

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 Модернізація завантажувального вузла молоткової дробарки для
подрібнення вапняка в умовах аглофабрики ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1330

Ровненко Д. К.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Сайкова Т.Ю.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Ровненко Данила Костянтиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи: Модернізація завантажувального вузла молоткової дробарки для подрібнення вапняка в умовах аглофабрики ПАТ «Запоріжсталь».
керівник бакалаврської роботи викладач Сайкова Т.Ю.
затвердені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року № 2215-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 14 червня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи агломераційного цеху.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Реверсивна молоткова дробарка – 2А1; 2. Гуркіт інерційний ГІС-100 – 1А1; 3. Вібратор інерційного гуркоту ГІС -100 – 1А1; 4. Фундумент реверсивної молоткової дробарки – 1А1 5. Заземлення молоткової дробарки – 1А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Сайкова Т.Ю., викладач		
2	Сайкова Т.Ю., викладач		
3	Сайкова Т.Ю., викладач		
4	Сайкова Т.Ю., викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	13.05.2024 – 20.05.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	21.05.2024 – 27.05.2024	
3	Виконання теоретичної частини проекту	26.05.2024 – 29.05.2024	
4	Виконання графічної частини проекту	30.05.2024 – 05.06.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2024 – 10.06.2024	
6	Перевірка проекту консультантами	11.06.2024 – 13.06.2024	
7	Попередній захист проекту	14.06.2024	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Ровненко Д. К. Модернізація завантажувального вузла молоткової дробарки для подрібнення вапняка в умовах аглофабрики ПАТ «Запоріжсталь»

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник Т.Ю. Сайкова. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024.

Проаналізовані переваги та недоліки наявних технічних рішень спрямованих на підвищення ефективності роботи молоткових дробарок. Запропонований варіант модернізації завантажувального вузла молоткової дробарки. Виконані розрахунки необхідні для впровадження модернізації. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології в агломераційному виробництві.

Ключові слова: дробарка, молоток, подрібнення, привод, гуркіт, живильник

ABSTRACT

Rovnenko D.K. Modernization of the Loading Unit of the Hammer Crusher for Crushing Limestone in the Conditions of the Sinter Factory of Zaporizhstal PJSC

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser T.Yu. Saykova. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The advantages and disadvantages of existing technical solutions aimed at increasing the efficiency of hammer crushers are analyzed. The proposed option of modernization of the loading unit of the hammer crusher. The performed calculations are necessary for the implementation of modernization. Attention is paid to issues of man-made safety and ecology in agglomeration production.

Key words: crusher, hammer, grinding, drive, separator, feeder

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Загальні відомості про підприємство	8
1.2 Устрій агломераційного цеху та його вантажопотоки	11
1.3 Вантажопотоки лінії подрібнення вапняку аглоцеха	15
1.4 «Вузькі» місця агломераційного цеху	17
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	18
2.1 Огляд й аналіз конструкцій молоткових дробарок	18
2.2 Опис проекту модернізації молоткової роторної дробарки	22
2.3 Загальні відомості про реверсивну молоткову дробарку	22
2.4 Розрахунок валу-ротора	24
2.5 Перевірочний розрахунок вала ротора на втому й статичну міцність	28
2.6 Розрахунок енергії руйнування матеріалу	33
2.7 Розрахунок потужності електродвигуна	35
2.8 Розрахунок параметрів інерційного гуркоту ГІС – 100	36
2.8.1 Загальні відомості про інерційний гуркіт ГІС 100	36
2.8.2 Розрахунок частоти обертання приводного валу гуркоту	37
2.8.3 Розрахунок потужності приводу вібраційного гуркоту	38
2.8.4 Визначення продуктивності вібраційного гуркоту	41
2.8.5 Розрахунок клиноремінної передачі приводу гуркоту	41
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	47
3.1 Монтаж і технічне обслуговування молоткових дробарок	47
3.2 Розрахунок фундаменту молоткової дробарки	49
3.3 Розрахунок анкерних болтів для закріплення молоткової дробарки	53
3.4 Змащення	55
3.4.1 Види змащення	55
3.4.2 Основні типи мастил та їх призначення	56
3.4.3 Розрахунок змащення вальниць дробарки	64

	2
3.5 Опис схеми управління електродвигуном, розрахунок та вибір кабелю і силових комутаційних апаратів	68
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	71
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища	71
4.1.1 Розрахунок рівня механізації й автоматизації агломераційного цеху	71
4.1.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища	72
4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища	74
4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії	75
4.3.1 Опалення й вентиляція	75
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень	76
4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація	76
4.4 Техногенна безпека	77
4.4.1 Заходи щодо техніки безпеки	77
4.4.2 Заходи пожежної безпеки	78
4.4.3 Ймовірність аварій та їх ліквідація	80
4.4.4 Порядок дій у випадку пожежі	81
4.5 Розрахунок заземлення електроустаткування молоткової дробарки	82
Висновки	88
Список використаної літератури	89
ДОДАТКИ	92

ВСТУП

Однією з найважливіших галузей промисловості є чорна металургія. Від обсягу виробництва і якості чорних металів залежить розвиток усього народного господарства й зміцнення обороноздатності країни.

Перед працівниками металургійної промисловості стоять завдання, рішення яких пов'язане із впровадженням у виробництво останніх досягнень науки й передової технології, зі здійсненням широкого технічного переозброєння підприємств чорної металургії.

Одним з основних напрямків розвитку, у доменному, виробництві є збільшення випуску й поліпшення якості огрудкованої залізородної сировини – агломерату й окатишів. Розширюється застосування цих матеріалів й у сталеплавильному виробництві.

У процесі вдосконалювання виробництва на аглофабриці вирішуються такі завдання, як забезпечення стабільності подачі вихідних шихтових матеріалів; поліпшення огрудкування й завантаження шихти на агломераційну стрічку; удосконалювання технології спікання агломерату; підвищення продуктивності й поліпшення умов праці.

Стабільність подачі шихтових матеріалів забезпечується впровадженням принципово нових систем автоматичного вагового дозування компонентів агломераційної шихти, розширенням і реконструкцією перевантажувальних пристроїв із широким застосуванням нових видів вібраційних живильників.

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 104 сторінки тексту комп'ютерного набору, 13 рисунків, 6 таблиць, 12 додатків. Бібліографічний список має 31 найменування літературних джерел.

Об'єкт проектування – вузли молоткової дробарки корпусу вапнування, агломераційного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

Ціль роботи – підбор оптимальних параметрів подрібнення й вибір електродвигуна привода дробарки.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про підприємство

Публічне акціонерне товариство “Запоріжсталь” міжнародної гірничо-металургійної групи Metinvest – одне з найбільш великих промислових підприємств України з повним металургійним циклом [1]. Продукція підприємства добре відома й користується попитом у споживачів на внутрішньому ринку й у багатьох країнах миру.

Комбінат робить високоякісний листовий прокат (гарячекатаний і холоднокатаний) товщиною 0,5–0,7 мм із вуглецевих, низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей.

Основними споживачами продукції комбінату є підприємства автомобільного, авіаційного, сільськогосподарського, транспортного машинобудування, виробники зварених труб, виробів побутової техніки й інші.

Комбінат займає стійке положення на ринку, рік за роком просуваючись нагору в списку найбільших виробників сталі. Основні зусилля фахівців “Запоріжсталі” спрямовані на освоєння нових ринків і видів продукції, зміцнення позитивного іміджу підприємства, розширення географії поставок. Основа успіху строге дотримання й постійне вдосконалювання технологічних процесів, висока якість випускаємої продукції, чітке виконання договірних зобов'язань, орієнтація на потреби ринку й уміле впровадження ринкових механізмів керування.

Міжнародне визнання “Запоріжсталі” у діловому світі підтверджено міжнародним призом “За кращу торговельну марку–1999”. 16 листопада 1933 року відзначено як день народження комбінату “Запоріжсталі”. У цей день на доменній печі №1 була видана перша плавка чавуну. В 1935 році вступила в лад перша мартенівська піч, в 1937– слябінг.

У наступні роки були введені в експлуатацію цехи по виробництву гарячого й холодного прокату.

Комбінат “Запоріжсталь” складається з 6 основних цехів. Щорічно підприємство робить 2,5 млн. тонн чавуну, 3,2 млн. тонн сталі й 2,7 млн. тонн прокату.

Основними цехами комбінату є:

- доменний;
- мартенівський;
- прокатні.

Сировина у вигляді руди, коксу й різних добавок надходить в агломераційний цех, що робить агломерат, що, у свою чергу надходить у доменну піч, у якій виплавляється чавун.

Чавун поставляється як готова продукція, а також на подальшу переробку в мартенівський цех. У ливарному відділенні здійснюється фасонне лиття заготівель.

У мартенівському цеху, після добавки всіх складових металу йде розливання розплавленого металу у виливниці, які у свою чергу після охолодження направляються в обтискний цех.

Зливки в обтискному цеху розкатують на сляби, і відправляють в інші прокатні цехи, які випускають великий сортамент.

Допоміжні цехи призначені для обслуговування основних цехів і забезпечення їхньої безперебійної роботи. У цю групу входять: енергетичні, вогнетривкі, транспортні, ремонтні й інші цехи.

Агломераційний цех комбінату вступив у дію 1 серпня 1951 р. У цеху виробляється основний залізорудний агломерат. Майже всі процеси виробництва агломерату автоматизовані. Агломератчики заводу домоглися найбільшої продуктивності праці серед агломераційних фабрик СНД такої ж потужності й роблять агломерат високої якості.

16 листопада 1933 р. уведений у дію доменний цех. Сьогодні в доменному цеху на 5 доменних печах виплавляється 2,3 млн. тонн передільного й ливарного чавуну на залізорудній шихті, що складається з агломерату власного виробництва й окатишів. Використовуючи сучасну технологію доменного

виробництва, комбінат виплавляє чавун високої якості для виробництва сталі, великогабаритного чавунного литва безпосередньо на комбінаті, а також товарного чавуну. Відмінною рисою запорізького чавуну є низький вміст сірки й фосфору, завдяки чому він користується широким попитом на світовому ринку.

Перша мартенівська піч на комбінаті була пущена 21 вересня 1935 р. Нині в мартенівському цеху комбінату працює 9 печей, ємністю 250–500 тонн із загальною продуктивною потужністю 3,8 млн. тонн у рік. Сталь виробляється скрап–рудним процесом на рідкому чавуні. Мартенівські печі опалюються природним газом. Для інтенсифікації виплавки сталі на всіх печах використовується кисень. Сталь продувається аргоном. Виплавлювана сталь – маловуглецева й середньовуглецева конструкційної й звичайної якості, низьколегована – розливається в зливки масою до 20 тонн і використовується для виробництва листового прокату.

Стан слябінг став в дію 1 квітня 1937 р. Обтискний стан слябінг «1150» прокочує зливки масою до 20 тонн із вуглецевої легованої й нержавіючої сталі на сляби товщиною 100–200 мм, шириною 1000–1520 мм, довжиною 1800–4700 мм. Нагрівання злиwkів виконується в регенеративних колодязях. Сляби призначені для перекачу на штабу, у гарячому стані передаються на широкоштабовий стан гарячої прокатки.

Цех холодної прокатки №1 уведений у дію 1 квітня 1939 р. У цеху на безперервному чотирьохклітковому стані «1680», двох однокліткових реверсивних станах «1680» і «1200», двадцятивалковому стані «1700» і двох безперервних вузькоштабових чотирьохкліткових станах «450» і «650» виробляється холоднокатаний лист, штаби й стрічки з маловуглецевої, низьколегованої, легованої й нержавіючої сталі. Цех оснащений засобами для дресирування, поперечного й поздовжнього різання, що забезпечує поставку холоднокатаного прокату товщиною від 0,2 до 2,5 мм, шириною від 10 до 1500 мм і довжиною листа до 4000 мм, а також рулони масою до 14 тонн.

Цех холодної прокатки №3 вступив у дію у грудні 1963 р. ЦХП №3 має у своєму розпорядженні унікальний стан «2800» для виробництва

великогабаритного холоднокатаного листа товщиною 1,5–5,5 мм, шириною 1000–2300 мм і довжиною до 4500 мм із вуглецевих, легованих і нержавіючих сталей. У складі цеху діє спеціалізоване відділення по виробництву шліфувальних і полірованих листів і штаб у рулонах з нержавіючої сталі.

Відділ технічного контролю створений в 1932 р. при будівництві комбінату. У цей час 306 контролерів і 34 інженерно–технічних працівника на 8 ділянках ВТК здійснюють роботу з: вхідного контролю вступної сировини й матеріалів (залізорудна сировина, металобрухт, графіт, вогнетриви, піски, вапняк, феросплави, вугілля й ін.), контролю дотримання технологічних процесів і якості відвантажуючої продукції, товарів народного споживання, претензійну роботу з якості продукції, оформленню документів засвідчуючих відповідність готової продукції вимогам стандартів.

1.2 Устрій агломераційного цеху та його вантажопотоки

Агломераційний цех складається з наступних основних відділень [2]:

- відділення прийомних бункерів;
- складу шихтових матеріалів;
- корпусу подрібнення вапняку;
- корпусу здрібнювання палива;
- змішувального відділення;
- корпусу спікання;
- відділення охолодження й сортування агломерату.

Транспортний зв'язок між відділеннями й окремими машинами й агрегатами фабрики здійснюється, в основному, стрічковими конвеєрами.

Принципова схема технологічного процесу агломерації представлена на рисунку 1.1. У бункери 1 подають залізовмісну частину шихти (концентрат, руду, колошниковий пил і повернення), а також коксик і вапняк. Перед подачею коксик піддають подрібненню в чотирьохвалковій дробарці, а вапняк – у молотковій. З бункерів шихтові матеріали в певних співвідношеннях видають

живильниками 2 на стрічковий конвеєр 3. Потім матеріали надходять у барабанний змішувач 4 й огрудкувач 5, у яких вони перемішуються, зволожуються й огрудковуються.

Далі підготовлена в такий спосіб шихта подається в бункери – розподільники 6, де просіванням із шихти виділяють велику фракцію – підстилковий матеріал (постіль) . Живильниками шихти укладають на стрічку машини 8 спочатку велику фракцію, а потім іншу частину шихти.

Покладена на беззупинно рухливі візки (стрічку) шихта надходить під запальне горно 7, що запалює в шихті коксик, і завдяки безперервному просмоктуванню через шихту повітря ексаустером 17 відбувається її спікання. Ексаустер створює розрядження під робочою гілкою стрічки машини у вакуум-камерах 8а, що забезпечує видалення в атмосферу через димар 18 газоподібних продуктів горіння. На ділянці газового колектора 15 між машиною й ексаустером продукти горіння очищаються в газоочисному пристрої 16 від пилу, просипаної шихти й агломерату.

Агломерат піддається подрібненню в дробарці 9 і розсіву на гуркоті 10. Фракція менш 10 мм повертається в бункери 1. Агломерат завбільшки 10 мм і більше вважається придатним для доменної плавки.

Середня температура спеченого агломерату становить 500–600 °С, а в нижній частині 1200 °С [3]. Використання гарячого агломерату в доменній плавці не активізує процеси відновлення; разом з тим воно негативно впливає на стійкість устаткування шихтоподачі до доменних печей і погіршує умови роботи в доменному цеху. Тому агломерат прохолоджують в охолоджувачі 12, установлюваному за гуркотом гарячого агломерату, або частково прохолоджують його на хвостовій частині агломераційної стрічки продувкою зверху вниз (або знизу нагору) холодного повітря через шар матеріалу. Агломерат з гуркоту в охолоджувач подається живильником 11.

З охолодженого агломерату на гуркоті 13 виділяють дріб'язок. Готовий агломерат доставляють у доменний цех в агловозах 14 (спеціальних металевих залізничних вагонах) або стрічковими конвеєрами.

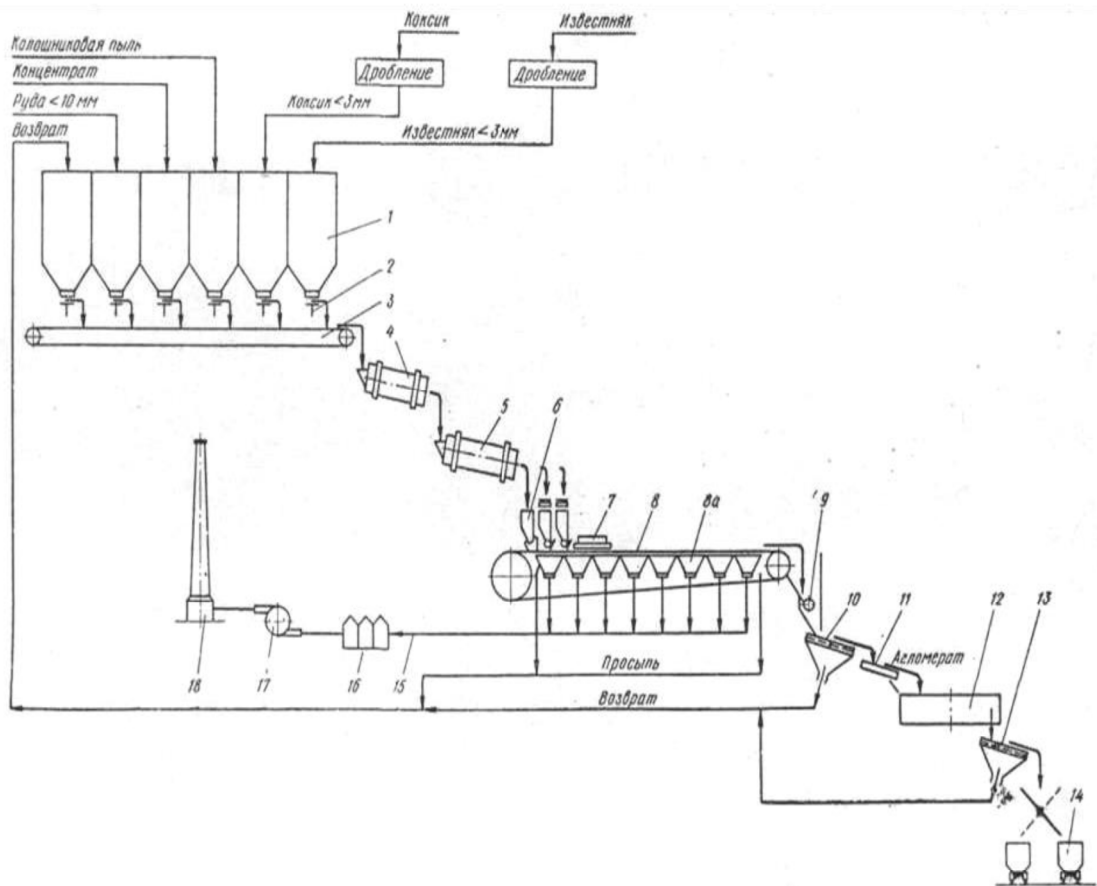


Рисунок 1.1 – Принципова схема технологічного процесу агломерації на агломераційній фабриці (позиції наведені в тексті)

Сировина (залізна руда, вапняк й ін.) надходить на агломераційну фабрику в залізничних вагонах, які розвантажуються на рудному дворі роторними вагоноперекидачами. Потім руду завантажують грейферними кранами в трансферкари – спеціальні залізничні вагончики (з електроприводом) і доставляють у прийомне бункерне відділення шихти. Звідки стрічковими конвеєрами шихта доставляється в корпус спікання.

Транспортний зв'язок між відділеннями й окремими установками здійснюється, в основному, стрічковими конвеєрами. Готовий агломерат відвантажують у спеціальні залізничні вагони, і він іде в доменний цех. На шляху до доменного цеху агломерат вистигає, так що спеціальних барабанів для охолодження агломерату не потрібно [4].

Технічні характеристики основного устаткування цеху наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика технічного устаткування агломераційного цеху

№ п/п	Найменування устаткування	Тип	Кіл.	Призначення	Основні показники			
					Продуктивність	Потужність кВт	Габаритні розміри, мм	Маса т
1	Чотирьох–валкова дробарка	ЧВД–4	6	Для здрібнювання коксу	15 т/год	46	6255×4170×3322	12,7
2	Молоткова реверсивна дробарка	МРД–1р	3	Для подрібнення вапняку	200÷ 500 т/год	360	2956×2680×2110	5,65
3	Тарілчастий живильник	МА148–2/6	12	Для дозування шихти	80 м ³ /ч	11	∅2000×1100	3,9
4	Стрічковий живильник	ЛП–2	14	Для дозування шихти	100 м ³ /ч	34	2000×800×535	1,349
5	Електровібраційний гуркіт	383 Рм	6	Для дозування шихти	300 т/год	4	1500×2500×600	1,8
6	Барабанный змішувач	БС	6	Для перемішування й огрудкування шихти	150 т/год	37	2800×4000	21,2
7	Обжиговочна машина	КМ–14	1	Для випалювання вапняку й коксу	100 т/с	20÷7	4000×15000×2000	105
8	Агломераційна машина	К–2–50	6	Для випікання шихти	70 т/год	11÷15	10417,5×30400×5197,5	288
9	Газове горно	Камерний	6	Для запалювання шихти	600–700 м ³ /ч	–	1800×2600×1600	13,2
10	Палети	ТС–2,5	70	Для випікання шихти	0,3 м ³ /ч	–	2710×1000×555	2,052
11	Експаустер	Д–3500–13	6	Для просмоктування повітря через спічну шихту	3500 м ³ /хв	1300	4410×4410×4400	18
12	Одновалкова зубчаста дробарка	ОЗД–1	6	Для подрібнення агломерату	80 м ³ /ч	28	6690×3010×1650	18,3
13	Самобалансовий гуркіт	200 Гр–1	14	Для просівання агломерату	180 т/год	4	4765×200×2166	5,05
14	Стрічковий конвеєр	Стрічковий	18	Для транспортування шихтових матеріалів	250 т/м ³	12/6	1000×3500×5300	23
15	Газова засувка	Ду=1500	6	Для перекриття лінії газів, що відходять	1500 м ³ /хв	2	680×4650	5,1

1.3 Вантажопотоки лінії подрібнення вапняку аглоцеха

Кінцевим продуктом агломераційного виробництва є агломерат. Основними компонентами для виробництва агломерату є: повернення дрібного агломерату, аглоруда, концентрат, паливо (кокс), вапняк.

Молоткова реверсивна дробарка перебуває в лінії подрібнення вапняку, що є одним з компонентів для виробництва агломерату.

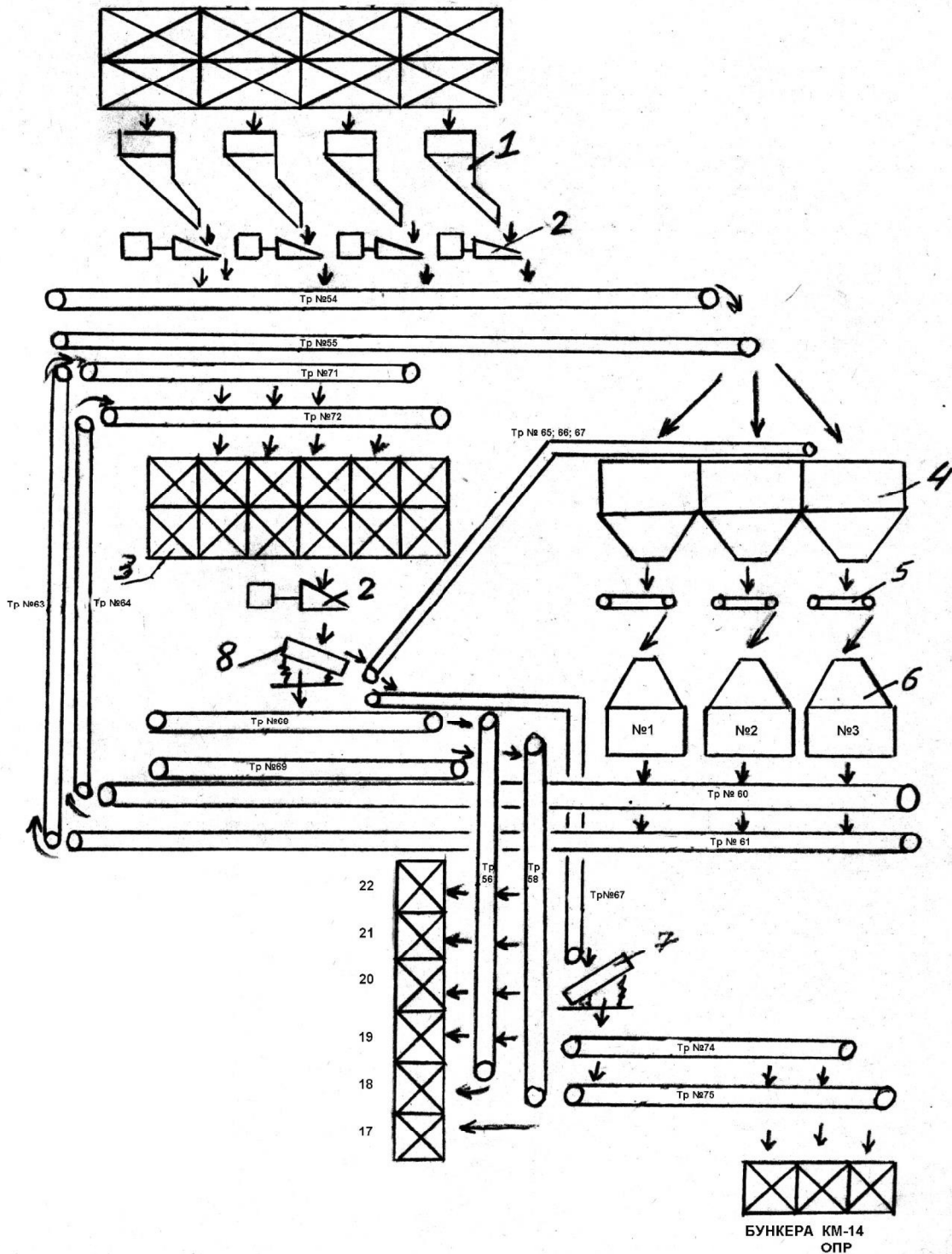
Технологічний ланцюжок проходження вапняку наступний: безпосередньо в штабеля рудного двору вапняк надходить у чотири приймальні тічки 1, розташовані в основі рудного двору під штабелем. Із прийомних тічок вапняк видається електровіброживильниками 2 і за допомогою транспортерів №54 й №55 завантажується в прийомні бункери 4 молоткових дробарок.

У молоткові дробарки з розміром 1450×1300 мм вапняк завантажується стрічковими живильниками 5. Після подрібнення в молоткових дробарках весь дроблений вапняк по транспортерах №№ 60, 61, 63, 64, 71, 72 надходить в 12 бункерів, з яких електровіброживильниками 2 подається на розсів на 12 гуркотів 8 з отвором у сітці 4×4 мм.

Вапняк фракції 3 – 0 мм, після відсівання на гуркотах, транспортерами №№68, 69,56 й 58 подається в бункери №17 й № 22 шихтового відділення. Вапняк фракції +3 мм транспортерами №№ 65, 66, 67 подається в прийомні бункери молоткових дробарок для подрібнення.

Частина вапняку фракції +3 мм транспортером №64 подається на віброгуркіт 7, що виділяє фракції 3÷8 мм, що транспортерами №74 й №75 подається в бункери вапняних машин ОПР і КМ–4.

Схема технологічного процесу вапняно–дробільного відділення наведена на рисунку 1.2.



1 – рудний двір; 2 – прийомні тічки рудного двору; 3 – конвеєри №№54, 55; 4 – прийомні бункери молоткових дробарок; 5 – молоткові дробарки; 6 – стрічковий живильник молоткової дробарки; 7 – транспортери №№ 60, 61, 63, 64, 71, 72; 8 – бункера; 9 – бункера випалювальних машин ОПР і КМ-14

Рисунок 1.2 – Вапняно – дробильне відділення

1.4 «Вузькі» місця агломераційного цеху

Стосовно до агломераційного устаткування провідними видами зношування є абразивне зношування. Абразивне зношування приводить до порушення роботи деталей машин. Через зношування витрати на обслуговування й ремонт машин іноді в кілька разів перевищують їхню відпускну ціну, а маса металу, витраченого на відновлення зношених машин, виявляється більше маси основної машини.

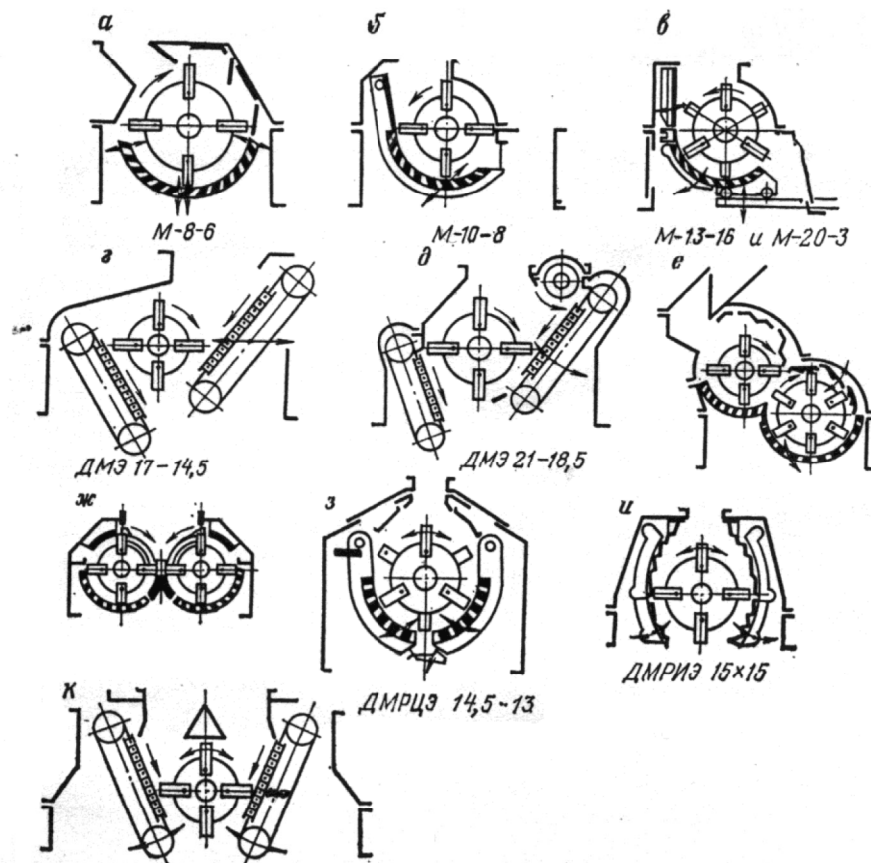
Аналіз простоїв устаткування дозволив виявити наступні «вузькі» місця у його роботі.

- удар у хвостовій частині, що виникає при переході спічного візка з робочої гілки на холосту гілку, при масі спічного візка 2738 кг і зазорі 300 мм це приводить до втомного руйнування каркаса агломераційної машини;
- відкриті зубчасті передачі привода працюють в умовах високої запиленості, без ізоляції від навколишнього середовища, що не дозволяє застосувати систему густого змащення, тому що це приведе до виникнення абразивної суміші й, отже, більш швидкому зношуванню зубчастого вінця;
- кулачки зірочок мають високу швидкість зношування. Зношування виникає через переміщення спічного візка при переході з ділянки DE на ділянку EF;
- опорні ролики спічних візків знаходяться під впливом високих температур через безпосередню близькість горна, що знижує ресурс підшипників;
- одним із найпроблематичніших місць аглоцеху є низька стійкість найбільше важконавантажених деталей дробарки (молотки, колосникові ґрати), котра пов'язана з недостатньо надійною схемою завантажувального вузла.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

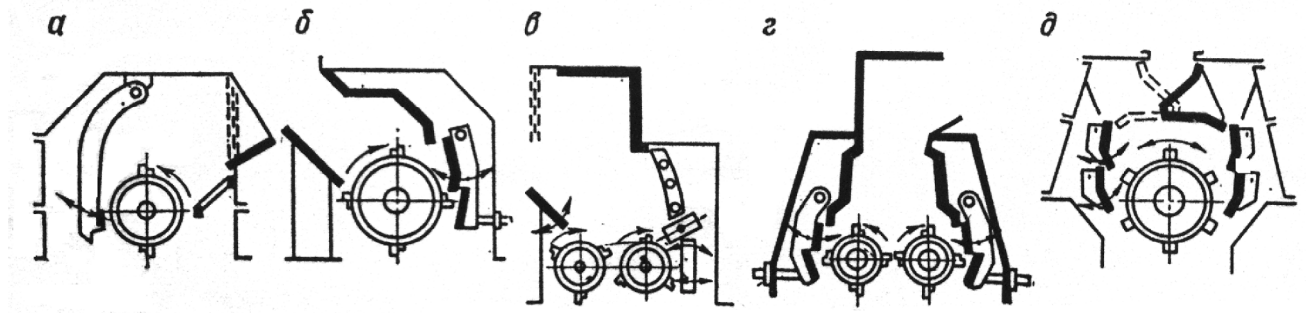
2.1 Огляд й аналіз конструкцій молоткових дробарок

По конструктивних ознаках молоткові дробарки можна розділити на: дробарки із шарнірно підвішеними й жорстко закріпленими на обертовому роторі молотками; однороторні й двухроторні; реверсивні й неревверсивні; з колосниковими ґратами й без них; з рухливими й нерухомими відбійними плитами [5]. Ці дробарки застосовуються для великого й дрібного подрібнення різних матеріалів – тендітних, м'яких, порід середньої твердості. Основні типи конструкцій молоткових дробарок показані на рисунку 2.1 та 2.2. Молоткові дробарки з жорстко закріпленими молотками називають так само роторними.



а, б, в – однороторні неревверсивні з колосниковими ґратами; м, д – однороторні неревверсивні без ґрат; е, ж – двухроторні із ґратами; з – однороторна реверсивна із ґратами; и, к – однороторні реверсивного без ґрат.

Рисунок 2.1 – Молоткові дробарки



а – однороторна, нереверсивна з колосниковими ґратами; б – однороторна нереверсивна без ґрат; в – двухроторна із ґратами; г – двухроторна без ґрат; д – однороторна реверсивна

Рисунок 2.2 – Роторні дробарки

Подрібнення матеріалу в дробарках із шарнірною підвіскою молотків [6] відбувається в результаті ударів обертювих молотків по шматках матеріалу, ударів шматків об відбійні плити й роздавлювання матеріалу молотками на колосникових ґратах. Без колосникових ґрат продуктивність дробарки збільшується, але при цьому в дробленому матеріалі з'являються зерна крупніше припустимих [7].

У дробарках із твердим закріпленням молотків удари по матеріалу наносяться молотками. Принцип дії таких подрібнюючих агрегатів наведено в [8].

Однороторна нереверсивна молоткова дробарка складається з наступних основних вузлів: корпусу, ротора, відбійних плит і колосникових ґрат. Ротор являє собою збірну конструкцію: на валу жорстко закріплені шпонками диски. У кожному диску є шість отворів, через які пропущені стрижні, що служать осями для молотків шарнірно підвішених на роторі рядами.

Верхня частина корпусу мурується відбійними змінними плитами. У нижній частині корпусу укріплені колосникові ґрати, що займають $135^\circ - 180^\circ$ окружності, описуваної молотками. Для спостереження за дробаркою є лази із кришками. Вихідний матеріал, потрапляючи на обертюві молотки, піддається ударному впливу й відкидається на відбійні плити. У результаті багаторазових

ударів відбувається його подрібнення. Розвантажується дроблений продукт через колосникові ґрати. Більші шматки матеріалу додроблюються на колосникових ґратах. Шарнірне кріплення молотків дасть можливість уникати поломок при влученні предметів, що не дроблять, тому що в цих випадках молотки відхиляються на деякий кут.

Однороторна реверсивна дробарка складається зі звареного кожуха, ротора, колосникових ґрат і механізмів регулювання положення колосникових ґрат. Вал ротора опирається на два самоустановлювальні підшипники кочення, які поміщені в корпусах й укріплені на тумбах станини болтами. Вал електродвигуна з'єднаний з валом ротора муфтою. На валу нерухомо укріплені диски, через отвори яких пропущені стрижні з вільно надягнутими молотками. Вихідний матеріал, що завантажений через люк і попадає на обертові молотки, піддається ударному впливу й відкидається на відбійні муровочні плити. У результаті багаторазових ударів молотків й ударів об плити відбувається подрібнення матеріалу. Остаточне додроблювання здійснюється в кільцевому зазорі між кінцями молотків і колосниковими ґратами, де поряд з ударним подрібненням спостерігається часткове стирання.

Центральне розташування завантажувального отвору в цій дробарці дозволяє змінювати напрямок обертання ротора, що є більшим її достоїнством, у порівнянні з нереверсивними дробарками.

До недоліків молоткових дробарок відноситься швидке зношування молотків і колосникових ґрат, тому вони не рекомендуються для подрібнення міцних, абразивних, а також занадто грузлих і вологих матеріалів, тому що ґрати швидко забиваються, що веде до зниження продуктивності. Для подрібнення глинистих і вологих порід застосовують молоткові дробарки з рухливою плитою, що дробить.

Молоткові дробарки з рухливою плитою, що дробить, пристосовані для подрібнення глинистих і вологих матеріалів. Плита, на яку відкидається матеріал що дробиться, рухлива і являє собою важкий пластинчастий конвеєр, вмонтований у корпус дробарки. Плита зібрана на окремій рамі й рухається в

напрямку обертання молотків. Зазор між плитою й молотками регулюється шляхом повороту плити навколо вісі верхнього вала зірочок.

З іншої сторони ротора є другий конвеєр – очисний. Очищення рухливої плити, що дробить, і очисного конвеєра від налиплого матеріалу виконується спеціальними шкребками, що запобігає залипанню робочого простору дробарки.

Залежно від властивостей матеріалу, що дробиться, й необхідної величини дробленого продукту застосовують молотки різної маси (від 3 кг до 180 кг) і форми. Молотки колосникового типу застосовуються для подрібнення крихких матеріалів, а скобообразні для крихких, м'яких, твердих матеріалів.

Молоткові дробарки із жорстким закріпленням молотків все частіше застосовуються в останні роки. В однороторній дробарці матеріал подається на обертовий ротор і дробиться ударами молотків об відбійні плити. На вал насаджений ротор з молотками. Відбійні плити розташовані відносно ротора по спіралі й укріплені на корпусі дробарки не жорстко. При влученні в дробарку шматків, що не дробляться, відбійні плити відхиляються убік, тому що вони підвішені на осях. Вихідний матеріал із завантажувальної вирви надходить на похило встановлені ґрати, за допомогою яких відокремлюється дріб'язок, що не вимагає здрібнювання. Розвантаження дробленого продукту виконується через розвантажувальний пристрій дробарки. Дробарка має масивний ротор з жорстко закріпленими молотками різної конструкції. У завантажувальній вирві дробарки встановлені ланцюгові штори, які запобігають викиданню матеріалу з робочого простору. Передбачено швидку зміну молотків, що зношуються.

Роторні дробарки застосовуються для подрібнення різних руд і матеріалів. Вони володіють рядом переваг перед валковими й шокковими дробарками: вище ступінь подрібнення, нижче вартість подрібнення й менше питома витрата енергії. Також до переваг роторних дробарок варто віднести високий ступінь подрібнення, більшу продуктивність у порівнянні із продуктивністю інших дробарок, меншу масу й більш низьку питому витрату електроенергії; до недоліків відноситься велике зношування молотків і колосникових ґрат.

2.2 Опис проекту модернізації молоткової роторної дробарки

Недоліком існуючої дробарки є швидке абразивне зношування молотків і колосникових ґрат, і, як наслідок, – часті ремонтні роботи.

На основі аналізу недоліків, що мають місце при експлуатації молоткових дробарок на ділянці подрібнення вапняку в аглоцеху, з метою збільшення продуктивності дробарки, пропонується встановити замість стрічкового живильника в завантажувальному вузлі - гуркіт інерційний самобалансний ГІС-100, вивільнений стрічковий живильник встановити в підрешетний простір гуркоту, що дозволить матеріал який не потребує подрібнення, взагалі не подавати в дробарку, а відразу відправляти на наступну технологічну операцію. Також завдяки тому, що до складу гуркоту ГІС-100 входить дибалансний вібратор, гуркіт можна використовувати в якості вібраційного живильника, який має переваги над стрічковими, а саме – забезпечить рівномірне по всій ширині робочої зони завантаження вапняку в дробарку, що підвищить її продуктивність і збільшить термін служби молотків і колосників, завдяки їх більш рівномірному зношенні по всій довжині.

Дана модернізація вимагає виконання наступних розрахунків:

- розрахунок потужності приводу дробарки;
- розрахунок найбільш навантажених вузлів і деталей дробарки;
- розрахунок приводу гуркоту ГІС 100.

2.3 Загальні відомості про реверсивну молоткову дробарку

Молоткову реверсивну дробарку на аглофабриках застосовують для здрібнювання вапняку.

Основною частиною дробарки рисунок 2.3 є ротор, що складається з вала 3 з насадженими на нього дисками 2, між якими встановлені дистанційні кільця. Через отвори в дисках проходять суміжні шпильки з гайками. Молотки 11, що дроблять вапняк, вільно насажені на осі 10.

Ротор поміщений у корпус 1, верхня частина якого захищена броньовими плитами. У нижній частині корпусу встановлені колосникові грати 19, через які просипається здрібнений матеріал. Рами 18, на яких встановлені колосникові грати, шарнірно підвішені на осях, укріплених у верхній частині корпусу.

Для одержання вапняку необхідної фракції положення колосникових ґрат регулюють вручну механізмами підйому, кожний з яких складається з рукоятки 6, гвинта, що регулює, 7 і гайки 8, змонтованої у важелі 9, що закріплений на валу ексцентрика 22.

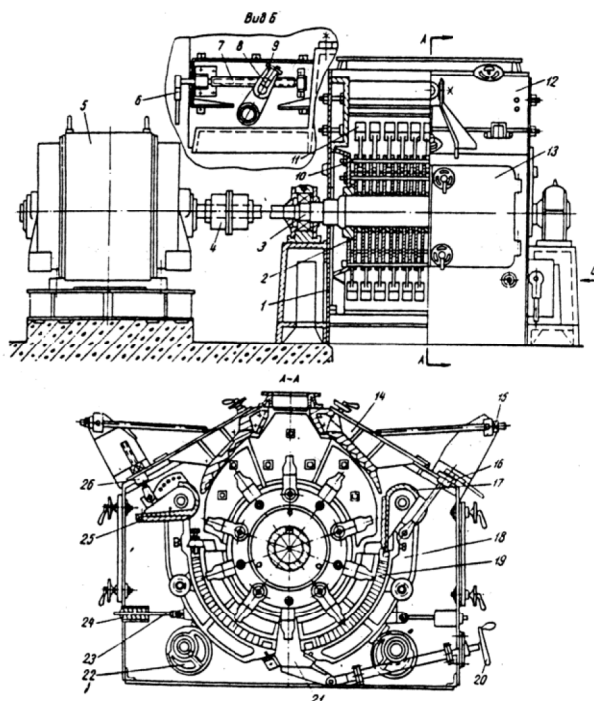


Рисунок 2.3 – Молоткова дробарка (позиції наведені в тексті)

Колосникові рами відтягаються від ротора пружинами 24 і тягами 23. Дробарка оснащена спеціальними заслонками 17 й 25, що захищають від просипання дробленого матеріалу в корпус дробарки. Піднімаються й опускаються заслінки за допомогою гвинтових пристроїв 16 й 26. Верхні кришки 12 корпусу із прикріпленими до них броньовими плитами 14 на шарнірах за допомогою гвинтових пристроїв 15 піднімаються й опускаються. Для огляду ротора є люки 13.

Ротор дробарки розміщений на вальницях кочення й обертається безпосередньо від електродвигуна 5, з'єднаного з ним зубчастою муфтою 4. Кишеня 21 для тіл, що не дробляться, являє собою жолобок, що нахиляється за допомогою гвинта зі штурвалом 20.

Для запобігання влучення в дробарку металевих предметів транспортер, що подає вапняк, повинен бути оснащений магнітним сепаратором.

Змащення вальниць дробарки – пластичне, централізоване від ручної мастильної станції й ковпачкове.

Центральне розташування завантажувального отвору в цій дробарці дозволяє змінювати напрямок обертання ротора, що є більшою її перевагою у порівнянні з нереверсивними дробарками. До переваг цієї конструкції відносяться простота, високий ступінь подрібнення (10–20 і більше) і порівняно невисокий рівень витрати енергії.

2.4 Розрахунок валу-ротора

Вал ротора молоткових дробарок випробовує складний опір. Зовнішні сили, що діють на вал, викликають у його поперечних перерізах крутний момент $M_{кр}$, згинальний момент M_i й поперечні сили Q [9].

Навантаження, що діє на вал ротора приймаємо рівним:

$$q = Z_1 m_1 + Z_3 m_3 + Z_4 m_4 + Z_5 m_5 + Z_6 m_6, \quad (2.1)$$

де Z_1 – число молотків на роторі;

Z_3 – число втулок виду А;

Z_4 – число втулок виду В;

Z_5 – число осей на роторі;

Z_6 – число дисків на роторі;

m_1 – маса молотка, Н;

m_3 – вага втулки виду А, Н;

m_4 – вага втулки виду В, Н;

m_5 – вага осі, Н;

m_6 – вага диска, Н;

Формулу (2.1) можна записати у вигляді:

$$q=130 \times 156+27 \times 74,7+27 \times 53,3+13 \times 203+11 \times 500=31875 \text{ Н}$$

Схема навантаження вала ротора представлена на рис. 2.4.

Згинальний момент від поперечних сил обчислюємо по формулі:

$$M_{\text{зр}} = \frac{ql^2}{2} \quad (2.2)$$

де l – відстань, на якій діє розподілене навантаження q, m .

Причому максимальне значення згинального моменту доводиться на середину ділянки (рис. 2.4 б) [10].

Підставляємо значення q й l у формулу (2.2)

$$M_{\text{зр}} = \frac{31875 \times (1,25)^2}{2} = 24902 \text{ Нм.}$$

Крутний момент визначимо по формулі:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{\omega}, \quad (2.3)$$

де N – витрачаєма потужність, Вт;

ω – кутова швидкість обертання ротора, с^{-1} .

$$M_{кр} = \frac{310 \times 10^3 \times 30}{\pi n} = \frac{310 \times 10^3 \times 30}{3,14 \times 740} = 4002 \text{ Нм.}$$

Епюра $M_{кр}$ показана на рис. 2.4 в

Сумарний момент від вигину й крутіння дорівнює:

$$M^{\max} = M_{зг} + M_{кр} \quad (2.4)$$

$$M^{\max} = 24902 + 4002 = 28904 \text{ Нм}$$

Будуємо епюру сумарних моментів (рис 2.4). Перевіримо вал ротора на міцність. При цьому повинна виконуватися умова [10]:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{np}}{\pi[\sigma]}} \quad (2.5)$$

де d – діаметр вала ротора, м;

M_{np} – розрахунковий наведений момент, Нм;

$[\sigma]$ – припустима межа міцності матеріалу вала ротора, $[\sigma] = 598 \text{ МПа}$.

Наведений момент знайдений по енергетичній теорії міцності:

$$M_{np} = \sqrt{M_u^2 + 0,75M_{кр}^2} \quad (2.6)$$

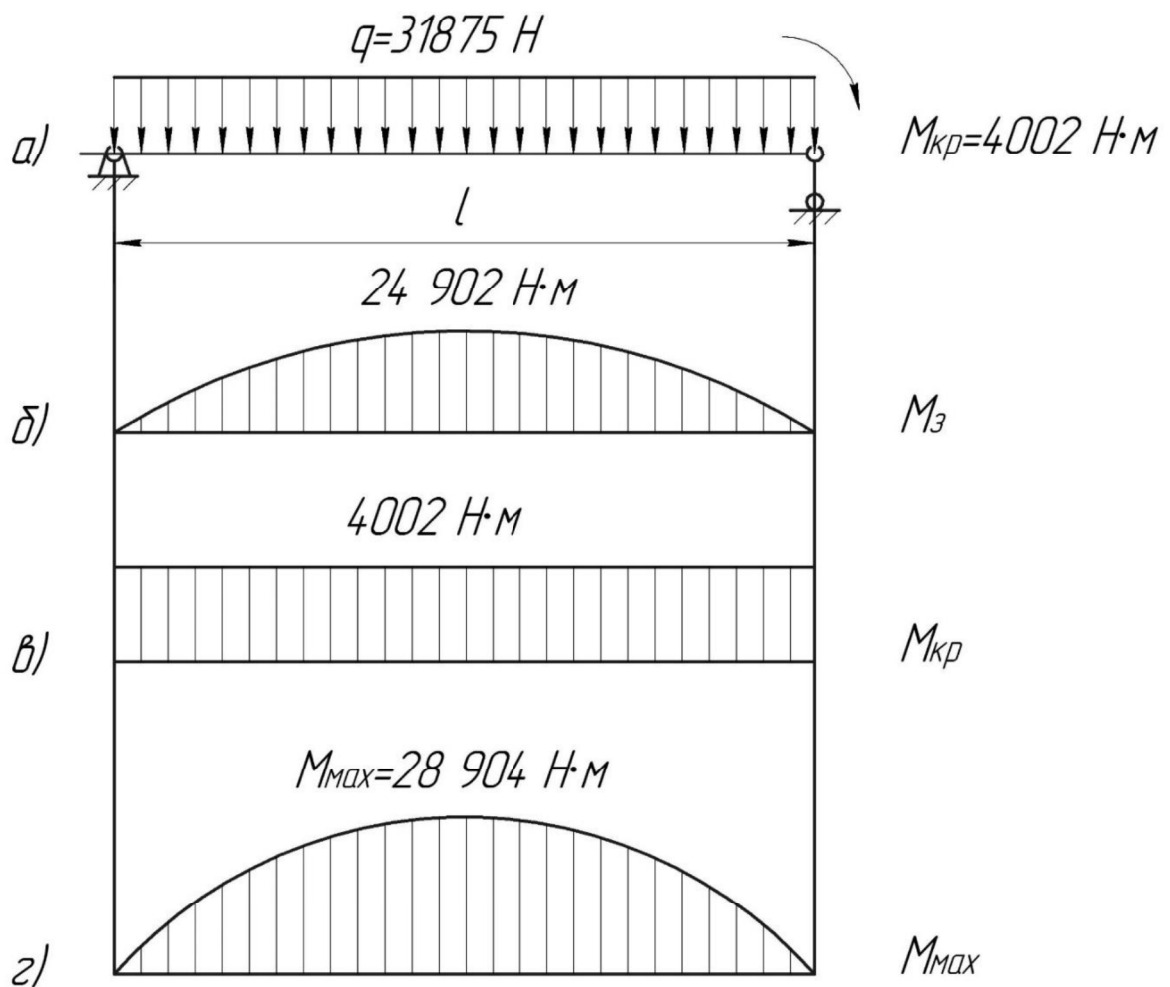
Підставивши у формулу (2.6) відповідні значення, одержимо

$$M_{np} = \sqrt{24902^2 + 0,75 \times 4002^2} = 25200 \text{ Нм.}$$

Необхідний діаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times 25200}{3,14 \times 598 \times 10^6}} = 0,078 \text{ м} = 78 \text{ мм}.$$

Із конструктивних міркувань приймаючи до уваги динамічну складову виникаючу під час дроблення, яка може перевищувати статичне навантаження до 3-х разів, а також з урахування того, що під час дроблення до дробарки може попасти матеріал із більшою щільністю ніж вапняк приймає середній діаметр валу ротора рівний 252 мм.



а – схема навантаження вала ротора;

б – еюра згинальних моментів;

в – еюра крутних моментів;

г – еюра сумарних моментів

Рисунок 2.4 – Розподіл навантаження на валу ротора

2.5 Перевірочний розрахунок вала ротора на втому й статичну міцність

Визначимо крутний момент по формулі 2.3

Кутова швидкість

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2.7)$$

$$\omega = \frac{3,14 \times 740}{30} = 77,45 c^{-1}$$

$$M_{kp} = 310 \times 10^3 \times 77,45 = 4002 \text{ Нм.}$$

Окружна сила на роторі

$$P_t = \frac{2P}{d_p}; \quad (2.8)$$

$$P_t = \frac{2 \times 63486}{145} = 87566,9 \text{ Н}$$

Радіальне навантаження на роторі

$$P_z = P_t \operatorname{tg} \alpha; \quad (2.9)$$

$$P_z = 87566,9 \times 0,364 = 31874,3 \text{ Н}$$

Консольне навантаження на вал від муфти

$$F_m = \frac{0,3M_{kp}}{mZ}; \quad (2.10)$$

де m – модуль зубчастої муфти, $m=4$;

Z – число зубів муфти $Z=62$.

$$F_m = \frac{0,3 \times 4002}{4 \times 10^{-3} \times 62} = 4841,1 \text{ Н}$$

Будуємо епюри згинальних моментів у вертикальній площині (рисунок 2.5). Визначаємо опорні реакції.

$$\sum M_A = 0 \quad F_m \times 0,675 - P_t \times 1,135 + R_{Bx} \times 2,270 = 0.$$

$$R_{Bx} = \frac{-F_m \times 0,675 + P_t \times 1,135}{2,270} = \frac{-4841,1 + 87566,9 \times 1,135}{2,27} = 42344 \text{ Н}$$

$$\sum M_B = 0 \quad -F_m \times 2,945 + R_{Ax} \times 2,27 - P_t \times 1,135 = 0$$

$$R_{Ax} = \frac{F_m \times 2,945 + P_t \times 1,135}{2,27} = \frac{4841,1 \times 2,945 + 87566,9 \times 1,135}{2,27} = 50069 \text{ Н}$$

Перевіримо правильність визначення реакцій

$$\sum X = -F_m + R_{Ax} - P_t + R_{Bx} = -4841,1 + 50064 - 87566,9 + 42344 = 0$$

Будуємо епюру згинальних моментів M_B для чого визначаємо їхнього значення в характерних перетинах вала:

у перетині С $M_B=0$

у перетині А $M_B=F_m \times 0,675=4841,1 \times 0,675=3267,7 \text{ Нм}$

у перетині Д $M_B=1,135 \times R_{Bx} = 42344 \times 1,135 = 48060,5 \text{ Нм}$

у перетині В $M_B=0$

У горизонтальній площині.

Визначаємо опорні реакції

$$\sum M_A = 0 \quad P_z \times 1,135 - R_{B\bar{A}} \times 2,27 = 0$$

$$R_{B\bar{A}} = \frac{P_z \cdot 1,135}{2,27} = 15937 \text{ Н}$$

$$R_{A\bar{A}} = R_{B\bar{A}} = 15937 \text{ Н.}$$

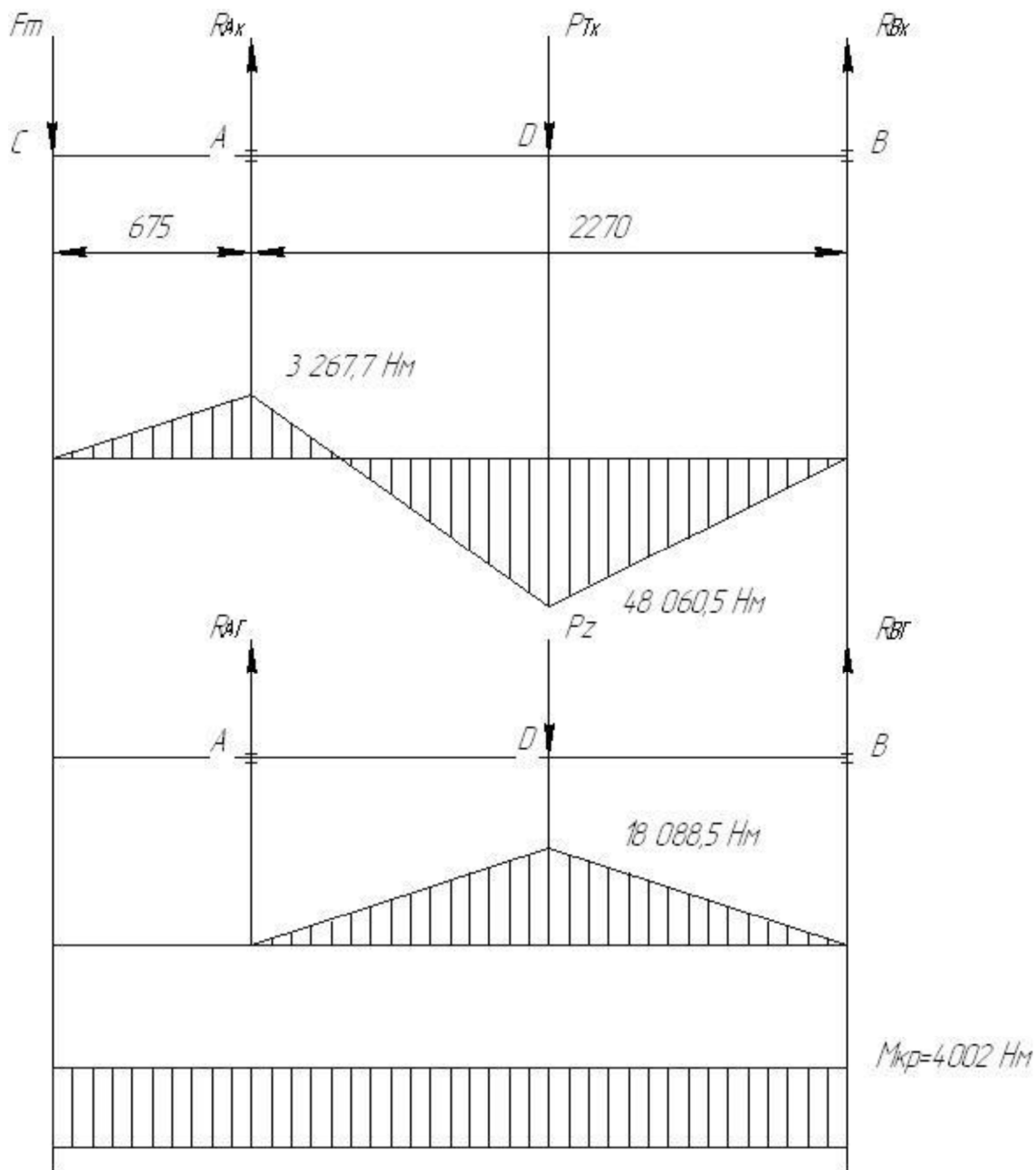


Рисунок 2.5 – Епюри згинальних моментів вала ротора дробарки

Перевіряємо правильність визначення реакцій

$$\sum Y = 0 \quad R_{A_A} - P_z + R_{B_A} = 15937 - 31874 + 15937 = 0$$

Будуємо епюри згинальних моментів M_T , для чого визначаємо їхнього значення в характерних перетинах вала:

у перетині С $M_T=0$

у перетині А $M_T=0$

у перетині Д $M_T=R_{AA} \times 1,135 = 18088,5 \text{ Нм}$

у перетині В $M_T=0$

Будуємо епюри крутних моментів.

Передача крутного моменту відбувається уздовж осі вала від середини зуба зубчастої муфти до кінця ротора дробарки

$$M_{кр}=4002 \text{ Нм}$$

Згідно з формою вала й епюрами M_i й $M_{кр}$ приблизно небезпечними перерізами вала, що підлягають перевірці на втомну міцність, є перетини I–I й II–II, у яких є концентратори напруги й виникають найбільші моменти [11].

Визначаємо згинальні моменти

$$M_{B_I} = -F_m \times 0,973 + R_A \times 0,3 = -4841,1 \times 0,973 + 50064 \times 0,3 = 10309 \text{ Нм}$$

$$M_{B_{II}} = -F_m \times 1,88 + R_A \times 0,835 = -4841,1 \times 1,88 + 50064 \times 0,835 = 37093,4 \text{ Нм}$$

$$M_{\tilde{A}_I} = -R_{AA} \times 0,3 = -15937 \times 0,3 = -4781,1 \text{ Нм}$$

$$M_{\tilde{A}_{II}} = -R_{AA} \times 0,835 = -15937 \times 0,835 = -13307,4 \text{ Нм}$$

Сумарні згинальні моменти в перетинах I–I й II–II

$$M_I = \sqrt{M_{B_I}^2 + M_{\tilde{A}_I}^2} = \sqrt{10309^2 + 4781,1^2} = 11400 \text{ Нм}$$

$$M_{II} = \sqrt{M_{B_{II}}^2 + M_{\tilde{A}_{II}}^2} = \sqrt{37093,4^2 + 13307,4^2} = 37120 \text{ Нм}$$

Визначимо номінальні напруження в перетині I

$$\sigma_{u_1} = \frac{M_I}{W_I} = \frac{11400}{0,1 \times 0,252^3} = 7,3$$

$$\sigma_{u_{II}} = \frac{M_{II}}{W_{II}} = \frac{37120}{0,1 \times 0,252} = 23,8$$

У перетинах I–I й II–II відсутні поздовжні сили, отже, нормальне напруження в цих перетинах змінюється по симетричному циклу з амплітудою

$$\text{I перетин } \sigma_a = \sigma_u = 7,3 \quad \sigma_m = 0$$

$$\text{II перетин } \sigma_a = \sigma_u = 23,8 \quad \sigma_m = 0$$

Напруження крутіння в I й II перетинах однакові

$$\tau_k = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{4002}{0,2 \times d_1^3} = 1,25 \text{ МПа}$$

При віднульовому циклі зміни дотичних напруженнях

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_k}{2} = \frac{1,25}{2} = 0,625 \text{ МПа}$$

У перетині I–I жолобник $R_\sigma = 1,49; R_\tau = 1,37$

У перетині II–II шпонковий паз $R_\sigma = 1,89; R_\tau = 1,71$

Для вуглецевих сталей з діаметром вала від 150 до 500 мм $\varepsilon_\sigma = 0,6; \varepsilon_\tau = 0,6$

Визначимо коефіцієнт запасу міцності вала в перетині I–I по нормальним і дотичним напруженням:

$$n_{\sigma_1} = \frac{\sigma_{-1}}{R_\sigma \sigma_a / \varepsilon_\sigma + \tau_a \sigma_m}, \quad (2.11)$$

$$n_{\sigma_1} = \frac{295}{\frac{1,49 \times 7,3}{0,6}} = 16,2$$

Для сталі 45 $\sigma_{-1} = 295$ МПа, тоді

$$\tau_{-1} = 0,58 \times 295 = 171,1 \text{ МПа}$$

$$n_{\tau_1} = \frac{\tau_{-1}}{R_\tau \tau_a / \varepsilon_\tau + \psi_\tau \tau_m}; \quad (2.12)$$

де $\psi_\tau = 0,1$

$$n_{\tau_1} = \frac{171,1}{1,37 \times 0,625 / 0,6 + 0,1 \times 0,625} = 83,6$$

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності для перетину I–I

$$n_I = \frac{n_{\sigma_I} n_{\tau_I}}{\sqrt{n_{\sigma_I}^2 + n_{\tau_I}^2}} = \frac{16,2 \times 83,6}{\sqrt{16,2^2 + 83,6^2}} = 15,9 > [n] = 1,5 \quad (2.13)$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності вала в перетині II–II по нормальним і дотичним напруженням:

$$n_{\sigma_{II}} = \frac{\sigma_{-1}}{R_{\sigma} \sigma_a} = \frac{295}{1,87 \times 7,3} = 12,83$$

$$\frac{\sigma_{-1}}{\varepsilon_{\sigma}} = \frac{295}{0,6}$$

$$n_{\tau_{II}} = \frac{\tau_{-1}}{R_{\tau} \tau_a / \varepsilon_{\tau} + 0,1 \tau_m} = \frac{171,1}{1,71 \times 0,625 / 0,6 + 0,1 \times 0,625} = 92,9$$

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності для перетину II–II:

$$n_{II} = \frac{n_{\sigma_{II}} n_{\tau_{II}}}{\sqrt{n_{\sigma_{II}}^2 + n_{\tau_{II}}^2}} = \frac{12,83 \times 92,9}{\sqrt{12,83^2 + 92,9^2}} = 12,72 > [n] = 1,5$$

2.6 Розрахунок енергії руйнування матеріалу

Для знаходження енергії руйнування, необхідно знати або обчислити значення наступних параметрів [12]:

- 1) Маса молотка $m_1 = 15,6$ кг (дається в технічній характеристиці молоткової дробарки).
- 2) Маса шматка матеріалу.

Матеріалом, що дробиться, є вапняк.

У середньому діаметр шматків матеріалу, що надходять у дробарку дорівнює 50 мм.

Масу шматка обчислимо по формулі:

$$m_2 = V^I \gamma_2, \quad (2.14)$$

де V^1 – обсяг шматка матеріалу;

γ_2 – питома вага вапняку; $\gamma_2 = 2,2$ кг/дм³

Для визначення обсягу шматка, його форму приймаємо у вигляді кулі.

Тоді

$$V^1 = \frac{1}{6} \pi D^3, \quad (2.15)$$

де D – діаметр шматка матеріалу, мм

$$V^1 = \frac{1}{6} \times 3,14 \times 50^3 = 65449,8 \text{ мм}^3 = 6,54 \times 10^{-2} \text{ дм}^3$$

Знаходимо масу шматка

$$m_2 = V^1 \gamma_2 = 6,54 \times 10^{-2} \times 2,2 = 1,44 \text{ Н}$$

Лінійну швидкість молотка визначимо по формулі:

$$V_0 = \omega R; \quad (2.16)$$

де ω – кутова швидкість ротора, с⁻¹

R – радіус обертання молотка, м

При числі обертів ротора $n = 740$ хв⁻¹

$$V_0 = \frac{\pi n}{30} R = \frac{3,14 \times 740}{30} \times 725 \times 10^{-3} = 56,1 \text{ м/с}$$

Знаходимо енергію руйнування матеріалу при $n = 740$ хв⁻¹

$$E_p = \frac{m_1 \times m_2 \times (V_0)^2}{2(m_1 + m_2)}; \quad (2.17)$$

$$E_p = \frac{156 \times 1.44 \times (56,1)^2}{2(156 + 1,44)} = 2245 \text{ Дж}$$

Отримані дані дозволяють виконати розрахунок необхідної потужності електродвигуна привода дробарки.

2.7 Розрахунок потужності електродвигуна

Споживана потужність витрачається на відновлення енергії, що губиться молотками при ударах по шматках матеріалу, який руйнується, подрібнення матеріалу стиранням на колосникових ґратах, тертя в опорах ротора й подолання опору повітря в дробарці [13].

Настановна потужність електродвигуна дробарки враховує конструктивні й технологічні параметри й показники машини.

Дійсна дробарка працює при кількості обертів ротора $n=740 \text{ хв}^{-1}$

Визначимо потужність по формулі:

$$N = 7,5 D_p^2 L_p \frac{n}{60}; \quad (2.18)$$

де D_p – діаметр ротора, м;

L_p – довжина ротора, м;

n – число обертів ротора, хв^{-1} .

Підставляємо представлені значення у формулу (2.18):

$$N = 7,5 \times 1,45 \times 2,27 \times \frac{740}{60} = 304,5 \text{ кВт.}$$

З огляду на можливі перенавантаження вибираємо по довіднику електродвигун 4П-355-35-355УЗ, потужністю 355 кВт

2.8 Розрахунок параметрів інерційного гуркоту ГІС – 100

2.8.1 Загальні відомості про інерційний гуркіт ГІС 100

Інерційний гуркіт ГІС 100 має наступні технічні характеристики

1.Продуктивність живлення, т/год	100
2.Розміри просіваючої поверхні, мм	1370×3000
3.Кількість ярусів сит, шт	2
4.Кут нахилу сит, град	15
5.Частота коливань короба, хв^{-1}	976

Привод грохота виконано у вигляді механічного віброзбуджувача. В цьому випадку тягове зусилля розвивається в результаті дії сил інерції обертових невірноважених мас – дебалансних вантажів. Принципова схема гуркоту (поперечний розріз) показана на рис. 2.6.

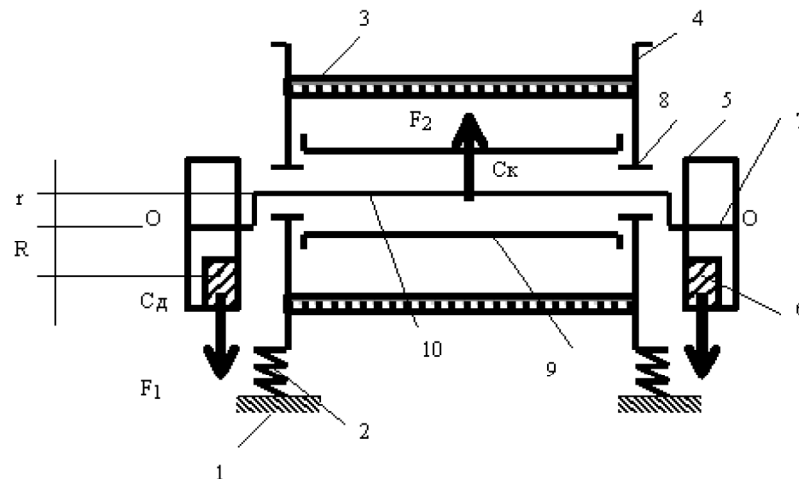


Рисунок 2.6 – Принципова схема вібраційного гуркоту ГІС – 100 (позиції наведено в тексті)

Короб гуркоту опирається на циліндричні кручені пружини-амортизатори 1 \varnothing 160 мм, опори змонтовані на нерухливій металевій конструкції 2. Короб 4 з

ситами 3 приводиться в коливальний рух дебалансним вібробудувачем 5, вал 7 якого обертається в підшипниках 8 і проходить усередині труби 9. Вал має ексцентриситет. На кінцях вала насаджені шківів 5, на яких закріплені дебалансні вантажі 6. Геометрична вісь вала перебуває поблизу від центру ваги короба C_k . Ця точка відстоїть від прямої, що з'єднує центри шківів, на відстані r . Центри ваги C_d дебалансів перебувають на відстані R від тієї ж лінії. При обертанні шківів навколо геометричної осі вала виникають дві рівні й протилежно спрямовані відцентрові сили інерції:

При цьому геометричні центри шківів O залишаються нерухливими в просторі. Звідси й назва гуркоту – самоцентруючий. Обертання від двигуна валу передається через клиноремінну передачу.

2.8.2 Розрахунок частоти обертання приводного валу гуркоту

Для ефективності просівання необхідно, щоб шматки матеріалу робили стрибкоподібну траєкторію, тобто відривалися від поверхні (рис. 2.7) [14].

Умовою цього є

$$\frac{G}{g} \omega^2 r > G \cos \alpha, \quad (2.19)$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2.20)$$

тоді

$$\frac{\pi^2 n^2 r}{g 30^2} > \cos \alpha \rightarrow n > \sqrt{\frac{g 30^2 \cos \alpha}{\pi^2 r}} \rightarrow n \geq 30 \sqrt{\frac{\cos \alpha}{r}}, \quad (2.21)$$

де $G = G_1 + G_2$ – ($G_1 = 1230$ кг – вага короба гуркоту; $G_2 = 300$ – вага дробленого вапняку, що становить 20% від усього матеріалу, що завантажує в короб). Насипна вага вапняку $2,22$ т/м³.

$r = 0,04$ мм – ексцентриситет.

$\alpha = 15^\circ$ – кут нахилу гуркоту.

$$n \geq 30 \sqrt{\frac{0,9659}{0,004}} = 465 \text{ об/хв.}$$

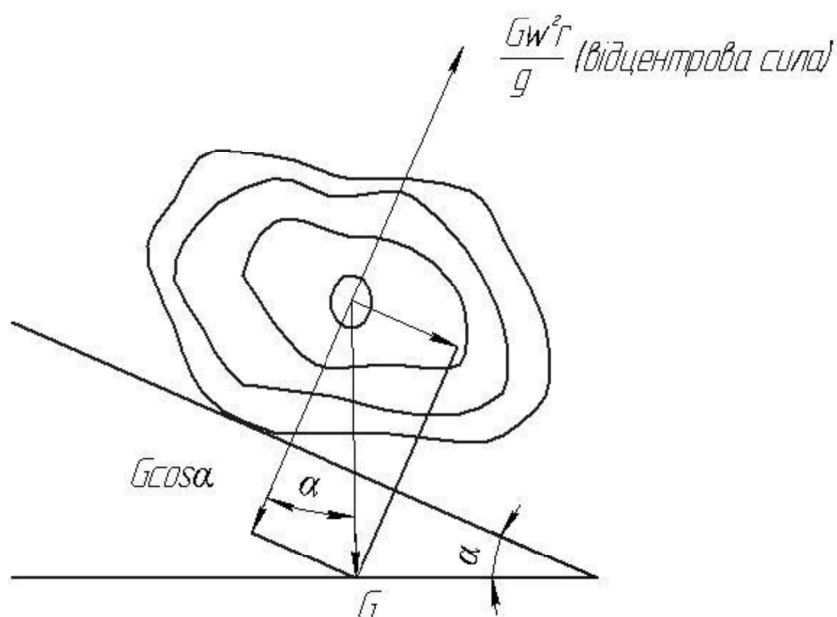


Рисунок 2.7 – Схема сил, що діють на матеріал при просіванні

2.8.3 Розрахунок потужності приводу вібраційного гуркоту

Потужність двигуна витрачається на подолання сил тертя у вальницях і передачу кінетичної енергії коробу з матеріалом:(рис. 2.8) [15].

$$N = k \frac{A_1 + A_2}{n}, \quad (2.22)$$

де $k = 1,3 \div 1,5$ – коефіцієнт неврахованих втрат;

A_1 – робота, витрачена на подолання сил тертя в опорній вальниці, Нм;

A_2 – робота, витрачена на подолання сил тертя у вальниці короба, Нм;

$n = 7,75$ – число обертів приводного валу гуркоту в секунду.

$$A_1 = F_{\text{ТР}_1} 2\pi R_1, \quad (2.23)$$

де $F_{\text{ТР}_1}$ – сила тертя в опорній вальниці, Н;

$R_1 = 0,12$ – радіус опорної вальниці.

$$F_{\text{ТР}_1} = (G_1 + G_2)\mu_1, \quad (2.24)$$

де μ_1 – коефіцієнт тертя в опорній вальниці ($\mu_1 = 0,08$)

$$F_{\text{ТР}_1} = 15300 \times 0,08 = 1224 \text{ н} = 1,224 \text{ кН},$$

$$A_1 = 1,224 \times 6,28 \times 0,12 = 0,92 \text{ кНм}$$

$$A_2 = F_{\text{ТР}_2} 2\pi R_2, \quad (2.25)$$

де R_2 – радіус вальниці короба ($R_2 = 0,13$ м)

$F_{\text{ТР}_2}$ – сила тертя у вальницях короба, Н;

$$F_{\text{ТР}_2} = P\mu_2, \quad (2.26)$$

де P – відцентрова сила, що діє на вальницю;

μ_2 – коефіцієнт тертя кочення у вальницях короба ($\mu_2 = 0,08$)

$$P = \frac{G}{g} \omega^2 r, \quad (2.27)$$

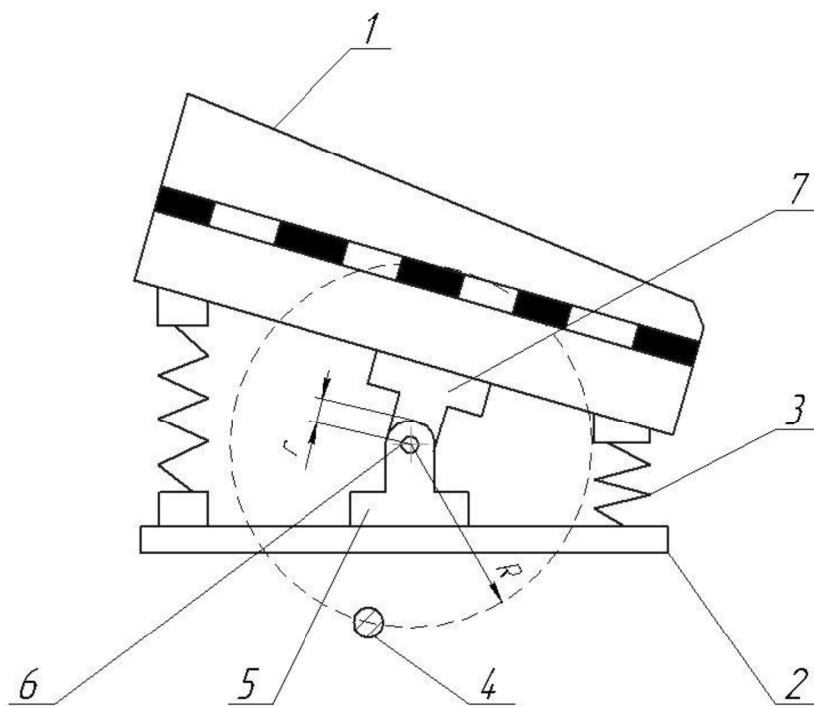
$$P = \frac{15300}{9,8} \times \frac{3,14^2 \times 465^2}{900} \times 0,04 = 14498,2 \text{ Н}$$

$$F_{\text{ГР}_2} = 14498,2 \times 0,08 = 1159,85 \text{ Н} \approx 1,16 \text{ кН}$$

$$A_2 = 1,16 \times 6,28 \times 0,13 = 0,947 \text{ Н}$$

$$N = 1,5 \frac{0,92 + 0,947}{0,95} \times 7,75 = 22,8 \text{ кВт.}$$

По довіднику вибираємо електродвигун типу 4А180М4УВ, потужністю 30 кВт



1 – короб з поверхнею, що просіває; 2 – основа; 3 – пружні опори; 4 – вантаж, що врівноважує; 5 – підшипники ексцентрикового вала; 6 – ексцентриковий приводний вал; 7 – підшипники короба

Рисунок 2.8 – Схема вібраційного гуркоту

2.8.4 Визначення продуктивності вібраційного гуркоту

Продуктивність вібраційного гуркоту, як транспортуючого пристрою, може бути визначена по формулі:

$$Q = 3600BhV\gamma\psi, \quad (2.28)$$

де $B = 1,5$ м – ширина короба;

$h = 0,2$ м – висота шару матеріалу на ситі;

$V = 0,028$ м/с – швидкість руху матеріалу;

$\gamma = 2,0$ т/м³ – питома вага матеріалу;

$\psi = 0,8 \div 0,85$ коефіцієнт розпушення матеріалу.

$$Q = 3600 \times 1,5 \times 0,2 \times 0,028 \times 2 \times 0,8 = 100 \text{ т/год}$$

2.8.5 Розрахунок клиноремінної передачі приводу гуркоту

Вихідні дані для розрахунку:

$$N=30 \text{ кВт}; n=1465 \text{ хв}^{-1}; i=1,5$$

Для передачі заданої потужності рекомендуються ремені типу В и Г.

Розмір D_1 вибираємо так, щоб швидкість ременя була не нижче 10 м/с.

Після вибору діаметра шківів визначаємо відповідні швидкості ременя [16]:

$$V = \frac{\pi D_1 n_1}{60}, \quad (2.29)$$

Для типу В

$$D_1=300\text{мм}; \quad V = \frac{3,14 \times 300 \times 1465}{60} = 23 \text{ м/с}$$

Для типу Г

$$D_1=450\text{мм}; \quad V = \frac{3,14 \times 450 \times 1465}{60} = 34,5 \text{ м/с}$$

Діаметр ведучого шківa $D_1=300\text{мм}$

Діаметр відомого шківa, при відносному ковзанні $\varepsilon=0,01$, дорівнює

$$D_2=D_1i(1-\varepsilon) \quad (2.30)$$

В. $D_2=300 \times 1,5 \times (1-0,01)=445,5$. Приймаємо $D_2 \approx 450\text{мм}$

Г. $D_2=450 \times 1,5 \times (1-0,01)=668,25$. Приймаємо $D_2 \approx 675\text{мм}$

Уточнене значення передаточного числа:

$$i = \frac{D_2}{D_1(1-\varepsilon)}, \quad (2.31)$$

$$\text{В.} \quad i = \frac{450}{300(1-0,01)} = 1,50$$

Приймаємо $i=1,5$

$$\text{Г.} \quad i = \frac{675}{450(1-0,01)} = 1,51$$

Приймаємо $i=1,54$

Попередня міжосьова відстань:

$$A=D_2, \quad (2.32)$$

Довжина ременя

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}, \quad (2.33)$$

$$B. \quad L = 2 \times 450 + \frac{3,14}{2}(300 + 450) + \frac{(450 - 300)^2}{4 \times 450} = 2090 \text{ мм}$$

$$Г. \quad L = 2 \times 675 + \frac{3,14}{2}(450 + 675) + \frac{(675 - 450)^2}{4 \times 675} = 3135 \text{ мм}$$

Найближча розрахункова довжина ременя типу В за ДСТ..... $L_0=2120$...

Найближча розрахункова довжина ременя типу Г за ДСТ..... $L_0=3150$

Уточнена міжосьова відстань у мм

$$A = \frac{1}{8} \left\{ 2L_0 - \pi(D_1 + D_2) + \sqrt{2L_0 - \pi(D_1 + D_2)^2 - 8(D_2 - D_1)^2} \right\}, \quad (2.34)$$

В.

$$A = \frac{1}{8} \left\{ 2 \times 2120 - 3,14(300 + 450) + \sqrt{2 \times 2120 - 3,14(300 + 450)^2 - 8(450 - 300)^2} \right\} = 410$$

Г.

$$A = \frac{1}{8} \left\{ 2 \times 3150 - 3,14(450 + 675) + \sqrt{2 \times 3150 - 3,14(450 + 675)^2 - 8(675 - 450)^2} \right\} = 607$$

Кут обхвату

$$\alpha_1 = 180 - 60 \times \frac{D_2 - D_1}{A}, \quad (2.35)$$

$$B. \quad \alpha_1 = 180 - 60 \times \frac{450 - 300}{410} = 158$$

$$Г. \quad \alpha_1 = 180 - 60 \times \frac{675 - 450}{607} = 157,5$$

Коефіцієнт кута обхвату

$$C_{\alpha} = 1 - 0,003(180 - \alpha_1) \quad (2.36)$$

В. $C_{\alpha} = 1 - 0,003(180 - 158) = 0,934$

Г. $C_{\alpha} = 1 - 0,003(180 - 157,5) = 0,932$

Швидкість ременя $V = \frac{\pi D_1 n_1}{60 \times 1000}$ (визначена на початку розрахунку при виборі типу ременя).

Швидкісний коефіцієнт:

$$C_v = 1,05 - 0,0005V^2, \quad (2.37)$$

В. $C_v = 1,05 - 0,0005 \times 23^2 = 0,79$

Г. $C_v = 1,05 - 0,0005 \times 34^2 = 0,47$

Коефіцієнт режиму роботи $C_p = 0,6$

Число пробігів

$$u = \frac{V}{L_0}, \quad (2.38)$$

В. $u = \frac{23}{2,12} = 10,8 \text{сек}^{-1}$

Г. $u = \frac{34}{3,15} = 10,7 \text{сек}^{-1}$

Вибір σ_0 залежно від числа пробігів: при $u > 5$ $\sigma_0 = 1.88 \text{ МН/м}^2$ для ременів типу В и Г

Значення k_0 при $\sigma_0 = 1.88 \text{ МН/м}^2$

$k_0 = 1,84 \text{ МН/м}^2$ для ременя типу В

$k_0 = 1,91 \text{ МН/м}^2$ для ремня типу Г

Корисне напруження, що допускається:

$$[k_n] = k_0 C_v C_p, \quad (2.39)$$

В. $[k_n] = 1,84 \times 0,934 \times 0,79 \times 0,6 = 0,815 \text{ МН/м}^2$

Г. $[k_n] = 1,91 \times 0,932 \times 0,47 \times 0,6 = 0,5 \text{ МН/м}^2$

Окружне зусилля

$$P = \frac{102N}{V}, \quad (2.40)$$

В. $P = \frac{102 \times 30}{23} = 133 \text{ кг} = 1330 \text{ Н}$

Г. $P = \frac{102 \times 30}{34,5} = 88,7 \text{ кг} = 887 \text{ Н}$

Площа перетину ремня F у см^2

В. $F = 2,30 \text{ см}^2$

Г. $F = 4,76 \text{ см}^2$

Число ременів

$$Z = \frac{P}{[k_n]F}, \quad (2.41)$$

В. $Z = \frac{133}{8,15 \times 2,30} = 7,1$

Приймаємо кількість ременів типу В $Z = 8$

$$\Gamma. \quad Z = \frac{88,7}{5 \times 4,76} = 3,7$$

Приймаємо кількість ременів типу Г $Z = 4$

Тиск на вали:

$$Q = 2S_0 F \sin \frac{\alpha_1}{2} Z, \quad (2.42)$$

де S_0 – попередній натяг кожної гілки ременя;

F – площа перетину ременя в см^2 ;

α_1 – кут обхвату в градусах

$$\text{В.} \quad S_0 = \sigma_0 F = 18,8 \times 2,3 = 43,2 \text{ кг} = 432 \text{ Н}$$

$$\Gamma. \quad S_0 = \sigma_0 F = 18,8 \times 4,76 = 89,5 \text{ кг} = 895 \text{ Н}$$

$$\text{В.} \quad Q = 2 \times 43,2 \times 2,30 \sin 79^\circ \times 4 = 780,2 \text{ кг} = 7802 \text{ Н}$$

$$\Gamma. \quad Q = 2 \times 89,5 \times 4,76 \sin 78^\circ 30' \times 2 = 1669 \text{ кг} = 16690 \text{ Н}$$

Остаточно, за результатами розрахунків для приводу інерційного гуркоту від електродвигуна остаточно приймаємо 4 ремені типу Г

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Монтаж і технічне обслуговування молоткових дробарок

Правила монтажу, ремонту й експлуатації молоткових дробарок, а також правила техніки безпеки подібні з відповідними правилами для шокових, конусних і валкових дробарок.

Фундамент молоткової дробарки виконують у вигляді двох масивних цоколів, розділених випускною ринвою.

Для зменшення струсів фундаменту під раму машини закладають дерев'яні бруси. Фундамент повинен бути відділений від фундаменту стін і колон будівлі. Вага рами береться не менш потроєної ваги самої машини.

У дробарному відділенні, обладнаному молотковими дробарками, повинні бути передбачені вантажопідйомні засоби, необхідні для монтажу й ремонту. Вага окремих частин дробарок, по якому вибираються вантажопідйомні засоби, наведені у технічних характеристиках дробарок.

Корпус дробарки роблять звареним. В обох випадках він має рознімання по площині, що проходить через вісь ротора. Стінки корпусу зсередини футерують сталевими броньовими плитами. У корпусі дробарки передбачені люки, через які виймають молотки й секції колосникових грат.

Ротор молоткової дробарки складається із чотирьох основних частин: вала, набору дисків, поділюваних шайбами на валу, і комплекту молотків.

Перед пуском дробарки в хід необхідно перевірити напрямок обертання ротора. Воно повинне бути обране відповідно до розташування відбійних плит, укріплених на корпусі дробарки: при обертанні ротора шматки матеріалу, що вдаряються об молотки, повинні відкидатися ними на найближчу ділянку відбійної плити (броні). Для реверсивних дробарок напрямок обертання ротора змінюють після однобічного зношування молотків [17].

У дробарці ротор приводиться в рух через муфту.

Швидкозношуваними робочими органами дробарки є молотки й колосникові ґрати. Молотки виготовляють вагою від 3,5 до 180 кг. Вагу молотка вибирають залежно від крупності вихідного живлення. Для матеріалу в шматках $100\div 200$ мм застосовують легкі молотки від 3 до 15 кг; молотки середньою вагою від 30 до 40 кг використовують для матеріалів у шматках до 600-800 мм; найважчі молотки, що мають вид скоби, вагою $50\div 180$ кг, знаходять застосування для самих великих шматків твердих матеріалів.

Молотки виготовляють із твердої вуглецевої сталі з наваркою твердим сплавом, для більше міцних матеріалів ставлять молотки з марганцьовистої сталі.

Для перестановки молотків у радіальному напрямку (після їхнього зношування) у дисках ротора, на яких кріпляться молотки, роблять додатковий ряд отворів, більш віддалених від осі дробарки [18].

Колосникові ґрати комплектують пристосуванням для регулювання величини зазору між зовнішньою окружністю, описуваної молотками й внутрішньою циліндричною поверхнею самих ґрат. Для цього криволінійну балку, у якій закріплені колосники, виготовляють із двох половин, що можуть повертатися на шарнірах. Шарніри укріплені усередині ексцентрикових втулок, поворотом яких регулюється необхідний зазор. Ґрати роблять знімними через необхідність частої їхньої зміни. Колосники мають трапецеїдальний перетин, що полегшує проходження дробленого матеріалу.

Робочий зазор між внутрішньою поверхнею колосників і ротором вибирають залежно від необхідної крупності продукту подрібнення. По Л.Б. Левинському, діаметр найбільших шматків у готовому продукті може бути у два – три рази менше робочого зазору. Так, наприклад, при зазорі $10\div 15$ мм, найбільша крупність продуктів буде близько 5 мм, при зазорі $15\div 25$ мм поперечник шматків доходить до 10 мм. Для вугілля приймають трохи інше співвідношення: по Ромадіну при зазорі $25\div 25$ мм верхня межа крупності вугілля 5 мм, а при зазорі $75\div 100$ мм – гранична крупність 50 мм.

Таким чином, при відносно великому дробленні вугілля зазор повинен бути в півтора – два рази більше поперечника максимальних продуктів подрібнення, а при дрібному дробленні – у три – п'ять разів.

Молоткові дробарки можуть працювати без колосникових ґрат, але при цьому різко підвищується верхня межа крупності продукту подрібнення.

3.2 Розрахунок фундаменту молоткової дробарки

Початкові дані:

– вага обладнання встановленого на фундамент – $\Sigma G_m = 12\,300$ кг;

Визначаємо геометричні параметри фундаменту (схема фундаменту представлена на рис. 3.1):

$$\begin{aligned} a' &= a + 2 \cdot n = 5300 + 2 \cdot 200 = 5700 \text{ мм}, \\ b' &= b + 2 \cdot n = 3000 + 2 \cdot 200 = 3400 \text{ мм}, \end{aligned} \quad (3.1)$$

де a , b – розміри обладнання встановленого на фундаменті в плані, мм (рис.3.1)

$$\begin{aligned} a'' &= a' + 2 \cdot n' = 5700 + 2 \cdot 200 = 6100 \text{ мм}, \\ b'' &= b' + 2 \cdot n' = 3400 + 2 \cdot 200 = 3800 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Знаходимо об'єм фундаменту:

$$V_{\phi} = m \cdot G_{\text{облад}}, \text{ м}^3 \quad (3.2)$$

де $m = 3 \div 5 - \text{м}^3$ доводиться на 1 т ваги встановленого обладнання, в зв'язку з тим, що в фундаменті присутня випускна ринва (рис. 3.2) розмірами $3,40 \times 1,620 \times 1,5$ м, загальний об'єм фундаменту необхідно зменшити на величину об'єму даної ніши $V_n = 3,4 \cdot 1,62 \cdot 1,5 = 8,3 \text{ м}^3$

тоді

$$V_{\text{фунд.}} = 5 \cdot G_{\text{облад}} - V_p = 5 \cdot 12,3 - 8,3 = 53,2 \text{ м}^3;$$

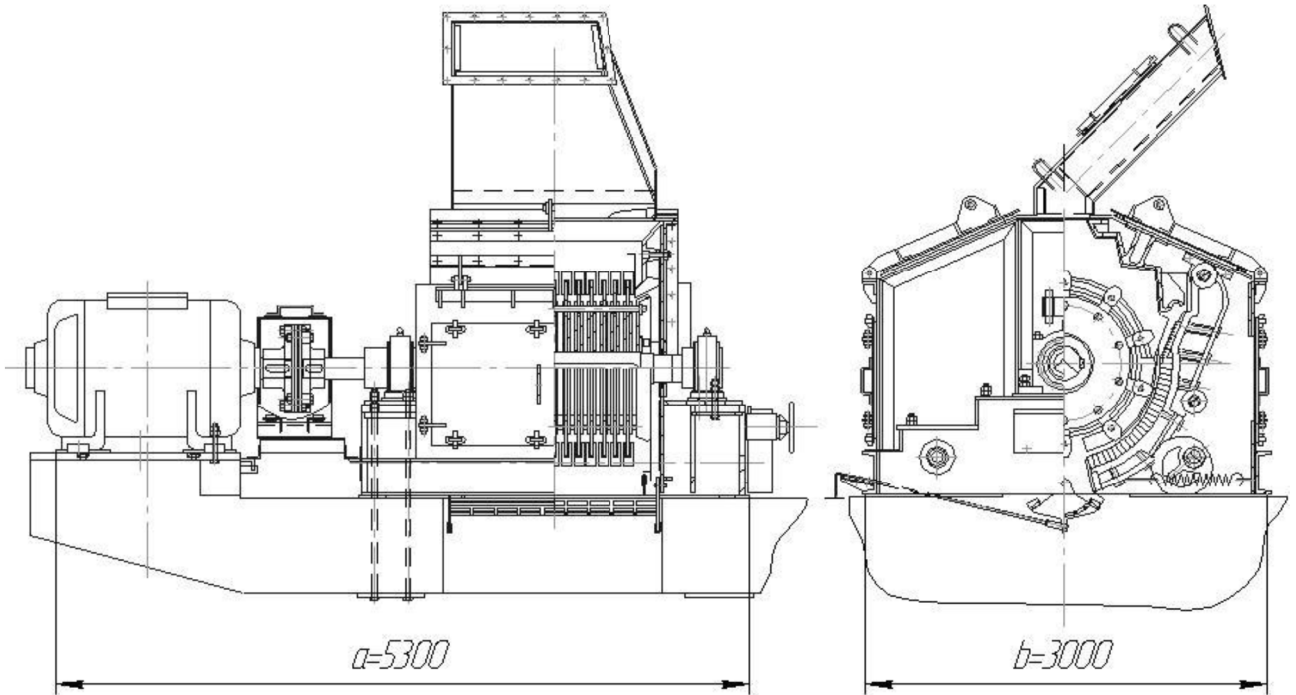
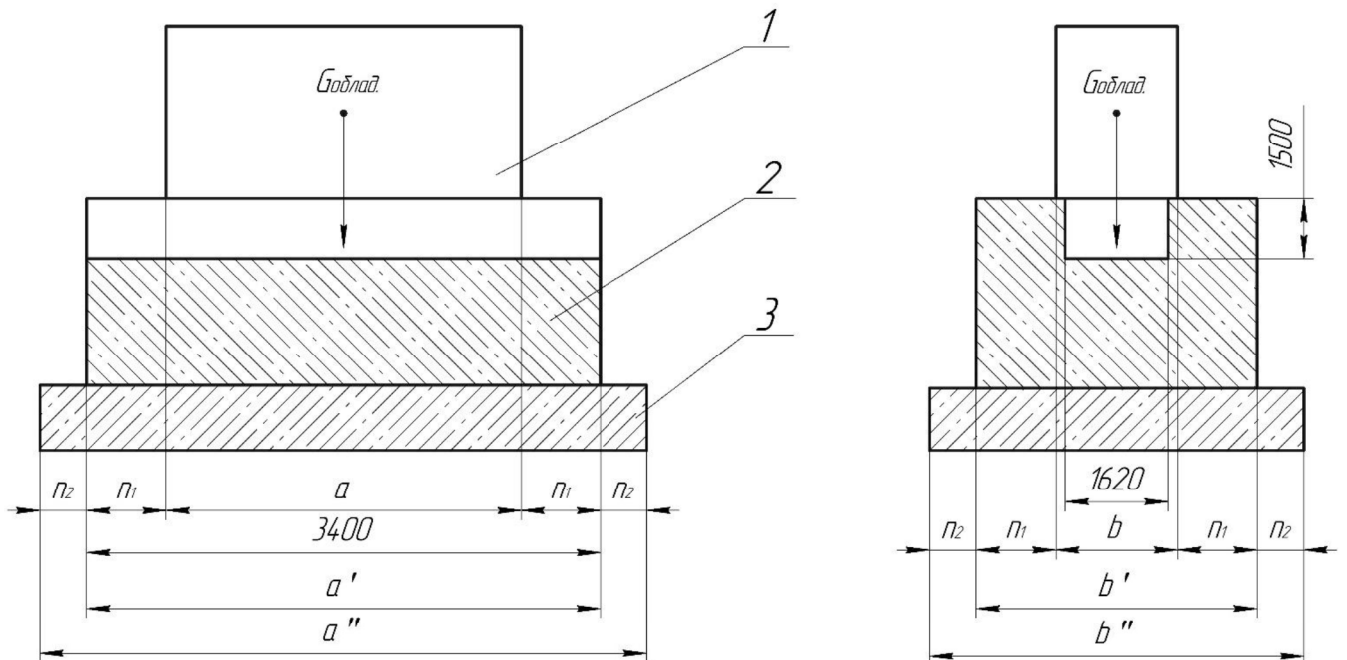


Рисунок 3.1 – Довжина та ширина встановленого на фундаменті обладнання в плані



1 – обладнання; 2 – власне фундамент; 3 – підшва фундаменту

Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку фундаменту

Згідно даних обчислених за формулою (3.2) знаходимо вагу фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho = 53,2 \cdot 2,2 \approx 117\text{Т}; \quad (3.3)$$

де $\rho = 2200\text{кг/м}^3$ – щільність бетону;

Визначаємо тиск на ґрунт:

$$\rho = k_{\text{д}} \times \frac{\Sigma G_{\text{м}} + G_{\phi}}{a'' \cdot b''} = 3 \times \frac{12300 + 117000}{610 \cdot 380} = 1,67\text{кг/см}^2 < 2\text{кг/см}^2; \quad (3.4)$$

де $k_{\text{д}} = 3$ – коефіцієнт динамічності;

Остаточно приймаємо:

$$a' = 5700\text{мм},$$

$$b' = 3400\text{мм},$$

$$a'' = 6100\text{мм},$$

$$b'' = 3800\text{мм}.$$

Визначимо загальну висоту фундаменту:

$$h_{\text{зар}} = \frac{V_{\phi}}{S_{\phi}} = \frac{53,2}{5,7 \cdot 3,4} = 2,75\text{м} \quad (3.5)$$

Висота підшви фундаменту:

$$h_{\text{п}} = \frac{1}{5} \cdot h_{\text{зар}} = \frac{1}{5} \cdot 2,75 = 0,55\text{м} \quad (3.6)$$

Висота власне фундаменту:

$$h_{\phi} = h_{\text{заг}} - h_{\text{п}} = 2,75 - 0,55 = 2,2\text{м}; \quad (3.7)$$

Об'єм підшви фундаменту:

$$V_{\text{п}} = h_{\text{п}} \cdot a'' \cdot b'' = 0,55 \cdot 6,1 \cdot 3,8 = 12,5\text{м}^3 \quad (3.8)$$

Для підшви фундаменту приймаємо бетон Б100 (10 кг/см²)

Об'єм власне фундаменту:

$$V_{\phi} = h_{\phi} \cdot a' \cdot b' = 2,2 \cdot 5,7 \cdot 3,4 = 42,6\text{м}^3 \quad (3.9)$$

Для фундаменту приймаємо бетон Б200 (20 кг/см²)

Загальний об'єм фундаменту:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{п}} + V_{\phi} = 12,5 + 42,6 = 55,1\text{м}^3.$$

Вага фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\Sigma} \cdot \rho = 55,1 \cdot 2,2 = 121,22\text{т};$$

Уточнюємо вагу фундаменту:

$$\Delta G_{\phi} = 121,22 - 117 = 4,22\text{т};$$

Уточнюємо тиск на ґрунт:

$$\Delta\rho = \frac{4220}{570 \cdot 340} = 0,02 \text{ кг/см}^2;$$

$$\rho_{\text{факт}} = \rho + \Delta\rho = 1,67 + 0,02 = 1,69 \text{ кг/см}^2 < 2 \text{ кг/см}^2 \quad (3.10)$$

Умова виконується. Остаточні приймаємо наступні розміри фундаменту:

- $a'=5,7$ м;
- $b'=3,4$ м;
- $a''=6,1$ м;
- $b''=3,8$ м;
- $h_{\text{ф}}=2,2$ м;
- $h_{\text{п}}=0,55$ м;
- $h_{\text{заг}}=2,75$ м;

3.3 Розрахунок анкерних болтів для закріплення молоткової дробарки

В зв'язку з тим, що перекидний момент відсутній, а також з огляду великої ваги обладнання, механізм не потребує закріплення анкерними болтами, але з міркувань надійності і в цілях захисту від можливих форс мажорних обставин використовуємо глухі анкерні болти діаметром М30.

Надмірне затягування приводить до обривів фундаментних болтів, а недостатнє до розкриття стиків. Тому при монтажі необхідно контролювати величину зусилля попереднього затягування. Правильно обране попереднє затягування повинно виключати взаємні зрушення деталей, якщо робоче зусилля діє в площині стику. Тому зробимо розрахунок контролю зусилля в стержні болта по куту повороту гайки [19].

Максимально припустиме зусилля затягування болта знаходимо за формулою [20]:

$$Q_6 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot [\sigma] = \frac{3,14 \cdot 27,546^2 \cdot 110}{4} = 57060 \text{ Н}, \quad (3.12)$$

де d_1 – діаметр западин, мм, для болтів М30 $d_1=27,546$ мм;

$[\sigma]$ – напруга розриву на небезпечному перерізі болта. Для сталі Ст3

$$[\sigma] = 0,5 \cdot \sigma_{0,2} = 110 \text{ Н/мм}^2.$$

Враховуючи, що перекидний момент відсутній, обмежимо зусилля затягування болта $Q_6=2000$ кг \approx 19620 Н

Тоді кут повороту гайки для забезпечення необхідного зусилля попереднього затягнення болта дорівнює:

$$\varphi_{\text{пз}} = 360^\circ \frac{Q_6 \cdot l}{E \cdot t \cdot A}, \quad (3.13)$$

де $l=100$ – довжина болта над фундаментом, мм;

$Q_6=2000$ – зусилля попереднього затягування болта, кг;

$E=2,1 \cdot 10^4$ – модуль пружності матеріалу болта, МПа;

$t=2,0$ – крок різьби, мм;

A – площа перерізу болта по різьбі, мм²:

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 27,546^2}{4} = 595,6 \text{ мм}^2$$

Підставивши отримані значення в (3.13) отримаємо

$$\varphi_{\text{пз}} = 360^\circ \frac{2000 \cdot 100}{21000 \cdot 595,6 \cdot 2,0} = 2,88^\circ \approx 3^\circ$$

Розрахуємо температуру нагріву різьби під час затягнення

$$t^{\circ} = \frac{Q_6}{E \cdot A_6 \cdot \alpha} = \frac{2000}{2,1 \cdot 10^4 \cdot 595,6 \cdot 1,11 \cdot 10^{-6}} = 144,1^{\circ} \text{C}, \quad (3.14)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення ($1,11 \cdot 10^{-6}$ мм/град)

E – модуль пружності, $E=2,1 \cdot 10^4$ кг/мм²;

з врахуванням тепловідводу

$$t^{\circ} = 1,5 \cdot 144,1 = 216,2^{\circ} \text{C}$$

Що цілком припустимо для данного типорозміру болтів

3.4 Змащення

3.4.1 Види змащення

Для надійної роботи вузлів тертя застосовують три види змащення [21]:

- рідке (мінеральні масла);
- пластичне;
- сухе (покриття й спеціальні мастильні матеріали).

У конструкції привода для змащення зубчастих зачеплень і опорних підшипників валів редуктора застосована рідка циркуляційна система змащення, яке зменшує коефіцієнт тертя, прохолоджує тертьові поверхні, захищає їх від корозії, видаляє продукти зношування, що попадають у вузли тертя. Її використовують у випадках, коли вузли розташовані в герметично закритих корпусах і необхідний примусовий відвід тепла.

При проєктуванні централізованої системи рідкого змащення першорядне значення має правильне визначення основних параметрів, а саме кількості масла для змащення, отже: продуктивність системи, перетин трубопроводів, потужність двигуна для насоса, площі фільтруючої поверхні фільтрів, ємності резервуарів, потужності нагрівача масла, необхідної поверхні охолодження

маслоохолоджувача [21].

3.4.2 Основні типи мастил та їх призначення

При роботі металургійного обладнання найважливішу роль грає своєчасне і якісне змащування частин, що труться. Розглянемо основні види мастил і їх роль при роботі обладнання [22].

Індустріальні масла (І.м.)

До індустріальних масел відносяться: І-5А, І-8А, І-12А, І-20Аа, І-30А, І-40А, І-50А, а також ІГП-18, ІГП-30, ІГП-38, ІТД-220. Індустріальні масла – нафтові масла, використовувані в промисловості і побуті для змащування механізмів (машин, приладів і т. п.). Для виробництва І. м. застосовують бакинські, ембенські, східні і ін. види нафти. І. м. іноді містять як добавки рослинні масла, наприклад касторове, гірчичне, суріпне, а також противоокисні, загущають, антикорозійні і ін. присадки, поліпшуючі експлуатаційні властивості масел. Асортимент І. м. постійно змінюється і поповнюється новими марками, зокрема велику роль починають грати синтетичні масла, наприклад силіконові, поліефірні, фторвуглецеві і тому подібне.

Призначення індустріальних масел – забезпечити зниження тертя і зносу деталей металоріжучих верстатів, пресів, прокатних станів і іншого промислового обладнання.

Одночасно індустріальні масла повинні:

- відводити тепло від вузлів тертя;
- захищати деталі від корозії;
- очищати поверхні тертя від забруднення;
- бути ущільнюючим засобом;
- не допускати утворення піни при контакті з повітрям;
- запобігати утворенню стійких емульсій з водою або бути здатними емульгувати;
- добре фільтруватися через елементи, що фільтрують;

- бути нетоксичними;
- не мати неприємного запаху.

Моторні масла

До моторних масел відносяться: М8В, М8Г2К, М10Г2К, М8В2, М10В2, М10Г2, М8МД, М10ДМ, М10Г2ЦС, М14Г2ЦС, М16Г2ЦС, М14В2, МТ-16П

Масла, вживані для змазування поршневих двигунів внутрішнього згорання, називають моторними. Залежно від призначення моторні масла підрозділяють на масла для дизелів, масла для бензинових двигунів і універсальні моторні масла, які призначені для змазування двигунів обох типів. Всі сучасні моторні масла складаються з базових масел і поліпшуючих їх властивості присадок. По температурних межах працездатності моторні масла підрозділяють на літніх, зимових і всесезонні. Як базові масла використовують компоненти дистилятів різної в'язкості, залишкові компоненти, суміші залишкового і компонентів дистилятів, а також синтетичні продукти (поли-альфа-олефіни, алкілбензоли, ефіри). Більшість всесезонних масел отримують шляхом загущення малов'язкої основи макрополімерними присадками. По складу базового масла моторні масла підрозділяють на синтетичні, мінеральні і частково синтетичні (суміші мінерального і синтетичних компонентів). Загальні вимоги до моторних масел. Моторне масло – це важливий елемент конструкції двигуна. Воно може тривало і надійно виконувати свої функції, забезпечуючи заданий ресурс двигуна, тільки при точній відповідності його властивостей тим термічним, механічним і хімічним діям, яким масло піддається в змащувальній системі двигуна і на поверхнях змащуваних і охолоджуваних деталей. Взаємна відповідність конструкції двигуна, умов його експлуатації і властивостей масла – одна з найважливіших умов досягнення високої надійності двигунів.

Сучасні моторні масла повинні відповідати багатьом вимогам, головні з яких перераховані нижче:

- високі миючі, здібності по відношенню до різних нерозчинних забруднень, що забезпечують чистоту деталей двигуна; високі термічна і термоокисна стабільності дозволяють використовувати масла для охолодження

- поршнів, підвищувати граничний нагрів масла в картері, збільшувати термін заміни;
- достатні властивості протизносу, що забезпечуються міцністю масляної плівки, потрібною в'язкістю при високій температурі і високому градієнті швидкості зрушення, здатністю хімічно модифікувати поверхню металу при граничному терті і нейтралізувати кислоти, що утворюються при окисленні масла і з продуктів згорання пального.
 - відсутність корозійної дії на матеріали деталей двигуна як в процесі роботи, так і при тривалих перервах;
 - стійкість до старіння, здатність протистояти зовнішнім діям з мінімальним погіршенням властивостей;
 - пологість вязкостно-температурної характеристики, забезпечення холодного пуску, прокачуємості при холодному пуску і надійного змазування в екстремальних умовах при високих навантаженнях і температурі навколишнього середовища;
 - сумісність з матеріалами ущільнень, сумісність з каталізаторами системи нейтралізації відпрацьованих газів;
 - висока стабільність при транспортуванні і зберіганні в регламентованих умовах;
 - мала спінюваність при високій і низькій температурах;
 - мала летючість, низька витрата на чад (екологічність).

До деяких масел пред'являють особливі, додаткові вимоги. Так, масла, загущені макрополімерними присадками, повинні володіти необхідною стійкістю до механічної термічної деструкції; для суднових дизельних масел особливо важлива вологостійкість присадок і мала емульгованість з водою; для енергозберіжних - антифрикційність, сприятливі властивості реологій.

Пластичні мастила

Литол 24, Солідол «Ж», Графітне мастило, Змашення 1-13, Змашення №158М, Шрус 4М, ВТВ 1, Гарматна (ПВК), Канатна 39В, Циатим 203, Циатим 221, Циатим 201, Циатим 208, WD-40, ВНИИП 207-501, Трансол 100/200/

Основне призначення змащень – зменшення зношування поверхонь тертя для продовження терміну служби деталей машин і механізмів. Поряд із цим змащення виконують інші функції. В окремих випадках вони не стільки зменшують зношування, скільки впорядковують його, запобігаючи заDIR, заїдання й заклинювання поверхонь тертя. Змащення перешкоджають проникненню до поверхонь тертя агресивних рідин, газів і пар, а також абразивних часток (пил, бруд й т.п.). Майже всі змащення виконують захисні функції, запобігаючи корозію металевих поверхонь. Завдяки антифрикційним властивостям, змащення суттєво зменшують енергетичні «витрати» на тертя, що дозволяє знизити втрати потужності машин і механізмів. Для захисту металевих виробів, машин і встаткування від корозії при їхньому транспортуванні й тривалому зберіганні застосовують спеціальні консерваційні змащення.

Роблять також робочо-консерваційні змащення, їх не заміняють перед початком експлуатації техніки на антифрикційні змащення.

Для гермітизації зазорів у механізмах і встаткуванні, а також з'єднань трубопроводів і запірної арматур застосовують ущільнювальні змащення. Вони мають кращі герметизуючі властивості, ніж масла.

Іноді до змащень висувають спеціальні вимоги, наприклад, вони повинні збільшувати коефіцієнт тертя, виконувати роль ізоляційних і струмопровідних матеріалів, забезпечувати роботу вузлів тертя в умовах радіації, глибокого вакууму й т.п. Такі змащення відносять до змащень спеціального призначення.

Основні умови й об'єкти застосування змащень:

- відкриті й негерметизовані вузли тертя;
- важкодоступні вузли тертя;
- механізми, розташовані під змінним кутом до обрїю;
- вузли тертя, де неможлива часта заміна мастильного матеріалу;
- змінний швидкісний режим експлуатації машин;
- змушений контакт вузла тертя поверхні, що й захищається, з водою або агресивними середовищами;
- умови різко мінливого температурного режиму;

- герметизація рухливих ущільнень, сальників і нарізних сполучень;
- тривала консервація машин, устаткування, приладів і металевих виробів;
- необхідність упростити конструкцію, зменшити масу й розмір пристроїв, що змазуються.

Усі представлені змащення задовольняють перерахованим вище вимогам.

Трансмiсiйнi масла.

До трансмісійних масел відносяться: ТЕП-15, ТАП-15В, ТСП-15 ДО, ТСП-10, ТМ 5-18, Нігрол.

Трансмiсiйнi масла призначенi для застосування у вузлах тертя агрегатiв трансмісiй легкових i вантажних автомобiлiв, автобусiв, тракторiв, тепловозiв, дорожньо-будiвних i iнших машин, а також у рiзних зубчастих редукторах i черв'ячних передачах промислового встаткування. Трансмiсiйнi масла являють собою базовi масла, легованi рiзними функцiональними присадками.

У якостi базових компонентiв використовують мiнеральнi, частково або повнiстю синтетичнi масла.

В агрегатах трансмісiй мастило є невид'ємним елементом конструкцiї. Здатнiсть масла виконувати й довгостроково зберiгати функцiї конструкцiйного матерiалу визначається його експлуатацiйними властивостями. Загальнi вимоги до трансмісiйних масел визначаються конструкцiйними особливостями, призначенням i умовами експлуатацiї агрегату трансмісiї. Трансмiсiйнi масла працюють у режимах високих швидкостей ковзання, тискiв i широкому дiапазонi температур. Їхнi пусковi властивостi й тривала працездатнiсть повиннi забезпечуватися в iнтервалi температур вiд -60 до +150 °С. Тому до трансмісiйних масел пред'являють досить твердi вимоги.

Основнi функцiї трансмісiйних масел:

- запобiгання поверхонь тертя вiд зношування, заїдання, пiттiнга й iнших ушкоджень;
- зниження до мiнiмуму втрат енергiї на тертя;
- вiдвiд тепла вiд поверхонь тертя;

- зниження шуму й вібрації зубчастих коліс, зменшення ударних навантажень;
- масла не повинні бути токсичними.

Для забезпечення надійної й тривалої роботи агрегатів трансмісії мастила повинні мати певні характеристики:

- мати достатні противозадирні, противозношувальні й противопіттингові властивості;
- мати високу антиокислювальну стабільність;
- мати гарні вязкостно-температурні властивості;
- не виявляти корозійного впливу на деталі трансмісії;
- мати гарні захисні властивості при контакті з водою;
- мати достатню сумісність із гумовими ущільненнями;
- мати гарні антипінні властивості;
- мати високу фізичну стабільність в умовах тривалого зберігання.

Усі ці властивості трансмісійного масла можуть бути забезпечені шляхом уведення до складу базового масла відповідних функціональних присадок: депрессорної, противозадірної, противозношувальної, антиокислювальної, антикорозійної, антикорозійної, анти-пінної й ін.

Гідравлічні масла (робочі рідини для гідравлічних систем)

До гідравлічних масел відносяться: МГЕ 46В, ВМГЗ, АМГ-10, МГЕ-10, Гідромасло м. «А» розділяють на нафтові, синтетичні й водногелеві.

По призначенню їх ділять відповідно до області застосування:

- для літальних апаратів, мобільної наземної, річкової й морської техніки;
- для гідрогальмівних і амортизуючих пристроїв різних машин;
- для гідроприводів, гідропередач і циркуляційних масляних систем різних агрегатів, машин механізмів, що становлять устаткування промислових підприємств.

Основна функція робочих рідин (рідких середовищ) для гідравлічних систем – передача механічної енергії від її джерела до місця використання зі зміною значення або напрямку прикладеної сили.

Гідравлічний привід не може діяти без рідкого робочого середовища, що є необхідним конструкційним елементом будь-якої гідравлічної системи.

Гідравлічні масла повинні мати наступні характеристики:

- мати оптимальний рівень в'язкості й гарні в'язкотно-температурні властивості в широкому діапазоні температур, тобто високий індекс в'язкості;
- відрізнятися високим антиокислювальним потенціалом, а також термічної й хімічною стабільністю, що забезпечує тривалу беззмінну роботу рідини в гідросистемі;
- захищати деталі гідроприводу від корозії;
- мати гарну фільтруємість;
- мати необхідні деаеруючі, деемульгуючі й антипінні властивості;
- охороняти деталі гідросистеми від зношування;
- бути сумісними з матеріалами гідросистеми.

Більшість масових сортів гідравлічних масел виробляють на основі добре очищених базових масел, одержуваних з рядових нафтових фракцій з використанням сучасних технологічних процесів екстракційного й гідрокаталітичного очищення.

Фізико-хімічні й експлуатаційні властивості сучасних гідравлічних масел значно поліпшуються при введенні в них функціональних присадок – антиокислювальних, антикорозійних, противоизносных, антипінних і ін.

МОР

До мастильно-охолоджуючих рідин відносяться: Емульсол А, Ленол 10МБ, СОЖ-МР7.

Мастильно-охолоджуючі рідини є обов'язковим елементом більшості технологічних процесів обробки матеріалів різанням і тиском. Гостріння, фрезерування, свердління, шліфування й інші процеси обробки різанням сталей,

чавунів, кольорових металів і сплавів, неметалічних конструкційних матеріалів, штампування й прокатка металів характеризуються більшими статичними й динамічними навантаження, високими температурами, впливом оброблюваного матеріалу на різальний інструмент, штампувальне й прокатне встаткування. У цих умови основне призначення МОР – зменшити температуру, силові параметри обробки й зношування різального інструменту, штампів і валків, забезпечити задовільна якість обробленої поверхні. Крім цього МОР повинні відповідати гігієнічним, екологічним і іншим вимогам, мати комплекс антикорозійн, що миють, антимікробних і інших експлуатаційних властивостей. Застосування МОР при обробці металів різанням і тиском дозволяє збільшити продуктивність устаткування, підвищити точність оброблених поверхонь і знизити їхню шорсткість, зменшити брак, поліпшити умови праці й у ряді випадків скоротити число технологічних операцій.

Основні вимоги до експлуатаційних властивостей МОР залежать від типу й умов їх застосування:

- технологічні властивості (стійкість різального інструменту, продуктивність процесу обробки, якість обробленої поверхні деталі й ін.) повинні відповідати вимогам технологічного процесу обробки металів;
- відповідність сучасним гігієнічним вимогам;
- фізико-хімічні характеристики повинні бути в межах норм, зазначених у технічних умовах на продукт.
- Крім того, до якості МОР пред'являють додаткові (супутні) вимоги, а саме:
 - відсутність корозійної дії на встаткування й оброблюваний матеріал;
 - захисну (антикорозійну) дію на встаткування й оброблюваний матеріал;
 - відсутність руйнуючої дії на лакофарбові покриття устаткування, на гумові ущільнення, пластмасові напрямні, пристрої автоматики й інші елементи металообробного устаткування;
 - відсутність рясного піноутворення, диму, туману, аерозолей при експлуатації;
 - задовільна фільтруємість;

- відсутність відкладень, плівок, що утрудняють переміщення частин, що рухаються, металообробних верстатів;
- стабільність при зберіганні й транспортуванні, у тому числі при низьких температурах;
- задовільні миючі властивості;
- задовільна мікробіологічна стійкість і тривалий термін служби водних емульсій і розчинів МОР;
- стабільність експлуатаційних властивостей МОР у процесі тривалого застосування – стійкість до виснаження;
- легкість готування робочих емульсій і розчинів; задовільне розкладення відпрацьованої МОР при знешкодженні й утилізації, екологічна нешкідливість відходів.

3.4.3 Розрахунок змащення вальниць дробарки

Розрахунок ручного змащення ведеться для вальниці кочення типу №7634, за наступними технічними характеристиками:

- $B_{\text{п}} = 127$ мм – ширина вальниці;
- $D_{\text{п}} = 360$ мм – зовнішній діаметр вальниці;
- $d_{\text{п}} = 170$ мм – внутрішній діаметр вальниці;
- $d_{\text{р}} = 50$ мм – діаметр ролика;
- $l_{\text{р}} = 88$ мм – довжина ролика;
- $n_{\text{р}} = 16$ – кількість роликів;

Площа контакту ролика зі змащенням здійснюється по лінії, ширина якого приймається приблизно рівної 1 мм

$$F = (1\text{мм} \cdot l_{\text{р}} \cdot 2) \cdot n_{\text{р}}, \quad (3.15)$$

де 1мм – ширина лінії контакту;

2 – число площин контакту.

Підставивши чисельні вираження в (3.12), одержимо:

$$F = (1 \cdot 88 \cdot 2) \cdot 16 = 2816 \text{ мм}^2.$$

Пластичні змащення для вузлів тертя вибираються залежно від умов навколишнього середовища, навантаження, робочої температури вузла й системи змащення. Для даних підшипників граничне число обертів, при робочій температурі $T_{\text{раб}} = 130^\circ\text{C}$, становить $n = 1000$ об/хв. Якість тертьових поверхонь – задовільна. Навантаження не перевищує проектну.

Норма витрати пластичного змащення (см^3) в одиницю часу (ч) на одиницю площі змащуємої поверхні (м^2), що визначається з емпіричного вираження:

$$q = 11 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5, \quad (3.16)$$

де 11 – мінімальна норма витрати змащення для вальниць;

k_1 – коефіцієнт, що враховує залежність норми витрати змащення від діаметра вальниці; для вальниць кочення:

$$k_1 = 1 + (d - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + (170 - 100) \cdot 10^{-3} = 1,07; \quad (3.17)$$

k_2 – коефіцієнт, що враховує число обертів вальниці у хвилину n , об/хв:

$$k_2 = 1 + (n - 100) \cdot 10^{-3} = 1 + (740 - 100) \cdot 10^{-3} = 1,64; \quad (3.18)$$

k_3 – коефіцієнт, що враховує вплив якості тертьових поверхонь на норму витрати змащення. При гарній якості, тобто коли сумарна площа дефектів не перевищує 5% контактної поверхні, $k_3 = 1$;

k_4 – коефіцієнт, що залежить від робочої температури вальниці T_p (якщо $T_p < 75^\circ\text{C}$, то $k_4 = 1$, при $T_p < 75 \div 150^\circ\text{C}$ $k_4 = 1,2$);

приймаємо $k_4 = 1,2$;

k_5 – коефіцієнт, що враховує навантаження на вальницю (якщо навантаження не перевищує проєктної $k_5 = 1$, якщо перевищує $k_5 = 1,1$),

приймається $k_5 = 1$.

Підставивши числові значення в (3.16), одержимо:

$$q = 11 \cdot 1,07 \cdot 1,64 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 23,15 \frac{\text{см}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}.$$

Обсяг змащення, періодично подаваного живильником у вальницю

$$V = q \cdot F \cdot T_{\text{ц}}, \quad (3.19)$$

де $F = 2816 \text{ мм}^2 = 0,002816 \text{ м}^2$ – площа контактної поверхні вальниці, м^2 ;

$T_{\text{ц}} = 6$ – період між двома послідовними подачами змащення, год.

Тоді:

$$V = 23,15 \cdot 0,002816 \cdot 6 = 0,39 \text{ см}^3$$

Обираємо два однолінійних живильника типу 2–0050–1 з номінальною подачою – $0,5 \text{ см}^3/\text{хід}$.

Кількість змащення, яка витрачається за один цикл роботи системи:

$$Q_{\text{ц}} = a \cdot V, \quad (3.20)$$

де a – кількість дозуючих живильників, $a=2$;

V – обсяг змащення подаваного живильником у вальницю, $V=0,39 \text{ см}^3$.

$$Q_{ц} = a \cdot V = 2 \cdot 0,39 = 0,78 \text{ см}^3$$

Т. ч. необхідно подати $0,78 \text{ см}^3$ за один раз на одну із двох вальниць. На всі вальниці необхідно подати у 2 рази більше, тобто $1,56 \text{ см}^3$.

Кількість циклів роботи системи в добу:

$$n_{ц} = 24/T = 24/6 = 4 \quad (3.21)$$

Добова витрата змащення:

$$Q_{д} = 2Q_{ц} \cdot n_{ц} \quad (3.22)$$

$$Q_{д} = 2 \cdot 0,78 \cdot 4 = 6,24 \text{ см}^3.$$

Обсяг резервуара

$$V_{р} = \frac{Q_{д}}{\alpha \cdot N_{р}}, \quad (3.23)$$

де $N_{р} = 2$ – необхідна кількість ручних систем;

$\alpha = 0,85$ – коефіцієнт заповнення резервуара.

$$V_{р} = \frac{6,24}{0,85 \cdot 2} = 10,6 \text{ см}^3.$$

Вибираємо дволінійну станцію централізованого змащення з ручним приводом без електропідігріву типу СРГ-1 ГОСТ 8630-57.

Діаметр трубопроводу приймаємо 6 мм.

3.5 Опис схеми управління електродвигуном, розрахунок та вибір кабелю і силових комутаційних апаратів

Живлення електродвигун з автоматичним вимикачем і рубильником отримує від мережі 380 В. Вибираємо тиристорні перетворювачі КТЕ $U=1600/380$ з напругою живлення 380 В, сила струму 1600 А. Силове живлення тиристорних перетворювачів UZ1-UZ2 (КТЕ $U=1600/380$). Резервування силового живлення здійснюється як з боку 0,4 кВ так і на виході перетворювачів.

Для управління електродвигунами приводу молоткової дробарки використовуються три перетворювачі тиристорів UZ1-UZ2. Включення і відключення живлячих фідерів здійснюється за допомогою масляних вимикачів. Управління масляними вимикачами здійснюється універсальним перемикачем SA1. Сигналізація про включене або відключене положення вимикача є як на осередку КРУ так і на щиті системи управління.

Живлення схеми управління приводу молоткової дробарки здійснюється від джерела постійного струму 380 В і подається в схему автоматом QF. При включенні автомата подається живлення на обмотку збудження електродвигунів приводу молоткової дробарки. У схемі управління передбачено захист на випадок не включення двигуна приводу молоткової дробарки.

Живлення електродвигун з автоматичним вимикачем і рубильником отримує від мережі 380 В. Електродвигун встановлений в приміщенні з тепловипромінюваннями, розподільний пункт і пускова апаратура встановлені в приміщеннях з нормальним середовищем. Технічні дані електродвигуна приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні дані електродвигуна

Тип електродвигуна	Номінальна потужність, кВт	Номінальний струм, А	Кратність пускового струму	Пусковий струм, А
4П-355-35-355УЗ	355	1600	1,2	1920

Для двигуна тривалого режиму роботи встановлена потужність електроприймача визначається, як:

$$P_y = P_n = 355 \text{ кВт}.$$

де P_n – паспортна номінальна потужність.

Розрахункову потужність P_p визначають:

$$P_p = P_y = 355 \text{ кВт}.$$

Розрахункова сила струму, А:

$$I_p = I_{\text{ном}} = \frac{P_p}{U_n \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 355}{380 \cdot 0,84} = 1112 \text{ А}.$$

1). Оскільки температура повітря в приміщеннях 25°C , то тепловий поправочний коефіцієнт $k_{\text{т}}=1$, що враховується при виборі перетинів проводів і кабелю. По тривалому струму лінії $I_{\text{дл}}=1600$ А, рівному номінальному струму електродвигунів (табл. 3.1), по довіднику вибираємо комбінований, напівпровідниковий і електромагнітний розчіплювач (автоматичний вимикач типу А-4910Б на 2000 А, струм миттєвого спрацьовування 2100 А, струм розчіплювача 2000А) [23].

При виборі номінального струму розчіплювача, вбудованого в шафу автоматичного вимикача, слід враховувати тепловий поправочний коефіцієнт $k_{\text{т}}=1$. Таким чином, $I_{\text{ном.ел}} = I_{\text{дл}}/k_{\text{т}} = 1600/1=1600$ А.

Встановлюємо неможливість спрацьовування автоматичного вимикача при пуску: $I_{\text{сп.ел}} = 1,25 \cdot 1600 = 2000$ А; $2100 \text{ А} > 2000 \text{ А}$.

2). По тривалому струму лінії $I_{\text{дл}}=I_n=1600$ А, з розрахунку $I_n \leq I_{\text{доп}} = 2000$ А, вибираємо рубильник типу ЯР2000.

3). Для ліній, що йдуть до електродвигунів, встановлених в невибухонебезпечному приміщенні, перетин проводів вибирають з умови $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{дл}}$ з їх подальшою перевіркою $I_{\text{доп}} > k_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}}$ – Отже, $I_{\text{доп}} > 1600$.

Для лінії від силового пункту до пускача. Підбираємо пятижильні дроти з алюмінієвими жилами АПГТО (А - алюмінієва струмопровідна жила, П – провід, Г - гумова ізоляція, ТО - оплетіння з бавовнянопаперової тканини, пропитана противогнильною рідиною) перетином 300 мм^2 , для яких допустиме струмове навантаження $I_{\text{доп}} = 1800 \text{ А}$, марки АПВ 6 (6×300). Перевіряємо вибраний перетин по коефіцієнту захисту апарату. Оскільки в автоматичних вимикачах серії А-4900 струм установки не регулюється, то кратність допустимого струму лінії повинна визначатися по відношенню до номінального струму розчіплювача, рівного в даному випадку $I_{\text{зах}} = 1600 \text{ А}$. Знаходимо значення $k_{\text{зах}}$ для мереж, що не вимагають захисту від перевантаження для номінального струму розчіплювача автоматичного вимикача з нерегульованою назад залежною від струму характеристикою: $k_{\text{зах}} = 1$.

$$I_{\text{доп}} = 1800 \text{ А} \geq k_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}} = 1 \cdot 1600 = 1600 \text{ А}.$$

Так як допускаємий струм для вибраного дроту більше розрахункового мережевого струмового навантаження, то дроти підібрані для лінії від силового пункту до пускача обрано правильно.

Виконавши розрахунки привода дробарки, на підставі вимог до електроприводу, остаточно приймаємо:

- трифазну мережу змінного струму із частотою 50 Гц, $U_{\text{мережі}} = 380 \text{ В}$, $\cos\phi = 0,81$, $P_{\text{дв}} = 355 \text{ кВт}$;
- живлення електродвигун отримує від тиристорного перетворювача КТЕ $U = 1600/380$ з напругою живлення 380 В, сила струму 1600 А.
 - для лінії від силового пункту до пускача підбираємо дріт з алюмінієвими жилами АПГТО марки АПВ 6 перетином $6 \times 300 \text{ мм}^2$, для яких допустиме струмове навантаження $I_{\text{доп}} = 1800 \text{ А}$.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

4.1.1 Розрахунок рівня механізації й автоматизації агломераційного цеху

Агломераційне виробництво є одним з основних джерел забруднення повітряного басейну [24].

Ведення технологічного процесу здрібнення вапняку супроводжується виділенням великої кількості пилу, що негативно впливає на формування мікроклімату у виробничому приміщенні. Процес подрібнення вапняку повністю механізований. Контроль основних параметрів автоматизований і ведеться в приміщенні ізольованому від впливу шкідливих факторів.

Ручна праця використовується при проведенні поточних і капітальних ремонтів, а так само для усунення дрібних неполадок без зупинки технологічного процесу.

Досить повне подання про рівень механізації проведення поточних і капітальних ремонтів можна одержати шляхом певних витрат механічної й ручної праці.

– для слюсаря ремонтника:

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

де B – рівень механізації праці, %;

M – сума людино–годин механізованої праці за зміну;

R – сума людино–годин ручної праці за зміну.

$$B = \frac{4}{4 + 4} \cdot 100\% = 50\%$$

Вихідні дані й отримані результати зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людино–годин у добу			% механізації праці
			Вручну	За допомогою машин	Усього	
1	Електрогазо –зварник	2	$6 \cdot 2 = 12$	$2 \cdot 2 = 4$	16	25
2	Слюсар ремонтник	8	$4 \cdot 8 = 32$	$4 \cdot 8 = 32$	64	50
3	Машиніст крану	4	$4 \cdot 1 = 4$	$4 \cdot 7 = 28$	32	87,5
4	Оператор стану	4	$4 \cdot 1 = 4$	$4 \cdot 7 = 28$	32	87,5

Проаналізувавши таблицю 4.1 можна зробити висновок, що професія електрогазозварник відноситься до ручної праці, а машиніст крану та оператор стану до механізованої. Слюсар ремонтник має змішану форму праці.

4.1.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

Основними шкідливими й небезпечними факторами в цеху є: шум, вібрація, надлишкові теплові виділення на ділянках палет, запилованість і загазованість на деяких робочих ділянках; електробезпечність; імовірність падіння вантажів із кранів. В табл. 4.2 приведена технологічна карта умов праці для слюсара ремонтника

Таблиця 4.2 – Технологічна карта умов праці для слюсаря ремонтника.
Робоче місце: молоткова дробарка

Фактори	Нормати вне значенн я, ГДК, ГДР	Фактичне значен ня	III клас шкідливих і небезпечних умов, і характер праці			Час дії фак тора % у зміну
			1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
1 клас безпеки						
Ангідрид хромовий	0,01	0,020	2			83,1
2 клас безпеки						
Марганцю оксиди (дезінтегр)	0,3	0,56	1,87			83,1
3–4 клас безпеки						
Азоту діоксид	2,0	4,0	2			83,1
Ангідрид сірчистий	10,0	13,5	1,35			83,1
II. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³						
Зміст кремнію діоксида – 2,5%	4,0	26,4			6,6	83,1
III. Шум, дБа	80	93		13		100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
– температура повітря, °С	16–27	32			5	83,1
V. Робоча поза						
Нахил корпусу в просторі, обумовлений технологічним процесом, град	перебування в похилому положенні понад					
	28,1	30	30			
Категорія важкості і напруженості праці: середня, Пб						
Кількість факторів			5	1	2	

Гігієнічна оцінка умов праці – умови й характер праці відносяться до III класу 3 ступені.

Робочі місця мають у наявності: 2 фактора 3 ступені, 5 факторів 1 ступеня, 1 фактор 2 ступеня. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам списку №1 пункт 1.

Пенсія за списком №1: пенсійний вік по пільгових умовах для чоловіків становить 50 років, дається додаткова відпустка 7 днів, дається 0,5 л молока в зміну, надбавка до зарплати до 24%.

4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища

У таблиці 4.3 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходи щодо їхнього усунення, які мають місце в шихтовому відділенні, аглофабрики.

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

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запилованість	Витяжна вентиляція	Механічна	До 10000 м ³ /год	Біля джерел виділення
2	Запилованість	Респіратор ЗІЗОД	“Пелюсток” ШБ4, 40	–	Індивідуально
3	Шум	Навушники противошумові	шумозахисні навушники НІОТ	Придатний до 110 дБА	Індивідуально
4	Температура (холодний період року)	Утеплена куртка, ватяні штани,	Тн 20	До t=-20°C	Індивідуально
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запилованості + костюм х/б, рукавиці	–	–	Індивідуально

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм з х/б тканини, взуття типу "Праця –М". У зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани [25].

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

4.3.1 Опалення й вентиляція

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на робочих місцях, у робочих і обслуговуваних зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну вентиляцію. Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшуючи її кількість у повітрі, все устаткування закрите зонтами (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою воздуховодів із пристроями для очищення повітря, що видаляється, згідно вимогам [26].

У агломераційному виробництві має місце випар технологічного змащення. Для видалення цих парів за агломераційною машиною встановлюють витяжні зонти. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої важкості (ДСН 3.3.6.042 – 99).

Період року	Параметри мікроклімату		
	t, °C	W _{пов} , м/с	φ, %
Холодний	17/19	0,3	60 – 40
Теплий	20/ 22	0,4	60 – 40

Також у прольоті ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і видаляється через щілини вікна, дверей, воріт, ліхтарі.

4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

По зоровій характеристиці відповідно до вказівок [27] визначаємо VI розряд виконуваних у цеху робіт, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, з нормативною освітленістю 80 лк.

В зв'язку з тим, що природне освітлення в будівлі відсутнє, передбачене штучне локалізоване освітлення. Використовуються світильники – глибоковипромінювачі, LED лампи, потужністю 400 Вт, які дозволяють створювати більш рівні освітленості у високих цехах при наявності в повітрі пилу.

У цеху так само передбачене аварійне освітлення, призначене для освітлення основних вузлів молоткових дробарок у випадку несправності основного освітлення. Потужність ламп аварійного висвітлення 500÷700 Вт. Використовуються звичайні лампи накаливання.

4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація

По походженню шум буває [28]:

- механічний, виникаючий у результаті тертя вузлів і деталей механізмів і машин на холостому й робочому ході;
- аерогідродинамічний, що виникає при великих швидкостях руху потоків повітря, газів, рідин;
- імпульсний, виникаючий у результаті зіткнення твердих тіл;
- термічний, генеруємий при згорянні газоподібного палива в горілочних і форсуночних пристроях.

Джерелами шуму шихтового відділення є: приводи дробарок, конвеєрів, агломерайійної машини, палет; також шум виникає при вивантаженні агломерату.

Шум різної інтенсивності й частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а згодом до розвитку професійної глухоти. Шум також негативно впливає на фізіологічні функції

організму людини. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається й аналізується корою головного мозку, шум приводить до перенапруги центральної нервової системи й розладу функцій внутрішніх органів і систем людини.

Для зменшення шуму в джерелі його утворення заміняють ударні взаємодії деталей ненаголошеними, зворотно–поступальні рухи – обертальними; демпфують коливання соударяючихся деталей і окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, бітумними картонами, повстю, азбестом і ін.; зменшують інтенсивність вібрацій деталей агрегатів шляхом облицювання цих поверхонь.

Для ослаблення вібрацій всі агрегати, що створюють вібрації (робочі машини, двигуни, вентилятори й т.п.), встановлюють на самостійних фундаментах, віброізолюваних від підлоги й інших конструкцій будівлі, або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по повітряводам і трубопроводах приєднання їх до вентиляторів і насосів виконується за допомогою гнучкої вставки із прогумованої тканини або гумового патрубку.

Як індивідуальний захист застосовуються навушники–малогабаритні для захисту від шуму з рівнем 110 дБ ДСТ 12.4.051 – 78.

4.4 Техногенна безпека

4.4.1 Заходи щодо техніки безпеки

Ведення технологічного процесу здрібнення вапняку супроводжується виділенням великої кількості пилу, що негативно впливає на формування мікроклімату у виробничому приміщенні. Процес подрібнення вапняку повністю механізований. Контроль основних параметрів автоматизований і ведеться в приміщенні ізолюваному від впливу шкідливих факторів.

Ручна праця використовується при проведенні поточних і капітальних ремонтів, а так само для усунення дрібних неполадок без зупинки технологічного процесу.

Електроустаткування ділянки відноситься до установок до 1000 В. Умови безпечної експлуатації залежать значною мірою від захищених пристроїв.

Всі струмоведучі частини ізольовані. Як захисну ізоляцію застосовують теплостійкі лаки, електроізолюючі плівки, емалеві й олійні фарби. Покриття повинні швидко сохнути, добре зв'язуватися з покриваємою поверхнею, щоб утворювати на ній струмонепровідну, вологонепроникну, механічно міцну плівку.

Для захисту від короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, плавкі запобіжники.

На всіх обертових частинах устаткування встановлені захисні щити, кожухи.

На вантажопідйомному встаткуванні крім перерахованих вище вимог повинні бути встановлені обмежники вантажопідйомності, а також відсутнє мимовільне опускання вантажу.

Робота вантажопідйомних машин і пристроїв для транспортування вантажів у момент пусків повинне супроводжуватися звуковими сигналами.

Дотримання всіх норм і правил техніки безпеки приводить до значного зниження нещасних випадків на виробництві.

4.4.2 Заходи пожежної безпеки

У комплекс протипожежних заходів входять попередження виникнення пожеж, обмеження поширення вогню при виникненні пожежі, створення умов для швидкої локалізації й гасіння пожеж.

Причинами вибухів і пожеж найчастіше є теплові імпульси – електричні іскри й статична електрика. Таким чином по вибухонебезпечності шихтове відділення згідно [29] можна віднести до категорії Д – негорючі речовини в холодному стані. А по пожежонебезпеці (ДБН 1.1–7.2002) до IIIа ступені –

будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – металеві незахищені конструкції. Огороджуючі конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з трудногорючими утеплювачами

Для того, щоб виключити можливість виникнення пожежі або вибуху застосовується герметичне устаткування, організовується контроль за складом повітря в приміщеннях і використовується електроустаткування, що відповідає класу пожаро– і вибухонебезпечності зон.

Особлива увага приділяється заземленню пересувних об'єктів і обертових елементів устаткування.

Розряди атмосферної електрики можуть з'явитися причиною вибухів і пожеж.

Для забезпечення безпеки людей, схоронності будинку, устаткування й матеріалів служать блискавковідводи: стрижневі й тросові.

При захисті від блискавок III категорії імпульсний опір кожного заземлення повинне бути не більше 5,0 Ом.

Пожежний захист і вибухозахист виробничого об'єкта забезпечується правильним вибором ступеня вогнестійкості об'єкта, застосуванням систем активного придушення вибуху, забезпеченням безпечної евакуації людей, застосуванням засобів пожежної сигналізації.

Велике значення при здійсненні мер пожежо– і взривобезпеки має оцінка небезпеки виробництва.

Основні частини будинку ставляться до III-ї ступеня вогнестійкості. Максимальна межа поширення вогню становить 40 см. Для захисту від поширення вогню з однієї частини будівлі в іншу використовуються протипожежні перешкоди – протипожежні стіни й перекриття з мінімальною межею вогнестійкості 2,5 год.

Необхідний час евакуації людей із приміщення при пожежі не обмежується. Як пристрої шляхів евакуації використовуються сходові клітки, що ведуть до коридору із трьома виходами, і зовнішні сходи.

Оскільки в приміщенні можуть виникати пожежі різних класів, передбачені різні засоби гасіння пожеж: є пожежний щит, пожежний рукав, вогнегасники ВВ – 2 і ВП – 10.

Як системи пожежної сигналізації використовуються теплові сповіщачі типу ПОСТ – 1.

4.4.3 Ймовірність аварій та їх ліквідація

Будь-яку машину, механізм можна розглядати як систему, що складається з окремих елементів – деталей. Аварія – результат відмови одного чи декількох елементів [30].

Ймовірність аварії розраховується за формулою:

$$Q = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_i), \quad (4.2)$$

де Q_i – ймовірність відмови кожного елемента:

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau, \quad (4.3)$$

де λ_i – інтенсивність відмови i -го елемента;

τ – загальний час роботи даного елемента за аналізований період часу.

Розрахуємо ймовірність аварії на спічних візках агломашини за один рік. Відомо що $\lambda_i = 7 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$ $\tau = 1 \text{ рік}$

$$Q_i = 7 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0 = 7 \cdot 10^{-5}$$

Тоді підставивши отримані значення в формулу (4.3) отримаємо

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - 7 \cdot 10^{-5}) = 1 - 0,999 = 0,001 = 0,1\%$$

Імовірність не висока, застосування захисних засобів не потрібне.

4.4.4 Порядок дій у випадку пожежі

У випадку виявлення пожежі (ознак горіння) кожний працівник комбінату зобов'язаний:

- негайно повідомити в пожежну охорону по тел.9-01 або диспетчера за тел.31-15, при цьому назвати адресу пожежі, ситуацію на пожежі, наявність людей, свою посаду й прізвище, номер телефону;
- сповістити РПСС, що перебувають у суміжних приміщеннях, про виникнення пожежі;
- вжити заходів по виклику до місця пожежі начальника СПК або іншої посадової особи;
- приступитися до гасіння пожежі за допомогою первинних засобів пожежогасіння;
- у випадку загрози життю покинути небезпечну зону.

Посадова особа, що прибула до місця пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана пожежна охорона;
- довести до відома про пожежу диспетчера й керівництво комбінату;
- перевірити включення в роботу АУП (при її наявності);
- при необхідності викликати газорятувальну, медичну й ін. служби;
- при необхідності відключити електроенергію, зупинити транспортуючі пристрої, агрегати, перекрити сировинні й газові комунікації, зупинити системи вентиляції, пустити в хід системи димовидалення й здійснити ін. дії, що сприяють запобіганню розповсюдження пожежі;
- забезпечити захист людей, що приймають участь у гасінні пожежі від можливих обвалень конструкцій, поразок електричним струмом,

- отруєнь, опіків;
- організувати зустріч і забезпечити доступ пожежних підрозділів до вогнища пожежі.

4.5 Розрахунок заземлення електроустаткування молоткової дробарки

Для забезпечення безпечної, безаварійної й високопродуктивної роботи електроустаткування до його пристрою й експлуатації пред'являється ряд відповідних вимог. Насамперед, ці вимоги стосуються виконання самого електроустаткування, оснащення його захисними засобами й організації безпеки експлуатації.

Захисне заземлення це навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих, не призначених для проходження струму частин, які при ушкодженнях електроустаткування можуть виявитися під напругою. Дотик до неструмоведучих частин устаткування й інших предметів, які виявилися під напругою стосовно землі в результаті порушення ізоляції, може привести до таких же тяжких наслідків, як і при безпосередньому дотику до струмоведучих частин. Для захисту від поразки електричним струмом, виконується захисне заземлення неструмоведучих металевих частин корпусів електроустаткування,

Призначення цього заземлення – знизити напругу випадкового електричного з'єднання струмоведучої частини з металевими неструмоведучими частинами електроустановки (тобто при електричному замиканні на корпус) до безпечної величини.

Захисне заземлення виконується за допомогою спеціально споруджених штучних і природних заземлень. Заземлювач – це провідник або група провідників, що перебувають у безпосереднім з'єднанні із землею.

Заземлювачі розміщаються по контуру навколо заземленої установки на невеликому (кілька метрів) відстані друг від друга. Поля розтікання заземлень накладаються, і будь-яка точка поверхні ґрунту усередині контуру має значний

потенціал. Внаслідок цього різниця потенціалів між точками, що знаходяться усередині контуру, знижений і коефіцієнт дотику набагато менше одиниці.

Коефіцієнт напруги кроку також менше максимально можливого значення. Струм через людину, що стосується корпусу, менше, ніж при виносному заземленні.

Ціль розрахунку заземлення – визначити число й довжину вертикальних елементів, довжину горизонтальних елементів і розмістити заземлювач на плані електроустановки, виходячи з регламентованих Правилами значень припустимих опорів заземлення, напруги дотику й кроку, максимального потенціалу заземлювача або всіх зазначених величин [31].

Вихідні дані. Заземленню підлягає електроустановку установки молоткової дробарки напругою 380 В. Як вертикальні стрижні пропонується застосувати кутову сталь із шириною полиці 50мм, довжиною $l = 2,5$ м, як сполучна смуга – сталеву шину перстином 50×2мм. Ґрунт – Суглинок.

Розрахунок струму замикання на землю при напрузі мережі 380 В (фазна напруга 220 В) визначимо по вираженню:

$$I_3 = \frac{3U}{Z} = \frac{3 \cdot 220}{100} = 6,6 \text{ мА}, \quad (4.4)$$

де U – фазна напруга,

Z – опір фази щодо землі, ($Z = \gamma = 100$ кОм);

γ – опір ізоляції.

При опорах фази відносно землі в 100 кОм струм, що проходить через людину, невеликий і навіть може не перевищувати довгостроково припустимого значення (10мА)

В електроустановках до 1000 В опір заземлення повинне бути не вище 10 Ом, а також опір заземлювача повинне відповідати умові:

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} \leq \frac{125}{6,6} = 18,9 \text{ Ом} \quad (4.5)$$

Приймаємо $R_3 = 10 \text{ Ом}$ як найменше.

Розрахунковий питомий опір ґрунту визначимо:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{питом}} \psi_3, \quad (4.6)$$

де ψ_3 – розрахунковий кліматичний коефіцієнт,

$\rho_{\text{питом}}$ – питомий опір ґрунту, $\rho_{\text{питом}} = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

$$\rho_{\text{розр}} = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Опір розтіканню струму з одного заземлювача визначимо по формулі:

$$R_{\text{ст}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot h + l}{4 \cdot h - l} \right), \quad (4.7)$$

де l – довжина заземлювального стрижня, $l = 2,5 \text{ м}$;

h – глибина установки стрижня, $h = 0,8 \text{ м}$;

d – діаметр стрижнів, $h = 0,8 \text{ м}$; (рис. 4.1)

$$R_{\text{ст}} = \frac{450}{2\pi \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,01} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 2,5}{4 \cdot 0,8 - 2,5} \right) = 208,22 \text{ Ом.}$$

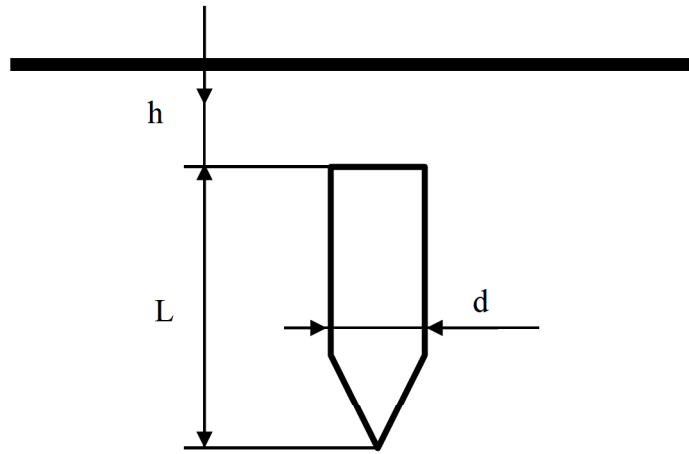


Рисунок 4.1 – Схема розташування одиночного заземлювача

Необхідна кількість паралельно з'єднаних заземлювачів визначимо по формулі:

$$n = \frac{R_{\text{СТ}}}{R_3}, \quad (4.8)$$

де R_3 – опір розтіканню струму з одного заземлювача, Ом.

$$n = \frac{208}{10} = 20,8$$

Опір вертикальних заземлювачів

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{СТ}}}{n \cdot \eta}, \quad (4.9)$$

де η – коефіцієнт використання (екранування) електродів. Вибираємо η залежно від співвідношення a/l , a – відстань між електродами $a = (1-3)l$, приймаємо $a = l = 5$ м. При $a/l = 2$, $n = 20$ і розташування електродів по контуру $\eta = 0,61-0,66$. Приймаємо $\eta = 0,65$. Вертикальні стрижні розміщуються через кожні 5 м – приймаємо всього 20 стрижнів.

$$R_b = \frac{208,22}{20 \cdot 0,65} = 16 \text{ Ом}$$

Стрижні поєднують у вогнище заземлення сполучною шиною й розміщують по замкнутому контуру.

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 5 \cdot 20 = 105 \text{ м}$$

Опір сполучної смуги:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi \cdot l_n} \left(\ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot h} \right) = \frac{450}{2\pi \cdot 105} \left(\ln \frac{2 \cdot 105^2}{0,05 \cdot 0,8} \right) = 9 \text{ Ом} \quad (4.10)$$

Необхідний опір розтіканню струму

$$R_3 = \frac{R_b \cdot R_n}{(R_b + R_n) \cdot \eta_1}$$

де η – коефіцієнт екранування між смугою зв'язку й вертикальних електродів. Вибираємо $\eta = 0,32$, залежно від n і a/l .

$$R_3 = \frac{16 \cdot 9}{(16 + 9) \cdot 0,32} = 18 \text{ Ом}$$

Умова $R_c \leq 10 \text{ Ом}$ не дотримується, тому робимо перерахунок, збільшивши відстань між заземлювачами $a = 3l = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ м}$; $\eta = 0,7$; $\eta_1 = 0,45$. Тоді:

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 7,5 \cdot 20 = 157,5 \text{ м}$$

$$R_n = \frac{450}{2\pi \cdot 157,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 157,5^2}{0,05 \cdot 0,8} \right) = 6,37 \text{ Ом}$$

$$R_b = \frac{208,22}{20 \cdot 0,7} = 14,9 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{6,37 \cdot 14,9}{(6,37 + 14,9) \cdot 0,45} = 9,8 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}$$

Таким чином, при установці контурного заземлення й обслуговуванні молоткової дробарки висококваліфікованим електротехнічним персоналом, розрахована норма забезпечує достатній ступінь безпеки.

Висновки

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням корпусу подрібнення вапняку аглофабрики металургійного комбінату «Запоріжсталь» показало, що одним з основних «вузьких» місць корпусу подрібнення вапняку є незадовільна робота молоткових дробарок.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для здрібнювання вапняку у світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить молотковим дробаркам, які мають ті ж самі недоліки, що й молоткова дробарка корпусу здрібнювання вапняку металургійного комбінату «Запоріжсталь».
3. В результаті модернізації дробарки будуть досягнуті наступні цілі – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
4. Проведено розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів дробарки, 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 розрахованій необхідній потужності вимогам до електроприводу в даному технологічному процесі підібраний двигун постійного струму типу 4П–355–35–355УЗ, потужністю 355 кВт.
7. Результати роботи можуть бути використані не тільки на комбінаті «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

Список використаної літератури

1. Підприємство | PJSC "Zaporizhstal". ПАТ «Запоріжсталь». URL: <https://zaporizhstal.com/pidpriyemstvo/> (дата звернення: 28.03.2024).
2. 3d тур Аглофабрики ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ». Створення 3D турів. URL: <https://www.rightway.ua/aglofabrika> (дата звернення: 30.04.2023).
3. Agglomeration of Iron Ores Ed.: Ram Pravesh Bhagat. - CRC Press, 2019. – 438 p.
4. Ghosh A., Chatterjee A. Ironmaking and Steelmaking: Theory and Practice. PrenticeHall of India Pvt. Ltd., 2008. 472 p.
5. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с
6. Сидоренко С.В. Альбом конструкцій з курсу Процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв. К.: НТУУ "КПІ", 2005. 132 с.
7. Саленко Ю.С. Обладнання для подрібнення матеріалів: дробарки та млини: Навч. посібник. Кременчук: КДПУ, 2008. 100 с.
8. Удосконалення обладнання та процесів вуглепідготовки і кософормування металургійного виробництва: монографія/ Засельський В. Й., Пополов Д. В., Зайцев Г. Л., Білодієнко С. В., Кононов Д. О., Пелих І. В. Кривий Ріг: Р. А. Козлов, 2019.- 203 с.
9. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
10. Васильченко Т.О, Шевченко І.А, Гречаний О.М. Опір матеріалів : навчально-методичний посібник Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 263 с.
11. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
12. Теоретичні дослідження процесу дроблення крихких матеріалів в молоткових дробарках / Т. О. Vasilchenko та ін. Modern Problems of

- Metalurgy. 2019. Т. 1, № 22. С. 22–39. URL: <https://doi.org/10.34185/1991-7848.2019.01.03>
13. Дубинін А. І., Ханик Я. М., Атаманюк В. М. Обладнання для подрібнення матеріалів. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2005. 140 с.
 14. Воронін С. В., Онопрейчук Д. В., Стефанов В. О. Розрахунок параметрів пересувної дробильно-сортувальної установки замкненого циклу: МЕТОД. ВКАЗІВКИ. Харків: Укр. держ. ун-т залізн. трансп., 2020. 66 с.
 15. Смирнов В. О., Білецький В. С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин: навч. посіб. Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, 2012. 284 с.
 16. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
 17. Жук А. Я., Малишев Г. П. Основи технічного діагностування: навч. метод. посіб.– Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 114 с.
 18. Кравченко В. М., Іщенко А. О., Сидоров В. А., Буцукін В. В. Експлуатація та обслуговування машин. Донецьк: Донбас, 2014. 543 с.
 19. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин: Підручник.– 3-є вид., перероб. і доп. – К.:НМК ВО, 1992. – 368с.
 20. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : підручник. 4-е вид., перероб. і доп. Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. 379 с.
 21. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
 22. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
 23. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.

24. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
25. 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.
26. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
27. 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>.
28. Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка–центр, 2003. – 280 с.
29. 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>.
30. 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.
31. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч. посіб. / К. Н. Ткачук та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				<u>Документація</u>		
	A1		ДП.025820.100 ВЗ	Креслення загального виду	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Бронь 1480×400×100	1	
		2		Корпус	1	
		3		Колосникові ґрати	1	
		4		Піноль	1	
		6		Тяга	1	
		8		Гвинт М40×1000	8	
		9		Молоток	10	
Справ. №				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Болт М20×100 ДСТ 5915-70	24	
		11		Гайка М20.5 ДСТ 5915-70	48	
		5		Муфта №14		
				<u>Інші вироби</u>		
Підп. і дата		7		Електродвигун 4П355-35-355У3		
Взам. шкв. №						
Підп. і дата						
Інв. № докл.						
Підп. і дата						
Інв. № подл.						
				ДП.025820.100		
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разрбд.	Равненко Д.К.				
	Пров.	Сайкова Т.Ю.				
	Н.контр.	Гречаний О.М.				
	Утв.	Власов А.О.				
				Реверсивна молоткова дробарка		
	Лит.	Лист	Листов			
			1			
				МОН України ІННІ ім. Ю.М. Потейні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1330		
				Формат А4		

Копіював

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		A1			ДП.025820.210 СК	Складальне креслення		
Справ. №				1		Кожух вала	1	
						Деталі		
				2		Корпус вальниці	2	
				3		Вал	1	
				4		Вантаж	10	
				5		Шайба торцева	2	
				6		Шайба стопорна	2	
				7		Шків	1	
				8		Маховик	1	
				9		Болт	6	
				10		Кришка	2	
				11		Заглушка	2	
				12		Гайка	2	
				13		Кільце	2	
				14		Втулка	2	
		15		Шайба	1			
Подп. и дата					ДП.025820.210			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.		Разраб.		Равненко Д.К.				
		Пров.		Сайкова Т.Ю.				
		Н.контр.		Гречаний О.М.				
		Утв.		Власов А.О.				
Вібратор інерційного гуркоту ГІС-100				Лит.	Лист	Листов		
						1		
				МОН України ІННІ ім. Ю.М. Петейні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1330				
				Формат А4				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартні вироби</i>		
		16		Болт М12× 25.58 ДСТ 1798-70	4	
		17		Підшипник 3624 ДСТ 5721-75	2	
		18		Гвинт М10× 30.48 ДСТ 1476-75	2	
				Гайка ДСТ 5915-70		
		19		М10.5	2	
		20		М24.5	12	
		21		Кільце СГ153-124-10.5		
				ДСТ 6418-67	2	
		22		Шпонка 20× 14× 95		
				ДСТ 23360-78	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

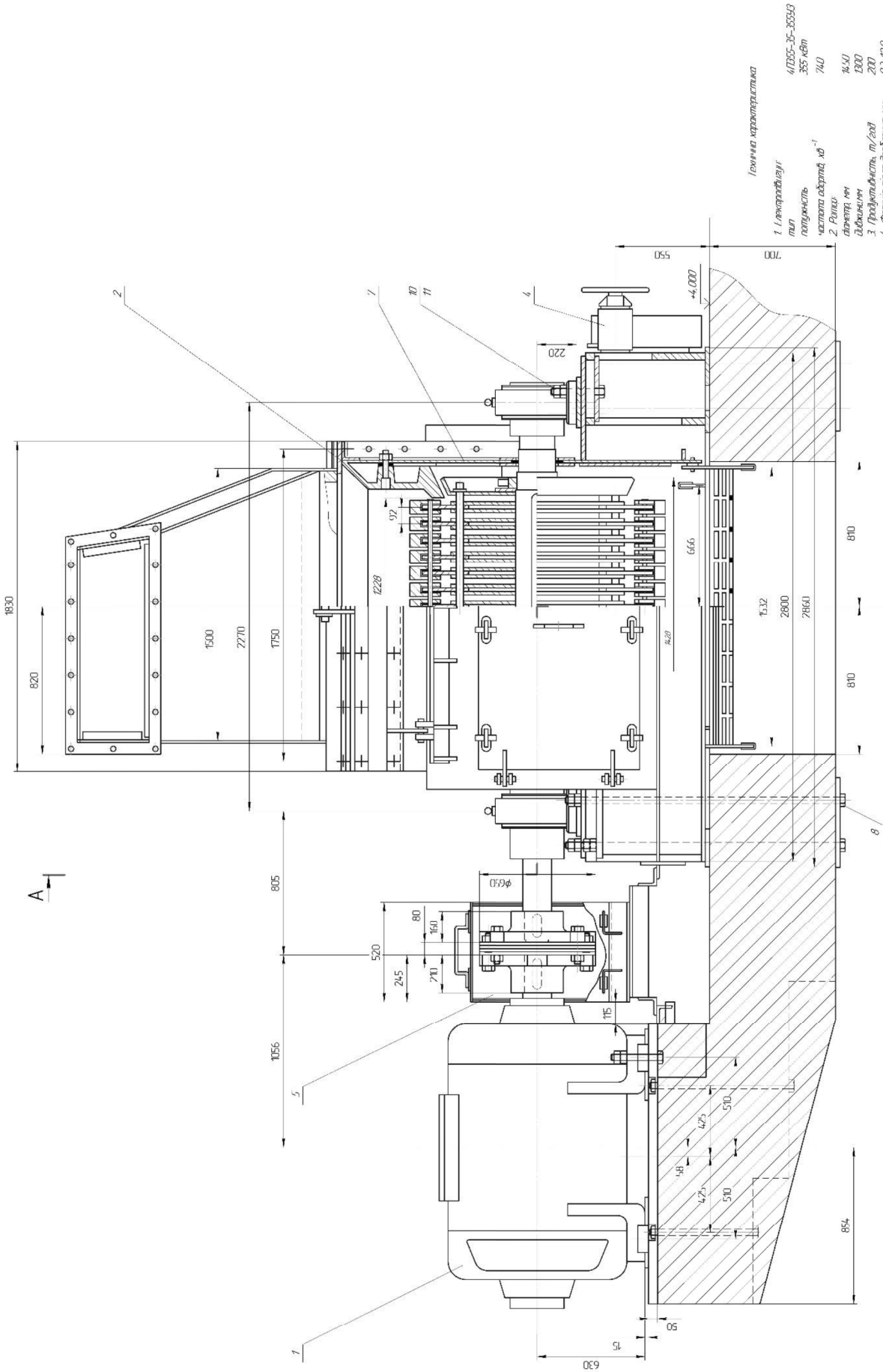
ДП.025820.210

Лист

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документація</i>								
			<i>ДП.025820.400 ОП</i>	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>				
<i>Складальні одиниці</i>								
			<i>1</i>	<i>Зовнішній контур</i>	<i>1</i>			
			<i>2</i>	<i>Заземлювачі</i>	<i>20</i>			
			<i>3</i>	<i>Внутрішній контур</i>	<i>1</i>			
			<i>4</i>	<i>Машина для обпалення вапняку</i>	<i>1</i>			
			<i>5</i>	<i>Конвеєр стрічковий</i>	<i>1</i>			
			<i>6</i>	<i>Дробарка молоткова</i>	<i>1</i>			
			<i>7</i>	<i>Автодозатор ЛДА-100</i>	<i>1</i>			
			<i>8</i>	<i>Установка ДН-125</i>	<i>1</i>			
			<i>9</i>	<i>Установка ЛДА (вздовж конвеєра)</i>	<i>1</i>			
<i>ДП.025820.400</i>								
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата			
Разроб.		Равненко Д.К.						
Пров.		Сайкова Т.Ю.						
Н.контр.		Гречаний О.М.						
Утв.		Власов А.О.						
Инв. № подл.			Заземлення молоткової дробарки			Лит.	Лист	Листов
						Н		1
						МОН України ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1330		
						Формат А4		

Копировал

ДП025820.100.В3



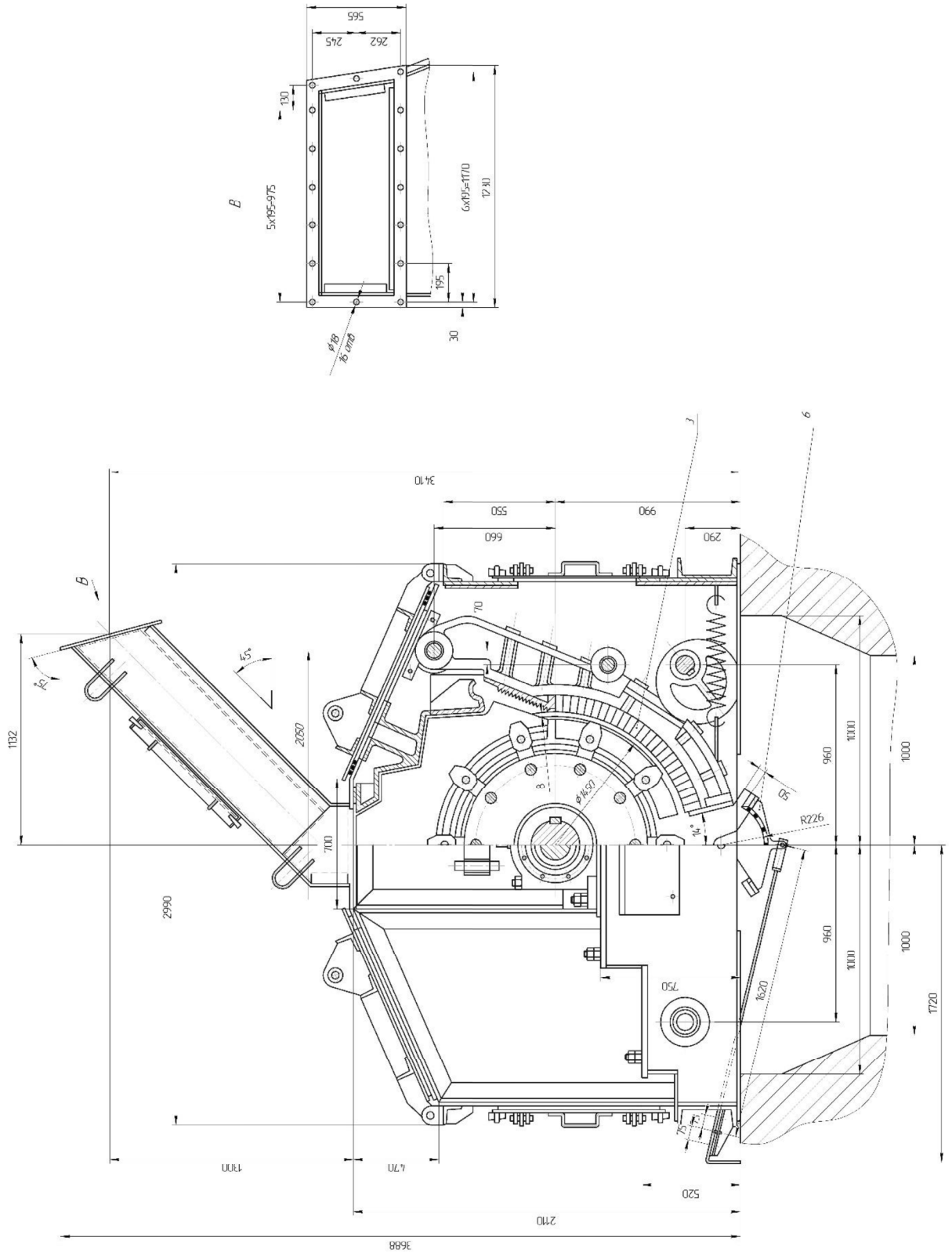
Ізмінна матеріальність

- 1. Ілюстрація 4085-35-30893
- тип 365 мВт
- 2. Рівень частота обертів об^{-1} 740
- 3. Діаметр диска мм 74,50
- 4. Діаметр штифта мм 19,00
- 5. Прокрутка, $\text{м}^2/\text{год}$ 2,00
- 6. Чисельність лопаток шт 0,3.12,0

ДП025820.100.В3			
№	Лист	Кол-во	Масштаб
1	1	1	1:1
Регіональна компанія			
ТОВ "АТЕ" (з/п) "АТЕ" (з/п)			
М. Київ, вул. М. Коцюбинського, 15/1			
Тел: (044) 249-0900			
Факс: (044) 249-0901			
E-mail: at@ate.com.ua			

Котлоустановка

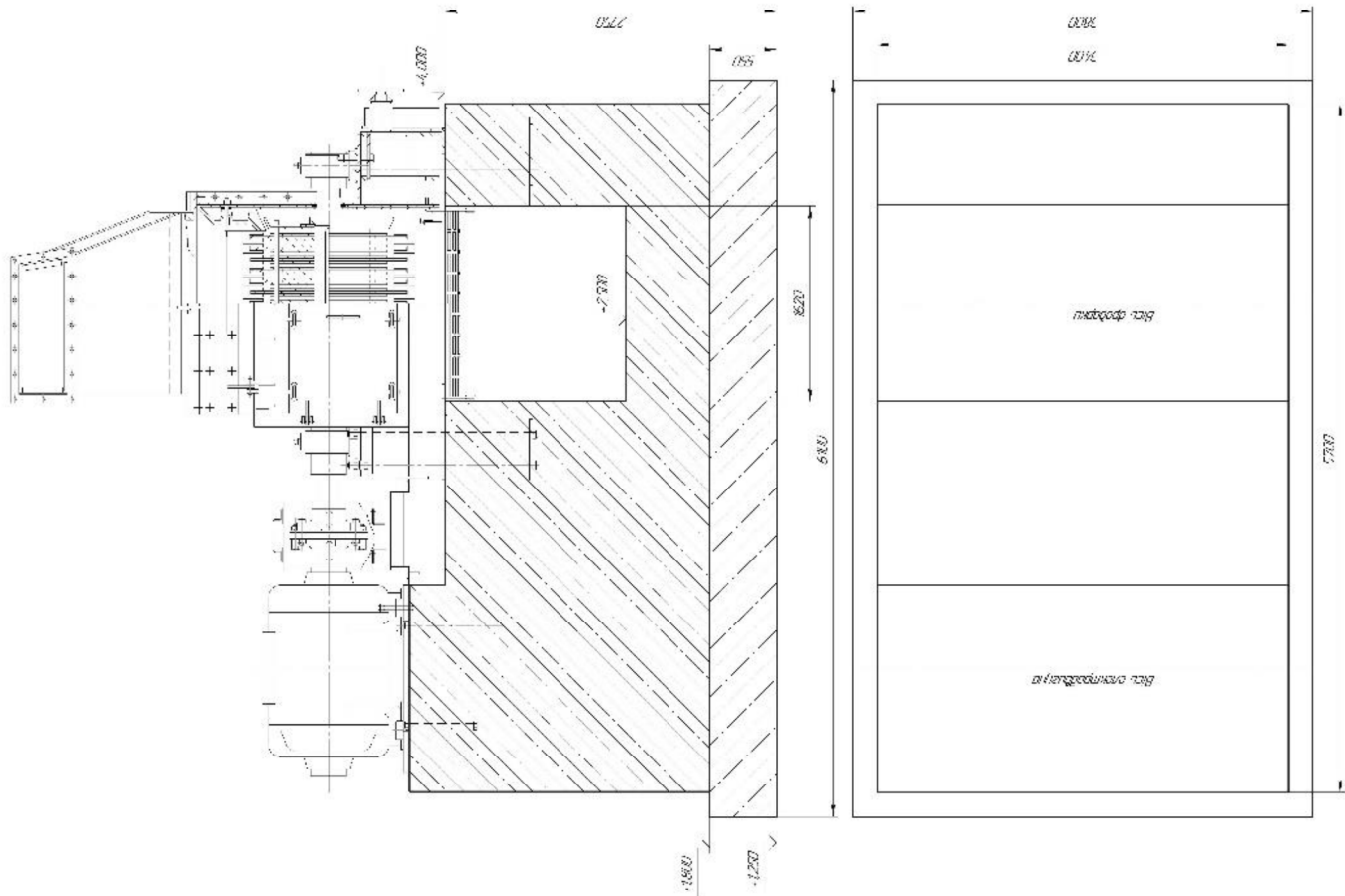
№ докум.	ИЗМ.	№ докум.	ИЗМ.	№ докум.	ИЗМ.
ИИО25820.100.Б3					
ИИО25820.100.Б3					



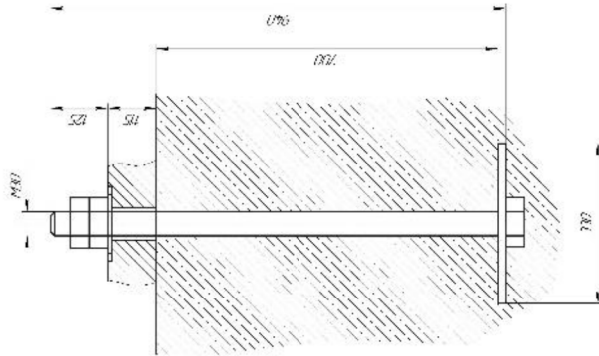
ИИО25820.100.Б3

ИИО25820.100.Б3	ИИО25820.100.Б3	ИИО25820.100.Б3	ИИО25820.100.Б3	ИИО25820.100.Б3	ИИО25820.100.Б3
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

ПІЛ025820300 МК

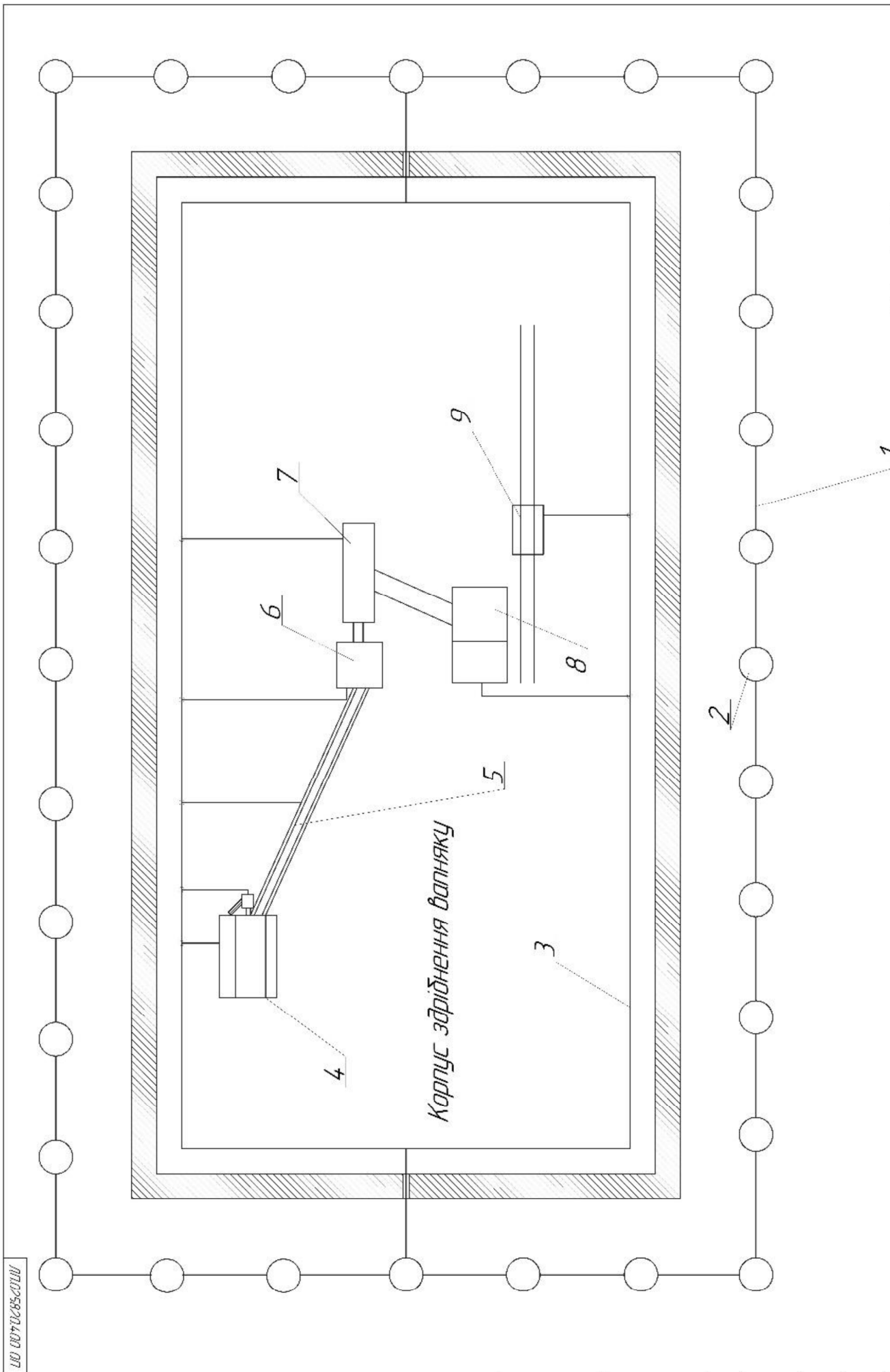


Болт окерний під дробовку (15)



ПІЛ025820300 МК		Лист 025820300	
№	Вид	Вид	Категорія
1	Виробничий	1	1
2	Технічний	2	2
3	Виробничий	3	3
4	Технічний	4	4
5	Виробничий	5	5
6	Технічний	6	6
7	Виробничий	7	7
8	Технічний	8	8
9	Виробничий	9	9
10	Технічний	10	10

ЛП.0258204.00.01



ЛП.0258204.00.01

Знаменні
молотків: дроблячки

№	Позначка	Колір	Матеріал	Знаменні	М	Знаменні
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Корпус здрідження вапняку