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 для пресування вогнетривких виробів

Виконав: студент групи 6.1332-с

Борисенко В. В.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Гречаний О.М.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.
(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

Борисенка Вячеслава Володимировича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення обладнання для пресування вогнетривких виробів
керівник кваліфікаційної роботи доцент, Ph.D. Гречаний О.М.
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 цеху з виготовлення шамотних виробів
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. Колінчасто-важільний прес СМ-1085А – 2А1; 2. Вал колінчастий – 1А1; 3. Система змащування пресу СМ-1085А – 1А1; 4. Фундамент – – 1А1; 5. Витяжна вентиляція – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		
2	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		
3	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		
4	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		

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

Борисенко В. В. Удосконалення обладнання для пресування вогнетривких виробів

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

Проаналізовані переваги та недоліки конструкцій агрегатів для напівсухого пресування сипких матеріалів. Запропоновано варіант модернізації вузла пресування коліноважельного пресу. Виконані необхідні для впровадження модернізації розрахунки. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології у вогнетривкому виробництві.

Ключові слова: шамот, коліноважельний прес, робота пресування, бункери, колінчастий вал, проміжний вал

ABSTRACT

Borysenko V. V. Improvement of Equipment for Pressing Refractory Products

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

The advantages and disadvantages of the designs of units for semi-dry pressing of bulk materials are analyzed. A variant of modernization of the pressing unit of the toggle press is proposed. The calculations necessary for the implementation of the modernization are performed. Attention is paid to the issues of technogenic safety and ecology in refractory production.

Keywords: chamotte, toggle press, pressing work, hoppers, crankshaft, intermediate shaft

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Загальні відомості про технологічний процес та місце в ньому пресового обладнання 8
1.2 Технічна характеристика основного технологічного обладнання 11
1.3 Пропозиції щодо усунення конструктивних недоліків основного технологічного обладнання 17
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 18
2.1 Розрахунок режимів пресування та вибір елементів приводу 18
2.2 Розрахунок конструкції колінчатого вала 21
2.3 Розрахунок проміжного валу 25
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 31
3.1 Монтаж пресу 31
3.2 Організація й проведення технічного обслуговування пресу СМ-1085А 33
3.3 Розрахунок фундаменту під прес 38
3.4 Система змащення й мастильні матеріали 42
3.5 Характеристика ремонтного господарства та механослужби цеху 50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 55
4.1 Дослідження рівня механізації й автоматизації технологічного процесу виробництва вогнетривів 55
4.2 Аналіз потенційно-небезпечних і шкідливих факторів 57
4.3 Розробка заходів захисту від впливів небезпечних і шкідливих виробничих факторів 59
4.4 Заходи з виробничої санітарії 60
4.4.1 Опалення й вентиляція 60
4.4.2 Природнє й штучне освітлення 61
4.4.3 Облаштування санітарно-побутових приміщень 64

4.5 Заходи пожежної безпеки 65
4.6 Заходи щодо техніки безпеки 67
4.7 Пропозиції по поліпшенню екологічних показників цеху та розрахунок витяжної вентиляції 68
Висновки 73
Список використаної літератури 74
ДОДАТКИ 78

ВСТУП

Вогнетриви використовують практично у всіх галузях промисловості. Основна кількість вогнетривів споживається чорною металургією, тому витрату вогнетривів відносять на виплавку тони сталі. У середньому світовий випуск вогнетривких матеріалів становить 2,5-6 % від об'єму сталі, що виплавляється.

Оскільки вогнетриви відіграють службову, допоміжну роль при виробництві сталі, цементу і т.д., то чим менше їх витрата, тим виробництво основної продукції ефективніше. Вогнетриви не тільки повинні витримувати високі температури не розплавляючись, але й мати комплекс інших властивостей і перш за все економити тепло, не руйнуватися під дією хімічного і механічного впливу.

Більшість вогнетривких виробів випускають у вигляді простих виробів типу прямокутного паралеліпіпеда, масою кілька кілограмів – це універсальна форма для виконання кладки різної конфігурації. В даний час ставиться завдання замінити там, де це ефективно, кладку з дрібноштучних виробів вручну монтажем футурування з великих вогнетривких бетонних блоків і монолітних бетонних набивних або вогнетривких мас, що формуються.

Основним технологічним фактором подальшої міцності виробу є правильна підготовка вже готової суміші до формування її в основному технологічному обладнанні – пресі. Від працездатності обладнання пресової ділянки залежить якість та своєчасність випуску вогнетривкої продукції.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 84 сторінки, на яких 8 рисунків, 9 таблиць, 6 додатків. Бібліографічний список має 39 найменувань літературних джерел.

Об'єкт проєктування – обладнання пресової дільниці ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

Мета роботи – усуннння конструктивних недоліків існуючої конструкції преса для формування вогнетривких виробів.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про технологічний процес та місце в ньому пресового обладнання

В даний час асортимент вогнетривів, що випускаються, на заводі різноманітний. У шамотному цеху пресують на пресах ППЮ-5А та СМ-1085 сифонні, стопорні, склянки та інші вироби шамотні [1].

Шамотними називаються вироби, виготовлені шляхом випалу сирцю, сформованого з розмелених вогнетривких глин або каолінів з їх шамотом, вміст від 28 до 45% Al_2O_3 [2]. Для виробництва шамотних виробів застосовуються:

- глини Дружковського родовища (марки ДН-2), Пологівського родовища (марок ПДГ-1, ПЛГ-2);
- каолін вторинний Пологівського родовища (марки ПЛК-0);
- шамот шматковий (марки ШКГД);
- лом шамотних виробів (марки ЛШ) – відходи виробництва та після служби у кладці печей;
- лігносульфанат технічний рідкий (марки «В»), що застосовується як клейка добавка.

Як правило, вогнетривку сировину піддають попередній обробці. Глини, каоліни осушують і подрібнюють, шамот отримують шляхом випалу глини та каолінів і подрібнюють [3]. Технологічна схема виготовництва шамотних виробів наведена на рисунку 1.1.

Подрібнення природної та обпаленої сировини та поділ її по крупності на фракції є одним з основних процесів вогнетривкої технології. Він має найважливіше значення для забезпечення високої якості вогнетривких виробів у зв'язку з вирішальним зерновим складом мас на їх здатність до ущільнення при пресуванні та при подальшому опікуванні. Шамот готують шляхом випалу глини в печах, що обертаються. Критерієм якості шамоту є його водопоглинання – у якісних шамотів воно має бути до 5%, особливо – якісного до 3,5% [4,5].

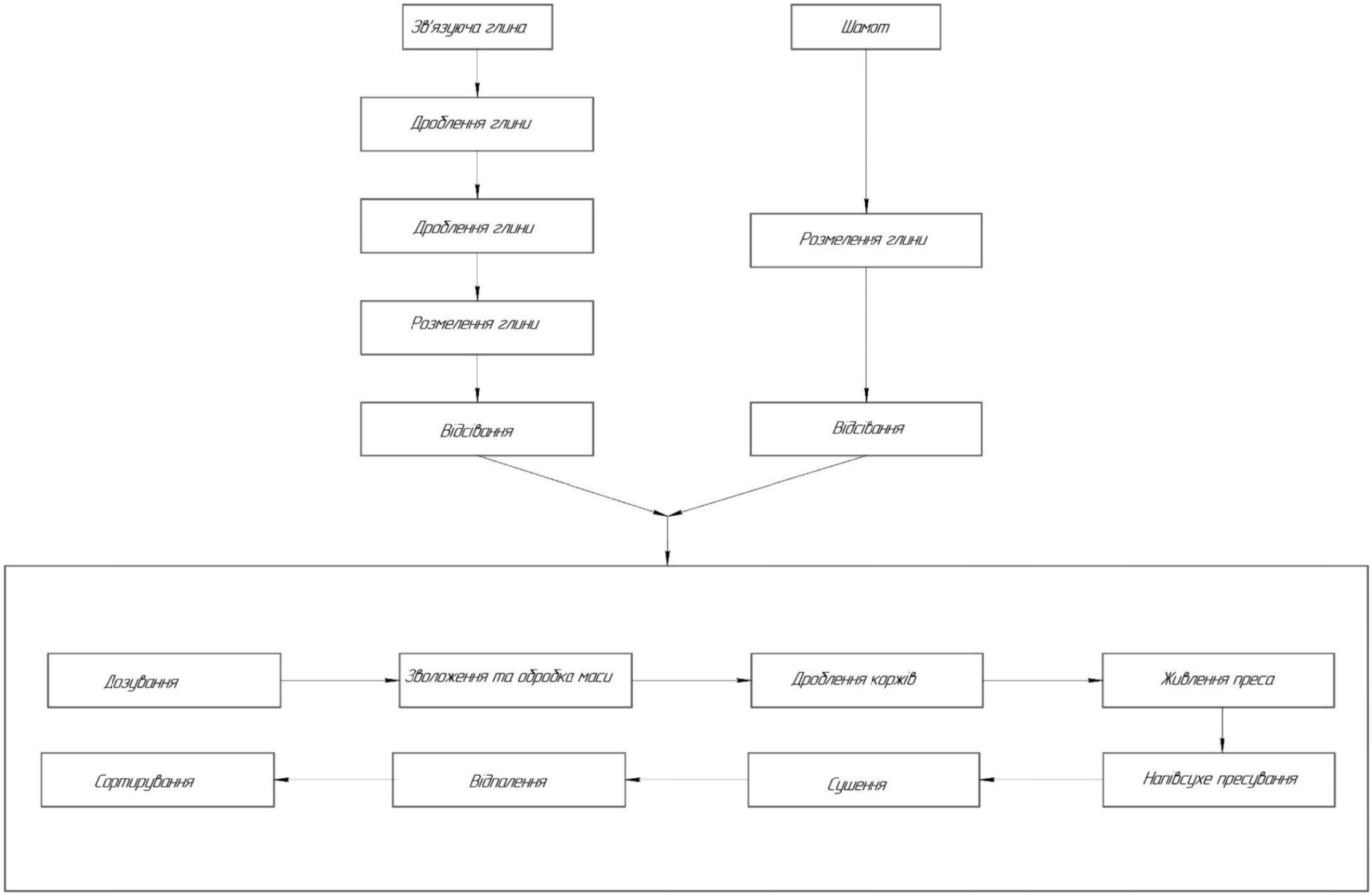


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва шамотних виробів в загальному вигляді

Шамот прямує на подрібнення в кульові млина, після чого проводиться розсіювання на фракції 0-3 мм і >3 мм. Фракції 0-3 мм подаються в шихтувальні бункери пресової ділянки, а фракції >3 мм направляються на доподрібнення в кульові млини.

Глина слугує зв'язуючим компонентом у шамотній масі, тому вона повинна бути рівномірно розподілена між частинками шамота, для чого її необхідно вводити у тонкоподрібненому вигляді. Для приготування глини як зв'язування застосовується схема з сушильним барабаном, що включає грубий помел глини, її сушку, тонкий помел і транспортування в бункера [6].

Кожен вид меленого вогнетривкого матеріалу зберігається в окремих бункерах помольного ділянки, у тому числі подається в бункера пресових ділянок. Зерновий склад та вологість порошків вогнетривкої сировини, що надходять у шихтувальні бункери повинні відповідати певним вимогам [7].

Оптимальний зерновий склад порошків визначаємо шляхом численних досліджень. Збільшення вмісту великих фракцій погіршує не тільки зовнішній вигляд, але й якісні показники (пористість і межа міцності). Маса з надлишком дрібних фракцій (< 0,5 мм) має підвищене пружне розширення і більше схильна до перепресування.

Мелені вогнетривкі матеріали при подачі в шихтувальні бункери пресових ділянок піддаються магнітній сепарації. Шихтувальні бункери повинні бути заповнені порошком не менше, ніж на 1/3 їх висоти. Дозування компонентів шихти проводиться автоматичними дозуючими вагами, а шлікера – автоматичним дозувальним пристроєм конструкції заводу.

Приготування шлікера проводиться у гвинтовій мішалці з водяного розчину рідкого лігносульфакату технічного марки «В» та меленої глини ДН-2. Щільність шлікера має бути не менше 1,2 г/см^3. Приготування вогнетривкої маси проводиться на відцентрових змішувачах, що працюють в автоматичному режимі. Загальна тривалість одного замісу вогнетривкої маси 4 хвилини. Вогнетривка маса протирається через ситопротирку, вологість її після обробки 6-9%. Зберігання маси понад 30 хвилин не допускається [8].

1.2 Технічна характеристика основного технологічного обладнання

Лінія приготування маси призначена для дозування, перемішування, подачі маси в ситопротирку преса ПЮ-5 №4 ШЦ . замовника.

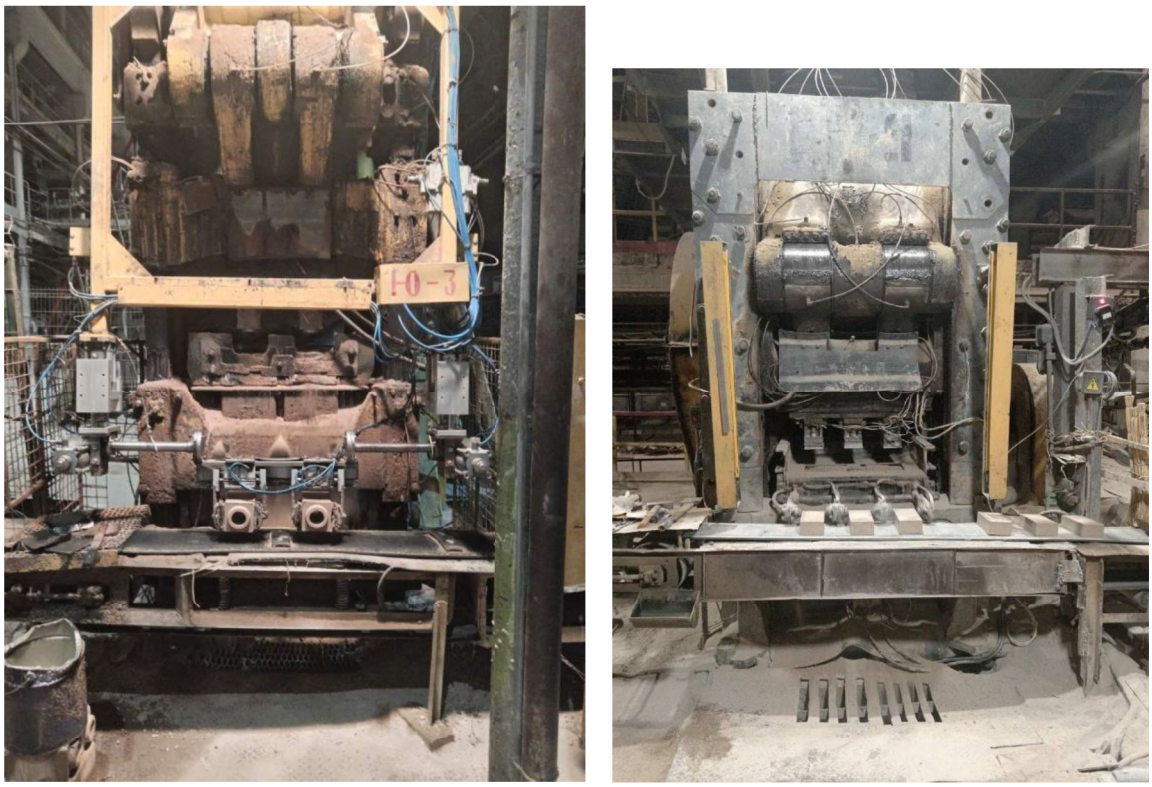
Для роботи лінії необхідні стиснене повітря до не менше 0,45 МПа не грубіше 10 класу забрудненості, 3-х фазний електричний струм U = 380 В , 50 Гц. Бункери для компонентів маси, з яких проводиться дозування, змішувач, конвеєр подачі готової маси в бункер преса не входять до комплекту поставки лінії та поставляються замовником.

Експлуатація лінії призначена в кліматичних умовах У, категорія розміщення – 4.

Прес ППЮ-5А (рис. 1.2 а) та СМ-1085 (рис. 1.2 б) відносяться до типу механічних коліноважільних пресів безперервної дії з двостороннім ступінчастим режимом пресування та призначений для пресування сирця з порошків вологістю 6-9%. Основні технічні хаорактеристики преса ППЮ-5 А наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – технічні характеристики преса ППЮ-5А

Показник	од. виміру	значення
Продуктивність за годину	шт.	900
Число пресувань за хвилину	-	8
Кількість прес-форм	шт.	2
Зусилля пресування	т	300
Максимальна висота виробу	мм	320
Максимальна глибина засипки	мм	550
Потужність	кВт	18
Коефіцієнт засипки	-	1,8
Максимальна вологість маси	%	7
Вага преса	т	22



а б

Рисунок 1.2 – Коліноважільні преси напівсухого пресування шамотних вогнетривів: а – прес типу ППЮ-5А; б – прес типу СМ-1085

Прес СМ-1085 складається із двох незалежних одна від інший секцій (лівої й правої) (рис.1.3) для одночасного пресування на кожній секції чотирьох цегл. Цикл роботи однієї секції стосовно іншої зміщено по фазі на 180° і відбувається за один оберт колінчатого вала. Така конструктивна особливість дозволяє пресувати цеглу на одній секції, при поточному ремонті іншої без зупинки преса в цілому [9].

Двостороннє пресування цеглин відбувається завдяки, переміщуємої (плаваючої) у вертикальному напрямку підпружиненої форми, що зменшує ступінь нерівнощільності пресування. При цьому відбувається напівавтоматичне керування пресом [10, 11].

Механізм пресування складається із двох боковин (штанг), траверси із прикріпленими до неї чотирма нижніми штемпелями й вала, на який надета верхня серьга, серганая з нижньою сергою. До останньої шарнірно кріпиться крейцкопф. До нижньої площини крейцкопфа прикріплений блок верхніх

штемпелів (пуансонів), що поєднує чотири штемпелі. Механізм пресування з'єднаний шатуном з колінчатим валом. Обігрів штампів здійснюється електронагрівальними елементами.

Засипний механізм змонтований над столом преса. Для поглинання поштовхів, що виникають при русі каретки, над нею встановлені спіральні пружини. Привод каретки здійснюється роликом, який котиться по профілю кулака. Стіл преса складається із кронштейнів, що утворюють передню й задню частини стола камер, що пресують, сталевих аркушів і електронагрівальних пристроїв. камери, що пресують, являють собою два притискні бруси, між якими закріплені пластини, що утворюють чотири форми для пресування цегли. Для пресування інших виробів штемпеля й камери заміняють [12].

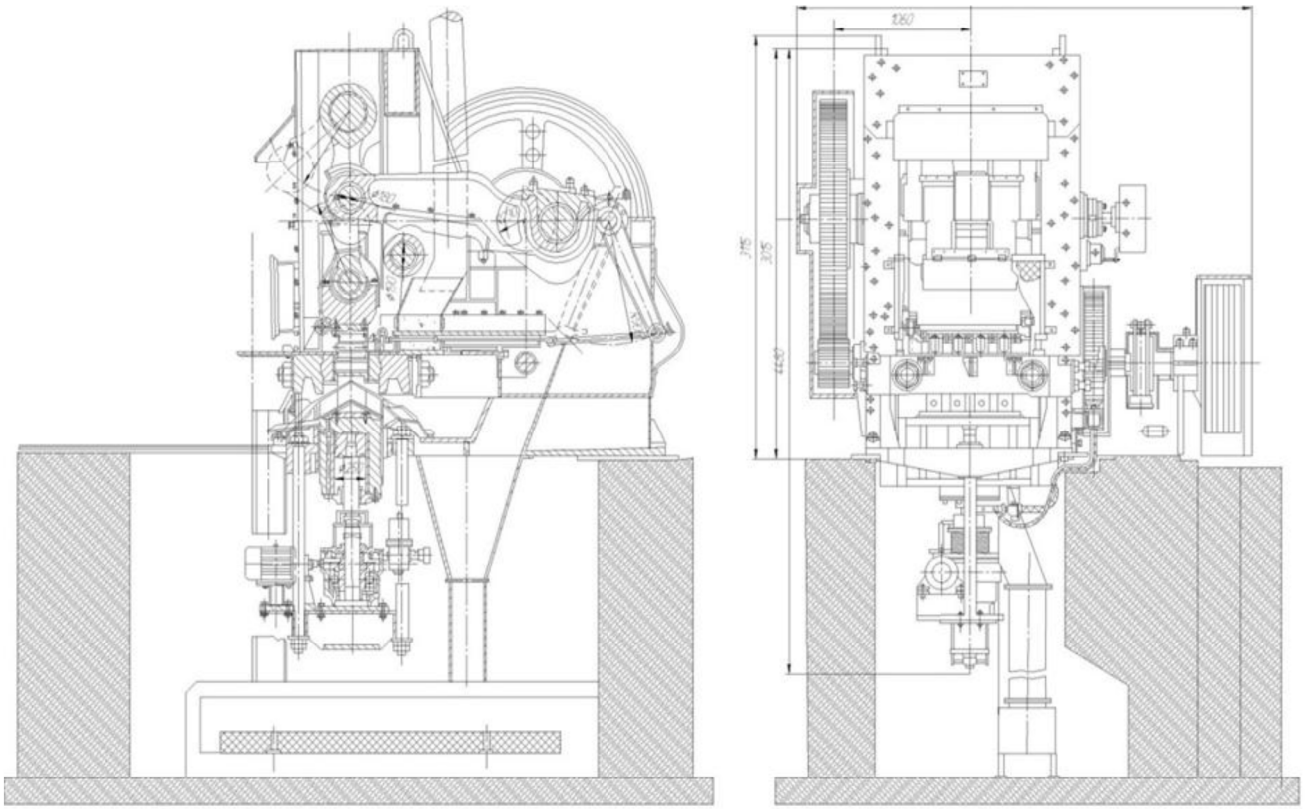


Рисунок 1.3 – Прес СМ-1085А (вид загальний)

Механізм виштовхування змонтований з нижньої сторони фундаментної плити. Він має двуплечий важіль, регульовану тягу, двохопорний вал, траверсу, вал керування й деталі, закріплені на них.

Підготовлена маса за допомогою каретки, що робить зворотно-поступальні рухи, заповнює прес-форму; при цьому одночасно з обертанням колінчатого вала нижні штемпелі опускаються. Після заповнення прес-форми опускаються верхні штемпелі; під дією ваги частин, що вільно опускаються, механізму пресування відбувається уплотнение маси — перший щабель пресування. При подальшім обертанні колінчатого вала наступає перша пауза пресування («вибирається» зазор, рівний 12 мм).

Використання та освоєння нового зразка преса для напівсухого пресування дало можливість перевести на цей прогресивний метод ряд найменувань сифонних виробів [13].

Умовно – річна економія, отримана від впровадження та виробництва дослідного зразка, становить 300,4 тис грн. Виготовлення та впровадження у виробництво власне преса дає збільшення умовно-річної економії в 2 рази.

Виробництво цегли методом напівсухого пресування. Потужність заводів від 10 до 50 млн. штук цегли в рік. Пропонований метод сухого формування передбачає підсушування глини в сушильному барабані протягом 10-15 хвилин, після чого глина подрібнюється дробаркою в порошок та формується в цеглу коліно-важільними пресами [14].

Оскільки формування відбувається при вологості порошку 8-10 %, то відформована цегла не вимагає сушіння й подається відразу після формування в піч. Отже не потрібні витрати на енергоносії для сушіння. Не потрібно введення в глину добавок для поліпшення сушильних властивостей цегли.

Навіть при наявності в глині солей вони не виступають на поверхню цегли. Технологічне устаткування більш просте й споживає значно менше електроенергії. Одночасно знижуються витрати на придбання й монтаж устаткування.

Для випалу цегли рекомендують кільцеві печі зі знімними склепіннями. Дані печі поєднують у собі переваги кільцевої й тунельної печі. Тобто з однієї сторони вони повністю механізовані, а з іншого боку не вимагають великої кількості вагонеток. Завдяки конструктивним особливостям завантаження та

вивантаження печей відбувається через верх, шляхом підйому склепіння, партіями цегли від 300 до 500 штук.

Після завантаження, склепіння повертається на місце та футерується плитами вогнетривкого матеріалу, а випал проводиться як у звичайній кільцевій печі. До переваг цієї печі можна віднести розосереджений відбір димових газів, що дозволяє одержувати цеглу гарантовано більш високої марки, ніж в тунельній печі.

Пропоновані печі більш економічні й споживають значно менше газу й електроенергії. Вартість будівництва цих печей в 2 рази менше, в порівнянні з аналогічними тунельними. Довжина кільцевої печі зі знімними склепіннями потужністю 15 млн. штук умовної цегли в рік становить усього 45 метрів.

Заводи можуть комплектуватися устаткуванням для нанесення на лицьову поверхню цегли глазурі або ангоба. Це дозволяє одержувати цеглу практично будь-якого кольору.

Порівняльний аналіз роботи цегельних заводів показує, що собівартість цегли при напівсухому методі в 2..3 рази нижче, ніж при пластичному формуванні.

Але даний метод далекий від досконалості та все ж таки може призводити до утворення типових дефектів формуємих виробів:

– перепресована тріщина.

Поява її пов'язана з пружним розширенням маси після зняття тиску. Для уникнення цього дефекту необхідно забезпечити дотримання низки технологічних умов, а саме:

a) підтримання оптимальної заданої вологості маси. Збільшення вмісту вологи ускладнює дезаерацію маси і створює високий тиск запресованого повітря, нестача вологи знижує рухливість маси і викликає появу тріщин.
b) дотримання заданого зернового складу та подібних порошків та маси.
c) тріщини на бічних або торцевих гранях сирцю – від місцевого вироблення пластин. Вироблення пластин більше 0,3 мм не

допускається.

– виріб нерівномірний за товщиною – причинами можуть бути:

a) різна висота нижніх штампів;

b) нерівномірне засипання маси у форму, через -несправність або залипання рукавів, що живлять масою засипну каретку.

c) не відрегульовані за висотою штемпелі штампів та деформація корпусу штампелів за висотою.

– зрив поверхні – несвоєчасне чищення штампів, перезволожена маса, погана термообробка штампів, недостатня чистота обробки поверхні штампів, недостатня температура електропідігрівів штемпелів прес-форм;

– не чіткі грані, відбитість кутів і ребер, задирки (кромка) – несвоєчасна заміна або неправильне припасування штампів, нерівномірне засипання маси в прес-форму і т.д.

– цегла зі слабкими кутами – нерівномірне засипання прес-форми або крупнозернистий прес-порошок. В цьому випадку необхідно очистити каретку та засипний ящик від грудок.

– мала міцність цеглини – недостатня глибина засипання прес-форми, неякісний прес-порошок.

При пресуванні необхідно підтримувати постійним рівень маси живильника преса, а також наявність порошків в шихтувальних бункерах не менше ніж на 1:3 висоти бункера.

Для забезпечення товарного виду сирцю (збереження цілісності ребер та кутів) під час знімання з преса необхідно забезпечити повний вихід сирцю з прес-форми. Це досягається утриманням пуансонів у верхньому положенні на висоті 5-8 мм над рівнем столу. Отримання заданих розмірів сирця по товщині забезпечується установкою однакової глибини засипання маси у всіх формах. Задана щільність сирцю, що здається, за інших рівних умов (зерновий склад, вологість маси, глибина засипки і т.д.), забезпечується питомим тиском при пресуванні.

1.3 Пропозиції щодо усунення конструктивних недоліків основного технологічного обладнання

На основі аналізу технічної літератури в джерелах вільного доступу, можна зробити висновок, що більшість сучасних розробок у сфері пресування спрямовані переважно на підвищення продуктивності шляхом модернізації існуючого обладнання. Натомість питання покращення якості пресованих виробів часто залишаються поза увагою, що є не зовсім доцільним, особливо з урахуванням високої вартості компонентів шамотних вогнетривких матеріалів. Це створює необхідність переорієнтації уваги з суто продуктивності на забезпечення стабільної якості готової продукції та зниження рівня браку.

Сировина для напівсухого пресування шамотних вогнетривів зазвичай має форму порошку. У процесі формування важливо, щоб порошок володів достатньою пластичністю – здатністю під дією зовнішнього навантаження набувати псвної форми і збсрігати її після зняття тиску. Нсдостатня пластичність, а також нерівномірне заповнення прес-форми можуть призвести до утворення порожнин, аркових структур, містків і пустот. Це, у свою чергу, спричиняє появу внутрішніх дефектів: тріщин, розшарувань, а також зниження міцності заготовки, що ускладнює її виймання з прес-форми, транспортування й підготовку до випалу.

Для усунення цих проблем і забезпечення більш рівномірного заповнення формувальної матриці, пропонується встановлення спеціального розворушувача вібраційної дії. Цей елемент конструкції виконує спрямоване перемішування суміші в процесі її засипання. Завдяки мультівібрації та низькочастотним коливанням, які виникають під час переміщення мірного ящика, розворушувач запобігає передчасному ущільненню матеріалу та сприяє кращому його розподілу в матриці. Конфігурація розворушувача зазвичай підбирається залежно від форми майбутнього виробу.

Експериментальні дослідження підтверджують позитивний вплив активного розворушувача на якість заповнення, особливо у випадках, коли йдеться про вироби з тонкими високими стінками [15]. Завдяки попередньому ущільненню та більш рівномірному розміщенню частинок у формі, кількість залишкового повітря в суміші суттєво зменшується, а отже покращується якість готової продукції.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок режимів пресування та вибір елементів приводу

Фактичне зусилля пресування складає 124 кН. При кількості ходів повзуна $n = 7$ хв$^{-1}$, тривалість одного циклу обертання розраховується як [16]:

$$t_ц = \frac{60}{7} = 8{,}57\,с, \tag{2.1}$$

Шлях повзуна під навантаженням під час пресування позначається h. Тоді робота, витрачена на пресування, дорівнює:

$$A = P \times h = 124 \times 0{,}2 = 24{,}8 кН \cdot м. \tag{2.2}$$

Тривалість активної фази пресування:

$$t_р \approx \frac{t_ц}{2} \times \frac{h}{2 \times a} = \frac{8{,}57}{2} \times \frac{200}{2 \times 290} = 1{,}49\ с, \tag{2.3}$$

Швидкість повзуна під навантаженням:

$$\upsilon = \frac{h}{t_р} = \frac{200}{1{,}49} = 0{,}134\ м/с, \tag{2.4}$$

Потужність, необхідна для виконання пресування:

$$N = \frac{P \times V}{0{,}75} = \frac{124 \times 0{,}134}{0{,}75} = 22{,}15 кВт$$

Щоб зменшити пікові динамічні навантаження на електродвигун, використовується інерційний маховик.

Характеристики маховика:

- Зовнішній діаметр D_m = 1000 мм
- Ширина обода b = 200 мм
- Діаметр інерції: D = 0,7 × D_m = 0,7 м

Вага маховика [17]:

$$G = \frac{\pi \times 100^2}{4} \times 20 \times 7{,}85 = 1500 \text{ кг}; \quad (2.5)$$

діаметр, що характеризує інерцію маховика [18]

$$D=0{,}7 \cdot D_м=0{,}7 \cdot 100=700 \text{ мм}; \quad (2.6)$$

момент маховика (маховий), кг м^2

$$GD^2 = 1500 \cdot 0{,}7^2 = 735; \quad (2.7)$$

момент (маховий) ротора згідно технічної характеристики агрегату 30, а всіх з'єднувальних частин від двигуна до преса 90, тоді сумарний маховий момент, Н м^2:

$$GD^2 = 735+(30+90)=855=8550.$$

Швидкість маховиків після передачі кінетичної енергії, кутову швидкість маховиків можна визначити як [19]:

$$\Delta A = \frac{GD^2_{пр}}{7200} \times (n_0^2 - n_1^2), \quad (2.8)$$

звідки

$$n_1 = \sqrt{1450^2 - \frac{7200 \times 6194}{855}} = 1432 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо трьохфазний електродвигун асинхронного типу 4А180М4У3 потужністю (номінальною) Р=30 кВт з n=1470 хв$^{-1}$ [20].

Проковзування в двигуні [20]:

$$s = \frac{1470 - 1432}{1470} = 0{,}025\text{, тобто } 2{,}5\%. \qquad (2.9)$$

Відхилення кутової швидкості від номінальної:

$$\Delta\omega = \frac{\pi}{30} \times (1470 - 1432) = 4 \text{ с}^{-1}. \qquad (2.10)$$

Час прискорення електродвигуна між двома операціями пресуваннями:

$$t_у = t_ц - t_р = 8{,}57 - 1{,}49 = 7{,}08 \text{с}.$$

тоді при розгоні двигуна прискорення можна розрахувати як:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{t_у} = \frac{4}{7{,}08} = 0{,}56 \quad 1/\text{с}^2. \qquad (2.11)$$

Момент, що враховує динамічну складову між двома технологічними операціями пресуваннями.

$$M_{дин} = \frac{GD^2}{4 \times g} \times \varepsilon = \frac{855}{39{,}2} \times 0{,}56 = 12{,}21 \text{ Н} \cdot \text{м}. \qquad (2.12)$$

Згідно технічних характеристик номінальний момент обраного двигуна [20]:

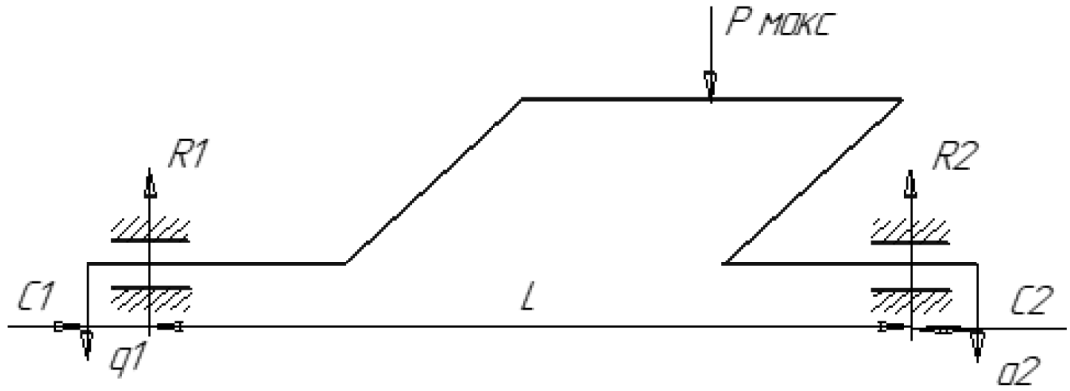
$$M_н = 9550\frac{P}{n}\text{, Нм} \qquad (2.13)$$

$$M_н = 9550\frac{30}{1470} = 194{,}9\text{Н}\cdot\text{м}$$

Отже обраний електродвигун відповідає технологічним вимогам, так як він забезпечує можливість компенсації виникаючого динамічного моменту і при цьому не виникатиме режиму роботи з перевантаженнями.

2.2 Розрахунок конструкції колінчатого вала

Колінчатий вал розглядається як балка, що спирається на дві опори. Розподіл навантажень на вал зображено на рисунку 2.1.



P_{max}=124000Н – максимальне технологічне зусилля

q_1= 2100Н – вага правої великої шестерні з кулачком механізму механічного засипання;

q_2= 2200Н – вага лівої великої шестерні з кулачком механізму, що виштовхує.

Рисунок 2.1 – До розрахунку валу колінчатого

Розрахунок опорних реакцій виконується за рівняннями моментів [21]:

$$-q_1(c_1 + L) + R_1 L - P_{max}\frac{L}{2} + q_2 c_2 = 0 \qquad (2.14)$$

Тоді:

$$R_1 = \frac{P_{max} \times \frac{L}{2} - q_2 c_2 + q_1 (c_1 + L)}{L}, H \qquad (2.15)$$

$$R_1 = \frac{124000 \frac{1300}{2} - 2200 \times 375 + 2100(270 + 1300)}{1300} = 61937 H$$

Рівновага моментів відносно лівої опори:

$$q_2 (c_2 + L) + R_2 L - P_{max} \frac{L}{2} + q_1 c_1 = 0 \qquad (2.16)$$

Тоді

$$R_2 = \frac{P_{max} \times \frac{L}{2} - q_1 c_1 + q_2 (c_2 + L)}{L}, H \qquad (2.17)$$

$$R_2 = \frac{124000 \frac{1300}{2} - 2100 \times 270 + 2200(375 + 1300)}{1300} = 66366 H$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$R_1 + R_2 = q_1 + P_{max} + q_2 \qquad (2.18)$$

$$128300 = 128300$$

Вірність обраних рішень підтверджено.

Максимальний згинальний момент визначається у середині вала [22]:

$$M_b = -q_1 \left(c + \frac{L}{2} \right) + R_1 \frac{L}{2}, Нм$$

$$M_b = -2100\left(645 + \frac{1300}{2}\right) + 61937\frac{1300}{2} = 4026{,}034 \text{ Нм}$$

Крутний момент на валу дорівнює Mα = 460000 Н·м. Сумарний еквівалентний момент обчислюється за формулою:

$$M = M_b\left[0{,}35 + 0{,}65\sqrt{1 + \left(\frac{\alpha \times M_\alpha}{M_b}\right)^2}\right], \text{Нм}$$

$$M = 4026{,}034\left[0{,}35 + 0{,}65\sqrt{1 + \left(\frac{1 \times 460000}{4026{,}034}\right)}\right] = 15834{,}85 \text{ Нм}$$

Під час обертання колінчатого вала зусилля в шатуні та крутний момент на валу преса змінюються в залежності від кута повороту осі коліна відносно горизонтальної осі ОА (рис. 2.2). Відповідно до різного питомого тиску під час пресування й осадки маси та залежно від положення колінчатого вала визначаються значення зусилля пресування Q, зусилля в шатуні Р і крутного моменту М на колінчатому валу. Отримані результати розрахунків систематизуються в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Зусилля, що діють на колінчастий вал

№ п/п	p, Н/мм²	δ мм	Кут повороту осі колінчатого вала, α^0	Q Н	L плече колінчатого вала, см	Р Н	М Н см
1	0	-	-	-	-	-	-
2	1	41,0	130	105800	19,1	24000	460000
3	1,5	44,3	138	159000	17,5	25000	437000
4	2	46,5	145	212000	14,3	22400	321000
5	2,5	48,5	155	264000	10,6	15400	163000
6	3	49,5	170	317000	4,34	3320	14400
7	3,5	50,8	175	370000	2,18	910	1982
8	4	51,6	180	423000	0	-	-

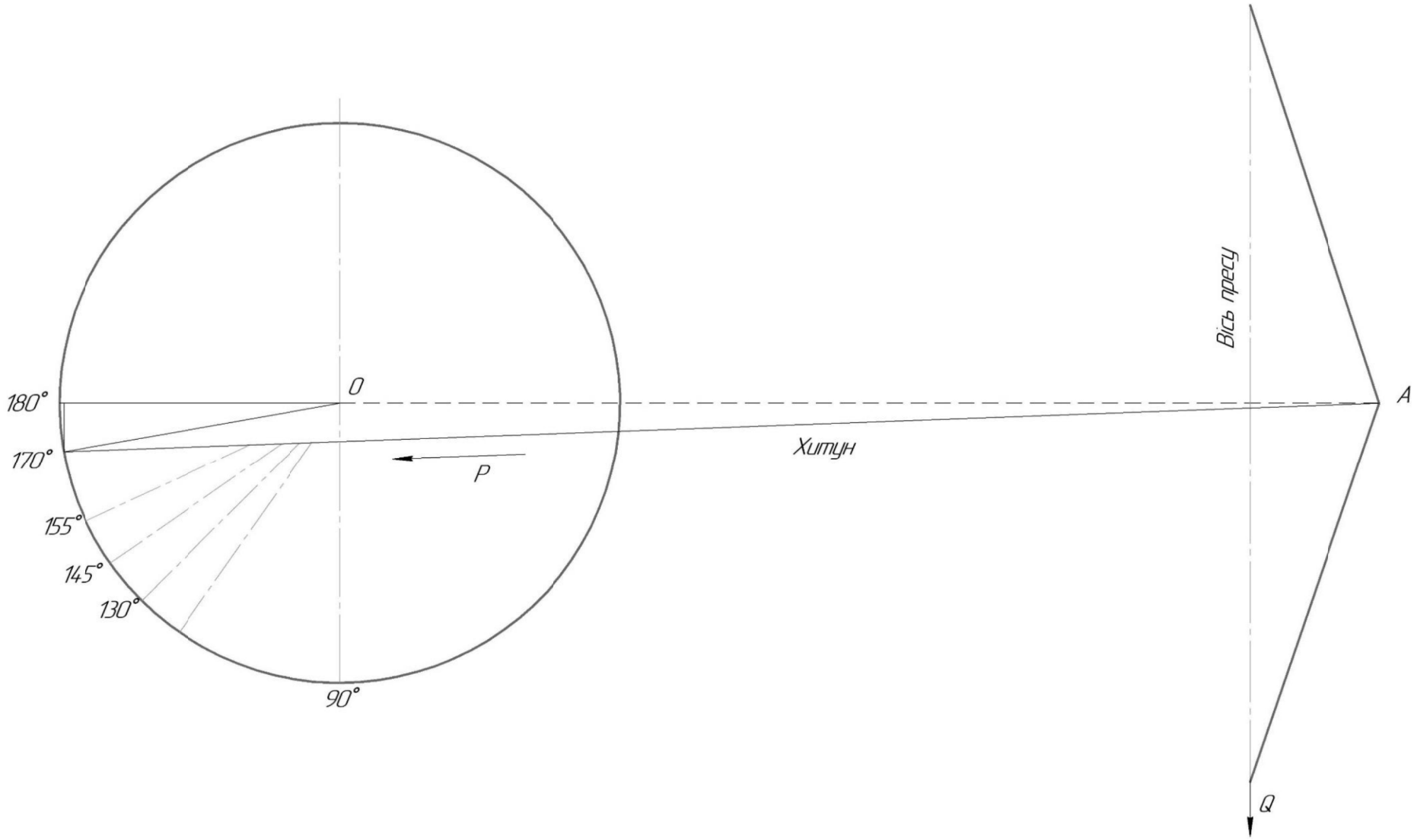


Рисунок 2.2 – До визначення зусилля при різних положеннях колінчастого валу

2.3 Розрахунок проміжного валу

Вихідні дані:

- максимальний крутний момент T_2=3000 Н·м;
- характер навантаження змінний;
- діаметри (ділильні) зубчастого зачеплення
  $d_2 = d_1 = 500$мм, $d_3 = 700$мм ;
- кількість обертів валу $n = 42 хв^{-1}$.
- схема до розрахунку наведена на рисунку 2.3

Окружне зусилля в $z_1 - z_2$ [23]:

$$F_{t_2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \times 3000}{0,5} = 12000 Н, \quad (2.19)$$

Радіальне зусилля в зачепленні:

$$F_{r_2} = F_{t_2} tg20^0 = 30000 \times 0,364 = 10920 Н, \quad (2.20)$$

Окружне зусилля для $z_3 - z_4$:

$$F_x'' = \frac{2T_2}{d_3} = \frac{2 \times 3000}{0,7} = 8571,4 Н \quad (2.21)$$

Радіальне зусилля

$$F_y'' = F_{t_3} tg20^0 = 8800 \times 0,364 = 3200 Н \quad (2.22)$$

Реакції в опорах в площинах [24]:

а) вертикальній

$$\sum M_{A_y} = 0; \quad F_1' 200 + F_y'' 300 - B_y 1190 = 0 \qquad (2.23)$$

$$B_y = \frac{640 + 3270 + 12971}{1240} = 13{,}6\,\text{Н};$$

$$\sum M_{B_y} = ; \quad F_y'' 50 + F_y' 940 - A_y 1440 = 0; \qquad (2.24)$$

$$A_y = \frac{545 + 10246 + 4680}{1240} = 11{,}4\,\text{Н};$$

б) горизонтальній:

$$\sum M_{A_x} = ; \quad F_x' + F_x'' - B_x = 0; \qquad (2.25)$$

$$B_x = \frac{1760 + 9000 + 35700}{1240} = 34{,}6\text{Н}.$$

$$\sum M_{B_x} = ; \quad F_x'' + F_x' - A_x = 0;$$

$$A_x = \frac{1350 + 28200 + 12672}{1240} = 34{,}2\,\text{Н};$$

Таким чином згинаючі моменти:

$M_y'' = 228000\,\text{Н} \times \text{мм}$; $M_x'' = 700000\,\text{Н} \times \text{мм}$; $M_y''' = 342000\,\text{Н} \times \text{мм}$;

$M_x''' = 10500000\,\text{Н} \times \text{мм}$; $M_y'' = 68000\text{Н} \times \text{мм}$; $M_x'' = 173000\text{Н} \times \text{мм}$;

Наведені сумарні згинаючі моменти, в перетині під зубчастим зачепленням:

$$M_2 = \sqrt{(M_y'')^2 + (M_x'')^2} = \sqrt{228^2 + 700^2} = 736\text{кНм}; \qquad (2.26)$$

$$M_1 = \sqrt{\left(M_y''\right)^2 + \left(M_x''\right)^2} = \sqrt{342^2 + 1050^2} = 1104\text{Нмм}; \quad (2.27)$$

$$M_3 = \sqrt{\left(M_y'''\right)^2 + \left(M_x'''\right)^2} = \sqrt{68^2 + 173^2} = 185\text{кН} \times \text{мм}; \quad (2.28)$$

Приймаємо, що матеріалом вала є сталь 45; коефіцієнт умов роботи для вуглецевої сталі складає 0,88; додатковий коефіцієнт — 0,96; попереднє значення взято відповідно до стандартних рекомендацій.

Проводимо перевірку вала на короткочасне перевантаження за крутним моментом. Припускається, що пікове навантаження є випадковим і виникає обмежену кількість разів, причому його величина удвічі перевищує номінальний момент: $M_П$ =440000 Нм (рис. 2.3). Максимальні напруження вигину та кручення у найбільш навантаженому перерізі при короткочасному перевантаженні визначаються наступним чином:

$$\sigma_F = \frac{M_П}{0{,}1d^3} = \frac{2 \cdot 440000}{270000} = 168\text{кН/мм}^2 \quad (2.29)$$

$$\tau = \frac{T_П}{0{,}2d^3} = \frac{2T_2}{0{,}2d^3} = \frac{2 \times 3000000}{540000} = 32\text{кН/мм}^2 \quad (2.30)$$

еквівалентне напруження:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_F^2 + 4\tau^2} = \sqrt{168^2 + \times 4(32)^2} = 1797\text{кН/мм}^2 \quad (2.31)$$

Запас статичної міцності для валу визначається по формулі [13]:

$$s_\tau = \frac{\sigma_T}{\sigma_E} = \frac{490}{179{,}7} = 4{,}88 \geq [s_T] = 1{,}5$$

Умова дотримується. Коефіцієнт запасу міцності за межею плинності в найбільш навантаженому перерізі перевищує допустиме значення, що гарантує наявність необхідного запасу статичної міцності.

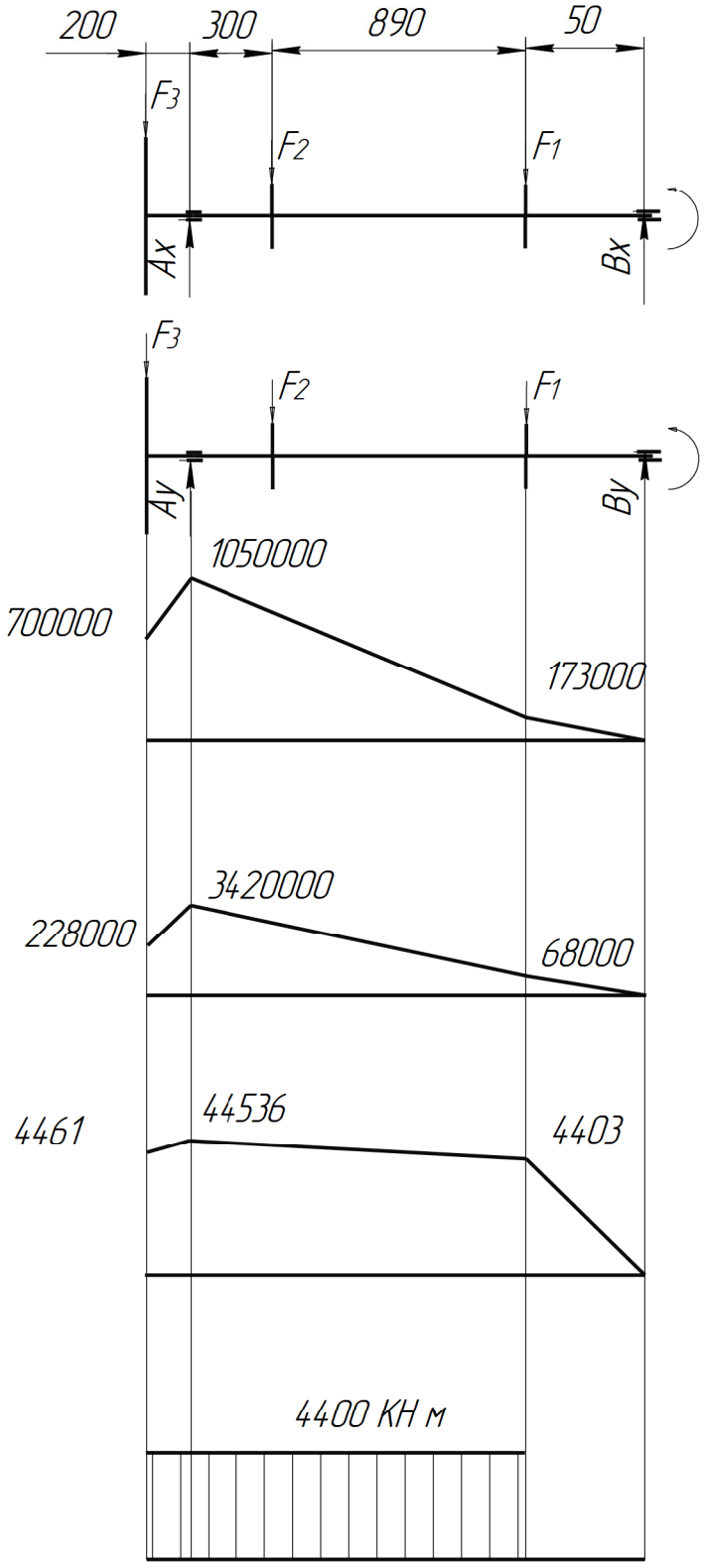


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема проміжного вала

Перевірочний розрахунок на витривалість виконується для небезпечних перерізів. Приймаємо матеріал виготовлення валу – Ст.45, для якої $\sigma_B = 736\ Н/мм^2$; $\sigma_T = 490\ Н/мм^2$; $\sigma_{-1} = 353\ Н/мм^2$; $\tau_{-1} = 216 Н/мм^2$

У перерізі I-I спостерігаються найбільші значення згинального та крутного моментів, а також має місце концентрація напружень через наявність на діаметрі d = 300 мм шпонкової канавки певної ширини.

Момент опору перерізу вала визначається за формулою:

$$W = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt_1(d - t_1)^2}{2d} = \frac{31{,}4 \times 300^3}{32} - \frac{40 \times 16 \times (300 - 16)^2}{2 \times 300} = 264876\ мм^3 \quad (2.32)$$

Амплітуда номінальних напружень при симетричному циклі змінювання напружень вигину визначається за формулою:

$$\sigma_a = \sigma_F = \frac{M}{W} = - - = 17{,}1 \quad Н/мм^2 \quad (2.33)$$

Коефіцієнт запасу по вигину:

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1} K_L}{\frac{K_\sigma}{\beta \varepsilon_\sigma} \times \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} = \frac{353}{\frac{2{,}15}{0{,}95 \times 0{,}84} 17{,}1 + 0{,}12 \times 0} \approx 5 \quad (2.34)$$

де K_σ –коефіцієнт, що враховує концентратори напружень для вала у вигляді шпонкового паза ;

β – коефіцієнт, що враховує покращення поверхні шляхом шліфування;

ε_σ – фактор масштабу, який залежить від радіусу вала;

ψ_σ – коефіцієнт, що враховує асиметричність циклу зміни напружень;

$\sigma_m = 0$ – складова циклу зміни напружень, яка має постійний характер.

Момент (полярний) опору перетину:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d} = \frac{3{,}14 \cdot 300^3}{16} - \frac{40 \times 16 \times (300-16)^2}{2 \times 300} = 397311 \text{мм}^3 \quad (2.35)$$

Нереверсивне обертання валу характеризується пульсуючим циклом зміни напружень:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{max}}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{T}{W_p} = \frac{1}{2} \times \frac{4400000}{397311} = 11 \text{ Н/мм}^2 \quad (2.36)$$

Коефіцієнт запасу для перетину:

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1} K_L}{\frac{K_\tau}{\beta \varepsilon_\tau} \times \tau_a + \psi_\tau \tau_m} = \frac{353}{\frac{2{,}15}{0{,}95 \times 0{,}6} \times 11 + 0{,}2 \times 0} \approx 6 \quad (2.37)$$

де τ_{-1} – границя витривалості по крученню при симетричному знакозмінному циклі зміни напружень;

K_τ – коефіцієнт, що враховує концентратори напружень для вала у вигляді шпонкового паза при крученні;

β – коефіцієнт, що характеризує стан поверхні;

ε_τ – фактор масштабу для кручення, який залежить від радіусу вала;

ψ_τ – коефіцієнт, що враховує асиметричність циклу зміни напружень.

Сумарний запас по втомній міцності для перетину I-I визначається по формулі:

$$s = \frac{s_\sigma s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} = \frac{6 \times 5}{\sqrt{6^2 + 5^2}} = 4{,}5 \geq [s] = 2{,}5$$

Умову виконано, вал відповідає виробничим вимогам.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Монтаж пресу

Прес напівсухого пресування СМ-1085А надходить із заводу – виготовлювача в частково розібраному вигляді, упакованим в особисту тару

При розвантаженні ящиків з вузлами преса в жодному разі не допускається: сильний нахил ящиків у сторони, удари дном або боком ящиків, сильні струси або ривки при опусканні й підйомі.

При розкритті упакування слід перевірити зовнішній стан усіх вузлів пресу.

Перед монтажем необхідно ретельно оглянути вузли пресу, звернути особливу увагу на вальниці, і при необхідності деякі на них перебрати.

Монтаж пресу повинен проводитися під керівництвом досвідченого інженерно-технічного працівника знайомого з його пристроєм.

Прес установлюється на фундамент і закріплюється фундаментними болтами

Установку пресу робити за рівнем. Осі приводного валу проміжного й колінчастого валів повинні бути суворо паралельні між собою, при цьому повинна бути забезпечена правильність зачеплення зубів шестірні.

Спочатку встановити фундаментну плиту пресу, з нижньої сторони, з якої змонтовано вал механізму виштовхування з одягненими важелями, сергами й траверсою.

Перед встановленням фундаментної плити з її нижньої поверхні, що стикається з фундаментом, необхідно видалити гасом будь які залишки мастила.

Встановлення промаслюючої плити необхідно робити за рівнем за допомогою клинів.

Одночасно зробити встановлення стійки виносної вальниці приводного валу.

Фундаментні болти залити цементним розчином: 3 (1 частина цементу й 3 частини піску) після установки на фундаментній плиті всіх вузлів пресу.

Затягнення гайок фундаментних болтів виконати після того, як фундамент затвердіє, при цьому необхідно перевірити положення преса за рівнем.

Затягнення болтів робити рівномірно й плавно; нерівномірне затягування викличе порушення в роботі пресу.

На фундаментну плиту встановити станини (праву й ліву) у зборі, а також з деталями механізму пресування (боковини рами в зборі з верхнім валом, верхньої й нижньої сергами і т.д.) встановити станини валу приводу каретки з одягненими важелями.

На внутрішній стороні станини зміцнити кронштейни й поставити засипний ящик.

Одягти й закріпити на шийку осей механізму виштовхування двуплечевий важіль із встановленим роликом. Встановити тяги механізму виштовхування й закріпити гайкою з контргайками.

Одягти на кільцеві шийки колінчастого валу два зубчасті колеса із прикріпленими до них кулаками механізму виштовхування й приводу каретки й закріпити їх клиновими шпонками (у пазах замаркованими відповідними цифрами).

Встановити на станинах колінчастий вал у зборі з вальницями й зубчастими колесами з кулаками.

Прикріпити до лівої станини кронштейн для вальниці проміжного валу.

Встановити на станині проміжний вал у зборі з вальницями, із зубчастим колесом з кулаками. Прикріпити до лівої станини кронштейн для вальниці проміжного валу. Встановити на станині проміжний вал у зборі з вальницями, із зубчастим колесом і двома шестірнями.

Установити на станині й виносній стійці приводний вал у зборі з вальницями, маховиком, фрикційною муфтою, шестернею й гальмовим диском.

Установити стійку з гальмовими колодками й важіль із тягами керування гальмом і фрикційною муфтою.

Відрегулювати зачеплення всіх шестерень й поставити установочні штифти вальниць приводного й проміжного валів.

Встановити шатун, що з'єднує колінчастий вал з механізмом пресування.

Встановити передній і задні бруси траверзи механізму виштовхування й стягти їх болтами. Встановити на траверзи нижні штемпелі. Встановити передні й задні столи з камерами, що пресують.

Приєднати крейцкопф до вала нижньої серги механізму пресування й прикріпити до нього щоки із вкладишами. Поставити передні й задні щітки крейцкопфа. Встановити блок верхніх штемпелів. Встановити каретку й відрегулювати тяги каретки.

Змонтувати електропривод і заземлити прес, змонтувати огородження на шестерні й клиноремінну передачу по місці.

Змонтувати електропідігрівальний пристрій, штемпелів і столу й прокласти електропроводку. Змазати зуби шестерень. Відрегулювати (привод керування) фрикційною муфтою й гальмом.

Відрегулювати глибину засипання прес-форм шляхом зміни довжини тяги механізму виштовхування. Механізм пресування й механізм виштовхування шляхом постановки прокладок під боковини рами між траверсою й упорами боковин рами. При цьому регулювання повинне бути зроблене таким чином, щоб при опусканні траверси до упору боковини рами пружин механізму виштовхування були ще не повністю стиснуті, тобто між витками пружини повинен залишатися зазор, нижні штемпелі повинні виходити на 1,5 мм на рівень столу. Усі болтові з'єднання повинні бути затягнуто прокрутити машину, спочатку в холосту, а потім під навантаженням.

3.2 Організація й проведення технічного обслуговування пресу СМ-1085А

Стратегія технічного обслуговування (ТО) визначає підходи, типи й методи ТО, які впроваджуються на підприємстві для різних видів обладнання.

Мета — забезпечити повне досягнення цілей технічного обслуговування за мінімальних витрат людських, матеріальних і технічних ресурсів.

Розробка стратегії ТО здійснюється з урахуванням вимог Правил технічної експлуатації (ПТЕ), нормативно-правових актів, що регламентують охорону праці та захисту навколишнього середовища.

Відповідно до обраної стратегії і наявності діагностичного обладнання, на підприємстві можуть застосовуватись наступні види ТО:

- планове;
- непланове;
- періодичне;
- номерне;
- регламентоване;
- сезонне;

  з періодичним контролем;
- із безперервним контролем.

Методи проведення ТО можуть включати: потокове, централізоване, децентралізоване, фірмове обслуговування, обслуговування експлуатаційним або спеціалізованим персоналом підприємства чи залученням сторонніх спеціалізованих організацій.

Стратегія технічного обслуговування повинна постійно вдосконалюватися шляхом розробки й впровадження нових технологій і методик.

Основні положення ТО устаткування: Технічне обслуговування передбачає:

- перевірку технічного стану обладнання,
- підтримання його справності та належного зовнішнього вигляду,
- виявлення і усунення несправностей.

Детальні переліки робіт, що належать до ТО, розробляються відповідно до нормативно-технічних документів для підгалузей гірничо-металургійного комплексу. У разі їх відсутності — підприємство самостійно визначає перелік робіт із урахуванням своєї специфіки та затверджує його наказом.

ТО проводиться згідно із затвердженим графіком. Періодичність і тривалість обслуговування для окремих типів обладнання визначають керівники виробничих підрозділів і затверджують головні фахівці підприємства.

Всі роботи виконуються відповідно до інструкцій, розроблених і затверджених на підприємстві. При їх підготовці обов’язково враховуються вимоги ПТЕ, чинних нормативів з охорони праці та інструкцій виробників обладнання.

Обладнання виробничих цехів закріплюється за ремонтними, черговими та експлуатаційними бригадами. За працездатність обладнання протягом зміни відповідають експлуатаційний і черговий персонал.

ТО здійснюється персоналом цехів, спеціалізованими підрозділами або підрядними організаціями згідно з ПТЕ, графіками ТО, картами ТО та відомостями обсягів робіт (обов'язковими при залученні підрядників).

Документування стану устаткування: Експлуатаційний і черговий персонал фіксує технічний стан обладнання в журналах приймання та здачі змін, а також у вахтових журналах машиністів вантажопідйомних машин. Записи мають включати:

– результати оглядів;
– виявлені дефекти та несправності;
– заходи, вжиті для усунення недоліків;
– випадки порушень ПТЕ і технологічного процесу.

Журнали використовуються для планування робіт і організації ремонту при зупинках обладнання.

Обов'язки персоналу при ТО: Протягом зміни експлуатаційний, черговий та ремонтний персонал повинен:

- виконувати технічні огляди за графіком;
- постійно спостерігати за роботою обладнання (зокрема за показниками контрольно-вимірювальних приладів, температурою вузлів, станом мастильних систем);
- усувати дрібні несправності;

- регулювати механізми та системи;
- контролювати стан кріплень, мастильних матеріалів, редукторів, зубчастих передач, ланцюгів, стрічок;
- оглядати сталеві канати та інші елементи.

При прийманні-здачі зміни обов’язково оглядають обладнання слюсарі, електрики, мастильники, сантехніки, машиністи й оператори.

Під час технічних оглядів необхідно:

- перевіряти деталі з виявленими раніше дефектами;
- контролювати справність систем змащення і ущільнень;
- виявляти за шумами і вібраціями можливі порушення;
- перевіряти справність захисних огороджень.

У разі виявлення несправностей, їх необхідно усунути або підготувати обладнання до ремонту, забезпечивши наявність необхідних матеріалів та інструментів.

Роль ремонтного персоналу: Разом із експлуатаційним і черговим персоналом ремонтники зобов’язані:

- проводити профілактичні огляди згідно з графіком;
- виконувати регулювання, налагодження, брати участь у випробуваннях обладнання;
- усувати виявлені дефекти та несправності.

Перед здачею зміни та під час профілактичних оглядів персонал має проводити очищення обладнання й прибирання робочого місця.

Контроль технічного стану: Посадові особи ремонтної служби періодично перевіряють стан устаткування відповідно до затвердженого графіка. Усі зміни стану обладнання фіксуються в агрегатних журналах.

Додаткові вимоги: При прийманні-здачі змін і під час технічних оглядів персонал повинен дотримуватися діючої біркової системи згідно з "Біркова система на підприємствах чорної металургії".

Обов'язковою є періодична діагностика технічного стану обладнання з метою:

- моніторингу його справності;
- виявлення місць і причин можливих відмов;
- прогнозування технічного ресурсу.

Усі зупинки та пуски обладнання для діагностики повинні бути обґрунтовані й задокументовані.

Технічне обслуговування являє собою комплекс заходів спрямованих на попередження передчасного зношування деталей, вузлів механізму шляхом своєчасного проведення регулювальних робіт, змащення та виявлення виникаючих дефектів і їх усунення.

Перелік робіт ТО:

1. Періодичне технічне обслуговування – ТО-1 проводиться щозмінно агрегатником, контролюється майстром зміни із заповненням карти контролю.

– перевірка кріплення прес-форм, штампотримачів, штирів;
– перевірка подачі змащення на шатунні вкладиші коленвалу (перевіряються наявністю змащення на жолобниках);
– перевірка кріплення шарнірного вала, кришки шатунних вкладишів, корпусів вальниць колінчастого валу, накладок вузла, що пресує;
– перевірка шпонкових з'єднань;
– перевірка ригельних планок і стопорних шайб осей, втулок;
– перевірка натягу клинових ременів;
– перевірка наявності змащення на поверхнях тертя (куліса, поверхні штанги, шарнірний вал, зачеплення зубчастих коліс проміжного й колінчастого валів – 2 рази в зміну);
– перевірка роботи голчастих живильників подачі змащення (справний стан визначається блискучою чистою поверхні голок).

2. Щомісячне технічне обслуговування – ТО-2 – проводиться 2 рази на місяць, разом з агрегатником, черговим і ремонтним персоналом, контролюється майстром з ремонту устаткування із заповненням карти контролю:

– виконати роботи з ТО – 1;
– ущільнити шпонкові з'єднання;

– відновити несправні огородження;
– регулювання муфти включення й гальма з перевіркою на герметичність.

3. Поточний ремонт – ПР – виконується згідно з дефектною відомістю за графіком планово-попереджувальних ремонтів (ППР) [25, 26].

3.3 Розрахунок фундаменту під прес

Тиск, що передається на ґрунт

$$\rho=\frac{G_M+G_Ф+P_{тех}}{a"b"}+\sum_{i=1}^{n}\frac{M_i}{W_i}\leq[p], \qquad (3.1)$$

де G_M – вага встаткування, установленого на фундаменті, кг;

$G_Ф$ – вага фундаменту, кг;

$P_{тех}$ – вертикальна складова технологічного навантаження, кг;

$a"$, $b"$ – розмір підошви фундаменту, м;

$[p]$ –, що допускається тиск на ґрунт, кг/см^2.

Вага преса становить:

$$G_M=33000кг=33т$$

Вага фундаменту визначається по формулі:

$$G_Ф=V_Ф\rho_Ф,кг, \qquad (3.2)$$

де $V_Ф$ – обсяг фундаменту, приймється з розрахунку, що на 1 тону встановленої маси устаткування витрачають 3÷5м^3 бетону, $V_Ф$ = 100,5 м^3;

$\rho_Ф$ – щільність бетону. Для армованого бетону приймаємо $\rho_ф$ = $2{,}3 \cdot 10^3$кг/м^3.

Тоді:

$$G_Ф = 160 \cdot 2{,}3 \cdot 10^3 = 231150кг\,.$$

Технологічне навантаження в пресі відсутня, тому $P_{тех} = 0$.

Фундамент складається із двох частин: безпосередньо фундаменту й підошви.

Розміри самого фундаменту ухвалюються з урахуванням довжини й ширини встановлюваного устаткування.

При габаритних розмірах преса: a = 5,3 м, b = 4,5 м розміри фундаменту приймають $[p]$ = 2кг/см^2.

У розрахунках ураховується й перекидаючий момент, по паспорту рівний $M_{опр}$ = 8835кг·м.

Розрахуємо полярний момент інерції фундаменту:

$$W = \frac{\left(b^a\right)^2 \cdot a^n}{b} = \frac{3{,}6^2 \cdot 3}{6} = 6{,}48м^3\,. \qquad (3.3)$$

Визначаємо тиск, що діє на ґрунт:

$$\rho = \frac{42900+42900}{3 \cdot 3{,}6 \cdot 10^4} + \frac{8835}{648000} = 1{,}3кг/см^2,$$

$$1{,}3 < 2\,.$$

Визначимо загальну висоту фундаменту і його складових частин:

$$a^n b^a \frac{1}{4} h_{заг} + a'b' \frac{3}{4} h_{заг} = V_{ср}, \qquad (3.4)$$

$$3\cdot3,6\cdot0,25h_{заг}+2,6\cdot3,2\cdot0,75h_{заг}=V_{ср}, \quad (3.5)$$

$$8,94h_{заг}=V_{ср}, \quad (3.6)$$

$$h_{заг}=\frac{160}{8,94}=7,9\text{м, тоді}$$

$$h_{п}=1,2\text{м}, \qquad h_{ф}=5,53\text{м}.$$

Остаточно приймаємо розміри:

- підошви 3×3,6×2м;
- фундаменту 2,6×3,2×5,53м.

По розмірах підошви й фундаменту замовляємо бетон. Для підошви бетон марки Б-50, для фундаменту – бетон марки Б-200.

Анкерні болти служать для кріплення встаткування до фундаменту. Анкерні болти розділяють на глухі й заводні. Глухі встановлюють до бетонування, приварюючи їх до арматур фундаменту. Заводні болти встановлюються в анкерні колодязі, виконані у фундаменті.

Зусилля попереднього затягування анкерних болтів повинне забезпечувати умову стійкості:

$$К_{у}=\frac{М_{відн}}{М_{пер}}\geq1,4 \quad (3.7)$$

$$М_{відн}=Q_{б}a_{б}п+G_{М}\frac{Q_{б}}{2}=1,4М_{пер};$$

$$Q_{б}=\frac{1,4М_{пер}-G_{М}\frac{Q_{б}}{2}}{a_{б}n_{р}},\text{кг};$$

де $a_{б}$ – відстань між болтами, м;

$n_{р}$ – число болтів у ряді.

Тоді:

$$Q_б = \frac{1,4 \cdot 8835 - 52500 \frac{1,48}{2}}{1,48 \cdot 3} = 25414,4 кг.$$

Визначаємо діаметр болта:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_б}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25414,4}{3,14 \cdot 11}} = 54,3 мм,$$

де $[\sigma]$ = 11кг/мм^2 – напруження, що допускається, для матеріалу болта.

Остаточно вибираємо з довідника болт М56.

Площа нижньої підбивки повинна забезпечувати виконання умови:

$$\sigma < \lfloor \sigma_ф \rfloor. \qquad (3.8)$$

Сила, що діє на прокладку, визначається як результуюча від дії ваги встаткування, зусилля затягування болта й перекидаючого моменту:

$$R = \frac{G}{n_б} + Q_б + \frac{2M}{a_б n}, \qquad (3.9)$$

$$R = \frac{33000}{6} + 25414,4 + \frac{2 \cdot 8835}{1,48 \cdot 6} = 36604,7 кг.$$

Площа підбивки визначається по формулі:

$$A = \frac{R}{[\sigma_Ф]k},$$

де $\lfloor\sigma_\phi\rfloor$ – припустиме навантаження на фундамент. Визначається по марці бетону, кг/см^2;

k – коефіцієнт контакту фундаменту з підбивкою.

$$A = \frac{36604,7}{200 \cdot 0,5} = 366,05 см^2 .$$

Приймаємо площу квадратної форми зі стороною:

$$b=\sqrt{A}=\sqrt{366,05}=19,13\approx 20см.$$

Враховуючи особливість монтажу пакета підбивок, підбивки вирізуємо для швидкого монтажу. В зв'язку з цим площа підбивки зміниться.

Враховуючи розмір болта М56 маємо площу болта 13,2, тоді площа, що вирізьблюється $\frac{в}{2}\cdot 56=5,6, см$

Враховуючи площу вирізу приймаємо площу прямокутної форми зі стороною b≈22см

3.4 Система змащення й мастильні матеріали

Мастильні матеріали діляться на наступні типи:

- рідкі (мінеральні, синтетичні й напівсинтетичні масла, змащувальні рідини);
- пластичні (тверді й спеціальні мастильні матеріали).

Рідкі мастила у вузлі тертя виконують наступні функції:

- зменшують коефіцієнт тертя;
- прохолоджують тертьові поверхні;
- захищають тертьові поверхні від корозії;
- виводять продукти зношування із зони тертя.

Залежно від характеру подачі змащення до вузлів тертя розрізняють наступні системи змащень:

– індивідуальну;

– картерну;

– циркуляційну;

– аерозольну.

Для змащення колінно-важільного преса доцільно використовувати централізовану автоматичну систему змащення (рис. 3.1).

Для розрахунків норм витрати пластичного змащення для змащення вальниць скористаємося формулою:

Для точок змащення 1,3,4,5,6,7,8.

$$q = 11 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,\ \text{см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}, \qquad (3.10)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує діаметр вальниць. Для плоских напрямних:

$$K_1 = 1 + 4(D - 100) \cdot 10^{-3};$$

де D=L/π :

L – довжина плоскої напрямної, L=500

D=500/3.14=159

$$K_1 = 1 + 4(159 - 100) \cdot 10^{-3} = 1{,}24$$

K_2 – коефіцієнт, що враховує число обертів вальниці.

$$K_2 = 1 + 4(n - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + 4(3{,}6 - 100) \cdot 10^{-3} = 1;$$

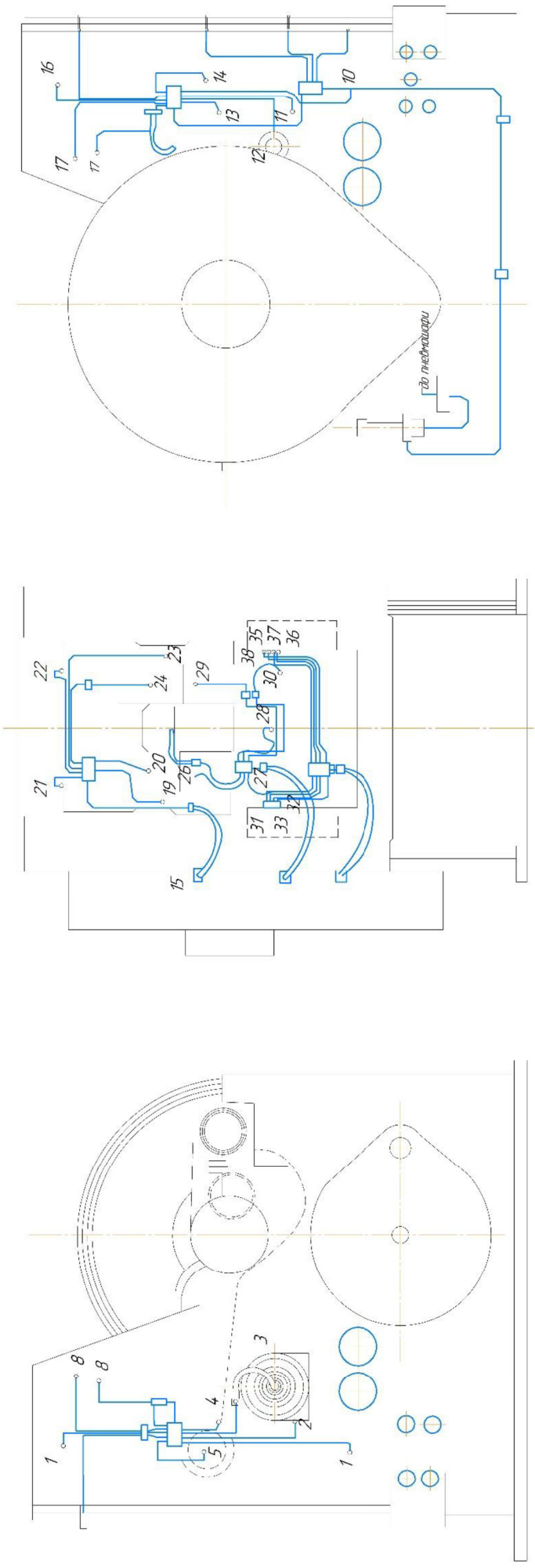


Рисунок 3.1 – Централізована автоматична система змащення колінчасто-важільного пресу

K_3 – коефіцієнт, що враховує якість тертьових поверхонь. При задовільній якості – K_3=1,3;

K_4 – коефіцієнт, що враховує робочу температуру вальниці. При температурі 75° С K_4=1;

K_5 – коефіцієнт, що враховує вплив величини навантаження. Якщо навантаження не перевищує проєктне значення K_5=1.

Таким чином:

$$q = 11 \cdot 1{,}24 \cdot 0{,}61 \cdot 1{,}3 \cdot 1 \cdot 1 = 10{,}8 \text{ см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год.}^{-1}$$

Обсяг пластичного змащення, що подавалася живильником у вальницю:

$$V = q \cdot F \cdot T, \text{ см}^3, \qquad (3.11)$$

де F – площа контактної поверхні вальниці,

$$F = \varphi \cdot R \cdot l,$$

де φ – кут контакту, φ=1,22 рад;

R – радіус вальниці, м;

l – довжина вальниці, м;

$$F = 1{,}22 \cdot 0{,}08 \cdot 0{,}5 = 0{,}04 \text{ м}^2;$$

T – тривалість циклу змазування, год.

Таким чином:

$$V = 10{,}8 \cdot 0{,}04 \cdot 1 = 0{,}43 \text{ см}^3.$$

Вибираємо для точок 1,3,4,5 живильник 2-0050-4, а для точок 6,7,8 живильник 2-0050-3

Для точок змащення 15,16

$$q = 11 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,\ \text{см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1},$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує діаметр вальниці. Для вальниці ковзання:

$$K_1 = 1 + 4(D - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + 4(190 - 100) \cdot 10^{-3} = 1{,}36;$$

K_2 – коефіцієнт, що враховує число обертів вальниці.

$$K_2 = 1 + 4(n - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + 4(7{,}5 - 100) \cdot 10^{-3} = 1;$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує якість тертьових поверхонь. При задовільній якості – K_3=1,3;

K_4 – коефіцієнт, що враховує робочу температуру вальниці. При температурі 75° С K_4=1;

K_5 – коефіцієнт, що враховує вплив величини навантаження. Якщо навантаження не перевищує проєктне значення K_5=1.

Отже:

$$q = 11 \cdot 1{,}36 \cdot 0{,}63 \cdot 1{,}3 \cdot 1 \cdot 1 = 12{,}25\ \text{см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч.}^{-1}$$

Обсяг пластичного змащення, що подається живильником у вальницю:

$$V = q \cdot F \cdot T,\ \text{см}^3,$$

де F – площа контактної поверхні вальниці,

$$F=\varphi \cdot R \cdot l,$$

де φ – кут контакту, φ=1,22 рад;

R – радіус вальниці, м;

l – довжина вальниці, м;

$$F=1,22 \cdot 0,095 \cdot 0,6=0,07 \text{ м}^2 ;$$

T – тривалість циклу змазування, ч.

$$V=12,25 \cdot 0,07 \cdot 1=0,85 \text{ см}^3 .$$

Вибираємо для точок 15,16 живильник 2-0100-2

Для точок змащення 17,19

$$q = 11 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \text{ см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1},$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує діаметр вальниці. Для вальниці кочення:

$$K_1 = 1 + 4(D - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + (140 - 100) \cdot 10^{-3} = 1,04;$$

K_2 – коефіцієнт, що враховує число обертів вальниці.

$$K_2 = 1 + 4(n - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + 4(7,5 - 100) \cdot 10^{-3} = 1;$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує якість тертьових поверхонь. При задовільній якості – K_3=1,3;

K_4 – коефіцієнт, що враховує робочу температуру вальниці. При температурі 75° С K_4=1;

K_5 – коефіцієнт, що враховує вплив величини навантаження. Якщо навантаження не перевищує проектне значення K_5=1.

$$q = 11 \cdot 1{,}04 \cdot 0{,}63 \cdot 1{,}3 \cdot 1 \cdot 1 = 9{,}37 \text{ см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год.}^{-1}$$

Обсяг пластичного змащення, що подавалася живильником у вальницю:

$$V = q \cdot F \cdot T, \text{ см}^3,$$

$$F = 1{,}22 \cdot 0{,}07 \cdot 0{,}43 = 0{,}04 \text{ м}^2;$$

$$V = 9{,}37 \cdot 0{,}04 \cdot 1 = 0{,}37 \text{ см}^3.$$

Вибираємо для точок 17,19 живильник 2-0050-2

Для точок змащення 18,20

$$q = 11 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \text{ см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1},$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує діаметр вальниці:

$$K_1 = 1 + 4(D - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + (90 - 100) \cdot 10^{-3} = 1;$$

K_2 – коефіцієнт, що враховує число обертів вальниці.

$$K_2 = 1 + 4(n - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + 4(233 - 100) \cdot 10^{-3} = 1{,}53;$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує якість тертьових поверхонь. При задовільній якості – K_3=1,3;

K_4 – коефіцієнт, що враховує робочу температуру вальниці. При температурі 75° С K_4=1;

K_5 – коефіцієнт, що враховує вплив величини навантаження. Якщо навантаження не перевищує проектне значення K_5=1.

$$q = 11 \cdot 0{,}99 \cdot 1{,}53 \cdot 1{,}3 \cdot 1 \cdot 1 = 21{,}6 \text{ см}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год.}^{-1}$$

Обсяг пластичного змащення, що подавалася живильником у вальницю:

$$V = q \cdot F \cdot T, \text{ см}^3,$$

$$F = 1{,}22 \cdot 0{,}045 \cdot 0{,}28 = 0{,}02 \text{ м}^2;$$

$$V = 21{,}6 \cdot 0{,}02 \cdot 1 = 0{,}43 \text{ см}^3.$$

Вибираємо для точок 18,20 живильник 2-0050-2.

Провівши аналогічні обчислення для крапок, що залишилися, у результаті одержимо наступну кількість живильників:

2-0050-4 у кількості 5 шт.

2 0050-3 у кількості 5 шт

2-0050-2 у кількості 5 шт

2-0200-4 у кількості 2 шт.

2-0100-2 у кількості 1 шт

2-0025-4 у кількості 1 шт

1-0025-5 у кількості 1 шт

Витрата кількості змащення за один цикл роботи системи:

$$Q_Ц - \sum a \cdot V - 5 \cdot 2 + 5 \cdot 1{,}5 + 5 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 2 \cdot 8 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1{,}25 - 42{,}75 \text{ см}^3,$$

де а – кількість дозуючих живильників,

V – максимальний обсяг змащення, що подавалася одним живильником, см.^{3}

Кількість циклів роботи системи в добу:

$$n_Ц = 24/T = 24/1 = 24.$$

Добова витрата змащення:

$$Q_С = Q_Ц \cdot n_Ц = 42{,}75 \cdot 24 = 1026 \text{ см}^3$$

Продуктивність насоса:

$$P_Н = \frac{Q_Ц}{\beta \cdot t_Н} = \frac{42{,}75}{0{,}75 \cdot 5} = 11{,}4 \text{ см}^3 \text{ /хв},$$

де $\beta = 0{,}75$ – коефіцієнт, що враховує зменшення подачі при зношуванні насоса;

$t_Н$ – час нагнітання, хв.

Обираємо дволінійну станцію централізованого змащення з подачею 0,012 л/хв кінцевого типу для нагнітання пластичного змащення з електродвигуном постійного струму напругою 220 В закритого виконання.Станція 0023-2-1-1. Діаметр трубопроводу – півдюйма.

3.5 Характеристика ремонтного господарства та механослужби цеху

Структура керування ремонтним господарством визначається масштабами заводу й існуючими методами організації ремонту.

На всіх металургійних підприємствах незалежно від їхнього масштабу, очолює ремонтне господарства головний механік, що безпосередньо

підкоряється головному інженерові заводу.

У відділ головного механіка входять безліч служб, що займаються ремонтами механічного встаткування відповідно до поділу його по цехах і видом виробництва. ВГМ заводу “Запоріжвогнетрив“ є самостійною частиною апарата керування металургійним заводом і підкоряється головному інженерові.

Служба встаткування шамотного цеху адміністративно підкоряється начальникові цеху, а в технічному відношенні головному механікові заводу. На службу встаткування цеху покладено завдання: забезпечення правильної експлуатації встаткування, належного нагляду й догляду за ним, безвідмовної його роботи й впровадження передового досвіду підприємства по вдосконалюванню експлуатації встаткування, підвищення його надійності активної участі в роботі з технічного вдосконалювання, реконструкції й модернізації встаткування підготовка й проведення ремонтів устаткування, проведення заходів щодо зниження витрат на ремонт і зміст устаткування. Служба встаткування шамотного цеху очолюється заступником начальника цеху по встаткуванню (рис. 3.2). Ремонтну службу цеху становлять підрозділи, очолювані такими фахівцями: електрик цеху, старший інженер по встаткуванню, механік цеху, енергетик цеху.

У підпорядкуванні електрика цехи перебувають: чергова й ремонтна служби засобів автоматики, очолювана майстром по автоматиці; чергова й ремонтна служби з ремонту електроустаткування, до складу механослужби цеху входять підрозділу чергових і ремонтних служб, що очолюють старшим майстром і майстрами по відділеннях відповідно до видів виробництва

У кожному з перерахованих вище відділень є чергові й ремонтні бригади. У підпорядкуванні енергетика цеху перебуває бригада з ремонту енергоустаткування.

На великих металургійних підприємствах склалася змішана форма організації ремонтів. Ремонтні роботи на підприємствах виконуються централізованими ремонтними службами й підрозділами.

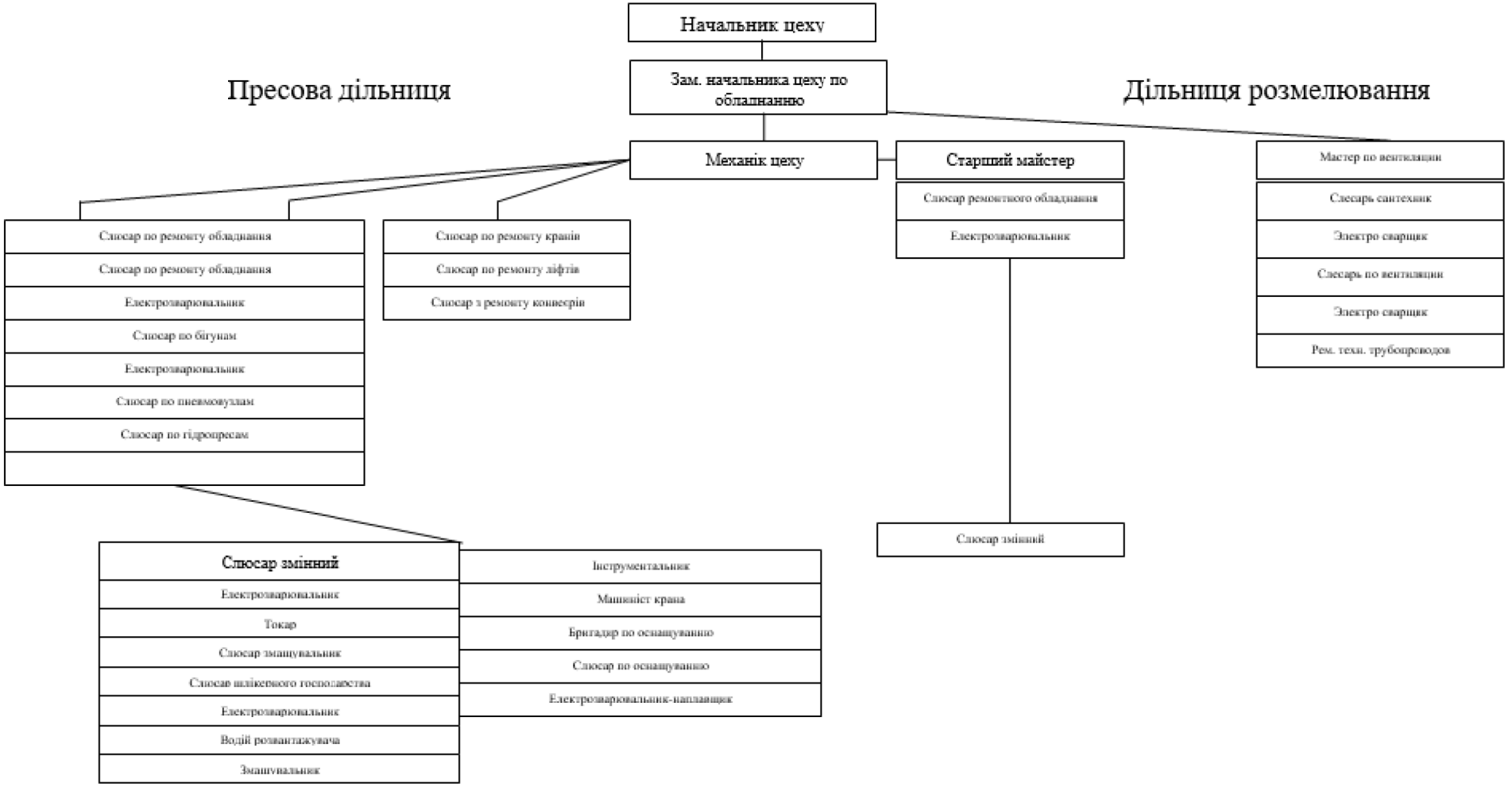


Рисунок 3.2 – Структура механослужби шамотного цеху

Показниками, що характеризують, ремонтне виробництво централізації ремонтів і техобслуговування основних виробничих фондів є:

рівень міжзаводської централізації %

$$Р_{м.ц.} = Q_n / Q_о \ 100 \ \%, \qquad (3.12)$$

$$Р_{м.ц.} = \frac{480}{1440} \ 100 \ \% = 33 \ \%$$

де Qn – обсяг ремонтних робіт виконаних підрядними організаціями;

Q_0 – загальний обсяг робіт з ремонту й обслуговуванню, виконані на підприємстві.

рівень внутрішньозаводської централізації %:

$$Р_{в.ц.} = \frac{Q_{ц.с.}}{Q_г} \ 100 \ \% = \frac{320}{815} \ 100 \ \% = 39 \ \% \qquad (3.13)$$

де $Q_{цс}$ – обсяг ремонтних робіт, виконаних централізованими службами заводу;

$Q_г$ – обсяг ремонтних робіт, виконаних на підприємстві господарським способом.

по чисельності:

$$Ч_{вз.ц.} = \frac{Ч_{р.ц.}}{Чр} \ 100 \ \% \approx 27 \ \%$$

де $Ч_{р.ц.}$ – чисельність робочих централізованих ремонтних служб (люд.).

Загальний рівень централізації:

$$Р_{ц.з.} = \frac{Qn + Qц.с.}{Q_о} \ 100 \ \% = \frac{480+320}{1440} = 55{,}6 \ \%$$

Найбільше поширення одержала бригадна погодинна система оплати праці в комбінації із преміюванням за виконання й перевиконання, установлених перед бригадою кількісних і якісних показників.

Важливою умовою ефективності показників оплати праці є розподіл колективного заробітку серед членів бригади з урахуванням особистого внеску в загальний результат.

На підставі дефектних відомостей, що складаються механіком цеху на місяць, проводиться планування трудомісткості, чисельності й тривалості ремонтних робіт.

На підприємстві застосовується централізована система планово-запобіжних робіт(ПЗР), ремонти виконуються РМЦ (ремонтно-механічний цех) і ЦРПО (цех з ремонту промислового обладнання).

Ремонтний і черговий персонал використовується для проведення ТО, поточних (дрібних) ремонтів і підготовці встаткування до ПЗР.

Одним із джерел підвищення економічності ефективності ремонтних робіт на рівні заводу, є внутрішньозаводська централізація виробництва запасних частин. З організацією спеціалізованих ремонтних цехів частина металообробних верстатів з механічних майстерень була передана цим цехам для комплектації встаткування верстатного парку. Це послужило більш раціональному використанню дефіцитного встаткування (у ЦРПО воно працює у дві-три зміни, а в майстернях шамотного цеху – в одну зміну), таким чином значно підвищилося завантаження встаткування. Завдяки концентрації й централізації ремонтних робіт і виробництва запчастин створені необхідні умови для впровадження ваідновлюючої і зміцнючої технології ремонту, тобто підвищення довговічності деталей і вузлів [27].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1. Дослідження рівня механізації й автоматизації технологічного процесу виробництва вогнетривів

Правильна організація технологічного процесу, що поєднує високу продуктивність і безпечні умови праці, є ключовою умовою для успішного виконання виробничих завдань. Створення безпечного робочого середовища виступає одним із головних чинників зростання ефективності праці на підприємстві.

Важливу роль у системі заходів з техніки безпеки та виробничої санітарії відіграє активне поширення знань про вимоги нормативно-правових актів з охорони праці. Без глибокого розуміння й неухильного дотримання правил безпеки неможливо забезпечити стабільно високу продуктивність праці [28].

Схемою технологічного процесу виробництва вогнетривів передбачається підготовка вихідних матеріалів, здрібнювання й поділ по величині сировини, дозування й змішування компонентів, шихти, готування маси, формування й пресування виробів, сушіння й випал виробів, їх складування й контроль якості.

У вогнетривкій промисловості за останні роки відбулися більші зрушення в механізації трудомістких і важких операцій основного виробництва, особливо транспортно-перевантажувальних операцій із сирцем.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу встаткування **ш**амотного цеху (пресової ділянки) широко застосовується механізація виробничого процесу:

Ступінь механізації робіт на ділянці визначається по формулі

$$B=(M/(M+R))\cdot 100\%, \qquad (4.1)$$

де В – відсоток механізованої робота, %

М –людино-години механізованої роботи;

R – загальні людино-години ручної роботи.

Розрахунки ступеня механізації праці робітників пресової ділянки наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунки ступеня механізації праці по робочих ділянки

№ п/п	Проф. роб-го персоналу	Штатна кільк. робіт-в	відпрацьовані людино-години за добу одним робітником			Відсоток механізованої роботи
			вручну	За допомогою машини	усього	
1	Слюсар-ремонтник	13	22	2	24	8
2	Слюсар-механік	10	20	4	24	17
3	Гідравлік	6	12	12	24	50
4	Мастиль-ник	5	10	14	24	58
5	Електрик	3	4	20	24	83
6	Оператор	3	0,5	23,5	24	98

З аналізу таблиці 4.1. випливає, що найбільш високий рівень механізованого праці в робітників: оператор, електрик, що пояснюється характером професій. У них відсутня необхідність важкої фізичної праці (перенесення вантажів, виконання ручних робіт з великими фізичними зусиллями, як у слюсарів-ремонтників і слюсарів-механіків), змішана форма праці й природно вище рівень механізації ніж при ручній праці в гідравликів і мастильників (50,58%). Ручна праця в наступних професій – слюсар-ремонтник і слюсар-механік; механізована – в оператора й електрика, змішана –у гідравліка й мастильника.

4.2 Аналіз потенційно-небезпечних і шкідливих факторів

Під час пресування з'являються різноманітні небезпечні (рухомі та обертові частини механізмів тощо) і шкідливі чинники, зумовлені особливостями технологічного процесу, зокрема використанням мастильних рідин та інших матеріалів.

Перелік цих шкідливих і небезпечних факторів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Аналіз потенційно-небезпечних і шкідливих виробничих факторів на різних ділянках цеху.

№ п/п	Вид технологічної операції	Устаткування	Небезпечні й шкідливі фактори	Можливі впливу
1	Пресування	Прес	Обертові частини, що рухаються, устаткування приводу. Небезпечний рівень струму й напруги I=30 А, U=380 В.	Травмування обслуговуючого персоналу при непередбачуваному контакті. Ураження струмом: однофазним і двофазним при дотику до струмоведучих частин
2	Транспортування вантажів	Бруківка електрокран	Рухливі механізми: міст і візок, гак з вантажем, робота на висоті.	Механічні ушкодження від наїзду й захвату, травми від падіння вантажів
3	Допоміжні операції	Гідроустаткування (мастилонапорні станції)	Горючі речовини, пари емульсола	Пожежонебезпека

Розглянемо карту умов праці слюсаря-ремонтника (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. зн. (ГДК, ГДР)	Фактич. знач.	III клас – шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Час дії фактора %, за зміну
				I ст.	II ст.	III ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: I клас небезпеки II клас небезпеки III – IV клас небезпеки	6	8	1,3р			85
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	6	13,7		2,28		94,8
3	Шум, дБА	80	82	2			94,8
4	Мікроклімат у приміщенні: -температура повітря, С^0 -швидкість руху повітря, м/с -відносна вологість повітря, % -інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	16-27 0,2-0,5 40-75	28 0,22 65	1.1			94,8 94,8 94,8
5	Вага й напруженість праці	Важкий і середньої ваги IIб, напруженість помірна					

Гігієнічна характеристика умов праці

Умови та характер праці класифікуються як III клас, 2 ступінь шкідливості.

Атестація робочого місця

На робочих місцях зафіксовано наявність чотирьох факторів 1 ступеня та одного фактора 2 ступеня. За результатами оцінки, умови праці визначені як шкідливі та тяжкі, що відповідає критеріям, наведеним у Списку №2.

Відповідно до вимог Списку №2 працівникам надаються пільги: право на дострокову пенсію, додаткова оплачувана відпустка тривалістю 7 календарних днів, а також безкоштовна видача молока.

4.3 Розробка заходів захисту від впливів небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Перелік технічних і санітарно-гігієнічних заходів виробничого середовища й робочих місць наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні заходи захисту від впливу виявлених факторів [29]

Фактор вливу	Захисний пристрій	Принцип дії й характер захисту	Місце установки
1	2	3	4
Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючі кабіни й перегородки, засобу СІЗОД	Звукопоглинання й відбиття, ізоляція органів слуху	Біля джерел шуму, в операторській, індивідуально
Небезпечний рівень струму й напруги	1.Ізоляція й огородження струмоведучих частин 2.Заземлення й захисне блокування 3.Запобіжники плавкі, дистанційні магнітні пускачі	1.Захист від дотику до струмоведучих частин 2.Захист від дотику до металевих частин 3.Захист від високого струму, дистанційне керування	1.Навколо струмоведучих частин 2.На камерах пульта керування. 3.В електросхемах

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
частини, що рухаються, механізмів	Запобіжні сітки, кожухи	Відключення й розрив ланцюги при перевантаженнях, захист від зіткнення із частинами, що рухаються, устаткування	Навколо встаткування
Горючі речовини	Герметизація й витяжна вентиляція	Захист від вогню при пожежі	Над місцями утвору випаровування і витоків

4.4 Заходи з виробничої санітарії

4.4.1 Опалення й вентиляція

Вентиляцією називають комплекс заходів та технічних засобів, спрямованих на забезпечення оптимальних метеорологічних умов і чистоти повітря на робочих місцях та в обслуговуваних зонах виробничих приміщень. Залежно від способу руху повітря розрізняють природну та механічну вентиляцію. Для зменшення запиленості повітря й запобігання осіданню пилу обладнання оснащується витяжними парасолями, які через повітроводи під'єднуються до систем очищення видаленого повітря [30].

Для робіт середньої тяжкості (категорія IIб) встановлені такі нормативні параметри мікроклімату:

- У теплий період року:
  - температура повітря: 26–27 °С;
  - відносна вологість: до 70 %;
  - швидкість руху повітря: 0,2–0,5 м/с.
- У холодний період року:
  - температура повітря: 15–21 °С;
  - відносна вологість: до 75 %;
  - швидкість руху повітря: 0,2–0,5 м/с.

У виробничому цеху постійно підтримуються необхідні мікрокліматичні умови [31].

Крім того, у прольотах дільниць використовується природна вентиляція, коли повітрообмін відбувається за рахунок надходження і видалення повітря через щілини, вікна, ворота та світлові ліхтарі.

4.4.2 Природнє й штучне освітлення

ля забезпечення безперебійної роботи підприємства, безпечного пересування працівників і транспорту у випадках недостатнього або відсутнього природного освітлення передбачається організація штучного робочого освітлення у всіх виробничих приміщеннях і на території заводу.

Щоб максимально ефективно використовувати природне освітлення, світлові прорізи повинні залишатися вільними від виробничого обладнання, готової продукції, напівфабрикатів та інших перешкод як у середині приміщень, так і ззовні. З огляду на значне пиловиділення на більшості етапів технологічного процесу у вогнетривкому виробництві, необхідно проводити квартальне очищення скляних поверхонь світлових прорізів у транспортних галереях, дробильно-помольних, змішувально-пресових, пічних відділеннях і на складах порошкових та мелених матеріалів.

У виробничих приміщеннях із постійним перебуванням персоналу рекомендується встановлювати LED-лампи, що забезпечують економічне та якісне освітлення.

Люмінесцентні лампи доцільно використовувати там, де до виконання робіт висуваються підвищені вимоги щодо точності та візуальної чіткості, а також у приміщеннях з обмеженою висотою стель. Для забезпечення правильної передачі кольорів слід обирати люмінесцентні лампи типу ЛДЦ або ЛХБ. У цехах із підвищеною температурою повітря краще застосовувати лампи денного світла. Докладні рекомендації щодо освітлення робочих місць у вогнетривкому виробництві наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Рекомендований рівень освітленесті виробничих ділянок, лк

Найменування приміщення (технологічної операції)	Освітленість устаткування за умови загального освітлення, лк
1	2
Транспортуючі агрегати (конвеєри й елеватори)	
Корпуса, галереї, тунелі конвеєрів	50
Ями елеваторів, виробничі майданчики	50
Реверсивні конвеєри, розвантажувальні візки, прийомні вирви, перевантажувальні пристрої, приводи конвеєрів і елеваторів	75
Ділянка бункерів	
Приміщення	50
Бункери	50
Живильники	75
Відділення дроблення	
Дробарки, ґуркоти, глинодробаркки, обстругувачі	100
Ремонтні зони сіток, сит	150
Відділення шахтних печей	
Майданчики обслуговування шахтних печей	50
Відділення обертових печей	
Приміщення «холодного» кінця печі	75
Приміщення «гарячого» кінця печі	100
Роликові опори, контрольні ролики, кришки люків мастилоподачі, майданчик приводів	50
Містки переходу, зовнішні майданчики циклонів	5

Продовження таблиці 4.4

1	2
Ділянка сушильних барабанів	
Приміщення сушильних барабанів	75
Зона обслуговування сушильних барабанів	100
Ділянка млинів, дезінтеграторів	
Приміщення млинів, дезінтеграторі	100
Зони завантаження й розвантаження млинів, дезінтеграторів	100
Ділянка помольних бігунів	
Верхній і нижній майданчика бігунів	100
Конвеєр	200
Змішувальне відділення	
Дозатори об'ємні	75
Дозатори вагарні	100
Змішувальні бігуни, мішалки, змішувачі	100
Ділянка напівсухого пресування	
Ділянка пресів	200
Зона пресування гідравлічними, коліноважільними, іншими пресами	200
Ділянка навантаження-розвантаження сирцю	150
Траси колискових конвеєрів	75
Електролафетні шляхи	100
Ділянка ручного формування	500
Ділянка сушила	
Стелажні, тунельні й камерні сушила	75
Майданчика обслуговування зони випалу тунельних печей	300
Контрольний коридор	200

Мінімальний рівень освітленості при аварійному освітленні на робочих поверхнях майданчиків обслуговування котлів-утилізаторів та допоміжних приводів обертових печей має становити не менше ніж 5 люксів. Для робочих зон дугових руднотермічних печей, пунктів управління зазначених ділянок, а також у диспетчерських і операторних приміщеннях цей показник повинен бути не нижчим за 10 люксів [32].

З огляду на поточно-конвеєрний характер вогнетривкого виробництва та велику кількість потенційно небезпечних зон, особливу увагу слід приділяти підвищенню рівня аварійного освітлення та забезпеченню надійності систем електропостачання.

4.4.3 Облаштування санітарно-побутових приміщень

Санітарні норми для виробничих приміщень встановлюються відповідно до їх функціонального призначення. При встановленій нормі – 15 м³ об'єму та 4,5 м² площі на одного працівника – на даній ділянці ці показники навіть дещо перевищені: об’єм становить 15,4 м³, а площа – 4,7 м² на одного робітника.

Організація простору здійснена з урахуванням логіки виробничого процесу, що дозволяє уникнути перетину технологічних потоків. Близько 70% операцій на ділянці автоматизовано. Для підтримання належних санітарних умов передбачено примусовий відвід тепла, газів і вологи через витяжні парасолі.

Конструктивні рішення щодо стін, стель і вікон відповідають санітарно-гігієнічним нормам, створюючи комфортні та безпечні умови праці.

Побутові приміщення, призначені для задоволення базових санітарних і побутових потреб працівників, розміщені у безпосередній близькості від виробничої будівлі. До них належать: їдальні, гардеробні, душові, санвузли, кімнати відпочинку, курильні, місця для обігрівання працівників і пункти питного водопостачання.

Враховуючи чисельність персоналу, на ділянці облаштовано буфет із цілодобовим режимом роботи на 20 посадкових місць, де працівники можуть

придбати гарячі страви. Також функціонує спеціально обладнана кімната для приймання їжі, оснащена електрокип'ятильниками, апаратами для газованої води та холодильником.

Для забезпечення оперативної медичної допомоги у цеху організовано санітарні пости, які укомплектовані аптечками та необхідними медикаментами [33, 34].

4.5 Заходи пожежної безпеки

Одним із ключових напрямків забезпечення безпеки є пожежна профілактика, яка передбачає суворе дотримання працівниками вимог правил, норм і інструкцій з охорони праці, ретельну підготовку місць проведення вогневих робіт та організацію постійного контролю за їх виконанням.

Найбільш пожежонебезпечними зонами на вогнетривких підприємствах є дерев'яні перекриття виробничих цехів, ділянки формування виробів із використанням гасово-стеаринових сумішей, склади вигоряючих домішок, що застосовуються у виробництві легковагових вогнетривів, млинові ділянки для обробки домішок, смолонасосні приміщення, а також змішувальні та формувальні відділення карбідокремнієвих нагрівачів.

Категорія пожежної небезпеки цеху класифікується як «Б», що передбачає наявність легкозаймистих і горючих матеріалів та віднесення приміщень до пожежонебезпечної зони П IIа.

Оскільки основні етапи вогнетривкого виробництва — формування, сушіння, випал — тісно пов’язані і не можуть здійснюватися автономно, забезпечення пожежної безпеки конструкцій над цими зонами є критично важливим завданням. Вирішити це питання можна двома шляхами: повною заміною дерев'яних конструкцій на негорючі матеріали або застосуванням спеціальних вогнезахисних обробок там, де заміна наразі неможлива.

Відділення формування виробів із гасово-стеариновими сумішами належать до вибухо-пожежонебезпечних об'єктів категорії «Б». Тут забороняється

використання відкритого вогню та паління, а все електроустаткування повинно бути вибухобезпечного виконання. Зберігання гасово-стеаринової суміші дозволяється лише в щільно закритій ємності під замком і в обсязі, що не перевищує потреби зміни. Нагрівання суміші та розчинення парафіну мають виконуватись на водяній бані без застосування відкритого полум’я чи нагрітих поверхонь із температурою понад 100 °С.

Для підвищення пожежної безпеки в приміщеннях смолонасосних відділень, змішувальних цехів, ділянок формування карбідокремнієвих нагрівачів, складів вигоряючих домішок категорично заборонено паління, використання відкритого вогню та зберігання масел. Усі дерев'яні елементи у складських приміщеннях обов’язково обробляються вогнезахисними складами.

Особливу увагу при експлуатації виробничих будівель необхідно приділяти евакуаційним шляхам і виходам, які мають бути завжди вільними для швидкої евакуації персоналу у разі пожежі або аварії. Заборонено захаращення тамбурів, сходових кліток, основних і запасних виходів, проходів, підходів до пожежного обладнання, а також проїздів до джерел водопостачання.

Під час ремонтних робіт на технологічному обладнанні обов'язково видаляють мастила й інші горючі речовини, а весь персонал, залучений до ремонту, проходить обов’язковий протипожежний інструктаж. Проведення вогневих робіт у пожежонебезпечних місцях допускається лише за письмовим дозволом, з наявністю всіх необхідних первинних засобів пожежогасіння.

Вогневі роботи на вибухо- та пожежонебезпечних об'єктах дозволяються тільки у виключних випадках, переважно вдень, і лише за письмовим дозволом головного інженера заводу. В аварійних ситуаціях дозвіл може надавати начальник цеху, але роботи проводяться під його безпосереднім наглядом із обов'язковим повідомленням керівництва та служби охорони праці.

Для оперативної ліквідації можливих пожеж об'єкти обладнані відповідними засобами пожежогасіння: системами водяного пожежогасіння, протипожежними щитами, вогнегасниками типу ОП-6, ОП-8, ОВП-10 [35, 36].

4.6 Заходи щодо техніки безпеки

Безперебійна та безпечна робота вогнетривких цехів напряму залежить від технічного стану обладнання. Підтримання його у справному стані здійснюється шляхом систематичних оглядів і своєчасного проведення ремонтних робіт у межах планово-запобіжної системи (ПЗР). ПЗР спрямована на запобігання аваріям та передчасному зносу обладнання, дозволяючи виконувати ремонтні роботи у максимально безпечних умовах. Для підвищення відповідальності за технічний стан агрегатів окремі одиниці обладнання закріплюються за конкретними бригадами або працівниками. Проте таке закріплення не звільняє черговий персонал від обов'язку контролювати справність машин протягом своєї зміни.

Через значну кількість різноманітного обладнання у вогнетривких цехах – конвеєрів, елеваторів, дробарок, млинів, пресів тощо – особливої ваги набуває створення умов, які унеможливлюють доступ до небезпечних зон машин. Це досягається шляхом встановлення захисних та запобіжних пристроїв. До основних таких пристроїв належать огородження, системи безпечного блокування, обмежувачі, запобіжники й сигналізаційні засоби. Конструкція кожного з них обирається залежно від особливостей роботи обладнання.

У вогнетривкому виробництві використовуються два основні типи огороджень:

- стаціонарні – закріплюються нерухомо до станини або корпусу машини й повністю закривають рухомі частини. Виготовляються з легких металевих конструкцій для зручності експлуатації. Якісно виконані огородження не лише гарантують безпеку, але й підвищують продуктивність праці, оскільки працівник працює впевненіше, не побоюючись випадкового контакту з рухомими механізмами.
- знімні, розсувні або відкидні – монтуються на петлях або підвісках і передбачають легкий доступ для обслуговування обладнання без зняття всього захисту.

Блокувальні пристрої безпеки встановлюються для запобігання несанкціонованому доступу до небезпечних зон під час роботи обладнання. Знімні та відкидні огородження обов’язково оснащуються блокувальними механізмами, які автоматично зупиняють роботу агрегату у разі відкривання або демонтажу захисту. Це дозволяє мінімізувати ризик травмування персоналу.

Сигналізація є невід'ємною складовою всіх захисних систем. Вона може бути:

– попереджувальною – повідомляє про потенційну небезпеку;
– аварійною – сигналізує про виникнення небезпечної ситуації;
– контрольною – вказує на стан окремих елементів обладнання.

За способом подачі сигналів сигналізація може бути:

– світловою – за допомогою електричних ламп;
– звуковою – через сирени чи дзвінки;
– вказівною – через табло або реле, що показують місце порушення;
– колірною – фарбування небезпечних елементів у яскраві кольори.

Сигнальні пристрої повинні розміщуватись у місцях, добре видимих та чутних для персоналу, а також бути легко помітними навіть у складних умовах виробничого середовища [37, 38].

4.7 Пропозиції по поліпшенню екологічних показників цеху та розрахунок витяжної вентиляції

Створення сприятливих метеорологічних та екологічних умов у виробничих приміщеннях є складною задачею, яку вирішують за допомогою кількох основних підходів:

- ефективне розташування джерел тепла та охолодження гарячих виробів у спеціальних приміщеннях, оснащених потужними вентиляційними системами;
- впровадження механізації та автоматизації процесів виробництва;

– застосування більш ефективних технологій та обладнання.

При розрахунку вентиляційних систем необхідно враховувати місцеві опори та опори відгалуджень для забезпечення оптимальних умов.

Місцеві опори:

Ділянка І+1

Поворот на 45 $\xi = 0{,}33$

Конусний колектор $\xi = 0{,}41$

Втрата тиску в трійнику на прохід

$\frac{W_n}{W_c} = \frac{W_{I+1}}{W_{II}} = \frac{5}{5{,}5} = 0{,}9$ $\xi = 0{,}015$

разом 0.755

Ділянка ІІ

Секційне коліно, $\alpha = 90^0$ $\xi = 0.39$

Вхід у фільтр (раптове розширення) $\xi = 0.5$

Втрати тиску в трійнику на прохід

$\frac{W_n}{W_c} = \frac{W_{II}}{W_{III}} = \frac{5{,}5}{7} = 0{,}78$ $\xi = 0.04$

разом 0.93

Ділянка ІІІ

Конфузор $\xi = 0.10$

Вихід з фільтра (раптове звуження) $\xi = 0.35$

разом 0.45

Ділянка IV

Приливна шахта, h/d=0,7 $\xi = 1.15$

Секційне коліно, 3 шт. $\xi = 0.39$

разом 1.54

Результати розрахунку мережі місцевих опорів наведено в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Результати розрахунку мережі місцевих опорів

№ ділянки	Q, м³/год	q, м/с	l, м	D, м	W, м/с	Pg, Па	R, Па/м	ΔP, Па	$\sum\xi$	$\Delta P_м$, Па	ΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I+1	750	0,21	9	0,235	4,8	13,6	0,69	6,2	2,20	30	36
II	3000	0,83	15	0,320	10,3	62,6	2,93	44,0	1,67	104	148
III	3000	0,83	2	0,320	10,3	62,6	2,93	5,8	0,45	28	34
VII	3000	0,83	10	0,440	5,5	17,8	0,52	5,2	1,54	27	32
										Σ	262
2	750	0,21	0,235	0,235	4,8	13,6	0,69	2,8	2,23	30	33
3	750	0,21	0,235	0,235	4,8	13,6	0,69	2,8	2,65	36	39

Враховуючи результати з таблиці 4.5 приймаємо дані щодо попереднього встановлення опору відгалуджень (табл. 4.6)

Таблиця 4.6 – Дані попереднього розрахунків відгалуження

№ ділянки	Q, м³/год	q, м/с	l, м	D, м	W, м/с	Pg, Па	R, Па/м	ΔP, Па	$\sum\xi$	$\Delta P_м$, Па	ΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	750	0,21	4	0,235	4,8	13,6	0,69	28	2,23	30	33
3	750	0,21	4	0,235	4,8	13,6	0,69	2,8	2,30	31	34

Ділянка 2

Поворот на 45 $\xi = 0,33$

Конусний колектор $\xi = 0,41$

Втрата тиску в трійнику на відгалуження

$$\frac{W_б}{W_c} = \frac{W_2}{W_{II}} = \frac{5}{6,6} = 7,6 \qquad \xi = 0,27$$

разом 1,01

Ділянка 3

Поворот на 45, конусний колектор величини ξ аналогічно ділянкам 1 і 2, тобто їхня сума має значення $\xi = 1,01$.

Втрати тиску в трійнику на відгалуженні становить:

$$\frac{W_б}{W_c} = \frac{W_3}{W_{III}} = \frac{5}{9,7} = 0,51 \qquad \xi = 0,34$$

разом $\sum\xi = 1,35$

Розраховуємо значення витрат тиску в місцевих опорах $\Delta P_м$ і повного опору ΔP для всіх ділянок магістрального повітропроводу й заносимо в таблицю 4.5. Розраховуємо значення $\Delta P_м$ й ΔP для всіх відгалужень заносимо в таблицю 4.6.

Розраховуємо потрібний опір відгалужень.

Відгалуження 2

$$\Delta P_2^{потр} = \Delta P_{I+1} = 36 \text{ Па}$$

Визначаємо відхилення:

$$\Delta = \left(\frac{\Delta P_2^{потр}}{\Delta P_2} - 1 \right) \times 100 = \left(\frac{36}{33} - 1 \right) \times 100 = 9\%,$$

Тобто попередній розрахунок може вважатися задовільним, а розраховане значення ΔP_2 є остаточним і його дані записуємо в таблицю 4.5.

Відгалуження

$$\Delta P_2^{потр} = \Delta P_{I+1} = 35\ Па$$

Визначаємо відхилення:

$$\Delta = \left(\frac{\Delta P_2^{потр}}{\Delta P_2} - 1 \right) \times 100 = \left(\frac{35}{33} - 1 \right) \times 100 = 6\%,$$

Тобто попередній розрахунок може вважатися задовільним, а розраховане значення ΔP_2 є остаточним і його дані записуємо в таблицю 4.5.

Визначаємо загальний опір вентиляційної системи.

Ухвалюючи опір фільтра 1000 Па, розраховуємо втрати тиску в системі:

$$\Delta P_{сист} = \Delta P_{заг} + \Delta P_{ап} = 262 + 1000 = 1262\ Па\,.$$

Вибір вентилятора й розрахунки його потужності:

Якщо прийняти коефіцієнт запасу тиску К=1,2, то тиск, який повинен створювати вентилятор, становить:

$$P_в = 1{,}2\ \ \Delta P_{сист} = 1{,}2 \times 1262 = 1597 \text{ Па, або } P_в = 1{,}6 \text{ кПа.}$$

Тоді потужність на валу вентилятора становить

$$N = \frac{q_t \times P_в}{\eta} = \frac{0{,}83 \times 1{,}6}{0{,}557} = 2{,}98\ кВт.$$

За витратою повітря $Q_t = 3000$ м^3/год й тиском $P_в = 1{,}6$ кПа підбираємо вентилятор ВВД - №8 із числом обертів n=1410 хв$^{-1}$ і ККД=0,557, що задовольняє вимогам виробництва

Висновки

1. Ознайомлення з технологією і обладнанням шамотного цеху ПрАТ «Запоріжвогнетрив» показало, що найбільш «вузьким» місцем пресової дільниці цеху – є брак продукції, який пов'язаний з недосконалістю конструкції коліноважільного пресу.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для формування вогнетривкої продукції напівсухим способом у виробничій практиці використовуються різні конструкції пресів, серед яких перевага належить коліноважельним, які мають ті ж самі недоліки, що й преси ПрАТ «Запоріжвогнетрив».
3. В результаті запропонованої модернізації коліноважельного пресу для напівсухого пресування можливе досягнення наступних цілей – збільшення продуктивності, терміну служби, а також покращення якості продукції.
4. Проведені розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
5. Для забезпечення необхідних показників роботи машини слід враховувати вимоги щодо її монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для створення безпечних умов праці персоналу й охорони навколишнього середовища необхідно застосувати заходи, які наведено в розділі 4.
6. Згідно аналізу умов експлуатації пресу виконано розрахунок необхідної роботи пресування та обрано основні елементи приводу коліноважельного пресу.
7. Результати роботи можуть бути використані не тільки на ПрАТ «Запоріжвогнетрив», але й на інших підприємствах де основним технологічним процесом є метод напівсухого пресування.

Список використаної літератури

1. Шамотна продукція. *ПрАТ Запоріжвогнетрив – Найбільше вогнетривне підприємство в Україні*. URL: https://zaporozhogneupor.com/reshenija/shamotnaja-produkcija/ (дата звернення: 14.04.2025).
2. Кириченко О. Г., Прутцьков Д. В. Вогнетриви металургійного виробництва: навч.-метод. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 78 с.
3. Іващенко Л.В. Взаємозв'язок основних властивостей вогнетривів з параметрами технології: конспект лекцій. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2002. 61 с.
4. Ceramics science and technology. Volume 2. Materials and properties / ed. by R. Riedel, I. W. Chen. Weinheim : Wiley-VCH, 2010. 888 p.
5. Routschka G. Pocket manual refractory materials: basics structures-properties. Essen : Vulkan-Verlag, 2004. 512 p.
6. Пісчанська В.В., Медведовська В.М. Механічні процеси і апарати хімічних виробництв: навч. посіб. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. 52 с.
7. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Д. : Донбас, 2004. Т. 1 : А К. 640 с. ISBN 966-7804-14-3.
8. Традиційний процес виробництва вогнетривкої цегли - Знання - Greenergy Вогнетривкі та ізоляційні матеріали Co., ТОВ. *Китайський теплоізоляційний матеріал, вогнетривкий матеріал, постачальники, виробники, фабрика - Greenergy Refractory and Insulation Material Co., Ltd*. URL: https://ua.greenergyrefrataatarios.com/info/traditional-refractory-brick-production-proces-42229165.html (дата звернення: 20.04.2025).
9. Плєснецов Ю. О., Маковей В. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси : навч. посіб. Х. : НТУ «ХПІ», 2014. 236 с.

10. Швець С. В., Швець У. С., Борисюк В. М. Моделювання мехатронної ковальсько-пресової системи: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2022. 177 с. ISBN 978-966-657-913-
11. Karklit A. K., Gol'dberg I. A., Bernshtein R. S. Mechanization and automation in refractories production. Refractories. 1970. Vol. 11, no. 3-4. P. 233–237. URL: https://doi.org/10.1007/bf01290097
12. Sandutsa T. M., Dergaputskaya L. A. Production of lightweight chamotte refractories. Refractories. 1992. Vol. 33, no. 7-8. P. 381–383. URL: https://doi.org/10.1007/bf01283302
13. Terpstra M. Structural elements, materials and some special features of equipment. Materials for Refractories and Ceramics. Dordrecht, 1986. P. 239–245. URL: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4325-4_22
14. Grinberg Y. M., Degtyareva V. Equipment for isostatic pressing of refractories (review). Refractories. 1982. Vol. 23, no. 9-10. P. 535–540. URL: https://doi.org/10.1007/bf01402843
15. Vibration equipment for making refractories / V. M. Yam et al. Refractories. 1972. Vol. 13, no. 9-10. P. 579–584. URL: https://doi.org/10.1007/bf01285767
16. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : підручник. Київ : Наук. думка, 2002. 660 с.
17. Теорії механізмів і машин. Конспект лекцій (напрямку: 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування», 6.070106 «Автомобільний транспорт») / укл: Романюк О.Д. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. – 112с.
18. Бабенко Д. В., Доценко Н. А., Горбенко О. А.Теорія механізмів і машин: практикум для навчання в умовах інформаційно-освітнього середовища : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 168 с.
19. Червоний Б.І. Теорія механізмів і машин: Курс лекцій. Рівне: НУВГП, 2006. 216 с.
20. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований

електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.

21. Колосов Д.Л., Кіба В.Я. Опір матеріалів у прикладах та завданнях: навч. посібник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка», 2021. 106 с.
22. Писаренко О.Г. Опір матеріалів : З основами пружності й пластичності: У 2 ч., 5 кн. Київ : Вища шк., 1995. Т. 4 : Приклади і задачі. 463 с.
23. Стрелец В. В. Деталі машин і основи конструювання. Суми : Сум. держ. ун-т, 2022. 150 с.
24. Мархель І. І. Деталі машин : навч. посіб. К. : Алерта, 2005. 368 с.
25. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 374 с.
26. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 236 с.
27. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 288 с.
28. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
29. 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.
30. 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. Вид. офіц. 2024.

31. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
32. 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.
33. ДСП 3.3.1.038–99. Підприємства чорної металургії. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
34. ДБН В.2.2–28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Чинний від 2011–10–01. Вид. офіц.
35. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
36. 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.
37. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
38. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.
39. 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