

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Заочна

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА**

Бельченко Сергій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація затвору бункера гарячого агломерату Доменного цеху № 1  
Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий  
Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами

Доменного цеху №1 департаменту з виробництва чавуну та сталі  
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

(наук. ступінь, вчене звання)

(підпис)

Зелова К. Є.

(прізвище, ініціали)

**Робота допущена до захисту в ЕК**

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р. № 14

Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ  
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
 Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІГМ

  
(п.п.мс)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.  
(посад., вчене звання, прізвище ініціали)

« 14 »

квітня 2025 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

*Бельченко Сергій Сергійович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

*Модернізація затвору бункера гарячого агломерату Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ АрселорМіттал Кривий Ріг»*

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Зелова К. Є.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 243-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 07.06.2025

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра

*Умови виробництва Доменного цеху №1 департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика затвору бункера гарячого агломерату, інформація про недоліки конструкції.*

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

*4.1 Аналітична частина;*

*4.2 Основна частина;*

*4.3 Організація безпечного виробництва*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*1 аркуш формату А1 креслення загального вигляду секторного затвору бункера гарячого агломерату.*

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	<i>Злова К. Є., асистент</i>	<i>З.Є.</i> 14.04.25	<i>Бельч</i> 14.04.25
Основна частина	<i>Злова К. Є., асистент</i>	<i>З.Є.</i> 14.04.25	<i>Бельч</i> 14.04.25
Організація безпечного виробництва	<i>Злова К. Є., асистент</i>	<i>З.Є.</i> 14.04.25	<i>Бельч</i> 14.04.25

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Аналітична частина	28.04.2025	вик.
	Основна частина	16.05.2025	вик.
	Організація безпечного виробництва	21.05.2025	вик.
	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025	вик.
	Виконання графічної частини	04.06.2025	вик.
	Подання роботи до кафедри	07.06.2025	вик.
	Захист роботи в ЕК	17-18.06.2025	вик.

Здобувач (ка)

*Бельч*  
(підпис)Бельченко С.С.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

*З.Є.*  
(підпис)Злова К. Є.  
(прізвище та ініціали)



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 46 стор., 9 рис., 4 табл., 21 джерел.

Об'єкт розробки – затвор бункера гарячого агломерату.

Мета розробки – модернізація конструкції механізму затвора бункера гарячого агломерату, з метою подовжити термін служби, підвищення надійності роботи, поліпшення експлуатаційних характеристик.

Метод досліджень – аналітичний – визначення динамічних навантажень механізму затвора бункера гарячого агломерату.

Запропоновано модернізувати конструкцію механізму затвора бункера гарячого агломерату з заміною ручного приводу на електромеханічний. Суть конструктивного вирішення секторного затвора з електромеханічним приводом полягає в тому, що зворотно – поступальний рух секторного затвора здійснюється кривошипно-шатунним механізмом з черв'ячним мотор – редуктором. Пропоноване рішення по модернізації дозволяє виключити ручну працю і ефективно відсікати потік гарячого агломерату без його розсипу.

Розрахунки елементів кінематичного ланцюга приводу свідчать про їх міцність і надійність, а для забезпечення роботи затвора згідно технологічному регламенту необхідно використовувати черв'ячний мотор - редуктор В-В10У1;

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції бункера гарячого агломерату.

Ключові слова: БУНКЕР, ЗАТВОР, ГАРЯЧИЙ АГЛОМЕРАТ, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ МОТОР - РЕДУКТОР

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	8
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b>	9
1.1 Призначення й область застосування шиберного затвору	9
1.2 Технічна характеристика шиберного затвору	10
1.3 Опис конструкції шиберного затвору	10
1.4 Аналіз недоліків в конструкції і роботі шиберного затвору та їх причини	12
1.5 Постановка мети та завдання роботи	12
<b>РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА</b>	14
2.1. Літературно – патентний огляд	14
2.2 Пропозиція по модернізації. Опис конструкції модернізованої машини	20
2.3 Розрахунки навантажень на затвор	21
2.3.1 Розрахунки навантажень на затвор бункера гарячого агломерату й визначення вихідних даних для розрахунку	21
2.4 Розрахунок потужності приводу секторного затвора	24
2.5 Силовий і кінематичний аналіз механізму.	25
2.6 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми	25
2.7 Розрахунки на міцність	26
2.7.1 Розрахунок шатуна	26
2.7.2 Розрахунок вісей з'єднання шатуна з кривошипом і кронштейном	26
2.7.3 Розрахунок діаметра вала приводу	27
2.7.4 Розрахунок зусиль на підшипнику	28
2.7.5 Розрахунок підшипників	31
2.7.6 Розрахунок шпонкового з'єднання кривошипа	32
2.7.7 Розрахунок болтів кріплення приводу	33
2.7.8 Розрахунок болтів кріплення поворотного важеля	34

	7
2.7.9 Розрахунок болтів кріплення секторного затвора	35
<b>РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА</b>	36
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників доменного цеху №1	36
3.2 Заходи щодо зниження шкідливих і небезпечних чинників	41
<b>ВИСНОВКИ</b>	43
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	45
<b>ДОДАТКИ</b>	46

## ВСТУП

ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» - найсучасніше підприємство України й одне із самих крупних підприємств Європи з повним металургійним циклом. Комбінату в обсязі всієї української металопродукції має частку, що перевищує 20 %. Комбінат є одним з кращих серед інших металургійних підприємств і по отриманому прибутку й по рентабельності, а також по обсязі зробленої й реалізованої продукції.

Шляхом інтенсифікації металургійного виробництва та поліпшення споживчих характеристик металопродукції є поліпшення якості вихідної сировини. Вихідною сировиною є кокс, агломерат, окатиші, вапняк, феросплави. Один зі способів поліпшення якості цих видів сировини - їхня підготовка перед подачею в плавильні агрегати. Основний метод підготовки - фракціонування, ціль якого - видалення із шихти часток заданої граничної величини. Технологія виробництва шихтових матеріалів також передбачає в процесі рудопідготовки порційно-регулюючу подачу матеріалів на транспортуючий орган (грохот, живильник, конвеєр та інше). Таку подачу допомагають здійснювати затвори бункерів різної конструкції.

Застосування нової конструкції затвора бункера гарячого агломерату дозволить усунути недоліки попереднього шибєрного затвора, а саме: гарантовано відтинати гарячий агломерат від грохоту під час зупинок роботи останнього, завдяки чому запобігти постійному нагріванню й передчасному виходу з ладу грохоту та збільшити міжремонтний період.

У зв'язку із цим тема випускної кваліфікаційної роботи актуальна для рішення завдання підвищення експлуатаційних характеристик обладнання.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1 Призначення й область застосування шиберного затвору

Затвор бункера агломерату призначений для відсікання й регулювання потоку гарячого агломерату з бункера агломерату на грохот у системах шихтоподачі доменних печей [1]. Крім того, затвор може бути застосований для відсікання й регулювання подачі будь-яких сипучих матеріалів.

Характеристика доменного цеху №1

Доменний цех №1 є одним з основних цехів комплексу. У його состав входять п'ять печей з наступним корисним обсягом:

ДП № 1 -	1719 м <sup>3</sup>
ДП № 5, ДП 6 №, ДП № 7 -	2000 м <sup>3</sup>
ДП № 8 -	2700 м <sup>3</sup>

У цеху проводиться систематична робота з модернізації устаткування й раціоналізації виробництва продукції. Залізородною сировиною доменний цех №1 забезпечують Південний, Північний і Новокриворізький ГОКи, а також агломераційні цехи комбінату. Доменні печі цеху працюють на дуття, з нагріванням до температури 1050÷1150 °С зі збагаченим киснем до 27 %, з тиском газу під колошником 1,1 атм. До складових доменного цеху №1 ставляться: розливочна машина продуктивністю 1600 т/сут., ділянка підготовки стрічкових і жолобних мас, депо по очищенню чавуновозних ковшів, депо з ремонту шлаковозів.

Для поліпшення якості виплавленого чавуну створені установки позадоменної десульфатції. Всі печі обладнані хитними й поворотними ринвами, електровібротрамбовками; уперше на Україні застосована безводна маса для забивання льоток. Має місце поліпшення умов праці доменників.

Таким чином, основними вимогами до встаткування доменного цеху є надійність, міцність, простота конструкції, а також легкість в обслуговуванні й ремонті.

## 1.2 Технічна характеристика шиберного затвору

Технічна характеристика шиберного затвору приведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

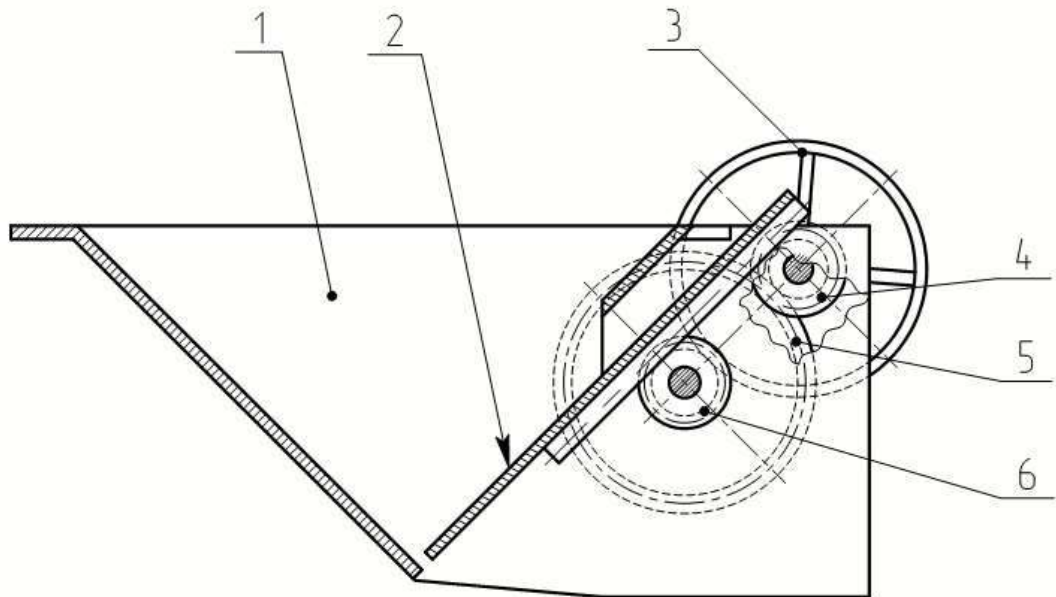
### Технічна характеристика шиберного затвору

Технічна характеристика	Значення
Вузел, що відтинає потік агломерату	шибер
Рух шибера	возвратно - поступальне
Привод шибера	ручний, від штурвала
Діаметр штурвала	400 мм
Привод шибера	зубчато - рейковий механізм
Зусилля на обіді штурвала	800...1200 Н
Температура в зоні привода (штурвала)	+70 °С

Джерело: розроблено з використанням [1]

## 1.3 Опис конструкції шиберного затвору

Головне призначення шиберного затвору бункера гарячого агломерату з ручним зубчато-рейковим приводом (рис. 1.1) полягає в дозованні подачі гарячого агломерату температурою до 400 °С із бункера агломерату на грохот у системах шихтоподачі доменних печей, а так само для відсікання потоку агломерату від грохоту під час його зупинки [14].



**Рис. 1.1. Шиберний затвор бункера гарячого агломерату з ручним зубчато-рейковим приводом**

1 - корпус, 2 - шибер, 3 - штурвал, 4 - швидкохідні шестірні, 5 - зубчасті колеса, 6 - тихохідні шестірні

Джерело: розроблено з використанням [1]

Затвор складається з:

- корпуса 1, днище якого розташоване під кутом  $45^{\circ}$  до горизонталі;
- перпендикулярно до нього розташований шибер 2 із зубчастими рейками.

- рух шибера - зворотно-поступальний.

- крутний момент приводу передається вручну від штурвала.

Обертання від штурвалу 3, із двома шестірнями 4 на загальній із ним вісі, передається зубчастим колесам 5, які закріплені на спільній осі. Далі оберти передаються двом шестірням 6, закріпленими на спільній осі, які, в свою чергу, взаємодіючи з рейками шибера надають йому зворотно-поступальний рух. Максимальний крутний момент передається в момент відсікання потоку агломерату із впровадженням шибера в масу агломерату,

що перебуває в стані спокою (наприклад, при поломці грохоту агломерату). Зусилля на обід штурвала при цьому досягає 800...1200 Н.

#### **1.4 Аналіз недоліків в конструкції і роботі шиберного затвору та їх причини**

Досвід експлуатації показав, що затвор має ряд недоліків[13]:

- надзвичайно значні зусилля ручного приводу в наслідок великої площі тертьових поверхонь і великого лобового опору при продавлюванні шибером шару агломерату, аж до повної неможливості відтинати потік.

- знаходження штурвала у вузькому проході між двома гарячими металевими стінками вкриття грохоту агломерату в зоні підвищеної температури й запиленості.

- регулювання потоку гарячого агломерату і його відсікання є дуже трудомісткою операцією. Це приводить до надмірного нагріву верхньої частки грохоту, тоді як нижня частка охолоджується вентиляцією приточування. Внаслідок чого короб грохоту випробовує значну внутрішню напругу, деформується і руйнується. Це спричиняє за собою скорочення міжремонтного періоду, витрати на виготовлення дорогих запасних часток, додаткові профілактичні огляди.

#### **1.5 Постановка мети та завдання роботи**

Метою роботи є вдосконалення конструкції механізму затвора бункера гарячого агломерату з заміною ручного приводу на електромеханічний. У зв'язку з поставленою метою, завданнями проекту є:

1. вивчити конструктивне вирішення існуючого приводу;
2. сформулювати конструктивні і експлуатаційні недоліки;

3. виконати літературно - патентний огляд з метою знаходження технічних рішень з можливістю їх використання в конкретному вузлі затвора бункера гарячого агломерату;
4. розробити пропозиції по модернізації затвора бункера гарячого агломерату з урахуванням літературно - патентного огляду;
5. виконати необхідні розрахунки вузла, що модернізується;
6. виконати робочі креслення вузлів і деталей пристрою, що модернізується;
7. розробити заходи щодо монтажу, ремонту і обслуговуванню деталей і елементів приводу механізму затвора;
8. виконати розрахунки по техніко-економічній доцільності модернізації приводу затвора бункера гарячого агломерату
9. розробити заходи щодо охорони праці.

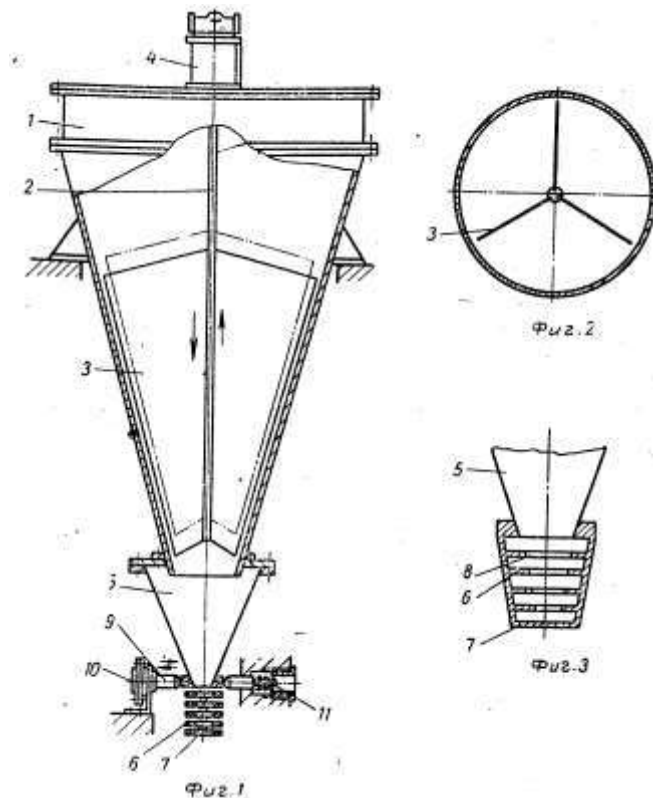
## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

#### 2.1 Літературно - патентний огляд

Для модернізації затвору бункера гарячого агломерату в сучасній літературі є ряд пропозицій, серед яких найбільш прийнятними є такі.

В роботі [18] автори пропонують бункерний затвор, який включає в себе випускно конічну воронку, під нижнім отвором якої розташований замикаючий пристрій (рис. 2.1).

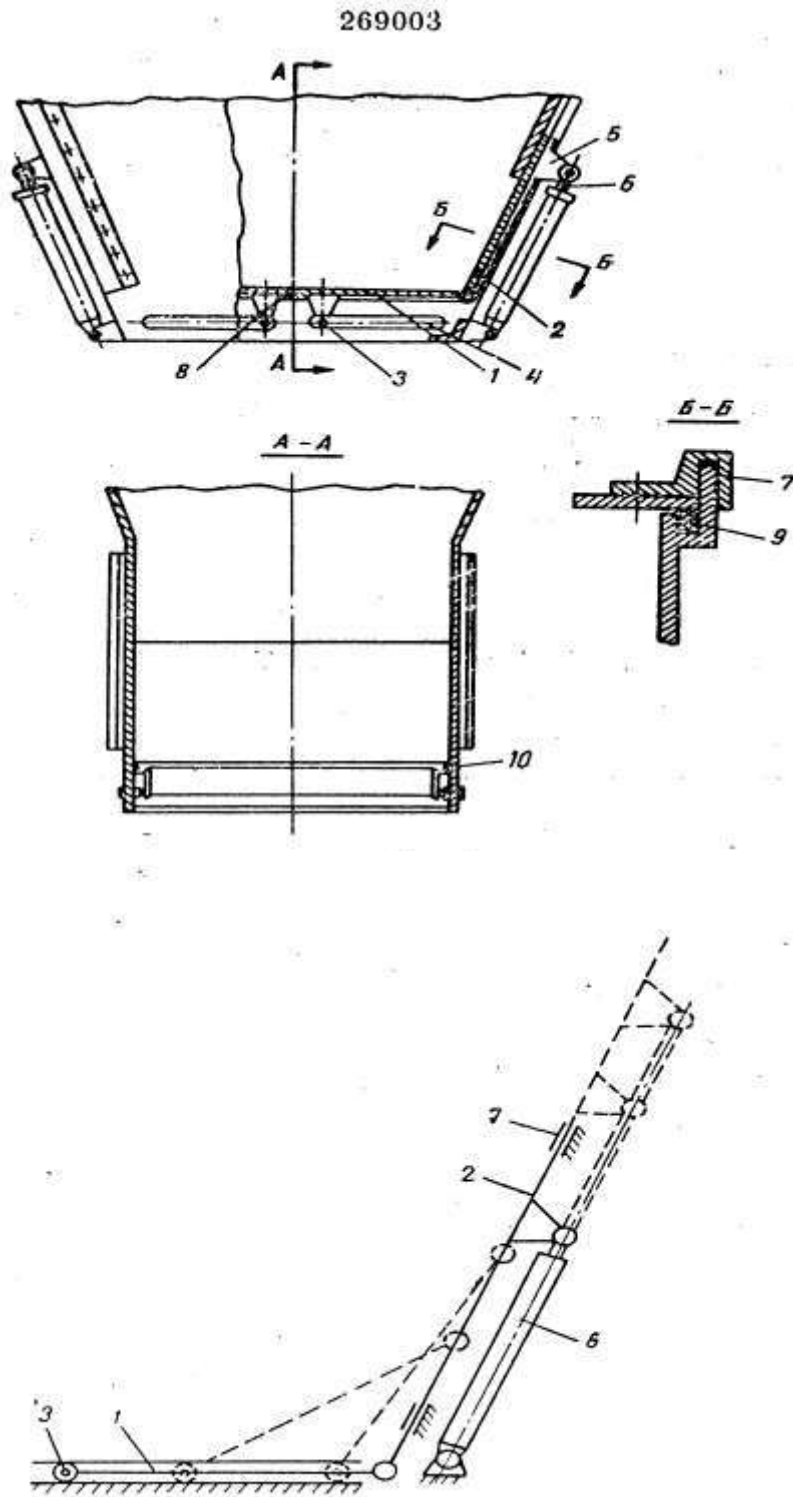


**Рис. 2.1. Бункерний затвор**

1- бункер, 2 - штанга, 3 - вертикальні лопати, 4 - пневмоциліндр, 5- конічна випускна воронка, 6 - пластини з отворами, 7 - пластина, 8- отвори, 9 - шток, 10 - вібратор, 11 - підпружинений допоміжний шток

Джерело: розроблено з використанням [1]

Відрізняється тим, що з метою підвищення ефективності роботи затвору замикаючий пристрій виконаний у вигляді жорстко змонтованого до випускної воронки ряду розташованих на деякій відстані одна під іншою пластин. Кожна з них, окрім нижньої, має отвір для проходу матеріалу, а випускна воронка разом із замикаючим пристроєм зв'язана з джерелом вібраційних коливань. В роботі [19] (додаток Б) автори пропонують затвор до бункера для сипучих матеріалів, який включає в себе заслінки з силовим приводом (рис. 2.2). З метою збереження габаритів бункера одна із заслінок затвора встановлена в направляючих бічної стінки випускної горловини і шарнірно сполучена із заслінкою, встановленою у випускного перетину горловини. Вона має ролик, що переміщається в направляючих в нижній частині випускної горловини



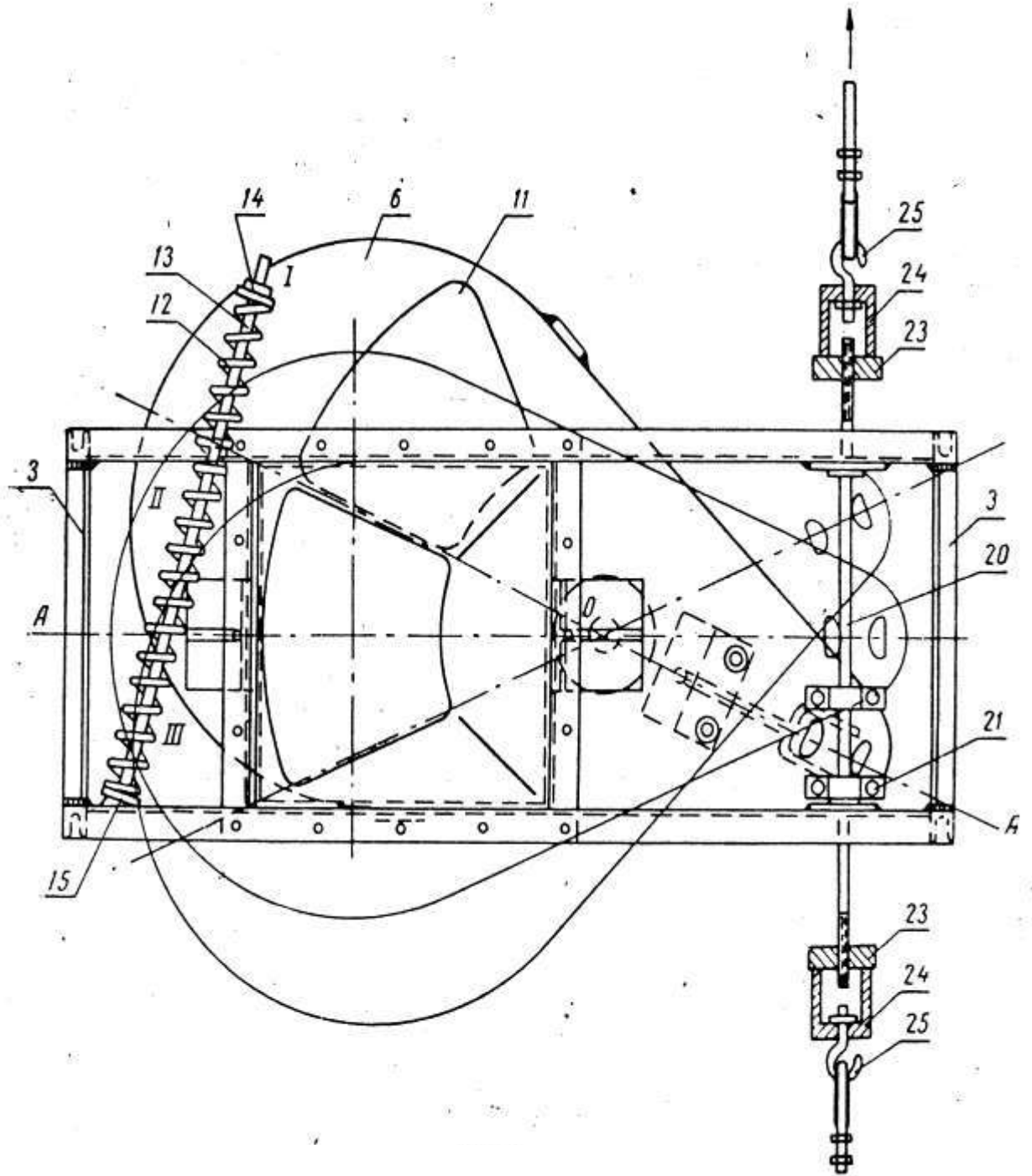
**Рис.2.2. Затвор до бункера для сипучих матеріалів**

1 - заслінка з роликами, 2 - заслінка без роликів, 3 - ролики, 4 - випускна горловина, 5 - вушко, 6 - гідроциліндр, 7 - напрямні, 8 - ущільнення, 9 - ущільнення, 10 – ущільнення

Джерело: розроблено з використанням [19]

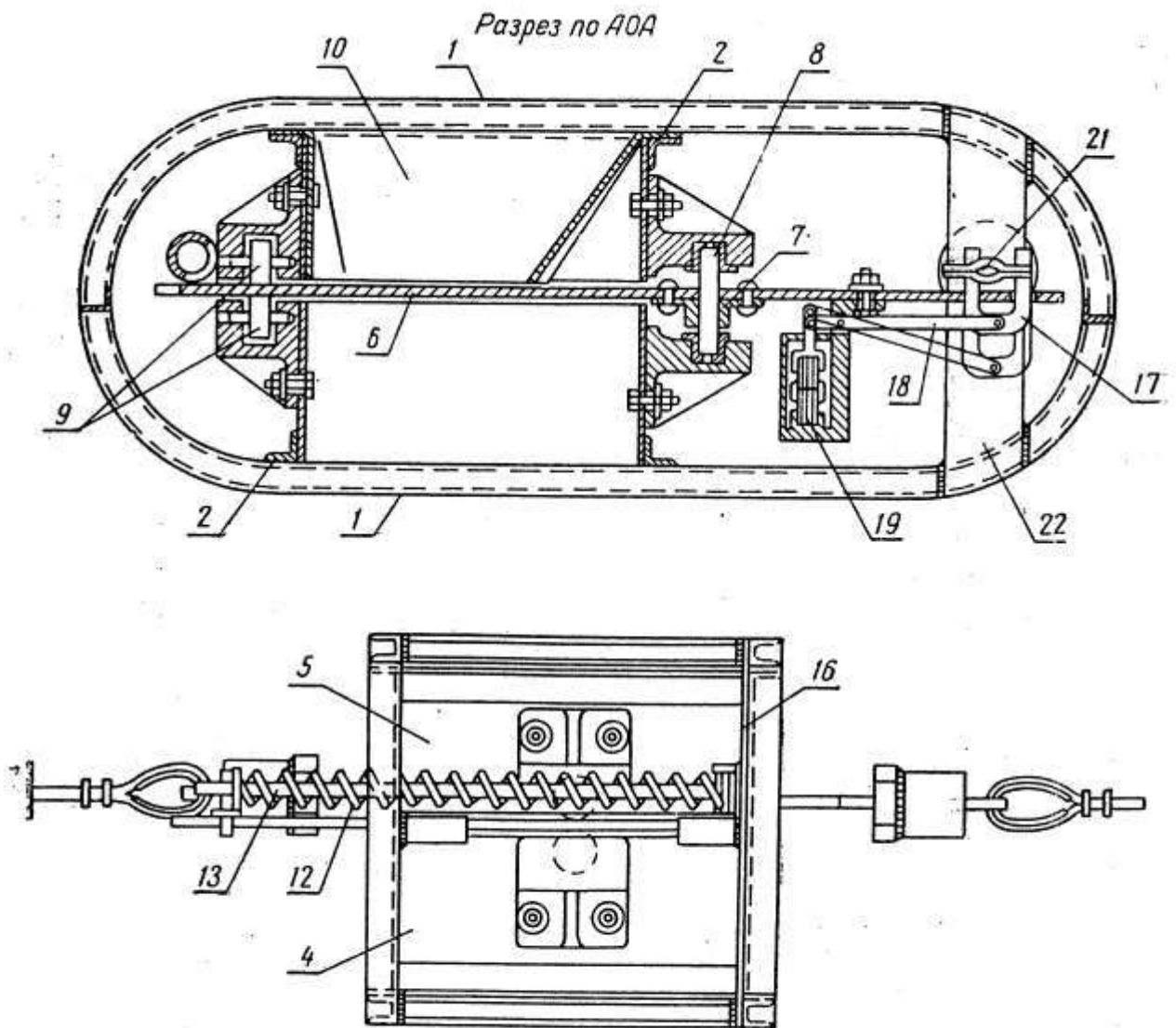
В роботі [20] автори пропонують затвор до випускних отворів силосів, який включає в себе поворотний підпружинений шибер, кінематично зв'язаний тяговим пристроєм з електродвигуном (рис. 2.3, 2.4). З метою можливості дистанційного керування випуском продукту з декількох силосів від одного приводу, на вільному кінці шибера вмонтована підйомно – опускна скоба, сполучена за допомогою коромисла з якорем електромагніту, розташованого під шибером. Вільний кінець шибера затвора для одного силосу за допомогою троса зв'язаний з шибером затвора суміжного силосу.

Аналізуючи наведені вище пропозиції, можна зробити вивід про те, що модернізація приводу затвора необхідна і виконати її можна використовуючи в принципі будь-які пропозиції, застосовуючи електромеханічний привід.



**Рис.2.3. Затвор до випускних отворів силосів (вид у плані)**

Джерело: розроблено з використанням [20]



**Рис.2.4. Затвор до випускних отворів силосов (розріз і вид з торцевої сторони)**

Джерело: розроблено з використанням [20]

## 2.2 Пропозиція по модернізації. Опис конструкції модернізованої машини

Досвід експлуатації існуючого шиберного затвора бункера гарячого агломерату показав наступне:

1. мають місце надзвичайно більші зусилля ручного приводу в наслідок великої площі тертьових поверхонь і великого лобового опору при продавлюванні шибером шару агломерату, аж до повної неможливості відтинати потік.

2. знаходження штурвала у вузькому проході між двома гарячими металевими стінками вкриття гуркоту агломерату в зоні підвищеної температури й запиленості приводить до тяжких умов праці обслуговуючого персоналу.

Пропонується:

1. замінити шиберний затвор секторним

2. хитання сектору затвору здійснювати кривошипно-шатунним механізмом із черв'ячним мотор-редуктором. Кут повороту кривошипа 180°. Рух кривошипа круговий зворотно-поступальний.

Дана модернізація дозволить гарантовано відтинати потік гарячого (до 400° С) агломерату від грохоту під час стоянок, що буде сприяти меншому його нерівномірному нагріванню, а, отже збільшенню його міжремонтного періоду.

Крім того завдяки механізації приводу з застосуванням черв'ячного мотор - редуктора і виносу останнього за зону підвищеної температури й запиленості вдалося поліпшити тяжкі умови праці обслуговуючого персоналу.

Загальний устрій затвору представлений на рис. 2.5.

До короба 1 кріпиться лоток 2 у зборі з валом і кронштейном, з'єднаними разом шпонками. Мотор - редуктор 4 разом з підшипниковим вузлом приєднуються до кронштейну корпусу затвору. Кривошип 6 з'єднаний з валом підшипникового вузла за допомогою шпонки. Шатун 5 з'єднує між собою кривошип 6 і кронштейн лотка 7. Довжина кривошипу і кронштейна лотка підібрані так, що при повороті кривошипу на  $180^\circ$  кронштейн разом з лотком повертається, щодо осі вала лотка, на кут від  $0^\circ$  до  $55^\circ$ . Таким чином лоток регулює або відтинає потік агломерату. Товщина шару агломерату на грохоті регулюється також регулятором потоку 3, що піднімається або опускається за допомогою штурвала й фіксується в обраному положенні фіксатором, закріпленим на штурвалі.

Завдяки кронштейну корпусу затвору електропривод винесений за укриття перегрузочного вузлу і не піддається впливу високої температури.

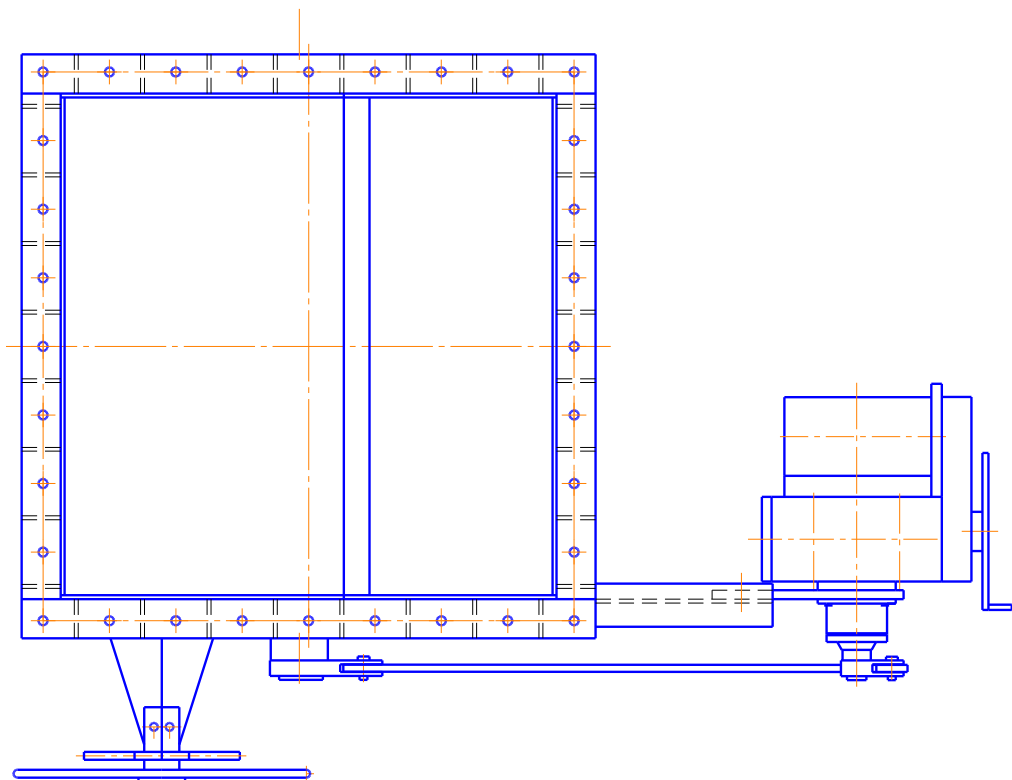
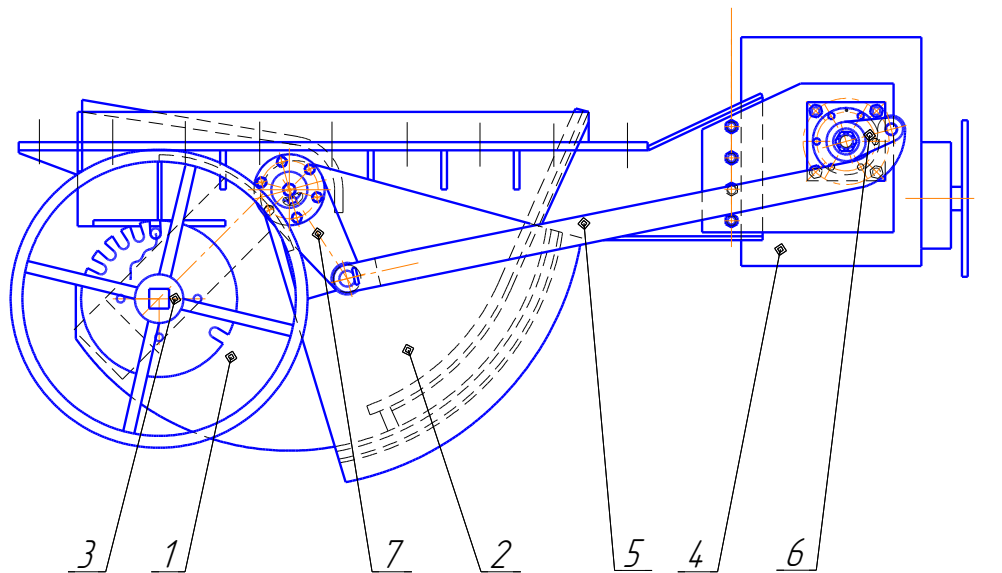
Крім того черв'ячний мотор – редуктор обладнаний ручним приводом, що дає можливість завершити процес відсікання потоку гарячого агломерату від грохоту в аварійній ситуації.

Футеровочні листи кріпляться до корпусу затвора й до лотка спеціальними гвинтами й гайками й служать захистом від стирання.

## **2.3 Розрахунки по модернізації**

### **2.3.1 Розрахунки навантажень на затвор бункера гарячого агломерату й визначення вихідних даних для розрахунку**

Згідно [16] уточнюємо навантаження на затвор бункера гарячого агломерату



**Рис. 2.5. Затвор секторный**

1 - корпус затвора, 2 - лоток, 3 - регулятор потока, 4 - электропривод затвора,  
5 - шатун, 6 – кривошип, 7 – кронштейн лотка

Джерело: розроблено з використанням [16]

Визначаємо обсяг матеріалу, що перебуває, на закритому секторному затворі:

$$V = L \frac{H}{2} B = 0,57 \cdot \frac{0,58}{2} \cdot 1,2 = 0,2 \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

де  $H = 0,58$  м - висота матеріалу

$L = 0,57$  м - довжина

$B = 1,2$  м - ширина матеріалу

Визначаємо масу матеріалу

$$m = q \cdot V = 1,6 \cdot 0,2 = 0,32 \text{ т} = 320 \text{ кг} \quad (2.2)$$

де  $q$  - питома вага матеріалу -  $1,6$  т/м<sup>3</sup>

Сила діюча на секторний затвор

$$P = m \cdot g = 320 \cdot 9,8 = 3200 \text{ Н} \quad (2.3)$$

Визначаємо зусилля відкривання-закривання секторного затвора

$$P_1 = P \cdot K_1 \cdot K_2 = 3200 \cdot 0,83 \cdot 1,2 = 3072 \text{ Н} \quad (2.4)$$

де  $K_1 = 0,83$  - коефіцієнт тертя матеріалу,

$K_2 = 1,2$  - коефіцієнт враховуючий підклинювання матеріалу,

Визначаємо момент на осі обертання секторного затвора

$$M = P_1 \cdot L_1 = 3072 \cdot 0,6 = 1858,56 \text{ Нм} \quad (2.5)$$

де  $L_1 = 0,6$  м - радіус повороту секторного затвора (рис. 2.6),

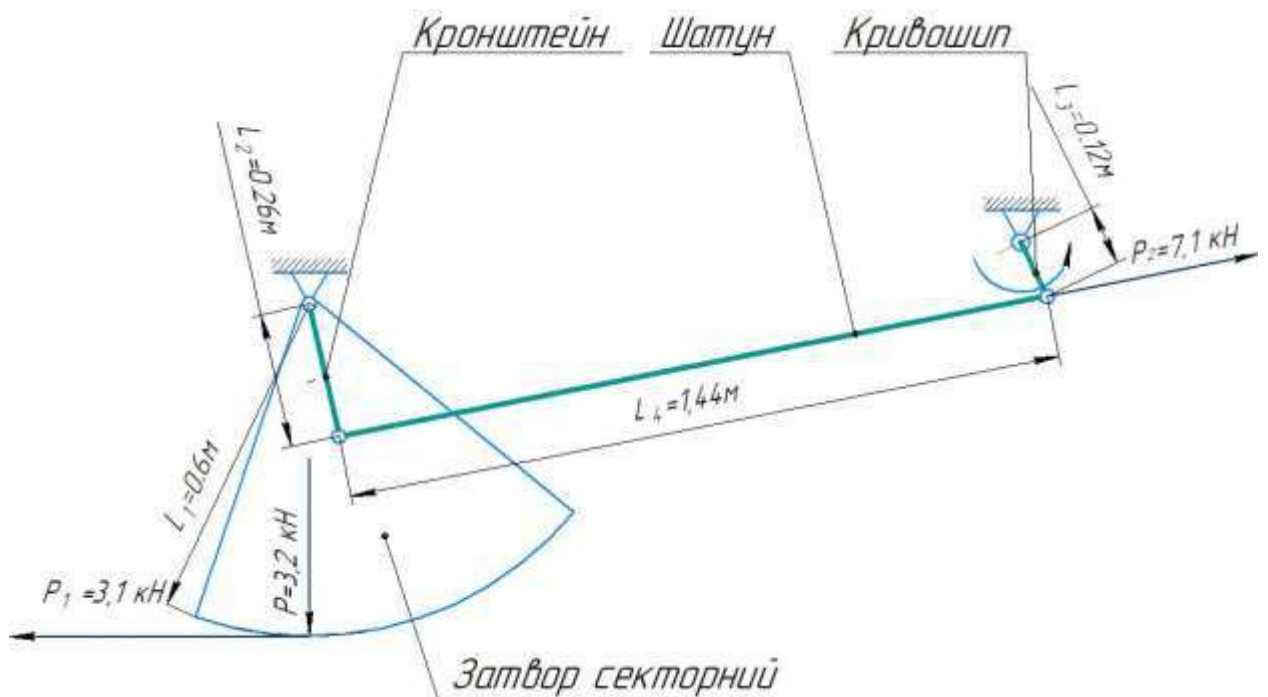
Визначаємо зусилля, що діє вздовж шатуна й передається на кривошип приводу

$$P_2 = \frac{M}{L_2} = \frac{1858,56}{0,26} = 7148,3Н \quad (2.6)$$

де  $L_2 = 0,26м$  – довжина кронштейна (рис. 2.6)

## 2.4 Розрахунок потужності приводу секторного затвора

Розрахунки виконуємо згідно розрахункової схеми, яка зображена на рис. 2.6.



**Рис.2.6. Розрахункова схема**

Джерело: розроблено з використанням [16]

Визначаємо крутний момент на вихідному валу приводу [12]

$$M_{кр} = P_2 \cdot L_3 = 7148 \cdot 0,12 = 891,6 Нм \quad (2.7)$$

де  $L_3=0,12\text{м}$  – довжина кривошипа (рис. 2.6),

Необхідна потужність привода лотка секторного затвору

$$N_{np} = \frac{M_{кр} \cdot n_{кр}}{9750 \cdot \eta} = \frac{891 \cdot 6}{9750 \cdot 0,8} = 0,685 \text{кВт} \quad (2.8)$$

де  $n_{кр} = 6$  об/хв - число обертів кривошипа,

$\eta = 0,8$  - КПД механізму.

## 2.5. Силовий і кінематичний аналіз механізму

При виборі електропривода будемо орієнтуватися на навантаження на шатун при повністю завантаженому лотку затвора.

У розрахунках на міцність буде враховуватися навантаження від повної потужності приводу й навантаження на шатун за умови "заклинення" лотка секторного затвору.

## 2.6 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми

Привід повороту лотка секторного затвору містить у собі черв'ячний мотор-редуктор , що передає обертання через вал підшипникового вузла кривошипно-шатунному механізму, що качає лоток секторного затвору.

В якості електроприводу приймаємо стандартний черв'ячний мотор-редуктор В - В 16 з фланцевим кріпленням.

Основні параметри привода:

Потужність електродвигуна, кВт	<i>1,1</i>
Крутний момент на вихідному валу, Нм	<i>1 000</i>
Частота обертання вихідного вала, об/хв.	<i>6</i>
Виконання	<i>Вибухозахисне, вибухо-вологонепроникне</i>
Додатковий привід	<i>ручний</i>

Підшипниковий вузол і черв'ячний мотор-редуктор кріпляться до одного кронштейна. Передача обертання від мотор-редуктора до вала кривошипно-шатунного механізму відбувається за допомогою кулачкового з'єднання.

## 2.7 Розрахунки на міцність

### 2.7.1 Розрахунок шатуна

Перевіряємо поперечний переріз шатуна з умови розтягання шатуна (рис. 2.7)

$$\sigma = \frac{4P_2}{a \cdot b} = \frac{4 \cdot 7148.3}{0,03 \cdot 0,08} = 19,5 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \leq [\sigma_p] = 180 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \quad (2.9)$$

де  $a = 0,03$  м - ширина шатуна

$b = 0,08$  м - висота шатуна

$[\sigma_p] = 180 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$  - допустима напруга на розтягання для сталі 45

Умова виконується.

### 2.7.2 Розрахунок вісей з'єднання шатуна з кривошипом і кронштейном

Вісі (рис. 2.7, А-А і Б-Б) перебувають під дією поперечної сили й розраховуються на зріз по формулі

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{P_2}{[\tau_c]}} = 1,13 \sqrt{\frac{7148.3}{90 \times 10^6}} = 0,013 \text{ м} \quad (2.10)$$

де 1,13 - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження

$[\tau_c]=90 \times 10^6 \frac{H}{m^2}$  допустиме навантаження, на зріз для матеріалу вісей,

$P_2=7148,3$  – навантаження на одну вісь, Н

Приймаємо діаметр вісей 30 мм.

### 2.7.3 Розрахунок діаметра вала привода

Вал (рис.2.8) перебуває під дією поперечної сили й розраховуються на кручення по формулі [14]

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_\epsilon}{0,2 \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{1379}{0,2 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0,057m = 57mm \quad (2.11)$$

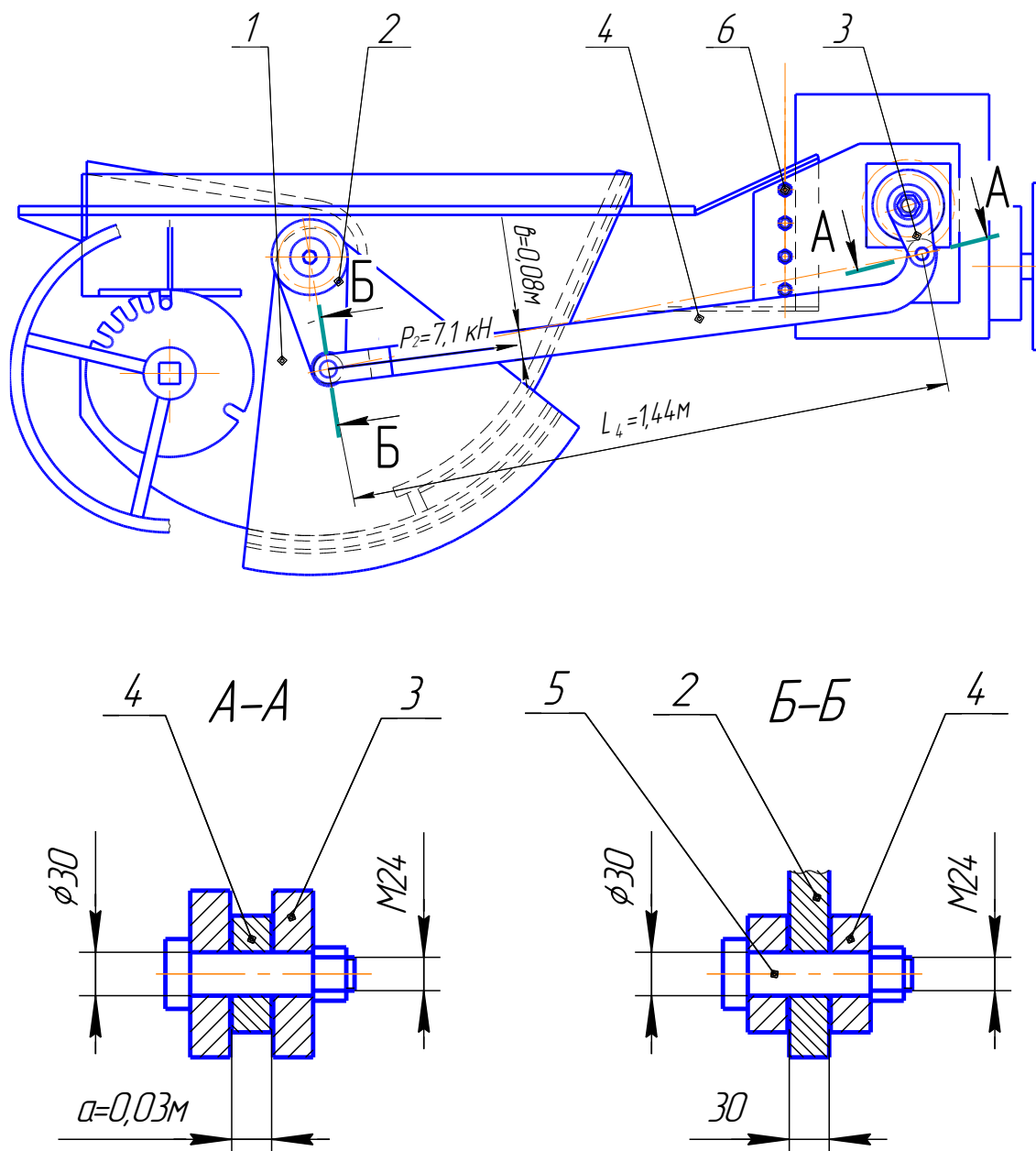
де  $[\tau] = 30 \text{ МН/м}^2 = 30 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$

$M_\epsilon = P_\epsilon \cdot r = 11683 \cdot 0,118 = 1379$  Нм – крутний момент на валу

де  $P_\epsilon=11683$  Н сила діюча на вал

$r = 0,118$  м радіус кривошипа

Приймаємо діаметр вала 60 мм.



**Рис.2.7. До розрахунку шатуна, вісей і болтів**

1-секторний затвор, 2- кронштейн, 3- кривошип, 4- шатун, 5- вісь, 6- болт M22

Джерело: розроблено з використанням [16]

#### 2.7.4 Розрахунок зусиль на підшипнику

Момент діючий на вал кривошипа при закритті = 1379 Нм.

Довжина вала = 225 мм.

Діаметр вала  $d=85$  мм.

Розташування підшипників  $a=80$  мм,  $b=80$  мм

Радіальна сила діюча на перший підшипник

$$P_1 = \frac{M_K}{d} = \frac{1379}{0,085} = 21215\text{Н} \quad (2.12)$$

де  $M_K$  -момент крутний на валу;

$d$  - діаметр вала

$$P_{p1} = a \cdot P_1 = 0,08 \cdot 21215 = 1697\text{ Н} \quad (2.13)$$

де  $a=0,08$  мм - відстань між вісями підшипників

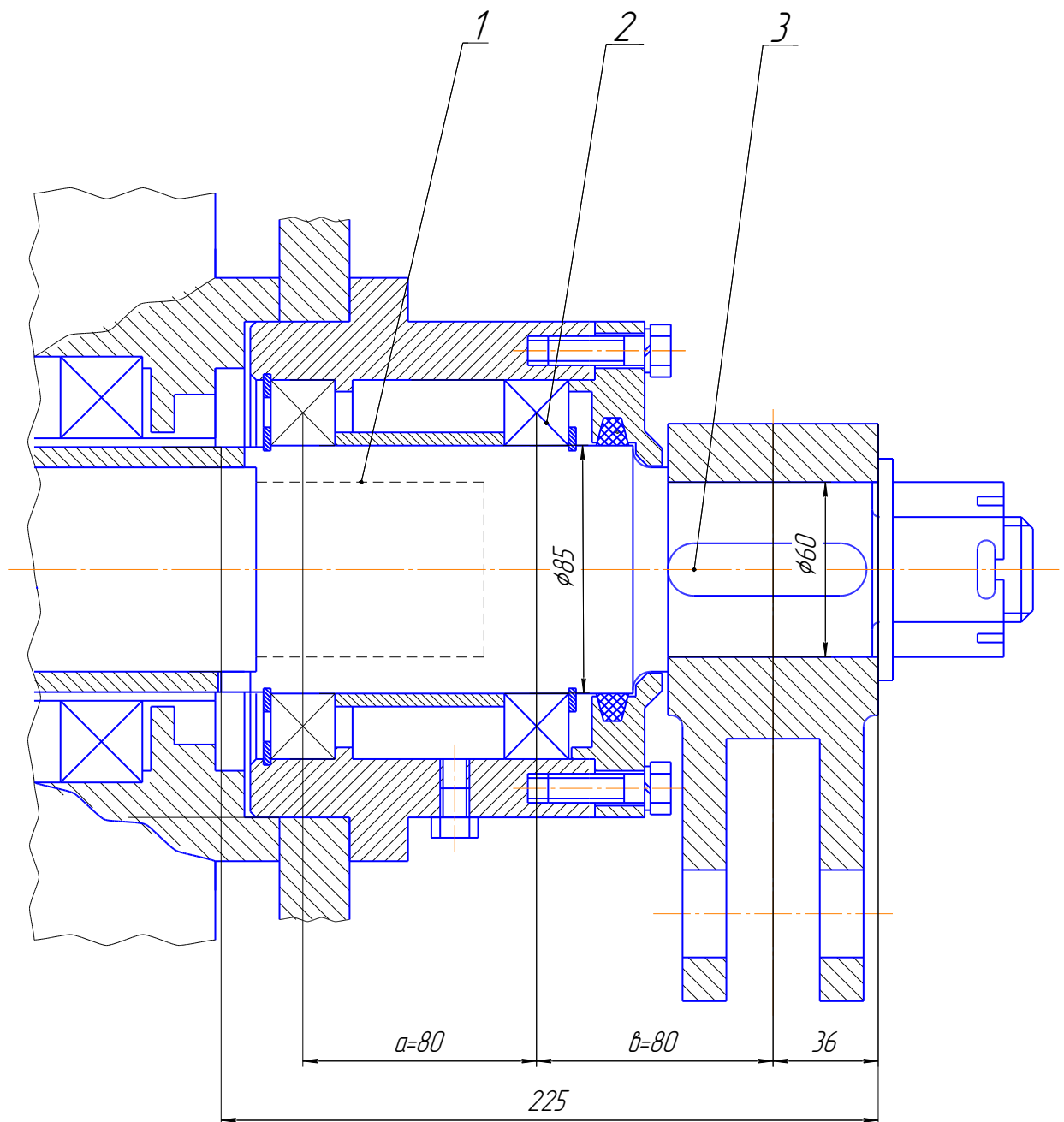
Радіальна сила діюча на другий підшипник

$$P_1 = \frac{M_K}{d} = \frac{1379}{0,085} = 21215\text{Н} \quad (2.14)$$

де  $M_K$  -момент крутний на валу;

$d=0,085$ м- діаметр вала

$$P_{p1} = a \cdot P_1 = 0,08 \cdot 21215 = 1697\text{ Н} \quad (2.15)$$



**Рис. 2.8. До розрахунку діаметра вала привода, зусиль на підшипник, шпонкового з'єднання кривошипа**

1-вал, 2- підшипник, 3- шпонка

Джерело: розроблено з використанням [16]

### 2.7.5 Розрахунок підшипників

Розрахунок підшипників кочення (рис. 2.8) [15].

Необхідна довговічність –  $L_h=25000$  год. Радіальне навантаження –  $P_{P1}=1697$  Н. Діаметр шийок вала - 85 мм. Частота обертання вала - 6 об/хв.

Приймаємо шарикопідшипники радіальні однорядні серії 3613, для цих підшипників вантажопідйомність: статична -  $C=14400$  Н, динамічна –  $C_0=14000$  Н.

Визначаємо еквівалентне динамічне радіальне навантаження

Відношення  $\frac{F_a}{F_r} = 0$

$$x = c - (a - f) \cdot \frac{c-d}{a-b} = 0,22 - (0,028 - 0) \cdot \frac{0,22-0,19}{0,028-0,014} = 0,16 \quad (2.16)$$

Приймаємо  $X=1$ ;  $Y=0$ .

$$P = (V \cdot X \cdot P_{P1} + Y \cdot F_a) \cdot K_\delta \cdot K_T = (1 \cdot 1 \cdot 1697 + 0) \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 2121,25H \quad (2.17)$$

де  $P_{P1} = 1697H$

$$K_\delta = 1,25$$

$$K_T = 1,0$$

$$V = 1,0$$

Розрахункова динамічна вантажопідйомність.

$$C_{расч} = P \cdot \sqrt[3]{\frac{L_h \cdot n \cdot 60}{a_1 \cdot a_{23} \cdot 10^6}} = 2121,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{25000 \cdot 6 \cdot 60}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 10^6}} = 4412H < C_{динм} = 14000H \quad (2.18)$$

де  $a_1 = 1,0$

$$a_{23} = 1,0$$

$$L_h = 25000 \text{ ч}$$

$$n = 6 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Умова виконується.

Розрахункова довговічність

$$L = \left(\frac{C_0}{P}\right)^3 = \left(\frac{14400}{2121,25}\right)^3 = 287 \quad (2.19)$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{287 \cdot 10^6}{60 \cdot 6} = 797222 \text{ годин} \quad (2.20)$$

### 2.7.6 Розрахунок шпонкового з'єднання кривошипа

Розрахунок шпонкового з'єднання кривошипа (рис. 2.8). Вибираємо шпонку по ГОСТ 8788-88

Для вала  $d = 65 \text{ мм}$ :

ширина шпонки  $b = 20 \text{ мм}$ ,

висота  $h = 8 \text{ мм}$ .

Перевіряємо на зминання.

$$\sigma = \frac{2 \cdot M_k \cdot 10^3}{d \cdot l \cdot k} = \frac{2 \cdot 1379 \cdot 10^3}{65 \cdot 50 \cdot 7,2} = 117,86 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \leq [\sigma_{см}] = 150 \text{ Н/мм}^2 \quad (2.21)$$

де  $M_k = 1379 \text{ Нм}$  момент на валу

$l = 50 \text{ мм}$  довжина шпонки

$k = 0,4 \cdot h = 0,4 \cdot 18 = 7,2 \text{ мм}$

Умова виконується.

### 2.7.7 Розрахунок болтів кріплення привода

**Розрахунок болтів кріплення привода** (рис. 2.7). Болт знаходиться під дією поперечної сили і розраховується на зріз за формулою

$$d_{\varepsilon} = 1.13 \sqrt{\frac{P_{\varepsilon}}{[\tau_c]}} = 1.13 \sqrt{\frac{2205}{90 \times 10^6}} = 0.015 \text{ м} \quad (2.22)$$

де 1,13 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження

$[\tau_c] = 90 \times 10^6$  - допускаєма напруга на зріз для матеріалу болта,  $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$

$P_{\varepsilon} = 2205$  – нагрузка на один болт, Н

$$P_{\varepsilon} = \frac{P_2 \times 1.3}{4} = \frac{7148 \times 1.3}{4} = 2205 \text{ Н} \quad (2.23)$$

де 1,3 - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження

4 – кількість болтів

$P_2 = 7148$  – навантаження на всі болти кріплення, Н

Визначаємо зовнішній діаметр болта

$$d_n = \frac{d_{\varepsilon}}{0.85} = \frac{0.015}{0.85} = 0,018 \text{ м} \quad (2.24)$$

Приймаємо діаметр болта  $d = 22$  мм

Оскільки болт, що працює на зріз, одночасно працює і на зім'яття, то проведемо перевірку його міцності на зім'яття

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{\varepsilon}}{dh} = \frac{2205}{0.022 \cdot 0.012} = 80.7 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq [\sigma_{cm}] = 288 \text{ мПа} \quad (2.25)$$

де  $h = 0.012$  – довжина найбільш м'ятої частини болта, м

$[\sigma_{с.м.}] = 288$  – напруга, що допускається на зім'яття для болтових з'єднань, мПа

$$[\sigma_{с.м.}] = 0.8\sigma_m = 0.8 \times 360 \times 10^6 = 288 \times 10^6 \text{Па} = 288 \text{ мПа} \quad (2.26)$$

Визначаємо зусилля затягування

$$S = \frac{d^2 \pi \sigma}{4} = \frac{2.2^2 \times 3.14 \times 700}{4} = 2659 \text{ кг} \quad (2.27)$$

де  $\sigma = 700$  – задана напруга,  $\frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$

### 2.7.8 Розрахунок болтів кріплення поворотного важеля

Болти перебувають під дією поперечної сили й розраховуються на зріз

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{P_1}{[\tau_{ср}] \cdot n}} = 1,13 \sqrt{\frac{143448}{130 \cdot 10^6 \cdot 6}} = 0,0108 \text{ м} \quad (2.28)$$

де 1,13 - коефіцієнт враховуючий нерівномірність розподілу навантаження

$n = 6$  - кількість болтів

$[\tau_{ср}] = 130 \cdot 10^6 \text{ Н}$  – допускаєма напруга на зріз для матеріалу болта

$$P_1 = \frac{M_1}{Z} = \frac{10400}{0.0725} = 143448 \text{ Н}$$

де  $M_1 = 10400 \text{ Нм}$  - крутний момент на осі секторного затвора

$Z = 0,0725 \text{ м}$  - відстань розташування болтів від осі сектора

Приймаємо діаметр болтів  $d = 20 \text{ мм}$  у кількості 6 шт.

### 2.7.9 Розрахунок болтів кріплення секторного затвора

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{P_1}{Z[\tau_{cp}]}} = \sqrt{\frac{60600}{4 \cdot 85 \cdot 10^6}} = 0,0150 \text{ м} \quad (2.29)$$

де  $Z = 4$  - кількість болтів

$$P_1 = \frac{P_2 + P_3}{2} = 60600 \text{ Н}$$

$$\text{де } P_2 = \frac{M_1}{l_1} = \frac{10400}{0,12} = 86600 \text{ Н}$$

де  $l_1 = 0,12$  м - плече до першого ряду болтів

$$P_3 = P_2 = \frac{M_1}{l_2} = \frac{10400}{0,3} = 34600 \text{ Н}$$

де  $l_2 = 0,3$  м - плече до другого ряду болтів

Приймаємо  $d = 22$  мм у кількості 4 шт.

## РОЗДІЛ 3

### ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

#### 3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Незважаючи на вдосконалення металургійних агрегатів, устаткування і технологій, процесів управління та організації виробництва металу, становище у сфері промислової безпеки в металургійній галузі не покращується, кількість аварій, інцидентів, рівень травматизму залишаються високими. До небезпечних металургійних виробництв належить доменний цех. Співробітники таких виробництв регулярно проводять роботи в доменних цехах металургійних підприємств, і відповідно схильні до багатьох небезпечних виробничих факторів. У процесі ремонтних робіт захисної стінки повітрянагрівача доменної печі, працівники наражаються на ризик обвалення вогнетривкої футеровки. Необхідно завжди вдосконалювати та підвищувати рівень безпеки праці. Актуальність даного розділу роботи викликана необхідністю унеможливити отримання травм працівником під час роботи. Метою роботи є вдосконалення безпеки працівників під час виконання робіт у доменному цеху. Незважаючи на тенденцію зменшення кількості аварій, кількість інцидентів у металургійному виробництві залишається на постійно високому рівні. На стан аварійності та промислової безпеки на металургійних і коксохімічних підприємствах негативно впливають такі фактори:

- фізичний знос технологічного устаткування;
- несвоєчасне та неякісне проведення капітального та поточного ремонту устаткування, будівель і споруд;
- експлуатація устаткування з відпрацьованим нормативним терміном;
- застосування недосконалих технологій;
- неконтрольоване скорочення чисельності працівників, що працюють у сфері металургійної та коксохімічної промисловості.

Операції, що проводяться в чорній металургії та сталеливарній промисловості, можуть бути пов'язані з впливом на працівників великої кількості небезпечних чинників, створювати ситуації або умови, що провокують інциденти та травми, які спричиняють загибель людей, нездужання або хвороби.

У доменному цеху пил утворюється в наступних місцях: на рудному дворі; бункерній естакаді; у підбункерному приміщенні; у скіповій ямі; на колошнику при завантаженні шихти в піч, під час випуску пилу з пиловловлювачів. Залежно від якості шихтових матеріалів пил, що виділяється в атмосферу, може мати різний гранулометричний і хімічний склад. Хімічний склад пилу на ділянці завантаження показує, що її склад близький до складу шихтових матеріалів. У зв'язку із заповненою і загазованою зовнішнього повітря можливе занесення пилу і газів в будівлю підйомника. У будівлі підтримується надмірний тиск 1 кгс/м, створюване механічною притокою.

Колошникові майданчики відносяться до газонебезпечних місць. Основною небезпекою є можливість отруєння окислом вуглецю. Перебування людей в цих місцях короткочасне. Роботу виробляють по наряду-допуску під спостереженням газорятівного.

Колошникові гази виносять з доменної печі значну кількість пилу, унаслідок чого повітряне середовище на колошнику доменної печі характеризується високою заповненою. Рівень заповненої 32 міліграм/м<sup>3</sup>, при ГДК 4 міліграм/м<sup>3</sup>. Винесення колошникового пилу в атмосферу залежить від ряду чинників - якості шихтових матеріалів, тиску колошникових газів, кількості дуття і коливається в значних межах (5-150 кг/т чавуну). При розладі ходу печі, опадах і обривах шихти винесення колошникового пилу збільшується.

Під час роботи засипного апарату при опусканні великого конуса виникає різниця тиску між колошником доменної печі і міжконусним простором. Потік

колошникових газів пронизує матеріали, що зсипаються з воронки, і виносить значну кількість пилу через атмосферні клапана в атмосферу.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони доменного виробництва приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин і аерозолів в повітрі робочої зони доменного виробництва**

<b>Шкідливі речовини</b>	<b>ГДК</b>	<b>Фактичне значення (ливарний двір) , мг/м<sup>3</sup></b>
Окисел вуглецю	20	10
Сірководень	10	2
Діоксид сіри	10	1,8
Діоксид азоту	5	0,5
Вапняк	6	0,3
Вуглецевий пил	2	1,2
Вугільний пил	4	0,05

Джерело: розроблено з використанням [10]

Санітарно - гігієнічна характеристика робочого місця горнового представлена в (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

## Санітарно - гігієнічна характеристика робочого місця горнового

№ з/п	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас - шкідливі і небезпечні умови, характер праці			Тривалість дії чинника за зміну, %
				I ст.	II ст.	III ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> :						
	I клас безпеки	0,05	0,36			7,2	90
	II клас безпеки	2,0	0,85				
	III-IV клас безпеки азоту діоксид ангідрид сірчистий вуглець оксид	10,0 20,0	39,0 13,6			3,9	90
2	Пил фіброгенної дії, г/м <sup>3</sup>	4	24,0		6		80
3	Шум, дБА	80	86	6			80
4	Вібрація (загальна), дБ	92	96		4		90
5	Мікроклімат в приміщенні:						
	- Температура, °С	26	37			11	90
	- Швидкість руху повітря, м/с	0,2-0,6	0,4				90
	- Відносна вологість повітря, %	40-60	37				90
	- Інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	140	280		140		90
6	Тяжкість і напруженість праці	Категорія робіт - важка, III напружена					

Джерело: розроблено з використанням [10]

Наявність в повітрі пилу, що містить оксиди кремнію, заліза і інших мінеральних складових, може викликати найважчі захворювання, які приводять до різних змін легеневої тканини.

Джерелами шумових навантажень на організм є віброітателі, коксівні грохоти, вентиляційні установки, мотор-генератори машинних залів, витоки повітря і ін.

Окрім шумових навантажень, на організм людини шкідливо діє вібрація. Вібрації в доменному цеху створюються при русі потягів по бункерній

естакаді, роботі віброгрохотів і вібропітателів, при русі скіпів по похилому мосту і роботі механізмів машинного залу. Дія шуму і вібрації на організм приводить до захворювань органів слуху, серцево-судинної системи, розширення вен і захворювання вегетативної нервової системи.

На всіх ділянках доменного цеху є велика кількість електродвигунів, електричних приладів і ін. Небезпеку поразки електричним струмом не можна визначити ні по яких зовнішніх ознаках. Ця небезпека виявляється раптово, і, як правило, супроводжується важкими наслідками.

Наявність в доменному цеху вологи, струмопровідного пилю, високої температури металоконструкцій призводить до того, що всі приміщення і робочі місця, де є електроустаткування, слід віднести до категорій з підвищеною небезпекою і особливо небезпечним.

Гази, що вживані і утворюються в доменному виробництві, легко запалають, що може викликати їх спалах і вибухи при змішенні газу з повітрям в певних співвідношеннях. Вони можуть відбуватися в доменній печі, міжконусному просторі, трубопроводах, повітронагрівачів, пиловловлювачах, повітродувних машинах, скрубберах, сурмовому жолобі при сушці, теплушках опалювальних газом. У всіх випадках вони є слідством неправильних дій персоналу або несправності устаткування.

Окрім вибухів, можливі випадки раптового запалювання газу, що нерідко приводить до опіків. Самозаймання газу може відбуватися на колошнику при несправності засипного апарату, особливо при завантаженні холодного коксу і стружки; на шахті печі, якщо є розриви кожуха. Крім того, випадки раптового запалювання можливі при несправностях вентилів і неузгодженості дій обслуговуючого персоналу.

Окрім газових вибухів можливі вибухи рідких продуктів плавки. Ці вибухи відбуваються при взаємодії вологи з розплавленим металом.

Особливість роботи в доменному цеху полягає у тому, що періодично у полі зору робітника знаходяться розплавлені маси чавуну і шлаку, а також факели газу, що горить. Ці джерела мають високу яскравість, різко відмінну

від навколишнього фону, тому дуже важливу роль має освітленість приміщень і робочих майданчиків в доменних цехах. За умов роботи персоналу доменних цехів необхідно стежити за випуском чавуну і шлаку з печі, наповненням ковшів, розливанням чавуну на розливних машинах і зливом шлаку, що створює несприятливі умови для очей через різку відмінність яркостей поверхонь, що світяться. На освітленість в доменних цехах значно впливає коефіцієнт віддзеркалення стін, стелі, підлоги, устаткування і металоконструкцій. Коефіцієнт віддзеркалення залежить від забарвлення поверхонь. Вживані в доменному виробництві матеріали, устаткування, стіни приміщень мають низький коефіцієнт віддзеркалення (кожух 8-11%, коксик 7%, руда 8-11%, забруднені стіни 13-15%), що не сприяє створенню хорошого рівня освітленості.

У будівлі скіпового підйомника розміщується різне устаткування (скіпова лебідка, лебідка управління конусами, зондові лебідки, лебідка управління зрівняльними клапанами засипного апарату і ін.), при роботі якого виділяється тепло від електродвигунів (130 ккал на 1 кВт настановній потужності).

### **3.2 Заходи щодо зниження шкідливих і небезпечних чинників**

Проектом передбачається автоматизація і механізація технологічних процесів, автоматичне і дистанційне керування і контроль над процесами вивантаження. З урахуванням основних небезпек, існуючих на ділянках виробництва, заборонена робота в газонебезпечних місцях без ізолюючої апаратури і газорятивних.

Боротьба з шумом і вібрацією в доменному цеху №1 забезпечується належною густиною повітропроводів, замочної арматури, кожуха печі і кожуха повітрянагрівачів.

Зниження шуму і вібрації на вібраційних грохотах досягається використанням амортизуючої підвіски. У місцях, де неможливо добитися

санітарних норм по забрудненості повітря застосовуються засоби індивідуального захисту.

Для попередження падіння людей колошниковий майданчик захищений поручнями заввишки 1,5 м, простір між поручнями і підлогою майданчика зашитий сталевими листами.

У зв'язку із заповненою і загазованою зовнішнього повітря можливе занесення пилу в побутові приміщення. Тому в будівлях підтримується надмірний тиск 1 кгс/м<sup>2</sup>, створюване механічною притокою.

Зниженню винесення колошникового пилу також сприяє зменшення вмісту в коксі дрібних фракцій, рівний хід доменної печі.

Важливим засобом зниження загазованості і заповнення є герметизація засипних пристроїв, це особливо важливо при роботі з підвищеним тиском газу на колошнику.

Освітлення приміщень виконує дуже важливу роль в зниженні чинників небезпек. Виробничі приміщення доменних цехів освітлюються природним і штучним світлом.

## ВИСНОВКИ

В результаті вивчення конструктивного вирішення затвора бункера гарячого агломерату, аналізу і синтезу конструкторських, технологічних і експлуатаційних недоліків, вивчення існуючої науково - технічної інформації про можливі шляхи модернізації такого механізму можна зробити наступні висновки:

1. Затвор бункера гарячого агломерату є важливим елементом технологічного ланцюга і від його надійної і ефективної роботи істотно залежить якість роботи однієї з ділянок аглодоменного виробництва.

2. Одним з основних недоліків затвора бункера гарячого агломерату є застосування ручного механічного приводу, який при значній трудомісткості відкриття і закриття допускає розсип агломерату.

3. Синтез літературно – патентних джерел показав, що найбільш прийнятним рішенням для модернізації затвора є секторний затвор з електромеханічним приводом.

4. Суть конструктивного вирішення секторного затвора з електромеханічним приводом полягає в тому, що зворотно – поступальний рух секторного затвора здійснюється кривошипно – шатунним механізмом з черв'ячним мотор – редуктором.

5. Пропоноване рішення по модернізації дозволяє виключити ручну працю і ефективно відсікати потік гарячого агломерату без його розсипу.

6. Розрахунки елементів кінематичного ланцюга приводу свідчать про їх міцність і надійність, а для забезпечення роботи затвора згідно технологічному регламенту не обхідно використовувати черв'ячний мотор - редуктор В-В10У1.

7. Пропонована для модернізації кінематична схема з використанням кривошипно – шатуного механізму дозволяє звести до мінімуму кількість точок змащування із застосуванням елементів, що обертаються, з посадкою Н1/д11 .

8. Ухвалене конструктивне рішення по модернізації дозволяє в екстрених випадках застосовувати ручний привід з відключенням електромеханічного приводу.

9. Розроблене рішення модернізації затвора забезпечує застосування доступних методів монтажу, демонтажу, ремонту і обслуговування всіх елементів вузла.

10. Застосування електромеханічного приводу затвора дозволяє виключити роботу обслуговуючого персоналу в умовах підвищеної температури і запиленості, що позитивно впливає на загальну санітарно – гігієнічну обстановку для працівників.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог-довідник. Підшипники кочення НИИАВТОПРОМ, 1972 р.
2. Гузенко П.Г. Деталі машин. 2-е видання, 1975, 213 с.
3. Каталог-довідник. Редуктори циліндричні. 1967, 420 с.
4. Анфімов М.І. Редуктори. Конструювання і розрахунок. 3-е видання, Машиностроение, 1972, 223 с.
5. Щиренко Н.С. Механічне обладнання доменних цехів. Г.: «Металург видавництво». №2. 1962. 356 с.
6. Плахтін В.Д. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин. Металургія, 1983, 415 с.
7. Целиков А.І., Полухін П.І., Гребенак В.М. Машини та агрегати металургійних заводів. у 3-х томах. Т.1. та ін. 2-е изд. Металлургия, 1987, 440 с.
8. Чернавський С.А. Курсове проектування деталей машин. - Г.: «Машинобудування». 1987, 359 с.
9. Аханченко А.Т. Пожежна безпека в чорній металургії. «Металургія», 1991, 441 с.
10. Данисенко Г.Ф. Охорона навколишнього середовища в чорній металургії. «Металургія», 1989, 221 с.
11. Дунаєв П.Ф. Конструювання вузлів і деталей машин: Навчальний посібник для студ. техн. спец. вузів. Академія, 2003, 496 с.
12. Чернилевський Д.В. Деталі машин. Проектування приводів технологічного устаткування: Навч. посіб. для студ. вузів. «Машинобудування» Вузів. «Машинобудування». 2003, 560 с.
13. Агрегатний журнал з експлуатації шибєрного затвора.
14. Паспорт на шибєрний затвор.
15. Анур'єв В. І. Довідник конструктора-машинобудівника, тім 1, 5-е видання перероблене. Машинобудування, 1979, 728 с.

16. Фіалков Б. С. й ін., Керування витіканням сипучих матеріалів, Алма-Ата, Наука КазССР, 1981, 148 с.
17. Гусенков П. Г. Короткий довідник за розрахунками деталей машин, «Вища школа», 1967, 334 с.
18. Авторське свідоцтво № 279433, клас 81e, 134. Бункерний затвор. Тихонов Л. М. та ін. Опубл.21.08.1970, Бюл.№26.
19. Авторське свідоцтво № 269003, клас 81e, 134. Бункерний затвор для сипучих матеріалів. Бальбух А.С. та ін. Опубл.10.04.1970, Бюл.№14.
20. Авторське свідоцтво № 124355, клас 81e, 134. Затвор до випускних отворів силосів. Коган І.Ш. та ін. Опубл.1979, Бюл.№22.
21. Гребеник В.М., Сторожик Д.А., Демьянец Л.А. Механическое оборудование металлургических заводов. Механическое оборудование фабрик окучивания и доменных цехов. К.: Вища школа, 1985. 312 с.

**ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти**  
Державного університету економіки і технологій  
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату  
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Бельченко Сергій Сергійович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

**Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Модернізація затвору бункера гарячого агломерату Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.**

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище, власноруч)