

Міністерство освіти та науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання

(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему Аналіз напрямів модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача

Виконав: магістрант групи 8.1332-1

Меліхов В.В.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Металургійне обладнання

(шифр і назва)

Керівник Власов А.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2023 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Металургійне обладнання

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Меліхова Валентина Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Аналіз напрямів модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача
керівник магістерської роботи к.т.н., доцент Власов А.О.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “09” жовтня 2023 року № 1581-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 10 грудня 2023 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи техніко-економічні показники роботи дільниці коксових батарей
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд і аналіз науково-технічних рішень підвищення ремонтпридатності механізмів приводу коксовиштовхувача та обґрунтування обраного напрямку роботи; 2. Розрахункова частина; 3. Дослідно-експериментальна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека в галузі. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Коксовиштовхувач – 1А1; 2. Дверезнімальний пристрій – 1А1; 3. Дверезнімальний пристрій (модернізація) – 1А1; 4. Гідроциліндр переміщення дверезнімальної штанги – 1А1 5. Обґрунтування раціональної конструкції гідравлічного приводу дверезнімальної штанги – 1А1; 6. Оптимізація габаритних розмірів гідроциліндра – 1А1; 7. Кабіна керування коксовиштовхувачем – 1А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Власов А.О. к.т.н, доцент		
2	Власов А.О. к.т.н, доцент		
3	Власов А.О. к.т.н, доцент		
4	Власов А.О. к.т.н, доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	01.05.2023 – 27.05.2023	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	01.09.2023 – 15.09.2023	
3	Виконання теоретичної частини проекту	16.09.2023 – 16.10.2023	
4	Виконання графічної частини проекту	17.10.2023 – 17.11.2023	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	18.11.2023 – 30.11.2023	
6	Перевірка проекту консультантами	01.12.2023 – 03.12.2023	
7	Попередній захист проекту	04.12.2023	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Меліхов В.В. Аналіз напрямів модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник А.О. Власов. Запорізький національний університет, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2023.

Розробка напрямів модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача є актуальною темою так, як конструкція планірного пристрою використовується практично на всіх коксовиштовхувачах. Модернізація планірного пристрою дозволить збільшити щільність та рівномірність завантаження кам'яновугільної шихти в камері коксування.

Об'єкт дослідження – планірний пристрій коксовиштовхувача.

Мета роботи – розробити напрями модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача.

Методи дослідження - математична модель руху планірної штанги в камері коксування.

Розглянуто різні конструкції планірних штанг коксовиштовхувача.

Виявлена залежність коефіцієнту внутрішнього тертя кам'яновугільної шихти та кам'яновугільної шихти по металу.

Рекомендовані шляхи модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача.

Виконано аналіз існуючих конструкцій коксовиштовхувачів, проаналізовані переваги та недоліки наявних технічних рішень.

Ключові слова: ПРИВОД, КОКС, КОКСОВИШТОВХУВАЧ, ДВЕРЕЗНІМАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, КОЕФІЦІЄНТ ПРОПОРЦІЙНОСТІ.

ABSTRACT

Melikhov V. Improving the maintainability of the drive mechanisms of the coke pusher coke battery.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of a master's degree in specialty 133 - Industrial engineering, scientific adviser A. Vlasov. Zaporozhye National University, Engineering Educational and Scientific Institute Yu.M. Potebnya, Department of Metallurgical Equipment, 2023.

Development of directions of modernization of the gliding device of the coke ejector is an actual subject as the design of the gliding device is used practically on all coke ejectors. The modernization of the glider device will increase the density and uniformity of loading of the coal charge in the coking chamber.

The object of research is a planning device of a coke ejector.

The purpose of the work is to develop directions of modernization of the glider device of the coke ejector.

Research methods - a mathematical model of the movement of the planing rod in the coking chamber.

Various designs of gliding rods of the coke ejector are considered.

The dependence of the internal friction coefficient of the coal charge and the coal charge on the metal is revealed.

Recommended ways to upgrade the planar device of the coke ejector.

Key words: DRIVE, COKE, COKE EJECTOR, DOOR DEVICE, PROPORTIONALITY RATIO.

Зміст

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	8
Вступ	9
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДУ КОКСОВИШТОВХУВАЧА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ	11
1.1 Вантажопотоки коксохімічного виробництва	11
1.2 Технологія коксування	13
1.3 Характеристика механічного устаткування цеху	14
1.3.1 Устаткування для планування й видачі коксу з печі	15
1.3.2 Устаткування для приймання гарячого коксу з печі	17
1.3.3 Устаткування для завантаження шихти в піч	18
1.3.4 Устаткування для приймання й транспортування гарячого коксу з печі	20
1.4 Огляд технічних рішень по підвищенню надійності вузлів коксувштовхувача	21
1.5 Постановка задачі дослідження	35
2. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНІРНОГО ПРИСТРОЮ КОКСОВИШТОВХУВАЧА	36
2.1 Розрахунок приводу планірного пристрою коксувштовхувача	36
2.2 Розрахунок штанги на міцність	40
2.3 Аналіз дослідження моделювання параметрів руху планірної штанги по кам'яновугільній шихті	47
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОТИ ПЛАНІРНОГО ПРИСТРОЮ КОКСОВИШТОВХУВАЧА	54
3.1 Моделювання роботи планування шихти в камері коксування	54
3.2 Обладнання для проведення експерименту	61
3.3 Обчислення параметрів моделювання	65
3.4 Аналіз надійності роботи планірного пристрою. Метод «дерево відмов»	71

	7
3.5 Модернізовані конструкції планірної штанги	82
3.6 Розрахунок зміни щільності завантаження після модернізації планірної штанги	86
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ	89
4.1 Оцінювання стану безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації	89
4.2 Аналіз потенційних шкідливих факторів виробничого середовища	90
4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії	93
4.3.1 Опалення й вентиляція	93
4.3.2 Виробничі випромінювання	94
4.3.3 Освітлення	94
4.4 Техногенна безпека	96
4.4.1 Заходи безпеки праці	96
4.4.2 Пожежна безпека	98
4.5 Рішення з покращення умов роботи оператора коксовиштовхувача та розрахунок звукоізоляції пульта керування	100
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	106
СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ	111
ДОДАТКИ	112

Вступ

Коксохімічна промисловість є однією з найважливіших галузей металургії. Вона забезпечує коксом чорну й кольорову металургію, ряд інших видів промисловості, є джерелом різноманітної хімічної сировини, у тому числі сировини для вуглеграфітових матеріалів і технічного вуглецю.[1]

Коксове виробництво є важливою складовою частиною горнометалургійного комплексу, продукція якого відіграє вирішальну роль у розвитку всіх галузей промисловості й сільського господарства України.

Одержуваний при високотемпературній переробці вугілля твердий залишок – кокс є найважливішим компонентом шихти, що використовується в доменних печах для виробництва чавуну. При цьому кокс виконує роль розрихлювача шихти, технологічного палива та відновлювача заліза. Незважаючи на певні успіхи в освоєнні технології прямого відновлення заліза, більша частина чавуну й сталі в недалекому майбутньому буде проводитися, за прогнозами фахівців, на основі доменного процесу, що вимагає до 450-470 кг коксу на кожну тону чавуну. [2]

Коксування вугілля є твердофазним високотемпературним процесом, здійснюваним у печах періодичної дії. Ці особливості коксового виробництва вимагають розробки спеціального устаткування, затруднення механізації й автоматизації технологічних операцій, обумовлено виділенням великої кількості шкідливих газів та пилу в атмосферу. Тому актуальним завданням вчених і проектувальників є удосконалювання конструкцій коксових печей, а відповідно й обслуговуючого їхнього устаткування.

Розв'язок цих завдань посильно тільки висококваліфікованим спеціалістам, що володіють теоретичними основами процесів, методами їх дослідження й розрахунків, навичками проектування апаратів і технологічних установок. [2]

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження роботи коксовиштовхувача коксової батареї та вдосконалення його конструкції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз раніше проведених досліджень в питаннях вдосконалення конструкції вузлів та деталей коксовиштовхувачів з метою підвищення надійності його роботи;
- визначити зусилля опору переміщення штанги дверезнімального пристрою;
- визначити зусилля діючі на основні елементи конструкції машини;

Предмет дослідження – конструктивні параметри планірного пристрою коксовиштовхувача.

Об'єкт дослідження – привод планірного пристрою.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи включає 114 сторінки, у тому числі 95 сторінок основного тексту, 31 рисунок, 11 таблиць, 44 найменувань використаних джерел на 5 сторінках, 5 додатків.

Робота виконана на кафедрі металургійного обладнання, інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні, Запорізького національного університету.

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДУ КОКСОВИШТОВХУВАЧА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

1.1 Вантажопотоки коксохімічного виробництва

ПрАТ «Запоріжжкокс» один з небагатьох коксохімічних заводів з повною переробкою вугілля. Основною продукцією є кокс і пекококс, на даний час виготовляють п'ять фракцій коксу. На завод вугілля приходять із Донецька, Росії, Польщі, і т.д.

Вугілля на завод надходить у вагонах, після розвантаження вагонів за допомогою роторного вагоноперекидача вугілля по транспортерах подається на склад вуглепідготовчого цеху, де різні марки вугілля змішують і одержують шихту, яка по транспортерам попадає в бункер на коксовій батареї, з печі гарячий кокс у гасильному вагоні попадає у вежу гасіння. Через рампу по транспортерах доставляється на сортування, де сортується за допомогою грохотов і гилів по фракціях. Частина коксу відправляється на „Запоріжсталь”, „ЗФЗ”, „Укрграфіт”, а частина в пекококсівий цех де одержують рідкий пек і пекококс.

У результаті коксування з газу, що утворюється, у цеху вловлюють бензол, бентол, дизель, сольвент, а при виробництві бензолу побічна продукція сульфат амонію (добриво) і смола для дорожнього покриття. У цеху сіркоочищення в результаті очищення коксового газу від сірки побічною продукцією є колоїдна сірка.

Почато будівництво нового цеху який повинен виготовляти вогнетривку цеглу. Печі з метою економії й охорони навколишнього середовища будуть обігріватися коксовим газом, а частина сировини для виробництва цегли утворюється в результаті мийки вугілля.

Була запущена котельня із двома великими й одним малим казанами, яка також працює на коксовому газі. Із запуском котельні завод повністю перейшов

на власну пару, а також була побудована бойлерна, де воду підігрівають за допомогою пари.

Для забезпечення виготовлення коксу, газу й хімічних продуктів коксохімічний завод має наступні основні виробничі цехи: вуглепідготовчий, коксовий, цех уловлювання, смолоперегінний цех, цех сіркоочищення, ЖДЦ, ремонтний цех, енергоцех, цех пароводопостачання, цех безрейкового транспорту.

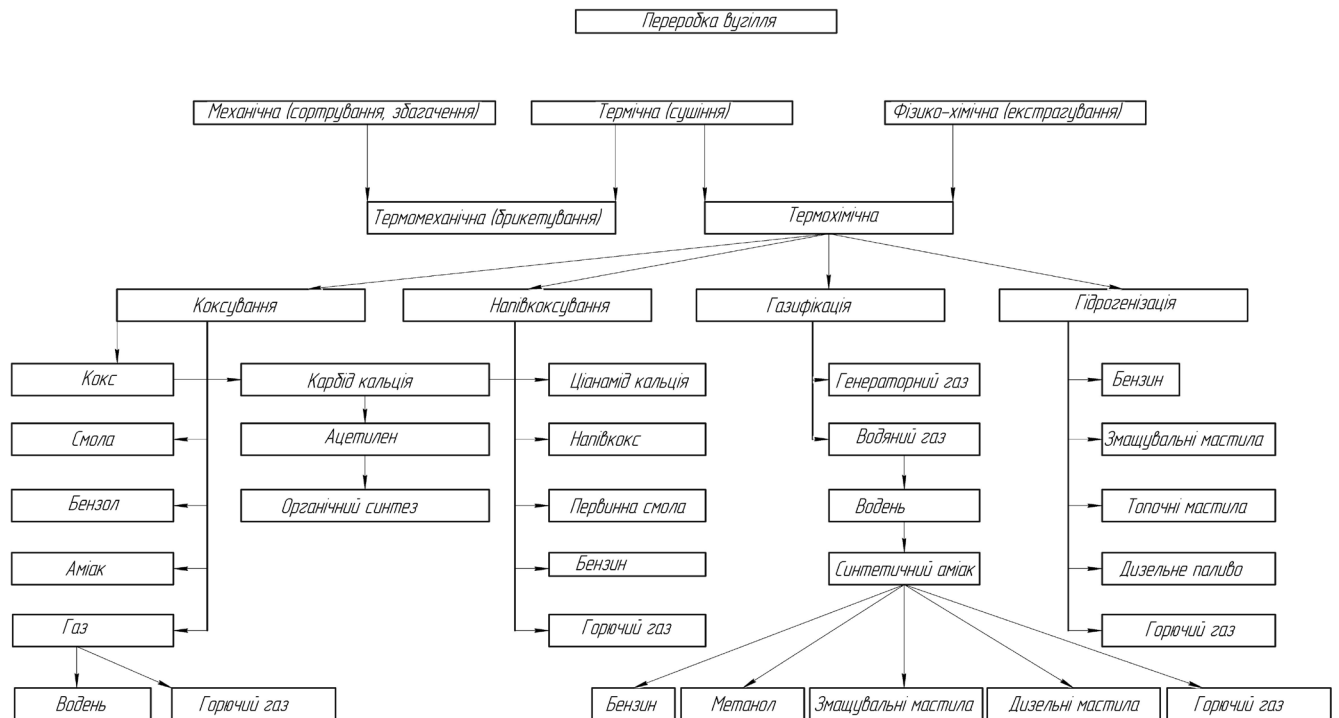


Рисунок 1.1 – Схема переробки вугілля на коксохімічному заводі

На заводі налічується 12 цехів:

Коксовий – випускає основну продукцію – кокс.

Пекококсвий – з коксу роблять пекококс, рідкий пек.

ВПЦ – підготовляє шихту до завантаження в печі.

Уловлювання – основне завдання цього цеху робити відбір коксового газу, а також його скраплюють і одержують бензин, дизель, бензол, бентол, толуол, ксилол, сальвент, компонент моторного палива, смолу для доріг, сульфат амонію. Крім того, з газового конденсату, який закуповують у Росії, одержують низькооктановий бензин.

БХО – основне завдання – очищення технічної води.

Сірководочищення – роблять колоїдну сірку з коксового газу.

ЦЗЛ – здійснює контроль над усією продукцією, що випускається заводом, а також за навколишнім середовищем.

РМЦ – виконання капітальних ремонтів.

Енергоцех – ремонт і підтримка в працездатному стані електроустаткування й електроустановок.

ЦБТ – перевезення вантажними машинами, автокрани, автотранспортом, а також доставка автобусами робітників на роботу й з роботи.

ЗЦ – переміщення ж/д вагонів, цистерн, і т.д. по заводу та за його межами.

ВТК – стежить за якістю продукції.

Стратегія Запоріжкоксу сьогодні – це вдосконалення і розвиток. Серед перспективних напрямків діяльності Запоріжкоксу: підвищення ефективності виробництва, будівництво нових потужностей з випуску коксу, модернізація хімічних цехів, енергетична ефективність та екологічність виробництва. [3]

1.2 Технологія коксування

Доменний і ливарний кокс одержують коксуванням вугільної шихти (суміші в певній пропорції вугіль різних технологічних груп) у горизонтальних камерних печах. Технологія виробництва доменного й ливарного коксів складається з наступних операцій.

Підготовка вугільної шихти по певному речовинному й гранулометричному складу полягає в прийманні, складуванні, дробленні (до змісту в шихті 75–85 % класу 0–3 мм), дозуванні й змішуванні вугіль. Вугільна шихта повинна забезпечувати:

– одержання коксу з необхідними фізико–хімічними властивостями (міцністю, зольністю, виходом летучих, сірчаністю, реакційною здатністю й ін.);

– достатній, але не небезпечний для кладки коксових печей тиск розпирань;

- певний вихід хімічних продуктів коксування й газу;
- невисоку вологість.

При складанні вугільних шихт необхідно прагнути до використання мінімальної кількості компонентів.

Вугільна шихта з відділення вуглепідготовки подається у вугільну вежу, призначену для забезпечення безперебійної роботи коксових печей, де здійснюється періодичний процес коксування й одержання коксу.

З камер коксування гарячий кокс (з температурою 723–823 °С) направляється на мокре – у тушільних вежах, або сухе – установки сухого гасіння коксу (УСТК) – гасіння.

Після охолодження кокс направляють на коксортирування, у якій валовий кокс розділяють на наступні класи: 0–10 мм (коковий дріб'язок), 10–25 мм (коковий горішок); класи > 25 мм називають металургійним коксом. На багатьох заводах металургійний кокс розсіюють на більш вузькі класи: 25–40, 40–60, > 40 мм і ін.

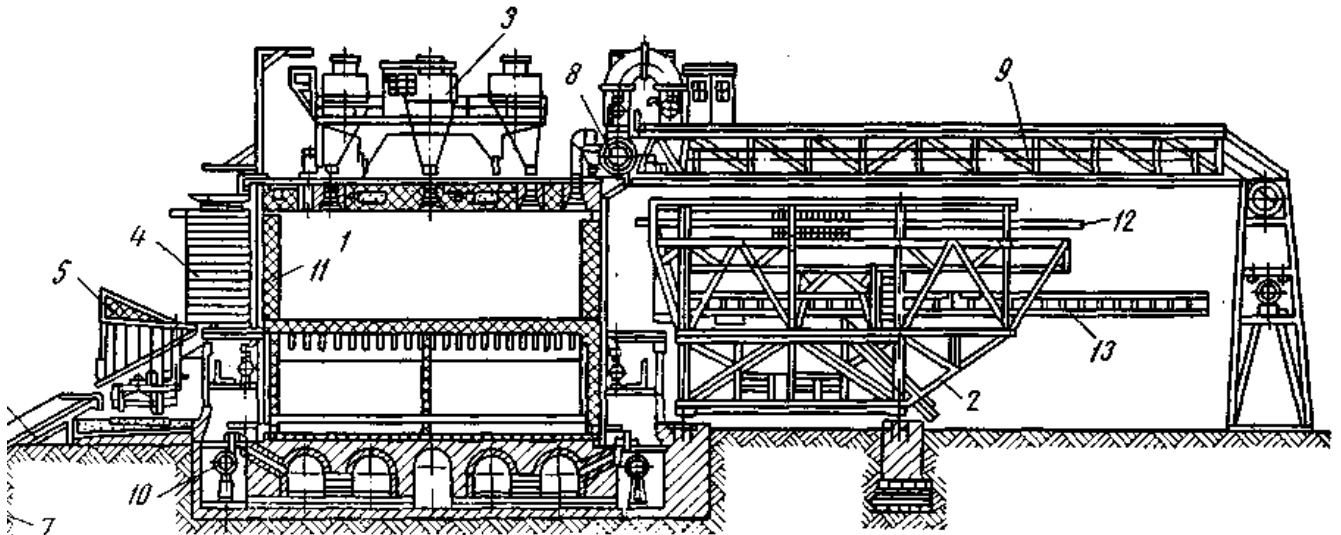
Формування фізико–механічних властивостей і розмірів шматків коксу відбувається без доступу повітря в камері коксових печей під впливом тепла, переданого вугільному завантаженню від розпечених стін камер коксування.

1.3 Характеристика механічного устаткування цеху

Все устаткування цеху (рис.1.2) можна розділити на такі групи:

- устаткування для завантаження шихти в піч.
- устаткування для планування й видачі коксу з печі.
- устаткування для приймання гарячого коксу з печі.
- коксортувальне устаткування.
- транспортує устаткування.

Розглянемо основне обладнання



1 – камера коксування; 2 – коксовиштовхувач; 3 – завантажувальний загін; 4 – дверез'ємна машина; 5 – коксогасильний вагон; 6 – коксова рампа; 7 – транспортер на коксосортуння; 8 – газозбірник; 9 – газопровід сирого коксового газу; 10 – газопровід доменного газу; 11 – двері; 12 – планір; 13 – штанга

Рисунок 1.2 – Коксова батарея (поперечний розріз)

1.3.1 Устаткування для планування й видачі коксу з печі

До обладнання, що використовується для планування та видачі коксу з печі відноситься коксовиштовхувач. По кількості й складності виконуваних операцій і встановлених механізмів коксовиштовхувач (рис.1.3) є найважливішою й найбільшою машиною коксового цеху.

Коротка технічна характеристика коксовиштовхувача:

– маса машини, кг.	271960
– швидкість пересування, м/с	1,77
– кут повороту дверей, град.	180
– швидкість виштовхування коксового пирога, м/с	0,52
– швидкість планування, м/с	1,34
– габаритні розміри; мм:	
довжина	14510

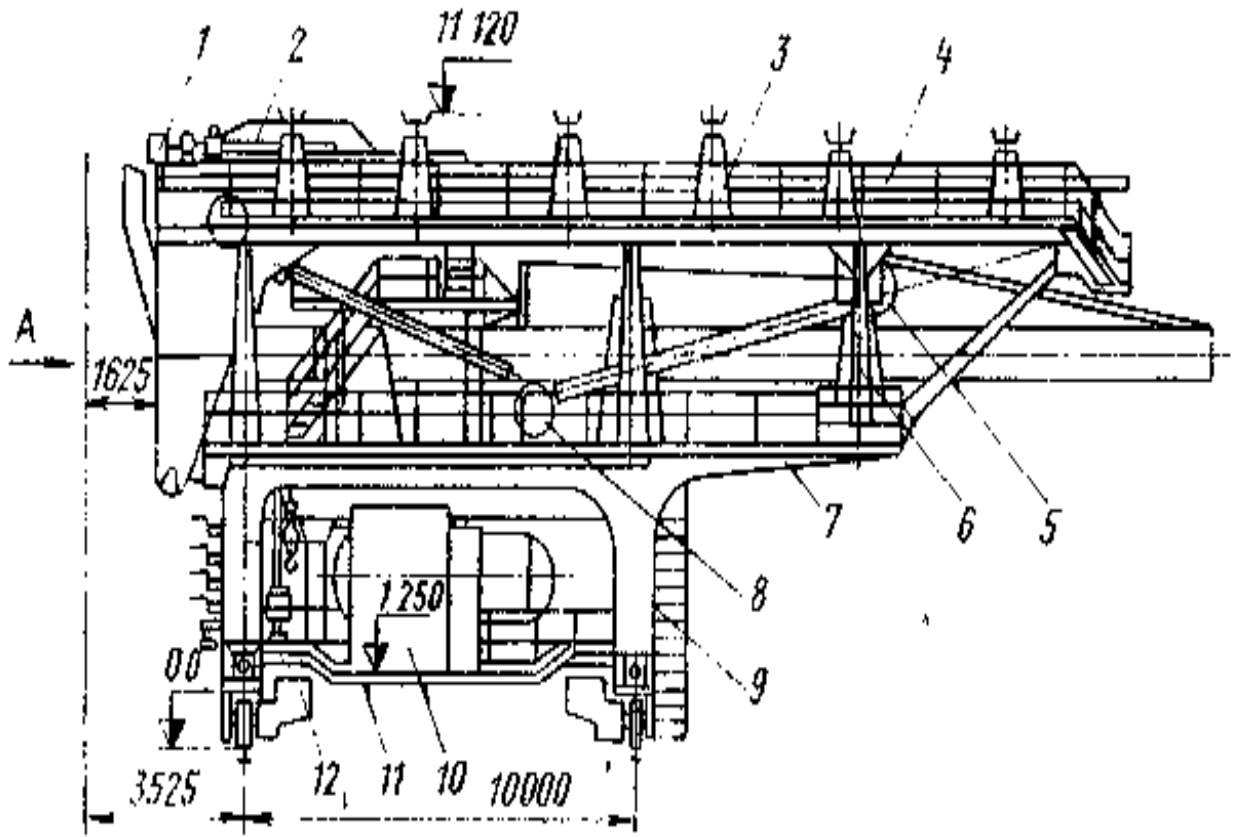
ширина	25530
висота	13420

Коксовиштовхувач виконує наступні операції:

1. Відмикання й запирання дверей коксової печі.
2. Підйом на 10-15 мм дверей з порога й зворотне опускання.
3. Відвід знятої двері від печі й підвід до печі при закриванні.
4. Чищення привалочної поверхні рами й бічних поверхонь броні від смоляних відкладань і графіту.
5. Чищення ущільнюючої рамки, цеглаутримувачів і футеровки двері від смоляних відкладань і графіту.
6. Виштовхування з печі коксового пирога.
7. Обезграфітування склепінь камери коксування.
8. Відкривання й закривання планірних дверцят.
9. Планування (розрівнювання) вугільної шихти, що завантажується в піч.
10. Очищення рами планірного лючка й дверцят від смоляних відкладань.
11. Транспортування до скіпового підйомника шихти, що вигрібається при плануванні.
12. Подача дверей до ремонтних станцій і назад до печей.
13. Збирання з обслуговуючого майданчика коксу, що прокидається при відкриванні дверей (кінців) і шихти при плануванні.

Більшість перерахованих операцій механізовані й виконуються за допомогою механізмів, установлених на коксовиштовхувачі.

Відповідно до нормативів обслуговування кожної типової батареї з 61–77 печами проводиться окремим коксовиштовхувачем, а на блок із чотирьох батарей дається одна резервна машина.



1 – механізм відкривання – закривання планірних дверцят; 2 – механізм зіштовхування шихти; 3 – стійка планірної штанги; 4 – планірна штанга; 5 – обезграфічувальний пристрій; 6 – опорна металоконструкція верхнього майданчика; 7 – верхні основні поздовжні балки; 8 – привод планірного пристрою; 9 – опорна рама порталу; 10 – кабіна пускорегулювальної апаратури; 12 – механізм пересування коксовиштовхувача

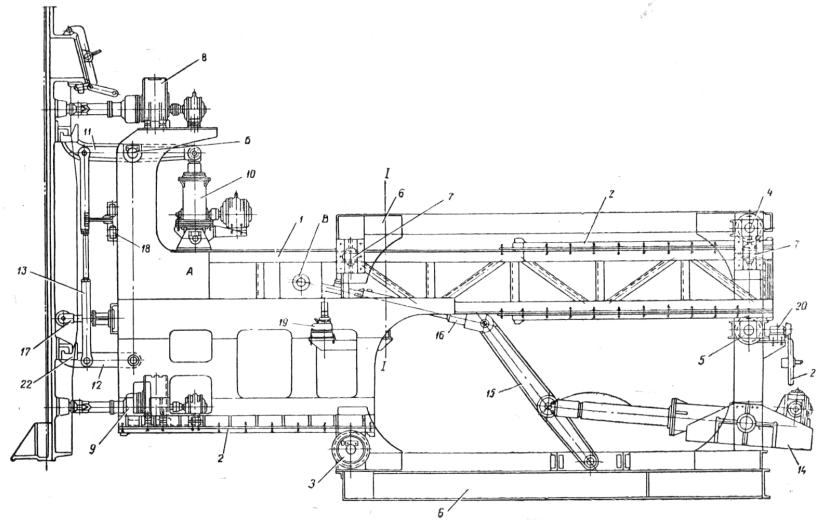
Рисунок 1.3 – Коксовиштовхувач

1.3.2 Устаткування для приймання гарячого коксу з печі

Дверезнімна машина (рис.1.4) складається з опорної конструкції із кабіною машиніста й механізмами для виконання наступних операцій, пов'язаних з видачею коксу.

Кожна машина має коксопрямуючий кошик для напрямку в коксогасильний вагон видаваного з печі коксу.

Дверезнімні машини оснащені механізмами очищення дверей, рам і броні від відкладань смоли й графіту.



1 – дверезнімна штанга; 2 – рейки; 3,4,5 – опорні ролики; 6 – опорна рама дверезнімноі штанги; 7 – бокові (направляючі) ролики; 8 – верхній механізм для відкручування та закручування ригельних гвинтів; 9 – верхній механізм для відкручування та закручування ригельних гвинтів; 10 – механізм для зривання дверей; 11 – верхній захват; 12 – нижній захват; 13 – тяга; 14 – механізм переміщення дверезнімного пристрою; 15 – важілі; 16 – пружинна тяга; 17 – упорний пружинний буфер; 18,19,20 – кінцеві вимикачі; 21 – ручний привід мехізму переміщення дверезнімноі штанги; 22 – пристрій для відведення ригелів від гачків армуючої рами.

Рисунок 1.4 – Дверезнімна машина

Коротка технічна характеристика дверезнімноі машини:

– Маса машини, т	136,4
– Швидкість пересування, м/с	1,98
– Кут повороту дверей, град.	90

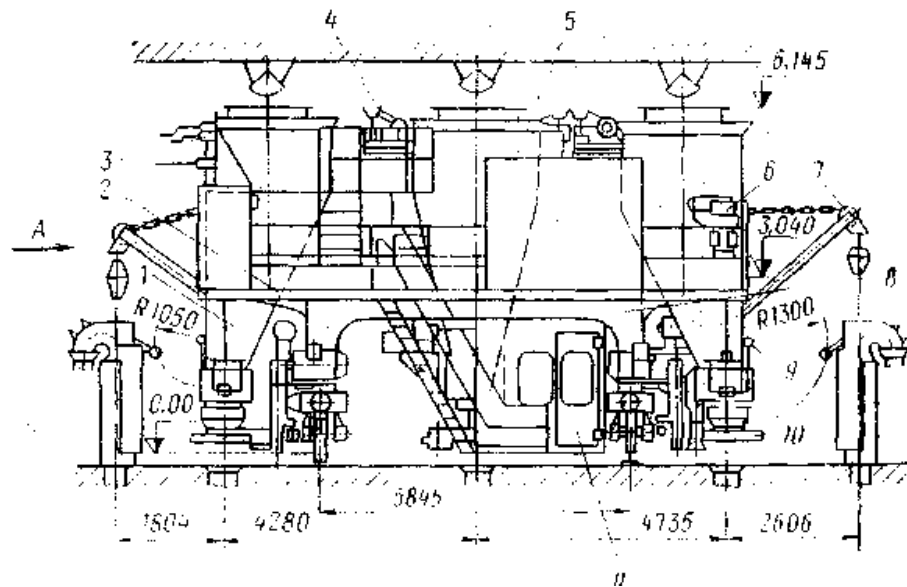
1.3.3 Устаткування для завантаження шихти в піч

Вуглезавантажувальний вагон (рис.1.5) – це машина, що виконує весь комплекс операцій по набору шихти з вугільної вежі й майже всі операції, пов'язані з доставкою й завантаженням шихти в камеру печі. Окремі операції, такі як набір шихти в бункери вагона, робота електровібраторів, завантаження шихти в піч по заданій програмі, знімання й установка кришок

завантажувальних люків – автоматизовані.

Коротка технічна характеристика:

– маса машини без шихти, т	113,8
– швидкість пересування, м/с	1,7
– потужність електродвигуна, кВт	11
– корисна ємність бункерів, м ³	61
– габаритні розміри; мм:	
довжина	11000
ширина	11805
висота	7830



1 – бункер; 2 – поперечна балка; 3 – струмоприймачі; 4 – механізм відкриття й закривання затворів вугільної вежі; 5 – кабіна для електроустаткування; 6 – телескоп; 7 – чищення колодязів стояків; 8 – головна балка; 9 – механізм обслуговування стояків; 10 – люкоз'ємний механізм; 11 – кабіна; 12 – механізм пересування

Рисунок 1.5 – Вуглезавантажувальний вагон

Кабіна машиніста розташована в нижній частині вагона для того, щоб краще керувати всіма механізмами по завантаженню шихтою коксових печей.

1.3.4 Устаткування для приймання й транспортування гарячого коксу з печі

Гасильний вагон (рис.1.6) необхідний для приймання розпеченого коксу з печей, транспортування його під вежу для гасіння й вивантаження після гасіння на рампу. Вагон пересувається за допомогою електровоза вздовж коксових батарей по рейкових шляхах нормальної залізничної колії.

Коротка технічна характеристика гасильного вагону:

- маса машини без шихти, т. 91
- швидкість пересування, м/с 15
- вантажопідйомність, т. 27
- кут нахилу, град. 28

Дно кузова вагона встановлено з нахилом 28° , що забезпечує вивантаження коксу самопливом. Для розвантаження коксу відкривають затвори, підвішені на шарнірах до передньої стінки, що й приводяться в дію самостійно за допомогою пневматичного приводу. Затворів два, по одному для кожного відсіку, на які розділений кузов по довжині.

У кабіні машиніста електровоза розташований спеціальний пристрій у вигляді світлової сигналізації, котрий фіксує положення затворів.

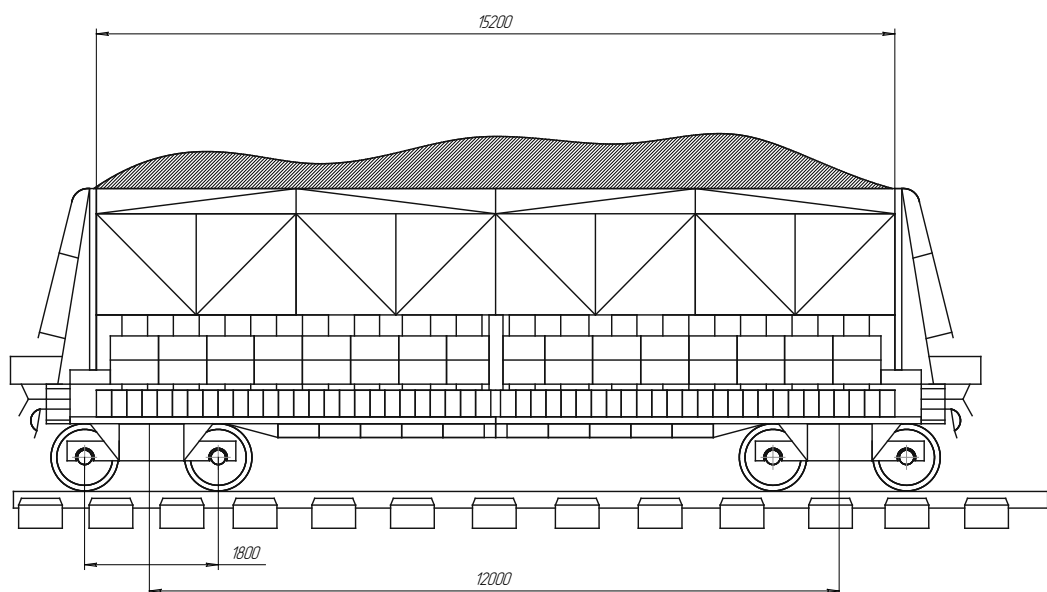


Рисунок 1.6 – Гасильний вагон

1.4 Огляд технічних рішень по підвищенню надійності вузлів коксовиштовхувача

До складу коксового цеху входять батареї коксових печей з обслуговуючими машинами, вугільні вежі, установки гасіння коксу, коксові рампи, коксосортирування.

Для обслуговування коксових печей на кожній батареї є комплект, що складається з вугільязавантажувального вагону, коксовиштовхувача та дверезнімної машини. Приймання видаваного з печей одного блоку коксу й транспортування його до гасильної установки проводиться гасильним або коксовозним вагоном, переміщуваним електровозом. [2]

Обслуговування коксових печей з машинної сторони здійснюється коксовиштовхувачем (КВ), який пересувається по спеціальному рейковому шляху, покладеному уздовж фронту батареї. Коксовиштовхувачі умовно класифікують:

1. по виконанню технологічних операцій і компоунанню основного встаткування – для обслуговування коксових печей ємністю 20-21,6 м³; для обслуговування коксових печей ємністю 30,3-35 м³; для обслуговування коксових печей ємністю 41,6 м³;
2. по призначенню – типова конструкція КВ і спеціальна із трамбуванням шихти; .
3. по компоунанню механізмів пересування – один механізм на чотири приводні ходові колеса; два механізми на вісім приводних ходових коліс; чотири механізми зі здвоєними електроприводами на вісім приводних ходових коліс; вісім механізмів на вісім приводних ходових коліс.

На рисунку 1.7 наведено устаткування КВ (конструкції Коксохіммаша), що обслуговує коксові батареї з корисною ємністю камери коксування 30,3—35 м³.

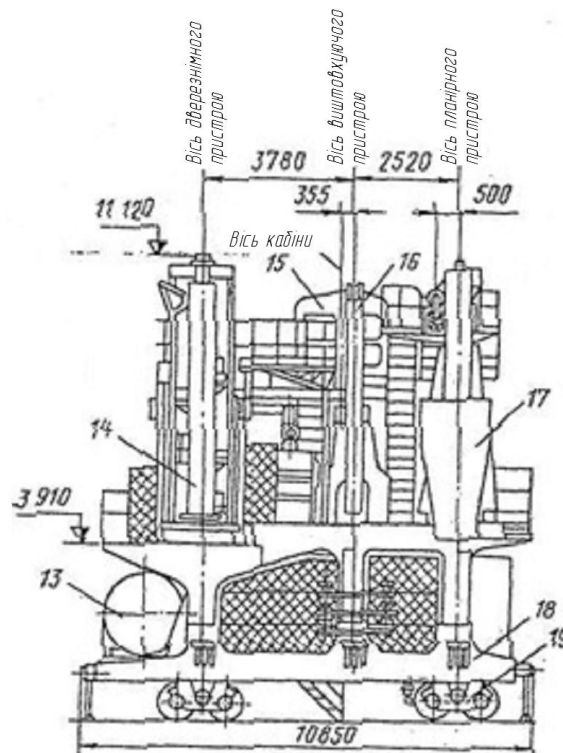
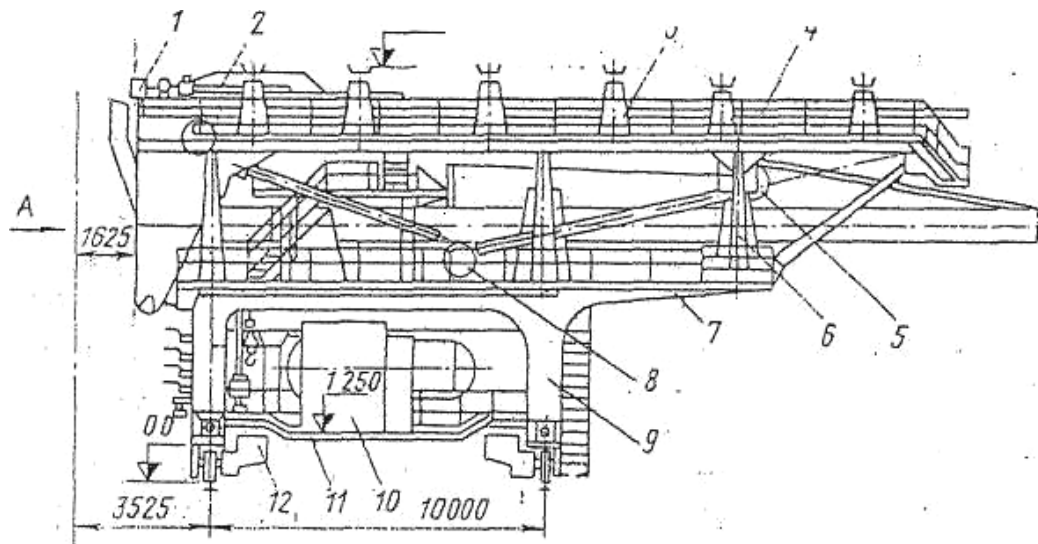
КВ складається з наступних основних вузлів і механізмів:

- механізму пересування;
- металоконструкції;
- дверезнімного пристрою,
- виштовхуючого пристрою;
- планірного пристрою;
- обезграфічуючого пристрою.

Усі механізми КВ мають централізоване керування з пульта, встановленого в кабіні машиніста. Крім цього, КВ обладнаний системою централізованого змащення вузлів тертя; установкою кондиціонера й вентилятора; ручною лебідкою й бункером для відходів, одержуваних при чищенні дверей. На коксовиштовхувачі основне устаткування розташоване компактно на трьох робочих майданчиках, із забезпеченням вільного доступу до вузлів і механізмів для проведення профілактичних оглядів і поточних ремонтів.

На нижньому майданчику КВ (рис. 1.7) змонтовані кабіна пускорегулюючої апаратури, компресорна станція й повітрозбірник. Механізм пересування встановлений на спеціальному майданчику, розташованому в нижньому поясі опорних балок.

На середньому майданчику встановлено дверезнімний пристрій з механізмами, що забезпечують знімання й установку дверей в камеру коксування, чищення рам, броней та дверей. Тут же змонтований пристрій, що виштовхує, привод планірного пристрою, бункер для збору шихти, що вигрібається, і обезграфічуючий пристрій. На верхньому майданчику КВ розташовані планірна штанга (ход 15050 мм), механізм відкривання й закривання планірних дверцят, кабіна машиніста. Виштовхуюча штанга (ход 20035 мм) розташована між планірним і дверезнімним пристроями на відстані відповідно 2520 мм і 3780 мм, кратному двом і трьом крокам печі, тобто відстані між осями суміжних камер.



1 – механізм відкривання-закривання планірних дверцят; 2 – механізм зіштовхування шихти; 3 – стійка планірної штанги; 4 – планірна штанга; 5 – обезграфічуючий пристрій; 6 – опорна металоконструкція верхнього майданчика; 7 – верхні основні поздовжні балки; 8 – привод планірного пристрою; 9 – опорна рама порталу; 10 – кабіна пускорегулюючої апаратури; 11 – нижні поздовжні балки; 12 – механізм пересування; 13 – повітрозбірник; 14 – пристрій дверезнімний; 15 – кабіна машиніста; 16 – штанга, що виштовхує; 17 – бункер планірної шихти; 18 – нижня опорна балка; 19 – балансірний візок.

Рисунок 1.7 – Коксовиштовхувач конструкції Коксохіммаша

Причому, планірна штанга розташована ліворуч, а дверезнімна штанга – праворуч від штанги, що виштовхує. Таке компонування основних механізмів, при нумерації печей батареї зліво на право, дозволяє КВ робити мінімальне число перестановок при видачі коксу.

Для попередження про пересування коксовиштовхувача встановлена звукова сигналізація, автоматичний гонг, що діє при пересуванні машини, електричний ревун і світлова сигналізація.

Усі основні механізми й пристрою КВ заблоковано таким чином, що механізм пересування КВ не може бути включений, якщо механізми виштовхуючої, планірної та дверезнімної штанг, відкривання планірних дверцят не перебувають у вихідному положенні.

КВ працює відповідно до графіка видачі й завантаження коксових печей у трьохзмінному режимі й технологічно пов'язаний з роботою вугільнозавантажувального вагона, дверезнімною машини, гасильного (коксозовного) вагона. Окремі основні механізми КВ, такі, як планірна та виштовхуюча штанги працюють у вкрай тяжких умовах. Вони протягом кожного. циклу перетерплюють різкі коливання температур (від -30° до $+1000^{\circ}\text{C}$ при роботі в зимових умовах). Тому на два працюючі КВ дається один резервний.

Повний цикл обслуговування КВ однієї коксової печі становить 10-12 хв і складається з наступних операцій: підведення дверезнімного пристрою до печі; відгвинчування ригельних гвинтів; підйом захватів і зрив двері; відвід дверезнімного пристрою із дверми від печі; пересування коксовиштовхувача на видачу коксу; поворот дверезнімного пристрою із дверми на 180° ; заведення дверей у механізм чищення; безпосередньо чищення дверей; виштовхування коксового пирога з печі; виведення виштовхуючої штанги з печі; пересування на чищення рам; підведення дверезнімного пристрою на чищення рам; очищення рами; відведення дверезнімного пристрою від печі; поворот рами дверезнімного пристрою на 180° ; підведення дверезнімного пристрою до печі для установки дверей; установка дверей і опускання

захватів; загвинчування ригельних гвинтів; відвід дверезнімного пристрою від печі; пересування КВ на планування шихти; відкривання планірних дверцят; планування; закривання планірних дверцят; переїзд на скіповий підйомник; відкривання затвора бункера підпланірної шихти; вивантаження шихти з бункера; закривання затвора бункера; переїзд КВ до печі, що обслуговується. [5]

Одним із найвідповідальніших механізмів коксовиштовхувача є дверезнімна машина, що має наступні основні функції:

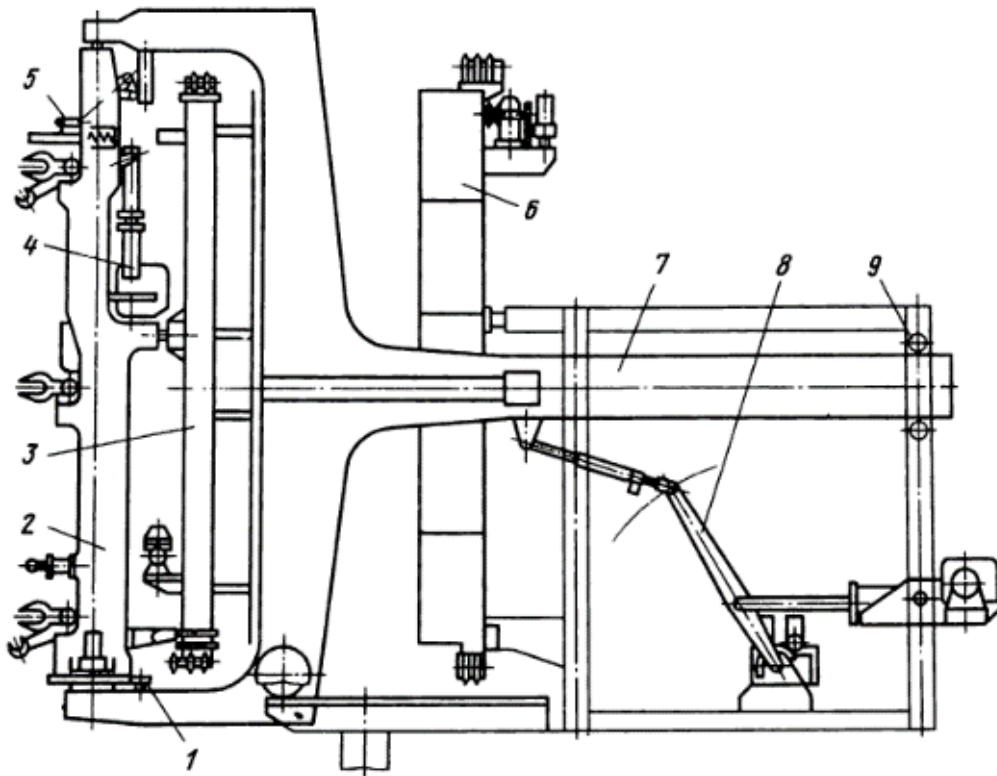
- знімання дверей;
- поворот рами
- переміщення дверезнімної штанги;
- чистка рам, дверей, привалочної поверхні та планірних дверцят.

Конструктивне виконання дверезнімного пристрою є доволі різноманітним. Так роботою [6] наведена конструкція дверезнімного пристрою (рис.1.8) у якого механізм знімання дверей кріпиться до поворотної рами й складається із привода, виконавчих органів і важільної системи.

До складу привода входять електродвигун МТКН-112-6, черв'ячно-гвинтовий редуктор з передаточним відношенням черв'ячної пари $i = 14,5$ та ходом 540 мм, гальмо ТКП-200/100, ланцюгова муфта, командоапарат, кінцевий вимикач і магнітокеруємий датчик.

Верхній і нижній виконавчі органи ідентичні, і кожний з них представляє собою комбінацію важеля-вилки (для введення й виводу ригелів з гаків рами) з важелем-захватом для знімання й утримання двері. Середній робочий орган виконаний у вигляді важеля-вилки й управляє середнім ригелем дверей. Прямо із приводом зв'язаний верхній важіль, а середній і нижній одержують рух від нього через пружинну тягу, що забезпечує введення ригелів двері в заданій послідовності (нижній, середній, верхній) і компенсує вплив відхилення розмірів розташування гаків по висоті. Коксовиштовхувач, що обслуговує печі із гвинтовим ущільненням дверей, обладнаний замість механізму знімання

механізмом зриву двері й двома механізмами відгвинчування ригельних гвинтів.



1 – механізм повороту; 2 – поворотна рама; 3 – механізм чищення рам; 4 – механізм знімання дверей; 5 – пристрій відкриття планірних дверцят для їхнього очищення; 6 – механізм чищення дверей; 7 – дверезнімна штанга; 8 – механізм пересування дверезнімного пристрою; 9 – опорні ролики

Рисунок 1.8 – Група механізмів коксовиштовхувача для обслуговування дверей

Автором роботи [7] наведено цілий ряд дверезнімних пристроїв коксовиштовхувача, що мають конструктивні відмінності.

Так на рисунку 1.9 наведено дверезнімний пристрій, що має поворотну головку – раму 1, яка встановлюється в прорізі дверезнімної штанги 2 на верхній 3 і нижній 4 роликів опорах. Рама 1 повертається на 180° механізмом 5, розташованим на нижній частині дверезнімної штанги 2. На одній стороні

голівки 1 встановлюються механізми відгвинчування-загвинчування ригельних гвинтів 6 і зриву дверей 7.

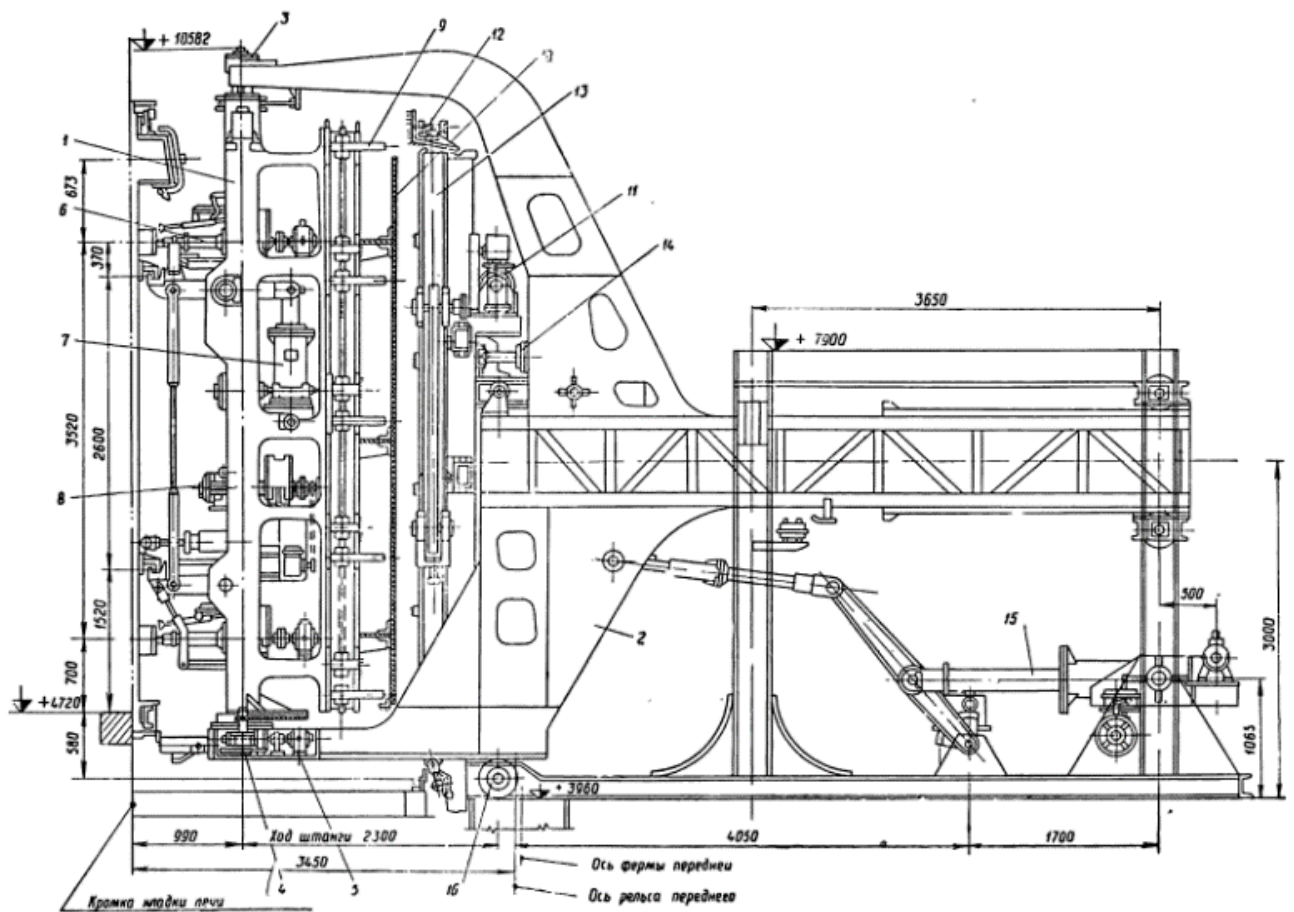


Рис. 140. Дверезъемное устройство косоыталкивателя с поворотом головки на 180°

Рисунок 1.9 – Дверезнімний пристрій з поворотом голівки на 180° (позиції наведено в тексті)

На протилежній стороні голівки 1 встановлений механізм чищення рам і броню, що складається з електропривода 8 направляючої рами з каретками й щітками 9 і захисного листа 10.

У прорізі дверезнімної штанги встановлений також механізм чищення дверей, що має електропривод 11 для пересування кареток із щітками 12 по напрямній рамі 13 і електропривод 14 для підведення механізму чищення до поверненої на 180° двері після її зняття. Механізм пересування дверезнімного пристрою 15 має таку ж кінематичну схему як і в наведеного пристрою на

рис.1.8. Дана конструкція дверезнімного пристрою відрізняється компактністю, зручністю в експлуатації. Компонування механізмів на дверезнімній штанзі й поворот головки на 180° дозволяють усі операції, зв'язані зі зняттям і установкою двері, чищенням дверей, рами й броні, робити без додаткового переміщення коксовиштовхувача й тим самим скорочує машинний час.

На рисунку. 1.10 показано дверезнімний пристрій з піднімальною головкою конструкції фірми Копперс.

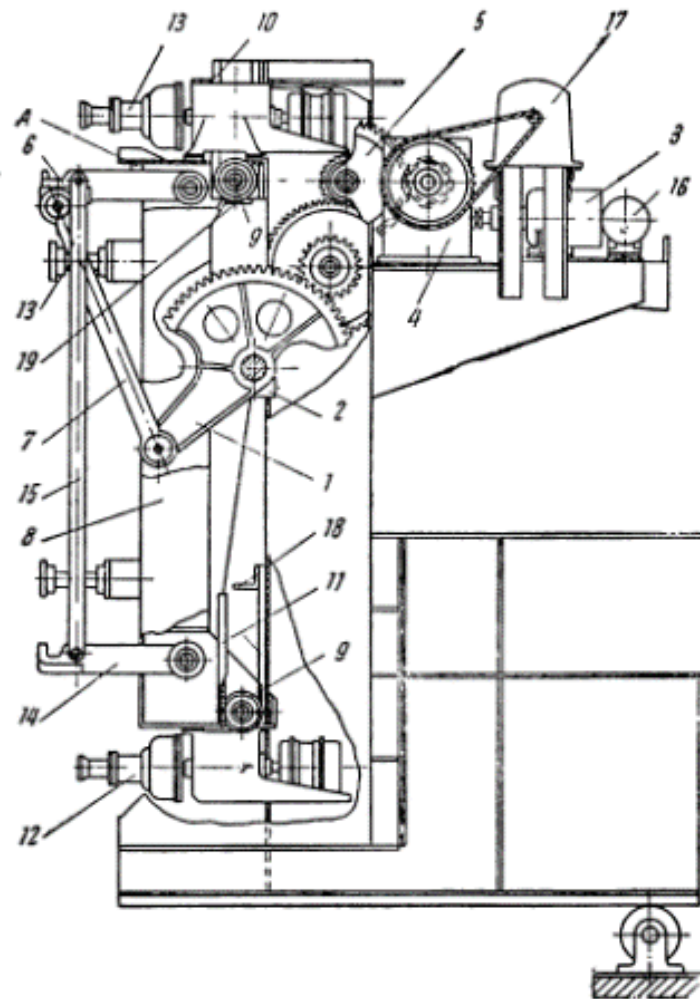


Рисунок 1.10 – Дверезнімний пристрій коксовиштовхувача конструкції фірми Копперс (позиції наведено в тексті)

Підйом головки й двері, навішеної на захватах здійснюється за допомогою зубчастого сектора 1, що має опори на нерухливій частині дверезнімної штанги 2. Сектор приводиться в рух від електродвигуна 3 через

черв'ячний редуктор 4 і дві пари зубчастих передач 5. Сектор з'єднаний з верхнім важелем захвата 6 за допомогою литого сталевого важеля 7.

На рухливій головці 8 встановлені верхній і нижній ролики 9, для яких виконані направляючі 10 і 11, що встановлені на нерухливій частині дверезнімної штанги. На рухливій головці також встановлено два механізми відгвинчування 12, два пружинні буфери 13, два захвати 6 і 14, з'єднані між собою тягою 15. Електродвигун обладнано електрогальмом 16.

Послідовність роботи механізму наступна. Після закінчення операції відгвинчування ригельних гвинтів зривають двері, тобто піднімають їх над порогом на висоту 10-15 мм. При цьому сектор 1 і важелі захватів 6 і 7 роблять поворот навколо своїх осей на невеликий кут. Після цього електродвигун вимикається й включається механізм пересування дверезнімної штанги в напрямку від печі. Дверезнімний пристрій із дверми відводиться в крайнє заднє положення. Потім вдруге включається механізм підйому двері. При цьому верхній важіль захвата 6, що приводиться в рух від сектору 1 через важіль 7, упирається в рухливу головку в точці А та при подальшому русі сектору піднімає дверезнімну головку й двері на висоту до 450 мм.

Загальний хід механізму визначається шляховим вимикачем 17. Рух роликів нагору, а отже, і висота підйому дверезнімної головки обмежуються упором 18. Коли верхній важіль захвата перебуває в крайньому нижньому положенні, рухлива дверезнімна головка надійно опирається на нерухливу частину металоконструкції по площині 19.

Дверезнімний пристрій Орського машинобудівного заводу наведено на рисунку 1.11

Дверезнімна головка робить зрив і підйом двері. Механізм приводиться в рух від електродвигуна 1 через циліндрично-черв'ячний редуктор 2. На тихохідному валу редуктора насаджено дві шестірні 3, що перебувають у зачепленні із двома колесами 4. Колеса з'єднані з рухливою частиною головки за допомогою тяг 5, що мають пружинні амортизатори 6.

Рухлива частина має ролики 7, за допомогою яких здійснюється вертикальне переміщення (підйом) дверезнімної головки.

На рухливій частині також установлено два механізми відгвинчування 8, буфер 9, захвати верхній 10 і нижній 11 з'єднуюча їх тяга 12 та пристосування для підйому ригелів 13. На другому кінці двигуна встановлене гальмо 14. Механізм розрахований таким чином, що при одному повному оберті колеса 4 відбувається операція зриву, підйому й опускання дверей.

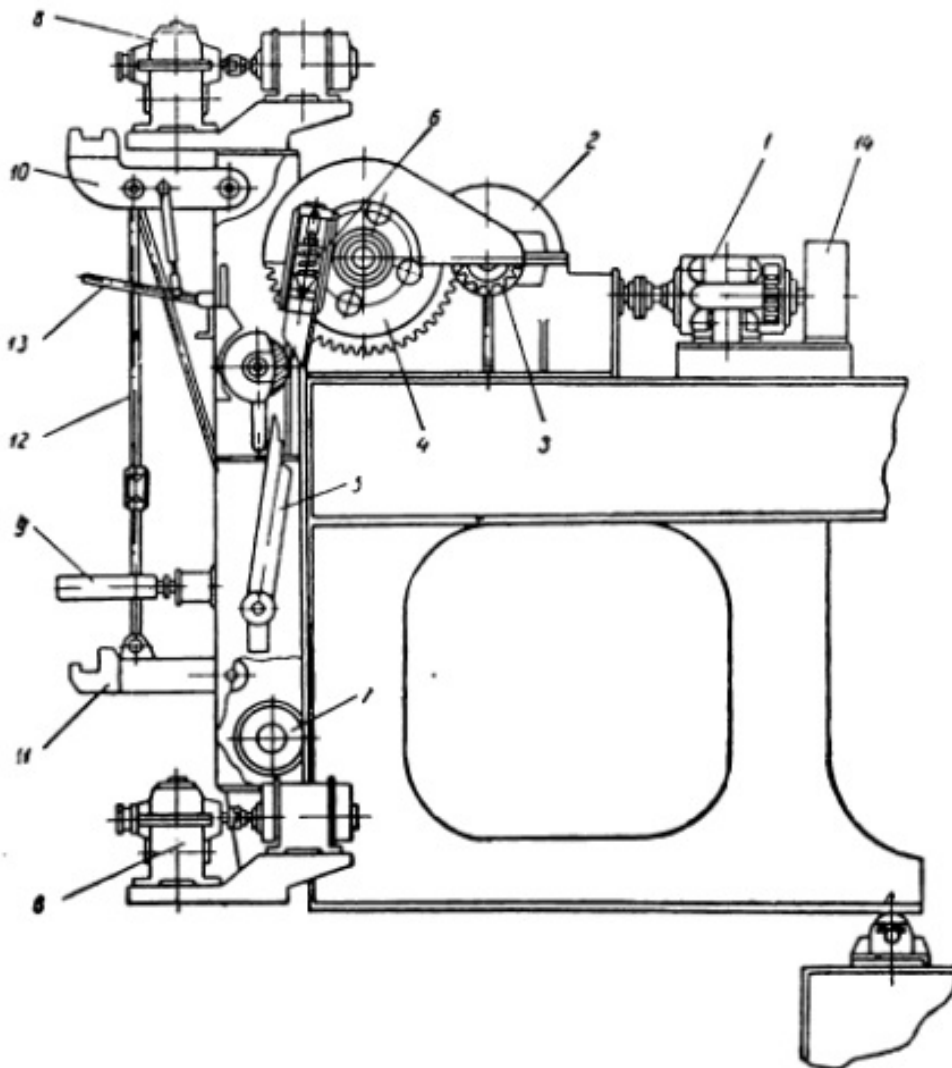


Рисунок 1.11 – Дверезнімний пристрій коксовиштовхувача конструкції Орського машинобудівного заводу (позиції наведено в тексті)

На відміну від конструкції фірми Копперс механізм не має твердого упору, що обмежує підйом або опускання дверей, і не вимагає реверсивного руху.

З аналізу всіх вищенаведених конструкцій дверезнімних пристроїв коксовиштовхувачів можна зробити висновок, що в зв'язку з великою кількістю зубчастих передач та тертьових пар вони є доволі складними у виготовленні та подальшій експлуатації. З часом розвитку косохімічної промисловості були запропоновані де-які вдосконалення відомих конструкцій дверезнімних пристроїв коксовиштовхувачів.

Автори [8], пропонують більш надійну конструкцію дверезнімого пристрою, та менш затратну в експлуатації та виготовленні, за рахунок виконання вертикальних стійок у вигляді скоб. Таке виконання дозволить утворити отвір скрізь який може проходити виштовхувальний пристрій та коксонапрямна. При такому виконання вертикальних стійок їхні опори обертання мають бути встановленими на металокопструкції коксовиштовхувача по осі отвору із зсувом відносно одна одної. Також при виконанні даної модернізації безпосередньо механізми для знімання дверей та чищення рам будуть встановлені на поворотних стійках з можливістю переміщення їх для встановлення в робоче або початкове положення. На думку авторів таке виконання конструкції дверезнімого пристрою дозволить:

- забезпечити необхідну точність встановлення механізмів для знімання або встановлення дверей;
- знизити металоємність дверезнімого пристрою за рахунок стаціонарного встановлення опор обертання поворотних вертикальних стійок
- спростити умови обслуговування за рахунок зниження дії високої температури на механізми опор вертикальних стійок та механізми, що встановлено на них.

Дане рішення є доволі перспективним, але на жаль не вирішує проблему по зменшенню обслуговування привода дверезнімого механізма.

Роботою [9] пропонується зменшення металоємності конструкції коксовиштовхувача за рахунок того, дверезнімний пристрій з механізмами для чищення рам та дверей встановлюються на одній осі, що паралельна осі

коксонаправляючої зі зміщенням від неї не менше ніж на три пічних прольоти. Додатковою умовою є закріплення дверезнімного пристрою з механізмом для чищення рами на протилежних сторонах поворотної рами, яка, в свою чергу встановлена рухомо на напрямних перед механізмом чищення дверей. Механізм для чищення дверей має бути закріпленим на порталній металоконструкції, а нитка рейкової колії машини розташовується за рейковою колією гасильного вагона.

Таке виконання, а саме зміщення осі установки цих пристроїв від осі коксонаправляючої значно поліпшує умови обслуговування пристроїв і їх механізмів, а також підвищує надійність їх роботи, за рахунок ліквідації впливу високих температур на дверезнімний пристрій, механізм для чищення для чищення рам коксових печей та на системи енергопостачання приводів цих пристроїв при видачі розпеченого коксу через коксонаправляючу, і, як наслідок, скорочуються витрати на ремонт та експлуатацію машини.

Таке конструкторське рішення не дає відповідь на питання зменшення навантаженості привода дверезнімного пристрою зубчастими передачами.

Найближчим технічним рішенням по зменшенню в приводі дверезнімного пристрою механічних передач, а отже й підвищенню її роботопридатності та надійності являється конструкція розглянута в [10].

Дверезнімний пристрій (рисунок. 1.12) складається з пересувної штанги 10, встановленої в горизонтальних 15 і вертикальних 12 роликах. У скобі штанги закріплена поворотна колона 9 з верхньою шарнірною (фіксованою) опорою 17 і нижньою шарнірною (переміщується у горизонтальній площині пружиною 19) опорою 18. На колоні розташовані дверезнімний механізм 7, механізм повороту ригелів 14, кабіна 5 насосної станції, механізм відкривання планірного лючка 6.

У свою чергу дверезнімний механізм складається із двох гідроциліндрів 8 віджимання пружинних ригелів дверей і двох гідроциліндрів верхнього й нижнього захватів 4. За допомогою верхнього захвата здійснюються зрив дверей і її опускання на кронштейни рами при установці дверей у піч. Кожний

захват закріплений у гільзі, яка переміщається вертикально в корпусі й шарнірно з'єднана зі штоком гідроциліндра захвату.

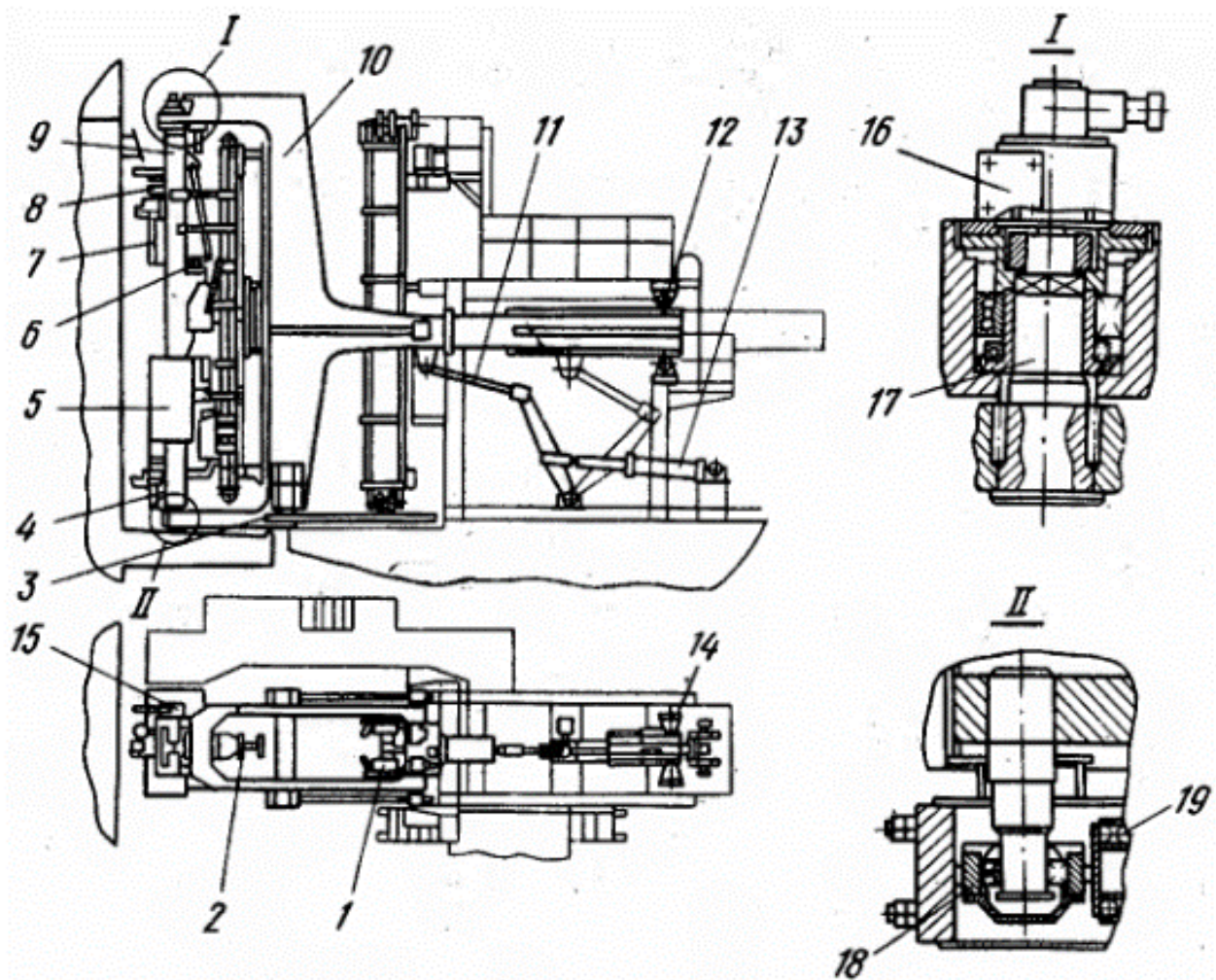


Рисунок 1.12 – Дверезнімний пристрій коксовиштовхувача з гідравлічним приводом дверезнімної штанги (позиції наведено в тексті)

Захвати мають форму вертикального гака з опущеним зівом, висота передньої частини якого менше задньої не менше ніж в 4,5 рази.

Подовжена задня частина зіва захвату служить упором для точної зупинки обладнання в пальцях дверей коксової печі, а також для забезпечення паралельного розташування колони й дверей коксової печі. Обертання колони походить від гідравлічного механізму повороту 16. Позад колони розміщений механізм чищення рам 2, а в прорізі скоби штанги – механізм чищення дверей 1.

Пересування штанги проводиться за допомогою катків 3, розміщених у нижній частині скоби, від важільного механізму 11 з гідроциліндром 13. Знімаючи двері, штанга з колоною, нахилена так, що її нижня опора випереджає верхню, підводить до печі до зіткнення задньої частини зіва нижнього захвату з нижнім пальцем дверей. При подальшому переміщенні штанги колона буде розвертатися навколо нижнього пальця дверей доти, поки задня частина зіва верхнього захвату не впреться у верхній палець дверей. У випадку непаралельного розташування в горизонтальній площині пальців дверей й захватів відбувається їхній невеликий розворот навколо своєї вертикальної осі.

Отже, за рахунок переміщення нижньої опори в горизонтальній площині при стиску її пружин відбувається самоустановлення колони по пальцях дверей і паралельне розташування дверей й колони.

При зупинці штанги здійснюється підйом захватів – верхнього до упору в палець дверей, а нижнього захвату із зазором в пальцях дверей 5 мм.

Штоки віджимних гідроциліндрів розташовуються проти штирів пружинних ригелів, а між короткою частиною зіва захватів і пальцем дверей утворюється зазор 5 мм. Ці гідроциліндри, віджимаючи пружини запорів дверей, спочатку вибирають зазор і створюють силовий контакт, а потім звільняють ригелі запорів від зіткнення з гаками рам. Потім ригелі дверей механізмом 14 повертаються на кут 30° . Віджимні гідроциліндри вертаються у вихідне положення, а в роботу вступають гідроциліндри захватів.

Зрив дверей здійснюється верхнім захватом шляхом його переміщення у верх на 15 мм, а нижній захват іде за пальцем дверей з постійним зазором 5 мм. Потім поворотна колона разом із дверми штангою обладнання відводиться від печі, повертається на 180° і заводиться в механізм чищення дверей.

Установка дверей у піч відбувається у зворотному порядку, при якому замість зриву відбувається посадка дверей на кронштейни рами.

Керування машиною місцеве й здійснюється оператором зі спеціальної кабіни. Змащення автоматичне.

1.5 Постановка задачі дослідження

Таким чином розглянуто фізико-механічні властивості шихти для коксування. Проаналізовано процеси при проведенні планування шихти.

Робота планірного пристрою коксовиштовхувача направлена на створення рівномірного завантаження камери коксування, збільшення щільності завантаження, рівномірності обігріву опалювальних каналів.

Проведено аналіз основних конструкцій планірного пристрою коксовиштовхувача та основного елемента – планірної штанги.

Мета роботи: розробка напрямів модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача в умовах коксохімічного виробництва.

Внаслідок роботи в складних умовах (температура роботи на вході 250-300 °С, на виході 30 °С, високої інтенсивності роботи (кожні 10 хв), постійне механічне зношування в результаті тертя планірної штанги по завантаженій шихті) планірний пристрій коксовиштовхувача потребує модернізації. Для рішення поставленої задачі необхідно:

- визначити фактори, які впливають на роботу планірного пристрою коксовиштовхувача;
- виявити закономірності зміни процесу планування від параметрі роботи планірного пристрою;
- розробити напрями модернізації планірного пристрою коксовиштовхувача, направлені на збільшення продуктивності коксових печей, зменшення підпланірного вигребу, придатного для використання в умовах діючих коксових батарей незалежно від терміну їх експлуатації та конструкцій коксовиштовхувача.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНІРНОГО ПРИСТРОЮ КОКСОВИШТОВХУВАЧА

2.1 Розрахунок приводу планірного пристрою коксувиштовхувача

Кінематична схема планірного пристрою представлена на рис 2.1.
Визначаємо швидкість пересування планірної штанги [11, 12, 25]:

$$V = \omega R$$

де R – радіус барабану, м; $R = 0,4$ м;

ω – кутова швидкість, рад/сек;

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

де n – кількість обертів приводної шестерні валу:

$$n = \frac{n_1}{i}, \text{ об/хв}$$

де n_1 – кількість обертів на вхідному валу редуктора; $n_1=770$ об/хв;

i – передавальне число редуктора; $i = 25$.

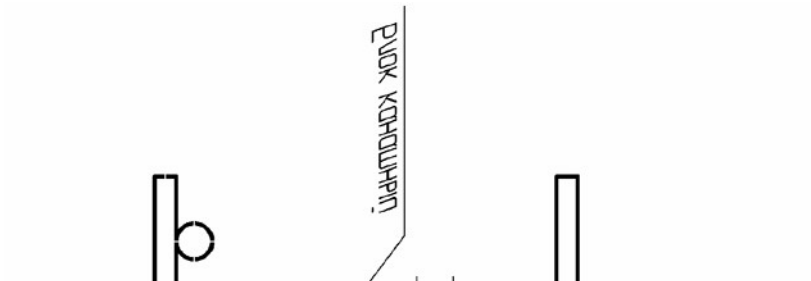
Підставимо в формулу значення та отримаємо з перетворюванням:

$$V = \frac{\pi n_1 R}{i}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 770 \cdot 0,4}{25} = 1,3, \text{ м/с}$$

Таким чином швидкість пересування планірної штанги складає 1,3 м/с.

Рисунок 2.1 – Кінематична схема планірного пристрою



Проведемо розрахунок механізму пересування планірної штанги.

Потужність електродвигуна розраховується на подолання зусилля планування шихти і надання необхідної швидкості планірній штанзі за формулою [11,12]:

$$N = \frac{PV}{1000\eta},$$

де P – розрахункове зусилля планування; H ,

V – швидкість пересування планірної штанги, м/с; $V = 1,3$ м/с,

η – к.к.д. механізму; $\eta=0,8$

Аналіз показує, що максимальне зусилля при нормальній видачі відповідає моменту початку виштовхування.

Отже, розрахункове зусилля дорівнює:

$$P = W_1 + W_2 + P_{\text{ин}} + P_{\omega},$$

де W_1 – опір пересуванню планірної штанги по опорним роликам.

На початку руху штанга лежить на опорах і її центр ваги знаходиться між опорами, тоді:

$$W_1 = G_1 \beta \underline{2} \cdot \underline{f} D + \mu \cdot \underline{d},$$

де G_1 – сила тяжіння хвостової частини планирної штанги, Н; $G_1 = 14$ кН;

β – коефіцієнт, який враховує тертя в ребордах опорних та упорних роликів,
 $\beta=1,5$;

f – коефіцієнт тертя кочення опорного ролика по штанзі; $f = 0,0008$;

μ – коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках осей опорних роликів;
 $\mu=0,015$,

d – діаметр осі ролика, м; $d = 0,06$ м,

D – діаметр ролика, м; $D = 0,2$ м.

Підставляючи дані отримаємо:

$$W_1 = 14 \cdot 10^4 \cdot 1,5 \frac{2 \cdot 0,0008 + 0,06 \cdot 0,1}{0,2} = 750H$$

W_2 – опір пересуванню планірної штанги по завантаженій шихті:

$$W_2 = G_{\text{п}} \cdot f,$$

де $G_{\text{п}}$ – вага частини планирної штанги, що пройшла $2/3$ довжини камери, Н; $H = 8000$ Н;

k – коефіцієнт тертя сталі по вугіллю, $k = 0,5$.

Тоді:

$$W_3 = 8 \cdot 10^3 \cdot 0,5 = 4кН$$

Сила інерції покою шихти, що зрушується:

$$P_{\text{ин}} = m_j = \frac{1}{3} \cdot \frac{Q_{\text{ш}} \cdot V}{q \cdot t},$$

де V – швидкість усталеного руху планирної штанги, м/с; $V = 1,3$ м/с;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²; $g = 9,81$ м/с²;

t – час досягнення швидкості руху штанги, с; $t = 0,1$ с;

$Q_{\text{ш}}$ – $1/3$ вага шихти, що вміщується в підсводовому просторі, Н;

визначається за формулою:

$$Q_{\text{ш}} = b_{\text{ср}} \cdot l_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}} \cdot \gamma_{\text{ш}},$$

де $b_{\text{ср}}$ – середня ширина камери, м; $b_{\text{ср}} = 0,407$ м;

$l_{\text{п}}$ – середня довжина камери, м; $l_{\text{п}} = 12,5$ м;

$h_{\text{п}}$ – висота підсводового простору, м; $h_{\text{п}} = 0,4$ м;

$\gamma_{\text{ш}}$ – насипна вага шихти, Н/м³; $\gamma_{\text{ш}} = 750$ Н/м³;

$$P_{\text{ш}} = m_j = \frac{1}{3} \cdot \frac{Q_{\text{ш}} \cdot V}{q \cdot t},$$

$$P_{\text{ш}} = \frac{1,3 \cdot 0,407 \cdot 12,5 \cdot 0,4 \cdot 800}{9,81 \cdot 0,1} = 7200 \text{ Н.}$$

Опір пересуванню вугілля в подсводовом просторі:

$$P_{\omega} = b_{\text{ср}} \cdot l_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}} \cdot \gamma_{\text{ш}} \cdot f_{y,y},$$

де $f_{y,y}$ – коефіцієнт тертя вугілля по вугіллю, $f_{y,y}=0,9$;

$$P_{\omega} = 0,407 \cdot 12,5 \cdot 750 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 13740 \text{ Н.}$$

Підставляючи отримані значення визначаємо розрахункове зусилля:

$$P = 750 + 4000 + 13740 + 7200 = 25 \text{ кН}$$

Визначаємо потужність електродвигуна:

$$N = \frac{25000 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,8} = 41 \text{ кВт}$$

У зв'язку зі складними умовами роботи приймаємо потужність електродвигуна для пересування планірної штанги 47 кВт.

2.2 Розрахунок штанги на міцність

Планірна штанга, перебуваючи в печі, відчуває дію двох сил: власної ваги і опору пересуванню від шихти. Габаритні перетини планірної штанги лімітуються розмірами отвору планірних дверцят, а довжина штанги - корисною довжиною камери.

Перетин штанги вибирають з конструктивних міркувань, прагнучи при цьому максимально наблизити його до перетину балки рівного опору для зменшення ваги і збільшення міцності на поперечний і поздовжній вигин.

На коксвиштовхувачі експлуатуються планірні штанги рівного опору. Перетин такої штанги показано на рис. 2.2.

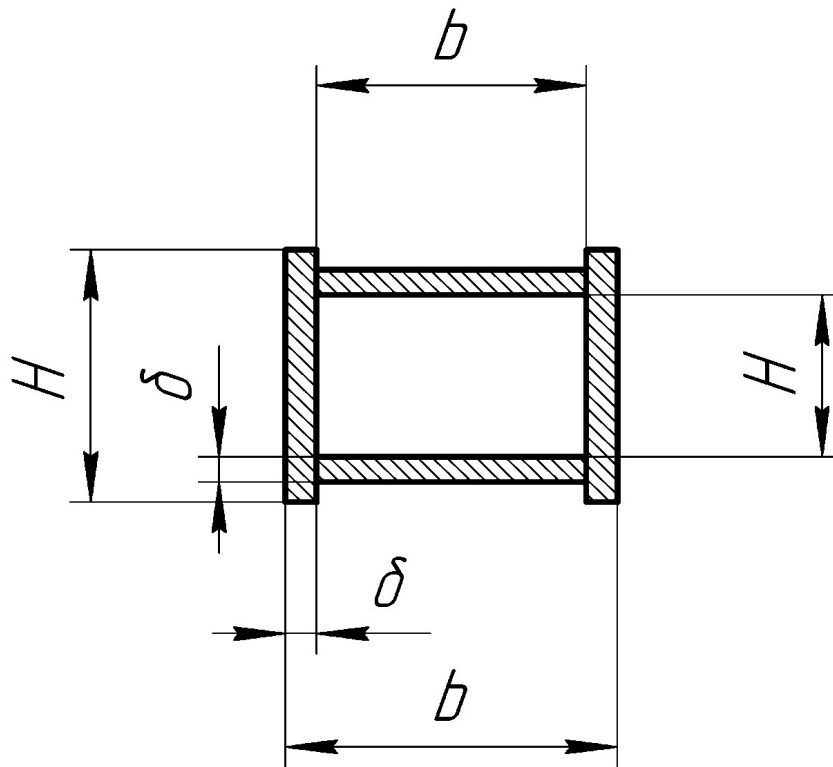


Рисунок 2.2 – Схема планірної штанги

Площа перетину при розмірах $H=250$ мм, $H_1=160$ мм, $b=320$ мм, $b_1=260$ мм, $\delta_1 = 30$ мм, $\delta_2 = 25$ мм буде складати:

$$F = (b \cdot \delta_1) \cdot 2 + (H_1 \cdot \delta_2) \cdot 2,$$

$$F = (0.3 \cdot 0.025) \cdot 2 + (0.26 \cdot 0.025) \cdot 2 = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Момент інерції перерізу штанги знаходиться за формулою [11, 12]:

$$W_x = \frac{2J_{\text{бр}}}{H}$$

Оскільки профіль балки має складний перетин, то момент інерції дорівнює сумі моментів його окремих елементів:

$$J = \sum(I_i + F_i a^2)$$

де I_i – момент інерції відносно центру тяжіння перетину окремих елементів;

F_i – площа перетину окремих елементів,

A – відстань від центру тяжіння окремих елементів до вісі Х-Х.

$$I = \frac{\delta_1 \cdot H^3}{12} \cdot 2 + \left(\frac{b_1 \cdot \delta_2^3}{12} + \delta_2 \cdot b_1 \left(\frac{H_1 + \delta_2}{2} \right)^2 \right) 2 =$$

$$\frac{0,03 \cdot 0,25^3}{12} \cdot 2 + \left(\frac{0,26 \cdot 0,025^3}{12} + 0,025 \cdot 0,26 \left(\frac{0,16 + 0,025}{2} \right)^2 \right) 2 = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Тоді момент опору дорівнює:

$$W_x = \frac{2 \cdot J_{\text{бп}}}{H} = \frac{2 \cdot 1,65 \cdot 10^{-4}}{0,25} = 13,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Визначення напруження від власної ваги. При перших ходах планірної штанги в піч, коли вона не має міцної опори на шихті, планир слід умовно розглядати як балку, яка одним кінцем зацемлена і знаходиться під дією власної ваги. Для спрощення розрахунку приймаємо це навантаження, як рівномірно розподілене по довжині штанги. Найбільший згинальний момент буде в перерізі 1-1 у опори А при знаходженні штанги в крайньому передньому положенні.

Найбільший згинальний момент в перерізі 1-1 дорівнює:

$$M_{\text{max}} = \frac{g \cdot l^2}{2},$$

де g – вага погонного метра планірної штанги, Н; $g = 1000$ Н; l – максимальний виліт планірної штанги, м; $l = 14$ м;

Тоді згинальний момент в перерізі дорівнює:

$$M_{\max} = \frac{1000 \cdot 14^2}{2} = 98 \text{ кНм}$$

Напруження згину від власної ваги в перерізі 1-1 дорівнюватиме:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{98000}{13.2 \cdot 10^{-4}} = 74 \text{ МПа}$$

Визначимо напруження при поздовжньому згині. При розрахунку планірної штанги на поздовжній згин, беручи до уваги, що штанга висунута на $2/3$ довжини камери l_k (проводиться вирівнювання останнього конуса засипки).

Напруження при поздовжньому згині:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{P}{F \cdot \varphi},$$

де P – розрахункове зусилля, що діє по вісі планирної штанги, Н; $P = 25$ кН; F – площа поперечного перетину на небезпечній ділянці, м²; $F = 2,8 \cdot 10^{-2}$ м²; φ – коефіцієнт зменшення основного допустимого напруження на стиск при поздовжньому згині.

Коефіцієнт φ визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{k \left(\frac{2}{3} \cdot L_k + L' \right)}{r_y},$$

де L_k – корисна довжина камери, м; $L_k = 12,3$ м;

L' – відстань до опорного ролика, м; $L' = 2,7$ м.

k – коефіцієнт довжини для випадку, коли у стрижня один кінець вільний, а інший закріплений, $k = 2$;

r_y – мінімальний радіус інерції перетину:

$$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}},$$

де F – площа поперечного перетину, m^2 ; $F = 3,04 \cdot 10^{-2} m^2$;

J_y – момент інерції штанги відносно вісі Y-Y;

$$\begin{aligned} J_y &= \frac{\delta_2 \cdot b_1^3}{12} \cdot 2 + \left(\frac{H \cdot \delta_1^3}{12} + H \cdot \delta_1 \left(\frac{\delta_1 + b_1}{2} \right)^2 \right) 2 = \\ &= \frac{0,025 \cdot 0,26^3}{12} \cdot 2 + \left(\frac{0,25 \cdot 0,03^3}{12} + 0,25 \cdot 0,03 \left(\frac{0,26 + 0,03}{2} \right)^2 \right) \cdot 2 = 1,1 \cdot 10^{-4} m^3 \end{aligned}$$

Мінімальний радіус інерції дорівнює:

$$r_y = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-4}}{2,8 \cdot 10^{-2}}} = 0,063 m$$

Гнучкість:

$$\lambda = \frac{k \left(\frac{2}{3} \cdot L_k + L' \right)}{r_y} = \frac{2 \left(\frac{2}{3} \cdot 12,3 + 2,7 \right)}{0,063} = 346$$

За літературою [27-29] при значенні $\lambda = 346$ по таблиці приймаємо значення $\varphi = 0,19$.

Підставляючи отримані значення в формулу для визначення поздовжнього вигину отримаємо:

$$\delta_{np} = \frac{25000}{2.8 \cdot 10^{-2} \cdot 0,19} = 4,6 \text{ мм}$$

$$\delta_{np} \leq [\delta_d]$$

$[\delta_d] = 10$ мм. Умова виконується: $4,6 < 10$.

Отримане значення відповідає межі міцності для матеріалу штанги.

Критичне напруження на стиск:

$$\sigma_{сж} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot k_T}{\lambda^2},$$

де E – модуль пружності; $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, k_T – коефіцієнт зменшення модуля пружності при нагріванні передньої частини штанги, приймаємо $k_T = 0,7$; λ^2 – гнучкість штанги.

$$\sigma_{сж} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,7}{346^2} = 11,5 \text{ МПа}$$

Запас міцності планірної штанги дорівнює:

$$n = \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_{нд}} = \frac{11,5}{4,6} = 2,5$$

Розрахуємо прогин планірної штанги від власної ваги. Перебуваючи в печі планірна штанга під дією продольних сил прогинається. Максимальний прогин штанги рівного опору визначається за формулою:

$$\zeta = \frac{q \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot J}$$

де g – вага погонного метра штанги, Н; $g = 1000$ Н.

J_x – момент інерції штанги відносно вісі осі X-X; E – модуль пружності; $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, l – максимальний виліт планирної штанги, м; $l = 14$ м;

$$\zeta = \frac{1000 \cdot 14^4}{8 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,65 \cdot 10^{-4}} = 0,145 = 145 \text{ мм}$$

Дійсний прогин значно менше, так як має в завантаженої печі опору на шихті і при плануванні ковзає по ній.

При розрахунку направляючих роликів основним параметром є їх діаметр, який визначається при максимальному вильоті планірної штанги.

Уявімо штангу як балку на двох опорах. Діаметр переднього ролика (за умови того, що штанга спирається на один ролик) знаходимо з виразу:

$$D_{\text{пр}} = \frac{R}{q_p \cdot b_p},$$

де q_p – припустиме питоме навантаження на ролик, МПа; приймаємо $q_p=3$ МПа.

b_p – ширина ролика мм; $b_p = 40$ мм;

R – опорна реакція в передньому ролику, Н.

Опорна реакція в передньому ролику визначається зі співвідношення:

$$G_B \cdot L = R \cdot l_p; R = \frac{G_B \cdot L}{l_p},$$

де G_B – вага висунутої частини штанги, Н; $G_B = 11$ кН;

L – відстань від передніх напрямних роликів до центра ваги висунутої частини штанги, м; $L = 7$ м.

l_p - відстань між двома парами передніх роликів, м; $l_p = 3,2$ м.

Визначивши вихідні величини визначаємо:

$$R = \frac{11 \cdot 10^3 \cdot 7}{3,2} = 24 \text{ кН}$$

Визначивши опорну реакцію ролика, визначаємо його діаметр:

$$D_P = \frac{24000}{0,04 \cdot 3 \cdot 10^6} = 0,2\text{ м} = 200\text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр переднього ролика та роликів, по яким переміщається планірна штанга, рівними 200 мм.

2.3 Аналіз дослідження моделювання параметрів руху планірної штанги по кам'яновугільній шихті

Аналогічно проводили випробування для імітації тертя кам'яновугільної шихти по металу для вологості 0, 5, 10 %; під дією власних сил та сил тяжіння додаткового вантажу 1, 4, 8 кг. Для цього випадку в нижню полуматрицю приладу вміщували металеву форму матеріалу планірної штанги, а в верхню насипали кам'яновугільну шихту. Засипку матеріалу проводили у вільному вигляді без додаткового трамбування або ущільнення. Надлишок матеріалу з полуматриць видаляли за допомогою металевої лінійки.

Таблиця 2.1 – Експериментальні дані

$N_0 = 0,3 \text{ кг; } 3 \text{ Н}$				
Вологість, %	1	2	3	середня
0	0,55	0,65	0,6	0,60
5	0,68	0,74	0,72	0,72
9	0,93	0,85	0,88	0,88
$N_1 = 1,3 \text{ кг; } 12,75 \text{ Н}$				
Вологість, %	1	2	3	середня
0	3,5	3,7	3,3	3,5
5	4,53	4,47	4,5	4,5
9	5,42	5,4	5,38	5,4
$N_2 = 4,3 \text{ кг; } 42,18 \text{ Н}$				
Вологість, %	1	2	3	середня
0	11,4	10,6	11,0	11,0
5	12,2	12,0	11,8	12,2
9	12,5	13,1	12,8	12,8
$N_3 = 8,3 \text{ кг; } 81,42 \text{ Н}$				
Вологість, %	1	2	3	середня
0	16	16,3	15,7	16
5	20	19,6	19,8	19,8
9	22,5	22,3	22,2	22,33

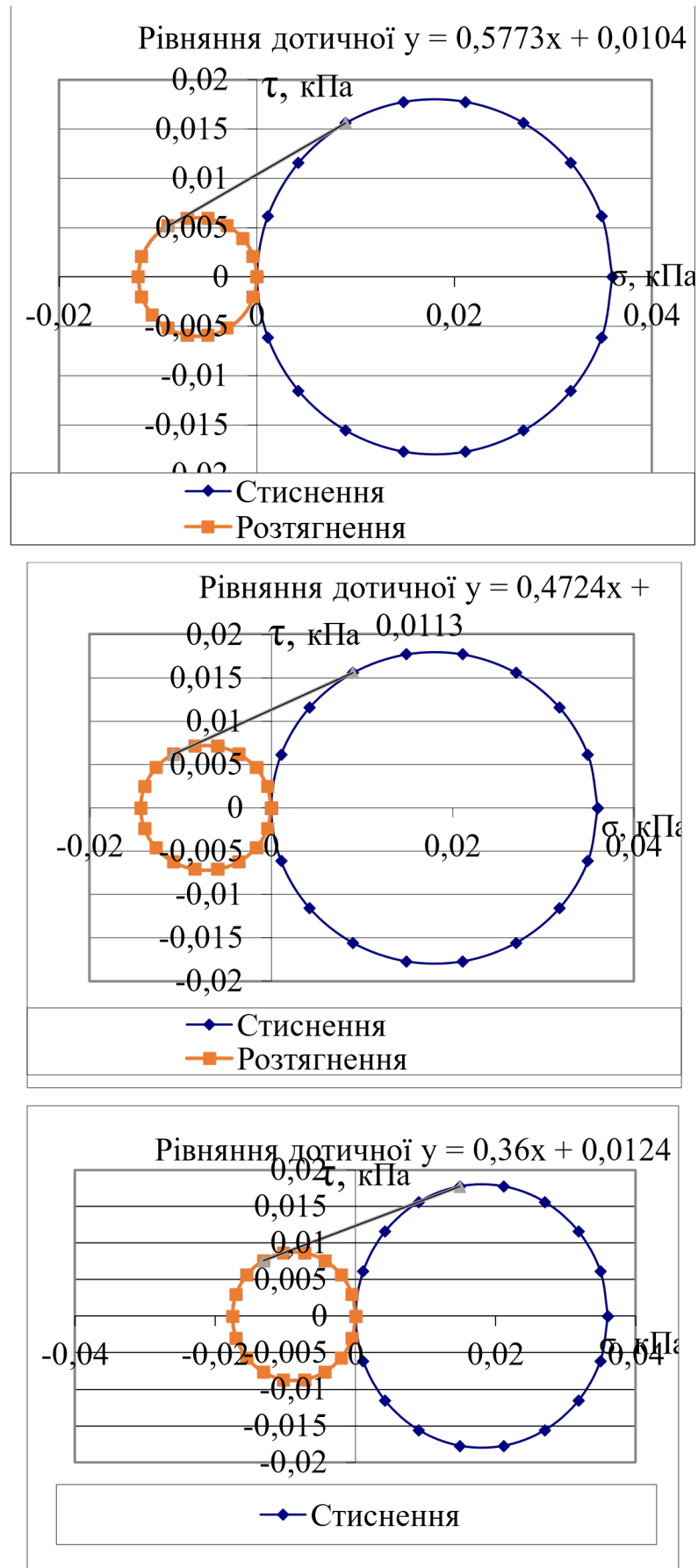


Рисунок 2.3 – Обробка результатів експерименту зовнішнього тертя кам'яновугільної шихти по металу при $N = 0,3$ кг

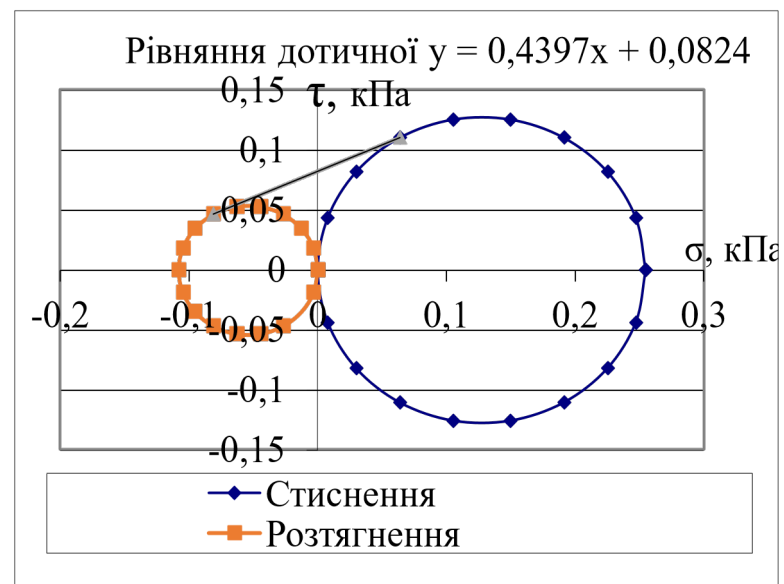
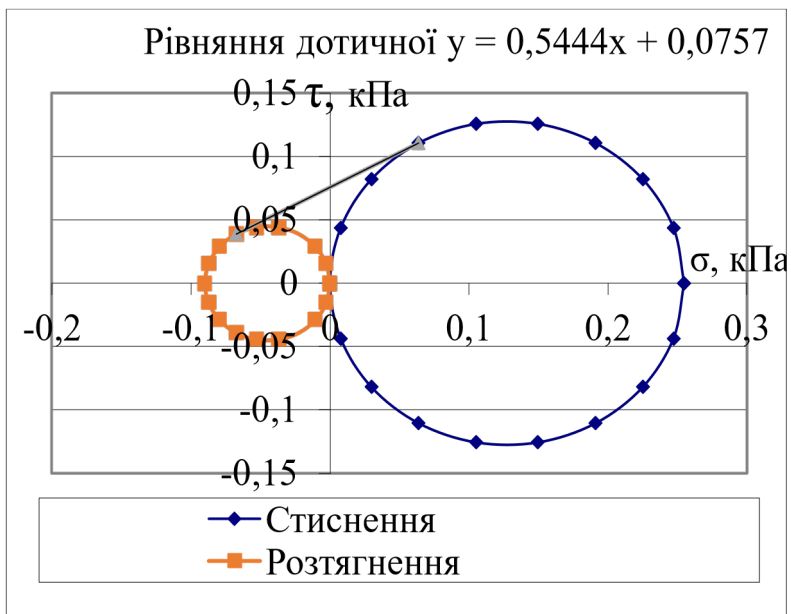
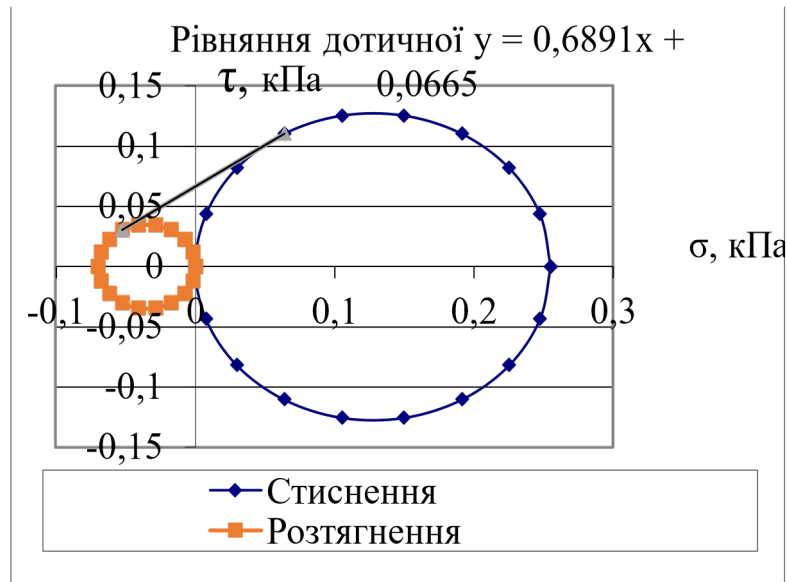


Рисунок 2.4 – Обробка результатів експерименту зовнішнього тертя кам'яновугільної шихти по металу при $N = 1,3$ кг

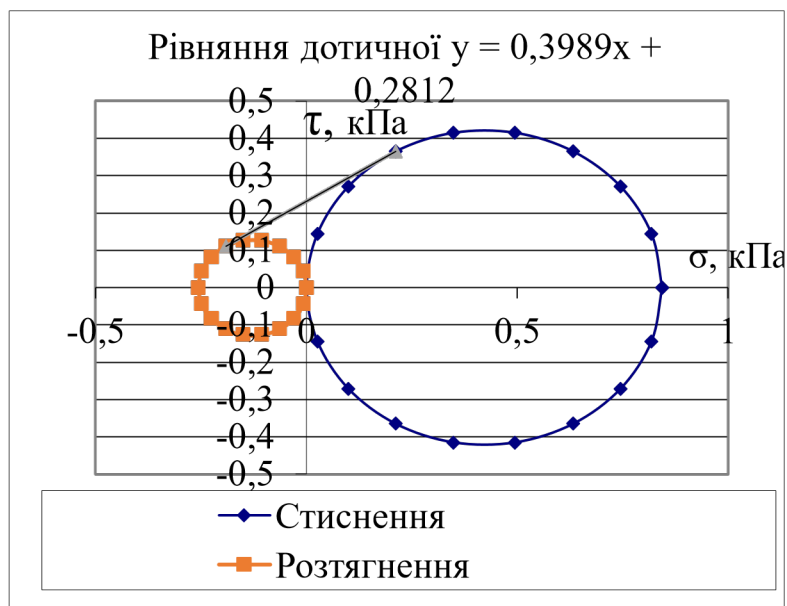
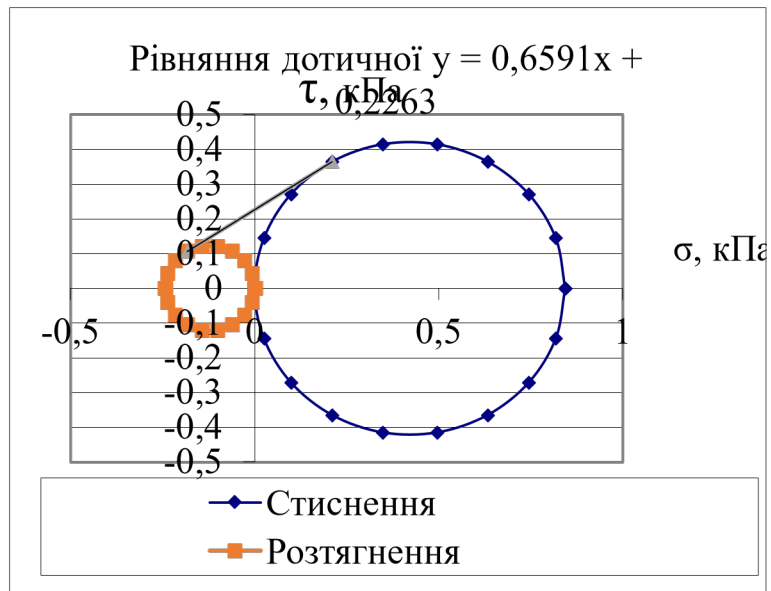
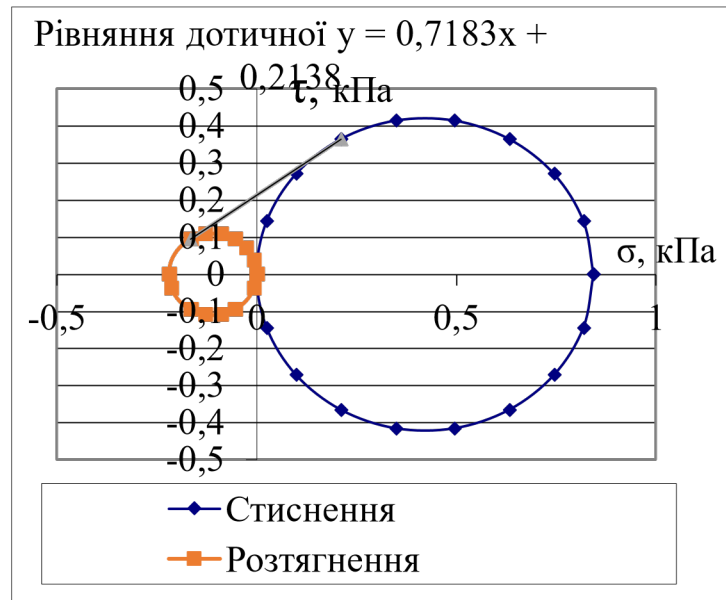


Рисунок 2.5 – Обробка результатів експерименту при $N = 4,3$ кг

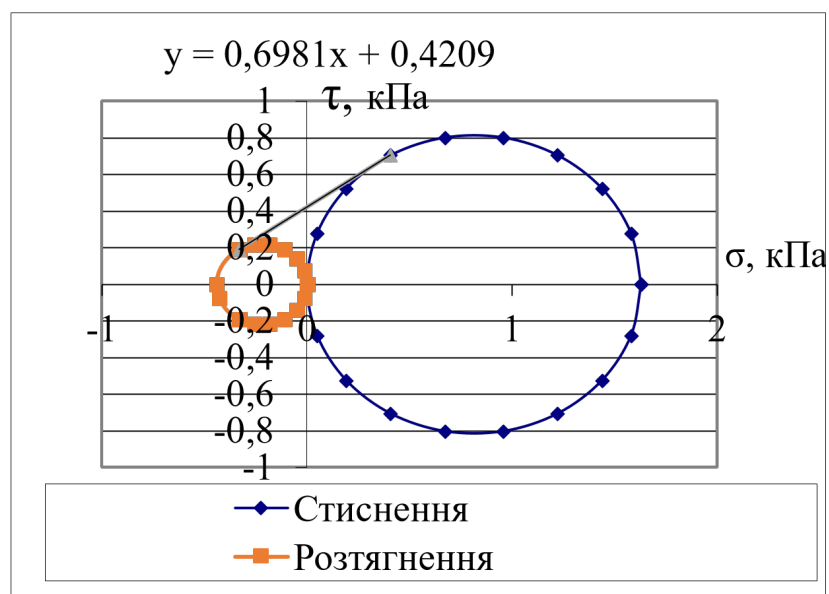
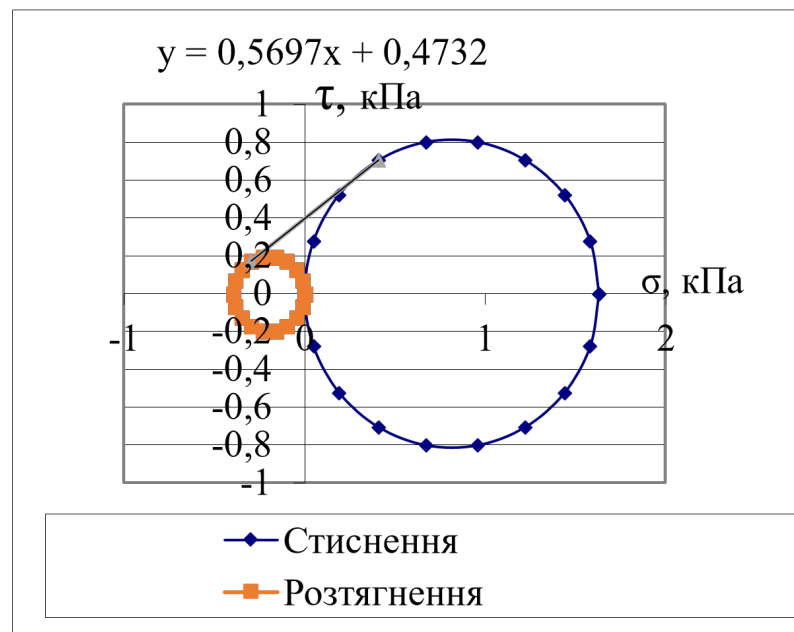
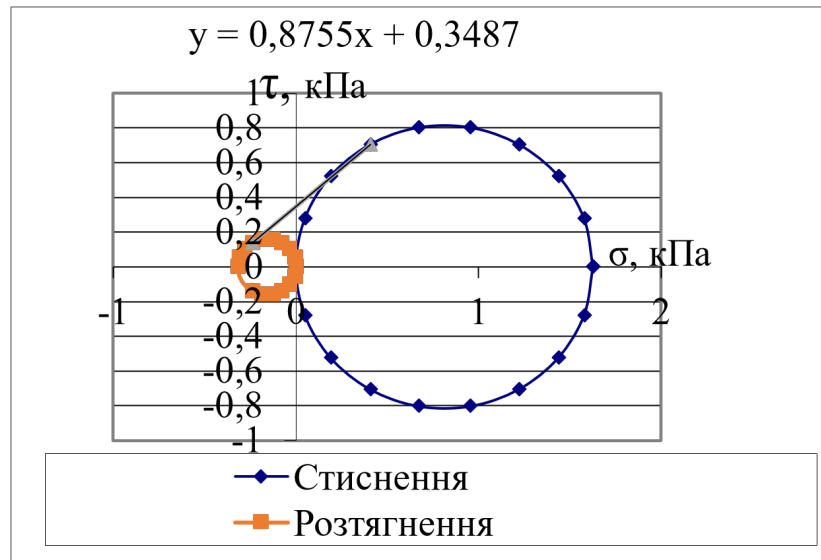


Рисунок 2.6 – Обробка результатів експерименту при $N = 8,3$ кг

Аналізуючи результати досліджень можливо зробити наступні висновки:

- тертя кам'яновугільної шихти по металу при збільшенні стискаючого напруження – збільшується;
- при збільшенні вологості матеріалу тертя кам'яновугільної шихти в межах 9 % збільшується;
- для конструкції планірного пристрою можливо створення конструкції з додатковим ущільненням завантаженої маси кам'яновугільної шихти.

3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОТИ ПЛАНІРНОГО ПРИСТРОЮ КОКСОВИШТОВХУВАЧА

3.1 Моделювання роботи планування шихти в камері коксування

Моделювання роботи планування шихти в камері коксування досить складна задача. Саме планування пов'язано з необхідністю вирівнювання рівня завантаженої шихти. Рівень та об'єм завантаження може змінюватися в залежності від технологічних показників кожної окремої камери коксування, рівня обігріву, стану кладки камери. Завантажена шихта в процесі розвантаження набуває досить специфічних ознак. Можуть спостерігатися процеси сегрегації від завантажувальних отворів до дверей коксових камер. Морфологічний склад завантаженої шихти на рівні проведення планування може істотно відрізнитися, що впливає на процес проведення планування в камері коксування. Величина та форма частинок завантаженої шихти відрізняються між собою.

Штанга планірного пристрою коксовиштовхувача рухається досить швидко до 52 м/хв. В процесі інтенсивної експлуатації на штангу діють значні температурні перепади до 300 °С, тертя від завантаженої шихти. Процес планування проводиться на коксових батареях кожні 10 хвилин після або під час завантаження окремої камери коксування в залежності від регламенту проведення самого процесу. Робота коксових машин взаємозв'язана між собою. Робота планірного пристрою коксовиштовхувача пов'язана з розвантаженням бункерів вуглезавантажувальної машини, яка розташована зверху коксової батареї.

Для моделювання роботи планування приймаємо наступні положення:

Шихта – сипкий дисперсний матеріал. Статистичний середньомасовий діаметр складає по розрахункам за формулою 3 мм [1,13].

$$d = \frac{\sum_{i=1}^k d_{ei} G_i}{\sum_{i=1}^k G_i}$$

де d_{ei} – середнє значення еквівалентного діаметра частинок i -го фракційного класу;

G_i – маса частинок i -го фракційного класу;

k - кількість фракційних класів, на які розбитий діапазон дисперсного матеріалу. Приблизні значення для аналізу складають $k = 5-10$.

Частинки неправильної форми характеризують діаметром умовної сфери d_e , еквівалентної об'єму окремої частинки V_q . Діаметр умовної сфери розраховується за формулою:

$$d_e = (6V_q/\pi)^{1/3}$$

Реальна форма частинок враховується фактором форми Φ , який є відношенням поверхні кулі, об'єм якої дорівнює об'єму частинки до фактичної поверхні частинок S_q :

$$\Phi = 6/(S_q \cdot d_e),$$

де S_q – питома поверхня частинки;

$$S_q = S_q / V_q$$

Для частинок вугільної шихти коефіцієнт форми складає від 0,43 до 0,6.

Частинки завантаженої шихти утворюють дисперсну структуру в камері коксування. Отже, до них можливо застосувати основні диференціальні рівняння механіки суцільних середовищ: рівняння нерозривності та переносу імпульсу.

Розглянемо рівняння нерозривності для дисперсних мас [14-17]. В основі цього рівняння лежить закон збереження маси:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0,$$

де ρ – щільність середовища;

\vec{v} – вектор швидкості в довільній точці простору;

t - час.

Форма камери коксування близька до прямокутної, запишемо це рівняння в прямокутній системі координат (x, y, z) [14-17]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho v_z) = 0.$$

Так як при плануванні передається імпульс від планірної штанги до маси завантаженої шихти, то застосуємо рівняння переносу імпульсу для руху суцільного середовища [14-17]. В основі цього рівняння лежить закон збереження кількості руху:

$$\rho \left(\frac{D\vec{v}}{Dt} \right) = [\nabla \cdot \sigma] + \rho \vec{g},$$

де $\frac{D\vec{v}}{Dt}$ – субстанційна похідна;

∇ -диференційний оператор; σ – тензор напружень;

\vec{g} – вектор прискорення вільного падіння.

Для камери завантаження запишемо рівняння переносу імпульсу в прямокутних координатах [14-17]. Проекція на вісь x :

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right) + g_x.$$

Проекція на вісь y :

$$\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right) + g_y.$$

Проекція на вісь z:

$$\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} \right) + g_z.$$

При рішенні багатьох задач механіки суцільних середовищ тензор напружень зручніше представити у вигляді [14,17]:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{cp} \cdot \delta_{ij} + \tau_{ij};$$

де $\sigma_{cp} = (-p)$ – середнє нормальне напруження або гідростатичний тиск;

τ_{ij} – девіатор тензора напружень;

δ_{ij} - одиничний тензор ($i, j = 1, 2, 3$) $\delta_{ij} = 1$; ($i=j$)

В основі прояву більшості фізико-механічних характеристик дисперсних матеріалів лежить залежність від тиску. Особливу роль відіграють так звані характеристики міцності, які відображають здатність матеріалу зберігати свою форму під впливом зовнішніх тисків.

За результатами одиничного випробування при фіксованому значенні нормальних напружень отримують ряд точок, що характеризують зв'язок між дотичними напруженнями і величиною деформації. Отримані значення нормальних і дотичних напружень відкладають в системі координат σ - τ і будують лінію граничної рівноваги, що представляє собою дотичну до кіл Мора.

Особливу роль відіграють так звані характеристики міцності, які відображають здатність матеріалу зберігати свою форму під впливом зовнішніх тисків.

Складно напружений стан в будь-якій точці випробуваного матеріалу може бути представлено як сукупність трьох плоских напружених станів у відповідних координатних площинах (рис. 3.1).

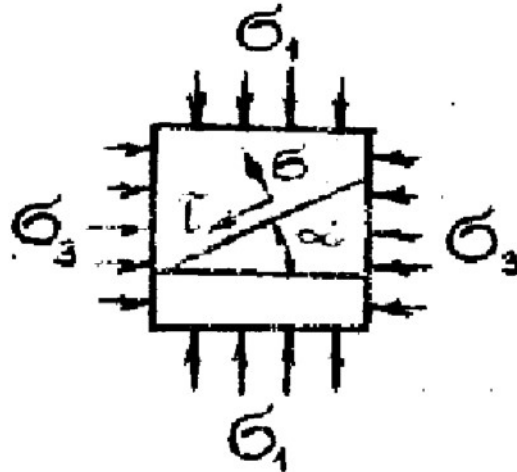


Рисунок 3.1 – Напруження в елементарному об'ємі ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$)

Величини дотичного і нормального напружень, що діють на будь-якому майданчику, виділеному всередині деякого обсягу, визначають за допомогою кіл напружень Мора як аналітичним, так і графічним способом.

Аналітичне визначення напружень [14-17] виконується за формулами:

$$\sigma = \sigma_1 \cos 2\alpha + \sigma_3 \sin 2\alpha, \tau = \sin 2\alpha (\sigma_1 - \sigma_3) / 2,$$

де α – кут нахилу майданчика до площини найбільших напружень.

Для графічного рішення в системі координат σ - τ по осі σ відкладають значення σ_1 та σ_3 , потім радіусом

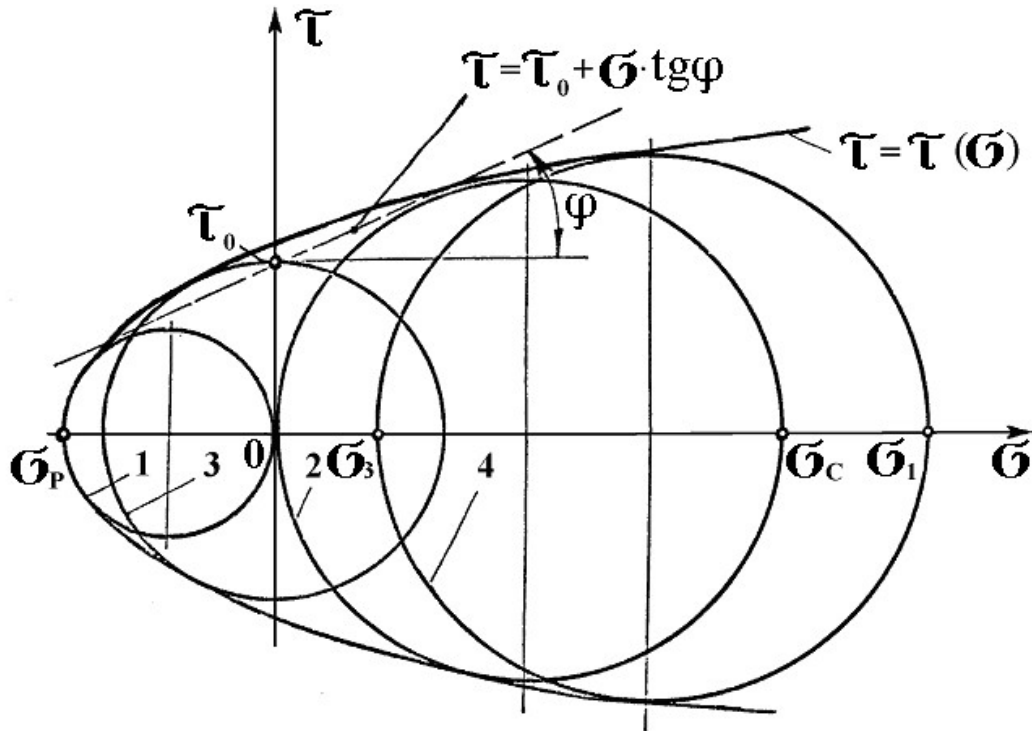
$$R = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$$

проводять півколо. З точки σ_3 під кутом α проводять дотичну до перетину з півколом. Координати точки перетину і є шуканими напруженнями. Провівши кілька випробувань, отримують сімейство півколів. Лінія, що стосується всіх півколів, є кривою граничної рівноваги, яка в даному випадку називається паспортом міцності (рис. 3.2).

Зазначені характеристики можуть бути представлені обвідної кіл Мора (рис. 3.2) і в загальному вигляді описуються рівнянням:

$$\tau \leq \tau(\sigma),$$

де σ , τ - нормальні та дотичні напруження.



1 - σ_p ; 2 - τ_0 ; 3 - σ_c ; 4 - всебічне стиснення; ϕ - кут внутрішнього тертя

Рисунок 3.2 – Графічне представлення стану граничної рівноваги матеріалу з теорії Кулона-Мора

Ділянка позитивних нормальних напружень досить добре описується лінійними апроксимуючими рівняннями:

$$\tau = \tau_0 + k \sigma,$$

$$k = \text{tg } \phi,$$

де τ_0 – початковий опір зрушення;

k – коефіцієнт внутрішнього тертя;

ϕ - кут внутрішнього тертя.

Ділянка негативних значень нормальних напружень характеризує здатність матеріалу чинити опір розриву і проявляється, як правило, у матеріалів з волокнистої або дрібнодисперсної структурою. Цей параметр характеризує силу зчеплення між частинками і залежить від багатьох факторів: дисперсності матеріалу, вологості, кількості і виду сполучного, тиску ущільнення і т.п.

Відповідно до теорії Мора руйнування матеріалу настає тоді, коли діючі напруження лежать в полі напружень вище кривої граничної рівноваги. У загальному випадку крива граничної рівноваги найчастіше описується параболою, проте зазвичай користуються паспортом міцності у вигляді прямої, яка аналітично описують рівнянням.

Міцнісні характеристики σ_p , σ_c розраховують за формулами:

$$\sigma_c = K_m \frac{4 \cdot P_p}{\pi \cdot d^2}; \quad \sigma_c = K_m \frac{P_p}{d \cdot h},$$

де P_p – руйнівне навантаження;

K_m – масштабний коефіцієнт, приймається по ДСТУ в залежності від розмірів зразка d и h .

При зсувних випробуваннях дискретних матеріалів загальноприйнято визначення міцності по огинаючій кривій Мора.

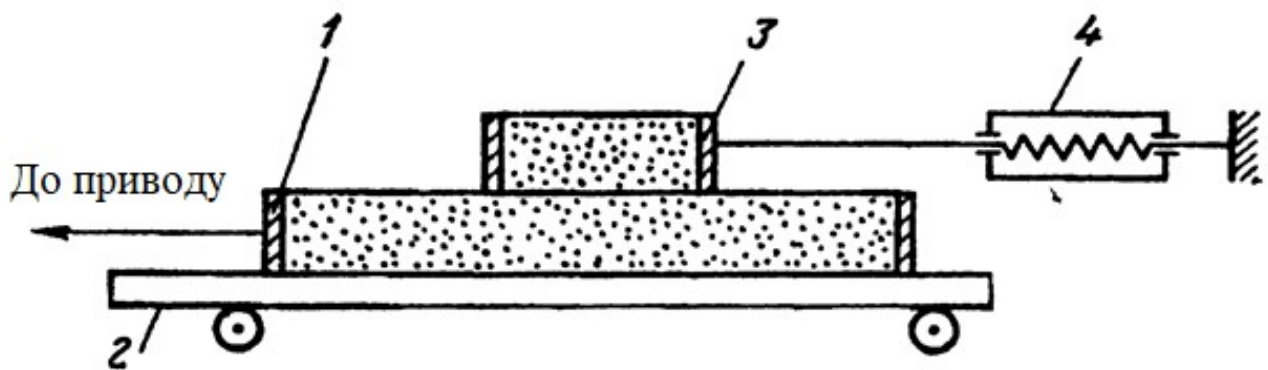
За значеннями нормальних і дотичних напружень в системі координат σ - τ визначають положення лінії граничної рівноваги, що представляє собою огинаючу кіл Мора [14-17].

В результаті визначають значення апроксимуючих коефіцієнтів у вигляді початкового опору зсуву τ_0 і коефіцієнта внутрішнього тертя f . Таким чином, за результатами одиничного випробування при фіксованому значенні нормальних напружень отримують ряд точок, що характеризують зв'язок між дотичними напруженнями і величиною деформації.

3.2 Обладнання для проведення експерименту

Для проведення зсувних випробувань використовуємо прилад для зсувних випробувань сипучих матеріалів. Найбільш простим для цих цілей є прилад Дженіке [14,17], схема якого є класичною.

На коефіцієнт внутрішнього тертя сипучих матеріалів, що знаходяться в насипному стані, істотний вплив роблять вологість і його гранулометричний склад [14,17]. Експериментальне дослідження впливу цих факторів на коефіцієнт внутрішнього тертя порошків мінеральних добрив проводять на приладі, схема якого показана на рис. 3.3. Сипучий матеріал засипають в зрушувальну чарунку 1, встановлену на візку 2. У матрицю 3, з'єднану з динамометром 4, засипають певну наважку матеріалу. Після включення приводу при сталому русі візка фіксують показання динамометра.



1- ячейка для зсуву; 2 - візок; 3 - матриця; 4 - динамометр

Рисунок 3.3 – Схема приладу Дженіке

Нормальні напруження в шарі порошку розраховували як:

$$\sigma_n = M \cdot g / S;$$

де M - маса матеріалу в матриці, кг;

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

S - площа перетину матриці, мм^2 ;

Дотичні напруження:

$$\tau_n = (F - F_0) / S,$$

де F - показання динамометра при переміщенні матриці з матеріалом;

F_0 - показання динамометра при переміщенні матриці без матеріалу;

S – площа перетину матриці.

Інші конструкції приладів при всьому різноманітті в тій чи іншій мірі орієнтовані на отримання достовірних даних для умов конкретного виробництва.

Методика випробувань у всіх випадках включає створення осьового навантаження (тиск ущільнення) і подальший зсув рухомої матриці. Результати випробувань представляють у вигляді осьових і зсувних напружень, визначають вид рівняння $\tau = \tau(\sigma)$ і обчислюють відповідні значення початкового опору зсуву τ_0 і коефіцієнта внутрішнього тертя f .

Труднощі виникають при роботі з приладом Дженіке в діапазоні відносно малих (до 10 кПа) і великих (більше 10 МПа) тисків. В області малих тисків необхідна підвищена точність і чутливість приладів, що досягається в основному зменшенням сил тертя рухомої матриці об нерухому матрицю.

В області високих тисків з'являються труднощі конструктивного характеру при створенні значних осьових і зсувних зусиль. Очевидно, що в цих випадках необхідно вдаватися до механічного або гідравлічного навантаження і застосування в якості силовимірювачів динамометрів стиснення.

Багато недоліків зсувних приладів аналогічні розглянутим в попередньому розділі. Усунення цих недоліків дозволило створити зручний і точний прилад для зсувних випробувань при малих тисках ущільнення [18,19].

Прилад для зсувних випробувань сипучих матеріалів в діапазоні тисків до 10 МПа [18] складається зі станини 1 (рис. 2.3), на якій нерухомо закріплені опорна шайба 2 з нижньою напівматрицею 3, стійка індикатора 4, гвинтовий пристрій 5 і стійки 9, на яких кріпиться нижня плита 11. На нижній плиті 11 шарнірно закріплена верхня плита 12, до якої за допомогою ниток 17 підвішена верхня напівматриця 6. Між нижньою і верхньою плитами встановлений динамометр стиснення 15 для фіксування втрати осьової складової тиску від тертя сипучого матеріалу об стінки верхньої напівматриці. Положення верхньої напівматриці щодо нижньої регулюється за допомогою регулювальних гвинтів 10, 16.

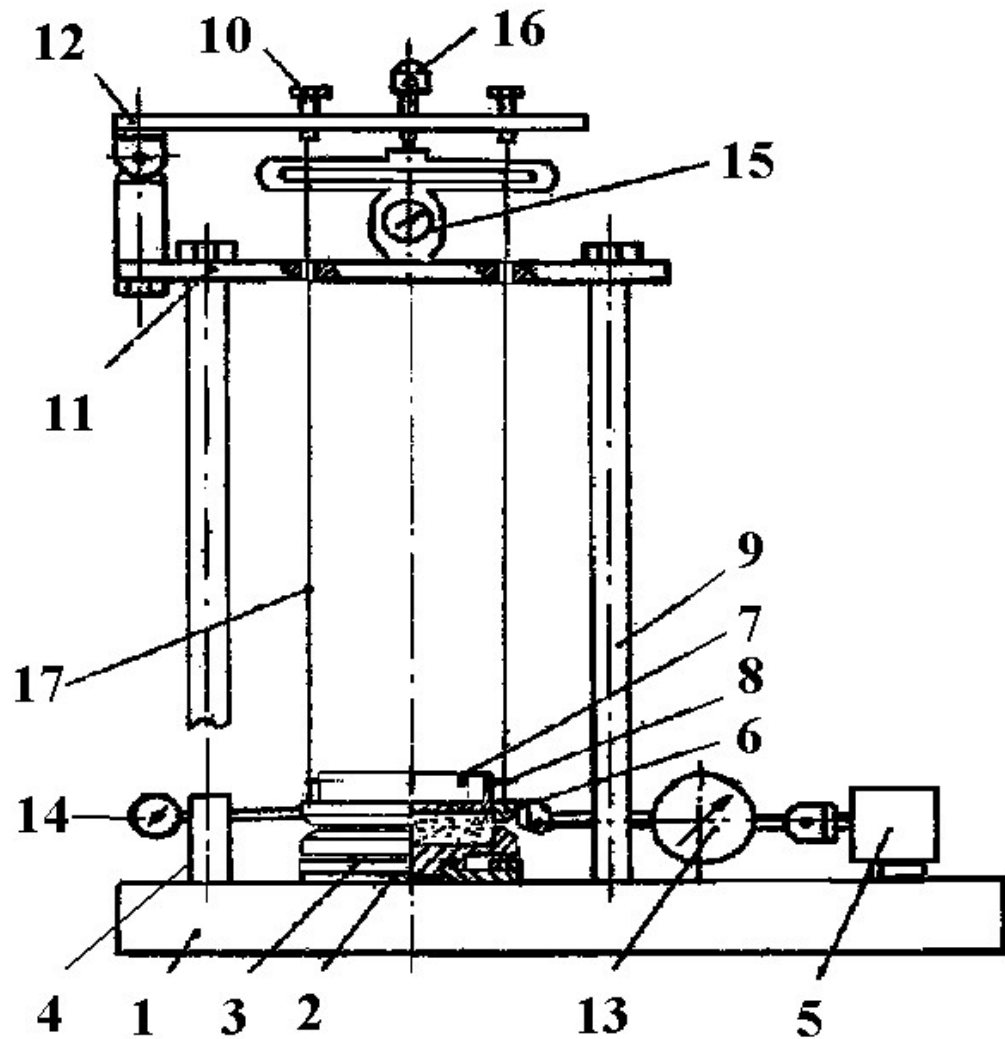
Нормальне стискаюче навантаження на досліджуваний матеріал створюється за допомогою поршня 7, що входить всередину верхньої напівматриці і вантажів 8. Зсув матеріалу створюється гвинтовим пристроєм 5 і фіксується динамометром розтягування 13. Переміщення верхньої напівматриці при зсуві вимірюється індикатором годинникового типу 14. Конструкція приладу дозволяє встановлювати в верхню напівматрицю зразки з різних матеріалів, що необхідно для визначення коефіцієнтів зовнішнього тертя. Основні параметри приладу наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри приладу для зсувних випробувань

Вид матриці	Розміри матриці, мм	Площа поперечного перетину, см ²	Верхня межа крупності частинок, мм
Кругла	Ø 112,8	100,0	5,0
Прямокутна	20×92	18,4	1,5
	40×92	36,8	3,0

Прилад має наступні технічні та експлуатаційні переваги:

- відсутність сил тертя на переміщення верхньої напівматриці щодо нижньої за рахунок застосування підвіски на гнучких нитках;
- підвищену точність визначення нормальних напружень в площині зсуву за рахунок урахування втрати осьової складової при терті сипучого матеріалу об стінки верхньої напівматриці;
- можливість поряд з коефіцієнтами внутрішнього тертя отримувати коефіцієнти зовнішнього тертя сипучих матеріалів за рахунок установки в
- нижню напівматрицю зразків поверхні різних матеріалів;
- простоту і зручність в експлуатації, що дозволяє оперативно проводити дослідження, що особливо важливо при випробуванні сипучих матеріалів в ускладнених умовах.



1 – станина; 2 – опорна шайба; 3 – нижня напівматриця; 4 – стійка індикатора; 5 – гвинтовий пристрій; 6 – верхня напівматриця; 7 – поршень; 8 – вантаж; 9 – стійки; 10, 16 – регулювальні гвинти; 11 – нижня плита; 12 – верхня плита; 13, 15 – динамометри; 14 – індикатор переміщень, 17 – нитка

Рисунок 3.4 - Прилад для зсувних випробувань сипучих матеріалів

Перед проведенням зсувних випробувань завжди визначають гранулометричний склад і вологість досліджуваного матеріалу.

Підготовлений зразок сипучого матеріалу завантажують у внутрішню порожнину напівматриць 5, 6 і розрівнюють. При цьому стежать за співвісністю установки напівматриць і величиною зазору між ними. Початкове показання динамометра 15 приймають за нульову точку відліку.

Потім у верхню напівматрицю 6 встановлюють поршень 7 і необхідний вантаж 8. При цьому динамометр 15 покаже частину осьового навантаження, прикладену до бічних стінок верхньої напівматриці (в приладах інших конструкцій ця частина навантаження не враховується, що знижує їх точність).

Після створення осьового навантаження індикатор переміщень 14 встановлюють на нуль і починають випробування, фіксуючи зсувне зусилля і переміщення. Випробування завершують тоді, коли переміщення верхньої напівматриці складе більше 5 мм.

При визначенні коефіцієнтів зовнішнього тертя в порожнину нижньої напівматриці вставляють зразок матеріалу.

Прилад [18,19] для випробувань міцності і зсувних характеристик сипучих дискретних матеріалів дозволили провести численні дослідження різних за складом і вихідним фізико-механічним характеристикам робочих мас при різній вологості, вмісті сполучного, крупності, щільності і т.д. і встановити закономірності зміни цих характеристик в широкому діапазоні значень, реальних для технологічних процесів переробки при різних механічних впливах.

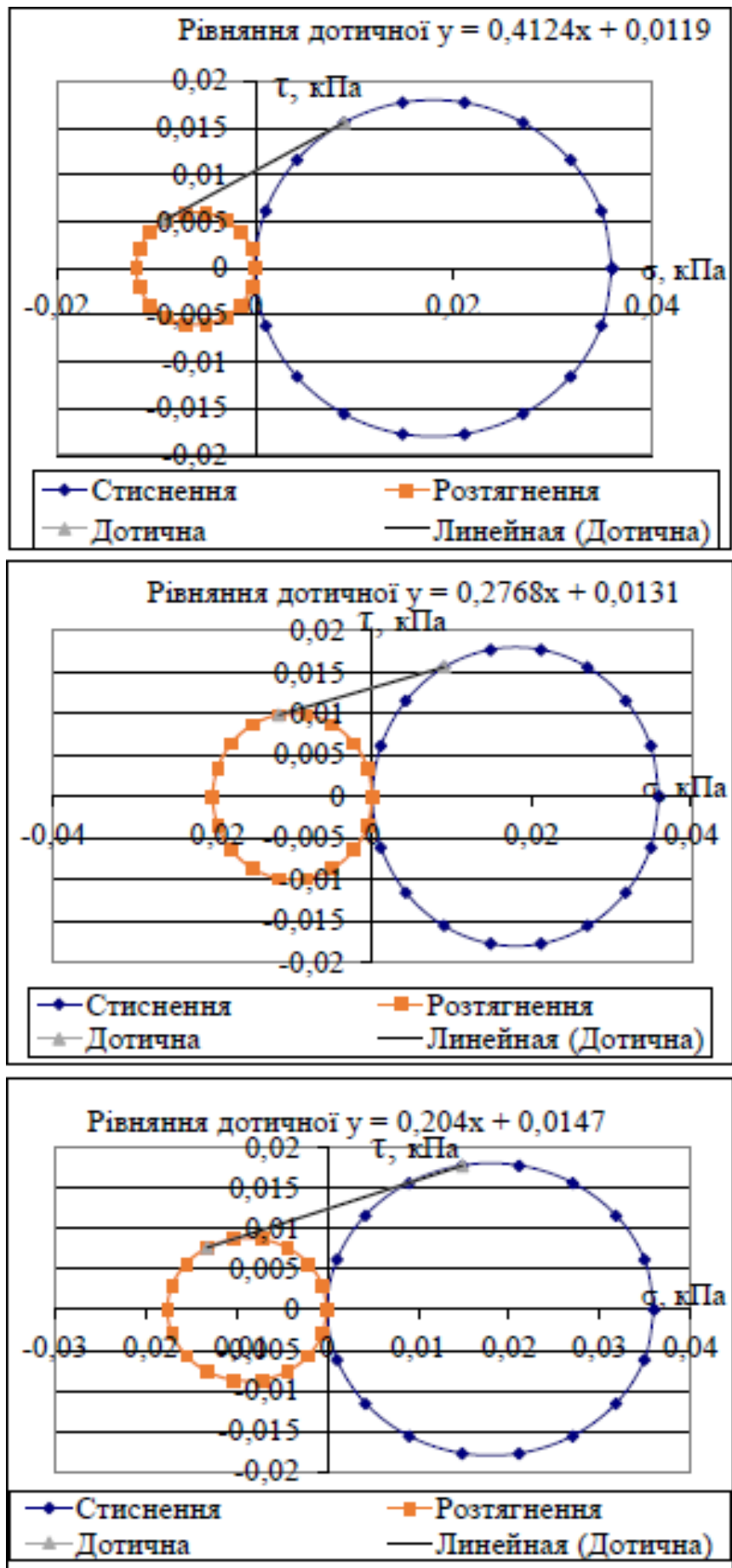
3.3 Обчислення параметрів моделювання

Для проведення експерименту було відібрано проби шихти, яка завантажується в коксові печі. Гранулометричний склад проб вугільної шихти склав 0-3 мм 80 %, 3-5 мм 20 %. Сумарна вага проби кам'яновугільної шихти склала 15 кг. Для проведення експерименту загальну пробу розділили на 3 частини: по 5 кг.

Для імітації процесів планування першу частину проб з вологістю 0, 5, 10 % насипали в обидві полуматриці та проводили зсувні випробування під дією власних сил, під дією сил тяжіння додаткового вантажу з масою 1, 4, 8 кг. Для чистоти експерименту випробування проводили тричі з розрахунком середнього значення сили зсуву.

Таблиця 3.2 – Експериментальні дані

N ₀ = 0,3 кг; 3 Н				
Вологість, %	1	2	3	середня
0	0,85	0,75	0,8	0,80
5	0,45	0,5	0,55	1,00
9	0,32	0,3	0,29	1,20
N ₁ = 1,3 кг; 12,75 Н				
Вологість, %	1	2	3	середня
0	1,65	1,7	1,7	1,68
5	1,85	1,7	1,85	1,80
9	1,72	1,78	1,88	1,79
N ₂ = 4,3 кг; 42,18 Н				
Вологість, %	1	2	3	середня
0	5,4	5,8	5,6	5,60
5	5,8	5,9	5,8	5,83
9	6,5	6,76	6,4	6,55
N ₃ = 8,3 кг; 81,42 Н				
Вологість, %	1	2	3	сер
0	10,5	9,8	11,2	10,50
5	11,3	11,5	11,2	11,33
9	12,5	12,3	12,2	12,33

Рисунок 3.5 - Обробка результатів експерименту при $N = 0,3$ кг

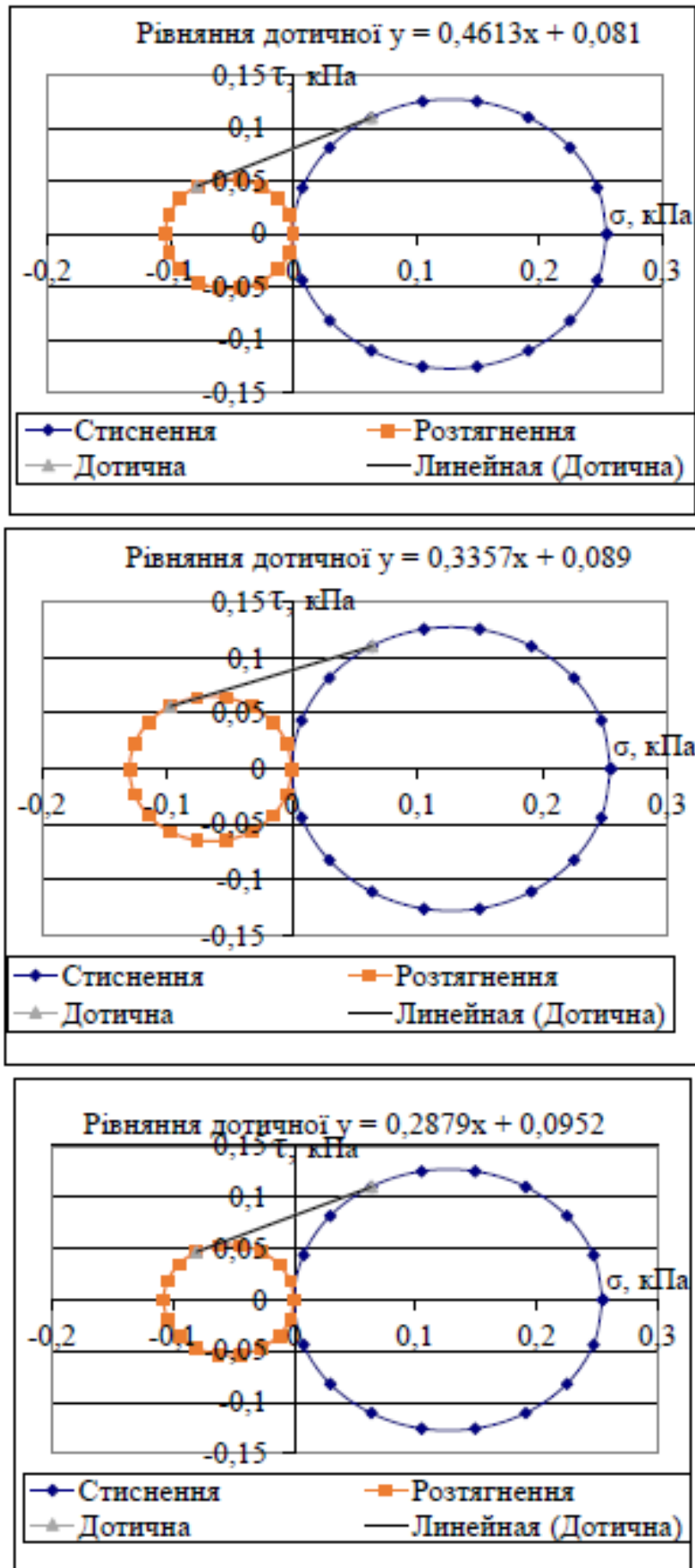
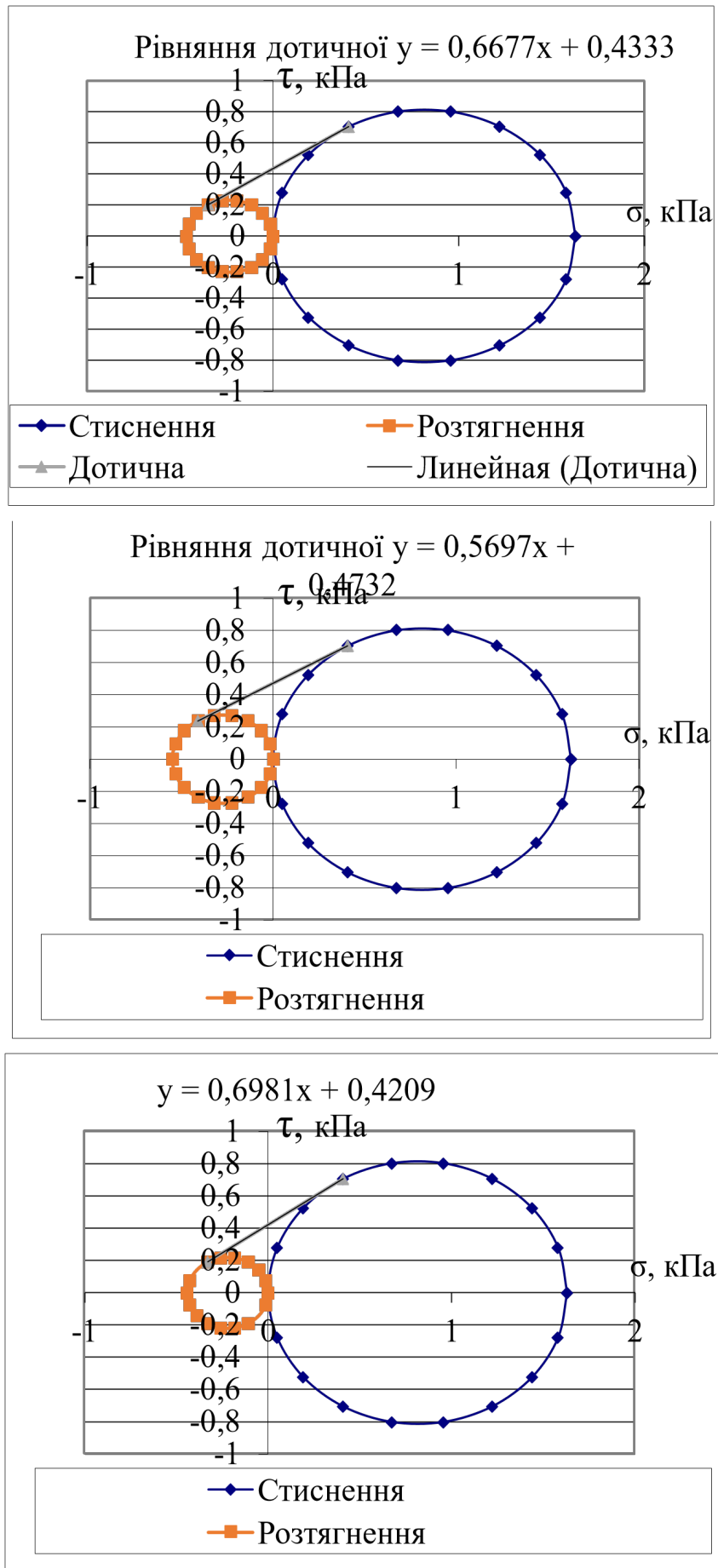
Рисунок 3.6 – Обробка результатів експерименту при $N = 1,3$ кг

Рисунок 3.7 – Обробка результатів експерименту при $N = 4,3$ кг

Рисунок 3.8 - Обробка результатів експерименту при $N = 8,3$ кг

Аналіз результатів внутрішнього тертя кам'яновугільної шихти можна зробити наступні висновки:

- при підвищенні сили стискання дотичні сили зсуву підвищуються;
- наявність вологи підвищує сили зсуву;
- початкова сила зсуву підвищується при збільшенні вологи в матеріалі і при збільшенні стискаючої сили.

3.4 Аналіз надійності роботи планірного пристрою.

Метод «дерево відмов»

При монтажі коксовиштовхувача на коксохімічному заводі повинні бути виконані наступні технічні вимоги. Коксовиштовхувач повинен спиратися на вивірений рейковий шлях всіма колесами і зберігати зчеплення коліс з рейками при русі вздовж батареї; відстань між центрами поверхонь катання (колія) ходових коліс має бути витримано з точністю ± 5 мм. Відстань між центрами осей балансирних візків (база ходової частини коксовиштовхувача) має бути витримана з точності ± 10 мм, однак різниця розмірів діагоналей між центрами осей балансирних візків не повинна перевищувати ± 5 мм. Балансирні осі двох візків одного боку коксовиштовхувача повинні бути паралельні між собою, перевірка відхилення від паралельності проводиться шляхом вимірювання відстані між центрами балансирних осей з зовнішньої і внутрішньої сторони кожної пари візків, при цьому різниця між отриманими розмірами не повинна перевищувати 1 мм [1, 21].

Вертикальні розміри повинні бути витримані в таких межах, рахуючи від рівня головок рейок:

- а) до найвищої точки коксовиштовхувача з точністю ± 25 мм;
- б) до рівня робочого майданчика в кожному з чотирьох кутів майданчика з точністю ± 15 мм;
- в) до верху планірної штанги з точністю ± 10 мм;
- г) до підшви черевика виштовхуючої штанги з точністю ± 10 мм;

д) до центру буфера з точністю ± 5 мм.

Горизонтальні розміри повинні бути витримані в межах:

- а) від осі коксовиштовхувача до осі виштовхуючої штанги з точністю ± 10 мм;
- б) від осі виштовхуючої штанги до осі планірної штанги з точністю ± 5 мм;
- в) від осі виштовхуючої штанги до осі дверезнімального пристрою з точністю ± 5 мм.

Габаритні розміри коксовиштовхувача повинні бути витримані з наступною точністю:

- а) довжина (перпендикулярно рейковому шляху коксовиштовхувача) в межах ± 35 мм;
- б) ширина (розмір по буферам уздовж рейкового шляху) з точністю ± 25 мм.

Виштовхуюча, дверезнімальна і планірна штанги повинні лежати на всіх роликах без зазору таким чином, щоб вертикальні осьові площини їх були строго паралельні осі коксовиштовхувача і перпендикулярні фронту печей. Вертикальна вісь поворотної рами дверезнімального пристрою повинна бути паралельна фронту печей [21].

Після монтажу механізмів необхідно перевірити правильність виконання всіх монтажних з'єднань, міцність кріплення вузлів і болтових з'єднань, наявність мастила в редукторів підшипникових вузлах.

Після закінчення монтажу коксовиштовхувача проводиться регулювання всіх вузлів і випробування їх відповідно до фактичного стану печей, остаточна установка і регулювання кінцевих вимикачів, командоапаратів, лінійок до них і т.д., а також проводиться регулювання ходів механізмів.

Гальма всіх приводів повинні бути відрегульовані на моменти, зазначені в технічній характеристиці механізмів. У стані розгальмування зазор між обкладинками колодок гальм і зовнішньою поверхнею ободу шківів повинен відповідати розміру, зазначеному в інструкції по експлуатації гальма.

При налагодженні механізму пересування коксовиштовхувача особлива увага повинна бути звернена на одночасне плавне спрацьовування гальм всіх приводів.

Регулювання планірної штанги по висоті проводиться після закінчення монтажу за допомогою гвинтів стійок таким чином, щоб при введенні штанги в планірний люк були забезпечені проектні розміри.

Необхідно перевірити натяг робочих ланцюгів, несучих бічних і торцевих кареток. При необхідності натягнути ланцюга, переміщаючи нижню опору гвинтами.

Вручну або включаючи привід, встановити каретки на вертикальних ділянках ланцюгів згідно складального креслення механізму чищення дверей, суворо витримавши розміри прив'язок від осі нижніх зірочок до осі корпусу каретки. Це положення кареток вважати вихідним. Зупинка кареток на горизонтальних ділянках кіл не допускається з огляду на неминучі поломки при введенні двері в механізм.

Відрегулювати командоапарат приводу таким чином, щоб при відключенні електродвигуна приводу, після одного проходу кареток, вони встановлювалися в початковому положенні.

Після закінчення монтажу механізмів і прокручування їх вручну, проводиться установка електроустаткування і приєднання проводів відповідно до креслень і схем електропроекту.

Всі металеві не струмопровідні частини електрообладнання, які можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції, повинні бути заземлені, відповідно до вимог до заземлення електрообладнання.

Після виконання електромонтажних робіт здійснюються налагоджувальні роботи.

Перевіряється монтаж електричних з'єднань за принциповими схемами, відповідність проектних даних установок, максимальних реле, реле часу і величини пускових опорів.

Перевіряється робота електричних ланцюгів без навантаження і під навантаженням.

Проводиться налагодження кінцевих і колійних вимикачів за фактичними положеннями механізмів.

Перевіряється відповідність ходів механізмів, написи на табличках станцій і пультів управління, робота електричних блокувань між механізмами.

При експлуатації електрообладнання коксовиштовхувача необхідно керуватися «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживача» і «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

При технічному обслуговуванні механізмів необхідно регулярно стежити за роботою гальм, своєчасно здійснюючи регулювання зазору між обкладинками колодок гальма і зовнішньою поверхнею обода шківів; систематично перевіряти роботу блокувань механізмів коксовиштовхувача і блокувань з іншими машинами, а також стан звукової і світлової сигналізації.

Періодично перевіряти і регулювати затяжку пружин, регулювати важільні системи.

Необхідно стежити за спрацьовуванням кінцевих вимикачів і командоапаратів. Перевіряти наявність мастила в редукторах, муфтах, місцях тертя, а також стан сальників черв'ячно-гвинтових редукторів.

При технічному обслуговуванні механізму пересування необхідно регулярно стежити за станом кріплення редукторів до балансірної рами [24].

При обслуговуванні планірного пристрою стежити за тим, щоб трос був завжди натягнутий і в справному стані, періодично перевіряти кріплення троса.

Для контролю станів ущільнення швидкохідного вала редуктора (при фланцевому електродвигуні) є штуцер, поява масла в якому свідчить про несправності ущільнень. Щоб уникнути виходу з ладу електродвигуна пропуск масла необхідно терміново усунути.

Наявність мастила в редукторах має систематично контролюватися. Повного обсягу мастила, залитого в редуктор достатньо для безперервної роботи протягом 6-ти діб.

При заливці мастила в редуктор необхідно перевірити роботу насоса, для чого маслосистема прокачується вручну до тих пір, поки масло буде викидатися назовні порціями.

Забороняється:

1. Багаторазові включення механізму при установці.
2. Працювати механізмом без змащення.
3. Збільшити величину крутного моменту проти зазначеного в кресленнях. Необхідно стежити за натягом ланцюгів.

Однією з основних ремонтних робіт на планірному пристрої є правка деформованої штанги. Якщо вигнута передня частина штанги, для нагріву перед правкою штангу вводять в коксову піч, що знаходиться в останньому періоді перед видачею коксу.

Якщо штанга вигнута в задній частині, яку не можна ввести в піч, нагрів ведуть аналогічно нагріванню виштовхуючої штанги.

Однією з причин вигину планірної штанги є неправильна установка опорних роликів, тому необхідно стежити за тим, щоб нижні опорні ролики розташовувалися на одній лінії. Планірна штанга не повинна затискатися між ребордами роликів або між верхніми і нижніми роликами, так як защемлення веде до перевантаження тросів і їх обриву.

Як показали дослідження, що проводилися на заводах, на термін служби тросів сильно впливають їх коливання, результатом яких є втома металу дротів, і якість мастила. У рідкому мастилі, що покриває трос, поступово накопичуються дрібні частки коксу, металу та інших твердих матеріалів, що перетворюють мастило в абразивний бруд. Для зменшення зносу тросів їх необхідно тримати завжди натягнутими і застосовувати сухе мастило. Блоки, виготовлені з висококремністого чавуну, до складу якого входить достатня кількість графіту, дозволяють збільшити термін служби тросів майже в два рази. Щоб уникнути стирання троса о бічні стінки струмків блоків останні слід встановлювати строго по осі планірної штанги, перевіряючи правильність установки по струні.

При виході з ладу одного з тросів абсолютно неприпустима заміна його тросом іншого діаметру. Для нормальної роботи приводу обидва троса повинні мати обов'язково однаковий діаметр.

Кінці приводних тросів з'єднуються з планірною штангою сталевими пальцями, для чого на кінцях тросів роблять петлі. Щоб уникнути швидкого виходу троса з ладу через різкий перегин і тертя об палець між пальцем і тросом вводять додаткову деталь - сталевий коуш. Трос огинають навколо коуша, щільно укладають його в жолоб і м'яким сталевим дротом короткий кінець троса прикріплюють до довгого близько самого коуша. Потім розплітають і нумерують пасма короткого кінця, після чого поступово вплітають їх в трос. У точці троса, найбільш близької до коуша, за допомогою жолобчастого клина роблять зазор між другим і четвертим пасмами, в який протягують перше пасмо. Так в послідовному порядку простягають все пасма по чотири рази, після чого кінці, що стирчать, відрізають, а нерівності згладжують молотком. Періодичність планово-попереджувальних ремонтів [21]:

- а) механізмів - 2 рази на місяць;
- б) електрообладнання - 2 рази на місяць.

Періодичність планових ревізій - з розбиранням вузлів:

- а) механізмів - одна ревізія в 6 місяців;
- б) електрообладнання - одна ревізія в 6 місяців.

Надійність - це складне поняття, що об'єднує ряд властивостей об'єкта, пов'язаних з якістю виконання ним певних функцій протягом заданого часу. Визначення надійності як стандартного терміну постійно розвивається.

Надійність, що розглядається як тимчасова властивість об'єкта, здатного задовільно виконувати задані функції, характеризується сукупністю більш елементарних властивостей: безвідмовністю і збереженістю для невідновлювальних об'єктів і безвідмовністю, збереженістю, ремонтпридатністю і довговічністю - для відновлюваних [22-24].

Ремонтопридатність визначає властивість об'єкта, що дозволяє попереджати, виявляти або усувати відмову і несправність. Використання цієї властивості реалізується шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту.

Основними показниками надійності є пара протилежних понять: працездатність і відмова.

Працездатність - це стан об'єкта, при якому він може виконувати задані функції при встановлених значеннях параметрів функціонування. Інші параметри, другорядні з точки зору надійності, можуть впливати тільки на стан справності (наприклад, забарвлення, запиленість).

Відмова - це подія, в результаті якої настає втрата працездатності. Відмови можуть бути пов'язані з втратою можливості функціонування об'єкта (руйнування елемента, обрив функціональних зв'язків системи) або з неприпустимими змінами параметрів функціонування (параметричні відмови по продуктивності, точності) [22-24].

Оцінку надійності планірного пристрою проводимо за допомогою методу дерева відмов. Перевагами цього методу є те, що побудоване дерево відмов дозволяє в загальному вигляді показати події і передбачити їх відмову та дозволяє в явному вигляді, наочно уявити і обґрунтувати прийняте рішення.

В якості вихідних подій прийняті відмови механізмів і пристроїв планірної штанги. Це обумовлено тим, що деталізація дерева відмов до елементарних складових веде до надмірної громіздкості його конфігурації, невиправдано великих витрат часу, а також вимагало б в подальшому великого обсягу статистичної інформації і тривалих (до 10 років і більше) спостережень за роботою планірної штанги в експлуатації.

Поряд з відмовами механізмів планірної штанги в якості вихідних подій вводяться відмови металоконструкцій планірної штанги, оскільки практика свідчить про їх дуже важливу роль для забезпечення працездатності механізмів.

З огляду на, що категорювання механізмів служить для оптимізації системи ТОiP механізмів, при побудові дерева відмов не розглядаються вихідні

події, пов'язані з відмовою електричної частини, КВПіА помилками операторів. «Відмова виробничого процесу» - Z, пов'язаний з невиконанням функції планірного пристрою відбудеться при настанні одного з наступних подій (рис. 2.8):

- не видається коксовий пиріг, T1;
- не забезпечується завантаження, T2;
- не забезпечуються ремонтні роботи, T3.

Таким чином, відмова виробничого процесу можна представити у вигляді булевої тотожності:

$$Z=T1\cup T2\cup T3.$$

Подія «не видається коксовий пиріг» - T1, відбудеться при настанні проміжної події, коли «не виконується знімання дверей» - F1 і «не забезпечується напрям коксового пирога» - F2 в коксовий вагон.

$$T1=F1\cup T2.$$

Проміжна подія F1 настане при невиконанні заданих функцій наступних механізмів:

- відмова механізму пересування A1;
- відмова механізму відведення - підведення дверей A2;
- відмова механізму планірного пристрою A3;
- відмова механізму знімання двері A4;
- відмова металоконструкцій A5,

а також при настанні з деякою тимчасовою затримкою події «неприпустиме зусилля знімання двері» - G1.

$$F1=A1\cup A2\cup A3\cup A4\cup A5\cup G1.$$

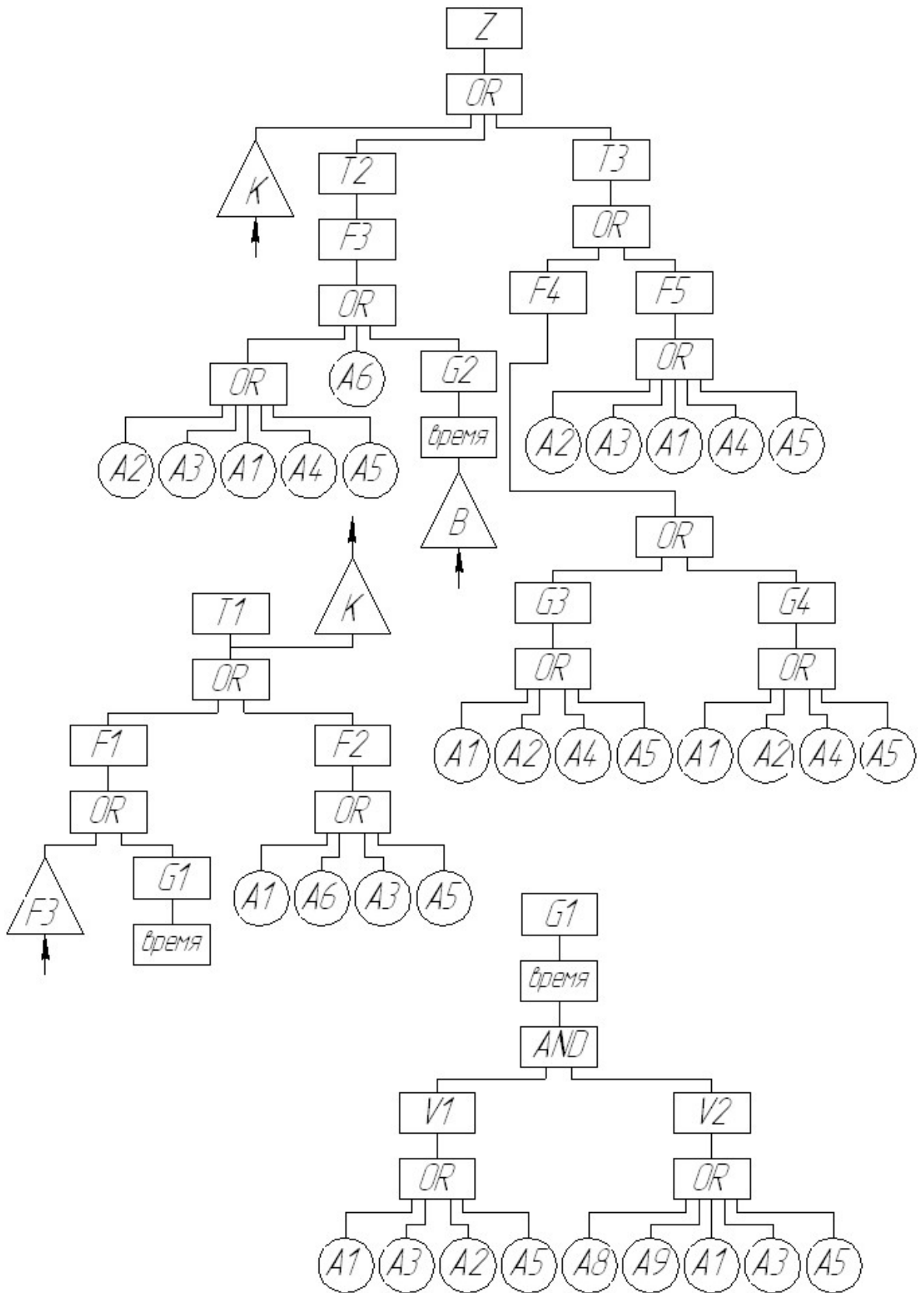


Рисунок 3.9 – Дерево відмов планірного пристрою

Подія G1 відбудеться, якщо «не виконується чистка дверей» - V1 і «не виконується чистка рам» - V2.

Вихідними подіями для події V1 будуть:

- відмова механізму чищення дверей A7;
- відмова механізму повороту A8;
- відмова механізму відведення - підведення A2;
- відмова металоконструкцій A5, а для події V2 будуть:
- відмова механізму чищення рам A8;
- відмова механізму пересування чищення рам A9;
- відмова механізму пересування A1;
- - відмова механізму повороту A3;
- відмова металоконструкцій A5.

$$G1 = V1 \cap V2,$$

$$V1 = A7 \cup A3 \cup A2 \cup A5,$$

$$V2 = A8 \cup A9 \cup A1 \cup A3 \cup A5.$$

Для проміжної події F2 - «не забезпечується напрям коксового пирога» - вихідними подіями є:

- відмова механізму пересування A1;
- відмова механізму пересування корзини A6;
- - відмова механізму повороту A3;
- відмова металоконструкцій A5.

$$F2 = A1 \cup A6 \cup A3 \cup A5.$$

Підставляємо отримані тотожності в вираз, отримаємо:

$$T1 = A2 \cup A3 \cup A1 \cup A4 \cup A5 \cup [(A7 \cup A3 \cup A2 \cup A5) \cap (A8 \cup A9 \cup A1 \cup A3 \cup A5)] \cup A1 \cup A6 \cup A3 \cup A5.$$

Подія T2 станеться тільки при «неможливості установки дверей» - F3 на камеру, тобто

$$T2 = F3.$$

Вихідними подіями для F3 будуть події A6, A1, A2, A3, A4, A5, а також подія G2 - «неприпустиме зусилля установки дверей», яке настане з тимчасовою затримкою. Тоді подія F3 представимо у вигляді тотожності:

$$F3 = A6 \cup A1 \cup A2 \cup A3 \cup A4 \cup A5 \cup G2,$$

де $G2 = G1 = V1 \cap V2$.

Підставляємо отримане тотожність в вираз, отримаємо:

$$T2 = A6 \cup A1 \cup A2 \cup A3 \cup A4 \cup A5 \cup [(A7 \cup A3 \cup A2 \cup A5) \cap (A8 \cup A9 \cup A1 \cup A3 \cup A5)].$$

Подія T3 - «не забезпечені ремонтні роботи» - приведе до відмови виробничого процесу, тому що «не виконується заміна дверей» - F4 і «не виконується робота з армування» - F5.

$$T3 = F4 \cup F5.$$

Подія F4 станеться при настанні проміжних подій V3 - «не виконується знімання дверей» або «не виконується установка дверей» - V4.

$$F4 = V3 \cup V4.$$

Вихідними подіями для V3 будуть події A1, A2, A4, A5, а для V4 - події A1, A2, A4, A5. Отже:

$$V3 = A1 \cup A2 \cup A4 \cup A5,$$

$$V4 = A1 \cup A2 \cup A4 \cup A5.$$

Для події F5 вихідними подіями будуть A1, A2, A5, A4, A3.

$$F5 = A1 \cup A2 \cup A5 \cup A4 \cup A3.$$

Підставляємо отримані тотожності в вираз, отримаємо:

$$T3=A1UA2UA4UA5UA1UA2UA4UA5UA1UA2UA5UA4UA3.$$

Тоді:

$$Z=[A2UA3UA1UA4UA5U(A7UA3UA2UA5)\cap(A8UA9UA1UA3UA5)UA1UUA6UA3UA5]U[A6UA1UA2UA3UA4UA5U(A7UA3UA2UA5)\cap(A8UA9UA1UA3UA5)]U[A7UA2UA4UA5UA1UA2UA4UA5UA1UA2UA5UA4UA3].$$

Застосовуємо основні закони булевої алгебри до тотожності, одержимо:

$$Z=A1UA2UA3UA4UA5UA6U(A7\cap A8)U(A7\cap A9).$$

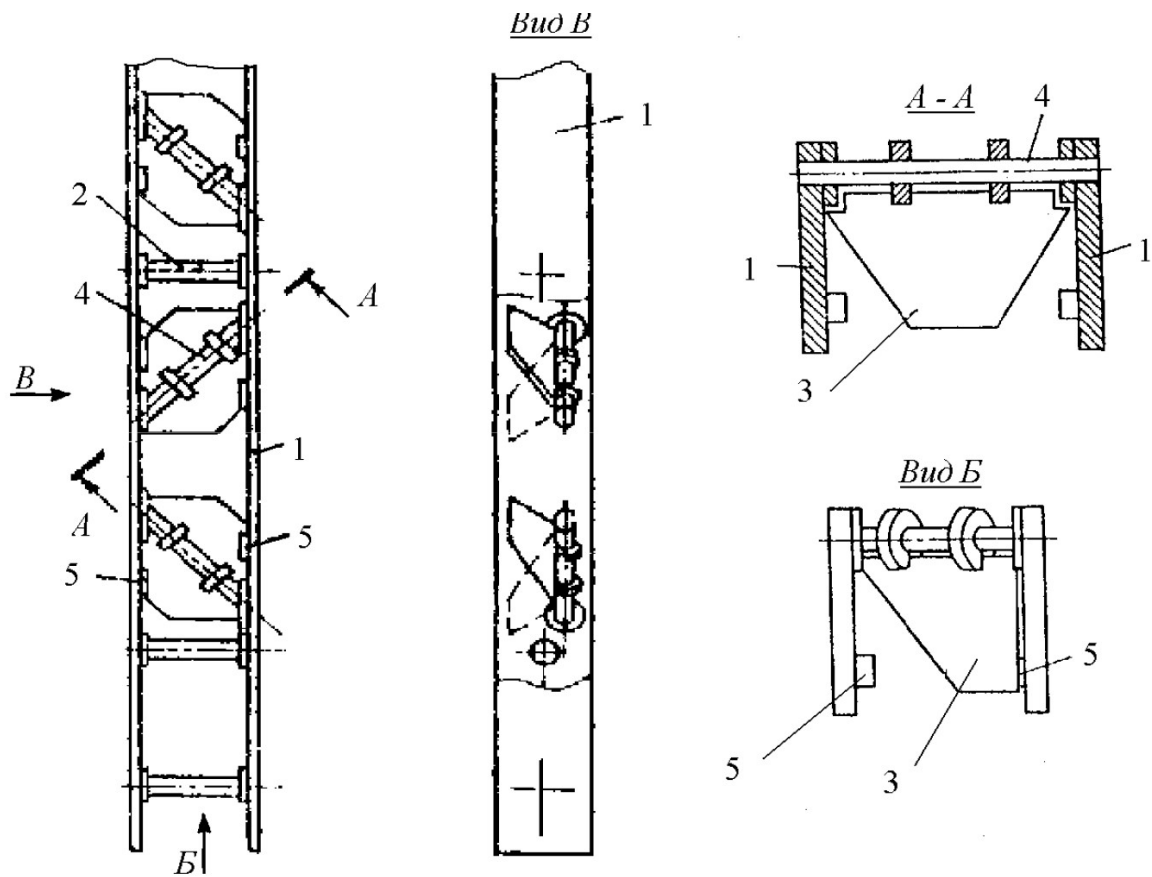
Отриманий вираз дозволяє провести послідовний аналіз надійності функціонування планірного пристрою з урахуванням кожного конкретного виду відмови механізмів і пристроїв, і встановити значущість відмов для розробки оптимальної стратегії ТОіР. З отриманого дерева відмов видно, що кінцева подія «відмова виробничого процесу» - може статися при різному поєднанні вихідних і проміжних подій [22-24, 26].

3.5 Модернізовані конструкції планірної штанги

Конструкції штанги приділялося недостатньо уваги для забезпечення підвищення щільності завантаження. Головним завданням було забезпечення міцності і довговічності штанги. Тому штанга мала найпростішу зварену конструкцію рівного опору або рівного перетину і виготовлялася з відносно дешевих сталей (рис. 3.9, 3.10) [30, 31].

Існуючий рівень технічного обслуговування знижував довговічність штанги і не дозволяв ефективно управляти процесом планування.

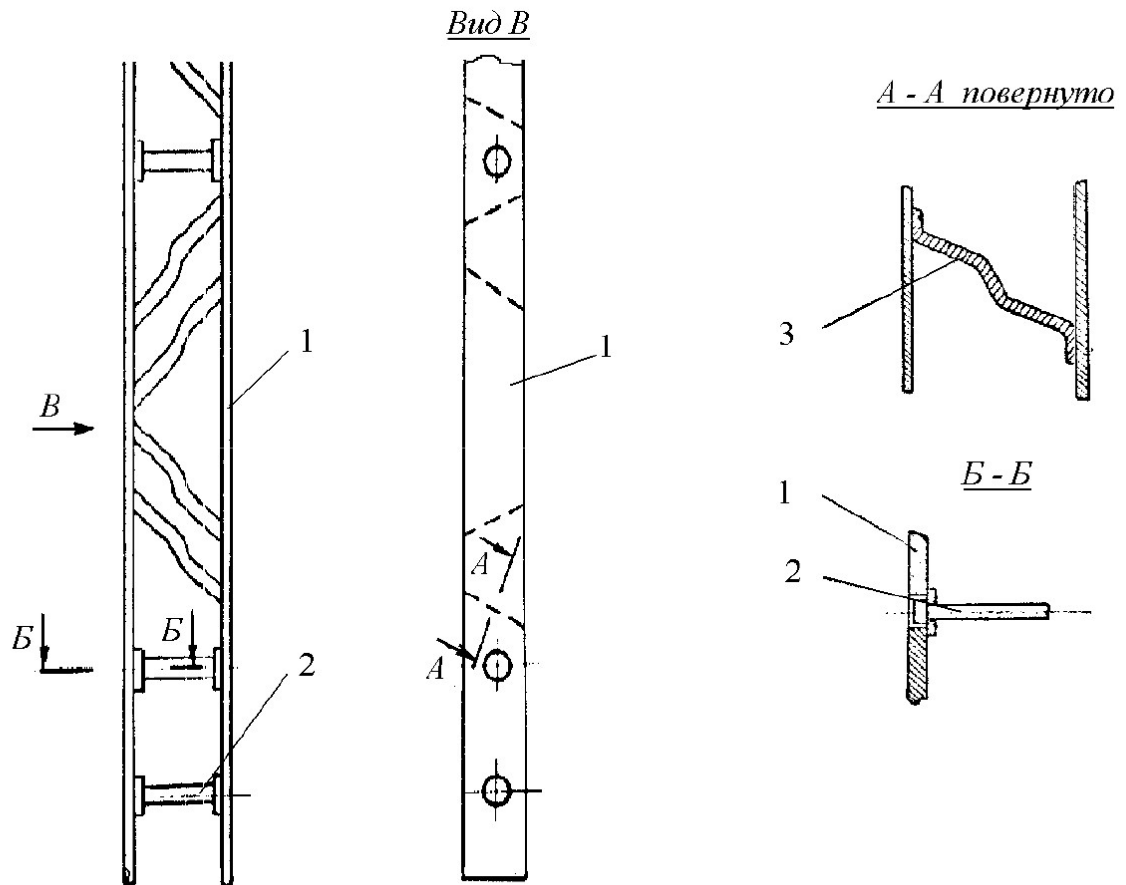
Нестабільність щільносних характеристик вугільної шихти створює передумови нерівномірної щільності і міцності коксового пирога, що підвищує ймовірність його обвалів і самозаклинювання. Використовувані нині планірні пристрої лише частково вирішують проблему підвищення рівномірності і щільності завантаження. Надійність типових конструкцій низька через руйнування, перш за все поперечних перегородок планірних штанг при циклічних механічних і температурних впливах. Позитивний ефект від застосування пристрою для розрівнювання і ущільнення шихти в коксовій печі досягається завдяки конструкції планірної штаги, наведеної на рис. 4.1, і включає в себе паралельні смуги 1, які з'єднані поперечними стрижнями 2 і 3, розташованими під кутом до напрямку руху планірної штанги, забезпечено нахил перегородок 4, які планують. Кріплення подібним чином дозволяє кожній перегородці впливати на шихту в напрямках; вниз - для ущільнення шихти і горизонтально до стінки і вздовж камери для розрівнювання [30]. Таку конструкцію планірного пристрою можна віднести до пристроїв, які планують, що найбільш задовольняють необхідним вимогам для ущільнення вугільного завантаження, що підвищує продуктивність коксової печі за рахунок розрівнювання і ущільнення верхнього шару шихти в камері коксування при зменшенні зворотного вигребу (рис. 3.9).



1 - паралельні смуги; 2 - поперечні стрижні; 3 - поперечні стрижні;
4 – перегородки, які планують; 5 - упор

Рисунок 3.10 - Планирна штанга (А.С. № 1237693)

Існує інша конструкція планірної штанги, яка включає паралельні смуги, з'єднані поперечними стрижнями, перегородки, що планують, криволінійної форми, закріплені на смугах [31] (рис. 3.10). З метою підвищення надійності стрижні на кінцях мають виступи і встановлені в отворах паралельних смуг з зазором, смужки забезпечені упорами, закріпленими на їх внутрішній поверхні, взаємодіючі з виступами стрижнів, кожна перегородка, що планує, закріплена протилежними торцями на обох смугах.



1 - паралельна смужка планірної штанги; 2 - поперечні стрижні; 3 - плануючі перегородки
Рисунок 3.11 - Конструкція планірної штанги з перегородками особливої форми

З метою збільшення разового завантаження шихти в камеру коксування, плануючі перегородки встановлені попарно з ухилом до паралельних смуг і утворюють між собою в парах кут, розширений до верхньої кромки смуги [5]. Зазначені конструкції планірної штанги мають ряд переваг дозволяють управляти процесом завантаження і планування для зменшення пилогазових викидів в атмосферу при завантаженні і коксуванні, що тим самим підвищує екологічну безпеку процесу коксування.

Для підвищення щільності завантаження, рівномірності розподілення пропонується до вищевказаних конструкцій додати пристрої для пресування кам'яновугільної шихти особливої форми, що дозволяє ущільнювати вугільне завантаження по осі пічної камери коксування (рис. 3.11).

Сутність ущільнення вугілля планіром полягає в наступному. На планірі коксовиштовхувача встановлюють спеціальні пластини, які при розрівнюванні вугільної шихти в пічній камері підбирають вугілля під себе і ущільнюють його.

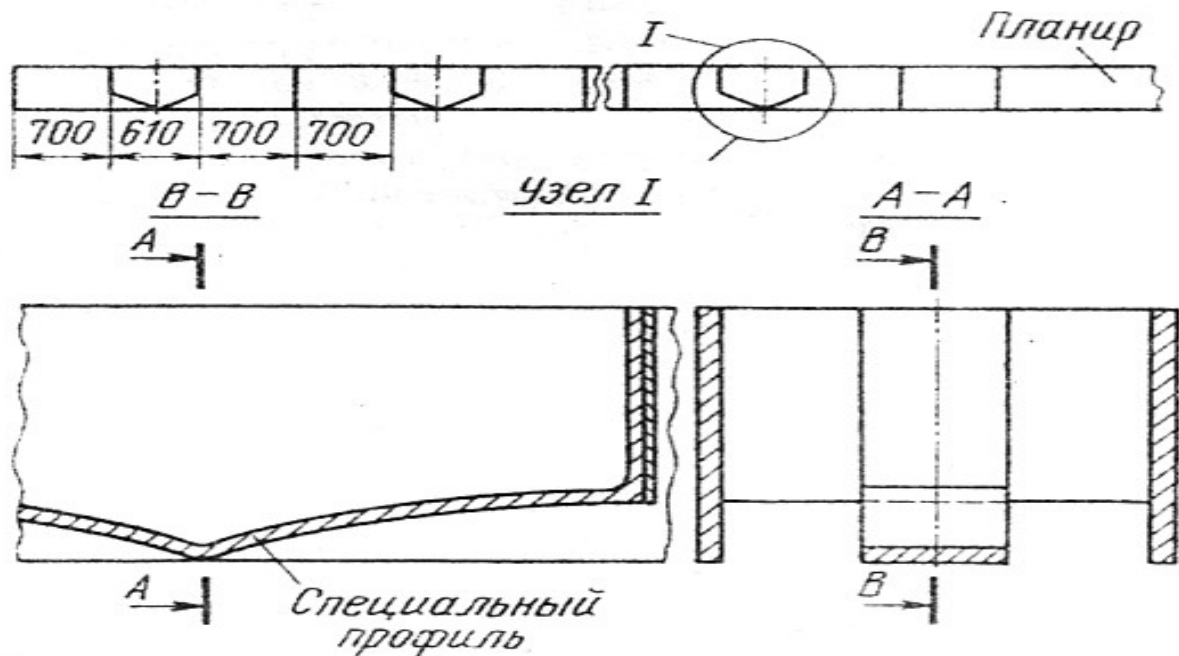


Рисунок 3.12 - Конструкція планірної штанги з пристроєм для пресування вугілля

Розміри пристроїв для пресування вугілля і їх застосування на штанзі планіра повинні бути строго витримані. Нижню поверхню необхідно обробити до дзеркального стану. Під час розрівнювання вугільної шихти в пічній камері вугілля ковзає по нижній гладкій поверхні пристрою для пресування вугілля і «птопає» з кожним рухом його на 60 мм.

3.6 Розрахунок зміни щільності завантаження після модернізації планірної штанги

Вигладжування застосовуються для ущільнення верху вугільного завантаження і можуть виявитися корисними, там де є перегрів верху коксового пирога, а також можуть збільшити середню насипну масу і збільшити разову

масу завантаження на 400-600 кг та підвищити насипну щільність, що розраховується за наступною формулою, яка була розроблена ВУХІНом в «Інструкції по визначенню середньої густини шихти при завантаженні печей різної висоти та довжини» [1, 33, 34]:

$$\rho_{ш} = \frac{(P - P_1) \cdot (100 - W_{ш}) \cdot 10}{L_{кор} \cdot b \cdot (H - h)},$$

де P – маса завантаження, кг;

P₁ – маса вигребу, кг;

L_{кор} - корисна довжина камери, м;

b – середня ширина камери, м;

H – висота камери, м;

h – висота підсводового простору, мм.

Проведено розрахунки для звичайної конструкції планірної штанги та після модернізації. Результати занесені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння щільності шихти після модернізації

Насипна щільність шихти, кг/м ³	Насипна щільність шихти після модернізації планірного пристрою, кг/м ³	Підвищення щільності, %
0,812	0,874	7,6
0,813	0,878	7,9
0,775	0,870	12,2
0,780	0,872	11,7

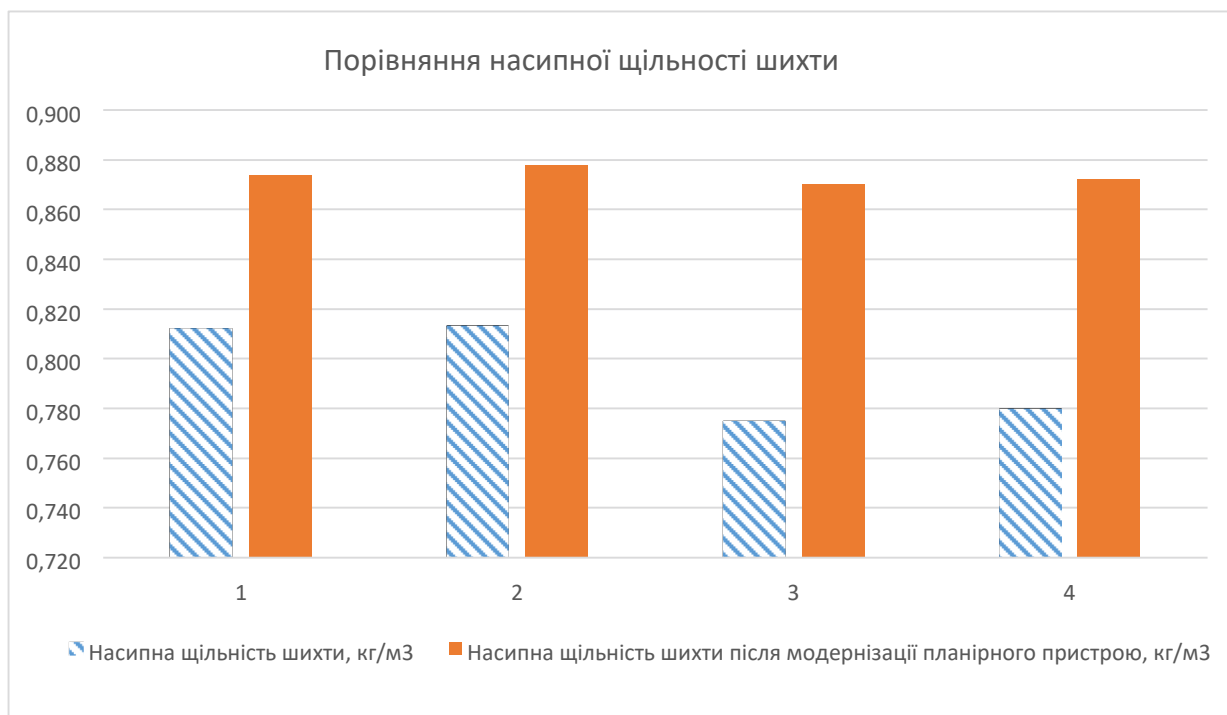


Рисунок 3.13 – Порівняння насипної щільності шихти

Ефект після впровадження модернізованої конструкції планірної штанги склав від 8 до 10 % при незмінному гранулометричному складі завантажуваної шихти.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ

4.1 Оцінювання стану безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації

Шихта для коксування подається в коксову батарею в розвантажувальному вагоні. Під час завантаження, шихта розрівнюється за допомогою плануючого пристрою, встановленого на коксовиштовхувачі. Після закінчення завантаження планир видаляють з печі, закривають і ущільнюють кришки завантажувальних люков і повертають завантажувальний вагон під вугільну башту, де його знову заповнюють шихтою для наступної печі.

Коли завантажена шихта, в результаті нагрівання без доступу повітря, перетвориться на кокс, – за допомогою коксовиштовхувачів і дверезнімальних машин, знімають з печі двері, встановлюють виштовхувачу штангу, і направляючий пристрій виштовхує коксовий «пиріг» з печі. Після видачі коксу двері з обох сторін закривають, ущільнюють і завантажують піч новою порцією шихти. Виданий з печі кокс відвозиться в гасильних вагонах під гасильну вежу, де зрошується водою. Потім кокс вивантажується на рампу і транспортером направляється на коксосортирування.

Газ, що утворюється під час коксування, виходить через стояки в газозбірник, а звідти відсмоктується газодувками в хімічні цехи. Коксові печі обігріваються коксовим, доменним або генераторним газом, які у суміші з повітрям згоряють в обігрівальних каналах. Продукти горіння через димову трубу видаляються в атмосферу. На дверезнімній машині працює дві людини: машиніст і дверевий. У машиніста механізована праця, а у дверового професія ручної праці.

Розрахунок рівня механізації праці робітників цеху здійснюється за формулою:

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де B – рівень механізації праці;

M – сума людино–годин механізованої праці;

R – сума людино–годин ручної праці.

для електрогазозварника приймаємо M=1:

$$B = \frac{1}{1 + 7} \cdot 100 = 12,5\%$$

Вихідні дані й отримані результати для різних професій зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людино– годин у добу			% механізованої праці
			вручну	за допомогою машин	усього	
1	Електрогазозварник	2	7·2=14	1·2=2	16	12,5
2	Слюсар ремонтник	6	6·6=36	2·6=12	48	25
3	Машиніст	3	0·3=0	8·3=24	24	100
4	Дверовий	3	3·3=9	5·3=15	24	62,5

Таким чином, даних таблиці 4.1 можна зробити висновок, що професій ручної праці – 2, механізованої – 1, змішаної – 1.

4.2 Аналіз потенційних шкідливих факторів виробничого середовища

Машиніст і дверовий в процесі своєї роботи піддаються таким шкідливим факторам як: пил – коксовий, кам'яновугільний, газоподібні хімічні речовини: аміак, фенол, бензол, оксид вуглецю.

Таблиця 4.2 – Технологічна карта умов праці для чергового й ремонтного слюсаря

Фактори	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Час дії фактора, % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
1 клас безпеки						
Аміак	0,02	0,02	2			85
2 клас безпеки						
Фенол	5,0	6,5	1,3			85
Бензол	2,0	4,0	2			85
II. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³						
Зміст кремнію діоксид – 2,5%	4,0	26,4			6,6	83,1
Пил коксовий кам'яновугільний, 3-4 клас безпеки	0,3	0,56	1,87			85
III. Шум, дБа	80	93		13		100
IV. Мікроклімат у приміщенні (теплий період року)						
– температура повітря, °С	27	40,5			13,5	83,1
– швидкість руху повітря, м/сек	0,2–0,5	0,27				83,1
– інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	794		654		80
V. Робоча поза						
Нахил корпусу в просторі, обумовлений технологічним процесом	28,1%	30%	6,7			
Категорія важкості і напруженості праці: середня, Пб						
Кількість факторів			4	2	2	

1. Гігієнічна оцінка умов праці:

Умови й характер праці відносяться до III класу 3 ступені.

2. Атестація робочого місця:

Робочі місця мають у наявності: 2 фактора 3 ступені, 2 фактора 2 ступені, 4 фактор 1 ступені.

3. Пільги та компенсації:

Шкідливості й небезпеки коксового цеху відносяться до фізичної групи [22]. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам списку №1 пункт 1. Відповідно до списку №1: скорочений пенсійний вік по пільгових умовах, за умови 10 років «гарячого» стажу, дається додаткова відпустка 7 днів, дається молоко, надбавка до заробітної плати до 24 %.

У таблиці 4.3 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу і заходи захисту на ділянці коксового цеху.

Таблиця 4.3 – Технічні засоби захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запилованість	Витяжна вентиляція	КЗ 3	7800 м ³ /год	У місцях утворення пилу
2	Запиленість	Респіратор ЗІЗОД	«Росток»	≤30 мг/м ³	Індивідуально
3	Шум	Навушники протишумові, біруші	Одноразові	Придатний до 110 дБА	Індивідуально
4	Температура -холодний період -теплий період	Утеплена куртка, ватяні брюки Костюм х/б рукавиці	Тн 20	t ≥ -20°C	Індивідуально
			Ти 15	t ≥ 15°C	
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж, що й при запиленості + костюм х/б, рукавиці	Пм	≤30 мг/м ³	Індивідуально

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спец. одягом, спец. взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм х/б тканини, черевики, у зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани [23].

4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії

4.3.1 Опалення й вентиляція

У прольоті металургійної ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і віддається через щілини вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Дієвим засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідають вимогам [24] передбачена вентиляція деяких робочих місць. Допустимі норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 7.4.

Таблиця 4.4 – Значення прийнятих параметрів повітряного середовища, що допускають, у робочій зоні приміщень

Період року	Категорія роботи з важкості	Період року			Температура повітря непостійних робочих місць, °С
		на постійних робочих місцях			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
Холодний	Середня ІІб	15	75	0,2	13
Холодний	Важка ІІІ	13	75	0,3	12
Теплий	Середня ІІб	16	70	0,4	15
Теплий	Важка ІІІ	15	75	0,5	13

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у які як теплоносії використовують пару з температурою до 120⁰С. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодозабезпечення.

Висновок: параметри робочого середовища по багатьом пунктам не відповідають допустимим нормам мікроклімату на постійних робочих місцях.

4.3.2 Виробничі випромінювання

Температурний режим у виробничих приміщеннях або в ізольованих його частинах залежить від величини тепловиділень устаткування, агрегатів, нагрітих напівфабрикатів і готової продукції, а також від сонячної радіації, що проникає в цех через відкриті й заклені прорізи. Частина тепла, що надійшла у цех, віддається назовні, а інше, надлишкове тепло, нагріває повітря робочих приміщень.

Робітники гарячих коксових цехів підприємств постійно або періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях залежно від розмірів і температури джерел випромінювання й відстані від нього змінюється в широких межах.

Для поліпшення умов праці в гарячих цехах і захисту працюючих від теплового впливу застосовують наступні способи: теплоізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло, за допомогою водоохолоджуємих екранів, рам, щитів, завіс й ін.; теплоізоляцію й охолодження робочих місць (постів керування, кабін машиністів кранів й ін.); природну й механічну вентиляцію; повітряне охолодження замкнутих просторів печей, що перебувають у ремонті; спецодяг і індивідуальні захисні пристосування – щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональну організацію режиму праці й відпочинку.

4.3.3 Освітлення

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне висвітлення [25]. Незадовільне освітлення затрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й працездатності очей і може бути причиною нещасних випадків й їхніх захворювань.

Характеристика зорової роботи приміщення ділянки:

– характер робіт	середня точність
– розмір об'єкта розпізнавання, мм	від 1 до 5
– розряд зорової роботи	V
– підрозряд роботи	B
– контрастність об'єкта розпізнавання	середня
– фон	середній
– E_H – штучна, лк	150

Для ремонту встаткування передбачене штучне освітлення.

На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного висвітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого висвітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того або іншого виду освітлення може використатися для чергового освітлення.

Штучне освітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями стомлює очі сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків. На ділянці використовуються енергозберігаючі лампи типу LED. Використовуються світильники типу: «Універсаль», «Глибоковипромінювач», а також «Астра».

На ділянці використовується природне й штучне освітлення. Прийнята система природного освітлення – бічна.

Слюсар повинен мати V розряд зорової роботи. При загальній системі освітлення освітленість становить $E = 150$ лк.

Значення КПО, обумовлене з урахуванням зорової роботи та становить $e^{IV} = e^{III} = 1,5\%$ – при бічному освітленні, без стійкого сніжного покриву.

Коефіцієнт світлового клімату для району Запоріжжя $m = 0,8$. Коефіцієнт сонячності клімату $c = 0,7$. Нормований коефіцієнт природної освітленості

$$e_{\text{н}}^{\text{IV}} = e^{\text{III}} \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 0,84 \%. \quad (4.2)$$

Аварійне освітлення для продовження роботи

$$E_{\text{ав.раб.}} = 10\% \cdot E = 0,1 \cdot E = 0,1 \cdot 150 = 15 \text{ лк.} \quad (4.3)$$

Аварійне висвітлення для евакуації людей

$$E_{\text{ав.эв.}} = 5\% \cdot E = 0,05 \cdot E = 0,05 \cdot 150 = 7,5 \text{ лк.} \quad (4.4)$$

Освітленість повинна бути забезпечена не менш 75% максимуму, що досягається застосуванням комбінованого освітлення.

4.4 Техногенна безпека

4.4.1 Заходи безпеки праці

З метою попередження нещасних випадків забороняється ущільнювати двері під час планування вугілля, так як при цьому тиск в печі підвищується, і полум'я може вибитися через нещільності між дверима і армуючої рамою. Через направляючу раму дверезнімних машин кокс з печі надходить у гасильних вагон. Електровоз з гасильних вагоном переміщається по шляхах, прокладених між ним вздовж фронту печей, в умовах поганої видимості через велику кількість пари.

Машиніст електровоза, приймаючи зміну, повинен ретельно оглянути сигнали, гальма, повітряну магістраль, струмоприймачі, зовнішнє і внутрішнє освітлення, перевірити наявність електрозахисних засобів (килимків та гумових

рукавичок) і жетона на право керування електровозом. Під час руху гасильного вагона по напрямку до башти гасіння втрачається видимість, тому необхідно встановити на гасильному вагоні автоматично діючу сигналізацію, щоб протягом всього шляху до башти гасіння з електровоза подавалися безперервні звукові сигнали. При русі гасильного вагона від башти в сторону рампи машиніст зобов'язаний, крім подачі сигналів, спостерігати за шляхами. Ходіння по коліях гасильного вагона категорично забороняється. Під час руху гасильного вагона з коксом можливі випадки самовільного відкривання фартухів, в результаті чого кокс висипається на майданчик у шляхів. Тому ходіння з коксової сторони дозволяється не ближче ніж за 4-5 м від шляху гасильного вагона. Машиніст перед прийомом коксу зобов'язаний перевірити, чи надійно зачинені фартухи і чи достатньо тиск стисненого воздуха того повітря. Коли проводиться ремонт транспортерів однією з рамп, погашений кокс з обох гасильних вагонів, виїжати на іншу (діючу) рампу забороняється.

Це пов'язано з небезпекою зіткнення електровозів. Тому переїзд гасильного вагона з одного блоку в інший повинен бути правильно організований начальником зміни, який зобов'язаний особисто керувати рухом обох гасильних вагонів. При роботі двох електровозів на одній рампі швидкість їх руху повинна бути зменшена. Місце виходу людей на шляху з приміщень, розміщений під вугільною вежею, потрібно обладнати звуковою і світловою сигналізацією, які автоматично включаються під час переїзду коксовиштовхувача з одного блоку печей на інший. Шляхи гасильного вагона необхідно періодично очищати від просипання коксу. Як правило, очистка шляхів повинна проводитися тільки в період циклических зупинок, коли кокс з печей не видається. Перед початком очищення шляхів машиніст ставить електровоз з гасильним вагоном в гараж, а ключ-реверс (жетон на право управління) передає керівнику робіт з очищення колій, після чого з тролейв знімається напруга. Після закінчення робіт з очищення шляхів машиніст і майстер повинні переконатися у відсутності людей на шляхах, по яких

рухається гасильний вагон. Потім включається напруга і машиністу повертається жетон.

4.4.2 Пожежна безпека

Пожежна небезпека коксових цехів обумовлюється властивостями горючих газів (коковий газ, доменний газ), твердих речовин (кам'яновугільна шихта, кокс). При неправильному пристрої газорозподільних приладів можлива загазованість території коксових цехів, а при наявності джерел запалювання – спалахи і швидке поширення вогню по території цеху.

Характерними джерелами запалювання є: відкрите полум'я газових форсунок; іскри при проведенні газозварювальних ремонтних робіт; кокс, нагрітий до температури вище температури само-займання; розряди статичної та атмосферного струму; іскри механічного походження (удари сталевих предметів і т.п.); іскри електричного походження (коротке замикання, великі перехідні опори тощо). Основною умовою попередження пожеж, вибухів і отруєнь є герметизація всіх апаратів, газопроводів, газової арматури і т.п. Виявлені нещільності повинні бути своєчасно ліквідовані, при чому підтягування болтів різної апаратури проводиться інструментом, що не дає іскри при ударі по сталі, а чеканку заклепочних швів виробляють обмідненим інструментом. У печах з нижнім підведенням газу в подбатарейном приміщенні, де розташовуються газопроводи і опалювальна арматура, щоб уникнути утворення вибухонебезпечних концентрацій передбачається провіттріння всього приміщення за рахунок раціонального підведення повітря на опалення печей. На газопроводах батарей для їх відключення встановлюються задвижки і передбачається можливість установки заглушок по ходу газу.

Для випуску в атмосферу надлишку очищеного коксового газу встановлюють газозбросний пристрій, автоматично включається при підвищенні надлишкового тиску в газопроводі. Газозбросні пристрої встановлюються на відстані не менше 30 м по горизонталі від сусідніх споруд. Якщо ця вимога не

виконена, то гирло пристрою виводиться на висоту, що перевищує сусідню будівлю та обслуговуючі майданчики не менше ніж на 15 м. Висота газосбросного пристрою передбачається не нижче 30 м від рівня землі при розрахунковій кількості скидного газу до 50000 м³ • ч⁻¹ і не нижче 45 м при великих кількостях скидаємого газу. Діаметри свічок на газозбірниках коксових батарей розраховуються на забезпечення необхідного тиску при повному припиненні отсоса і автоматичного відкривання при перевищенні зазначеного тиску. На всіх батареях висота газосбросних свічок передбачається не менше 4 м від площадки обслуговування газозбірників .

Коксовиштовхувальні машини можна віднести до категорії пожаронебезпеки В – П І, так як на машині використовується гідравліка і є бак з маслом більше 60 літрів. На машині повинен бути вогнегасник пінний або порошковий, а для гасіння електропроводки застосовують вуглекислотні вогнегасники. На контрофорсах батареї передбачений пожежний щит і розводка пожежно – питної води, а також ящики з піском.

До первинних засобів пожежогасіння в коксовому цеху відносять: вогнегасники пінні серії ВХП–10, ВВП–10 і вогнегасники вуглекислотні серії ВВ–2, ВВ–5, ВВ –8, пожежний реманент (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, пожежні цебра, совкові лопати, ломи, сокири, пожежні рукава) [26].

Цех має внутрішній протипожежний водогін з пожежними кранами й рукавами.

На території заводу забороняється:

- курити в неналежних місцях, а курити необхідно в спеціально відведених місцях;
- закривати й захарашувати проїзди, під'їзди й підходи до будинків, водопроводів і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водопровідної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;

- допускати до вогневих робіт осіб неминувих інструктаж пожежного тех. мінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не за прямим призначенням;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді устаткування.

4.5 Рішення з покращення умов роботи оператора коксовиштовхувача та розрахунок звукоізоляції пульта керування

Виробничим шумом називається – шум на робочих місцях, на ділянках або на території підприємств, який виникає під час виробничого процесу.

З метою захисту від шуму обслуговуючого персоналу на виробничих місцях з шумними технологічними процесами або з шумним устаткуванням необхідно встановлювати кабінні спостереження і дистанційного контролю.

Використовуючи звукоізоляційні кабінні, можна забезпечити практично будь-яке необхідне зниження шуму. Кабінні виготовляють з цегли, бетону і інших будівельних матеріалів. Внутрішня поверхня кабінні покрита звукопоглинальним матеріалом з максимальними коефіцієнтами звукопоглинання в діапазоні (250 – 2000 Гц).

Згідно з ДСН 3.3.63037-99 звукоізоляційні кабінні виходячи з міри ізоляції від шуму підрозділяються на чотири класи – таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 – Ізоляція кабін від шуму, дБА

Клас кабінні	Середня геометрична частота октавної смуги							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	25	30	35	40	45	50	50	55
2	15–24	20–29	25–34	30–39	35–44	40–49	40–49	35–44
3	5–14	10–19	15–24	20–29	25–34	30–39	30–39	25–34
4	0–4	0–9	5–14	10–19	15–24	20–29	20–29	15–24

Необхідне зниження шуму кабіною визначається по формулі:

$$R_{\text{каб.}} = L_{\text{ш}} - L_{\text{доп}}; \quad (4.5)$$

де $L_{\text{ш}}$ – октановий рівень звукового тиску на робочому місці шумного приміщення на певному місці установці кабіни (дБА), вимірюється в діючому приміщенні.

Октановий рівень звукового тиску на робочому місці визначається по формулі:

$$L_{\text{доп}} = L_{\text{ш}} - 20 \cdot \text{Lg}\left(\frac{R}{R_1}\right); \quad (4.6)$$

де $L_{\text{ш}}$ – рівень звукового тиску на відстані (R) від джерела шуму, $R = 3$ м;

$L_{\text{доп}}$ – допустимий рівень звукового тиску на робочих місцях в кабіні,

$L_{\text{доп}} = 80$ дБА; при $R_1 = 1$ м;

Таким чином:

$$80 = L_{\text{ш}} - 20 \cdot \text{Lg}\left(\frac{3}{1}\right) \Rightarrow L_{\text{ш}} = 80 + 9,5 = 89,5 \text{ дБА.}$$

Підставимо числові значення у вираження (4.5) і отримаємо:

$$R_{\text{каб.}} = 89,5 - 80 = 9,5 \text{ дБА.}$$

В таблиці 4.6 наведено основні вибрані елементи кабіни

Необхідна звукоізоляція кожного елемента визначається по формулі:

$$R_{Hi} = R_{cep} + 10Lg \frac{S_i}{S_{zag}} + 10Lg \cdot n \quad (4.7)$$

де S_{zag} – загальна площа обгороджування, m^2 ;

S_i – площа, окремого елемента, m^2 (табл. 7.6)

n – кількість елементів;

Таблиця 4.6 – Вибір елементів кабіни

Конструкція	Поверхнева щільність (кг/м ²)	Товщина, мм		Середньо геометрична частота октанової смуги (Гц)
		Елементу	Повітряного проміжку	
Цегляна кладка, що мурується з двох сторін	220	140	–	48
Одинарне вікно з органічним склом	–	5	–	28
Стандартні двері з щільними прокладеннями з пористої гуми	–	40	–	26
Перекриття ПХВ	320	20		48

Приймаємо:

- площа дверей – $S_d = 2,1 \text{ м}^2$;
- площа вікна – $S_o = 4,14 \text{ м}^2$ –
- площа перекриття – $S_n = 12 \text{ м}^2$,
- площа цегляної кладки, мурованої з однією сторони $S_k = 35,76 \text{ м}^2$.

Т.я. кабіна розділена умовно на елементи (двері, вікно, перекриття, мурована кладка) виконаємо розрахунок необхідної звукоізоляції кожного елемента прийнявши $n=1$. Тоді підставивши числові значення у вираження (4.7) отримаємо:

- для цегляної кладки, мурованої з однією сторони:

$$R_{\text{нК}} = 17,5 + 10\text{Lg} \frac{35,76}{34} + 0 = 15,7 \text{ дБ.}$$

– для одинарного вікна з органічним склом:

$$R_{\text{нО}} = 25,198 + 10\text{Lg} \frac{4,14}{34} + 0 = 14,04 \text{ дБА.}$$

– для стандартних дверей з прокладеннями ущільнювачів з пористої гуми:

$$R_{\text{нД}} = 25,198 + 10\text{Lg} \frac{2,1}{34} + 0 = 9,1065 \text{ дБА.}$$

– для перекриття:

$$R_{\text{нП}} = 25,198 + 10\text{Lg} \frac{12}{34} + 0 = 13,665 \text{ дБА.}$$

Середня ізоляція шуму цієї неоднорідної конструкції (кабіни) визначається по формулі:

$$R_{\text{сер}} = 10 \cdot \text{Lg} \left(\frac{S_{\text{зар}}}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1R_i}} \right), \quad (4.8)$$

де R_i – звукоізоляція, окремого елемента, дБА (табл. 4.6);

Підставимо числові значення у вираження (7.8) і отримаємо:

$$R_{\text{сер}} = 10 \cdot \text{Lg} \left(\frac{34}{2,1^{0,126} + 4,14^{-0,128} + 35,76^{-0,148} + 12^{-0,148}} \right) = 17,5 \text{ дБА.}$$

Оскільки ($R_{\text{сер}} < R_{\text{каб}}$) то в цьому випадку розрахунок закінчений. На підставі розрахунку вибираємо кабінку машиніста коксовиштовхувача класу 2 з розмірами, ($a = 4\text{м}$) ($b = 3\text{м}$) ($h = 3\text{м}$).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням коксового виробництва ПрАТ «Запоріжжкокс» показало, що одним з основних «вузьких» місць цеху є незадовільна робота планірного пристрою коксовиштовхувача, і як наслідки незаплановані простої пов'язані з його ремонтами.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної й патентної літератури встановлено, що для видачі коксу з печі у світовій практиці використовуються різні конструкції машин, які мають ті ж самі недоліки, що й агрегати ПрАТ «Запоріжжкокс».
3. Розроблено математичну модель планування шихти та проведено математичне моделювання взаємодії планірної штанги та шихти. З використанням розробленої математичної моделі встановлено залежності механічних напружень, які виникають при плануванні шихти. Проведено численні дослідження різних вихідними фізико-механічними характеристиками вугільних шихт при різній вологості, вмісту сполучного, крупності, щільності і встановлені закономірності зміни цих характеристик при різних механічних впливах. Встановлено залежності коефіцієнту внутрішнього тертя кам'яновугільної шихти. Виявлено залежності коефіцієнту зовнішнього тертя кам'яновугільної шихти по металу.
4. З використанням метода «дерева відмов» проведений аналіз надійності планірного пристрою коксовиштовхувача.
5. Визначено основні параметри планірного пристрою коксовиштовхувача, такі, як силу опору пересуванню штанги (складає 13,7 кН), потужність приводу (складає 47 кВт) та інші. Також визначено основні конструктивні параметри планірного пристрою.
6. Представлено шляхи модернізації конструкції планірного пристрою коксовиштовхувача. Підвищення щільності завантаження складає до 10 %.

7. Результати роботи можуть бути використані не тільки на ПрАТ «Запоріжжкокс», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Coke production. *Dictionary Geotechnical Engineering/Wörterbuch GeoTechnik*. Berlin, Heidelberg, 2014. P. 250. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_33101 (date of access: 18.12.2023).
2. Остапенко М.А. Технологічне обладнання хімічних цехів коксохімічних заводів: Навч посібн. Для вищих навчальних закладів / М.А. Остапенко. – Донецьк : ДонНТУ, 2011. – 166 с.
3. Шульга І. В. Розрахунок і проектування обладнання вуглепідготовчих і коксових цехів коксохімічних виробництв : навч. посібник / І. В. Шульга, Д. В. Мірошніченко. – Харків : Планета-Прінт, 2020. – 319 с.
4. Fieldner A. C. Coal for coke production. Washington, DC : U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1950. 21 p.
5. ДСТУ 3472-96. Угли бурые, каменные и антрацит. Классификация / Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація.
6. ТУ В 322-00190443-114-96. Кокс доменный. Технічні умови.
7. ТУ У 322-00190443-130-97. Шихта вугільна. Технічні умови.
8. ТУ В 322-00190443-120-97. Орешек коксовый. Технічні умови.
9. ТУ У 322-00190443-011-96 Мелочь коксовая. Технічні умови.
10. Історія [Електронний ресурс] // Метінвест. Запоріжжкокс. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://zaporozhcoke.com/istorija/>.
11. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВЕРЕЙ І РАМ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ: АС 15181 UA : МПК (2006) C10B 25/00 C10B 43/00 / Бондарєв Олександр Олександрович, Гетьман Володимир Миколайович – № u200512485, заявл.23.12.2003; опубл.15.06.2006, Бюл. №6, 5 с.
12. УСТАТКОВАННЯ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ БАТАРЕЇ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ: АС 49432 UA : МПК6 C10B35/00 / Бондаренко Володимир Михайлович, Каліберда Микола Стефанович, Рудика Віктор Іванович,

- Зінгерман Юрій Юхимович, Каменюка Вячеслав Борисович – № 2001128422, заявл.07.12.2001; опубл.16.09.2002, Бюл. №9, 5 с.
13. Jackman H. W. Drying and preheating coals before coking: Individual coals. Urbana, Ill : Illinois State Geological Survey, 1968. 26 p.
 14. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ [Електронний ресурс]: навч. посіб. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 289 с.: іл. – Бібліогр.: с. 283–284.
 15. Карвацький А.Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів [Електронний ресурс]: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 391 с.
 16. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ. Задачі з розв'язками [Електронний ресурс]: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 390 с.
 17. Peckham S. F. Solid Bitumens, Their Physical and Chemical Properties and Chemical Analysis: Together with a Treatise on the Chemical Technology of Bituminous Pavements. Creative Media Partners, LLC, 2018.
 18. А.С. СРСР N 1796976, А1 Заявка № 4883307/28. Заявл.20.11.1990
 19. Coke Oven Techniques. Dordrecht : Springer Netherlands, 1982. URL: <https://doi.org/10.1007/978-94-009-7367-1> (date of access: 18.12.2023).
 20. Numerical methods in structural mechanics: Presented at the 1995 Joint ASME Applied Mechanics and Materials Summer Meeting, Los Angeles, California, June 28-30, 1995 / ed. by J. J. W, American Society of Mechanical Engineers. Applied Mechanics Division., Joint ASME Applied Mechanics and Materials Summer Meeting (1995 : Los Angeles, Calif.). New York, N.Y : American Society of Mechanical Engineers, 1995. 235 p.
 21. Foch P., Boyer A., Loison R. Coke: Quality and Production. Elsevier Science & Technology Books, 2014.
 22. Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств і виробництв // ПТЕ-2017 Харків.-2017. 342 с.

23. Dixon G. *Washing Machines, Washer Driers and Tumbledriers: The Complete Step-by-step Guide to the Installation, Repair and Maintenance of Front-loading Appliances* (Haynes for Home DIY). Haynes Publishing, 1995. 192 p.
24. Edward C. *The third part of the institutes of the laws of England: Concerning high treason, and other pleas of the Crown and criminal causes*. Union, N.J.: Lawbook Exchange, 2002.
25. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв / І. В. Коваленко., 2011. – 575 с.
26. Taïts E. M. *Coke and ferro-coke production based on briquetting*. Boston Spa (Yorks.): National Lending Library for Science and Technology, 1967. 270 p.
27. *Manufactures: Production of coke, Pocahontas Flat Top field.* / ed. by W. J. D., United States. Bureau of the Census. Washington, D.C.: [s.n.], 1892.
28. Manolov I. *Processes and Apparatus in Chemical-Pharmaceutical Technology: The Synthesis of Medicinal Products*. Cambridge Scholars Publishing, 2022.
29. *The life of coke ovens and new coking processes under development: Technical exchange session* / ed. by International Iron and Steel Institute. Committee on Technology. Brussels, Belgium: International Iron and Steel Institute, 1992. 78 p.
30. Coke S. *The role of multinational corporations in the transfer of technology to developing countries*.
31. А.С. СРСР N 1237693, МПІ С 10В 37/02 Заявка № 4943829/04.
32. Method for management of coal charge in coke oven. *Fuel and Energy Abstracts*. 2001. Vol. 42, no. 1. P. 49. URL: [https://doi.org/10.1016/s0140-6701\(01\)80530-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6701(01)80530-0) (date of access: 19.12.2023).
33. А.С. N 1237697 СРСР, МКИ С10В 37/02. Заявка N 3815626. Заявл. 26.11.84; Опубл. 15.06.86, Бюл. N 22. Планирная штанга. Парфенюк А.С., Веретельник С.П., Хромов Н.А., Булатов А.А., Шубин В.С., Власов Г.А., Романенко Е.П.
34. Bloch H. P., Geitner F. K. *Repair and Maintenance of Mechanical Seals and Rotating Equipment Components*. *Practical Machinery Management for*

- Process Plants*. 1990. P. 430–486. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-051057-6.50012-9> (date of access: 19.12.2023).
35. Toll H., Worberg R. Latest coke plant projects in Europe and China. *Revue de Métallurgie*. 2004. Vol. 101, no. 4. P. 255–259. URL: <https://doi.org/10.1051/metal:2004195> (date of access: 19.12.2023).
36. Tapken R. First operation experiences coke oven machines in most modern coking plant of the world Schwelgern / dipl.-ing Rolf Tapken, doc/ Johannes Hartl – 6-th Annual EuroCoke Summit 2010-Libon, 28-29 april 2010.
37. Horton R. M. Stained Glass Quilting Technique. C & T Pub, 1984.
38. Щербина В. Ю., Чернега С.М., Лелека С. В., Новохатська Ю.М. Навчальний посібник з дисципліни «Методологія проектування» Розділ: Пошук перспективних проектних рішень в мережі INTERNET. 2014. – 60 с.
39. Жук А. Я. Основи технічного діагностування. Навчально – методичний посібник / А. Я. Жук, Г. П. Малишев. – Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 114 с.
40. НПА ОП 0.00-4.01-08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566.
41. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf>.
42. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу:

<http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1-7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf>.

- 43.Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка–центр, 2003. – 280 с..
- 44.Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Форма т
1	Коксовиштовхувач	1	А1
2	Дверезнімальний пристрій	1	А1
3	Дверезнімальний пристрій (модернізація)	1	А1
4	Гідроциліндр механізму переміщення дверезнімальної штанги	1	А1
5	Обґрунтування раціональної конструкції гідравлічного приводу дверезнімної штанги	1	А1
6	Оптимізація габаритних розмірів гідроциліндра	1	А1
7	Кабіна керування коксовиштовхувачем	1	А1

ДОДАТКИ