкості або сили впливу. Інтеграція штучного інтелекту та методів машинного навчання відкриває нові можливості для адаптації системи до змін у навколишньому середовищі або умовах роботи. Наприклад, алгоритми самонавчання дозволяють системам покращувати точність позиціонування без необхідності втручання оператора.

Різні підходи до побудови систем управління використовуються залежно від складності та вимог до обладнання:

- 1) класичні системи на основі PID-регуляторів. PID-регулятори залишаються найбільш поширеними завдяки простоті та надійності. Вони ідеально підходять для завдань, де точність і швидкість позиціонування мають сер едній рівень вимог.

Приклад: Управління конвеєрними стрічками в пакувальній промисловості.



2) адаптивні системи управління. Такі системи можуть змінювати свої параметри в режимі реального часу залежно від змін у середовищі.

Приклад: Адаптивне управління роботами в умовах змінної температури або вібрацій.

3) системи з використанням нечіткої логіки. Використовуються у складних системах, де точний математичний опис процесу є неможливим.

Приклад: Автоматизоване управління вантажними кранами в портах, де враховується напрямок і швидкість вітру.

Одним із провідних прикладів є застосування системи контролю позиціонування в коксових машинах, де використовується поєднання оптичних датчиків і електричних приводів. Це дозволяє забезпечити точне розташування машини під час завантаження коксу у камери.

У машинобудуванні активно використовуються роботи KUKA, які оснащені високоточними системами позиціонування. Вони можуть працювати в умовах високих температур і здійснювати операції з точністю до мікронів.

Централізовані системи управління використовуються для координації роботи великої кількості елементів, тоді як децентралізовані забезпечують більшу гнучкість і надійність, оскільки збої в одному вузлі не впливають на роботу всієї системи.

світовій практиці існує низка успішних прикладів застосування сучасних систем позиціонування. Наприклад, компанії Siemens і ABB розробляють автоматизовані рішення для важкої промисловості, які забезпечують точність позиціонування до мікрометрів. У коксових машинах використовуються інтелектуальні контролери, здатні прогнозувати необхідні корекції руху на основі даних, отриманих із сенсорів.

Завдяки Індустрії 4.0, сучасні системи позиціонування інтегруються з технологіями інтернету речей, що дозволяє здійснювати моніторинг і управління в реальному часі. Це зменшує кількість простоїв і підвищує ефективність роботи обладнання.

Для оцінки ефективності систем позиціонування використовують такі ключові показники: точність, вимірюється як відхилення фактичного положення від заданого; швидкість, визначає час, необхідний для переміщення до потрібної точки; стабільність, показує, наскільки добре система підтримує задане положення.

Надійність таких систем залежить від багатьох факторів, включаючи якість компонентів, умови експлуатації та коректність алгоритмів керування.

Розробники сучасних систем позиціонування стикаються з низкою проблем, серед яких:

- високі вимоги до точності в умовах вібрацій, температурних коливань і агресивного середовища;



- забезпечення швидкої реакції системи на зміни параметрів навколишнього середовища;
- висока вартість інтеграції інноваційних рішень.

Майбутнє систем управління позиціонуванням тісно пов'язане з використанням новітніх технологій, таких як робототехніка, машинне навчання та великі дані. У перспективі можна очікувати створення самонавчаючих систем, які зможуть автоматично адаптуватися до змін у технологічному процесі без втручання людини.



1.4 Системи контролю точності переміщень у важкій промисловості

Важка промисловість є однією з найважливіших галузей економіки, забезпечуючи фундамент для розвитку енергетики, транспорту, будівництва та інших секторів. У цьому контексті точність переміщень механізмів та обладнання відіграє вирішальну роль у забезпеченні ефективності виробничих процесів, зниженні витрат та підвищенні якості продукції.


Системи контролю точності переміщень, що використовуються у важкій промисловості, мають специфічні вимоги. Ці системи повинні функціонувати у складних умовах – за високих температур, у середовищах із хімічною агресивністю або у випадках, коли обладнання піддається значним механічним навантаженням. Для виконання цих завдань інженери розробляють комплексні рішення, що поєднують датчики, виконавчі механізми, алгоритми управління та засоби моніторингу.

Системи контролю точності переміщень є складними інженерними рішеннями, які об'єднують різні технічні елементи для забезпечення максимальної точності роботи обладнання. До основних компонентів таких систем належать датчики, виконавчі механізми, контролери та програмне забезпечення. Кожен із цих елементів має свою роль у забезпеченні функціональності системи.

Датчики – це "очі" системи, які збирають інформацію про поточне положення, швидкість та переміщення елементів. Наприклад, лазерні датчики використовуються для вимірювання відстаней та кутів з високою точністю, що особливо важливо у прокатних станах металургії. Інкрементальні та абсолютні енкодери допомагають визначати положення, зберігаючи точність навіть після збоїв у живленні. Гіроскопи та акселерометри застосовуються для вимірювання кутової швидкості та прискорення, наприклад, у будівельній техніці для контролю стабільності платформ.

Виконавчі механізми реалізують рух відповідно до команд контролера. Для важких умов використовують гідравлічні системи, які забезпечують велику силу переміщення, наприклад, у маніпуляторах для переміщення розпеченого металу. Електричні сервоприводи відповідають за точність руху, що особливо актуально для роботизованих маніпуляторів. Пневматичні приводи, які часто використовуються у конвеєрах, забезпечують швидкість, але поступаються точністю іншим типам механізмів.

Контролери є "мозком" системи. Вони обробляють дані від датчиків, приймають рішення та керують виконавчими механізмами. Наприклад, програмовані логічні контролери (PLC) керують складними системами у режимі реального часу, зокрема роботизованими складальними лініями.



Програмне забезпечення адаптує алгоритми під специфіку завдань, а інтерфейси моніторингу дозволяють операторам відслідковувати стан системи та змінювати параметри роботи.

Усі компоненти повинні працювати разом, як єдиний механізм. Для цього використовуються стандартизовані інтерфейси, такі як Modbus або EtherCAT, та централізовані системи управління. Наприклад, на сучасних металургійних заводах інтегровані системи синхронізують роботу печей, прокатних станів і транспортерів, що забезпечує точність та продуктивність.

Таким чином, системи контролю точності переміщень є важливою складовою у роботі важкого промислового обладнання, від якої залежить ефективність, безпека та економічність виробничих процесів. Розвиток цих технологій сприяє автоматизації та підвищенню продуктивності у різних галузях промисловості.

Сучасні системи управління і контролю точності переміщень промислового обладнання мають значні переваги, але водночас вони мають певні обмеження, які необхідно враховувати при їхньому впровадженні.

Однією з головних переваг є висока точність і стабільність роботи. Завдяки використанню лазерних, оптичних, магнітних датчиків та сучасних алгоритмів управління ці системи забезпечують мікронну точність переміщення. Наприклад, у верстатах із числовим програмним керуванням така точність дозволяє обробляти деталі з мінімальними допусками.


Автоматизація процесів також є вагомою перевагою. Використання автоматизованих рішень зменшує потребу у втручанні людини, що підвищує ефективність і безпеку роботи. Наприклад, роботизовані системи на виробничих лініях працюють безперервно, забезпечуючи високу продуктивність.

Іншою важливою характеристикою є здатність систем до адаптації. Використання штучного інтелекту дозволяє їм пристосовуватися до змінних умов експлуатації. Наприклад, зварювальні роботи можуть автоматично коригувати параметри залежно від матеріалу чи навколишніх умов.

Енергоефективність є ще однією перевагою. Новітні системи оптимізовані для зниження енергоспоживання. Так, електричні сервоприводи з функцією рекуперації енергії значно зменшують витрати на електроенергію.

Однак, поряд із перевагами є й обмеження. Висока вартість впровадження є одним із ключових недоліків. Сучасне обладнання вимагає значних інвестицій, особливо на етапах проектування та встановлення. Наприклад, роботизовані маніпулятори можуть бути доступними лише великим підприємствам.

Ще одним недоліком є складність обслуговування. Такі системи потребують кваліфікованого персоналу для налаштування та ремонту.



Наприклад, обслуговування верстатів із числовим програмним керуванням потребує фахівців, які добре розуміють як програмування, так і електроніку.

Чутливість до умов експлуатації також може бути проблемою. Наприклад, лазерні датчики можуть втратити точність через забруднення або високу температуру, що є типовим для металургійної промисловості.

Ще одним суттєвим обмеженням є залежність від електропостачання. У разі перебоїв у живленні системи можуть вийти з ладу, якщо вони не мають резервного джерела живлення.

Обмежена сумісність із застарілим обладнанням також створює проблеми. Впровадження новітніх технологій може вимагати модернізації існуючої інфраструктури, що збільшує загальні витрати.

Нарешті, використання інтелектуальних систем підвищує ризики кібератак. У разі злому таких систем можна втратити дані або повністю зупинити роботу обладнання.

Таким чином, сучасні системи контролю та управління мають значний потенціал для підвищення ефективності роботи промислового обладнання. Однак, для їхнього успішного впровадження необхідно враховувати як переваги, так і обмеження, розробляючи стратегії, які дозволять мінімізувати ризики та максимізувати вигоди.

Майбутнє систем контролю точності переміщень пов'язане з інтеграцією штучного інтелекту, машинного навчання та інтернету речей. Такі системи зможуть не лише виконувати операції з високою точністю, але й аналізувати роботу обладнання, прогнозувати його знос і оптимізувати процеси в реальному часі.



1.5 Аналіз теоретичних досліджень

Системи позиціонування коксових машин є важливою частиною в коксохімічних виробництвах, оскільки вони забезпечують точне та ефективне переміщення машин для виконання різних операцій, таких як завантаження і вивантаження коксу, а також контроль за його переміщенням на всіх етапах виробництва. Враховуючи, що коксові машини працюють в умовах високих температур і агресивних газових середовищ, точність і надійність таких систем є надзвичайно важливими.

У цьому розділі здійснюється огляд наукових досліджень і існуючих розробок у сфері моделей і систем позиціонування коксових машин, а також оцінюються їх ефективність і проблеми, з якими стикаються інженери при їхньому впровадженні.


У коксохімічних виробництвах важливими завданнями є забезпечення високої точності позиціонування машин, що працюють в умовах значних температурних коливань, агресивних газових середовищ і підвищених механічних навантажень. У наукових дослідженнях відзначаються кілька основних підходів до реалізації таких систем.

Це один із популярних методів для визначення точного положення коксових машин. Індукційні датчики дозволяють досягти високої точності без необхідності використання механічних частин, що піддаються зношуванню. Ці системи дозволяють автоматично контролювати рух коксових машин та можуть бути ефективними навіть за умов високих температур.

Лазерні технології відомі своєю високою точністю та здатністю працювати на великих відстанях. Це дозволяє здійснювати точну навігацію коксових машин у межах коксових батарей, а також автоматично коригувати траєкторію руху в реальному часі.

Для визначення координат коксових машин на великих площах використовуються глобальні навігаційні системи, хоча цей метод має свої обмеження, пов'язані з ефективністю сигналу в умовах перешкод або поганої видимості.

Дослідники, які займаються розробками в цій сфері, включають: Т. Р. Ісаков (2016), який вивчав використання індукційних датчиків для позиціонування мобільних машин у важких промислових умовах, зазначаючи їх високу надійність і точність; М. А. Ковальчук (2019) описав застосування лазерних технологій у коксових виробництвах, особливо під час управління рухом машин на великих територіях; А. В. Савченко (2018) досліджував використання глобальних навігаційних систем для моніторингу та управління рухом техніки на заводах, включаючи коксові машини, та аналізував обмеження цієї технології у специфічних умовах [11, 12].



Один із ключових напрямків досліджень — створення математичних моделей, які дозволяють оцінювати і прогнозувати ефективність роботи систем позиціонування коксових машин. Це важливо для точного управління процесами і підвищення ефективності виробництва.

Використання алгоритмів оптимізації дозволяє забезпечити ефективне управління рухом коксових машин. Такі алгоритми допомагають зменшити енергоспоживання машин і знижують їх знос. Одним із прикладів є адаптивні алгоритми управління, які автоматично коригують рух машини залежно від змінних умов, таких як швидкість переміщення або навантаження.

Вони дозволяють забезпечити точне коригування руху машин за допомогою постійного контролю з боку датчиків. Це дозволяє зберігати високу точність позиціонування навіть за змінних умов експлуатації.

Дослідники, що займаються цією темою: В. Б. Козлов (2017) розробив математичні моделі для управління рухом коксових машин, що включають адаптивні алгоритми корекції траєкторії, засновані на умовах реального часу, С. М. Прокопенко (2020) досліджував використання систем зворотного зв'язку для підвищення точності позиціонування на основі комбінованих датчиків і алгоритмів корекції [13, 14].

Системи позиціонування коксових машин часто є частинами більших автоматизованих систем, які взаємодіють із різними елементами виробничого процесу, такими як системи моніторингу, управління технологічними процесами та діагностики.


У сучасних коксохімічних заводах використовуються централізовані системи управління, які дозволяють контролювати не тільки рух коксових машин, а й забезпечувати їх взаємодію з іншими частинами технологічного процесу. Це дозволяє автоматично налаштовувати параметри роботи в залежності від змінних умов.

Модульні підходи дозволяють ефективно змінювати і налаштовувати систему в разі необхідності. Це дає можливість здійснювати модернізацію і оптимізацію роботи системи без значних витрат на переробку всієї інфраструктури.

Дослідники, які досліджують інтеграцію систем позиціонування: І. В. Мельников (2018) аналізував інтеграцію систем позиціонування з іншими компонентами автоматизації на коксохімічних підприємствах, підкреслюючи важливість адаптивних систем управління для оптимізації роботи. О. П. Бойко (2020) розробляв модульні підходи до інтеграції сенсорних технологій в загальні автоматизовані системи, що забезпечують інтеграцію руху коксових машин з іншими елементами виробництва [15, 16, 17].

Попри досягнення в розробці систем позиціонування коксових машин, існує кілька технічних і практичних проблем, які потребують вирішення.

Однією з основних проблем є вплив високих температур на точність і надійність датчиків, які використовуються для позиціонування машин.



Наприклад, лазерні та оптичні датчики можуть втратити точність через перегрів або контакт з агресивними газами, що виробляються під час коксування.

Коксові машини працюють в умовах значних механічних навантажень, що призводить до швидкого зношування компонентів. Це може негативно впливати на точність позиціонування, оскільки зношені частини не можуть точно виконувати свої функції.

Оскільки коксові машини працюють в агресивних умовах, система позиціонування повинна бути надійною і безпечною. У разі збоїв у системі можуть статися серйозні аварії, які спричиняють значні економічні та екологічні збитки.

Незважаючи на існуючі проблеми, технології позиціонування коксових машин продовжують розвиватися.

З розвитком штучного інтелекту і машинного навчання, системи позиціонування можуть самостійно адаптуватися до змінних умов і передбачати проблеми, що можуть виникнути в майбутньому. Це дозволить автоматизувати процеси ще більше і підвищити точність роботи.

Важливим напрямком розвитку є створення нових типів датчиків, які можуть працювати в умовах високих температур і механічних навантажень. Ці датчики дозволять покращити точність позиціонування коксових машин в агресивних середовищах.

Впровадження технологій 5G і IoT забезпечить безперебійний зв'язок між коксовими машинами та центральними системами управління, що дозволить здійснювати моніторинг і контроль у реальному часі.

Отже, аналіз існуючих досліджень показує, що, попри значні досягнення в розробці систем позиціонування коксових машин, є ще багато проблем, які необхідно вирішити для забезпечення більшої точності, надійності та ефективності таких систем. У той же час, технології, що розвиваються, відкривають нові можливості для вдосконалення системи позиціонування в коксохімічній



2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Позиціонування коксових машин є важливим елементом у технологічному процесі виробництва коксу, адже забезпечує точне розташування обладнання для виконання операцій завантаження, видачі та обслуговування коксових камер. Існуючі методи та механізми позиціонування можна умовно поділити на традиційні, засновані на механічних принципах, і сучасні, що використовують електроніку та автоматизацію.

2.1 Механічні методи позиціонування

Механічний метод позиціонування коксових машин

Механічний метод позиціонування є найпростішим і найдоступнішим способом забезпечення точного розташування коксових машин у процесі виконання технологічних операцій. Цей підхід базується на використанні фізичних обмежувачів, направляючих елементів і простих механічних пристроїв.


Основні елементи механічного позиціонування

Рейкові напрямні. Коксові машини переміщуються по спеціально прокладених рейках. Рейки задають фіксовану траєкторію руху машини, запобігаючи її відхиленню. Відстань між рейками ретельно вимірюється під час монтажу, що забезпечує збереження заданої траєкторії протягом усього часу експлуатації. К перевагам віднесемо стабільність руху та простоту конструкції. К недолікам – знос рейок через постійне навантаження, необхідність регулярного обслуговування та вирівнювання.

Механічні стопори це фіксуючі пристрої, які встановлюються у місцях зупинки коксової машини. Вони забезпечують її точне розташування для виконання технологічних операцій, наприклад, завантаження сировини або видачі коксу. Бувають пружинні: використовують пружинний механізм для амортизації і точної зупинки або з зубчастими зачепами: забезпечують нерухоме закріплення машини в обраній точці. К перевагам вноситься точність у заданих позиціях. К недолікам відносять ризик заклинювання через механічні пошкодження чи забруднення.

Уздовж траєкторії руху машини встановлюються фізичні маркери (наприклад, металеві або фарбовані позначки), які вказують на необхідні точки зупинки. Оператор вручну контролює положення машини, орієнтуючись на ці маркери. Переваги: низька вартість впровадження. Недоліки: висока залежність від людського фактора, знижена точність.

Також встановлюються обмежувачі руху. Це фіксовані фізичні бар'єри, які обмежують можливе відхилення машини від траєкторії. Вони встановлюються уздовж рейкових шляхів або в місцях максимального і мінімального положення машини. Переваги: запобігання виходу машини за



межі робочої зони. Недоліки: механічний знос і ризик пошкодження конструкції при сильних ударах.

Принцип роботи механічного методу

1. Коксову машину приводять у рух за допомогою механічної тяги або приводу.

2. Її положення контролюється завдяки жорсткій фіксації траєкторії рейковими напрямними.

3. У місцях зупинки використовуються стопори або оператори вручну визначають потрібну позицію за маркерами.

4. Для стабілізації машини на позиції застосовуються фіксатори або додаткові обмежувачі.

Переваги механічного методу

-Простота конструкції: Не потребує складного обладнання чи електроніки.

-Низька вартість: Мінімальні витрати на встановлення та експлуатацію.

-Довговічність: У разі належного обслуговування механічні компоненти можуть служити тривалий час.

Недоліки механічного методу

-Низька точність: Залежність від зносу рейок, стопорів та інших елементів.

-Висока залежність від людського фактора: Необхідність постійного контролю оператором.

-Складність у масштабуванні: Обмежена гнучкість при адаптації до нових умов або модернізації виробництва.

-Потреба в регулярному обслуговуванні: Частий ремонт і вирівнювання рейкових шляхів через інтенсивну експлуатацію.

Сьогодні механічні системи позиціонування застосовуються переважно на невеликих або застарілих підприємствах, де модернізація обладнання є фінансово складною. Однак вони часто комбінуються з іншими методами, наприклад, електронними датчиками або системами контролю, для підвищення точності та ефективності роботи.



2.2 Електромеханічні системи

Електромеханічний метод позиціонування базується на поєднанні механічних компонентів з електроприводами та сенсорами, що дозволяє підвищити точність і автоматизувати процес управління положенням машини. Цей підхід є більш сучасним порівняно з чисто механічним і забезпечує надійність у складних виробничих умовах.

Основні компоненти електромеханічного методу

Електроприводи є ключовим елементом цього методу. Вони забезпечують рух коксової машини по рейкових напрямних із можливістю точного регулювання швидкості та позиції. Мають такі типи приводів: Постійного струму: забезпечують точне регулювання швидкості. Асинхронні з інверторами: дозволяють плавно змінювати швидкість і потужність. К перевагам відносять: стабільність роботи, легкість у програмуванні режимів руху.


Електромеханічні системи використовують датчики для контролю положення машини у реальному часі. Вони допомагають автоматизувати процес і забезпечують точність позиціонування. Бувають наступні типи датчиків: Механічні кінцеві вимикачі котрі сигналізують про досягнення заданої позиції машини. Оптичні датчики: визначають положення машини за допомогою світлових сигналів. Магнітні датчики: реагують на встановлені магнітні мітки вздовж рейкового шляху. К функціям датчиків відносять вимірювання поточного положення, контроль швидкості та зупинки, зворотний зв'язок з системою управління.

Для точної зупинки машини використовуються електромагнітні або механічні гальма. Вони забезпечують стабільну фіксацію машини у необхідній точці після зупинки. Електромагнітні гальма активуються електричним сигналом. Пружинні механічні- спрацьовують після знеструмлення системи для запобігання мимовільного руху.

На більш сучасних підприємствах є програмовані логічні контролери (PLC) PLC використовуються для автоматизації управління всією системою. Вони отримують дані від датчиків, обробляють їх і керують приводами, забезпечуючи точність і ефективність роботи. К основним функціям PLC відносять обробку сигналів від датчиків, контроль руху та швидкості машини, аварійне вимкнення при виявленні несправностей.

Принцип роботи електромеханічного методу

1. Коксову машину приводять у рух електроприводи, керовані системою автоматизації.
2. Датчики положення безперервно відстежують координати машини.
3. При досягненні заданої точки система зупиняє приводи, активує гальма і фіксує машину на позиції.



4. У разі відхилень або перешкод контролери вносять корективи у рух, забезпечуючи високу точність.

К перевагам електромеханічного методу відносять високу точність як поєднання сенсорів і електроприводів мінімізує похибки позиціонування, автоматизацію, котра значне зменшує залежності від людського фактора, ефективність на прикладі швидкого переміщення машини без втрат на ручне управління. А також надійність, як захист від механічного зносу завдяки плавному руху і контрольованим зупинкам.

Але також присутні недоліки даного методу. А саме: висока вартість впровадження, Необхідність установки електроприводів, датчиків і систем автоматизації; складність обслуговування, постійна потреба у спеціалізованому технічному персоналі; Залежність від енергопостачання, тобто система не працює без стабільного електроживлення.

Приклади застосування:

1. Кінцеві вимикачі з приводами. Машини зупиняються у певних точках, коли датчик кінцевого положення подає сигнал на привід.

2. Магнітні маркери і датчики. Маркери встановлюються на рейкових шляхах, а магнітні датчики на машині зчитують їх і сигналізують системі управління.

3. Інтеграція з PLC. Автоматизовані системи дозволяють програмувати рух машини залежно від завантаження або операційного стану.

Перспективи розвитку:


- Інтеграція з оптичними або ультразвуковими системами для більшої точності.
- Використання бездротових датчиків для зниження вартості обслуговування і підвищення гнучкості.
- Поєднання з інтернетом речей (IoT) для дистанційного моніторингу і управління.

Електромеханічний метод є універсальним і широко застосовується на підприємствах, де потрібно поєднати точність, автоматизацію та економічну доцільність.

2.3 Електронні та автоматизовані методи позиціонування

Електронний метод позиціонування базується на застосуванні сенсорів, електронних систем керування та програмного забезпечення для автоматизації руху та точного визначення положення коксових машин у реальному часі. Цей підхід є сучасним і забезпечує високу точність, швидкість і автономність роботи обладнання, мінімізуючи вплив людського фактора.

Основні компоненти електронного методу:



1. Сенсори положення. Використовуються для безперервного контролю координат машини на рейкових шляхах або іншій траєкторії руху. Мають наступні типи сенсорів, такі як: оптичні датчики, котрі вимірюють відстань або положення за допомогою лазерного чи інфрачервоного випромінювання; індуктивні датчики, котрі реагують на металеві об'єкти або спеціальні мітки; ультразвукові датчики, котрі використовують звукові хвилі для визначення відстані до об'єкта; GPS/ГНСС-системи які використовуються для позиціонування на великих відкритих територіях.

Відмічаємо наступні функції сенсорів:

- Точне визначення координат;
- Виявлення перешкод;
- Сигналізація про досягнення заданої позиції.

2 Системи зворотного зв'язку. Електронні системи використовують дані від сенсорів для коригування руху в реальному часі.

Зворотний зв'язок забезпечує постійний контроль за швидкістю та положенням, автоматичну корекцію траєкторії. К прикладам можна віднести енкодери (для точного вимірювання обертання приводів), лінійні резольвери. Програмовані логічні контролери (PLC) виконують роль "мозку" системи, забезпечуючи автоматичне керування машиною. Основні функції це обробка сигналів від датчиків, керування приводами і гальмами, аварійне відключення в разі несправностей та програмування різних сценаріїв руху.

Алгоритми позиціонування. Електронний метод передбачає використання математичних алгоритмів, які забезпечують точне визначення положення машини. Бувають наступні типи алгоритмів:

PID-регулювання (пропорційно-інтегрально-диференційний контроль).

Траєкторні алгоритми для забезпечення плавного руху.

Алгоритми обробки даних від GPS/ГНСС для роботи у великих просторах.

1. Інтерфейси управління. Для моніторингу й ручного втручання система може включати екрани, пульти керування або інтегруватися з комп'ютерними мережами.

Принцип роботи електронного методу:

1. Сенсори визначають поточне положення машини, зчитуючи дані з навколишнього середовища (маркерів, напрямних або відстані до об'єктів);

2. Дані передаються в систему управління (PLC або мікропроцесор), яка обробляє їх у реальному часі;

3. На основі отриманої інформації система регулює рух машини, керуючи приводами, швидкістю та зупинкою;

4. У разі виникнення перешкод або відхилень система вносить корективи або зупиняє роботу.



К перевагам електронного методу відносять:

- Висока точність: Похибка мінімізована завдяки використанню точних сенсорів та алгоритмів обробки.
- Автоматизація: Система працює без постійного втручання оператора.
- Гнучкість: Легко налаштовується під змінні виробничі вимоги.
- Ефективність: Забезпечує швидке та безпечне переміщення машини.
- Можливість дистанційного контролю: Інтеграція з мережевими технологіями дозволяє управляти машинами з віддалених пунктів.

Недоліки електронного методу:

-Висока вартість: Потребує значних інвестицій у датчики, контролери та програмне забезпечення.

-Складність обслуговування: Вимагає кваліфікованих фахівців для налаштування та ремонту.

-Залежність від енергопостачання: У разі перебоїв у живленні система може виходити з ладу.

-Чутливість до зовнішніх умов: Сенсори можуть працювати некоректно за підвищеної запиленості, високої температури або вібрацій.

Приклади застосування електронного методу:

1. Оптичні системи з використанням лазерів. Машина оснащується лазерними датчиками, які вимірюють відстань до маркерів на траєкторії, забезпечуючи високу точність позиціонування.

2. Магнітні сенсори. Встановлені на рейках мітки визначають координати машини, які зчитуються магнітними датчиками.

3. Інтеграція з GPS/ГНСС. Для великих заводів коксові машини оснащують супутниковими системами навігації, що дозволяють автоматично визначати їхнє положення на території підприємства.

Перспективи розвитку електронного методу:

-Впровадження технологій Інтернету речей (IoT): Для підключення системи до хмарних сервісів і можливості моніторингу з будь-якої точки світу;


-Інтеграція з лідарами та 3D-сканерами: Забезпечить ще більшу точність і можливість роботи в умовах обмеженої видимості;

-Використання штучного інтелекту: Для самонавчання системи і підвищення її ефективності при змінних умовах.

Електронний метод позиціонування є ключовим етапом у модернізації коксових машин, сприяючи підвищенню ефективності, безпеки та економічності виробничих процесів.

2.4 Системи з використанням лідарів та 3D-сканерів

Лідари (Light Detection and Ranging) і 3D-сканери є інноваційними технологіями, які дозволяють створювати високоточні тривимірні моделі оточення і визначати положення об'єктів у просторі з максимальною



точністю. У контексті коксових машин ці системи використовуються для точного контролю їхнього положення та автоматизації процесів позиціонування.

Лідар працює шляхом випромінювання імпульсів лазерного світла та вимірювання часу, необхідного для їх повернення після відбиття від об'єкта.

У результаті маємо створення хмар точок, які формують тривимірну модель середовища. Серед особливостей відмічаємо високу точність до кількох міліметрів, можливість роботи у будь-яких умовах освітлення (включаючи повну темряву) та швидкість збору даних. 3D-сканери використовують світлові або лазерні промені для побудови тривимірної карти об'єктів. Вони можуть працювати на основі фотограмметрії або структурованого світла. Результатом є детальна тривимірна модель навколишнього середовища та об'єкта.

Компоненти систем: лідар або 3D-сканер. Основний пристрій, що генерує хмару точок або тривимірну модель; програмне забезпечення для обробки даних

Використовується для аналізу зібраної інформації, побудови траєкторії та визначення положення машини: системи зворотного зв'язку. Забезпечують передачу оброблених даних у систему управління машиною (наприклад, PLC); контролери та алгоритми керування. Керують рухом машини відповідно до даних, отриманих від лідара чи 3D-сканера.

Принцип роботи в системі позиціонування:

1. Сканування середовища. Лідар або 3D-сканер сканує траєкторію руху машини та формує хмару точок;
2. Порівняння з еталоном. Дані порівнюються з попередньо записаними параметрами або моделями, щоб визначити точне положення машини;
3. Визначення відхилень. Алгоритми аналізують отримані дані для виявлення можливих відхилень від заданої траєкторії;
4. Корекція руху. Система управління вносить корективи в роботу приводів для забезпечення точного положення машини.

Переваги

- Висока точність: Технології дозволяють досягати точності позиціонування в межах міліметрів.
- Робота в реальному часі: Дані збираються та обробляються миттєво, забезпечуючи швидку корекцію.
- Автономність: Система може працювати без втручання оператора.
- Гнучкість: Легко адаптується до змін у конфігурації обладнання чи навколишнього середовища.
- Візуалізація: Створення тривимірних моделей дозволяє оперативно аналізувати процеси та діагностувати проблеми.

Недоліки



- Висока вартість: Лідари та 3D-сканери є дорогими пристроями, що збільшує витрати на впровадження.
- Залежність від середовища: Надмірна запиленість або висока температура можуть впливати на точність.
- Складність обслуговування: Потребує кваліфікованого персоналу для налаштування та обслуговування.

Сфери застосування:

1. Позиціонування коксових машин;

-Контроль положення машини на рейках.

-Точне визначення місця зупинки для виконання операцій (завантаження або видача коксу).

2. Контроль стану рейкових шляхів;

-Лідари можуть аналізувати стан рейок та виявляти їх зношення чи пошкодження.

3. Моніторинг навантаження.

-3D-сканери допомагають оцінити стан завантаження коксу або сировини в машинах.

Перспективи розвитку:

- Інтеграція з іншими сенсорами: Поєднання лідара, GPS та магнітних датчиків для максимальної точності.
- Мініатюризація: Розробка компактних і економічних лідарів для зниження вартості.
- Застосування штучного інтелекту: Використання AI для самонавчання системи і покращення роботи в складних умовах.
- Хмарні технології: Інтеграція з IoT для зберігання та аналізу даних у хмарі.

Системи з використанням лідарів і 3D-сканерів є передовими рішеннями для автоматизації та модернізації виробництва, що забезпечують високу ефективність і точність роботи коксових машин у різних умовах.

На основі наведеної інформації можна систематизувати переваги та недоліки в порівняльну таблицю (Табл.2.1)

Таблиця 2.1- Порівняння методів

Метод	Переваги	Недоліки
Механічний	Простота, низька вартість	Низька точність, високий знос
Електромеханічний	Вища точність, автоматизація процесу	Складність у налаштуванні та обслуговуванні
Електронний	Висока точність, інтеграція з системами автоматизації	Висока вартість, залежність від стабільності електроживлення
Лідари та 3D-сканери	Максимальна точність, повна автоматизація	Дуже висока вартість, залежність від умов довкілля

Сучасні методи позиціонування коксових машин орієнтовані на використання автоматизованих систем, що дозволяють не тільки підвищити ефективність роботи, але й забезпечити більшу безпеку виробництва. Вибір конкретного методу залежить від технічних вимог, фінансових можливостей підприємства та умов експлуатації.

Важливість позиціонування на кожному етапі виробництва коксу

Процес виробництва коксу складається з кількох етапів, кожен із яких вимагає високої точності роботи коксових машин. Правильне позиціонування має вирішальне значення для забезпечення ефективності, якості продукції та безпеки виробничого процесу.

1. Завантаження вугільної шихти

На цьому етапі коксові машини доставляють вугільну шихту до коксової печі.

А) Вимоги до позиціонування:

- Машина повинна точно зупинитися перед завантажувальним отвором печі.
- Забезпечення герметичності стику між машиною та піччю для уникнення втрат шихти чи забруднення навколишнього середовища.
- Контроль рівномірного розподілу шихти по всій довжині печі.

Б) Наслідки неправильного позиціонування:

- Нерівномірне завантаження, що призводить до неякісного коксу.
- Викиди пилу, що погіршують умови праці.
- Підвищене зношення обладнання через перевантаження окремих частин печі.
- Важливість: Критична. Неправильне позиціонування може суттєво вплинути на подальший процес виробництва.



2. Процес коксування

Під час цього етапу вугільна шихта піддається високотемпературній обробці в герметичних печах. Хоча цей етап не передбачає руху коксових машин, точне позиціонування на попередніх і наступних стадіях забезпечує якісний результат.

А). Вимоги до точності підготовки:

- Підтримання рівномірного розподілу шихти, забезпеченого завдяки правильному завантаженню.
- Контроль температурного режиму по всій площі печі.

Б). Наслідки похибок у попередніх етапах:

- Різниця в щільності шихти може спричинити локальні дефекти коксу (непрококовані ділянки).
- Перевитрати енергії на компенсацію температурних аномалій.

В). Важливість: Висока, але опосередкована.

3. Виштовхування коксу з печі

Після завершення коксування гарячий кокс виштовхується з печі за допомогою коксовиштовхувальної машини.

а. Вимоги до позиціонування:

- Машина повинна бути точно вирівняна з дверцятами печі.
- Виштовхувальний пристрій має працювати синхронно, щоб уникнути пошкодження коксової маси.
- Забезпечення точного контакту між машиною та піччю для мінімізації втрат тепла.

б. Наслідки неправильного позиціонування:

- Пошкодження внутрішніх поверхонь печі через неправильний кут виштовхування.
- Втрати коксу або його нерівномірне вивантаження.
- Збої в роботі системи охолодження, що може призвести до утворення надмірного диму чи вибухонебезпечних газів.

в. Важливість: Критична. Помилки в цьому етапі можуть спричинити серйозні технічні та екологічні наслідки.

4. Гасіння коксу

Гарячий кокс переміщується у вежу для гасіння, де він охолоджується водою або інертним газом.

а. Вимоги до позиціонування:

- Точне розташування вагона з коксом під гасильною вежею.
- Рівномірне розподілення коксу в контейнері для забезпечення однорідного охолодження.
- Коректне поєднання систем подачі води чи газу з гасильною установкою.

б. Наслідки неправильного позиціонування:

- Неповне гасіння коксу, що створює ризик самозаймання.



- Пошкодження обладнання через локальні температурні перевантаження.

- Викиди дрібних частинок коксу та водяної пари в атмосферу.

в. Важливість: Дуже висока, оскільки цей етап впливає на безпеку та екологічність виробництва.

5. Транспортування та складування коксу

Охолоджений кокс транспортується на склади або в зону відвантаження.

а. Вимоги до позиціонування:

- Правильне розташування транспортних засобів (конвеєрів, вагонів) для забезпечення безперебійного процесу транспортування.

- Рівномірне завантаження коксу для уникнення пошкодження транспортувального обладнання.

- Точне позиціонування машин під час розвантаження на складі для рівномірного розподілу коксу.

б. Наслідки неправильного позиціонування:

- Пошкодження транспортних стрічок або вагонів.

- Нерівномірне завантаження складів, що ускладнює подальше використання коксу.

- Підвищення рівня запиленості на виробництві.

в. Важливість: Середня, але важлива для оптимізації логістики та зниження витрат.

На кожному етапі виробництва коксу правильне позиціонування коксових машин є критично важливим. Найвищий рівень точності потрібен під час завантаження шихти, виштовхування коксу та його гасіння, оскільки помилки на цих етапах можуть вплинути не лише на якість продукції, але й на безпеку персоналу та стан навколишнього середовища. Інноваційні методи, такі як електронні системи позиціонування, лідари та 3D-сканери, допомагають досягти необхідної точності та ефективності в цих процесах.



3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

3.1 Аналіз існуючої ситуації позиціонування коксових машин

Точне позиціонування коксових машин є критичним елементом у виробництві коксу. Сучасні системи позиціонування забезпечують автоматизацію виробничих процесів, підвищення якості продукції та зниження витрат. Однак, на багатьох підприємствах досі використовуються застарілі або частково автоматизовані системи, що може викликати ряд проблем. Розглянемо основні аспекти існуючої ситуації коксового цеху одного з підприємств України.

На підприємстві системи позиціонування коксових машин можна умовно відобразити наступним чином:

Механічні методи позиціонування, котрі використовуються це рейкові шляхи, обмежувачі руху та кінцеві перемикачі. Серед переваг: низька вартість впровадження, простота в обслуговуванні. А серед недоліків: низька точність, висока зношуваність компонентів, обмежені можливості автоматизації.


Частково присутні Електромеханічні системи. А саме оснащення датчиками положення, лінійними перемикачами та серводвигунами. (Швидкість роботи штанги прес). Відмічаємо серед переваг: вища точність, можливість інтеграції з іншими системами управління. Але також присутні недоліки: залежність від технічного обслуговування, ризик збоїв через механічні пошкодження.

Нажаль електронні системи позиціонування відсутні взагалі.

Існуючи на підприємстві механічні системи не здатні забезпечити точність, необхідну для рівномірного завантаження коксової печі чи ефективного охолодження готового коксу. Та в одночас через часті поломки механічних компонентів або потребу в ручному управлінні підвищуються витрати на технічне обслуговування та ремонт. Відсутність інтеграції з автоматизованими системами управління:

Системи коксового цеху не можуть передавати дані в реальному часі, що ускладнює контроль та діагностику роботи обладнання. Єдині дані, що використовуються для аналізу діяльності коксових машин - це ампераж видачі коксового пірога, але ця інформація заноситься в базу даних вручну машиністом КВ.

До проблем, що виникають через недоліки позиціонування можна віднести неточну подачу або вивантаження коксу може призвести до втрат продукції, що знижує рентабельність виробництва. Нерівномірне завантаження коксової печі впливає на температурні режими, що може викликати перегрів або недогрів коксу. Неточності в процесах охолодження



або транспортування збільшують споживання енергії, води або інших ресурсів. Ручне управління або часті збої обладнання уповільнюють цикл виробництва.

Неточне позиціонування коксових машин може призвести до аварійних ситуацій, таких як зіткнення техніки, пошкодження печей або падіння коксу повз вагони тушіння. В останньому випадку на практиці відбувся зрив графіку видачі коксу, проведення позапланових ремонтних дій, втрата якості коксової продукції. Загальні витрати оцінені спеціалістами цеху склали понад 120 тис. грн.

На підприємствах, які впровадили сучасні електронні системи позиціонування, спостерігається значне покращення саме: Точність позиціонування збільшується до $\pm 1-3$ мм, що мінімізує втрати та покращує якість продукції. Швидкість роботи обладнання підвищується завдяки автоматизації процесів. Моніторинг в реальному часі дозволяє швидко реагувати на відхилення в роботі.

3.2 Оптимізація процесів позиціонування застарілих коксових машин

Для оптимізації процесів позиціонування застарілих коксових машин необхідно врахувати кілька ключових аспектів, включаючи технічну модернізацію, економічну ефективність та екологічний вплив. Основний етап починається з аналізу поточного стану обладнання, включаючи діагностику зношеності, перевірку точності роботи механізмів і оцінку наявних проблем у позиціонуванні. Наступним кроком є впровадження систем автоматизації, які дозволяють точно відстежувати рух і положення машин за допомогою сучасних датчиків та виконавчих механізмів. Модернізація може включати заміну приводів, впровадження нових алгоритмів управління та інтеграцію технологій штучного інтелекту для адаптивного налаштування.

Крім технічної складової, важливо врахувати економічний аспект. Аналіз витрат і вигод допоможе визначити рентабельність модернізації. Використання енергоефективних технологій сприяє зниженню витрат на експлуатацію та забезпечує відповідність екологічним стандартам. Екологічний аспект також включає мінімізацію викидів за рахунок підвищення точності роботи машин і використання більш екологічних джерел енергії.

Завершальний етап включає тестування оновлених систем, пілотне впровадження на окремих машинах і навчання персоналу. Для візуалізації результатів і подальшого аналізу варто використовувати рисунок 3.1 та 3.2, що демонструють зміни у точності позиціонування, енерговитратах та обсягах викидів до і після модернізації.

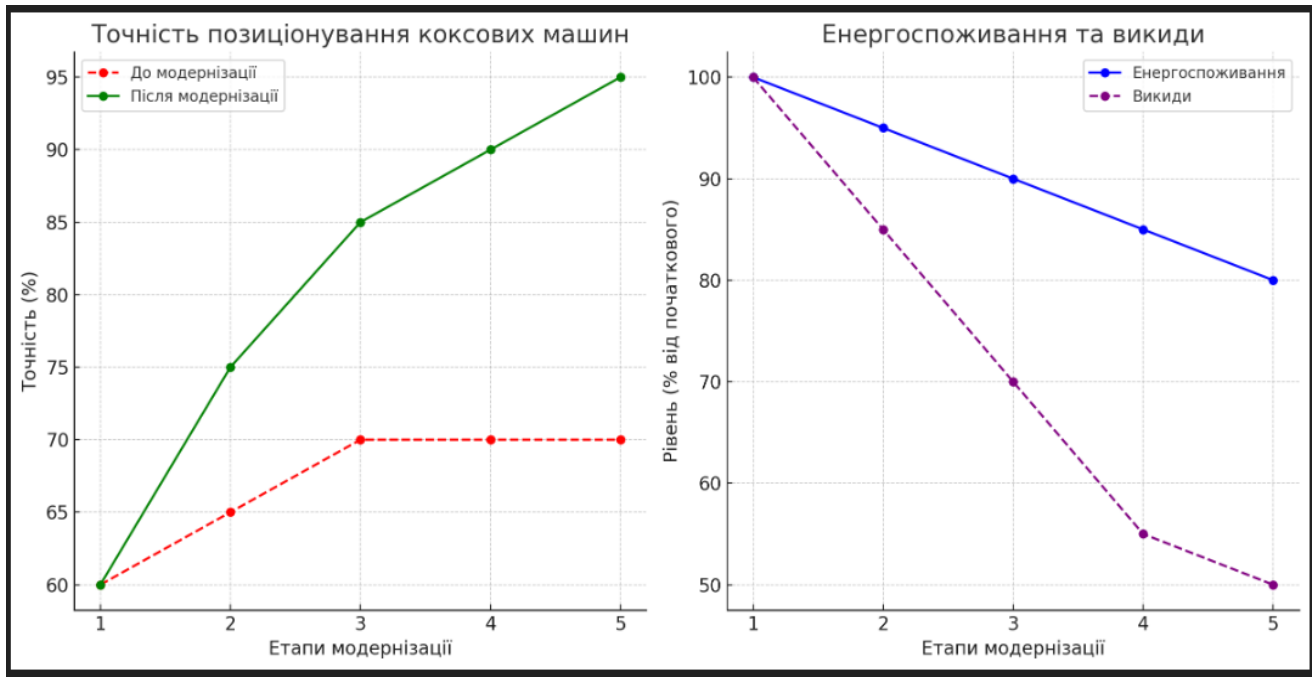


Рисунок 3.1а- точність позиціонування коксових машин
3.1б- енергоспоживання та викиди.

До модернізації точність була обмежена 60-70%, але після впровадження нових технологій досягла 95% на останньому етапі.

Енергоспоживання зменшилося з 100% до 80%, а викиди — з 100% до 50%, що свідчить про значне покращення екологічної ефективності.

На графіках представлено результати оптимізації процесів позиціонування коксових машин на різних етапах модернізації.

Також проведений аналіз часу виконання операцій завантаження шихти показує доцільність впровадження модернізації.

На рисунку 3.2 порівнюється час виконання кожної операції завантаження шихти до та після модернізації:

До модернізації: Час кожної операції був значно більшим через використання менш ефективного обладнання та технологій.

Наприклад, "Подача шихти" займала 10 хвилин, а "Ущільнення" — 4 хвилини.

Після модернізації: Завдяки автоматизації та впровадженню сучасних механізмів час операцій скоротився. "Подача шихти" тепер займає лише 6 хвилин, а "Ущільнення" — 2 хвилини. Загальний час виконання процесу зменшився майже вдвічі.

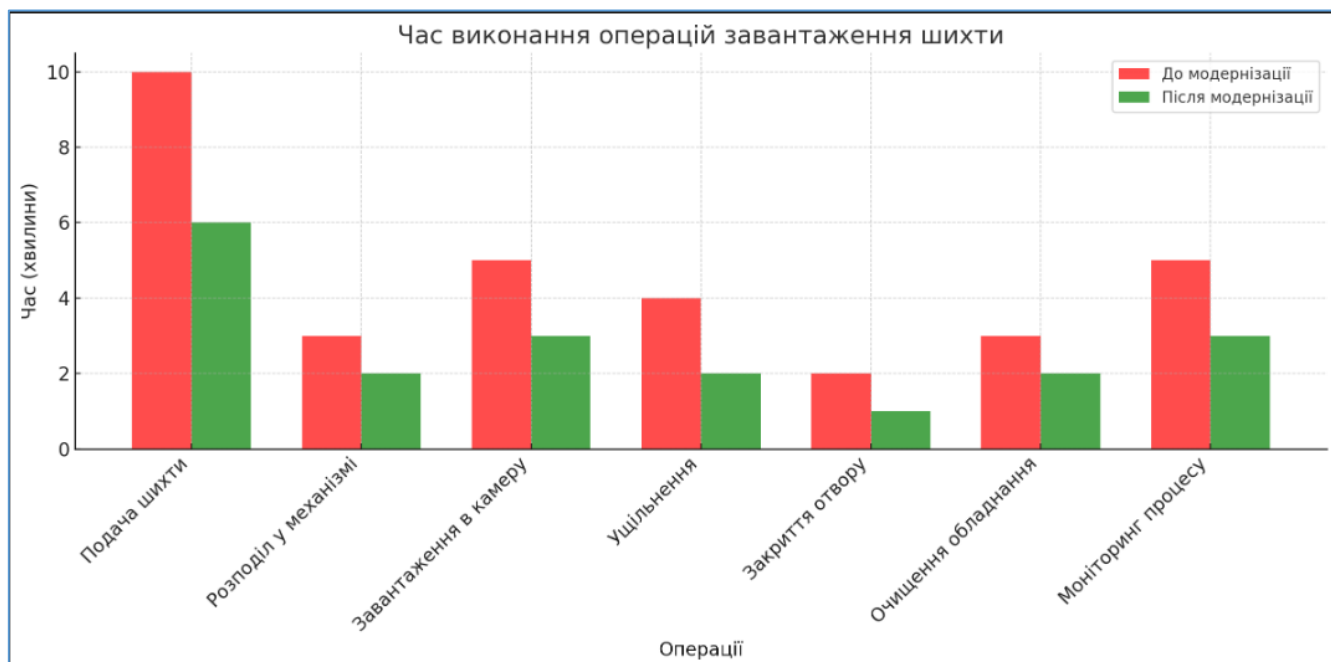


Рисунок 3.2 – час виконання операцій завантаження шихти

Ці теоритичні дані показують, що впровадження сучасних технологій дозволяє одночасно підвищити продуктивність і знизити негативний вплив на довкілля.

3.3 Розробка рекомендацій для оптимізації роботи коксового цеху

Оптимізація роботи машин коксового цеху, їх позиціонування є важливим завданням для підвищення продуктивності, зменшення витрат і забезпечення екологічної та технічної безпеки. Основні напрямки вдосконалення стосуються модернізації систем позиціонування, автоматизації процесів, енергоефективності, підвищення безпеки, оптимізації логістики та екологічного покращення.

Для забезпечення високої точності позиціонування коксових машин рекомендується встановити більш сучасні системи. Це дозволить зменшити втрати коксу до 50% і покращити якість продукції завдяки рівномірному завантаженню печей. Додатково, інтеграція цих систем у загальну автоматизовану систему управління (АСУТП) забезпечить моніторинг у реальному часі та автоматичне коригування параметрів.

Автоматизація основних процесів, таких як завантаження та вивантаження коксу, дозволить знизити залежність від людського фактора, зменшити помилки та підвищити продуктивність до 20%. Також рекомендується запровадити роботизацію цих операцій та розробити програмне забезпечення для управління всіма циклами виробництва.

Підвищення безпеки можна досягти шляхом встановлення систем діагностики обладнання, автоматизації руху техніки та регулярного навчання

персоналу. Це сприятиме зниженню аварійних ситуацій на 50% та забезпеченню безпеки працівників.

Логістичні процеси можна оптимізувати шляхом інтеграції транспортувальних систем із системами управління виробництвом, що скоротить час простоїв до 30%. Автоматизовані системи завантаження вагонів покращать точність і швидкість роботи.

Таблиця 4.1 Підсумкові рекомендації

Напрямок оптимізації	Рекомендації	Очікувані результати
Модернізація позиціонування	Встановлення лідарів і 3D-сканерів; інтеграція з АСУТП	Зменшення втрат коксу до 50%; підвищення якості продукції
Автоматизація процесів	Роботизація завантаження та вивантаження; розробка ПЗ	Зниження людського фактора; зростання продуктивності до 20%
Енергоефективність	Рекуперація тепла; заміна обладнання на енергоефективне	Скорочення витрат на енергоресурси до 25%
Безпека	Системи діагностики; навчання персоналу	Скорочення аварійних ситуацій на 50%; безпека працівників
Логістика	Інтеграція транспортувальних систем із АСУТП	Зниження простоїв до 30%; покращення точності та швидкості завантаження

Впровадження цих рекомендацій дозволить значно підвищити ефективність роботи коксового цеху, зменшити витрати та забезпечити безпеку й екологічність виробництва.

4 РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІКИ

Кожен етап виробництва коксу потребує точного позиціонування коксових машин, що безпосередньо впливає на виробничі витрати та загальну економіку підприємства. Розглянемо можливі економічні аспекти та розрахунки для кожного з етапів, де використовується позиціонування.

4.1. Підготовка сировини для коксової печі

На цьому етапі відбувається завантаження вугілля в коксову піч, що потребує точності у розподілі сировини для оптимального коксування.

Витрати на позиціонування:

1) Інвестиції в обладнання: Для точного позиціонування можуть бути встановлені системи датчиків (магнітних, лазерних або ультразвукових), вартістю від кількох тисяч до десятків тисяч доларів.

2) Обслуговування та експлуатація: Періодичні перевірки та технічне обслуговування систем позиціонування (зарплата персоналу, вартість запасних частин, системи моніторингу).

3) Енергозабезпечення: Використання автоматичних систем вимагає енергії для роботи сенсорів і керуючих систем.

Економічний ефект:

1) Зниження втрат сировини: Точне позиціонування запобігає перевантаженню або недовантаженню коксової печі, що допомагає оптимізувати витрати вугілля.

2) Підвищення продуктивності: Висока точність завантаження дозволяє прискорити процеси коксування, підвищуючи загальну продуктивність підприємства.

Приклад розрахунку:

Припустимо, автоматизація завантаження вугілля дозволяє підвищити продуктивність на 5% і зменшити втрати сировини на 3%.

За річного обсягу виробництва 200 000 тонн вугілля (вартістю \$100 за тону) економія становить:


$3\% \times 200,000 \times 100 = 600,000$ доларів на рік.

4.2 Коксування вугілля у печі

Процес коксування має бути оптимізованим, щоб уникнути перегріву або недогріву вугілля, що впливає на якість коксу та енергоефективність.

Витрати на позиціонування:

1) Інвестиції в системи контролю: Установка систем для моніторингу температури та автоматичного позиціонування коксових машин (датчики температури, системи обробки даних, програмне забезпечення).

- 
- 2) Обслуговування системи: Регулярне технічне обслуговування та налаштування, навчання персоналу.
 - 3) Економічний ефект:
 - 4) Оптимізація витрат палива: Точне позиціонування та контроль температури скорочують споживання палива.
 - 5) Підвищення якості коксу: Оптимальне коксування покращує властивості коксу, що підвищує його ринкову вартість.
 - 6) Приклад розрахунку:
 - 7) Скорочення витрат палива на 5% при обсязі 200 тис. тонн на рік (вартість \$100 за тонну) дає: $5\% \times 200,000 \times 100 = 1,000,000$ доларів.
 - 8) Підвищення вартості коксу на 2% при річному доході \$10 млн дає додатковий дохід: $2\% \times 10,000,000 = 200,000$ доларів.

4.3 Охолодження коксу та його вивантаження

Після коксування необхідно охолодити кокс, що вимагає точного управління для запобігання його пошкодженню та збереження якості.

Витрати на позиціонування:

- 1) Інвестиції в системи охолодження: Автоматизовані системи позиціонування для регулювання подачі охолоджувальних агентів.
- 2) Обслуговування системи: Витрати на експлуатацію та технічне обслуговування (енергія, ремонт).
- 3) Економічний ефект:
- 4) Зниження браку: Точне охолодження запобігає пошкодженню коксу, знижуючи обсяги браку.
- 5) Підвищення продуктивності: Автоматизація скорочує час охолодження, прискорюючи виробничий цикл.
- 6) Приклад розрахунку:
- 7) Зменшення браку коксу на 1% при обсязі виробництва 0,2 млн тонн (вартість \$50 за тонну) дає: $1\% \times 200,000 \times 50 = 100,000$ доларів.
- 8) Скорочення часу охолодження на 10% дозволяє збільшити обсяг виробництва на 20 тис. тонн (вартість \$100 за тонну), що дає: $20,000 \times 100 = 2,000,000$ доларів.

4.4. Транспортування та доставка готового коксу

На цьому етапі важливо забезпечити точне позиціонування коксових машин для ефективного вивантаження й транспортування готового коксу.

Витрати на позиціонування:

- 1) Інвестиції в системи моніторингу: GPS, лідари або інші високоточні системи позиціонування.
- 2) Технічне обслуговування: Підтримка програмного забезпечення, налаштування сенсорів.



Економічний ефект:

- 1) Збільшення швидкості доставки: Точне позиціонування скорочує час простою машин.
- 2) Оптимізація логістики: Зниження витрат на пальне завдяки оптимізації маршрутів.
- 3) Приклад розрахунку:
- 4) Прискорення транспортування на 5% дає економію на енергоресурсах та простої машин до \$0,4 млн на рік.
- 5) Оптимізація логістики додає ще \$0,2 млн на рік.

Загальний економічний ефект

Підсумовуючи вигоди від автоматизації позиціонування:

1. Економія на сировині та підвищення продуктивності на етапі завантаження — \$0,6 млн.
2. Економія палива та підвищення якості коксу на етапі коксування — \$1,2 млн.
3. Зниження браку та підвищення продуктивності на етапі охолодження — \$2,1 млн.
4. Економія на транспортуванні — \$0,2 млн.

Загальний економічний ефект може становити \$4,1 млн на рік для підприємства з великим обсягом виробництва. Інвестиції забезпечують швидку окупність і підвищують ефективність роботи підприємства.



ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто технологічний процес коксового цеху. В ході проведення аналізу виявлені недоліки в процесі позиціонування коксових машин та запропоноване вирішення даної проблеми шляхом модернізації цього процесу.

Виконавши аналіз технологічного процесу коксового цеху, процесу завантаження шихти в камери коксування, а також процеси вивантаження коксу в вагон коксотушильний можна зробити висновок, що при існуючому способі позиціонування є декілька недоліків:

- При завантаженні шихти з вугільної вежі машиніст ВЗВ користуються мітками, розфарбованими на стінах, що приводить до численних помилок, особливо коли машиніст намагається достать досвіду.
- При завантаженні камери коксування шихтою також відмічимо втрату часу на позиціонування біля кожного загрузлюка;
- При існуючому процесі видачі коксу є необхідність в дублюванні команд машиністами коксових машин, та є вірогідність помилкової видачі готової продукції на відмітку «0»
- Враховуючи конструктивні та технологічні особливості коксових машин, важливо розуміти, що результати їх ефективності залежать від численних факторів. Серед них ключовими є: досвід машиністів, людський чинник, застаріле обладнання, пил, загазованність та інш..


Досліджень показує, що, попри значні досягнення в розробці систем позиціонування коксових машин, є ще багато проблем, які необхідно вирішити для забезпечення більшої точності, надійності та ефективності таких систем. У той же час, технології, що розвиваються, відкривають нові можливості для вдосконалення системи позиціонування в коксохімічній

Запропоновано вдосконалити процес позиціонування коксових машин поетапно з використанням різних методів та обладнання.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головкін А.В., Лісовий С.В. Автоматизація промислових процесів у металургії. — Київ: Техніка, 2018.
2. Белов В.І., Семенов А.П. Промислова автоматика: Основи проектування. — Київ: КПІ, 2020.
3. Крюков А.Н., Герасименко П.В. Моделювання та оптимізація виробничих процесів у металургії. — Харків: ХПІ, 2019.
4. Петров І.М., Сидоренко О.В. Дослідження точності лазерних систем позиціонування в умовах металургійного виробництва. — Вісник металургії, 2021, №5, с. 45–52.
5. Smirnov A., Ivanov V. Optimization of coke oven machines positioning using LiDAR technologies. — Journal of Industrial Automation, 2020, Vol. 15, pp. 123–134.
6. Ковальчук В.М., Дмитрієв С.П. Застосування інерційних систем у технологічному обладнанні металургійної промисловості. — Сучасні технології в промисловості, 2022, №3, с. 78–85.
7. ISO 18649:2012 Guidelines for coke oven equipment positioning systems. Міжнародний стандарт для розробки систем позиціонування коксових машин.
8. ГОСТ 21511-2015 Методи контролю точності автоматизованих систем у металургії.
9. Іваненко С.В. Оптимізація роботи коксових машин із використанням автоматичних систем позиціонування. — Дисертація на здобуття ступеня кандидата технічних наук, ДНУ, 2021.
10. Волков А.П. Адаптивне управління позиціонуванням обладнання у високотемпературному середовищі. — Дисертація, MISC, 2020.
11. Ісаков Т. Р. Індукційні датчики та магнітні системи для позиціонування мобільних машин в умовах важкої промисловості / Т. Р. Ісаков. — Київ: Науково-технічне видавництво, 2016. — 232 с.
12. Ковальчук М. А. Використання лазерних технологій для позиціонування техніки в агресивних середовищах на коксохімічних підприємствах / М. А. Ковальчук. — Харків: Видавництво «Харківська політехніка», 2019. — 178 с.
13. Савченко А. В. Глобальні навігаційні системи для управління рухом промислових машин: теорія та практика / А. В. Савченко. — Одеса: Одеський національний університет, 2018. — 210 с.
14. Козлов В. Б. Математичні моделі для оптимізації руху мобільних машин в умовах високих температур та агресивних газових середовищ / В. Б. Козлов. — Київ: КПІ, 2017. — 189 с.



15. Прокопенко С. М. Застосування систем зворотного зв'язку для підвищення точності позиціонування техніки на виробництві / С. М. Прокопенко. — Київ: Інститут механіки та автоматизації, 2020. — 210 с.

16. Мельников І. В. Інтеграція сенсорних технологій в системи автоматизації для управління промисловими машинами на коксохімічних підприємствах / І. В. Мельников. — Донецьк: Донецький національний університет, 2018. — 215 с.

17. Бойко О. П. Модульні підходи до інтеграції систем позиціонування в автоматизовані системи управління важкими промисловими підприємствами / О. П. Бойко. — Львів: Львівська політехніка, 2020. — 196 с.