Міністерство освіти і 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 БАКАЛАВРА

На тему Удосконалення обладнання очищення під'їзних колій агломераційного цеху

Виконав: студент групи 6.1332-с

Нестеренко М. О.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Шейко С.П.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Гречаний О.М.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Спеціалізація
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____” _____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Нестеренка Максима Олексійовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення обладнання очищення під’їзних колій агломераційного цеху
керівник кваліфікаційної роботи проф. кафедри, канд. техн. наук. Шейко С.П. затверджені наказом вищого навчального закладу від “27“ грудня 2024 року № 2031-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 червня 2025 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи агломераційного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Агломераційний цех. Приймальні бункери руди – 1А1; 2. Колієприбиральна машина – 1А1; 3. Консольно-поворотний кран – 2А1; 4. Схема стропоки віброрешітки – 1А1; 5. Вентиляція – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Шейко С.П., канд.техн.наук, проф.кафедри		
2	Шейко С.П., канд.техн.наук, проф.кафедри		
3	Шейко С.П., канд.техн.наук, проф.кафедри		
4	Шейко С.П., канд.техн.наук, проф.кафедри		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційої роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проєктування	14.04.2025 – 06.05.2025	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування	07.05.2025 – 11.05.2025	
3	Виконання теоретичної частини проєкту	12.05.2025 – 21.05.2025	
4	Виконання графічної частини проєкту	22.05.2025 – 05.06.2025	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2025 – 10.06.2025	
6	Перевірка проєкту консультантами	11.06.2025 – 12.06.2025	
7	Попередній захист проєкту	13.06.2025	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проєкту	Згідно з графіком	

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Нестеренко М. О. Удосконалення обладнання очищення під'їзних колій агломераційного цеху

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник С.П. Шейко. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2025.

Виконано аналіз технологічного процесу агломераційного цеху. Проаналізовані недоліки процесу очищення залізничних колій під приймальними бункерами. Розглянуто можливість модернізації машини для механізованого очищення залізничих колій від просипу шихтових матеріалів. Виконані розрахунки, що обґрунтовують запропоновану модернізацію. Приділено увагу питанням техніки безпеки на виробництві та екології на аглофабриці.

Ключові слова: просип, шихта, агломерат, бункери, колієприбиральна машина, консольно-поворотний кран, віброрешітка

ABSTRACT

Nesterenko M. O. Improvement of the Equipment for Cleaning Access Tracks o f the Agglomeration Plant

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser S. P. Sheyko. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The technological process of the sintering shop was analyzed. The shortcomings of the process of cleaning railway tracks under the receiving bunkers were analyzed. The possibility of upgrading the machine for mechanized cleaning of railway tracks from spillage of charge materials was considered. Calculations were made to substantiate the proposed modernization. Attention was paid to the issues of safety in production and ecology at the sinter plant.

Keywords: spillage, charge, sinter, bunkers, track cleaning machine, jib crane, vibrating screen

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Устрій агломераційного цеху та його вантажопотоки 8
1.2 Огляд конструкції колієприбиральної машини та її місце в технологічному процесі 16
1.3 Аналіз конструктивних недоліків основного технологічного обладнання й заходи щодо їхнього усунення 20
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 23
2.1 Розрахунок підйомника консольно-поворотного крана 23
2.2 Перевірка зварних швів та болтового з'єднання на зрізання 29
2.3 Розрахунок приводу механізму підйому консольно-поворотного крана 32
2.4 Розрахунок віброрешітки 34
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 42
3.1 Механізація процесів завантаження, зберігання та розвантаження сировинних матеріалів 42
3.2 Монтаж обладнання та такелажні роботи 46
3.3 Розрахунок стропу для монтажу віброрешіток 48
3.4 Розрахунок потужності й вибір електродвигуна привода консольно-поворотного стана колієприбиральної машини 52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 61
4.1 Шкідливі та потенційно-небезпечні фактори виробничого середовища 61
4.2 Технічні рішення щодо виробничої санітарії 66
4.2.1 Індивідуальні засоби захисту та побутово-допоміжні приміщення 66
4.2.2 Вентиляція та опалення виробничих приміщень 67
4.2.3 Освітлення виробничих приміщень 68
4.3 Техногенна безпека 69

4.3.1 Організація безпечної експлуатації електроустановок 69
4.3.2 Забезпечення пожежної безпеки 70
4.4 Визначення основних технологічних параметрів витяжної вентиляції 71
Висновки 79
Список використаної літератури 80
ДОДАТКИ 84

ВСТУП

Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасного металургійного виробництва є підвищення ефективності доменного процесу шляхом збільшення випуску та поліпшення якості огрудкованої залізорудної сировини – агломерату й окатишів. Ці матеріали знаходять дедалі ширше застосування не лише в доменному, а й у сталеплавильному виробництві, що зумовлює необхідність постійного удосконалення агломераційного процесу та обладнання аглофабрик.

Удосконаленням виробництва на агломераційних фабриках вирішуються важливі завдання: забезпечення стабільної подачі шихтових матеріалів, поліпшення процесу огрудкування, удосконалення технології спікання, підвищення продуктивності устаткування й покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

Важливим елементом, що впливає на стабільність і безперебійність роботи будь якого цеху, в тому числі і агломераційного, є досконаліть роботи логістичної системи підприємства. В агломераційному виробництві особливо актуальною в розрізі організації своєчасної логістики виробничих процесів є система очищення під'їзних колій. Накопичення шламу, пилу, агломераційного матеріалу та інших забруднень на залізничних коліях призводить до порушення логістичних процесів, простоїв транспорту та зниження загальної ефективності виробництва. Саме тому удосконалення обладнання для очищення під'їзних колій є актуальним завданням, яке сприятиме оптимізації роботи аглофабрики та підвищенню її техніко-економічних показників.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 90 сторінок комп'ютерного набору тексту, на яких 18 рисунків, 5 таблиць, 6 додатків. Бібліографічний список має 43 найменування літературних джерел.

Об'єкт проєктування – обладнання агломераційного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – усунення конструктивних недоліків колієприбиральної машини віділення приймальних бункерів агломераційного цеху.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Устрій агломераційного цеху та його вантажопотоки

Усі сирі матеріали, що надходять на рудний двір, повинні відповідати затвердженим технічним умовам і мати паспорт із вказівкою їх якості [1].

До основних компонентів агломераційної шихти відносяться [2-4]:

Залізнорудні матеріали:

- концентрат;
- аглоруда із вмістом заліза 61,1% із припустимим відхиленням – 3,5%, кремнезему не більш 16,4%, вологи не більш 6% із припустимим відхиленням – 0,6%;
- колошниковий пил з пиловловлювачів доменного цеху із вмістом заліза 34-38%, вологи до 10%, вуглецю 12-14%;
- шлами оборотних циклів агломераційного, доменного і мартенівського цехів;
- окалина прокатних цехів, яка складається на рудному дворі в штабель концентрату, зміст неметалічних домішок в окалині не більш 5%.

Паливо:

- відсівання коксового дріб'язку з доменного цеху із вмістом золи до 17%, вологи до 7%;
- антрацитовий штиб.

Флюси:

- вапняк звичайний (зміст окису кальцію й магнію не менш 54% і нерозчинного залишку не більш 2%);
- вапно.

До особливостей усереднення концентрату на рудному дворі відноситься складування його разом з аглорудою і вапном. Вапно (пушонка або свіжеобпечена в шматках) закладається в штабі руди грейферним краном у співвідношенні 1:9 (на 1 грейфер – 9 грейферів концентрату або залізної руди).

У прийомному відділенні залізорудної сировини встановлено 16 бункерів по 45 м^2 кожний. Кількість бункерів відведених під матеріали, що вивантажуються (концентрат і ін.) визначається затвердженими нормами витрати сировини [5].

З метою забезпечення правильного дозування і шихтовки матеріалів машиністи шихтоподачі транспортують і вивантажують матеріали у відповідні бункери прийомного відділення, не допускаючи їх змішування [6].

Із прийомних бункерів руди матеріали задаються живильниками по транспортерах у бункери шихтового відділення. Коксовий дріб'язок і антрацитний штиб за допомогою транспортерів завантажуються в бункери коксових дробарок, звідки стрічковими живильниками подаються в дробарки.

На рудному дворі розташований також штабель вапняку над залізобетонними бункерами, з яких вапняк віброживильниками видається на конвеєр. Вапняк подають у дробильне відділення агломераційного цеху, де його подрібнюють у трьох молоткових дробарках до 0÷3 мм. Фракцію 3÷12 мм виділяють для обпікання.

Зволожений колошниковий пил з доменного цеху в спеціальних силовозах з вібраторами надходить у прийомні бункери аглофабрики, а потім окремим трактом у бункери шихтового відділення [6].

Для забезпечення безперебійної роботи цеху і одержання високоякісного агломерату необхідно мати на рудному дворі запас сирих матеріалів. Усі сирі матеріали і паливо перед спіканням повинні піддатися усередненню.

У шихтовому відділенні для зберігання матеріалів є 32 бункера ємністю 175 м^3 кожний. Розподіл матеріалів здійснюється за схемою, що зображена на рис. 1.1.

Залізнорудна частина і паливо завантажуються в призначені для них шихтові бункери із транспортерів за допомогою саморозвантажувальних візків – автостел. Для кращого усереднення матеріалів при завантаженні їх у бункери автостела переміщається безупинно в човниковому режимі над усіма бункерами

з тим самим матеріалом. Заповнення бункерів паливом здійснюється не в човниковому режимі, а індивідуально [7-9].

Вапняк і повернений матеріал завантажуються в призначені для них бункера за допомогою перемикання відповідних шиберів у горловинах тічок.

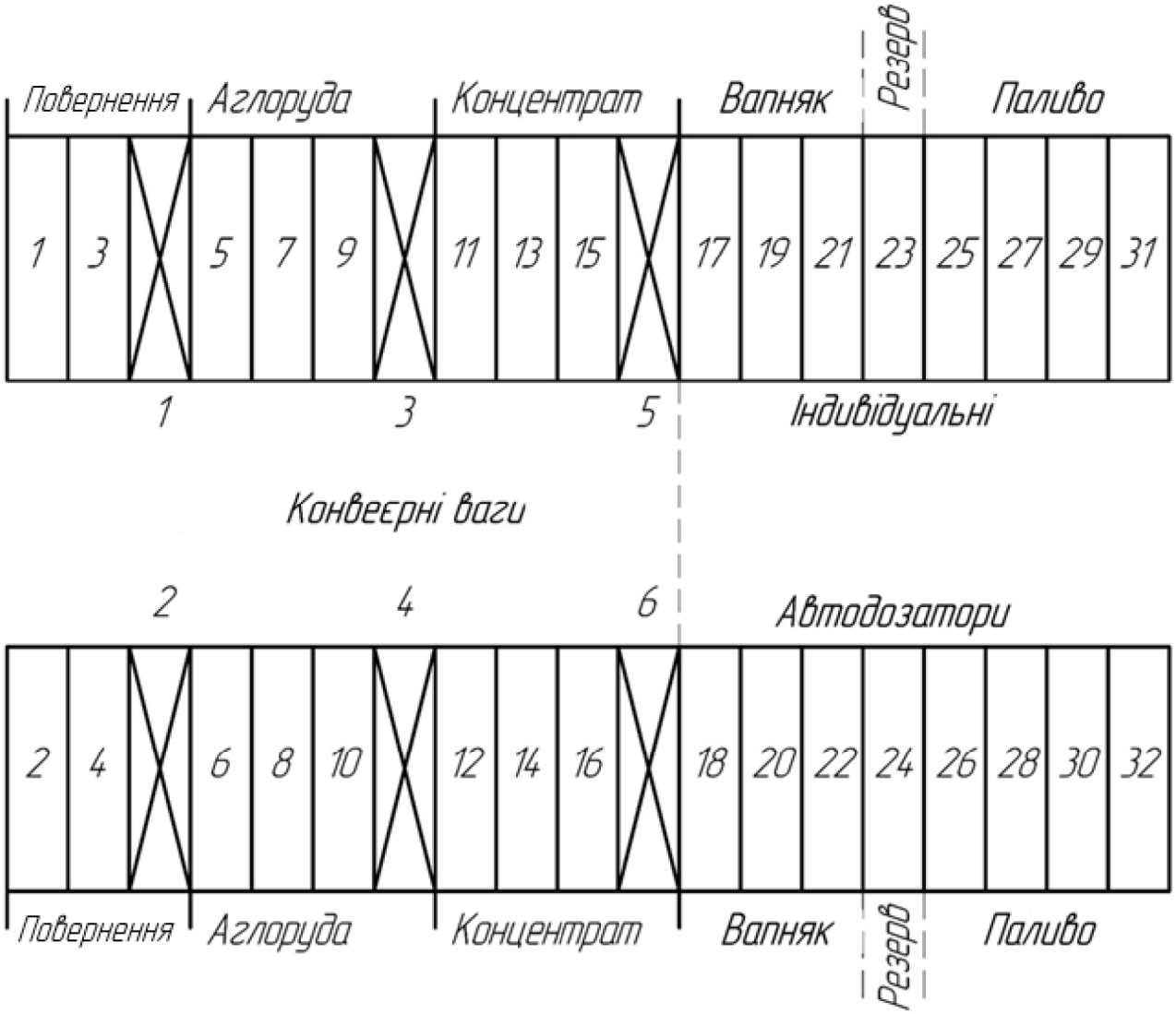


Рисунок 1.1 – Схема розташування матеріалів у бункерах руди

У прийомні бункери агломераційного цеху, крім того, подається два види палива: коксовий дріб'язок з доменного цеху і антрацитовий штиб. Кожний вид палива після роздільного дроблення до крупності 0÷3 мм завантажується у відповідні бункери дозувального відділення.

Спіканням перерахованої вище сировини одержують агломерат, у якому середньозаданий вміст заліза коливається в межах ±1 %, у ці межі укладається 98,5% проб. У встановлених технічних умовах завода межа коливань основності агломерату від середньозаданної (0,06) укладається 98,8% усіх проб [10].

Витрата залізорудної частини сировини на 1 т агломерату свідчить про значне збільшення частки мілкозернистого концентрату. Однак при цьому питома продуктивність агломераційних машин не знизилася і якість агломерату не погіршилася.

Хімічний склад агломерату протягом ряду років змінювався незначно, а фракційний склад агломерату змінився суттєво. Кількість дрібних фракцій 10÷0 і 5÷0 мм зменшилася, вміст фракції 10÷40 мм збільшився. Крім того, помітно виросла міцність агломерату (по барабанній пробі) [11, 12].

У результаті зміцнення агломерату і поліпшення його гранулометричного складу значно покращилися техніко-економічні показники доменної плавки.

До основного технологічного встаткування агломераційних фабрик відносяться: агломераційні машини, обладнання для вловлювання пилу (газопровід, циклони), змішувачі шихти, живильники, охолоджувачі, горни для запалювання шихти, дільники шихти, ексгаустери, гуркоти для виділення постелі.

Агломераційний цех ПАТ «Запоріжсталь» по проєкту обладнано типовими агломераційними машинами К-2-50 із загальною площею спікання 300 м^2. Короткий перелік і характеристика устаткування агломераційного цеху наведено в таблиці 1.1.

Проєктом аглофабрики заводу «Запоріжсталь» передбачені спорудження (рис. 1.2):

1) 16 прийомних бункерів (по 45 м^3) для руди й концентрату, 12 бункерів (по 45 м^3) для коксового дріб'язку і штиба і 12 бункерів (по 45 м^3) для колошникового пилу;

2) дроблення вапняку в складі 3 молоткових дробарок продуктивністю 150 – 200 т/рік і 12 гуркотів, які повністю забезпечують потребу фабрики у вапняку, що містить 97 – 98% фракції 0 – 3 мм;

3) дроблення палива в складі п'яти чотирьохвалкових і однієї інерційної дробарок, що забезпечують дроблення палива до змісту 95 – 96% класу 3–0 мм;

4) шихтове, що включає 32 бункера (по 175 $м^3$).

У технологічному потоці працюють дві машини ОПР для випалу вапняку із площею випалу по 10 $м^2$ і конвеєрна машина із площею випалу 14 $м^2$. Загальна продуктивність маши ~ 900 т/доб при вмісті CaO вапняку 75 – 86%.

Змішування, зволоження і окомкування шихти проектом передбачалися в одному барабані довжиною 5 і діаметром 2,5 м, установленому горизонтально. У цей час барабан реконструйований.

Завантаження шихти на машину здійснюється завантажувальним пристроєм на основі віброживильника, а запалювання шихти – подовженим запальним горном.

Повернення виділяють на стаціонарному дводечному гуркоті, обладнаному відбійними плитами. Дводечний гуркіт установлений замість одноступінчастого стаціонарного гуркоту. Одноступінчастому стаціонарному гуркоту властиві наступні недоліки: з одного боку, більше навантаження на гуркіт не дозволяє відсіяти необхідну кількість дрібних фракцій, внаслідок чого вони переходять в агломерат, погіршуючи його якість; з іншого боку, більше навантаження на гуркіт приводить до швидкого зношування колосників. Зазор між ними збільшується від 10 до 16 – 20 мм. При цьому кількість відсіювання дріб'язку від агломерату збільшується і у повернення іде велика кількість придатного агломерату (зерна > 10 мм).

На дводечному гуркоті потік поступаючого на розсів агломерату розподіляється на дві решітки (нижню і верхню) із зазорами між колосниками відповідно 100 і 12 мм. 1При цьому потік великих шматків агломерату проходить тільки по верхньому гуркоту, а середня фракція і дріб'язок переходять на нижній гуркіт із зазором між колосниками 12 мм.

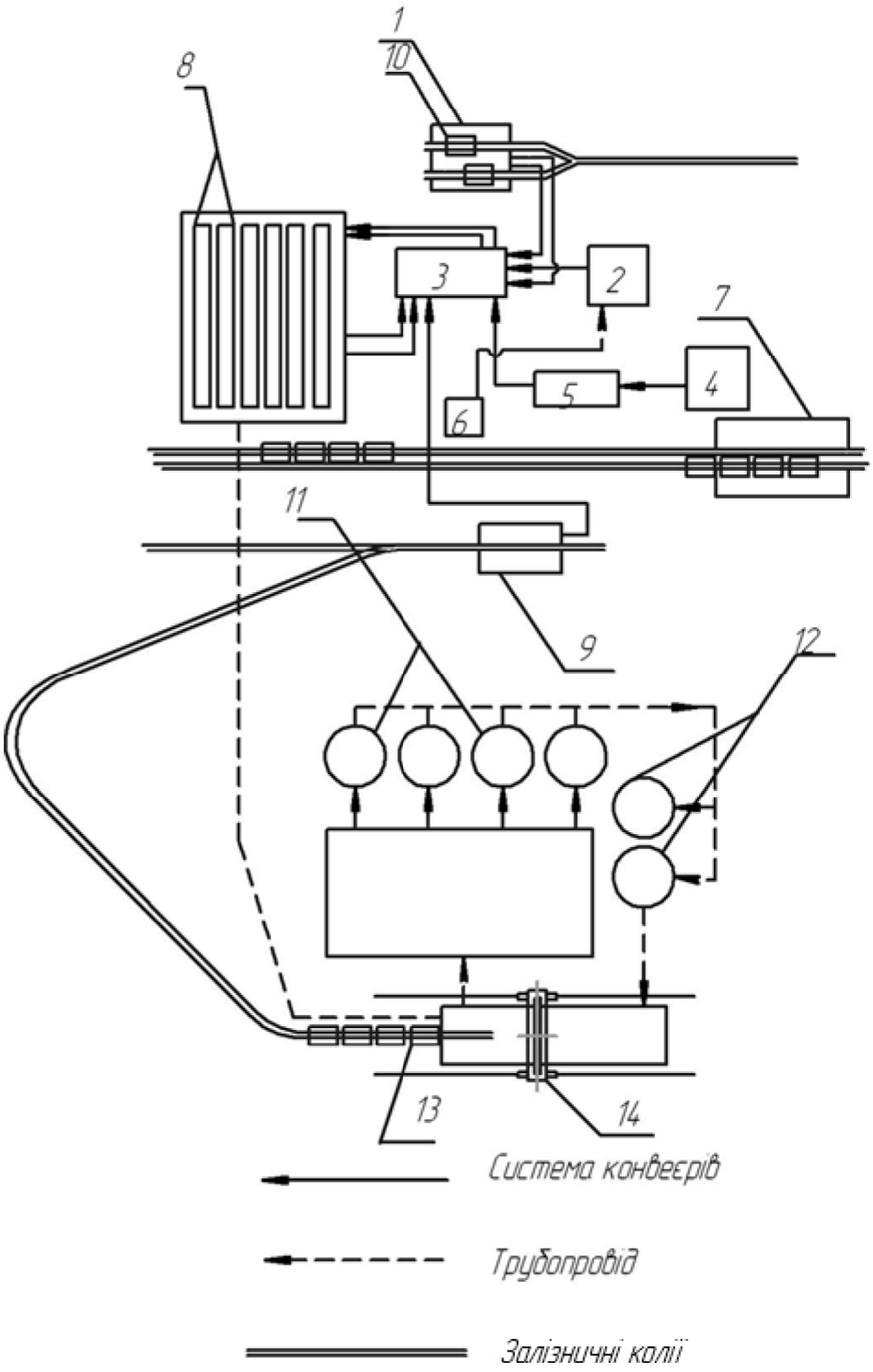


Рисунок 1.2 – Схема розташування ділянок агломераційного цеху: 1 – рудний двір; 2 – відділ подріблення кокса; 3 – відділ живильників КМ–14; 4 – подріблення вапняка; 5 – вапняковий відділ; 6 – коксовий відділ; 7 – доменний двір; 8 – агломашини; 9 – живильники пульпи; 10 – трансверкар; 11 – флокулятори; 12 – згущувачі; 13 – залізничий потяг; 14 – грейферний перевантажувач

Таблиця 1.1 – Коротка характеристика встаткування агломераційного цеху

Найменування	Тип	Кількість	Призначення	Продуктивність	Потужність двигуна, кВт	Габарити, м	Маса, т
Живильник дисковий	ДТ-25	10	подача матеріалу на конвеєр	120 т/год	14	∅ 2,5 H = 1,12 L = 3,2	7,6
Конвеєр №20, 21		2	подача матеріалу на агломашини	1200 т/год	75	L = 94,4 B = 2 H = 0,8	106
Конвеєр №25, 24		2	подача матеріалу на агломашини	1200 т/год	75	L = 128 B = 1,5 H = 0,8	136
Дозатор вапняку		6	дозування вапняку	160 т/год	3	4x1,5 H = 0,55	1,5
Дозатор палива		6	дозування палива	80 т/год	3	4x1,5 H = 0,55	1,5
Агломашина	АМ-62,5	6	спікання агломерату	900 тис т/рік	11	9,8x35x10,5	381
Змішувальний барабан		6	змішування матеріалів	900 тис т/рік	75	∅ 2,5 L = 7,5	43,3
Віброживильник		12	подача матеріалів	900 тис т/рік	8	2,5×4,5 H = 1,4	5,5
Коксодробарка	4-х валкова	3	дроблення коксу	15 т/год	75	4,1x3,6 H = 4	37,4
Конвеєрна машина для випалу вапняку	КМ-14	1	випалювання вапняку	30 т/год	4,5	9,6×3,4 H = 4,8	72,2
Ексгаустер		6	розрідження у вакуум камерах	6500 $м^3$/хв	2000	3,5×4,2×8,9	29,2
Дробарка вапняку	Молоткова	3	дроблення вапняку	200 т/год	370	3400×4000×3200	31
Гуркіт для розсіву вапняку	ГИК-100	12	розподіл матеріалу по фракціях	100 т/год	18,8	2,5×4,5×2,8	3,6
Віброрешітка		32	пропуск матеріалів	100 т/год	5,5	4,7×1,5×1,2	1,8

У результаті на нижньому гуркоті виявляється значно менший шар агломерату, ніж на одноступінчастому гуркоті, тобто створюються більш сприятливі умови для відсівання дріб'язку з агломерату. Одночасно покращується і фракційний склад повернення.

Повернення охолоджується водою в барабанах, обладнаних зубчастою передачею і обертаються зі швидкістю 2,5 об/хв.

Очищення агломераційних газів здійснюється мокрим способом.

Агломерат вагонами подається до бункерів доменного цеху. Рудний двір заводу «Запоріжсталь» із двома поздовжніми розвантажувальними траншеями 8,5×4 м (для допоміжних робіт і вагоноперекидача) розташований паралельно бункерній естакаді доменного цеху. Довжина його 560, ширина 58 м.

Агломашина призначена для спікання дріб'язку залізних руд з одночасним частковим очищенням їх від шкідливих домішок (сірки, фосфору, цинку та ін.).

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика агломашини

№ п/п	Показники	Величина
1.	Максимальна продуктивність машини для шихти з насипною вагою 1,8 т/м^3, т/год	70
2.	Швидкість руху спікальних візків, м/хв	1,4 – 4,2
3.	Довжина робочої поверхні машини, м	25,0
4.	Ширина робочої поверхні машини, м	2,0
5.	Площа спікання, м^2	50
6.	Максимальна товщина спікального шару, м	0,3
7.	Площа запалювання газового горна, м^2	2,4
8.	Робоча температура в горні, °С	до 1300
9.	Потужність електродвигунів, кВт:	
	• приводу	11
	• живильника	2,8
	• мастильної станції	0,8

Переміщення спічних візків по верхньому шляху здійснюється від приводу, розташованого в головній частині машини. На початку верхнього

шляху шихта завантажується на візки живильником, змонтованим у головній частині агломашини, і потім надходить під запалювальний горн.

Одночасно із запалюванням шихти починається просмоктування повітря, тому що під запалюваьним горном перебувають вакуум-камери. Робочою площею машини вважається та її частина, яка перебуває над вакуум-камерами. Гази просмоктуються через шихту зверху вниз у вакуум-камери, з'єднані патрубками із загальним колектором газопроводу, циклонами та ексгаустером.

Завдяки інтенсивному просмоктуванню повітря через спічний шар підтримується горіння, що почалося під горном.

Зона горіння поступово опускається вниз і до кінця робочого ходу дося-гає колосникових решіток. Завдяки високій температурі, що розвивається при горінні, окремі шматочки руди, що містять мінеральні частки, оплавляються й спікаються в пористий пиріг агломерату.

При переході спічних візків через розвантажувальну (хвостову) частину на нижній шлях, агломерат під дією власної ваги падає в жолоб, а візки вертаються по похилому рейковому шляху назад до приводу, де захоплюються приводними зірочками й піднімаються знову на верхній горизонтальний шлях.

Процес завантаження і спікання шихти на агломашині протікає беззупинно.

Регулювання процесу спікання здійснюється шляхом зміни розрядження у вакуум-камерах, оснащених газорегулируючими шиберами, і швидкості руху візків. Швидкість руху стрічки агломашини регулюється в межах від 1,4 до 4,2 м/хв. Висоту шару шихти на візок регулюють шляхом зміни кута нахилу завантажувального лотка і положення шибера живильника.

1.2 Огляд конструкції колієприбиральної машини та її місце в технологічному процесі

На аглофабриках і в доменних цехах розташовується велика кількість бункерів різних форм і розмірів для зберігання сирих матеріалів і наступної

їхньої видачі відповідно до вимог технології. Основними вузлами бункерів, що визначають їхню продуктивність, рівномірну і дозовану видачу матеріалів, є засувки, живильники і дозатори. Вибір одного з типів цих обладнань, що перекривають вихідні отвори бункерів, визначається багатьма факторами: властивостями і розмірами шматків матеріалу, необхідною точністю дозування, рівномірністю видачі матеріалу, особливостями прийомних обладнань, у які надходить матеріал та ін. Конструкції засувок, живильників і дозаторів досить різноманітні, що обумовлено не тільки зазначеними вище факторами, але також відмінностями в умовах їх експлуатації, створення і удосконалювання.

На роботу фабрик значно впливає продуктивність живильників і дозаторів при дозуванні матеріалів у процесі їх усереднення і змішування. Співвідношення окремих компонентів у шихті суттєво впливає на тепловий рівень процесу, фазовий склад агломерату і окатишів, швидкість плину процесу, тобто на властивості готового продукту і продуктивність технологічних агрегатів.

Бункери – це резервуари, призначені для тимчасового зберігання матеріалів.. Вони встановлюються в початкових і кінцевих пунктах транспортування матеріалів, у місцях перевантажень, а також використовуються в якості проміжних ємностей для стабільної роботи встаткування при нерівномірному вступі матеріалів або для забезпечення постійної роботи машин циклічної і безперервної дії.

Залежно від призначення і умов роботи бункера за формою бувають прямокутні, круглі і комбіновані, а за схемою розвантаження (виду витікання) матеріалів – з нормальним витіканням (коли рухається тільки стовп матеріалу над випускним отвором (рис. 1.3, а) та з гідравлічним витіканням (коли рухається весь матеріал, що перебуває в бункері, подібно рідині (рис. 1.3, б), а також змішані.

Для виключення попадання в бункер великих шматків руди, що змерзли, і різних сторонніх тіл над бункером встановлено віброґрати. Вібрація ґрат забезпечує пропуск матеріалу через комірки ґрат у бункер.

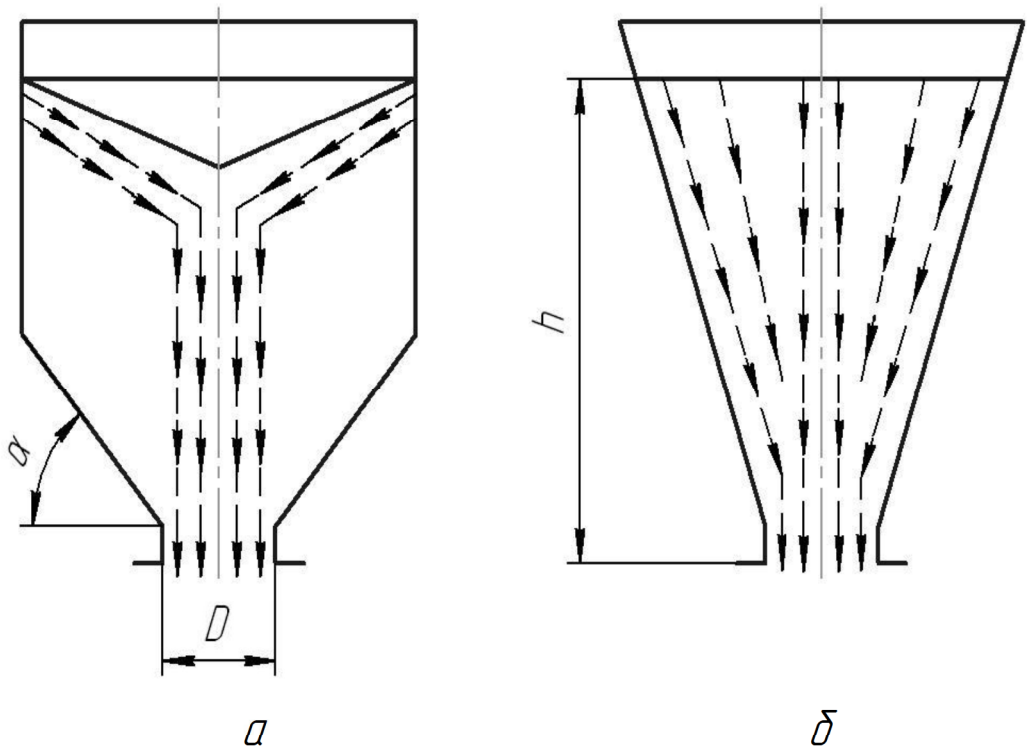


Рисунок 1.3 – Характер витікання матеріалу з бункерів

Віброґрати (рис. 1.4) складаються з металевих ґрат 1, які встановлені над бункером 2 на циліндричних гвинтових пружинах 3. У коливальний рух ґрати приводяться ексцентриковим вібратором 4, який пов'язаний з електродвигуном 5 за допомогою муфти 6.

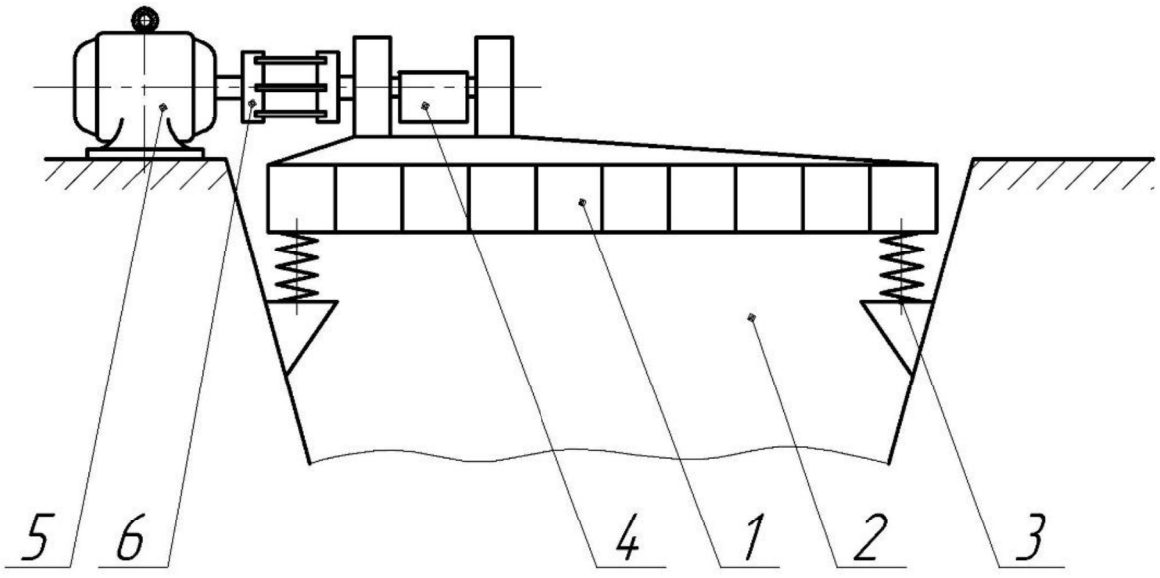


Рисунок 1.4 – Схема встановлення віброґрат (позиції наведено в тексті)

При розвантаженні матеріалів у приймальні бункери з різних причин, в тому числі і через інтенсивну роботу віброґрат, утворюється просип матеріалу, котрий призводить до зниження продуктивності лінії в цілому та до перевитрат шихтових матеріаліва.

У прийомні бункери аглофабрики щодня надходить 20 – 22 тис. т вантажів. Транспортування матеріалів з рудного двору здійснюється трансферкарами, що працюють у човниковому режимі. Через нещільність кишень, що утворюються при закриванні, внаслідок налипання матеріалу й у результаті пересипання матеріала при завантаженні, частина матеріалу просипається на під'їзні колії. Просип необхідно щодня забирати, інакше можливе швидке зношування днища трансферкар, корпусів ходових двигунів і вальниць візків.

Для збирання цього просипу та механізації виконуваних робіт використовується колієприбиральна машина.

Колієприбиральна машина (рис.1.5) включає залізничну платформу й плуг (ніж), опускання й підйом якого відбуваються за допомогою пневматичного приводу поворотом ручки крана, змонтованого на магістралі подачі повітря в циліндр ресивера.

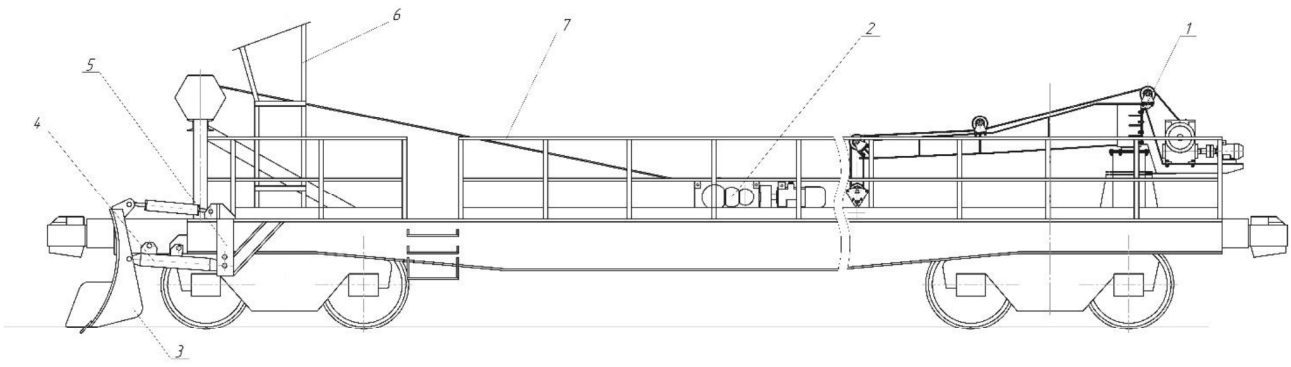


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд колієприбиральної платформи: 1 – підйомник; 2 – лебідка; 3 – ніж; 4 – балка опорна; 5 – кронштейн; 6 – траверса; 7 – огорожа.

Стиснене повітря надходить від компресора трансферкари. Платформу

один – два рази в зміну з'єднують із трансферкарой, плуг опускають. Що підштовхується трансферкарой платформа із плугом одночасно очищає рейки й габарити залізнодорожного полотна від просипаної руди й концентрату.

Механізація прибирання під'їзних колій дозволила значно зменшити витрати праці робітників у прийомних обладнань. Трансферкари працюють без перебоїв. Просип залізорудної сировини повністю використовується у виробництві.

1.3 Аналіз конструктивних недоліків основного технологічного обладнання й заходи щодо їхнього усунення

Стосовно до агломераційного устаткування основним видом зношування – є абразивне. Абразивне зношування приводить до порушення роботи деталей машин. Через зношування витрати на обслуговування й ремонт машин іноді в кілька раз перевищують їхню відпускну ціну, а маса металу, витраченого на відновлення зношених машин, виявляється більше маси основної машини [13-15].

Аналіз простоювання устаткування дозволив виявити «вузькі місця» у його роботі. Причиною простоювання виявилися окремі агрегати й вузли. Так, для того, щоб у спічному корпусі не заклинювали ролики палет, що порушує завантаження шихти, замість клинів, що часто обриваються, рекомендується використовувати віджимні рейки.

Для підвищення стійкості роликів палет їх виконують зі сталі марки 65Г з закалкою струмами високої частоти.

Борти палет необхідно виготовляти із жаростійкої сталі марки 10Х25Т, або методом холодної штамповки борти зі сталі Х13Н2. Також рекомендується використовувати колосники з високохромистої сталі легованої титаном марки Х28Т1.

Підвищення стійкості дробарок гарячого агломерату досягають установкою дробарок зі змінними зубами, виконаними зі сталі, що містить 26 – 28% Cr. Середня стійкість таких зубів дозволяє переробити 1 – 1,4 млн. т агломерату.

Системи газоочищень, шихтоподачи, шламовидалення експлуатуються в умовах інтенсивного абразивного зношування. Сюди входять скрубери, газопроводи, труби Вентури, ринви, бункера, відбійники, перевантажувальні вирви, лотки віброживильників і багато чого іншого. Для підвищення зносостійкості цих систем широко застосовується метод футеровки каменелитими виробами, у тому числі плитками.

Броні стаціонарних і перекидних ринв, що зазнають сильного абразивного й високотемпературного впливу потоку агломерату, виготовляють із жаростійкої сталі, марок 10Х25ТЛ товщиною 100 мм.

Стійкість стінок вакуум-камер можлива підвищена шляхом збільшення товщини зносостійкого металу до 30 мм.

Підвищення стійкості запальних горен до (4 – 8 років) може бути досягнуте завдяки постійному контролю розподілу температури по довжині й ширині горна. Крім того, кладку горна варто виконувати із товщиною шва < 1 мм.

Стійкість вертикальних газоходів вакуум-камери може бути підвищена з 3 – 6 міс до 4 – 8 років шляхом збільшення їх перетину з 650×650 до 1000×1000 мм і відповідного зниження швидкості газу в газоході до 3 – 8 м/с.

Підвищення стійкісті ножів, що зрізують, плугів, що прибирають під'їзні колії, лопаток шнекових змішувачів машин по випалу вапняку й інших тертьових поверхонь можливе наплавленням твердими сплавами. Підвищення стійкості двигунів досягається використанням кремнійорганічної ізоляції.

При технологічній операції розвантаження матеріалів через віброґрати в бункер, через постійну вібрацію відбувається руйнування елементів корпуса, що негативно позначається на довговічність роботи і приводить до збільшення часу простою в ремонті. Для усунення описаних недоліків роботи запропоновані методи по підвищенню довговічності корпусів вузлів вібраторів. Приводи

віброґрат постійно сприймають великі динамічні навантаження, внаслідок чого руйнуються корпуси вузлів вібраторів.

Для того щоб збільшити термін служби вузлів, необхідно замінити зварну конструкцію корпуса, що виконана зі сталі 3ПС, на конструкцію відлиту зі сталі 12Х2Н4А, яку використовують у виробах, що вимагають високої міцності, пластичності та високої поверхневої міцності, та працюють під дією ударних навантажень та при понижених температурах. Застосування цих корпусів зменшить кількість ремонтів і збільшить термін служби приводів віброґрат.

При розвантаженні матеріалів у приймальні бункери накопичуються негабаритні шматки (мерзляки) матеріалів. Проблема дроблення й збирання мерзляків, а також очищення під'їзних колій та заміна віброрешіток є одними з важливих проблем для агломераційного цеху. Для заміни та технічного обслуговування віброґрат, а також прибирання негабаритних шматків матеріалів, з метою підвищення продуктивності колієприбиральної машини та зменшення ручної праці пропонується на прибиральну трансферкару встановити консольно-поворотний кран вантажопідйомністю 2 т, котрий також буде використовуватися для підняття віброґрат, при їхньому техобслуговуванні (для заміни пружин).

Механізація збирання під'їзних колій дозволить значно зменшити витрати праці робітників у прийомних операціях та дозволить повністю використовувати у виробництві просип залізорудної сировини

Для виконання данної модернізації необхідно розрахувати геометричні параметри підйомника консольно-поворотного крана, а також виконати розрахунки на міцність його основних частин. Провести розрахунки силових параметрів привода механізму підйому консольно-поворотного крана та розрахунки віброґрат.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок підйомника консольно-поворотного крана

Схему навантажень до розрахунку підйомника наведено на рисунку 2.1.

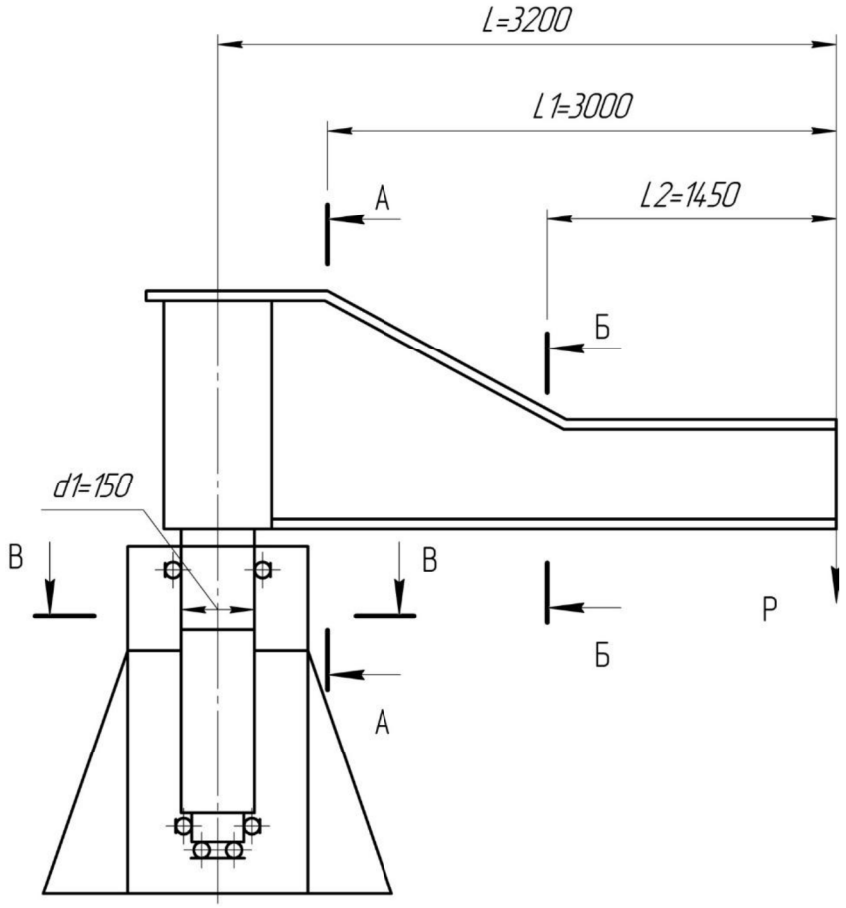


Рисунок 2.1 – Навантажувальна схема для розрахунку підйомника

Виліт стріли L = 3200 мм = 3,2 м;

Навантаження на стрілу крана P = 2000 кг = 19,6 кН;

Максимальний згинальний момент [16]:

$$M_{max} = P \cdot L = 19,6 \cdot 3,2 = 62,72 \text{ кН} \cdot \text{м} \qquad (2.1)$$

Схему до розрахунку напруження в перетині А-А наведено на рисунку 2.2

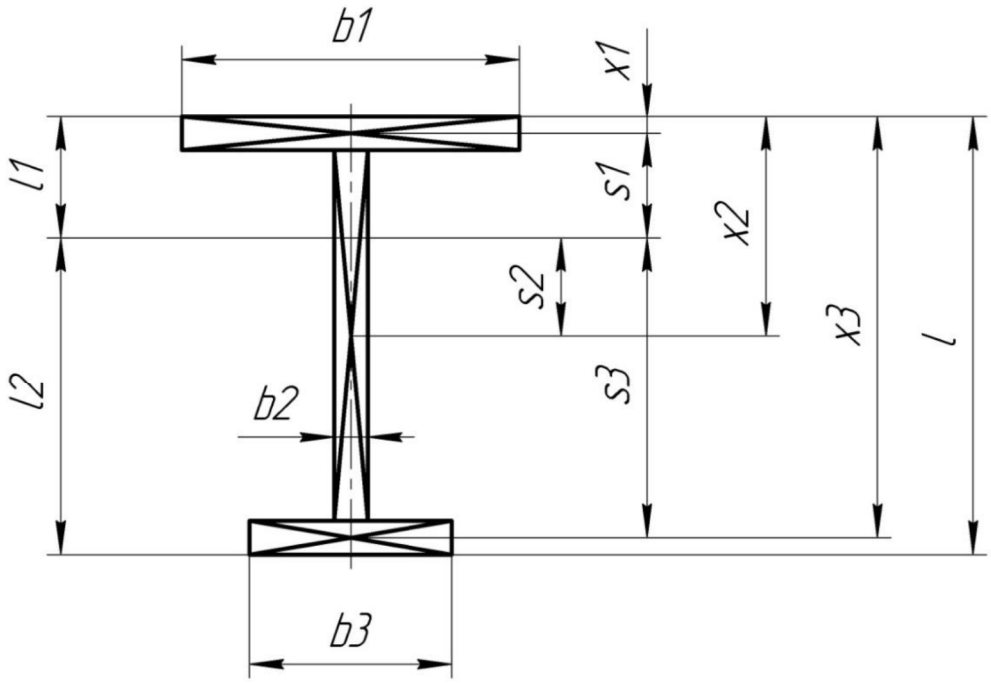


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунку напруження в перетині А-А

b1 = 300 мм;

b2 = 10 мм;

b3 = 160 мм;

l = 500 мм.

Статичний момент площі щодо даної осі [17]:

$$S_x = F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 = \sum F_n l_1 , \quad (2.2)$$

Звідси

$$l_1 = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3}{\sum F_n} , \quad (2.3)$$

де F1, F2, F3 – площі перетинів 1, 2, 3 відповідно.

$$F1 = 3000 \text{ мм}^2 = 30 \text{ см}^2$$

$$F2 = 4800 \text{ мм}^2 = 48 \text{ см}^2$$

$$F3 = 1600 \text{ мм}^2 = 16 \text{ см}^2$$

$$l_1 = \frac{3000 \cdot 5 + 4800 \cdot 250 + 1600 \cdot 495}{3000 + 4800 + 1600} = 213 \text{ мм} = 21{,}3 \text{ см}$$

Напруження в перетині А-А [18]:

$$\sigma_{A-A} = \frac{M_1}{W_1} \le [\sigma], \qquad (2.4)$$

де $[\sigma] = 100$ МПа – допустиме напруження плинності для сталі 3 [19].

Згинальний момент у перетині А-А:

$$M_1 = P \cdot L_1 = 19{,}6 \cdot 3 = 58{,}8 \text{ кН} \cdot \text{м} = 58800 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$W_1 = \frac{I_1}{\text{цт}}, \qquad (2.5)$$

де I_1 – момент інерції;

цт – центр ваги.

$$\text{цт} = l - l_1 = 500 - 213 = 287 \text{ мм} = 28{,}7 \text{ см}$$

Момент інерції [20].

$$I_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + F_1 \cdot s_1^2 + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + F_2 \cdot s_2^2 + \frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} + F_3 \cdot s_3^2 =$$

$$= \frac{30 \cdot 1^3}{12} + 30 \cdot 20{,}8^2 + \frac{1 \cdot 48^3}{12} + 48 \cdot 3{,}7^2 + \frac{16 \cdot 1^3}{12} + 16 \cdot 28{,}2^2 = 35580 \text{ см}^4$$

$$W_1 = \frac{35580}{28,7} = 1240 \text{ см}^3 = 0,00124 \text{ м}^3$$

Напруження в перетині А-А:

$$\sigma_{A-A} = \frac{M_1}{W_1} = \frac{58800}{0,00124} = 47419354,838 \text{ Па} = 47 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{A-A} = 47 \text{ МПа} \le [\sigma] = 100 \text{ МПа}$$

Умова виконується

Схему до розрахунку напруження в перетині Б-Б наведено на рисунку 2.3

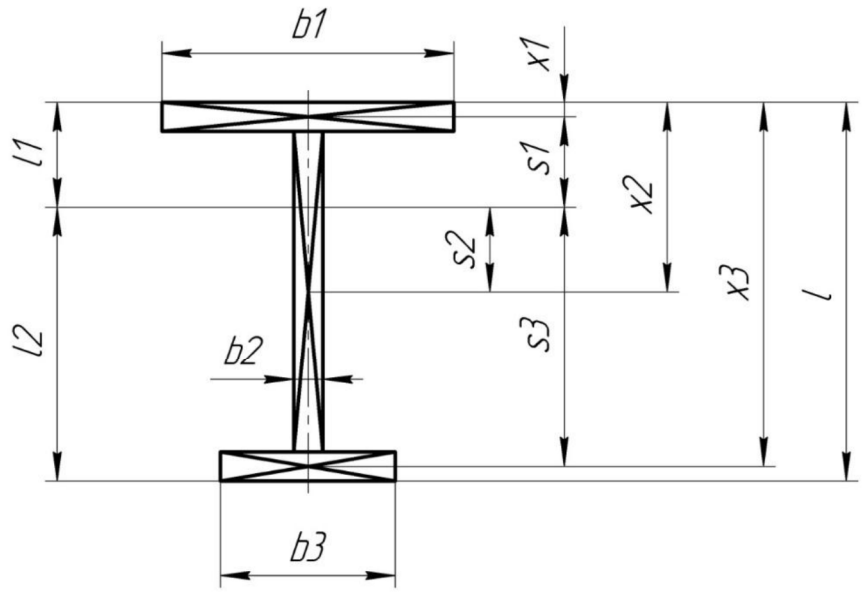


Рисунок 2.3 – Схема до розрахунку напруження в перетині Б-Б

b1 = 160 мм;

b2 = 10 мм;

b3 = 160 мм;

l = 240 мм.

$$l_1 = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3}{\sum F_n}, \quad (2.6)$$

де F_1, F_2, F_3 – площі перетинів 1, 2, 3 відповідно.

$F_1 = 3000$ мм^2 = 16 см^2

$F_2 = 4800$ мм^2 = 22 см^2

$F_3 = 1600$ мм^2 = 16 см^2

$$l_1 = \frac{1600 \cdot 5 + 2200 \cdot 120 + 1600 \cdot 235}{1600 + 2200 + 1600} = 120 \text{ мм} = 12 \text{ см}$$

Напруження в перетині Б-Б:

$$\sigma_{\text{Б–Б}} = \frac{M_2}{W_2} \le [\sigma], \text{ МПа} \quad (2.7)$$

де $[\sigma] = 100$ МПа – допустиме напруження плинності для сталі 3 [19].

Згинальний момент у перетині Б-Б:

$$M_2 = P \cdot L_2 = 19{,}6 \cdot 1{,}45 = 28{,}42 \text{ кН} \cdot \text{м} = 28420 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$W_2 = \frac{I_2}{\text{цт}}, \text{ см}^3 \quad (2.8)$$

де I_2 – момент інерції;

цт – центр ваги.

$$\text{цт} = l_1 = 120 \text{ мм} = 21 \text{ см}$$

Момент інерції:

$$I_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + F_1 \cdot s_1^2 + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + F_2 \cdot s_2^2 + \frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} + F_3 \cdot s_3^2 =$$
$$= \frac{16 \cdot 1^3}{12} + 16 \cdot 11{,}5^2 + \frac{1 \cdot 22^3}{12} + 22 \cdot 0^2 + \frac{16 \cdot 1^3}{12} + 16 \cdot 11{,}5^2 = 5121{,}9 \text{ см}^4$$

$$W_1 = \frac{5121{,}9}{12} = 426{,}8 \text{ см}^3 = 0{,}0004268 \text{ м}^3$$

Напруження в перетині Б-Б [21]:

$$\sigma_{Б-Б} = \frac{M_2}{W_2} = \frac{28420}{0{,}0004268} = 66588566{,}0731 \text{ Па} = 67 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{Б-Б} = 67 \text{ МПа} \le [\sigma] = 100 \text{ МПа}$$

Умова виконується

Напруження діючі в перетині В-В наведено знаходимо за формулою [22]:

$$\sigma_{В-В} = \frac{M_{max}}{W_3} + \frac{P}{F} \le [\sigma], \qquad (2.9)$$

де $[\sigma] = 240$ МПа – допустиме напруження плинності для сталі 45 [19].

$$W_3 = 0{,}1 \cdot d_1^3 = 0{,}1 \cdot 15^3 = 337{,}5 \text{ см}^3$$

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 15^2}{4} = 176 \text{ см}^2$$

$$\sigma_{\text{В–В}} = \frac{62720}{0{,}0003375} + \frac{19600}{0{,}0176} = 186950673 \text{ Па} = 187 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{В–В}} = 187 \text{ МПа} \le [\sigma] = 240 \text{ МПа}$$

Умова виконується

2.2 Перевірка зварних швів та болтового з'єднання на зрізання

Схему до розрахунку зварних швів на зрізання наведено на рисунку 2.4.

Для того щоб зварні шви витримували навантаження на зріз необхідне виконання умови [23]:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{R}{0{,}7 \cdot \delta \cdot l_4} \le [\tau]_{\text{ср}}, \qquad (2.10)$$

де $[\tau]_{\text{ср}}$ = 800 кг/см^2 – допустиме напруження на зріз;

R – навантаження, що діє на зварний шов;

δ = 10 мм – висота зварювального шва;

l – довжина шва.

$$R = \left[\frac{P \cdot L}{l_3}\right] = \frac{2000 \cdot 320}{49} = 13061 \text{ кг} = 128{,}085 \text{ кН}$$

$$l_4 = \pi \cdot d = 3{,}14 \cdot 27{,}3 = 85{,}7 \text{ см}$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{R}{0{,}7 \cdot \delta \cdot l_4} = \frac{13061}{0{,}7 \cdot 1 \cdot 85{,}7} = 217{,}6 \le [\tau]_{\text{ср}}$$

Умова виконується

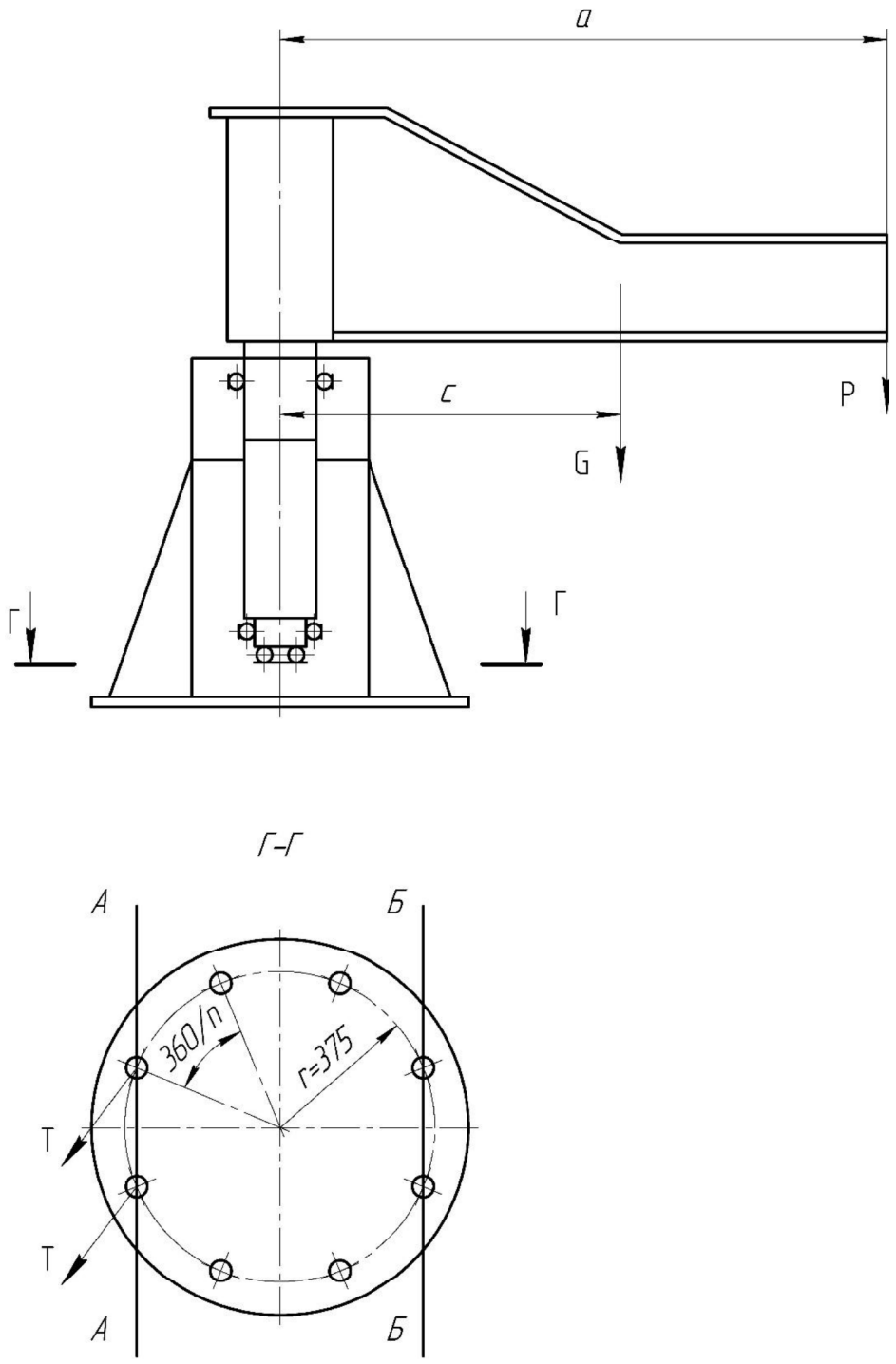


Рисунок 2.4 – Схема до до розрахунку зварних швів та болтів на зрізання

Для перевірки болтового з’єднання на зрізання складемо рівняння моментів щодо осі Б-Б (перетин Г-Г) (рис.2.4):

$$4 \cdot T \cdot r \cdot \cos\frac{360^o}{2 \cdot \pi} = Q \cdot \left(a - r \cdot \cos\frac{360^o}{2 \cdot \pi} \right) + G \cdot \left(c - r \cdot \cos\frac{360^o}{2 \cdot \pi} \right), \quad (2.11)$$

де T – навантаження на болтове з'єднання;

Звідки

$$4 \cdot T \cdot 37{,}5 \cdot \cos 22{,}5 = 2000 \cdot (320 - 37{,}5 \cdot \cos 22{,}5) + 1000 \cdot (175 - 37{,}5 \cdot \cos 22{,}5)$$

$$T = \frac{570800 + 140400}{138{,}6} = 5131{,}3 \text{ кг}$$

Для того щоб нс зрізало болт від діючого навантажснння повинна виконуватися умова:

$$\sigma = \frac{T}{S} \le [\sigma] = 1400 \text{ кг/см}^2, \quad (2.12)$$

де S – площа перетину болта, для болта М27 [24]:

$$S = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 2{,}37^2}{4} = 4{,}4 \text{ см}^2, \quad (2.13)$$

Тоді

$$\sigma = \frac{T}{S} = \frac{5131{,}3}{4{,}4} = 1166 \text{ кг/см}^2 \le [\sigma] = 1400 \text{ кг/см}^2$$

Умова виконується

2.3 Розрахунок приводу механізму підйому консольно-поворотного крана

Розрахункова потужність електродвигуна:

$$P' = \frac{m \cdot g \cdot V}{\eta_м}, \text{ Вт} \qquad (2.14)$$

де m – маса переміщуємого вантажу;

$\eta_м$ – ККД механізму, приймаємо $\eta_м = 0{,}85$ при опорах кочення;

V = 0,1 м/с – швидкість підйому вантажу [25].

$$P' = \frac{2000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}1}{0{,}85} = 2308 \text{ Вт} \approx 2{,}3 \text{ кВт},$$

Вибираємо електродвигун серії 2ПО132LГУ4; потужність $P_д = 2{,}2$ кВт, частота обертання $n_д = 950$ хв$^{-1}$, момент інерції ротора $J_р = 0{,}0131 \text{кг} \cdot \text{м}^2$, максимальний (пусковий) момент $T_д = 2$ Н·м, діаметр вала d = 28 мм, коефіцієнт перевантаження λ=2,2, [26, 27].

Частота обертання барабана:

$$n_б = \frac{60 \cdot v \cdot U_п}{\pi \cdot (D_б + d_k)}, \text{ хв}^{-1} \qquad (2.15)$$

$$n_б = \frac{60 \cdot 0{,}1 \cdot 2}{3{,}14 \cdot (0{,}27 + 0{,}011)} = 13{,}6 \text{ хв}^{-1}$$

Передаточне відношення:

$$i = n_д / n_б, \qquad (2.16)$$

$$i = \frac{950}{13,6} = 70$$

Вибираємо черв'ячний одноступінчастий редуктор Ч-160: міжосьова відстань $a_{\Sigma} = 160$ мм, передаточне число U = 80; діаметр швидко-хідного вала $d_7 = 40$ мм, розміри тихохідного вала з конічним кінцем М48х3.

Умовне позначення: редуктор Ч-160-80-52 [4].

Статичний момент при гальмуванні:

$$T_c = \frac{m \cdot g \cdot (D_б + d_k)}{2 \cdot U_n \cdot U} \cdot \eta_м, Н \cdot м \qquad (2.17)$$

$$T_c = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (275 + 11)}{2 \cdot 2 \cdot 80} \cdot 0,85 = 14,905 \text{ Н} \cdot м$$

Гальмівний момент:

$$T_T' = K_T \cdot T_C, Н \cdot м \qquad (2.18)$$

$$T_T' = 1,75 \cdot 14,905 = 26,08375 \text{ Н} \cdot м$$

де $K_т$ – коефіцієнт запасу гальмування; приймаємо $K_т$ = 1,75 при середньому режимі роботи [1, табл.2.9].

Вибираємо гальмо ТКГ-160 з гальмівним моментом $T_т = 100$ Н·м [3].

Для вибору муфти знаходимо розрахунковий момент:

$$T_М = K_1 \cdot K_2 \cdot T_Н, \qquad (2.18)$$

де K_1, K_2 – коефіцієнти, що враховують відповідно ступінь відповідальності механізму й режиму роботи, приймаємо для механізму підйому $K_1 = 1{,}3$, при середньому режимі роботи $K_2 = 1{,}2$;

$T_н$ – номінальний момент на валу двигуна:

$$T_н = 9550 \cdot P_д / n_д, Н \cdot м \qquad (2.19)$$

$$T_н = 9500 \cdot \frac{2{,}2}{890} = 23{,}5 \ Н \cdot м$$

Тоді

$$T_М = K_1 \cdot K_2 \cdot T_Н = 1{,}3 \cdot 1{,}2 \cdot 23{,}5 = 36{,}66 \ Н \cdot м .$$

Вибираємо муфту пружну втулочно-пальцеву [7]: номінальний крутний момент [Т] = 63 Н·м, діаметр отвору для вала $d_1 = 28$ мм, діаметр отвору напівмуфти $d = 40$ мм.

Умовне позначення:

Муфта пружна втулочно-пальцева МУВП 63-28-I, 2-40-II. 1-В3.

2.4 Розрахунок віброрешітки

Віброрешітка встановлена для виключення влучення в бункер великих шматків руди, що змерзлися, і різних сторонніх тіл. Вібрація решіток забезпечує пропуск матеріалу через гнізда решіток у бункер.

Віброрешітка (рис. 2.5) складається з металевих решіток 1, які встановлено над бункером 2 на циліндричних гвинтових пружинах 3. У коливальний рух

решітка приводиться ексцентриковим вібратором 4, який пов'язаний з електродвигуном 5 за допомогою муфти 6.

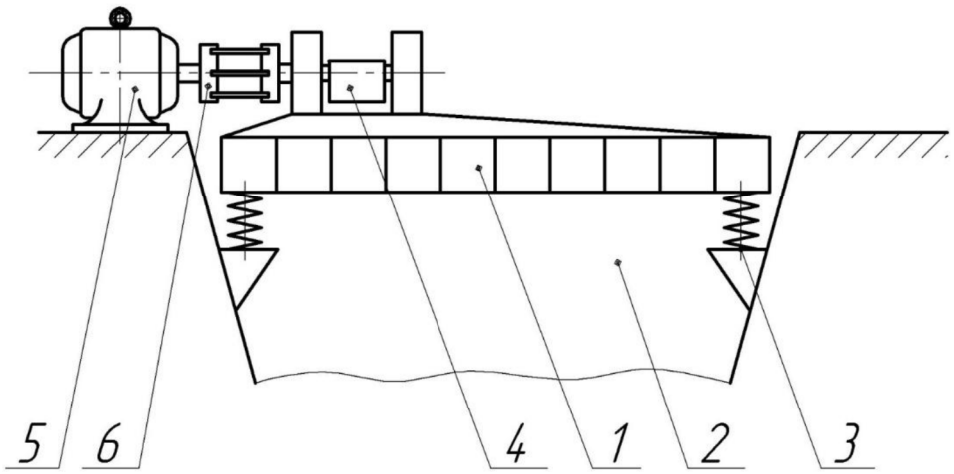


Рисунок 2.5 – Схема установки віброрешітки (позиції наведено в тексті)

Завданням розрахунків є визначення амплітуди змушених коливань віброрешітки при заданій частоті збурювання й величині сили, що обурює, а також уточнення потужності електродвигуна вібратора.

Дані для розрахунків:

Вага решіток	$G_р$ = 14,71 кН
Вага матеріалу на решітках	$G_м$ = 49 кН
Електродвигун А51-4: 4А112М4В3	
потужність	N = 5,5 кВт,
число оборотів	n = 1440 хв$^{-1}$
маса	60 кг.
Вібратор ексцентриковий	
вага вібратора	$G_в$ = 1,3 кН
кінетичний момент	М = 19,6 Н·м
ексцентриситет	r = 0,076 м
Кількість опорних пружин	до = 12 шт

Частота змушених коливань:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30},\ с^{-1} \qquad (2.20)$$

$$\omega = \frac{3{,}14 \cdot 1000}{30} = 104{,}7\ с^{-1}$$

Сила збурювання:

$$F = \frac{M \cdot \omega^2}{g},\ кН \qquad (2.21)$$

$$F = \frac{19{,}6 \cdot 104{,}7^2}{9{,}81} = 21{,}9\ кН$$

Умови розрахунків. На підставі схеми розрахунків віброрешітки (рис. 2.5) приймаємо динамічну систему (рис. 2.6), на якій прийняті наступні позначення:

m_0 – маса коливних частин;

C_0 – твердість еквівалентної пружини, що заміняє опорні пружини.

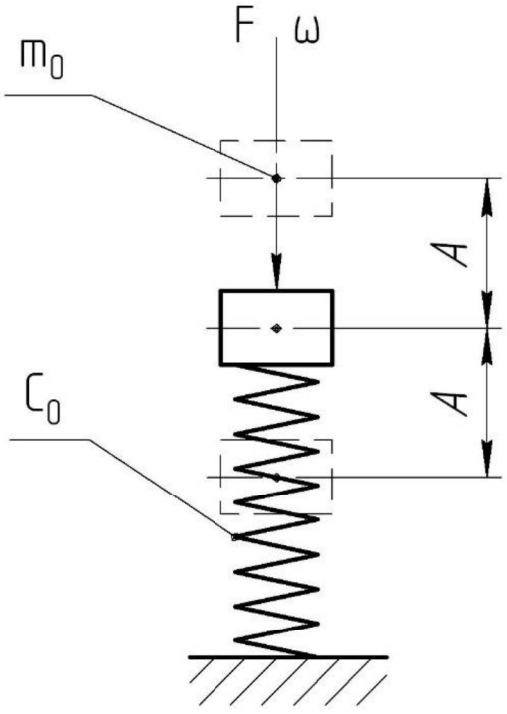


Рисунок 2.6 – Схема до розрахунку опорних пружин

На систему діє гармонійна сила, що збурює, F із частотою ω і збуджує коливання маси m_0 з амплітудою А щодо рівноважного положення. Зневажаючи силами опору, величину амплітуди будемо визначати по формулі:

$$A = \frac{\delta_0}{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right)}, \text{ мм} \qquad (2.22)$$

де δ_0 – величина статичного відхилення маси m_0 під дією сили, що збурює, мм;

ω_0 – власна частота коливань системи, сек$^{-1}$.

Маса коливних частин під час роботи віброрешітки змінюється від максимального значення m_0' до мінімального m_0'' за рахунок просипання матеріалу в бункер:

$$m_0' = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{g}, \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}, \qquad (2.23)$$

$$m_0' = \frac{1500 + 5000 + 131}{9{,}81} = 676 \ \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}$$

$$m_0'' = \frac{G_1 + G_3}{g}, \ \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}} \qquad (2.24)$$

$$m_0'' = \frac{1500 + 131}{9{,}81} = 166 \ \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}$$

Для циліндричних гвинтових пружин жорсткість еквівалентної пружини визначається по формулі:

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D \cdot z}, \text{ Н/м} \qquad (2.25)$$

де G – модуль зрушення матеріалу пружини;

d – діаметр прутка, мм;

D – середній діаметр навивання, мм;

z – число деформуємих витків.

Жорсткість еквівалентної пружини для розглянутої схеми (рис. 2.6) дорівнює сумі жорсткостей опорних пружин або якщо C = const для всіх пружин:

$$C_0 = K \cdot C = \frac{K \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot z}, \qquad (2.26)$$

Параметри пружини:

G = 78453,2 МПа

d = 30 мм = 0,03 м

D = 110 мм = 0,11 м

z = 4.

$$C_0 = \frac{12 \cdot 78453{,}2 \cdot 0{,}03^4}{8 \cdot 0{,}11^3 \cdot 4} = 1{,}79 \cdot 10^7 \ \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 1{,}82 \cdot 10^6 \ \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

Власна частота коливань системи визначається по формулі:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{C_0}{m_0}}, \text{ с}^{-1} \qquad (2.27)$$

Власна частота віброрешітки з матеріалом:

$$\omega_0' = \sqrt{\frac{C_0}{m_0'}} = \sqrt{\frac{1{,}82 \cdot 10^6}{676}} = 52 c^{-1}$$

Власна частота віброрешітки без матеріалу:

$$\omega_0'' = \sqrt{\frac{C_0}{m_0''}} = \sqrt{\frac{1{,}82 \cdot 10^6}{166}} = 104 c^{-1}$$

Величину статичного відхилення під дією сили, що обурює, визначаємо по формулі:

$$\delta_0 = \frac{F}{C_0}, \text{ мм} \qquad (2.28)$$

$$\delta_0 = \frac{21{,}9 \cdot 10^3}{1{,}79 \cdot 10^7} = 1{,}223 \cdot 10^{-3} = 1{,}2 \text{ мм}$$

Амплітуда змушених коливань віброрешітки змінюється за рахунок коливної маси. Визначимо амплітуду для двох значень власної частоти ω_0' й ω_0''.

Амплітуда коливань при максимальній коливній масі:

$$A' = \frac{\delta_0}{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0'}\right)^2\right)} = \frac{1{,}2}{\left(1 - \left(\frac{150}{52}\right)^2\right)}, \text{ мм} \qquad (2.29)$$

$$A' = \frac{1{,}2}{\left(1 - \left(\frac{150}{52}\right)^2\right)} = 0{,}164 \text{ мм}$$

Амплітуда коливань при мінімальній коливній масі:

$$A'' = \frac{1{,}2}{\left(1 - \left(\frac{150}{104}\right)^2\right)} = 1{,}11 \text{ мм}$$

Для розглянутої динамічної системи амплітуда змушених коливань без врахування опору (h = 0) перебуває в інтервалі:

$$1{,}11 \geq A \geq 0{,}164 \text{ мм} \quad \text{(рис. 2.7).}$$

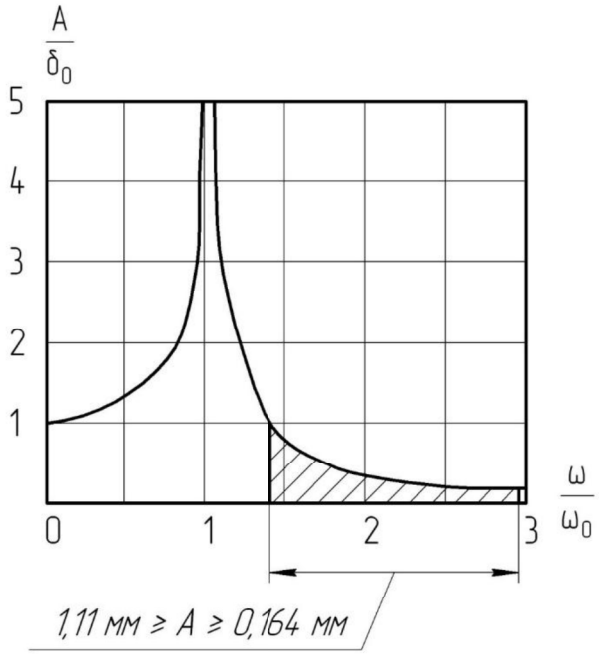


Рисунок 2.7 – Амплітудно-частотна характеристика

Потужність електродвигуна вібратора витрачається на подолання сил тертя у вальницях вала вібратора і сил інерції при розгоні.

Повний момент, який повинен розвивати двигун у період пуску вібратора:

$$M = M_{ст} + M_{дин}, Н \cdot м \qquad (2.30)$$

де $M_{ст}$ – статичний момент сил опору обертанню на валу електродвигуна:

$$M_{ст} = 0{,}5 \cdot F \cdot f \cdot d, Н \cdot м \qquad (2.31)$$

де f – наведений коефіцієнт тертя у вальницях кочення;

d – діаметр цапфи вальниці, м

$$M_{ст} = 0,5 \cdot 21,9 \cdot 10^3 \cdot 0,015 \cdot 0,08 = 13,14 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$M_д$ – динамічний момент на валу двигуна:

$$M_{дин} = \frac{\left(G \cdot D_{дв}^2 + G \cdot D_в^2\right) \cdot n}{375 \cdot t_п}, \text{ Н} \cdot \text{м} \qquad (2.32)$$

де $G \cdot D_{дв}^2 = 15,3$ Н·м^2 – маховий момент ротора двигуна;

$G \cdot D_в^2 = 8,3$ Н·м^2 – маховий момент вала вібратора;

$t_п = 2$с – час пуску.

$$M_{дин} = \frac{(15,3 + 8,3) \cdot 1000}{375 \cdot 2} = 31,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді

$$M = 13,14 + 31,6 = 44,74 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Номінальний момент електродвигуна:

$$M_н = 9550 \cdot \frac{N}{n}, \text{ Н} \cdot \text{м} \qquad (2.33)$$

$$M_н = 9550 \cdot \frac{5,5}{1000} = 52,53 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Фактичний коефіцієнт перевантаження:

$$\lambda_ф = \frac{M}{M_н} = \frac{44,74}{52,53} = 0,85 < \lambda = 2 \qquad (2.34)$$

Умова виконується.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Механізація процесів завантаження, зберігання та розвантаження сировинних матеріалів

У прийомному відділенні залізорудної сировини налічується 16 бункерів по 45 $м^3$ кожний. Кількість бункерів відведених під матеріали, що вивантажуються (концентрат та ін.) визначається затвердженими нормами витрати сировини.

З метою забезпечення правильного дозування і шихтовки матеріалів машиністи шихтоподачі транспортують і вивантажують матеріали у відповідні бункери прийомного відділення, не допускаючи їх змішування.

Із прийомних бункерів руди матеріали задаються живильниками по транспортерах у бункери шихтового відділення. Коксовий дріб'язок і антрацитний штаб за допомогою транспортерів завантажуються в бункери коксових дробарок, звідки смуговими живильниками подаються в дробарки.

Для забезпечення безперебійної роботи цеху і одержання високоякісного агломерату необхідно мати на рудному дворі запас сировинних матеріалів. Усі сировинні матеріали і паливо перед спіканням повинні піддатися усередненню.

У прийомні бункери аглофабрики щодня надходить 20 – 22 тис. т вантажів. Транспортування матеріалів з рудного двору здійснюється трансферкарами, що працюють у човниковому режимі. Через нещільності кишень, що утворюються при закриванні, внаслідок налипання матеріалу і у результаті його пересипання при завантаженні частина виявляється на під'їзних коліях. Просип необхідно щодня забирати, інакше можливе швидке зношування днища трансферкар, корпусів ходових двигунів і вальниць візків. Для усунення ручної праці на цій ділянці впроваджена спеціальна колієприбиральна машина.

Колієприбиральна машина включає залізничну платформу і плуг (ніж), опускання і підйом якого відбувається за допомогою пневматичного приводу

поворотом ручки крана, змонтованого на магістралі подачі повітря в циліндр ресивера.

Стиснене повітря надходить від компресора трансферкари. Платформу один-два рази в зміну з'єднують із трансферкарою та опускають плуг. Платформа із плугом, що підштовхується трансферкарой, одночасно очищає рейки і габарити залізнодорожнього полотна від просипаної руди і концентрату.

При розвантаженні матеріалів у приймальні бункери накопичуються негабаритні шматки (мерзляки) матеріалів. Для збирання цих мерзляків на колієприбиральній машині встановлений консольно-поворотний кран. Вантажопідйомність крана становить 2 т. Консольно-поворотний кран також використовується для підняття віброрешіток, при техобслуговуванні (для заміни пружин).

Механізація прибирання під'їзних колій дозволила значно зменшити витрати праці робітників. Трансферкари працюють без перебоїв. Просип залізорудної сировини повністю використовується у виробництві.

Бункера вихідної сировини, шихти і постелі повинні бути закриті решітками з розміром гнізд 200х200 мм. Для ефективного відведення нагрітого повітря, пари й пилу, які утворюються в бункерах та змішувальних барабанах, передбачено аспіраційні системи. Викиди з цих систем очищуються до рівнів, які відповідають чинним санітарним нормам. Відкриті частини змішувальних барабанів у зоні видачі шихти герметично закриті кожухами з підключенням витяжних труб, що виводяться за межі виробничого приміщення. Місця подачі матеріалу в бункери через конвеєри закриті так, щоб повністю виключити пилоутворення.

Люк змішувального барабана оснащено блокувальним пристроєм, який запобігає можливості пуску барабана з відкритими дверцятами під час ремонту або очищення. Пускові пристрої розташовано так, щоб забезпечити оператору чіткий візуальний контроль над люком. Заборонено здійснювати відбір проб безпосередньо з працюючого барабана. Проби слід відбирати з потоку шихти після виходу з барабана, переважно автоматичними пробовідбірниками, а в

окремих випадках — вручну.

Під гуркотами, у зоні башмаків тічок, встановлені кожухи з подвійними стінками, оснащені гнучкими фартухами та аспірацією для запобігання викидам пилу. Тічки, що передають дрібну руду безпосередньо на збиральні транспортери, мають спіральну конструкцію з ухилом не менше 60°.

Вузол подрібнення коксу – включаючи завантажувальні лійки, дробарки, тічки та транспортери –оснащений аспіраційним укриттям із створенням стабільного розрідження, яке унеможливлює потрапляння пилу у приміщення крізь нещільності конструкцій.

Сортувальні гуркоти для залізовмісної частини шихти і коксу також мають аспіраційні кожухи. Завантажувальні лійки, пилопроводи та основні ділянки транспортерів, що подають матеріал, вкриті кожухами з розпилювачами води для утворення широкого факелу дрібнодисперсного зрошення.

Башмаки тічок під гуркотами та відповідні ділянки збиральних транспортерів також мають кожухи з подвійними стінками і водяні розпилювачі широкої дії.

Для мінімізації запилення і туманоутворення в бункерних приміщеннях необхідно закривати розвантажувальні частини всіх транспортерів, а також дозувальні столи, первинні змішувачі та інші джерела пилоутворення. Усі захисні укриття мають бути обладнані витяжними трубами для ефективного відведення водяної пари. Витяжки для бункерів постелі слід виводити на дах будівлі.

Гуркоти для утворення постелі вкриті аспіраційними кожухами. Вторинні змішувальні барабани оснащено розпилювачами води з факелом, спрямованим всередину барабана.

Елементи газоочисної системи – зокрема ексгаустери, трубопроводи та арматура – підлягають обов’язковому теплоізолюванню. Температура зовнішньої поверхні ізоляції не перевищує 45 °С.

Жолоби для вивантаження агломерату та окатишів повністю закриті та оснащені пристроями для уловлювання пилу на виході при перевантаженні

матеріалу у вагони.

З метою усунення потреби у візуальному контролі процесу навантаження агломерату у вагони передбачено автоматичне обладнання: системи зважування, підрахунок порожніх палет тощо.

У разі використання технологічних схем з охолодженням повернення передбачається герметизація тарілчастих живильників та облаштувані витяжки, які видаляють пар, пил і гази. Для барабанів гасіння агломерату витяжка розміщується на виході, а вібраційні гуркоти обладнуються кожухами й витяжними пристроями. Усі нагріті поверхні, зокрема обладнання та кожухи, теплоізольовані так, що температура поверхні не перевищує 45 °С.

Транспортування повернення, незалежно від його температури, має здійснюватися лише у закритих транспортних системах.

Покращення умов праці передбачає:

- централізоване керування агломашиною та шихтоподавачами;
- автоматичне густе змащування всього обладнання;
- використання газового або рідкого палива для запалювання шихти;
- механізацію й автоматизацію розвантаження пилу з газоходів, пилозбірників і мультициклонів;
- обладнання обвідних жолобів для агломерату, що випадає з палет;
- впровадження автоматичного очищення бункерів за допомогою електровібраторів замість ручного шурування;
- герметичні безроликові конвеєри для транспортування подрібненого палива і вапняку;
- створення монтажних майданчиків для обслуговування та зберігання запасних вузлів;
- максимальне скорочення пилогенеруючих транспортних ліній і висот перепадів;
- встановлення обладнання для миття підлог і стін, механізованого прибирання просипів та пневматичного очищення приміщень;
- обов’язкове блокування аспіраційних систем з технологічним

обладнанням, з включенням витяжки з випередженням та відключенням із затримкою.

3.2 Монтаж обладнання та такелажні роботи

Такелажними називають роботи з ув'язування вузлів устаткування гнучкими підвісками (стропування), при їхньому підйомі та транспортуванні до місця установки. Такелажні роботи виконують за допомогою різних вантажопідйомних засобів і механізмів, пристроїв і машин.

При виконанні такелажних робіт, особливо при підйомі вантажів, досить важливою і відповідальною операцією є стропування. Особливо ретельно слід погоджувати великі вузли встаткування великої маси. Усі вузли встаткування, по яких відбувається торкання стропів, повинні бути округлені спеціальними запобіжними підбивками. Стропування можна розділити на два види:

1. шляхом обв'язки вантажів канатами, стропами або ланцюгами;
2. шляхом ув'язування стропувальних канатів на припливах, цапфах, лабетах, рим-болтах і інших деталях, спеціально передбачених на встаткуванні для його підйому і транспортування.

Для безпечного та ефективного підйому вантажів необхідно правильно визначати центр ваги об’єкта. Стропування слід виконувати таким чином, щоб центр ваги вантажу збігався з вертикаллю, на якій розташована вісь блоків крюкової підвіски підйомного механізму.

Маса укрупнених вузлів та блоків обладнання не повинна перевищувати вантажопідйомність засобів, наявних на монтажному майданчику, а їхні габарити повинні відповідати допустимим монтажним розмірам. У разі встановлення великогабаритного чи важкого обладнання допускається використання кількох кранів одночасно для рівномірного розподілу навантаження.

До такелажного обладнання належать сталеві та прядивні канати, ланцюги, стропи, траверси, захвати, блоки, поліспасти, талі, лебідки та домкрати. Ці

пристрої забезпечують надійність і зручність під час виконання такелажних робіт.

Стропами називають відрізки канатів або ланцюгів, з'єднані в кільця або забезпечені спеціальними підвісними пристроями, що забезпечують швидке, зручне і безпечне закріплення вантажу. Число стропів, на яких підвішують вантаж, вибирають залежно від маси вантажу і діаметра канату.

З метою підвищення продуктивності і безпеки робіт, застосовують напівавтоматичні стропи, які дозволяють виконувати розстроповку піднятого вантажу, не піднімаючись на висоту.

Крім напівавтоматичних стропів, для дистанційного стропування піднятого в проектне положення вантажу застосовують також напівавтоматичні стропові захоплення.

Для створення петлі при з’єднанні кінців стропа використовують затиски різної конструкції (рис. 3.1) [30, 31].

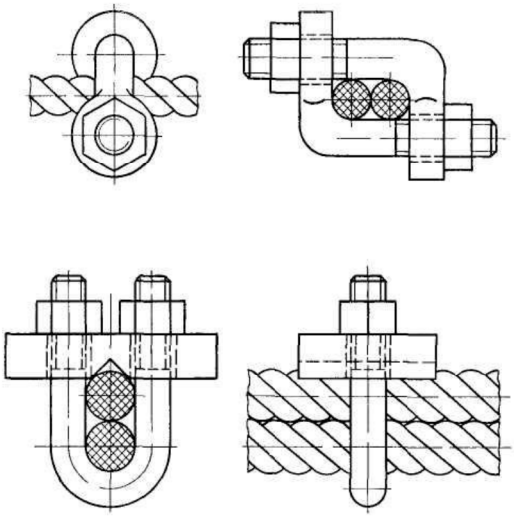


Рисунок 3.1 – Типи затисків для кріплення сталевих канатів

Число затисків береться не менше трьох. Відстань між ними звичайно не менше шести діаметрів канату. Гайки на стрижнях усіх затисків слід затягувати з однаковим зусиллям із застосуванням динамометричних ключів, так щоб

стислий поперечник канату склав 0,6 його первісного діаметра.

Кінці канатів закріплюють звичайно через коуш, який служить для зачеплення за гак і охороняє канат від зчалювання і розшарування пасом і дротів на перегинах. Коуші штампують із листового металу або виготовляють із чавунного лиття.

Затиски повинні розміщатися на канату так, щоб гайки, що затягують, розташовувалися з боку робочої зони канату. Це забезпечує прямолінійність, а прагнучий до вислизання кінець при цьому буде краще затиснутий.

3.3 Розрахунок стропу для монтажу віброрешіток

При розвантаженні матеріалів у прийомні бункери руди накопичуються негабаритні шматки матеріалів. Для їхнього збирання, а також для підйому віброрешіток під час техобслуговування використовується консольно-поворотний кран, установлений на колієприбиральній платформі (рис 3.2).

При закріпленні вантажу на гаку за допомогою декількох ланок стропу максимальне розрахункове зусилля в кожній ланці визначається з виразу

$$S = \frac{Q}{m \cdot \cos\alpha} \cdot k_н = \frac{20}{4 \cdot \cos 45°} \cdot 1{,}3 = 9{,}2 \text{ кН} \qquad (3.1)$$

де Q = 20 кН – вага вантажу;

m = 4 – число ланок;

$\alpha = 45°$ – кут нахилу ланок до вертикалі;

$k_н = 1{,}3…1{,}4$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження на ланки стропа.

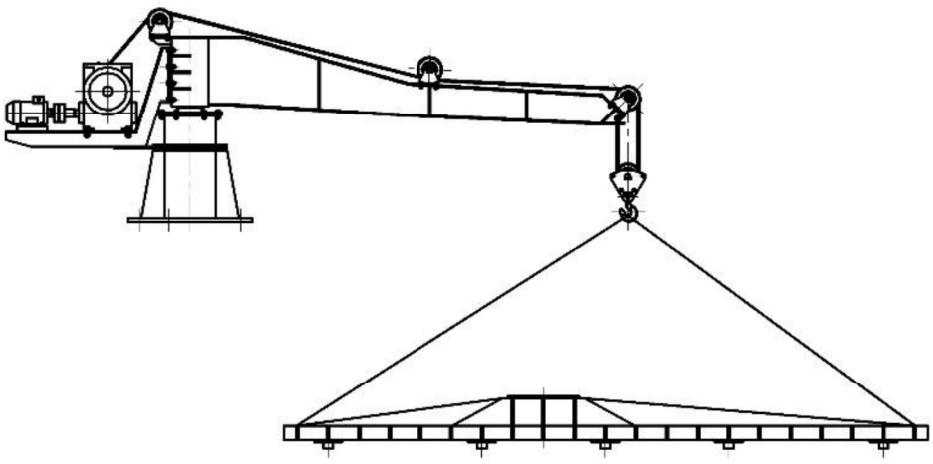


Рисунок 3.2 – Схема стропування віброрешітки

Розривне зусилля в ланці стропа:

$$P \le S \cdot k = 9{,}2 \cdot 6 = 55{,}2 \text{ кН}$$

де S – максимальне розрахункове зусилля в ланці стропа;

k = 6 – коефіцієнт запасу міцності, що залежить від умови роботи канату [1. табл. 2.3].

Вибираємо канат подвійного звивання типу ЛК-Р конструкції 6х19 (1+6+6/6) діаметром d = 11 мм, що має при маркувальній групі проволок 1764 МПа розривне зусилля 66,8 кН [7].

Фактичний коефіцієнт запасу міцності канату

$$k_ф = \frac{66{,}8}{9{,}2} = 7{,}3 > k = 6 \qquad (3.2)$$

Умова виконується

Мінімальну довжину стропа визначають виходячи з кута α і відстанні між точками зачалки.

$$L_{min} = \frac{AC}{2 \cdot \cos\alpha} = \frac{4939}{2 \cdot \cos 45^{o}} = 3492 \text{ мм}, \quad (3.3)$$

де АС = 4939 мм - відстань між точками зачалки.

Вибираємо строп довжиною 3500 мм.

При кріпленні кінця сталевого канату затисками (рис. 3.3) число затисків визначається з умови

$$S \le 2 \cdot F_{тр}. \quad (3.4)$$

Сила тертя між кінцями канатів

$$F_{тр} = N_i \cdot n \cdot f,$$

де f = 0,15…0,20 – коефіцієнт тертя канату по канатові;

N_i – нормальний тиск, що створюється одним затиском, Н;

n – число затисків.

Нормальний тиск, що створюється одним затиском

$$N_i = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n_c \cdot [\sigma] = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}012^2}{4} \cdot 2 \cdot 120 \cdot 10^6 = 27129{,}6 \text{ Н}, \quad (3.5)$$

де d – діаметр стрижня затиску;

$$d = (0{,}8...1{,}1) \cdot d_к = (0{,}8...1{,}1) \cdot 11 = 12 \text{ мм} = 0{,}012 \text{ м} \quad (3.6)$$

n_c = 2 – кількість стрижнів у затиску;

$[\sigma_р]$ =120 МПа – напруження матеріалу скоби на розтягнення, що допускається.

Число затисків

$$n = \frac{S}{2 \cdot N_i \cdot f} = \frac{9200}{2 \cdot 27129{,}6 \cdot 0{,}15} = 1{,}13. \qquad (3.7)$$

Так як $n \le 3$, вибираємо число затисків $n = 3$.

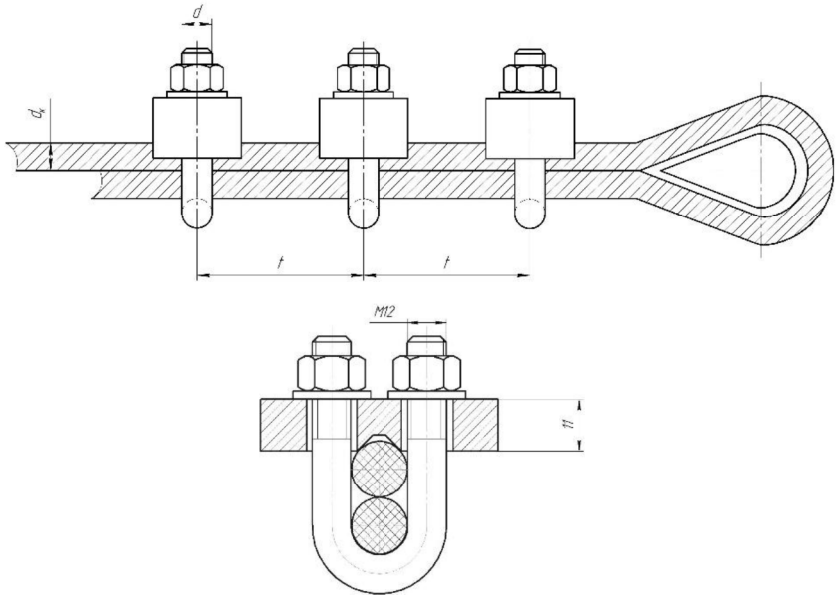


Рисунок 3.3 – Кріплення сталевого канату затисками

Крок розташування затисків розраховують:

$$t = 6 \cdot d_к = 6 \cdot 11 = 66 \text{ мм}. \qquad (3.8)$$

Остаточно приймаємо крок розташування затисків рівним 66 мм.

Визначимо довжину заготовки канату, необхідної для виготовлення одного стропа:

$$L_{заг} = 2[L_1 + L_2 + L_3(n-1)] + 2 \cdot L_{min}, \qquad (3.5)$$

де L_1 – відстань від центра закруглення до першого затискача, приймаємо L_1=120 мм;

L_2 – радіус закруглення, $L_2=2d_к=2\cdot11=22$ мм;

L_3 – відстань між затискачами, L_3 = 66 мм;

L_{min} – мінімальна довжина стропа.

$$L_{заг}=2\cdot[120+22+66\cdot(3-1)]+2\cdot3500=7548 \text{ мм}.$$

Остаточно приймаємо довжину заготовки необхідної для виготовлення стропу $L_{заг}$=7600 мм

3.4 Розрахунок потужності й вибір електродвигуна привода консольно-поворотного стана колієприбиральної машини

Вибір електродвигуна робимо виходячи з потужності споживаного виконавчим механізмом:

$$P'=\frac{m\cdot g\cdot V}{\eta_м}, \text{ Вт} \qquad (3.6)$$

де m – маса переміщуємого вантажу;

$\eta_м$ – ККД механізму, приймаємо $\eta_м=0{,}85$ при опорах кочення;

V = 0,1 м/с – швидкість підйому вантажу.

$$P'=\frac{2000\cdot9{,}81\cdot0{,}1}{0{,}85}=2308 \text{ Вт}\approx2{,}3 \text{ кВт},$$

Попередньо вибираємо електродвигун, що має наступні характеристики:

Тип	AIP112MA6
Потужність, кВт	3

Фактична частота обертання, $n_{ном}$, хв$^{-1}$	960
Момент інерції двигуна, кг·м^2	0,038
Напруга U, В	380
Номінальний струм I, А	7,4
ККД $\eta_{дв}$	0,81

Тоді статичний момент дорівнює:

$$M_{СТ} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{2,3}{960} = 22,9 Нм$$

Визначаємо тривалість включення:

$$ПВ_{ф} = \frac{\sum t_{р}}{\sum t_{р} + t_{пауз}} \cdot 100\%, \qquad (3.7)$$

де $\Sigma t_р$ – час роботи двигуна, що включає в себе пуск, гальмування та час сталого режиму (табл.3.1);

$t_{пауз}$ – час технологічних пауз (табл.3.1).

Тривалість циклу електродвигуназалежить від умов роботи. Середня тривалість окремих операцій наведена в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Середня тривалість операцій

Найменування операцій	Час, с
розгін двигуна	0,4
сталий режим	40
гальмування двигуна	0,4
час пауз	800

Тоді

$$ПВ_{ф} = \frac{(0,4 + 40 + 0,4) \cdot 100\%}{(0,4 + 40 + 0,4 + 800)} = 4,9\%$$

З огляду на те, що можливе змінення режиму роботи устаткування, то приймемо $ПВ_{дв}$ зі стандартного ряду – $ПВ_{дв}$=25%.

Динамічні моменти, що виникають під час розгону й гальмування визначаються за формулою:

$$M_{д(р)} = M_{д(Т)} = \frac{GD^2_{пр} \cdot n}{375 \cdot t_р}, \text{ Н·м} \qquad (3.8)$$

де $t_р$ – час розгону, гальмування, с ($t_р$=0,4 с; $t_г$=0,4 с);

n – число обертів вала двигуна, n =960 $хв^{-1}$.;

$GD^2_{ін}$ – наведений до вала двигуна маховий момент:

$$GD^2_{пр} = GD^2_{пр\,об} + GD^2_{пр\,пос}, \qquad (3.9)$$

де $GD^2_{пр\,об}$ – наведений до вала двигуна момент обертових частин;

$GD^2_{пр\,пос}$ – наведений до вала двигуна момент поступально, рухомих частин.

$$GD^2_{пр\,об} = I_{\Sigma} \cdot 4 \cdot g, \qquad (3.10)$$

де I_{Σ} – момент якоря електродвигуна, I_{Σ} =0,038 кг $м^2$;

$$GD^2_{пр\,об} = 0,038 \cdot 4 \cdot 9,81 = 1,49 \text{ Нм}^2.$$

Наведений до вала двигуна момент поступально, рухомих частин дорівнює:

$$GD^2_{\text{пр пос}} = \frac{365 \cdot Q \cdot V^2}{n_{\text{ДВ}}^2}, \qquad (3.11)$$

де Q – вага поступально, рухомих частин, Q=19620 Н;

V – швидкість переміщення, V=0,10 м/с;

n – частота обертання двигуна, n =960 хв$^{-1}$.

$$GD^2_{\text{пр пос}} = \frac{365 \cdot 19620 \cdot 0{,}10^{\ 2}}{960^2} = 0{,}08\text{Нм}^2.$$

$$GD^2_{\text{пр}} = 1{,}49 + 0{,}08 = 1{,}57\text{Нм}^2.$$

Динамічний момент при розгоні:

$$M_{\text{д(р)}} = \frac{1{,}57 \cdot 960}{375 \cdot 0{,}4} \approx 10\text{Нм}.$$

Динамічний момент при гальмуванні:

$$M_{\text{д(Т)}} = \frac{1{,}57 \cdot 960}{375 \cdot 0{,}4} \approx 10\text{Нм}.$$

Сумарні моменти при розгоні та гальмуванні:

$$M_{\text{MAX}} = M_{\text{СТ}} + M_{\text{Д}} = 22{,}9 + 10 = 32{,}9\text{Нм};$$

$$M_{\text{MIN}} = M_{\text{СТ}} - M_{\text{Д}} = 22{,}9 - 10 = 12{,}9\text{Нм}.$$

За отриманими значеннями будуємо навантажувальну діаграму (рис.3.4)

Визначаємо еквівалентний момент у період одного циклу:

$$M_E = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{\sum t_i}}, \qquad (3.12)$$

$$M_E = \sqrt{\frac{32{,}9^2 \cdot 0{,}4 + 22{,}9^2 \cdot 40 + 12{,}9^2 \cdot 0{,}4}{0{,}4 + 40 + 0{,}4}} = 22{,}94 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевіряємо двигун на нагрів:

$$M_E \le M_H, \qquad (3.13)$$

де M_E – еквівалентний момент на валу двигуна,

M_H – номінальний момент двигуна:

$$M_H = \frac{9550 \cdot P}{n} = \frac{9550 \cdot 3}{960} = 29{,}84 \text{Нм}$$

Таким чином отримаємо:

$$22{,}94 \text{Нм} < 29{,}84 \text{Нм}.$$

Обраний електродвигун задовольняє умові на нагрівання.

Визначимо розрахунковий коефіцієнт перевантаження двигуна за максимальним моментом M_{max} за формулою:

$$\frac{M_{MAX}}{M_H} \le \lambda_П, \qquad (3.14)$$

де M_{max} – максимальний момент на валу двигуна,

$M_Н$ – номінальний момент двигуна;

$\lambda_П$ – коефіцієнт перевантаження двигуна при пуску;

$$\frac{32,9}{29,84} = 1,10 < 2,2 .$$

Умова виконується. Таке перевантаження цілком припустиме для металургійних двигунів.

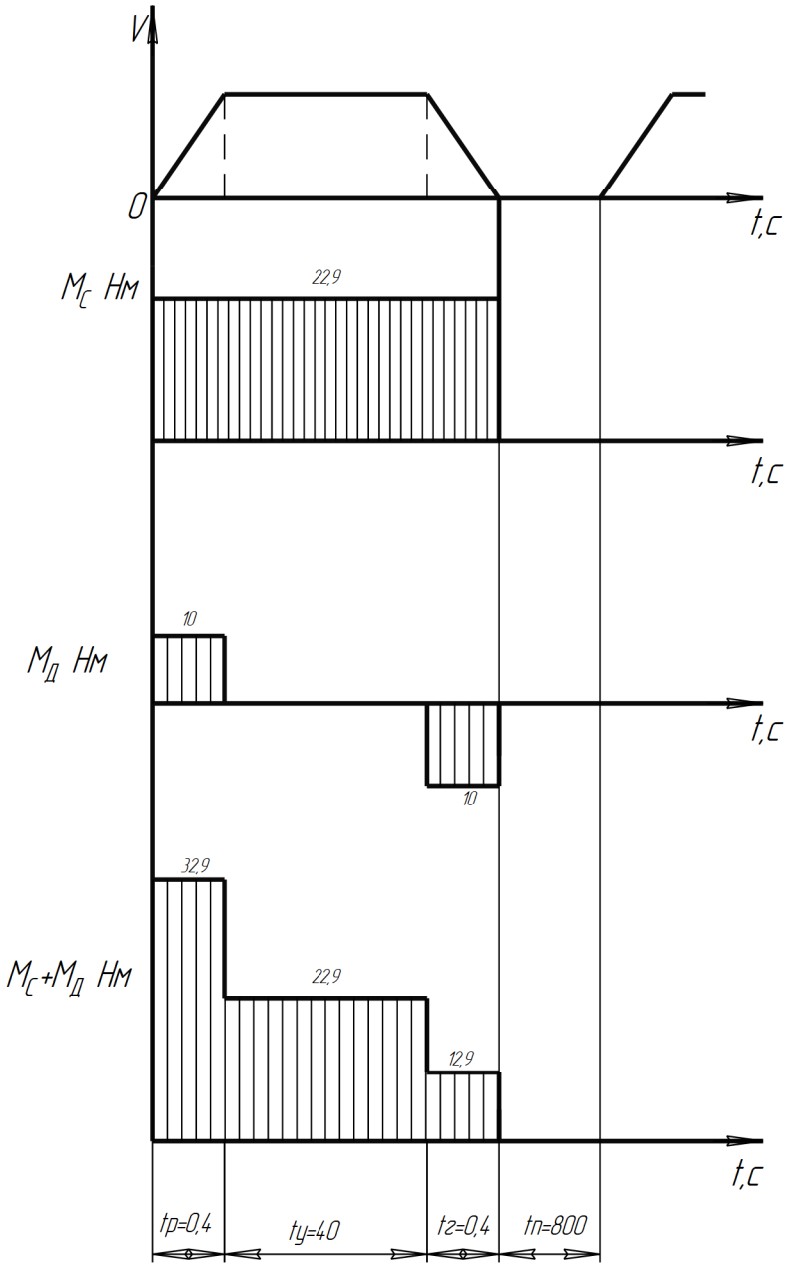


Рисунок 3.4 – Навантажувальна діаграма

Остаточно вибираємо електродвигун, що має наступні характеристики:

Тип	AIP112MA6
Потужність, кВт	3
Фактична частота обертання, $n_{ном}$, $хв^{-1}$	960
Момент інерції двигуна, $кг \cdot м^2$	0,038
Напруга U, В	380
Номінальний струм I, А	7,4
ККД $\eta_{дв}$	0,81

Схема крана (рис. 3.5) живиться від мережі змінного струму 380 В. Живлення електродвигуна подається через шафу введення живлення.

Шафа введення живлення здійснює подачу напруги на електродвигун підйому і схему керування до нього, контроль наявності бірки, світлову індикацію подачі живлення і аварійне відключення.

Схема керування електродвигуном підйому М1 установлена в шафі керування.

Схема керування здійснює реверсивну подачу напруги 380 В на двигун підйому, світлову індикацію наявності живлення схеми керування двигуном підйому, блокування від зустрічного включення контакторів керування двигуном і блокування за допомогою кінцевих вимикачів.

Для подачі напруги на двигун підйому в схемі керування використовується контактор КП. У ланцюжку включення контактора встановлений нормально-відкритий контакт замка ключ-бірки, нормально-відкритий контакт кнопки відключення, нормально-відкритий контакт кнопки включення, шунтируемий нормально-відкритим контактом КП. У такий спосіб при наявності бірки в замку і не натиснутої кнопки відключення здійснюється натискання кнопки ВКЛ, після чого контактор КП стає на самопідхоплення. Відключення контактора КП здійснюється або натисканням кнопки ВИКЛ, або

поворотом ключа-бірки. Паралельно котушці КП підключена лампа з баластовим резистором, яка здійснює світлову індикацію подачі напруги.

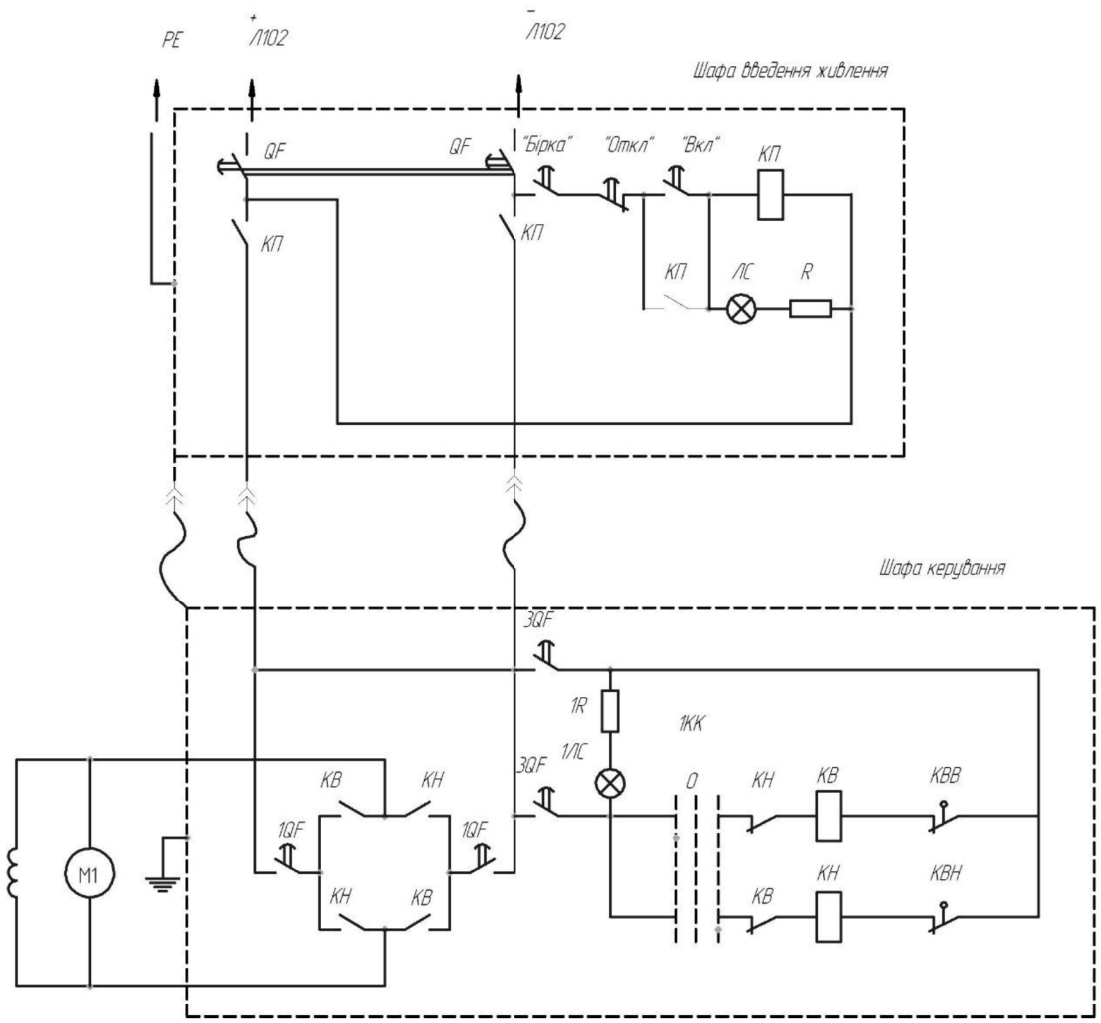


Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова керування приводом підйома консольно-поворотного крана

Подача живлення в релейно-контакторну частину здійснюється автоматом 3QF, світлова індикація подачі напруги здійснюється з лампочкою 1ЛС підключеної через баластовий резистор 1R. Вибір напрямку (підйом/опускання) здійснюється двошайбовим УП. У положенні «0» напруга на двигун не подається (кран стоїть на гальмі). При повороті ручки УП у положенні «+45» через нормально-закритий контакт контактора КВ при не натиснутому кінцевому вимикачі КВН, включається контактор КН і через свої силові контакти подає

напругу на двигун підйому в напрямку вниз. Блокування від противовключення здійснюється нормально-закритим контактом контактора КН у ланцюжку включення контактора КВ.

При повороті ручки УП у положенні «-45» через нормально-закритий контакт контактора КН при не натиснутому кінцевому вимикачі КВВ, включається контактор КВ і через свої силові контакти подає напруга на двигун підйому в напрямку нагору. Блокування від противовключения здійснюється нормально-закритим контактом контактора КВ у ланцюжку включення контактора КН.

Подача напруги на двигун здійснюється рубильником 1QF і відповідною парою силових контактів контакторів КВ або КН (залежно від напрямку обертання двигуна).

Для керування електродвигуном вибираємо пускач змінного струму.

Найбільш поширені серії пускачів з контактною системою і електромагнітним приводом: ПМЕ, ПМА, ПА, ПВН, ПМЛ.

Вибираємо пускач серії ПМЕ. Це пускач з прямоходовою магнітною системою та керуванням на змінному струмі. Напруга від 36 до 500 В. Випускаються у відкритому, захищеному та пилонепроникним виконаннях, з тепловими реле та без них, бувають реверсивними та нереверсивними.

Для лінії від силового пункту до пускача обираємо кабель типу АВВГ 3х4+1х2,5, у якого Ік=12 А>Ір=9,72 А.

Конструкція силового кабелю – представляє собою круглі, з м'яких алюмінієвих дротів жили, заізольовані полівінілхлоридним пластикатом, скручені в один сердечник, зовнішнє покриття – шланг з кабельного світлотермостійкого пластикату, чорного кольору.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Шкідливі та потенційно-небезпечні фактори виробничого середовища

Для забезпечення належних умов роботи на аглофабриках необхідно суворо дотримуватись санітарного контролю, який включає одержання, шляхом вимірювань достовірної характеристики, вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої, зони та подальші порівняння її з ГДК.

Машина для спікання агломерату, гуркоти, дробарки, живильники, шихто укладачі поставляються заводами-виробниками із вбудованими місцевими відсмоктувачами. Так як їхня робота супроводжується виділенням пилу, який негативно впливає на організм людини і в основному на органи дихання іноді погіршує виробничу обстановку (видимість, орієнтування) в межах робочої зони і призводить до швидкого руйнування частин машин, що труться. Агломераційний процес пов'язаний з роботою з гарячим поверненням (600 °С), яке безпосередньо дозується в шихту або охолоджується у спеціальних установках гасіння. Для персоналу що обслуговує цю технологічну лінію, існує підвищена небезпека отримання термічних опіків від безпосереднього зіткнення з гарячим поверненням або опосередковано через пароутворення при несправному обладнанні, або порушенні інструкцій з техніки безпеки. При роботі з гарячим поверненням травмування персоналу можливе при викиді повернення з живильника. Крім того, в результаті попадання шихти, що не спеклася, в бункер гарячого повернення відбувається інтенсивне пароутворення, що тягне за собою викид великої кількості пари через вікно видачі повернення. Частота травмування працівників із цієї причини невелика, але отримані у своїй травми (опіки) ставляться, зазвичай, до розряду важких і смертельних.

На ділянці агломашини в зоні горна передбачаються заходи для захисту робітників від впливу інфрачервоної радіації.

Значну шкідливість становить оксид вуглецю, що є продуктом неповного згоряння палива. Це безбарвний газ, що не має значних дратівливих проявів

впливу на робітника, що може бути причиною отруєння без будь-яких попередніх відчуттів. Окис вуглецю, витісняючи кисень з гемоглобіну крові, знижує вміст кисню в організмі з 18-20 до 8% (анонсемія). Гранично допустима концентрація – 20 мг/м^3 .

Спікальні машини, запальні горни та гуркоти є джерелами інтенсивних теплових випромінювань. Тому в цеху відбувається значне підвищення температури повітря. Несприятливий вплив високих температур повітря посилюється впливом тепла, що випромінюється.

Підвищений тепловий вплив на організм людини призводить до зниження його можливостей терморегулювання та може спричинити порушення теплового балансу організму. Крім того, різке коливання температури призводить до різних застудних захворювань.

Робота дробильних установок та гуркотів супроводжується шумом. Шум надає негативну дію на людину, викликає втому, перешкоджає зосередженню уваги, може викликати негативну реакцію та почуття роздратування. Тривалий вплив шуму може призвести до зниження слуху, інколи ж до глухоти. Шум надає негативний вплив на серцево-судинну та центральну нервову систему.

Для виробничих підприємств гранично допустимий рівень звуку встановлюється на рівні 80 дБА .

Для захисту виробничого персоналу від шуму машин її повністю закривають герметично звукоізолюючим кожухом, а внутрішні поверхні облицьовують звукопоглинаючими матеріалами.

Транспортування матеріалів здійснюється в основному стрічковими конвеєрами, очищення барабанів за допомогою системи гідрозмиву .

Всі конвеєри обладнуються пристроєм для їх аварійної зупинки в будь-якій точці по всій довжині конвеєра. Кут нахилу конвеєрів допускається до 17°.

Щоб уникнути аварійних завалів матеріалами під час роботи транспортерів влаштовується блокування, яке зупиняє суміжні транспортери у разі зупинки однієї з них.

При пуску аглострічи в роботу треба дотримуватися суворої послідовності операції з приведення в робочий стан вузлів і суміжних механізмів.

Прийом газу на пальнику горна здійснюється персоналом фабрики у присутності відповідального працівника газорятувальної служби.

Засувки колектора і пальників розташовуються щодо підлоги так, щоб обслуговуючий персонал мав до них вільний доступ і в той же час так, щоб вони не змогли перешкодити на шляху пересування обслуговуючого персоналу.

Ексгаустери, трубопроводи та арматура повинні бути теплоізольовані. Конструкція газовідводів повинна максимально сприяти усуненню відкладень в них пилу.

Технологічний процес агломерації організується так, щоб виключити необхідність перебування обслуговуючого персоналу в зоні дії шкідливого фактору.

Безпека трудового процесу складається з умов організації праці та кваліфікації персоналу, складовою, якою є знання та свідоме виконання вимог безпеки та виробничої санітарії.

Розглядаємо агломераційну машину, процес спікання шихти на якій повністю механізовано. Контроль основних параметрів автоматизований та ведеться у приміщенні ізольованому від впливу шкідливих факторів.

Ручна праця використовується при проведенні поточних та капітальних ремонтів, а також усунення дрібних неполадок без зупинки технологічного процесу.

Характерними видами шкідливостей у спічному відділенні агломераційного цеху є:

- надлишкове тепло;
- шкідливі гази;
- пил;
- шум;
- вібрація.

Джерелом надлишкового тепла є запальний горн і відкрита поверхня

агломерату, що спікається. Через наявність великої кількості надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря. Тепловий вплив на організм людини може спричинити різні захворювання (катаракта очей), а також зниження продуктивності праці. Надлишкове тепловиділення не має перевищувати 0,5-1,0 Дж.хв. /см^2 , фактично становить 3,0-4,0 Дж.хв /см^2 . Для видалення надлишкового тепла у спічному відділенні застосовується загальнообмінна вентиляція через віконні отвори та аераційні ліхтарі. Для покращення умов праці та захисту працюючих від теплового впливу влаштовуються ізольовані пости управління з подачею до них охолодженого повітря.

Гази, що утворюються в результаті спікання агломерату, містять велику кількість шкідливих хімічних сполук (сірчистий ангідрид, окис вуглецю, оксиди азоту). Їх гранично допустимі концентрації рівні: SO 2-10 мг/м^3 , CO 2-20 мг/м^3 окисли азоту – 5мг/м ^{3} . Для нейтралізації шкідливих сполук застосовується мокре очищення газів, що відходять, і видалення їх за межі виробничого приміщення.

У спічному відділенні пил утворюється при дробленні агломерату в хвостовій частині машини. Пил нетоксичний, його гранично допустима концентрація дорівнює 10 мг/м^3 . Нетоксичний пил також шкідливо впливає на організм людини, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха. Проникаючи в легені, пил може спричинити специфічні професійні захворювання. Для запобігання забруднення атмосфери пилом дробарки агломерату закриваються спеціальними кожухами, пил з яких видаляється через канали, що відводять, за межі будівлі. Фактична ступінь запиленості повітря становить 12-15 мг/м ^{3} .

Шум створюється під час руху спічних візків, роботи дробарок, віброживильників та погіршує умови праці, призводить до швидкої стомлюваності, втрати працездатності, порушення слуху. Рівень шуму має перевищувати 85 дБ, фактичний рівень шуму сягає 86-88 дБ. Для зниження рівня шуму обладнання, що є його джерелом, закривається звукоізолюючими кожухами.

Експлуатація електродвигунів приводу агломашини віброживильників призводить до виникнення вібрації. Вібрація впливає нервову систему, шлунково-кишковий тракт, м'язи, кістково-суглобовий апарат. Допустимий рівень вібрації дорівнює 85 дБ, фактичний рівень досягає 86 дБ. Для зниження вібрації електродвигуни встановлюють на окремі фундаменти та прокладки з гуми, віброживильники встановлюються на амортизаторах [32, 33].

Основними небезпеками у спічному відділенні є: небезпека механічних пошкоджень, небезпека ураження електричним струмом, небезпека опіків. Технологічна карта умов праці для обслуговуючого персоналу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Карта умов праці для обслуговуючого персоналу агломераційної машини

Чинники	Нормативне значення, ГДК, ПДК	Фактичне значення	III клас шкідливих та небезпечних умов та характер праці			Час дії фактора % за зміну
			1 ст.	2 ст.	3 ст.	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ^{3}						
1 клас небезпеки						
Ангідрид хромовий	0,5	0,068				94,6
3-4 клас небезпеки						
Азот діоксид	2,0	2,13	1,07			92,7
Аміак	20,0	23,76	1,79			92,7
II . Інфразвук, ДБ	20, 0	91		11		100
III . Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря °С,	15-2 6	46		6	20	92,7
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	140	327	327			28,3
I V. Робоча поза						
Нахил корпусу в просторі, обумовлений технологічним процесом	перебування у похилому положенні більше 30°					
	30,8%	30,8%				
Кількість факторів			3	1	1	

Основними заходами, спрямованими на недопущення механічних пошкоджень, є: огородження всіх механізмів, що обертаються, облаштування спеціальних проходів, використання світлових табло і плакатів.

Ураження електричним струмом може статися при доторканні з відкритими струмопровідними частинами, при пошкодженні ізоляції провідників, при зіткненні з обладнанням, що випадково опинилося під напругою. Небезпечним для людини є змінний струм величиною 20-25 мА. Захист від ураження струмом досягається ізоляцією струмопровідних частин, огорожею, використанням блокувань, захисним заземленням, запобіжною сигналізацією.

Небезпека опіків має місце у зв'язку з наявністю гарячого агломерату та нагрітого обладнання.

За результатами проведених вимірів обслуговуючий персонал агломераційної машини має право на пільгове пенсійне забезпечення. Отримують спеціальне харчування (пів літра молока за зміну, або інших молопродуктів у змінній пропорції). Мають право на додаткову відпустку не менше 12 днів. Також проходять планові медичні огляди не менше одного разу на рік, та можуть використати право на санаторно-курортне лікування в зв'язку з профілактикою професійних захворювань.

4.2 Технічні рішення щодо виробничої санітарії

4.2.1 Індивідуальні засоби захисту та побутово-допоміжні приміщення

Використання засобів індивідуального захисту робітниками є необхідним та обов'язковим і має велике значення для створення безпечних та нешкідливих умов праці, які запобігають травмам та професійним захворюванням.

В якості індивідуального захисту робітники застосовують спецодяг, спецвзуття, рукавиці, захисні каски. Для захисту від ураження електричним струмом застосовуються гумові рукавиці, чоботи, калоші, інструмент із

діелектричними ручками.

Побутові приміщення – це приміщення для задоволення санітарних і побутових потреб робітників під час перебування на роботі. Склад та устаткування побутових приміщень нормується [35, 36].

Зберігання домашнього та робочого одягу здійснюється у вбиральнях. Площа вбиралень на одного робітника становить мінімум 1 м^2 .Кількість кабінок у душових встановлено з розрахунку 1 кабінка на 5 осіб, число умивальників , яке також враховує кількість робочого персоналу – не більше 10 робітників на 1 змішувач.

Для постачання питної води в будинках встановлені питні фонтанчики, розташовані на відстані 40-50 м від будь-якого робочого місця. Температура води не більше 20 °С та не нижче 8 °С.

Для прийому їжі в цеху є їдальня та обладнано комнати відпочинку з чайниками та мікрохвильовими пічками.

4.2.2 Вентиляція та опалення виробничих приміщень

З огляду на велике тепловиділення під час технологічного процесу спікання шихти виробничі приміщення не мають спеціальної системи опалення.

Застосування систем припливної тепловентиляції вважають недоцільним через великий обсяг приміщення, тому достатньо влаштування повітрянотеплової завіси у залізничних воротах цеху та максимальне виключення нещільностей у віконних та інших отворах.

Влітку спостерігається підвищення температури повітря всередині виробничих приміщень до 35 °С. У таких умовах ефективне застосування газованої підсоленої води для пиття. З метою найкращого використання перерв обладнане приміщення, де забезпечена нижча температура за допомогою кондиціонерів. 1Іри переході з умов високої температури в умовах низької потрібно контролювати, щоб перепад був не більше 13÷15 °С.

Ефективним засобом забезпечення корисних гігієнічних властивостей

повітря є вентиляція.

У спічному відділенні застосовується природна вентиляція. Природна вентиляція забезпечується за рахунок теплового та вітрового тиску, що виникають внаслідок різниці температур між зовнішнім і внутрішнім повітрям, а також дії повітряних потоків. Ці процеси сприяють природному повітрообміну через спеціальні вентиляційні отвори – аераційні пристрої. При цьому свіже повітря надходить у приміщення через відкриті ворота та через вікна в нижній частині будівлі, а забруднене повітря з приміщення виходить через аераційні ліхтарі конструкції Гіпромезу. Швидкість руху повітря у приміщенні має перевищувати 0,3-0,5 м/ с [37, 38].

У відділенні мають місце технологічні викиди, що утворюють у процесі спікання агломерату. Викиди організовані та обладнані аераційними установками.

4.2.3 Освітлення виробничих приміщень

Важливим аспектом будь-якого виробничого процесу є правильна організація якісного та раціонального освітлення всіх технологічних та допоміжних операцій. У спічному відділенні застосовується комбіноване освітлення, а саме природне в поєднанні зі штучним освітленням.

Природне висвітлення здійснюється через вікна. Характеризується природне висвітлення величиною коефіцієнта природного висвітлення. Розряд робіт у спічному відділенні VIII, для якого к.е.о. = 1 [39].

Штучне освітлення застосовується двох систем: загальне і місцеве освітлення здійснюється світильниками Г-700 і Г-1000 з лампами LED типу потужністю мінімум 250 Вт. Також спільно з природним освітленням на ділянці використовується загальне освітлення світильниками розсіяного світла типу «Універсаль». У цьому випадку загальне освітлення має перевагу, тому що у виробничому приміщенні необхідно створити умови для нормальної роботи.

У спічному відділенні також присутнє як робоче, так і аварійне освітлення.

Аварійне освітлення забезпечує освітленість не менше ніж 5% нормативної для робочого освітлення.

Встановлені світильники розсіяного світла розміщені рівномірно двома рядами, лампи розжарювання за кольоровістю та спектральними характеристиками максимального наближені до природного світла.

4.3 Техногенна безпека

4.3.1 Організація безпечної експлуатації електроустановок

У зв'язку з наявністю струмопровідних підлог, можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будівлі, що мають з'єднання із землею, і корпусом електрообладнання відповідно до [40] приміщення спічного відділення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою.

Для забезпечення безпеки при роботі електрообладнання застосовуються електродвигуни закритого типу, для захисту від струмів короткого замикання та перевантаження застосовуються запобіжники, автоматичне захисне відключення. У спічному відділенні з метою створення безпеки під час роботи електрообладнання застосовується захисне заземлення всіх металевих невідповідних частин електрообладнання та броньової обкладинки кабелів. Внаслідок включення тіла людини в електричний ланцюг виникає небезпека електричного удару.

У ланцюгу із заземленою нейтраллю сила струму, що проходить через людину, дорівнює:

$$I_m = \frac{100U_l}{\sqrt{3}\cdot(R_m+R_n+R_{об}+R_0)} = \frac{1000\cdot380}{\sqrt{3}\cdot(100+30000+50000+4)} = 2.7\text{мА}. \qquad (4.1)$$

де $U_л$ – лінійна напруга;

R_m – опір тіла людини;

$R_{п}$ – опір статі;

$R_{про}$ – опір взуття;

$R_{о}$ – опір заземлення нейтралі.

У мережі із ізольованою нейтраллю струм; що проходить через людину, повертається до джерела через ізоляцію дротів. Сила струму людини, що проходить через тіло, в цьому випадку дорівнює:

$$I_m = \frac{1000\sqrt{3}U_l}{R_m+R_n+R_{об}+R_{из}} = \frac{1000\sqrt{3}\cdot 380}{1000+30000+50000+60000} = 4{,}5\text{мА} \qquad (4.2)$$

де $R_{з}$ – Опір ізоляції однієї мережі фази щодо землі.

Таким чином, в мережі із ізольованою нейтраллю струм, що проходить через людину, значно більше, ніж у випадках вимкнення в аналогічних умовах, але в мережі із заземленою нейтраллю.

4.3.2 Забезпечення пожежної безпеки

Спічне відділення відноситься до пожежонебезпечної категорії ”Г”, оскільки агломерат перебуває у розжареному стані, процес спікання агломерату супроводжується виділенням променистого тепла та полум'я. За пожежною небезпекою спічне відділення належить до класу П-1, за рівнем вибуховості до класу В-1.

При працевлаштуванні до цеху кожен робітник проходить первинний протипожежний інструктаж, а безпосередньо на робочому місці – повторний інструктаж.

Відповідальність за протипожежний стан цеху покладається на начальника цеху, який своїм розпорядженням призначає осіб, які відповідають за дотримання протипожежного режиму на дільницях.

Будівля спічного відділення відноситься до I ступеня вогнестійкості з

межею вогнестійкості 2,5 годин. Кількість евакуаційних виходів, ширина сходових маршів, дверей, проходів відповідає нормам [41, 42].

У літній час спостерігаються інтенсивні грози, внаслідок яких розряди блискавки можуть спричинити пожежі, тому використовуються спеціальні громовідвідні пристрої.

Для пожежної сигналізації використовується телефонна мережа. Встановлені у приміщеннях автоматичні сповіщувачі підключені через релейну приставку до телефонної лінії. У нормальних умовах приставка відключена від телефонної лінії, при нагріванні навколишнього середовища до критичної температури сповіщувач спрацьовує та підключає релейну приставку до телефонної лінії, внаслідок чого на комутаторі лунає сигнал.

Усі приміщення цеху обладнані засобами пожежогасіння. У спічному відділенні є пожежний водогін з кранами, поблизу яких встановлені шафи з пожежними рукавами та стовбурами; обладнано протипожежні щити з необхідною кількістю первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники, ящики з піском, ломи, лопати, багри).

Для гасіння загорянь широко застосовуються пінні вогнегасники ВП-10. Для гасіння загорянь в електроустановках застосовуються вуглекислотні вогнегасники ВВ-5 та ВВ-8.

Всі засоби пожежогасіння розміщені на видному місці, є вказівники їхнього розташування.

4.4 Визначення основних технологічних параметрів витяжної вентиляції

Для уловлювання пилу, що утворюється під час транспортування та спікання шихти, застосовується система циклонів. При їхньому використанні необхідно враховувати низку технічних вимог:

– Запобігання накопиченню пилу: у конічній частині циклону пил не повинен застоюватися – його слід регулярно видаляти, щоб

уникнути зниження ефективності очищення та можливих засмічень.

- Температурно-технічні обмеження: стандартні моделі циклонів здатні працювати лише при температурі газового потоку до 400 °С і тиску не вище 2,5 кПа. Для вищих температур необхідне додаткове термозахисне оснащення.
- Захист при високих температурах: при обробці гарячого газу внутрішню поверхню циклону облицьовують вогнетривкими матеріалами, а вихлопну трубу виготовляють із жароміцної сталі. За низьких зовнішніх температур температура стінки циклону повинна перевищувати точку роси не менш ніж на 20÷25 °С, щоб уникнути конденсації.
- Допустима концентрація пилу: при очищенні незліплого пилу в циклонах діаметром 800 мм і більше допустима початкова концентрація становить до 400 г/м³. Якщо пил має властивість злипатися або циклони мають менший діаметр, вхідна концентрація повинна бути знижена у 2÷4 рази.
- Оптимальне розміщення обладнання: для зниження зношування вентиляторів абразивними частинками рекомендується встановлювати циклони до них у системі, забезпечуючи роботу вентиляторів з уже очищеним газом.

До основного завдання аеродинамічного розрахунку повітроводу входять визначення поперечних перерізів повітроводу та розрахунок втрат тиску у мережі [43].

Втрати тиску в ділянці повітроводу, Па, визначають як суму втрат тиску на тертя ΔP_{TP} і на подолання місцевих опорів ΔP_Z:

$$\Delta P = \Delta P_{TP} + \Delta P_Z , \qquad (4.3)$$

де :

$$\Delta P_{TP} = \Delta P_R \ell;$$
$$\Delta P_Z = P_g \sum \zeta. \quad (4.4)$$

Питома втрата тиску:

$$\Delta P_R = \frac{\lambda}{d} P_g \quad (4.5)$$

Динамічне тиск потоку:

$$P_g = \frac{\upsilon^2 \rho}{2}, \quad (4.6)$$

де ℓ – Розрахункова довжина ділянки повітроводу ,

ζ –місцеві опори фасонної частини повітроводу;

λ – коефіцієнт тертя;

d – діаметр повітроводу;

υ – швидкість руху повітря, м/с;

ρ – щільність повітря , кг/ м^3.

Вихідні дані :

- загальна кількість повітря Q , м ^{3} /година: 7500;
- температура повітря : 25 С ^{0} ;
- число відгалужень : 10;
- загальна довжина відгалужень , м: 40;
- довжина магістрального повітроводу , м: 65 ;
- розташування відгалужень : одностороннє ;
- швидкість повітря в кінцевому відгалуженні , м/с: 2.5 ;
- швидкість повітря в магістральному повітроводі , м/с: 5 -12 ;
- очисний апарат : рукавний фільтр .
- схема до розрахунку витяжний вентиляції : рисунок 4.1

Місцеві опори

Ділянка І+1

Витяжний насадок із трьома дифузорами $\zeta = 1{,}1$

Відведення - коліно $\alpha = 90^0\ R/d = 1{,}0 = 0{,}25$ ζ

Поворот на 300 ζ 0,17

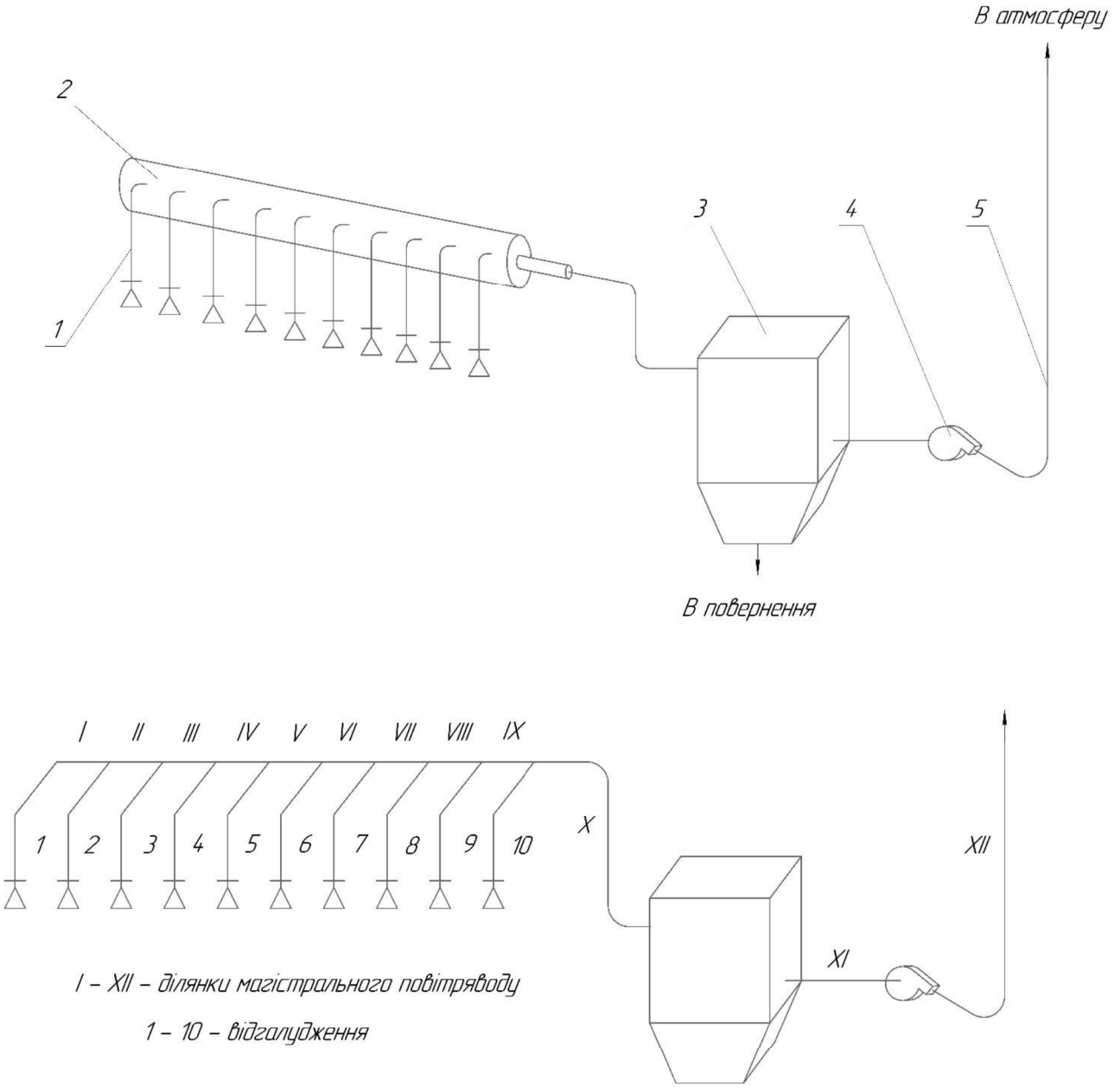


Рисунок 4.1 – Схема до розрахунку витяжний вентиляції: 1 – витяжне відгалуження ; 2 – повітропровід ; 3 – рукавний фільтр ; 4 – вентилятор; 5 – витяжна шахта.

Трійник на прохід

$$\frac{\upsilon_{I+1}}{\upsilon_{II}} = \frac{2,5}{5,5} = 0,45 \qquad \zeta = 2,3$$

Разом : $\sum \zeta = 3,82$

Ділянка II

Трійник на прохід

$$\frac{\upsilon_{II}}{\upsilon_{III}} = \frac{5,5}{7} = 0,78 \qquad \zeta = 0,04$$

Ділянка III

Трійник на прохід

$$\frac{W_{III}}{W_{IV}} = \frac{7}{7,5} = 0,93 \qquad \zeta = 0,02$$

Ділянка I V

Трійник на прохід

$$\frac{\upsilon_{IV}}{\upsilon_{V}} = \frac{7,5}{8} = 0,94 \qquad \zeta = 0,01$$

Аналогічно для ділянок V -IX.

Ділянка X

Секційне коліно $\alpha = 90^0$ 2 шт $\qquad \zeta = 0,78$

Ділянка XI

Конфузор $\qquad \zeta = 0,1$

Ділянка XII

Дифузор $\zeta = 0,1$

Секційне коліно $\alpha = 90\ 0$ $\zeta = 0,39$

Витяжна шахта, $h/d = 0,7$ $\zeta = 1,15$

Разом : $\sum\zeta = 1,59$

Усі розрахункові дані заносимо до таблиці 4.2.

Ділянка 2

Витяжний насадок із трьома дифузорами $\zeta = 1,1$

Відведення - коліно $\alpha = 90^0\ R/d = 1,0 = 0,25$ ζ

Поворот на 300 ζ 0,17

Трійник на відгалуження

$$\frac{\upsilon_{I+1}}{\upsilon_{II}} = \frac{2,5}{2,74} = 0,9 \qquad \zeta = 0,31$$

Разом : $\sum\zeta = 1,83$

Ділянка 3

Витяжний насадок з трьома дифузорами $\zeta = 1,1$

Відведення - коліно $\alpha = 90^0\ R/d = 1,0 = 0,25$ ζ

Поворот на 300 ζ 0,17

Трійник на відгалуження

$$\frac{\upsilon_{I+1}}{\upsilon_{II}} = \frac{2,5}{4,11} = 0,61 \qquad \zeta = 0,29$$

Разом : $\sum\zeta = 1,81$

Ділянка 4

Витяжний насадок із трьома дифузорами $\zeta = 1,1$

Відведення - коліно $\alpha = 90^0\ R/d = 1,0 = 0,25$ ζ

Поворот на 300 ζ 0,17

Трійник на відгалуження

$$\frac{\upsilon_{I+1}}{\upsilon_{II}} = \frac{2,5}{5,48} = 0,46 \qquad \zeta = 0,35$$

Разом : $\sum\zeta = 1,87$

Аналогічно для ділянок 5-10.

Усі розрахункові дані заносимо до таблиці 4.2.

Загальне опір вентиляційної системи :

$$\Delta P_{сист} = \Delta P_{общ} + \Delta P_{ап} = 173,84 + 1000 = 1173,84\,\text{Па}$$

де $\Delta P_{ап} = 1000$ - Опір рукавного фільтра .

Втрата тиску в системі з урахуванням запасу :

$$\Delta P_{сист} = 1,2 \cdot 1173,84 = 1400\,\text{Па}$$

Потужність на валу вентилятора:

$$N = \frac{\Delta P \cdot Q}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{1400 \cdot 7500}{3600 \cdot 1000 \cdot 0.71} = 4.1\text{кВт.}$$

При витраті повітря Q = 7500 м^3 /год та тиском 1400 Па вибираємо вентилятор Ц 4-70 №6, що працює з частотою обертання n = 960 об/хв і ККД =

0,71 у режимі Q = 8000 м ^{3} /год та 1400 Па.

Таблиця 4.2 – Дані розрахунку мережі

№ участку	Q, м ^{3} /година	ℓ, м	d, м	υ, м/с	P_g, Па	ΔP_R, Па/м	ΔP_{TP}, Па	$\sum\zeta$	ΔP_Z, Па	ΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I+1	750	9	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	3,77	15,11	16,43
II	1500	5	0,44	2,74	4,43	0,11	0,56	0,04	0,18	0,74
II I	2250	5	0,44	4,11	9,96	0,25	1,26	0,02	0,20	1,46
IV	3000	5	0,44	5,48	17,71	0,45	2,24	0,01	0,18	2,42
V	3750	5	0,44	6,85	27,67	0,70	3,50	0,01	0,28	3,78
VI	4500	5	0,44	8,22	39,85	1,01	5,05	0,01	0,40	5,44
VII	5250	5	0,44	9,60	54,23	1,37	6,87	0,01	0,54	7,41
VIII	6000	5	0,44	10,97	70,84	1,79	8,97	0,01	0,71	9,68
IX	6750	5	0,44	12,34	89,65	2,27	11,35	0,01	0,90	12,25
X	7500	8	0,495	10,83	69,10	1,52	12,18	0,78	53,90	66,08
XI	7500	2	0,495	10,83	69,10	1,52	3,05	0,1	6,91	9,96
XII	7500	10	0,66	6,09	21,86	0,34	3,43	1,59	34,76	38,19
										Усього 173,84
2	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,83	7,25	8,57
3	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,81	7,17	8,49
4	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,87	7,41	8,73
5	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,89	7,48	8,80
6	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,9	7,52	8,84
7	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,91	7,56	8,88
8	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,91	7,56	8,88
9	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,92	7,60	8,92
10	750	4	0,32	2,59	3,96	0,15	1,32	1,91	7,56	8,88

Висновки

1. Огляд технологічного процесу та обладнання агломераційного цеху металургійного комбінату «Запоріжсталь» виявив, що однією з ключових проблем є складність у механізованому подрібненні та прибиранні мерзлих матеріалів, а також недостатня ефективність очищення під'їзних колій та часта потреба у заміні віброрешіток.
2. Аналіз технічної та патентної літератури свідчить, що у світовій практиці застосовуються різноманітні технічні рішення для виконання подібних операцій, однак більшість з них мають аналогічні конструктивні недоліки, властиві обладнанню, яке експлуатується на комбінаті «Запоріжсталь».
3. Запропонована модернізація колієприбиральної машини дозволить досягти суттєвого підвищення її експлуатаційної ефективності: зростання продуктивності, подовжити термін служби основних вузлів, збільшити інтервали між плановими ремонтами.
4. Розроблено нову конструкцію консольно-поворотного крана, інтегрованого в платформу колієприбиральної трансферкари. Проведені розрахунки на міцність критичних елементів підтвердили високу надійність і працездатність обладнання в умовах інтенсивної експлуатації.
5. Для забезпечення стабільної та безпечної роботи модернізованої машини необхідно дотримуватись технічних вимог щодо її встановлення та обслуговування, що докладно описані у розділі 3. Крім того, для підвищення ефективності роботи цеху в цілому, слід впровадити комплекс організаційно-технічних заходів, наведених у розділі 4.
6. Запропоновані ідеї та розрахунки мають уніфікований характер і можуть бути впроваджені не лише на підприємстві «Запоріжсталь», а й на інших об'єктах чорної та кольорової металургії з подібною технологічною структурою.

Список використаної літератури

1. Руденко М.Р. Споруди та обладнання металургійних цехів. Модуль 1 Споруди та обладнання цехів підготовки сировини: конспект лекцій. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 67 с.
2. Cheng, Z., Yang, J., Zhou, L., Liu, Y., & Wang, Q. (2016). Sinter strength evaluation using process parameters under different conditions in iron ore sintering process. Applied Thermal Engineering, 2016, 105, pp/894–904. doi:10.1016/j.applthermaleng.2016.03.034
3. Lu L., Ishiyama O. Iron ore sintering. Iron Ore, 2015, pp.395–433. doi:10.1016/b978-1-78242-156-6.00014-9
4. Іващенко О.Д., Нікозять Ю.Б., Дмитренко В.І. Хімія і методи дослідження сировини та матеріалів: уавч. посіб. К., 2011. 606 с.
5. Русанов І. Ф., Петрушов С. М. Конструкції і обладнання фабрик окускування: навч. посіб. . Алчевськ: ДДТУ, 2010. .272 с.
6. Полєтаєв В.П., Похвалітий А.А.Технологія процесів (за фахом). Частина І «Аглодоменне виробництво» : конспект лекцій. Кам`янське: ДДТУ, 2019. 40 с.
7. Сировинні матеріали та їх підготовка до металургійних процесів / С. А. Воденніков та ін. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 408 с.
8. Features of agglomerate sintering using batch with previously prepared composites / V. V. Bochka та ін. Modern Problems of Metalurgy. 2019. Т. 1, № 22. С. 3–12. URL: https://doi.org/10.34185/1991-7848.2019.01.01
9. Altukhov V. M., Borovik P. V. Modern directions of development of metallurgical equipment for agglomerate crushing. Scientific news of Dahl university. 2021. URL: https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-20-3
10. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.) : навч. посіб. / Л. П. Грес та ін. Дніпро : Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. 106 с.
11. Нікіфоров В. М. Технологія металів. К., 1953. 400 с.

12. Денисюк Р. О. Хімічна технологія : підручник. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2017. 350 с.
13. Kassim S.R. Equivalent hardness concept and two-body abrasion of iron-base alloys.Wear. 2000. № 243. pp. 92-100.
14. Закалов О.В., Закалов І. О.Основи тертя і зношування в машинах: навч. посіб. Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 322 с.
15. Classification of connections machine parts by wear conditions / Y. Kharlamov et al. Herald of Khmelnytskyi National University. 2021. Vol. 301, no. 5. P. 79–86. URL: https://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-301-5-79-86
16. Іванов Г. О., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Підйомно-транспортні машини : метод. вказівки. Миколаїв : МІІАУ, 2020. 156 с.
17. Васильченко Т.О, Шевченко І.А, Гречаний О.М. Опір матеріалів : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 263 с.
18. Колосов Д.Л., Кіба В.Я. Опір матеріалів у прикладах та завданнях: навч. посібник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка», 2021. 106 с.
19. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
20. Підйомно-транспортні машини : навч.-метод. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський : Абетка, 2014. 368 с.
21. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посіб. Харків : НТУ "ХПІ", 2020. 275 с.
22. Ковтун Р.М. Складання металоконструкцій: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 560 с. ISBN: 966-8081-59-5
23. Погорєлов С. В., Ведмідь Ю. П. Підйомно-транспортні машини: лаб. практикум. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 48 с.
24. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : підручник. Київ : Наук. думка, 2002. 660 с.
25. Червоний Б.І. Теорія механізмів і машин: Курс лекцій. Рівне: НУВГП,

2006. 216 с.

26. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
27. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
28. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 374 с.
29. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 236 с.
30. Вимоги до стропів. *Онлайн-консультант інженера з охорони праці*. URL: https://ohoronapraci.com.ua/consultations/668438-vymohy-do-stropiv (дата звернення: 02.06.2025).
31. Види, призначення та норми бракування стропів. Правила вибору знімних вантажозахоплювальних пристроїв. *Освітній проект «На Урок» для вчителів*. URL: https://naurok.com.ua/vidi-priznachennya-ta-normi-brakuvannya-stropiv-pravila-viboru-znimnih-vantazhozahoplyuvalnih-pristro-v-392655.html (дата звернення: 02.06.2025).
32. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
33. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. К: Основа, 2009. 360 с.
34. НПАОП 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.

35. ДБН В.2.2–28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Чинний від 2011–10–01. Вид. офіц.
36. ДСП 3.3.1.038–99. Підприємства чорної металургії. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
37. ДСТУ EN 12097:2022. Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових повітроводів для полегшення обслуговування систем повітроводів. На заміну EN 12097:2006, IDT; чинний від 2024-09-01.
38. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
39. 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.
40. Правила улаштування електроустановок. URL: https://mev.gov.ua/storinka/pravyla–ulashtuvannya–elektroustanovok (дата звернення: 09.06.2025).
41. 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.
42. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.
43. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 16 с.

ДОДАТКИ