

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Удосконалення вузла ексцентрикового вала приводу ножиць зусиллям різання 20 МН обтискного стана в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1330

Ієвлєєв Д. С.

(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 Огінський Й.К.

(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. Потебні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Ієвлєєва Дмитра Станіславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи: Удосконалення вузла ексцентрикового вала приводу ножиць зусиллям різання 20 МН обтискного стана в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»
керівник бакалаврської роботи проф.Огінський Й.К.
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 обтискного 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. Ножиці зусиллям різання 20МН – 2А1; 2. Привод ножиць – 1А1; 3. Комбінований редуктор – 1А1; 4. Циркуляційна система змащування редуктора приводу ножиць – 1А1; 5. План кабіни спостереження та дистанційного керування – 1А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Огінський Й.К., професор		
2	Огінський Й.К., професор		
3	Огінський Й.К., професор		
4	Огінський Й.К., професор		

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)

Ієвлєєв Д.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської роботи

(підпис)

Й.К.ОГІНСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ієвлєєв Д.С. Удосконалення вузла ексцентрикового вала приводу ножиць зусиллям різання 20 МН обтискного стана в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

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

Проведено розрахунок приводу ножиць і підібрані його основні параметри, виконано розрахунки фундаменту, його геометричних параметрів, а також системи змащення агрегату. Описані основні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці персоналу й охорони навколишнього середовища. Результати роботи можуть бути рекомендовані для впровадження в обтискному цеху ПАТ “Запоріжсталь”, а також в аналогічних цехах металургійного виробництва.

Ключові слова: НОЖИЦІ, РЕДУКТОР, ЗЛИВОК, ШАТУН, ЕКСЦЕНТРИК, ШАРНІР, ШПІНДЕЛЬ

ABSTRACT

Ievleev D.S. Improvement of the Assembly of the Eccentric Shaft of the Scissor Drive with a Cutting Force of 20 MN of the Crimping Mill in the Conditions of the Rolling Shop of Zaporizhstal PJSC

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, professor Oginskiy J.K. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The calculation of the scissor drive was carried out and its main parameters were selected, the calculations of the foundation, its geometric parameters, as well as the lubrication system of the unit were performed. The main measures to ensure safe working conditions for personnel and environmental protection are described. The results of the work can be recommended for implementation in the crimping shop of PJSC "Zaporizhstal", as well as in similar shops of metallurgical production.

Key words: SCISSORS, REDUCER, CAST, CONNECTING ROD, ECCENTRIC, HINGE, SPINDLE

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Загальні відомості про підприємство	8
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	22
2.1 Призначення й устрій ножиць 20 МН	22
2.2 Пропозиція щодо модернізації конструкції ножиць	24
2.3 Розрахунок найбільш навантажених вузлів ножиць	25
2.3.1 Розрахунок шатуна механізму різання	25
2.3.2 Розрахунок ексцентрикового вала	27
2.3.3 Розрахунки шарніра шпінделя ексцентрикового вала	32
2.4 Розрахунок приводу ножиць	34
2.4.1 Визначення зусилля різання	34
2.4.2 Вибір електродвигуна	36
2.4.3 Геометричний розрахунок зубчастих зачеплень редуктора приводу	37
2.4.4 Розрахунок передаточного числа редуктора	41
2.4.5 Розрахунок зусиль у зачепленні тихохідної ступені	43
2.4.6 Розрахунок вала тихохідного колеса та визначення зусиль у його опорах	44
2.5 Розрахунок підшипників ковзання	46
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	76
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища	76
4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища	77
4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії	78
4.3.1 Мікроклімат	78
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень	79
4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація	80
4.3.4 Виробничі випромінювання	81

	2
4.4 Техногенна безпека	81
4.4.1 Електробезпека	81
4.4.2 Засоби пожежної безпеки	82
4.4.3 Ймовірність аварій та заходи щодо їх ліквідації	83
4.5 Розрахунок теплоізоляції кабіни спостереження й дистанційного керування	86
Висновки	91
Список використаної літератури	92
ДОДАТКИ	95

ВСТУП

Через прокатні цехи металургійних заводів походить практично вся сталь, виплавлена в сталеплавильних цехах, і тільки невелика її кількість – через ливарні й ковальські цехи. Технологічний процес одержання готового прокату є завершальною стадією металургійного виробництва. Відповідно до збільшення виплавки сталы, і кольорових металів передбачається безперервне зростання випуску, розширення сортаменту й підвищення якості готового прокату.

У сучасних прокатних цехах технологічні операції здійснюються по потоковому й безперервному принципах, що дозволяють широко застосовувати комплексну механізацію й автоматизацію. Тому механічне устаткування прокатних цехів є досить складним і різноманітним по призначенню й конструкції. Створення нового прокатного обладнання й експлуатація складних машин вимагає використання досягнення в різних галузях науки й техніці й підготовці висококваліфікованих фахівців – інженерів, конструкторів і механіків.

Основні цеха сучасного металургійного заводу з повним металургійним циклом – доменний, сталеплавильний і прокатний. До складу металургійного заводу входять також допоміжні цеха й служби, до яких належать теплоелектростанції, водонасосні станції, ремонтні цеха, залізничне й транспортне господарство, сортувальні станції, загальнозаводські склади й обслуговуючі приміщення, лабораторії й ін. На відміну від металургійного заводу, металургійний комбінат є більш розвиненим підприємством. До його складу, крім зазначених цехів, входять рудник і вапняний кар'єр, збагачувальні й агломераційні фабрики, коксохімічний цех і ін.

Технічний прогрес у чорній металургії забезпечується шляхом подальшої концентрації виробництва, збільшення одиничної потужності агрегатів, інтенсифікації технологічних процесів, впровадження нових процесів і встаткування, механізації й автоматизації виробництва.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про підприємство

Датою заснування комбінату вважається 16 листопада 1933 р., коли задута доменна піч №1.

Передумовами для будівництва комбінату стали:

- 1) дешева електроенергія із Дніпрогесу;
- 2) близькість кам'яного вугілля (Донбас), залізної руди (Кривбас), води (Дніпро).

У березні 1934 р. була задута доменна піч №2. Ці дві печі були об'ємом по 950 м³.

21 вересня 1935 р. на мартенівській печі №1 була зварена перша плавка, а через 8 днів видала плавку піч №2. До кінця 1935 р. були запущені ще дві печі: №3 й №4.

Усього за 5 років було введено 10 печей. Споруджено мартенівські печі “Стальстрой”.

1-го квітня 1937 р. був пущений тонколистовий стан гарячої прокатки. 1-го травня 1938 р. він видав продукцію. 1-го травня 1938 р. була задута надпотужна доменна піч №3.

У квітні 1939 р. вступив в дію цех холодної прокатки.

Під час війни всі цехи були зруйновані. На схід країни було вивезено 12 тисяч вагонів демонтованого устаткування.

Після війни гостро постало питання про постачання народного господарства країни сталевим листом. У зв'язку із цим були кинуті всі сили на відновлення “Запоріжсталі”. У той час це був єдиний завод, що робив тонкий сталевий лист.

Січень 1944 р. – початок відбудовних робіт. У серпні 1945 р. до відновлення заводу приступив трест “Запоріжстрой”. У березні 1946 р. почався монтаж стана “Слябінг”.

30 серпня 1947 р. пущений безперервний стан гарячої прокатки 1680. Пуск цеху холодної прокатки відбувся 27 вересня 1947 р.

За швидке відновлення заводу 2 грудня 1947 р. він був нагороджений орденом Леніна. 11 квітня 1948 р. видана перша плавка на мартенівській печі №1 (на той час працювало вже 6 печей). 14 червня 1948 р. задута доменна піч №4 (суцільнозварна).

Грудень 1950 р. – довоєнний рівень виробництва переkritий в 1,6 рази по всьому металургійному циклі.

7-го серпня 1951 р. починають працювати дві перші стрічки аглофабрики, 30 грудня 1951 р. пуск цеху по випуску жерсті.

Червень 1952 р. – пуск доменної печі №5, 1962 р. – пуск цеху гнутих профілів.

Грудень 1963 р. – пуск цеху холодної прокатки №3.

За гарну роботу в 9-й п'ятирічці в березні 1971 р. завод нагороджено орденом Жовтневої Революції.

У квітні 1972 р. уведений в експлуатацію 20-ти валковий стан для холодної прокатки нержавіючої сталі.

1.2 Технологічний процес виготовлення слябів

Слябінги призначені для прокатки гарячих зливків в сляби різних розмірів.

Схема розташування механічного обладнання слябінгів показані на рис. 1.1

На стані з однорядним розташуванням нагрівальних колодязів (рис. 1.1) нагріті зливки виймають з колодязів 1 за допомогою кліщових кранів і встановлюють в люльку зливковоза 2, яка при підході зливковоза до упору 3 укладає зливки на приймальний рольганг 4. Зливки, що виймаються з розташованих поблизу до стану колодязів, встановлюють за допомогою крана в люльку стаціонарного перекидача 5 для передачі їх на приймальний рольганг. З приймального рольганга зливки надходять на поворотний стіл 6, на якому вони розвертаються в горизонтальній площині на 180°. Таким чином, зливки задають

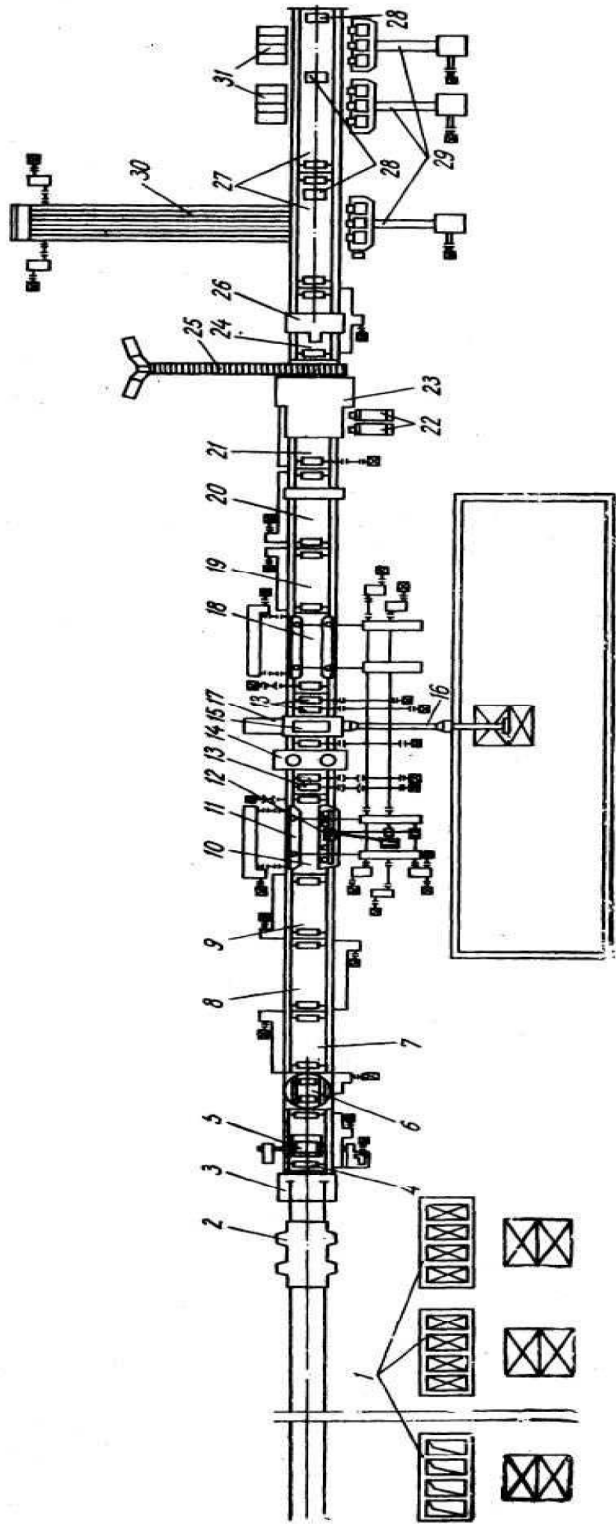
в кліть вузьким кінцем, що ослабляє удар зливків об робочі валки і забезпечує краще захоплення їх валками. Потім зливки по рольгангам 7, 8, 9 прямують до універсальної робочої кліті з вертикальними 14 і горизонтальними валками 15.

Прокатка зливків в універсальній робочій кліті ведеться за допомогою робочих рольгангів 10, 18, розташованих перед і за кліттю, маніпулятора 11 і кантувальника 12.

Після прокатки на стані розкат по рольгангам 19, 20 подається на рольганг 21 перед ножицями, центрується направляючими лінійками цього рольганга по осі ножиць, клеймиться клеймачами 22 в бічну грань і задається в ножиці 23 для обрізання переднього кінця, різки на мірні довжини і обрізання заднього кінця. Відрізаний задній кінець розкату зіштовхується з ножиць черговим розкатом.

Обрізь від ножиць забирається за допомогою транспортера коливального столу 24 і конвеєром 25 передається в скраповий проліт, де скидається в спеціальні ями і охолоджується водою. З ям обрізь виймається за допомогою електромагнітного крана і вантажиться на залізничні вагони.

Різання розкату на мірні довжини забезпечується пересувним упором 26. Готові сляби по рольгангу столу, що коливається, 24 і рольгангу 27 забираються від ножиць і подаються або безпосередньо без проміжного нагріву до тонколистового стану, розташованого за слябінгом в одну лінію, або до ланцюгового транспортера слябів 30 і штабелюючим столам 31, на яких вони подаються зіштовхувачами 29. Зупинка слябів біля транспортера або потрібного штабелюючого столу здійснюється упорами, що опускаються, 28. З транспортера і штабелюючих столів сляби забираються за допомогою пратцен – кранів і укладаються в штабеля в прольотах складу готової продукції або подаються на рольганг, що підводить до нагрівальних печей тонколистового стану.



1 – нагрівальні колодязі; 2 – зливковоз; 3 – упор зливковоза; 4 – приймальний рольганг; 5 – стаціонарний рольганг; 6 – поворотний стіл; 7, 8, 20, 27 – транспортні рольганги; 9, 19 – розкатні рольганги; 10, 18 – робочі рольганги; 11 – маніпулятор; 12 – кантувач; 13 – станинні ролик; 14 – робоча кліть з вертикальними валками; 15 – робоча кліть з горизонтальними валками; 16 – шпindelний пристрій робочої кліті з горизонтальними валками; 17 – механізм для заміни горизонтальних валків; 21 – рольганг перед ножицями; 22 – клеймич слябів; 23 – ножиці; 24 – коливальний стіл за ножицями; 25 – конвейер уборки обрізі; 26 – пересувний упор біля ножиць; 28 – опускні упори; 29 – зіштовхувач слябів; 30 – транспортер слябів; 31 – штабелюючі столи

Рисунок 1.1 – Схема розміщення механічного обладнання слябінгу 1150 з однорядним розміщенням нагрівальних колодязів

1.3 Вантажопотоки обтискного цеху

Схему вантажопотоків обтискного цеху наведено на рисунку 1.2.

Метал зі сталеплавильних цехів у прокатні надходить у вигляді зливків, відлитих у виливниці.

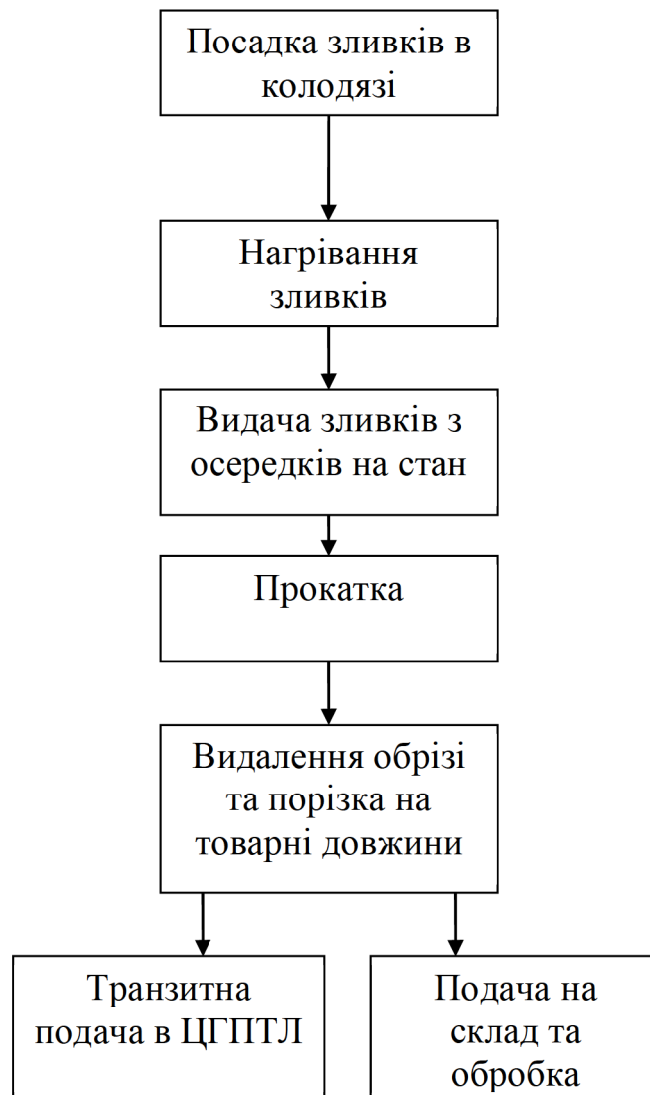


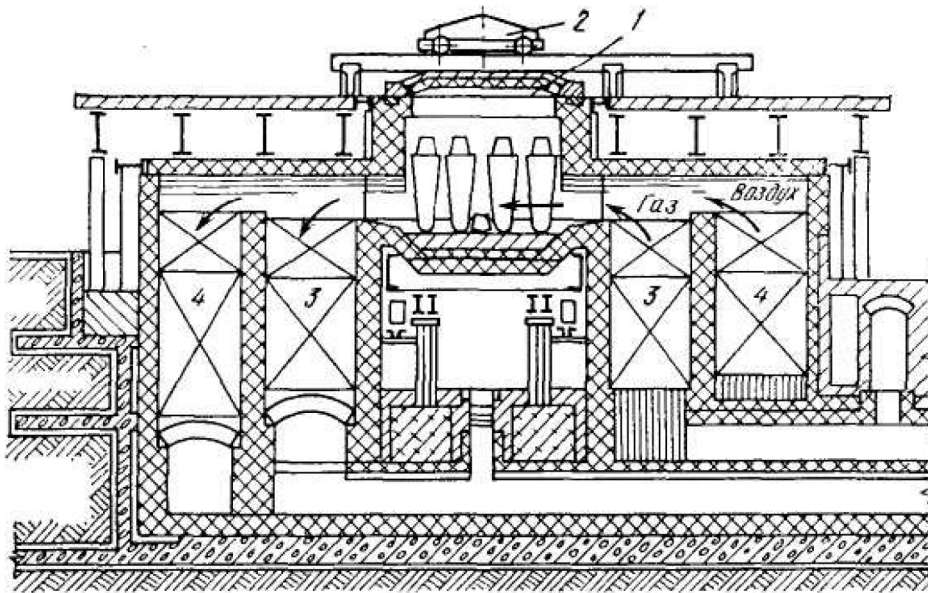
Рисунок 1.2 – Вантажопотоки обтискного цеху

У сталеплавильному цеху рідку сталь із ковша ємністю 150–200 т розливають у виливниці, установлені на піддонах на спеціальні (низькі, відкриті) залізничні платформи. Состав таких платформ (візків) зі зливками у виливницях подається в так зване стріперне відділення цього цеху, розташоване перед цехом слябінга.

У стриперному відділенні передбачено кілька мостових стриперних кранів, призначених для зняття виливниць із гарячих (1000—1100°C) зливків.

Состав візків з гарячими («роздягненими») зливками подається у відділення нагрівальних колодязів цеху слябінга. При цьому кожний візок зі зливками зважується на залізничних вагах; таким чином, фіксується маса металу (зливків), що надходить у прокатний цех. Зливки для прокатки слябів нагрівають у нагрівальних колодязях.

Нагрівання металу в обтискному цеху здійснюється в регенеративних колодязях (рис. 1.3).



1 – кришка; 2 – механізм для переміщення кришки; 3 – газовий регенератор; 4 – повітряний регенератор

Рисунок 1.3 – Регенеративні нагрівальні колодязі

Камера являє собою самостійну нагрівальну піч, що має регенератори для підігріву газу й повітря, причому найближчий до робочого простору регенератор обов'язково газовий. Колодязі опалюють доменним газом або сумішшю доменного й коксового газів. Істотним недоліком колодязів є неоднакове розташування зливків щодо потоку тепла, а, отже, неоднакове їхнє нагрівання.

Для економії палива необхідно в колодязі завантажувати Зливки з температурою 800–900°C. Для додаткового підігріву їх до температури 1260–1360°C й витримки (томління) при цій температурі буде потрібно 2,5—3,5 год. Якщо ж у колодязі завантажувати холодні зливки (з температурою 200—300°C), то для нагрівання їх буде потрібно час в 2–2,5 рази більше.

Схема розташування зливків в осередках представлена на рисунку 1.4.

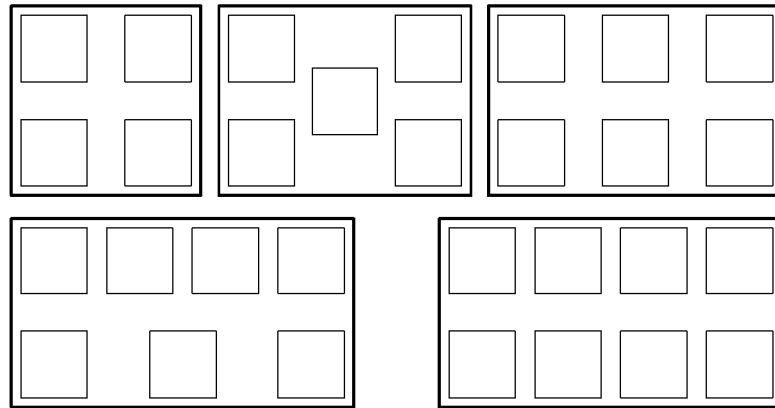


Рисунок 1.4 – Схема розміщення зливків в осередку

До складу стана слябынг входять зливкоподача, приймальний рольганг, універсальна робоча кліть 1150 з маніпуляторами, кантувачем і робочими рольгангами, ножиці гарячого різання, ваги для слябів, клеймач і пристрої для збирання слябів на склад і передачі до безперервного тонкоштабового стану гарячої прокатки.

Зливки завантажують колодязьними кранами в колодязі для нагрівання до температури 1250–1280°C й потім за допомогою тих же колодязьних кранів зливки виймають із колодязів і завантажують на зливковоз із причіпним візком, що транспортує гарячі зливки до прийомного рольганга стана зі швидкістю 0,44—6,7 м/с. Після зупинки зливковоза біля прийомного рольганга зливок у горизонтальному положенні зіштовхують на рольганг. Передбачена також можливість подачі зливків до стана колодязьним краном. У цьому випадку зливок установлюють у колиску стаціонарного перекидача, розташованого перед прийомним рольгангом. Час перекидання колиски 8 с.

Із прийомного рольганга зливки передають зі швидкістю до 1,2 м/с на поворотний стіл, де при необхідності повертають на 180° (для завдання зливка у валки кліті вузьким кінцем) у горизонтальній площині. Механізм повороту зливки розташований під рольгангом. Тривалість циклу повороту зливка на 180° становить 25 с.

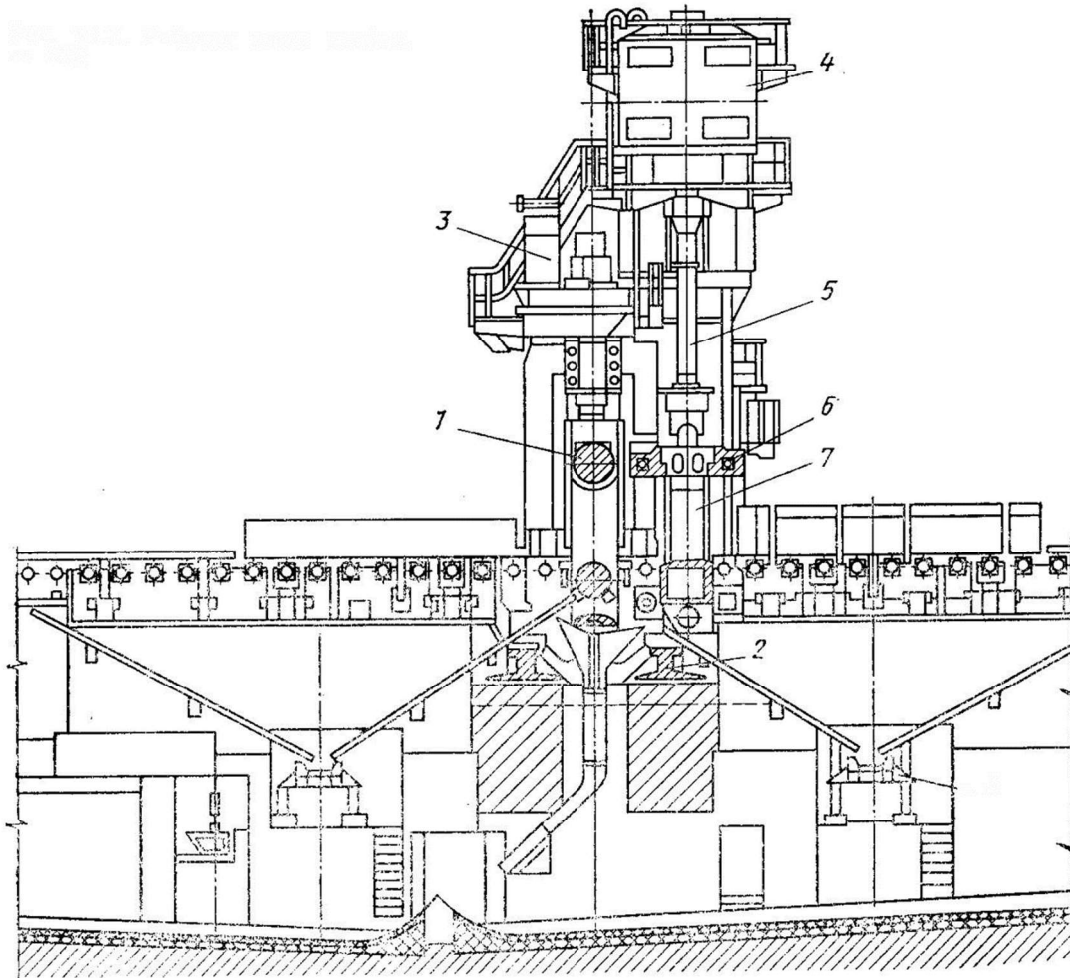
По рольгангу зливки надходять до робочої кліті, де ведуть прокатку при заданому режимі температури й обтиснень. Прокатка ведеться як по одному, так і по два зливки одночасно: ритм прокатки в першому випадку становить близько 100–140 с, у другому 150–200 с.

Робоча кліть (рис. 1.5) має горизонтальні валки діаметром 1150 мм і довжиною бочки 2000 мм; кожний валок приводиться в обертання від індивідуального електродвигуна постійного струму. Вертикальні валки діаметром 700 мм і довжиною бочки 1150 мм розташовані перед горизонтальними (по ходу прокатки).

По обидві сторони робочої кліті встановлені робочі й розкатні рольганги з діаметром роликів 600 мм і кроком 900–950 і 800 мм відповідно, що забезпечують швидкістю прокатки до 5 м/с. Привод всіх роликів рольгангів здійснюється від індивідуального електродвигуна через зубчасту муфту.

Маніпулятор оснащений чотирма лінійками зі сталевого лиття, розташованими перед робочою кліттю й за нею. Кожна із чотирьох лінійок має дві штанги, які опираються з боку рольганга на опорні ролики, а з іншого боку – на бандажі шестірень привода. Синхронізація лінійок перед і за кліттю механічна, за допомогою проміжного вала із зубчастими муфтами. Розчин лінійок становить 750–1800 мм, а швидкість пересування їх 0,6–1,2 м/с.

Кантувач установлений тільки за горизонтальною кліттю й призначений для кантування зливки на 90° навколо його поздовжньої осі за допомогою чотирьох гаків, вмонтованих у лінійку маніпулятора.



1 – горизонтальні валки; 2 – плитовини; 3 – станини; 4 – електродвигуни; 5 – універсальні штинделі; подушки; 7 – вертикальні валки

Рисунок 1.5 – Робоча кліть слябінга 1150

Розкат по рольгангу надходить до ножиців гарячого різання, на яких обрізають кінці розкатів, а також здійснюють різання розкату на мірні сляби. Ножиці обладнані зіштовхувачем обрізі; рольгангом, що відсувається; скребковим похилим конвеєром для збирання обрізі довжиною до 700 мм, масою до 2 т (швидкість транспортування до 0,1 м/с); пересувним упором, установленим за ножицями й призначеним для зупинки розкату, що переміщається зі швидкістю 0,5 м/с, при порізці його на мірні довжини (2500–10500мм).

За ножицями сляби таврують у його передню торцеву грань як із зупинкою, так і без зупинки сляба. Пристрій складається із двох клеймачів, розташованих на загальній площадці над рольгангом. Число таврувань 10 у хв; максимальне число клейм у комплекті 12. Зміна клейм ручна.

Після таврування готові сляби зважують на важільних вагах верхнього виконання вантажопідйомністю 40 т (число зважувань до 300 у годину) і передають по рольгангу до збиральних пристроїв, де сляби зіштовхувачем з рольганга зіштовхують на стіл, що штабелює, для укладання слябів у пакет.

Сляби по рольгангу можуть транспортуватися (без проміжного підігріву) і безпосередньо до чорнових клітей толстолистого стана.

На слябінгу передбачені засоби для збирання скрапу й окалини. Стан обладнаний також системами змащення й охолодження механізмів і машин, гідро– і пневмопристроями, електроприводами й системами комплексної автоматизації по окремих ділянках.

1.4 Коротка технічна характеристика устаткування обтискного цеху

Нагрівальні колодязі.

Нагрівання металу в обтискному цеху здійснюється в регенеративних нагрівальних колодязях. Усього 14 груп колодязів: групи 1–11, 13, 14 складаються з 4-х осередків і для зручності розміщення плавки і видалення рідких шлаків зблоковані за схемою 2–2 і 3–1. Група 12 з рідким шлаковидаленням складається з 6 осередків і зблокована за схемою 3–3. Зазначені групи призначені для нагрівання вуглецевих, низьколегованих і високовуглецевих, легованих і спеціальних марок сталі.

У відділенні нагрівальних колодязів є один загальний газовий колектор і 3 повітряних: у перший колектор нагнітають повітря вентилятори груп 1–6, у другий – вентилятори 7–11, у третій – 12–14.

Колодязі опалюються доменно–коксовою сумішшю калорійністю 880–930 кКал/м³ з додаванням природного газу до калорійності 1000 кКал/м³.

Вищевказана калорійність суміші забезпечується роботою вузла збагачення, встановленого на газопроводі доменного газу. Бригадир на ділянці основного виробництва підтримує шляхом зміни витрати коксового й природного газів на вузлі збагачення необхідну калорійність за завданням старшого нагрівальника.

Кожний осередок має індивідуальні перекидні пристрої: клапан золотникового типу на газовому тракті й клапан бабкового типу на повітряному тракті.

Для збирання продуктів згоряння кожна група має свій димар, на групах 1–11 висота труби – 50 м, на 12, 13 і 14 групах – 80 м.

У кожному осередку тяга регулюється шиббером встановленим в димовому кабані.

Осередку груп 1–14 обладнані шиберами похилого типу.

Кожний осередок обладнаний системою теплового контролю й автоматичного регулювання, що складається з наступних вузлів:

- виміри й регулювання температури в робочому просторі осередків;
- виміру витрати газу й повітря й регулювання співвідношення газ–повітря;
- виміру розрідження перед димовим шиббером;
- автоматичного перекидання клапанів.

Крім, того групи обладнані автоматизованою системою керування нагріванням зливків і кожна має локальний пульт керування.

Питома продуктивність колодязя при нагріванні зливків зі середньовуглецевої сталі (за практичним даними) становить 15–18 т/год. для гарячих і 8–10т/год. для холодних зливків.

Стан слябінг

Стан має 2 кліті:

- горизонтальних валків;
- вертикальних валків, розташовану перед кліттю горизонтальних валків.

Відстань між осями горизонтальних і вертикальних валків – 2250 мм.

Кліть горизонтальних валків закритого типу, реверсивна з діаметром валків 1150 мм і довжиною бочки 2000 мм. Привод кожного горизонтального валка від електродвигуна ТИП МШС 9000–66, 750В, 10200А, потужністю 7200 кВт через шпіндель без шестеренної кліті. Розчин валків 80–900 мм, швидкість підйому горизонтальних валків 150 мм/с, оберти валків регулюються в межах ± 0 –80 об/хв.

Кліть вертикальних валків: діаметр валків 700 мм і довжина бочки 1150 мм. Привод вертикальних валків від 4-х електродвигунів ПВ2 800.175 – 8УЗ, 750 У, 1775 А, потужністю 1250 кВт кожний через циліндричний редуктор з передаточним числом – 3,744. Розчин валків 1800 – 720мм; швидкість переміщення валків – 64,8 мм/с; оберти валків регулюються в межах ± 0 – 78 об/хв. (78 об/хв – холостий хід).

Регулювання співвідношення обертів горизонтальних і вертикальних валків виконується по спеціальній електричній схемі.

Стан обладнаний маніпулятором і кантувачем. Максимальний розчин лінійок маніпулятора – 1800 мм, робочий хід лінійок – 1500 мм. Довжина лінійок перед і за станом – по 8 м. Призначення кантувача – кантувати зливки на 90 і 180°. Швидкість підйому гаків кантувача – 1,05 м/с.

Нагріті зливки масою до 20 т транспортуються до прийомного рольганга стана за допомогою зливковоза із причіпним візком. Швидкість пересування зливковоза 0,44 – 6,7 м/с, час опускання злитка на рольганг – 6 секунд.

У головній частині стана встановлений прийомний рольганг зі стаціонарним перекидачем і поворотним столом. Окружна швидкість роликів – 1,5 м/с. Діаметр поворотної платформи – 3370мм. Найбільша довжина зливка, що повертається – 3100мм. Найбільша маса зливка – 20 тонн. Число обертів поворотного стола – 2 – 6 об/хв.

Ножиці для вирізки слябів

Ножиці з верхнім різом 20000 кН з електромеханічним приводом.

Привод ножиць здійснюється від 2-х електродвигунів (Г 800–175–8УЗ, потужність 1250 кВт, частота обертання 210 об/хв, тривалість включення

ПВ=100%) через циліндричний редуктор, з передаточним числом 26.14, і шпindelний пристрій.

Найбільше зусилля різання, кН – 20000. Найбільший крутний момент на ексцентриковому валу кНм – 4700. Режим роботи – круговий, хитний:

- круговий режим– 5 різ/хв.
- хитний режим– 9 різ/хв.

Хід верхнього ножа – 320 мм. Перекриття ножів – 20 мм. Розкриття ножів – 300 мм. Горизонтальний зазор між ножами – 0,8–0,4 мм. Врівноважування супорта – гідравлічне. Кількість циліндрів – 2 шт. Діаметр плунжера – 280 мм. Робочий хід – 320 мм. Робочий тиск, МПа (атм.) – 10 (100). Притиск має 2 гідроциліндри. Діаметр плунжера – 250 мм. Хід плунжера – 320 мм. Робочий тиск 10 МПа.

Устаткування для збирання слябів

Для зрушування слябів з рольганга, що відводить, на похилий транспортер (у складі транспортера є підйомно–поворотний стіл) установлений зіштовхувач, а при укладанні їх у стропи – два зіштовхувача обладнані 8–ю пальцями кожний.

Робочий хід зіштовхувача – 4400 мм. Швидкість – 0,56 м/с, максимальне зусилля, що штовхає, – 40 т. Привод – від двох електродвигунів потужністю 96 кВт через черв'ячний редуктор і зубчасті рейки. Збірні столи розташовані на складі слябів біля зіштовхувачів і служать для укладання слябів у стопи. Максимальний робочий хід стола – 1200мм. Швидкість підйому – 0,022 м/с. Піднімальна сила – 25т. Привод – від електродвигуна МП–72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і два піднімальні гвинти діаметром 250мм. Максимальна вага стопи із траверсою 20 т.

Проектна продуктивність слябінга 1150 становить 5 млн. т у рік (по зливках), маса механічного технологічного встаткування 8850 т і сумарна встановлена потужність електроустаткування 40400 кВт.

1.5 «Вузькі» місця обтискного цеху

Подальше зростання виробництва слябінга в цей час обмежується:

- недостатньою потужністю нагрівальних засобів, що викликає крім обмеження обсягу виробництва, затримку зливків перед посадкою в колодязі, а отже – перевитрата палива, затримку охолодження виливниць;
- наявністю чотирьох колодязних кранів з малою вантажопідйомністю $Q=20$ т не дозволяє збільшувати розважування зливка. Один із чотирьох кранів більшу частину часу зайнятий на обслуговуванні ремонтів нагрівальних колодязів. Кран № 62 через велике фізичне зношування систематично перебуває на ремонтах;
- конструкція клітей стана не дозволяє забезпечити прокатку зливків «на ребро» для збільшення обсягу виробництва й забезпечення ТЛС 95% гарячого посадки;
- двигуни головного привода стана не дозволяють інтенсифікувати режим обтиснень у горизонтальній кліті стана;
- низькою продуктивністю засобів для збирання обрізі від ножиць у скрапний проліт;
- недостатньою продуктивністю існуючого устаткування складу слябів (штабелюючих пристроїв і кранів);
- недостатня міцність і твердість корпусу редуктора вертикальних валків;
- недостатньою продуктивністю засобів для подачі зливків від нагрівальних колодязів до стана. Зливковоз тільки один. Він рухається уздовж фронту всіх нагрівальних колодязів зі швидкістю до 8,0 м/с, не забезпечує максимальну годинну продуктивність стана.
- високим ступенем зношеності й недостатньою потужністю ножиців для різання розкату високоміцних сталей. Вирішення даної проблеми розглянуто у другому розділі даної роботи.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Призначення й устрій ножиць 20 МН

Ножиці 20 МН з електромеханічним приводом призначені для обрізки передніх і задніх дефектних кінців розкатів і різання їх на мірні сляби в межах технічної характеристики.

Ножиці виконані з верхнім різом, тобто верхнім рухливим ножем і нижнім нерухливим ножем, мають верхнє розташування ексцентрикового вала й гідравлічного зрівноважування повзуна.

Привод ножиць здійснюється від двох електродвигунів через циліндричний редуктор і шпіндельний пристрій і встановлюється на рамах ліворуч від ножиць.

Устаткування лінії ножиць складається з відповідно ножиць, шпіндельного пристрою, привода ножиць, рам приводів, гідросистеми ножиць.

Ножиці, складаються з наступних вузлів і механізмів:

– станини, є базовою частиною ножиць призначеною для напрямлення руху механізму різання й притиску, установки інших механізмів устаткування, що примикають. Станини складаються із власне станини, правої й лівої стійок, з'єднаних зі станиною за допомогою шпильок і зафіксованих шпонками. У верхній частині станини встановлена траверса, з'єднана зі станиною за допомогою стяжних шпильок. На розніманні станини й траверси виконані підшипникові місця під корінні шийки ексцентрикового вала, а в гніздах траверси встановлені гідроциліндри зрівноважування механізму різання. У нижній частині станини встановлені ніж і підбивка. У правій стійці виконані місця для установки існуючих клеймачів.

– механізму різання, призначеного для здійснення процесу різання, який складається з ексцентрикового вала, призначеного для здійснення процесу різання, шатуна, повзуна з верхнім рухливим ножем. Повзун своїми напрямними входить у напрямні станини й пов'язаний із шатуном за допомогою осі й

опорного підшипника. Шатун у свою чергу зв'язаний великою головкою з шийкою ексцентрикового вала.

– притиск, призначений для притиснення розкату в процесі різання до нижнього ножа, з метою забезпечення якісного різання. Притиск складається з 2-х плунжерних гідроциліндрів, повзуна притиску, що має можливість вертикального переміщення в напрямних станини. У вихіднім положенні повзун притиску опирається упорами на кронштейн повзуна, а його плита перебуває на одному рівні з нижньою крайкою верхнього ножа. Порожнини гідроциліндрів з'єднані з акумулятором гідросистеми й постійно перебувають під тиском.

– зрівноважування верхнього супорта, призначеного для зрівноважування рухливих частин ножиць, вибору зазорів у підшипниках і шарнірних з'єднаннях механізму різання. Зрівноважування складається з 2-х гідроциліндрів, установлених і закріплених вертикально в розточеннях траверси станини. Повзун ножиць з'єднаний із плунжерами гідроциліндрів через траверси, тяги й коромисло. Порожнини циліндрів з'єднані з акумулятором і постійно перебувають під тиском.

– шпindelний пристрій призначений для передачі крутного моменту від редуктора привода до ексцентрикового вала. Складається із універсального шпінделя й пружинного пристрою, що врівноважує. У циліндричних розточеннях головок шпінделя розміщені бронзові вкладиші. З боку редуктора головка шпінделя з'єднана з лопатою вихідного вала за допомогою пальця й бронзової втулки. З боку ножиць інша головка шпінделя з'єднана з лопатою ексцентрикового вала за допомогою сухаря, розташованого в прорізі лопаті. Врівноважує зусилля від тарілчастих пружин передається на центральний підшипник шпінделя. Змащення на підшипник ковзання й вкладиш шарнірів шпінделя подається через опорний підшипник шпінделя.

– привод ножиць електромеханічний, здійснюється від двох електродвигунів постійного струму типу П2-800-175-8В3 через двоступінчастий двухпоточний циліндричний редуктор. Кінець вихідного вала виконаний у вигляді спеціальної лопаті для з'єднання зі шпінделем. Швидкохідні

вали з однієї сторони з'єднані з електродвигунами через зубчасті муфти, а з іншої сторони оснащені гальмами ТКП – 800. На тихохідному валу з боку зворотної лопаті встановлені командоапарат КЛ 4188–4в2 для контролю вихідного положення, положення «кінець різа» (180° повороту ексцентрикового вала) і подачі команд при відповідних кутах повороту ексцентрикового вала для зупинки електродвигунів при роботі ножиць у качних режимах.

– рами привода, призначені для установки на них привода й шпінделя ножиць, майданчиків обслуговування й установлені на фундаменті над каналом для конвеєра збирання обрізі. Складаються із двох поперечних рам, з'єднаних між собою траверсами за допомогою болтів і зафіксованих шпонками, двох стійок під електродвигуни з каналами для підведення охолодного повітря до електродвигунів і каналами для його відводу. На кронштейні близької до ножиць рами встановлений шпindelний пристрій. Рами двигуна оперезані майданчиками обслуговування, мають сходи для виходу на них з рівня виходу цеху. З майданчиків обслуговування рам по сходах можна потрапити на майданчики обслуговування ножиць. Додатково є рама для установки двох двигунів привода роликів рольганга перед ножицями.

2.2 Пропозиція щодо модернізації конструкції ножиць

З метою запобігання передчасного зношування підшипників ковзання ексцентрикового вала пропонується організувати централізовану систему рідинного змащення, при якому поверхні вала й підшипника будуть розділені суцільною масляною плівкою, у результаті чого безпосереднє тертя між металевими поверхнями вала й підшипника відсутнє.

Обов'язковою умовою рідинного змащення повинна бути безперервна, рясна подача масла в підшипник. Тиск в масляній плівці створюється при ексцентричному положенні вала в підшипнику в результаті безперервного нагнітання обертовим валом мастила в звужуючу частину зазору, тобто

пропонується організувати самопідтримуючий процес створення тиску в масляній плівці, називаний гідродинамічним змащенням.

У результаті запропонованої модернізації збільшиться термін служби підшипників ковзання, скоротиться їхня потреба, збільшиться міжремонтний період, що у свою чергу приведе до збільшення продуктивності агрегату й дозволить отримати додатковий прибуток.

2.3 Розрахунок найбільш навантажених вузлів ножиць

2.3.1 Розрахунок шатуна механізму різання

На рисунку 2.1 наведено схему зусиль діючих на шатун.

Розподілимо масу шатуна статично на дві точки А і В. Сила Т, що діє по напрямку осі шатуна механізму, визначається:

$$T = \frac{P + P_{iB}}{\cos \alpha}, \quad (2.1)$$

де P – зусилля різання;

P_{iB} – сила інерції мас, що поступально рухаються, зосереджених у точці В, частини маси шатуна, віднесеної до цієї точки.

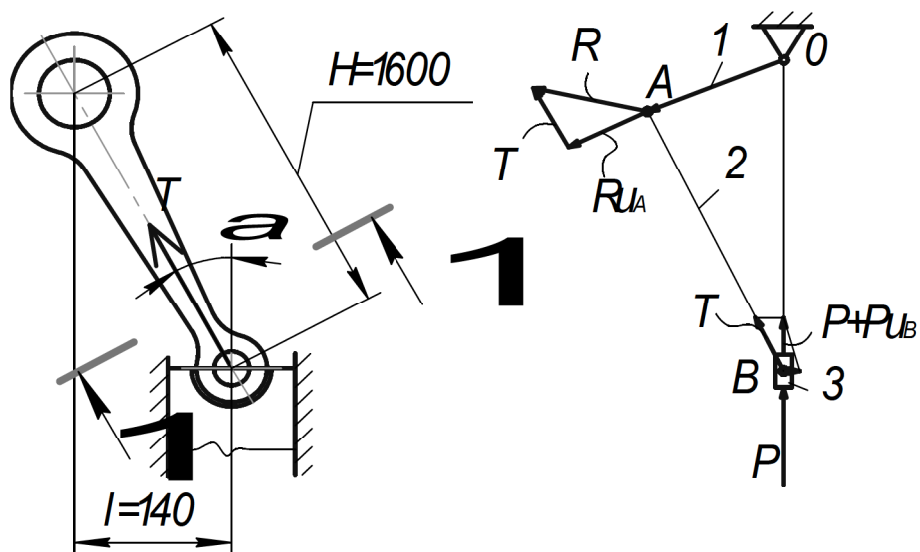


Рисунок 2.1 – Схема зусиль діючих на шатун

На шатунну шийку механізму діють сила T і сила P_{iB} – сила інерції частини маси шатуна, віднесеної до точки A . Повний тиск R на шатунну шийку механізму знаходимо як геометричну суму двох складових T та P_{iB} .

Враховуючи досить малу швидкість обертання ексцентрикового вала (максимальна частота обертання $n=8$ об/хв), силами інерції можна зневажити.

Тоді

$$T = \frac{P}{\cos \alpha}, \quad (2.2)$$

З геометрії механізму визначимо кут α

$$\sin = \frac{l}{H} = \frac{140}{1600} = 0,0875, \quad (2.3)$$

$$\alpha = 5^\circ; \quad \cos \alpha = 0,99619$$

Зусилля різання згідно технічної характеристики $P=20\ 000$ кН

Тоді

$$T = \frac{20000}{0,99619} = 20076 \text{ кН}$$

Розрахуємо шатун у небезпечному перетині I–I (рис.2.2)

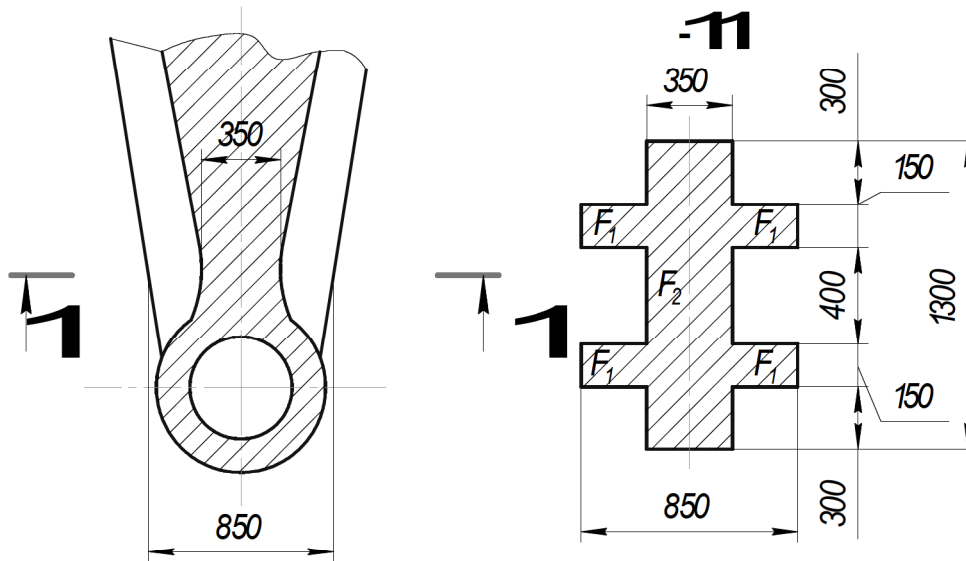


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунку шатуна у небезпечному перерізі

Площа F перетину I–I

$$F = 4F_1 + F_2 = 4 \cdot \frac{850 - 350}{2} \cdot 150 + 350 \cdot 1300 = 605000 \text{ мм}^2, \quad (2.4)$$

Напруження стиску в небезпечному перетині

$$\sigma_{\text{ст}} = 33,2 \text{ МПа} < [\sigma]_{\text{ст}} = 110 \text{ МПа}, \quad (2.5)$$

де $[\sigma_{\text{ст}}]$ – допускаємо напруження стиску для сталі 45 $[\sigma_{\text{ст}}] = 110 \text{ МПа}$

Умова міцності виконується

2.3.2 Розрахунок ексцентрикового вала

На рисунку 2.3 наведено геометричні параметри ексцентрикового вала.

Максимальний крутний момент на валу згідно технічної характеристики

$M_{\text{кр}} = 4700000 \text{ кН} \cdot \text{мм}$. Сила на шатуні $T = 20076 \text{ кН}$.

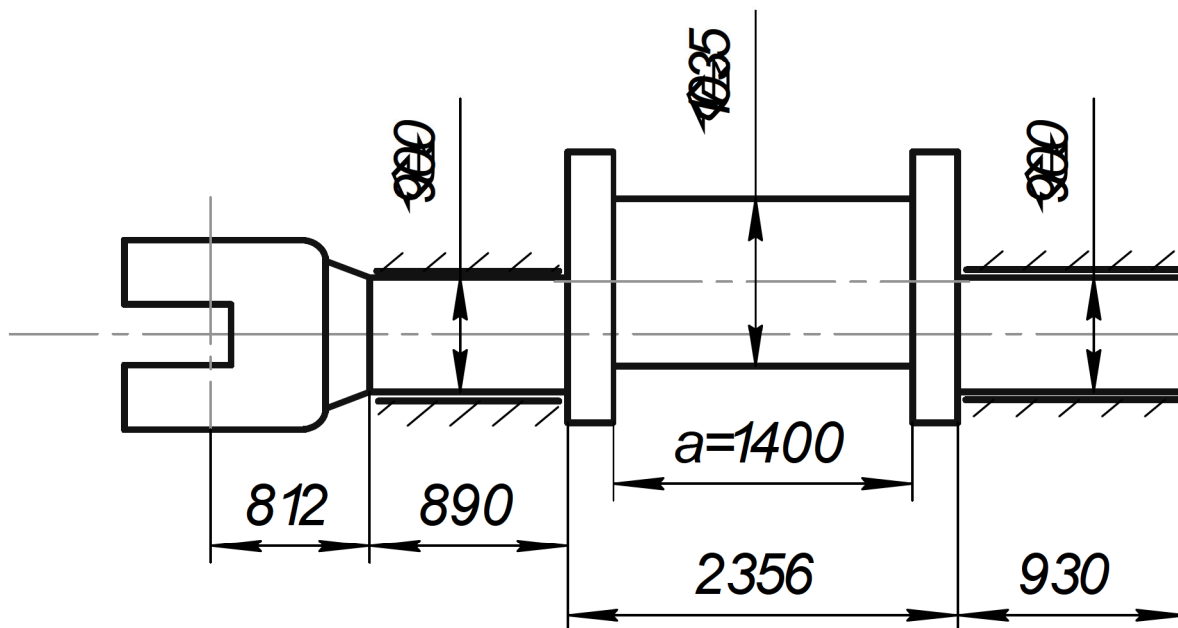


Рисунок 2.3 – Геометричні параметри ексцентрикового вала

Представимо ексцентриковий вал у вигляді балки на двох опорах, навантаженої крутним моментом $M_{кр}=4700000$ кН·мм і силою T у вигляді розподіленого навантаження (рисунок 2.4)

$$q = \frac{T}{a} = \frac{20076}{1400} = 14,40 \frac{\text{кН}}{\text{мм}}, \quad (2.6)$$

З метою спрощення розрахунків представимо реакції в опорах у вигляді зосереджених реактивних навантажень

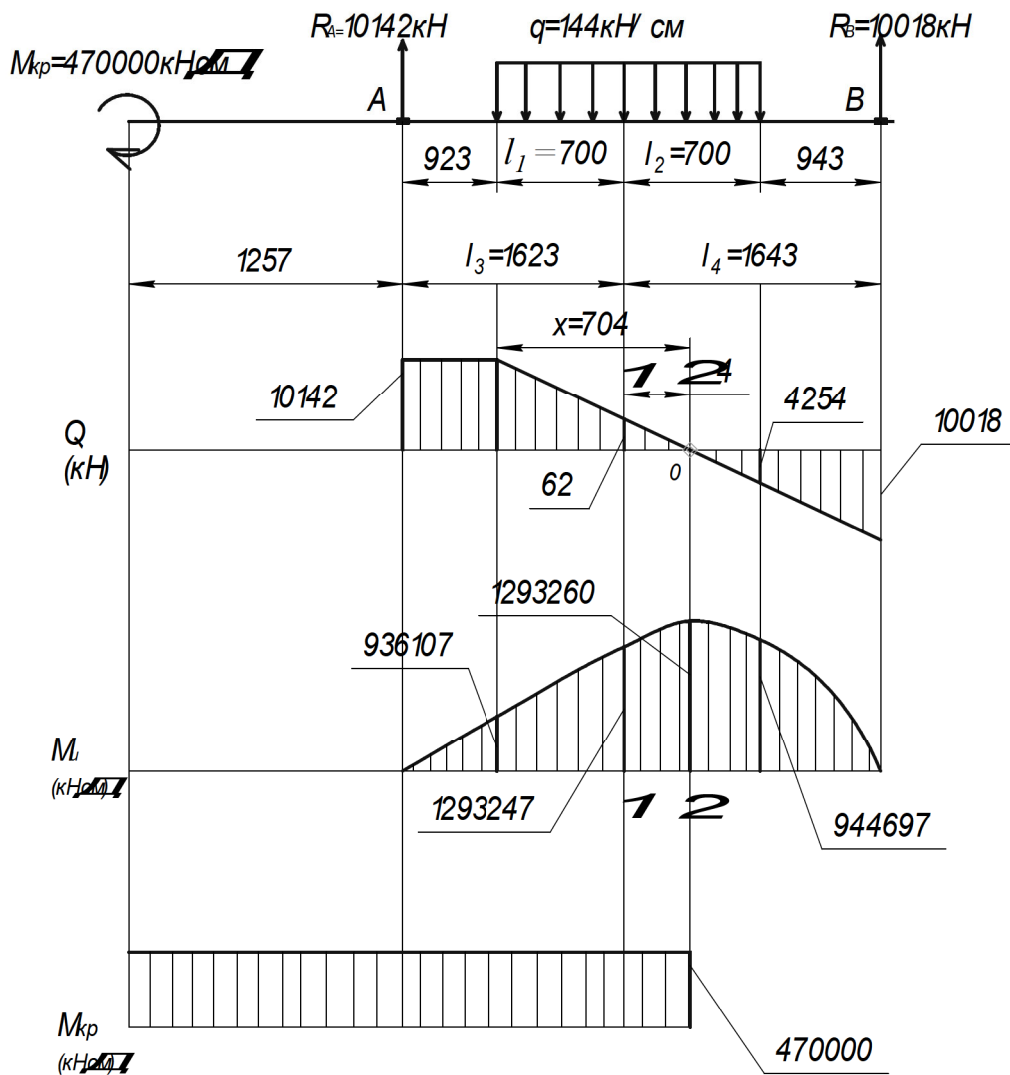


Рисунок 2.4 – Епюра навантаження ексцентрикового вала

Визначимо реакції в опорах.

З умови балки $\sum M_{(A)} = 0$

$$q(l_1 + l_2) \cdot l_3 - R_B(l_3 + l_4) = 0, \quad (2.7)$$

звідки

$$R_B = \frac{q(l_1 + l_2)l_3}{l_3 + l_4} = \frac{144(70 + 70)162,3}{162,3 + 164,3} = 10018 \text{ кН}, \quad (2.8)$$

З умови $\sum F = 0$ знаходимо реакцію R_A

$$R_A - q(l_1 + l_2) + R_B = 0, \quad (2.9)$$

звідки

$$R_A = q(l_1 + l_2) - R_B = 14,40(700 + 700) - 10018 = 10142 \text{кН}, \quad (2.10)$$

сила, що перерізує, у перетині I-I

$$Q_I = R_A - q \cdot l_1 = 10142 - 144 \cdot 70 = 62 \text{кН}, \quad (2.11)$$

Момент у перетині I-I □

$$M_I = R_A \cdot l_3 - q l_1 \frac{l_1}{2} = 10142 \cdot 1623 - \frac{14,4 \cdot 700^2}{2} = 12932470 \text{кН} \cdot \text{мм}, \quad (2.12)$$

Визначимо точку O, у якій згинальний момент досягає максимальної величини, а сила, що перерізує, буде дорівнює нулю. З епюри Q запишемо подобу трикутників

$$\frac{10142}{62} = \frac{X}{X - 70}$$

Звідки $10142(X - 70) = 62X$

$$10142X - 709940 - 62X = 0$$

$$X = \frac{709940}{10142 - 62} = 704 \text{мм}$$

Перевіримо вірність виконаних розрахунків

$$10142 - q(l_1 + 0,4) = 10142 - 144(70 + 0,4) = 0$$

Момент у перетині II – II

$$\begin{aligned} M_{II_{\max}} &= R_A(l_3 + 0,4) - q(l_1 + 0,4) \frac{(l_1 + 0,4)}{2} = \\ &= 10142(1623 + 0,4) - 14,4 \frac{(700 + 0,4)^2}{2} = 12932600 \text{кН} \cdot \text{мм} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Виконаємо розрахунки вала на міцність в перетині II – II. З епюри видно, що вал випробовує деформацію від спільної дії вигину й крутіння. Використовуючи теорію найбільших дотичних напружень, запишемо умову міцності:

$$\sigma = \frac{M_{II} + \sqrt{M_{II}^2 + M_{кр}^2}}{2W_{II}} \leq [\sigma]_{II}, \quad (2.14)$$

де W_{II} – момент опору вигину

$$W_{II} = \frac{\pi r^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 517,5^3}{4} = 108,793 \cdot 10^3 \text{мм}^3, \quad (2.15)$$

де r – радіус вала в перетині II – II:

$$r = \frac{1035}{2} = 517,5 \text{мм}, \quad (2.16)$$

тоді

$$\sigma = \frac{12932600 + \sqrt{12932600^2 + 4700000^2}}{2 \cdot 108,793 \cdot 10^3} = 123 \text{МПа} < [\sigma]_{зр} = 155 \text{МПа}$$

де $[\sigma]_{зг}$ – допускаєме напруження згинання для сталі 20Х $[\sigma_{ст}]=155$ МПа

Умова міцності виконується

2.3.3 Розрахунки шарніра шпінделя ексцентрикового вала

Лопать шарніра із прорізом сприймає з боку вкладиша тиск, розподілено по трикутнику (рис.2.5). Тому рівнодіюча P тиску на одну галузі лопаті буде зміщена від центру її перетину. Отже, у небезпечному перетині I–I, крім напружень вигину, будуть також напруження крутіння.

Зусилля P при цьому дорівнює

$$P = \frac{M_{кр}}{v_0 - \frac{2}{3}v}, \quad (2.17)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, переданий шпінделем, $M_{кр}=4700000$ кН·мм;

v_0 – повна ширина лопаті $v_0=1280$ мм;

v – ширина галузей лопаті $v=540$ мм.

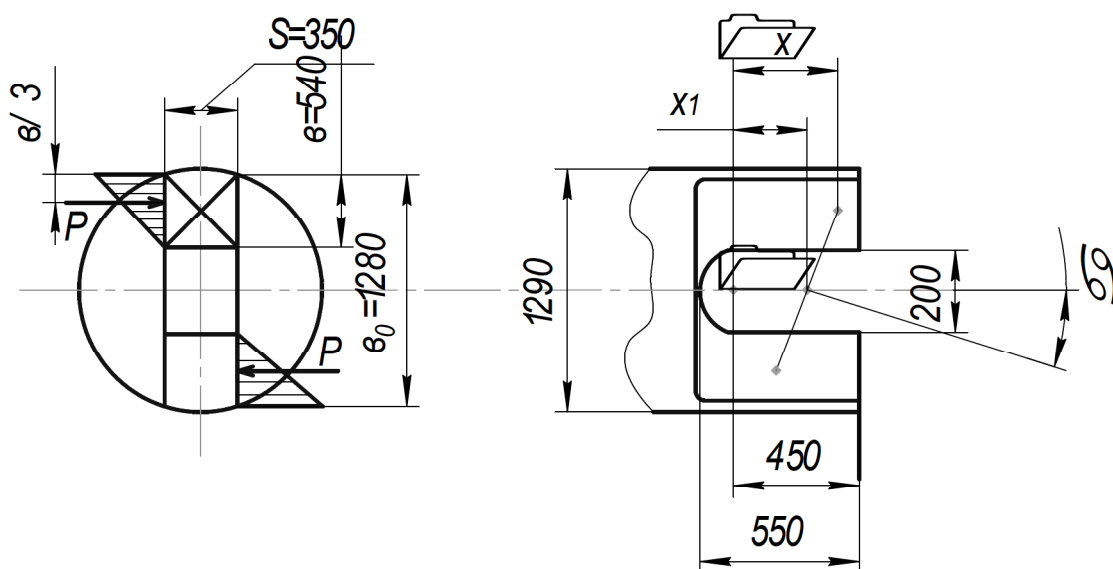


Рисунок 2.5 – Схема параметрів шарніра шпінделя ексцентрикового вала

Момент вигину в перетині I–I рівний

$$M_{\text{виг}} = PX, \quad (2.18)$$

де X – плече сили P

$$X = 0,5\left(b_0 - \frac{2}{3}b\right) \sin \alpha + X_1, \quad (2.19)$$

де α – кут нахилу шпінделя, $\alpha=8^\circ$, $\sin \alpha=0,1392$

X_1 – відстань від центру шарніра до перетину I–I, $X_1=100$ мм;

Тоді

$$X = 0,5\left(1280 - \frac{2}{3}540\right) \cdot 0,1392 + 100 = 164 \text{ мм}$$

$$P = \frac{4700000}{1280 - \frac{2}{3} \cdot 540} = 5108 \text{ кН}$$

Момент вигину в перетині I–I

$$M_{\text{виг}} = 5108 \cdot 164 = 837710 \text{ кН} \cdot \text{мм}$$

Момент крутіння в перетині I–I рівний

$$M_{\text{кр}} = P \frac{b}{6} = 5108 \frac{540}{6} = 459720 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.20)$$

Напруження вигину

$$\sigma = \frac{6M_{\text{виг}}}{b \cdot S^2} = \frac{6 \cdot 837710}{540 \cdot 350^2} = 76 \text{ МПа} , \quad (2.21)$$

Напруження крутіння

$$\tau = \frac{M_{\text{крІ}}}{\eta \cdot S^3}, \quad (2.22)$$

де S – товщина перетину лопаті, $S=350$ мм;

η – коефіцієнт при підрахунку моменту опору крутінню, що залежить

від відношення $\frac{B}{S}$ й рівний (при $\frac{B}{S} = \frac{54}{35} = 1,54$) $\eta = 0,346$

Тоді

$$\tau = \frac{459,72}{0,346 \cdot 0,35^3} = 31 \text{ МПа}$$

Розрахункові напруження рівні

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{76^2 + 3 \cdot 31^2} = 93 \text{ МПа} < [\sigma]_{\text{зг}} = 155 \text{ МПа} \quad (2.24)$$

де $[\sigma]_{\text{зг}}$ – допускаємо напруження згинання для сталі 20Х $[\sigma_{\text{ст}}]=155$ МПа

Умова міцності виконується

2.4 Розрахунок приводу ножиць

2.4.1 Визначення зусилля різання

При різанні металу на ножицях максимальне зусилля наприкінці періоду вмінання дорівнює зусиллю в момент початку різання (зрушення) металу по площині різання.

Тому

$$P_{\text{max}} = \tau_{\text{max}} \cdot \Gamma_{\text{рез}} = \kappa_1 \cdot \sigma_B \cdot \Gamma_{\text{рез}}, \quad (2.25)$$

де τ_{\max} – максимальний дотичний опір при різанні (зрушенні);

k_1 – коефіцієнт, що дорівнює відношенню максимального опору зрізу до межі міцності

$$k_1 = \frac{\tau_{\max}}{\sigma_B}, \quad (2.26)$$

(для м'яких металів $k_1=0,6$; для твердих $k_1=0,7$)

У момент закінчення вмінання ножів (початок властиво різання) висота перетину металу рівна $h-z_\epsilon = h(1-\epsilon_\epsilon)$, тому площа перетину, що випробовує напруження зрізу, рівна

$$F_{\text{зріз.}} = h(1-\epsilon_B)v, \quad (2.27)$$

де $\epsilon_B = \frac{Z_B}{h}$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню глибини впровадження ножів у метал при вмінанні Z_B до вихідної висоти перетину металу (для м'яких металів $\epsilon_\epsilon=0,35$; для твердих $\epsilon_\epsilon=0,25$).

При визначенні розрахункового максимального зусилля різання, що діє на ножі, треба врахувати вплив зазору між ними при тривалій роботі ножиць.

Тому розрахункова формула максимального зусилля різання має вигляд

$$P_{\max} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \sigma \cdot v \cdot h(1-\epsilon_B), \quad (2.28)$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення зусилля різання при затупленні ножів у процесі тривалої роботи ножиць, $k_2=1,15\dots 1,25$ при гарячому різанні

v, h – розміри заготовки, $v=150$ мм, $h=13$ мм

σ_B – межа міцності метала, $\sigma_B=210$ МПа

Тоді

$$P_{\max} = 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot 210 \cdot 0,150 \cdot 0,013(1 - 0,35) = 20,202 \cdot 10^6 \text{ Н} \approx 20 \text{ МН}$$

Що відповідає технічній характеристиці ножиць

2.4.2 Вибір електродвигуна

По своїм міцносним характеристикам і кінематиці редуктор здатний передати момент $M_{кр}=4900$ кНм.

В зв'язку з тим, що привод містить у собі 2 одночасно працюючих електродвигуна, а тихохідне колесо приводиться в обертання двома одночасно працюючими шестірнями промвала, то крутний момент на швидкохідному валу буде дорівнювати:

$$M_6 = \frac{M_T / 4}{U \cdot \eta} = \frac{\frac{1}{4} \cdot 4900}{26,13 \cdot 0,87} = 54 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.29)$$

де U – передаточне число редуктора, $U=26,13$;

η – ККД редуктора, $\eta=0,87$.

Потужність на швидкохідному валу редуктора

$$N = \frac{M_6 \cdot n}{9550} = \frac{54 \cdot 10^3 \cdot 210}{9550} = 1163 \text{ кВт}, \quad (2.30)$$

де n – число обертів швидкохідного вала редуктора, $n=210$ хв⁻¹.

Вибираємо електродвигун П2–800–175–8В3, Потужність $N=1250\text{кВт}$, частота обертання $n=210\text{ хв}^{-1}$, тривалість включення ПВ=100%.

2.4.3 Геометричний розрахунок зубчастих зачеплень редуктора привода

У редукторі встановлені зубчасті циліндричні колеса із шевронним зачепленням. Шевронна передача більш плавна й передає більшу потужність, ніж прямозуба при тих же розмірах. Недоліком шевронних передач є більш складна, а значить і більш дорога технологія їх виготовлення й контролю.

Кут нахилу зубів на ділільних циліндрах шевронних коліс перебуває в межах

$$\beta = 25^{\circ} \dots 35^{\circ}$$

У розглянутому зачепленні $\beta_{\text{внст.}} - 30^{\circ}$; $\beta_{\text{тнх}} - 28^{\circ}$ зачеплення некореговане, тобто без зсуву. Модуль зачеплення в нормальному перетині m_n :

- а) швидкохідної передачі $m_n = 14$;
- б) тихохідної передачі $m_n = 28$.

2.4.3.1 Розрахунки швидкохідної ступені

Схему до розрахунку швидкохідної ступені наведено на рисунку 7.1

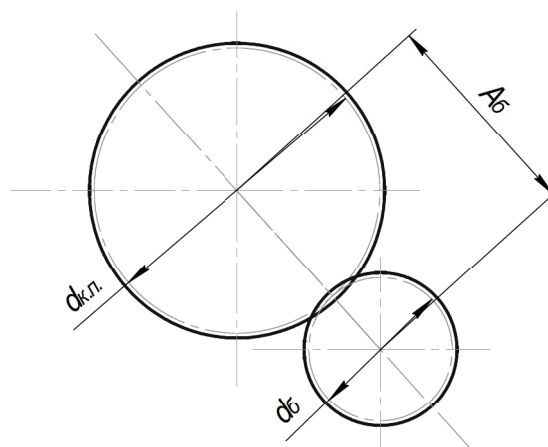


Рисунок 2.6 – Схема до розрахунку швидкохідної ступені

З компоновки редуктора $A_{\phi} = 1400\text{мм}$

$$A_{\phi} = 0,5(d_{\phi} + d_{\text{к.п.}}), \quad (2.31)$$

де d_{ϕ} й $d_{\text{к.п.}}$ – ділильні діаметри вал–шестірні й колеса проміжної ступені .

Визначимо суму чисел зубів з формули

$$\cos \beta = \frac{m_n(Z_{\phi} + Z_{\text{к.п.}})}{2A_{\phi}}, \quad (2.32)$$

$$\cos 30^{\circ} = \frac{14(Z_{\phi} + Z_{\text{к.п.}})}{2 \cdot 1400};$$

$$0,866 = 0,005 (Z_{\phi} + Z_{\text{к.п.}})$$

Звідки

$$(Z_{\phi} + Z_{\text{к.п.}}) = \frac{0,866}{0,005} = 173$$

Відповідно до теорії про вибір мінімального числа зубів з метою запобігання підрізання, визначаємо

$$Z_{\phi} = 27; Z_{\text{к.п.}} = 173 - 27 = 146$$

Окружний (торцевий) модуль

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{14}{0,866} = 16,16\text{мм}, \quad (2.33)$$

Тоді ділильні окружності

$$d_6 = m_t \cdot Z_6 = 16,16 \cdot 146 = 2361,5 \text{ мм}, \quad (2.34)$$

Уточнене

$$A_6 = 0,5(438,5 + 2361,5) = 1400 \text{ мм}$$

Визначимо передаточне число швидкохідної ступені

$$U_6 = \frac{d_{к.п.}}{d_6} = \frac{2361,5}{438,5} = 5,41, \quad (2.35)$$

2.4.3.2 Розрахунки тихохідної ступені

Схему до розрахунку тихохідної ступені наведено на рисунку 2.7

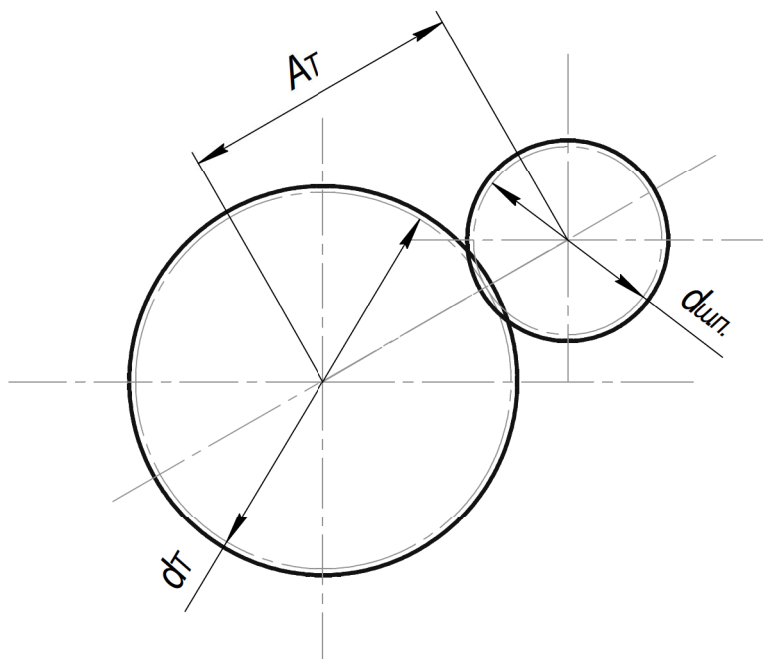


Рисунок 2.7 – Схема до розрахунку тихохідної ступені

З компонування $A_T = 2200 \text{ мм}$

$$A_T = 0,5(d_{ш.п.} + d_T), \quad (2.36)$$

де $d_{ш.п.}$ й d_T – відповідно ділильні діаметри шестірні проміжної й колеса тихохідного.

Визначимо суму чисел зубів тихиходної ступені

$$\cos \beta = \frac{m_n(Z_{ш.п.} + Z_T)}{2A_T}, \quad (2.37)$$

$$m_n = 28$$

$$\cos 28^\circ = \frac{28(Z_{ш.п.} + Z_T)}{2 \cdot 220}$$

$$0,883 = 0,006(Z_{ш.п.} + Z_T)$$

Звідки

$$(Z_T + Z_{ш.п.}) = \frac{0,883}{0,006} = 140$$

Приймаємо

$$Z_{ш.п.} = 24; \quad Z_T = 140 - 24 = 116$$

Окружний (торцевий) модуль

$$m_t = \frac{28}{0,866} = 31,71 \text{ мм}$$

Тоді ділильні окружності

$$d_T = m_t \cdot Z_{\text{м.п.}} = 31,71 \cdot 24 = 741,1 \text{ мм}, \quad (2.38)$$

$$d_T = m_t \cdot Z_T = 31,71 \cdot 116 = 3658,9 \text{ мм}, \quad (2.39)$$

Уточнене

$$A_T = 0,5(741,1 + 3658,9) = 2200 \text{ мм}$$

Визначаємо передаточне число тихохідної ступені

$$U_T = \frac{d_T}{d_{\text{м.п.}}} = \frac{3658,9}{741,1} = 4,83, \quad (2.40)$$

2.4.4 Розрахунок передаточного числа редуктора

Кінематична схема редуктора наведена на рисунку 2.8

Число обертів електричного двигуна

$$n_d = n_{\text{в}} = 210 \text{ хв}^{-1},$$

Число обертів вихідного вала редуктора $n_T = 8 \text{ хв}^{-1}$. В зв'язку з тим, що редуктор симетричний, а його вісь симетрії проходить по тихохідному колесу, то права й ліва частини редуктора ідентичні.

Розглянемо кінематику передатної частини. Загальне передаточне число

$$U = \frac{n_{\text{в}}}{n_T} = \frac{210}{8} = 26,25, \quad (2.41)$$

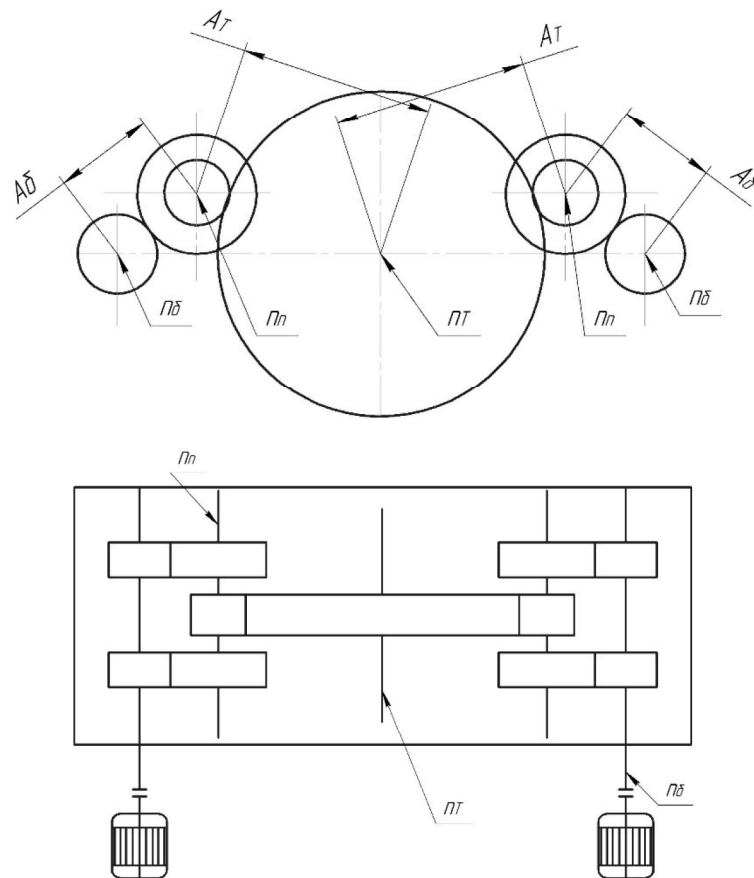


Рисунок 2.8 – Кінематична схема редуктора

Визначимо передатні відносини ступеней.

Діаметр ділительний вал–шестірні швидкохідного вала $d_6 = 438,5\text{мм}$

Діаметр ділительний колеса проміжного вала $d_{к.п.} = 2361,5\text{мм}$

Діаметр ділительний шестірні проміжного вала $d_{ш.п.} = 741,1\text{мм}$

Діаметр ділительний колеса тихохідного вала $d_T = 3658,9\text{мм}$

$$U_T = 4,83; U_6 = 5,41$$

Загальне передаточне число

$$U = U_6 \cdot U_T = 5,41 \cdot 4,83 = 26,13, \quad (2.42)$$

Отримане передаточне число $U = 26,13$ відрізняється від проектного $U = 26,25$ на $0,46\%$, що цілком припустимо.

2.4.5 Розрахунок зусиль у зачепленні тихохідної ступені

Схему до розрахунку зусиль в зачепленні наведено на рисунку 2.9.

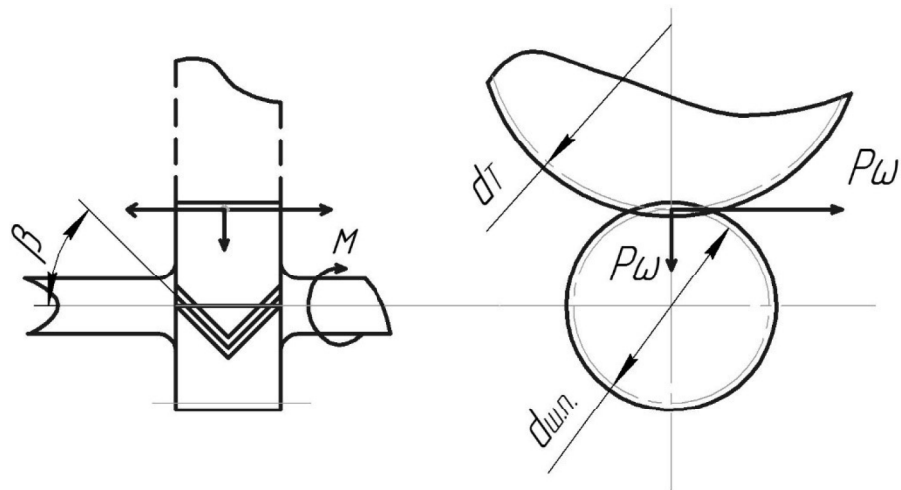


Рисунок 2.9 – Складові нормального зусилля в зачепленні шевронної циліндричної передачі.

При визначенні зусиль у зачепленні зневажають силами тертя, викликаними ковзанням профілів, розподілене навантаження заміняють зосередженої силою, прикладеної в середині зубчастого вінця.

Вихідні дані:

- момент на тихохідному валу $M_T = 4900 \text{кН} \cdot \text{м}$
- діаметр ділильної окружності тихохідного колеса $d_T = 3658,9 \text{мм}$
- кут зачеплення $\alpha = 20^\circ$
- кут нахилу $\beta = 28^\circ$

Окружне зусилля

$$P_{\omega} = \frac{2M_T}{d_T} = \frac{2 \cdot 4900}{3,6589} = 2678 \text{кН}, \quad (2.43)$$

Радіальне зусилля в шевронному зачепленні $P_a = 0$

2.4.6 Розрахунок вала тихохідного колеса та визначення зусиль у його опорах

При сумісній дії згинаючого й крутного моментів діаметр суцільного вала

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{\sqrt{M_{\text{н}}^2 + (\alpha \cdot M_{\text{кр}})^2}}{0,1[\sigma]_{\text{н}}}}, \quad (2.44)$$

де $[\sigma]_{\text{н}}$ – допускаєме напруження вигину для легованих сталей,
 $[\sigma]_{\text{н}} = 90 \text{МПа}$

Розрахунки робимо в небезпечному перерізі

$$d = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(69296)^2 + (0,6 \cdot 490000)^2}}{0,1 \cdot 9}} = 69,5 \text{см} = 695 \text{мм}$$

де α – коефіцієнт приведення; $\alpha = 0,6$ [1]

З конструктивних міркувань приймаємо $d = 900 \text{мм}$.

На рисунку 2.10 наведено епюру зусиль в опорах вала тихохідного колеса

Перевіримо вал на спільну дію поперечних навантажень і згинального моменту

$$\sigma = \frac{Q}{F} + \frac{M_3}{W} \leq [\sigma]_{\text{н}}, \quad (2.45)$$

де F – площа поперечного перерізу вала

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (900)^2}{4} = 635,9 \cdot 10^3 \text{ мм}^2, \quad (2.46)$$

де Q – поперечне навантаження в небезпечному перерізі, згідно епюри
рис.7.5 $Q = 976 \text{ кН}$;

W – момент опору вигину:

$$W = 0,1d^3 = 0,1(900)^3 = 72,9 \cdot 10^6 \text{ мм}^3, \quad (2.47)$$

M_3 – згинаючий момент у небезпечному перерізі, згідно епюри рис.2.10

$$M_3 = 692960 \text{ кН} \cdot \text{мм}$$

Тоді

$$\sigma = \frac{976}{635,9} + \frac{692960}{72,9 \cdot 10^6} = 1,1 \text{ МПа} < [\sigma]_n = 90 \text{ МПа}$$

Отже умову статичної міцності виконано.

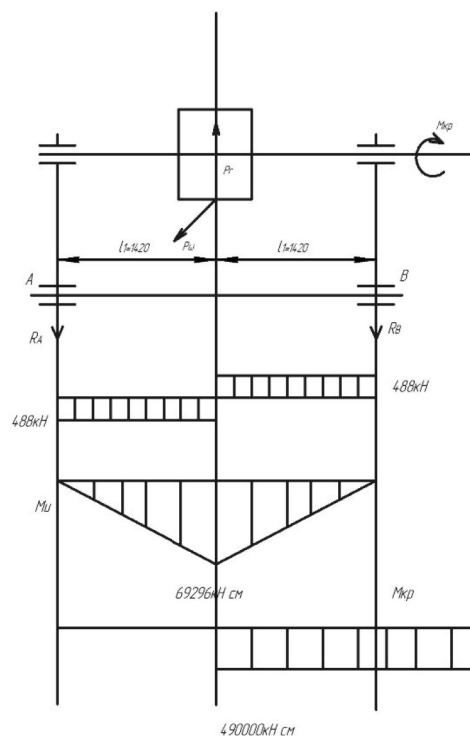


Рисунок 2.10 – Епюра зусиль виникаючих в опорах вала тихохідного колеса

2.5 Розрахунок підшипників ковзання

Усі основні параметри, що характеризують працездатність опори ковзання, можуть бути знайдені в тому випадку, якщо відоме поле тисків, що виникає в шарі змащувального речовини, що розділяє поверхні взаємно сполучених елементів підшипника, що перебуває у відносному русі.

Якщо підшипник знаходиться під впливом постійного по величині й напрямку навантаження й швидкість відносного переміщення поверхонь тертя в номінальному режимі незмінна, то основні характеристики підшипника визначимо по формулах, викладених у літературі .

Несуча здатність підшипника

$$W = \frac{ld\omega\mu}{\varphi^2} \xi, \text{ Н} \quad (2.48)$$

де l – осьова довжина вкладиша, м

d – діаметр шийки вала, м

ω – кутова швидкість, с^{-1}

μ – динамічна в'язкість, для мастила індустріального І-30А

$\mu = 0,625 \text{ Па}\cdot\text{с}$

φ – відносний зазор

ξ – безрозмірний коефіцієнт опору обертання, $\xi = 11$.

Ліва шийка ексцентрикового вала:

$l = 0,85\text{м}; d = 0,9\text{м};$

Кутова швидкість

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2.49)$$

де n – максимальна частота обертання вала, $n=8 \text{ хв}^{-1}$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 8}{30} = 0,837 \text{ с}^{-1}$$

$$\varphi = 0,8 \cdot 10^{-3} \sqrt[4]{V}, \quad (2.50)$$

де V – окружна швидкість вала

$$V = \omega \cdot r = 0,837 \cdot \frac{0,9}{2} = 0,377 \text{ м/с}, \quad (2.51)$$

Тоді

$$\varphi = 0,8 \cdot 10^{-3} \sqrt[4]{0,377} = 0,00063$$

Тоді

$$W = \frac{0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,837 \cdot 0,625}{0,00063^2} \cdot 11 = 11091199 \text{ Н} = 11091,199 \text{ кН}$$

На рисунку 2.11 наведена епюра навантажень ексцентрикового вала

З епюри Q розрахунків вала на міцність

$$R_A = 10142 \text{ кН} < W = 11091,199 \text{ кН}$$

Кількість змашувальної речовини, необхідна для забезпечення працездатності підшипника

$$Q = 0,5 \varphi \omega l d^2 q, \quad (2.52)$$

де q – безрозмірний коефіцієнт витрати змащення, $q=0,199$

$$q = 0,199$$

Тоді

$$Q = 0,5 \cdot 0,00063 \cdot 0,837 \cdot 0,9^2 \cdot 0,199 = 3,6 \cdot 10^{-5} \frac{\text{M}^3}{\text{с}}$$

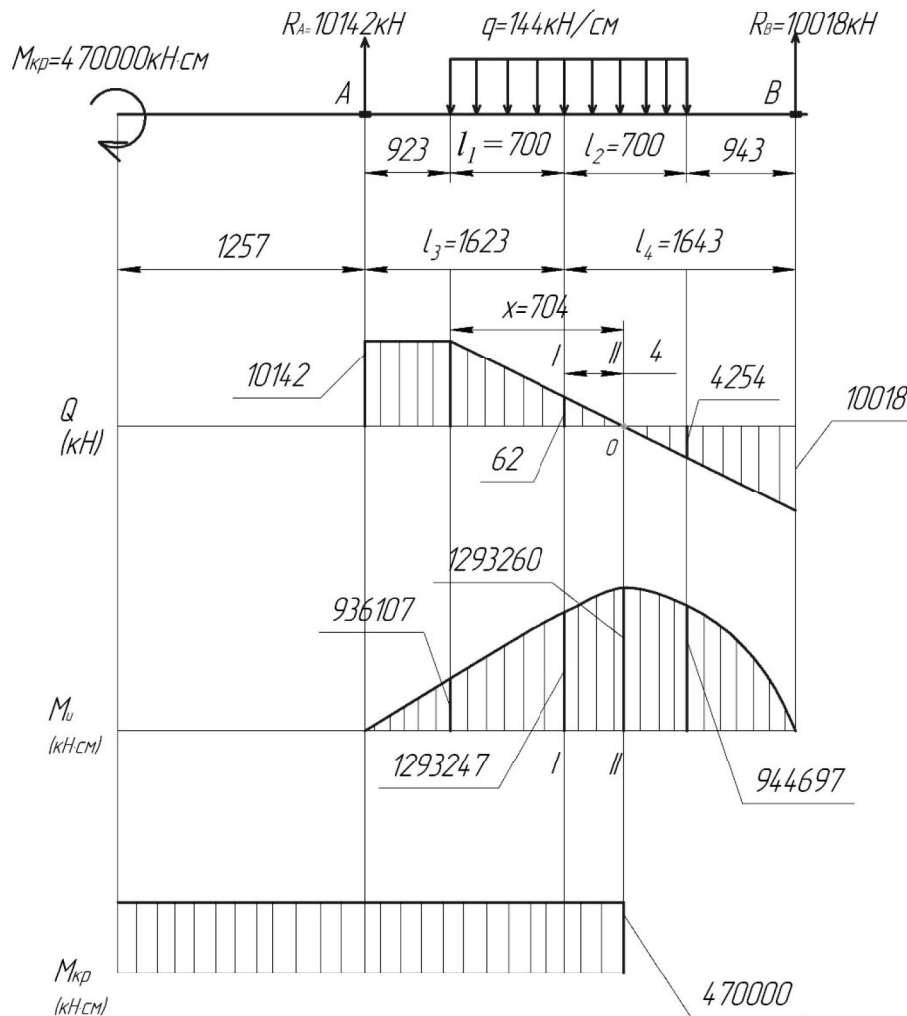


Рисунок 2.11 – Епюра навантажень ексцентрикового вала

В зв'язку з тим, що ліва шийка вала при тому самому діаметрі має меншу довжину, а з епюри сил, що перерізують (рис.2.11), видно, що навантаження на ліву шийку більше, ніж на праву, то можна зробити висновок, що лівий підшипник ковзання перебуває в більш тяжких умовах, ніж правий, а значить розрахунки підшипника ковзання правої шийки вала можна не робити.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Встановлення устаткування на фундамент

Монтаж і складання устаткування робити, керуючись монтажними кресленням, складальними кресленнями по відомостях експлуатаційних документів, а також вказівками інструкції.

Монтаж ножиців починати з установки й вивірки станини на фундаменті.

3.1.1 Встановлення станини

Установити на фундаменті на підкладках по черзі спочатку станину потім стійки. Зафіксувати стійки щодо станини за допомогою шпонок і з'єднати між собою крепежом;

Станину встановити й вивірити по розмірах відносно поздовжньої осі рольганга (осі прокатки), по геодезичній осі ножиців (лінії різання), і по висоті щодо відповідного репера:

– відхилення розміру між віссю станини (ножиців) і віссю рольганга (вісь прокатки) від номінального значення допускається не більш $\pm 0,1\text{м}$;

– зсув станини щодо геодезичної осі ножиць (лінія різання) допускається не більш $\pm 1\text{ мм}$;

– за висотну базову поверхню прийняти площину рознімання станини по осі розточень під корінні шийки ексцентрикового вала (відмітка – + 4,075м);

– відхилення базової поверхні станини від заданої висоти оцінки допускається до $\pm 0,5\text{мм}$, при цьому відхилення напрямних станини від вертикальних площин допускається не більше 0,1мм на 1 м довжини напрямних;

– відхилення від горизонталі верхньої крайки нижнього ножа допускається не більше $\pm 0,5\text{ мм}$;

– відхилення висотної відмітки верхньої крайки нижнього ножа від номінального значення (відмітка – + 0,79 м) допускається не більше $\pm 0,5\text{ мм}$.

3.1.2 Встановлення рам привода

- установити на фундаменті на підкладках по черзі рами та, з'єднати їх між собою траверзами;
- рами встановити й вивірити по розмірах щодо поздовжньої осі ножиців (осі прокатки), по геодезичній осі ножиців (лінії різання) і по висоті щодо відповідного репера;
- відхилення розміру між віссю рам і віссю ножиців допускається не більш ± 2 мм;
- зсув осі рам щодо геодезичної осі ножиців (лінії різання) допускається не більш ± 2 мм;
- за висотну базову поверхню прийняти опорні місця під встановлення редуктора привода (відмітка $- + 3,075$ м);
- відхилення базової поверхні рам від заданої висотної оцінки допускається до ± 15 мм, відхилення від площинності допускається не більш $\pm 0,1$ мм;
- до рами пристикувати й закріпити стійки, попередньо зафіксувавши їх штифтами, і одночасно виставивши їх на фундаменті за допомогою підкладок.

3.1.3 Встановлення рами ножиць

- раму встановити й вивірити по розмірах щодо осі рольганга (осі прокатки), осей роликів рольганга й по висоті щодо відповідного репера.
- відхилення розміру між віссю рольганга й віссю першого ряду отворів $d = 35$ мм під електродвигуни рольганга від номінального значення допускається не більше $\pm 0,5$ мм;
- зсув отворів $d = 35$ мм для кріплення електродвигунів рольганга щодо осей роликів рольганга допускається не більше $\pm 0,5$ мм;

– за висотну базову поверхню прийняти опорні місця під встановлення редуктора привода (відмітка $\pm 3,075$ м), відхилення базової поверхні від заданої висотної оцінки допускається не більше $\pm 0,5$ мм.

3.2 Складання вузлів і механізмів ножиців, шпіндельного пристрою й привода ножиців

3.2.1 Складання ножиців

– складання ножиців роблять відповідно до технічних вимог; креслення загального виду, креслень складальних одиниць, монтажного креслення й вимогами справжньої інструкції, звернувши особливу увагу на одночасне складання трубопроводів гідравліки й змащення;

– зібрати осторонь на тимчасовому стенді або підставках (т్యобінгах) механізм різання, установивши й закріпивши в розточеннях повзуна циліндри притиску й траверзи, зрівноважувач повзуна (маса вузла 79700 кг);

– увести вузол механізму різання в напрямні станини до посадки ексцентрикового вала корінними шейками в підшипники ковзання станини. Верхній ніж при цьому буде перебуває в крайньому нижньому положенні;

– установити кришки й фіксуючі штифти на розніманні;

– установити й закріпити траверзу;

– на кронштейни встановити гайки й сполучити їх з осями отворів у станині;

– установити шпильки, шайби, гайки й затягти з'єднання до вибору зазорів, як у стику, так і між гайками й опорними поверхнями;

– по черзі на шпильки встановити гідрогайку відповідно з вимогами креслення;

– від насосної установки виготовленої на замовлення, подати тиск у гідрогайку й довести його до 40...45МПа;

– після натяжки шпильки, гайки повернути на 51° від вихідного положення й скинути тиск;

– послідовність затягування шпильок див. рис.3.1;

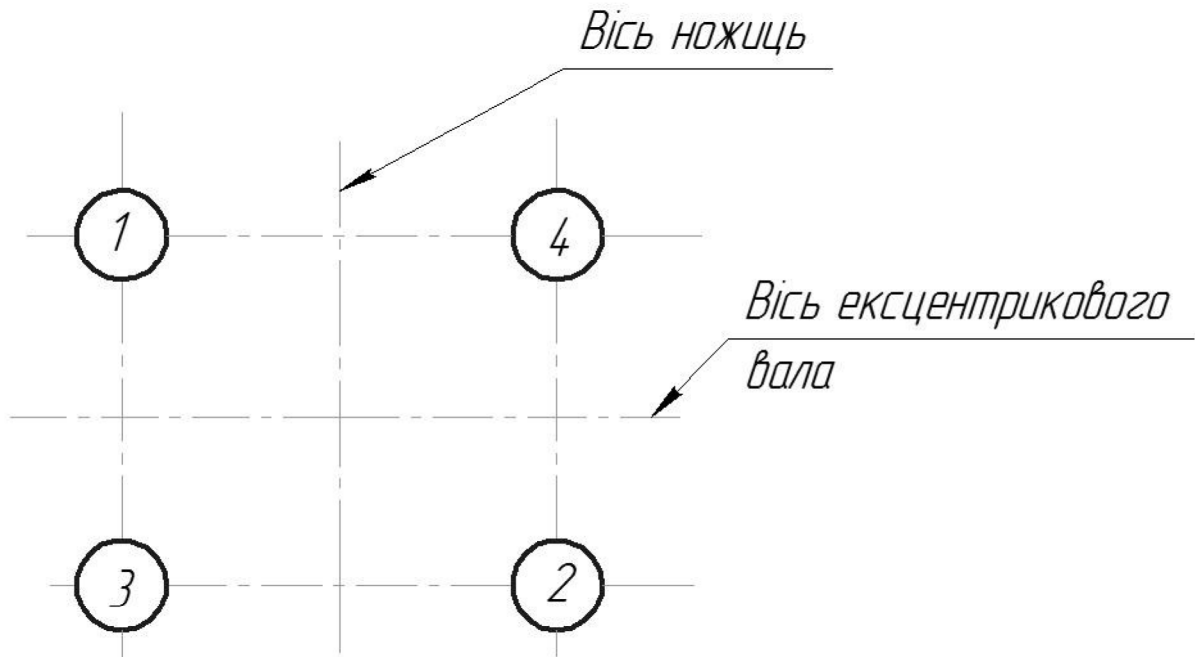


Рисунок 3.1 – Послідовність затягування шпильок

– зробити складання вузла зрівноважування верхнього супорта, згідно креслення;

– зібрати осторонь повзун притиску з усіма деталями, крім планок, установити під'ятники на азбестові прокладки, установити повзун на лист товщиною 20–40 мм, що перебуває на рольгангу перед ножицями, зафіксувати розпірками від падіння;

– повернути ексцентриковий вал на 180° , піднявши повзун у верхнє положення, і зафіксувати повзун у цьому положенні (цю операцію бажано виконати після складання редуктора й шпіндельного пристрою);

– завести повзун притиску в напрямні станини, установити й закріпити вставки (окремі частини напрямних) станини;

– завершити складання трубопроводів гідравліки й змащення, телескопічного підведення рідини до циліндрів притиску, майданчиків обслуговування, огорожень і сходів.

3.2.2 Складання привода

Установити редуктор на базову поверхню рам і виставити:

- зсув осі тихохідного вала редуктора відносно геодезичної осі ножиців (лінії різання) допускається $\pm 0,5$ мм;
- відхилення розміру між віссю корпусу редуктора й віссю ножиців (віссю прокатки) допускається ± 1 мм;
- зафіксувати редуктор упорами й завершити складання привода ножиців згідно з вимогами.

3.2.3 Складання шпиндельного пристрою

Установити стійку з деталями, згідно вимоги креслення:

- зсув осі стійки щодо геодезичної осі ножиців (лінії різання) допускається $\pm 0,5$ мм.
- відхилення розміру між віссю стійки й віссю ножиців (віссю прокатки) допускається ± 1 мм.

Виставити строго вертикально лопатки ексцентрикового вала встановити сухар;

Вертикально опускаючи попередньо зібраний шпиндель, установити його в проектне положення й завершити складання;

Виконати монтаж системи змащення, гідравліки, електроустаткування, засобів автоматики, систем захисту й контролю.

При виконанні налагоджувальних робіт перевірити хід повзуна, перекриття ножів, повний хід притиску (установивши між плитою притиску й ножовим столом проставлення висотою 300 мм), відсутність заїдань і заклинювань механізмів биття валів і муфт, роботу автоматики й блокувань привода, гальм, відрегулювати систему централізованого змащення й тиску в гідросистемі.

При перевірці перекриття ножів і при кожному змиканні ножів, щоб уникнути влучення ножа на ніж, робити по різанню 2–х дерев'яних дощок, перетином 60×200 , установлюваних симетрично осі ножиців приблизно на відстані від кінців ножа рівному $\frac{1}{4}$ довжини ножа.

3.3 Індивідуальне випробування ножиць

3.3.1. Випробування редуктора ножиць

– випробування редуктора робити до складання шпіндельного пристрою. Спочатку прокрутити швидкохідні вали вручну до здійснення одного повного оберту вихідного вала, потім обоє двигунів на повзучій швидкості (21 хв^{-1}) електродвигуна. Випробування редуктора робити протягом 3–х годин, починаючи з 50 об/хв електродвигунів з поступовим, з кроком 50 об/хв, збільшенням частоти обертання двигуна до 210 об/хв ;

– перед пуском включити систему змащення й відрегулювати вступ змащення до точок, що змащуються;

– під час випробування робити зупинку й робити огляд зачеплень, підшипників, ущільнень. При виявленні задирів зубів необхідно зробити зачищення. При підвищенні температури підшипників понад припустиму ($60 \text{ }^\circ\text{C}$) перевірити підшипник. Ущільнення, що пропускають змащення, замінити;

– після усунення всіх виявлених дефектів і при нормальній роботі редуктора, протягом вищевказаного часу, випробування закінчити.

3.3.2 Необхідні дії перед початком випробування ножиць

– перевірити кріплення ножів;

– зробити не менш ніж за 30 хвилин до пуску ножиців, пуск системи централізованої подачі пластичного й рідкого змащення до механізму різання

ножиців. Перевірити подачу змащення до всіх вузлів тертя, прошприцевать точки змащення в шарнірах зрівноважування;

- перевірити відповідність тиску в магістралях гідросистеми вимогам схеми гідравлічної принципової;

- зробити налагодження роботи командоапарата привода ножиців і апаратури керування гідросистемою ножиців, прокручення ножиць в різні сторони на повзучій швидкості електродвигуна.

3.3.3 Індивідуальні випробування ножиць

При індивідуальному випробуванні необхідно:

- перевірити подачу змащення до всіх точок, що змащуються, плетичного та рідкого змащень;

- перевірити стабільність тиску в гідравлічній системі;

- перевірити блокування ножиць з примикаючимся устаткуванням;

- прокручування ножиць вести в режимі «старт–стоп», спочатку 2...3 включення на повзучій швидкості, потім за графіком, здійснюючи нарізання дерев'яних дощок при кожному включенні. Число включень не більш 9 у хвилину. Періодично міняти напрямок обертання електродвигунів. Режим роботи круговий і хитний. Періодично в процесі випробування й переходом на наступну швидкість обертання зупиняти ножиці для огляду напрямних, підшипників вузлів, гідравлічних циліндрів, стан і кріплення ножів;

- у процесі випробування стежити за шумом у зачепленнях редуктора, температурою підшипників. У випадку появи заїдань, підвищеного нагрівання підшипникових вузлів, виток маслу, інших несправностей необхідно виявити, усунути їхню причину, після чого продовжити випробування;

- результати індивідуального випробування устаткування лінії ножиців оформити актом у встановленому порядку;

– випробування ножиців під навантаженням (порізка розкатів) здійснювати по погодженій програмі, передбачивши прокатку слябів, що не вимагають для порізки максимального зусилля різання;

– випробування під навантаженням починати при 100 об/хв електродвигунів з наступним переходом на 125, 150, 175, і 210 об/хв (рис.3.2) ;

– тривалість роботи ножиців на кожному режимі обертів до здійснення 300 різів;

– періодично в процесі випробування й перед переходом на наступну швидкість обертання двигунів зупиняти ножиці на 10–20 хвилин для огляду напрямних, підшипникових вузлів, гідравлічних циліндрів, стан кріплень ножів і інших деталей і вузлів;

– з метою збільшення терміну служби підшипникових вузлів ножиців, шпінделя привода рекомендується розрізати розкати на мінімально можливих числах обертів двигуна, що забезпечують пропускну здатність ножиців;

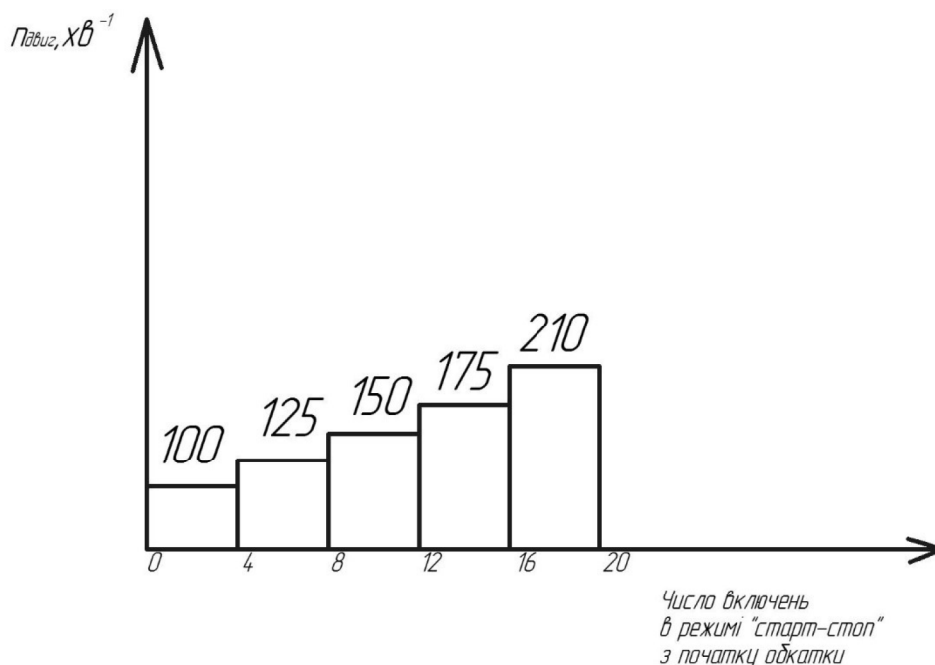


Рисунок 3.2 – Графік обкатування ножиць

3.4 Розрахунок фундаменту

Фундаменти призначені для передачі зусиль на ґрунт і зменшення вібрації машин при експлуатації. Їх виконують із бетону у вигляді блоків, розділених деформаційними швами різного призначення (осадові, усадочні й ін.). Вихідними показниками для проектування фундаментів є параметри й габаритні розміри підстав машин, схема навантаження фундаменту, дані про геологію, гідрогеологію й фізико-механічні властивості ґрунту, схеми прив'язки фундаменту.

Фундамент повинен бути спроектований так, щоб дотримувалася умова:

$$\rho = \frac{G_m + G_\phi + P_{\text{тех}}}{a \cdot b} + \sum \frac{M_{\text{пер}}}{W_\phi} \leq [\rho], \quad (3.1)$$

де G_m – вага устаткування, встановленого на фундаменті, кг;

G_ϕ – вага фундаменту, кг;

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

a, b – розміри подошви фундаменту, м;

$M_{\text{пер}}$ – перекидний момент, в врахуванням тієї обставини що ножиці з'єднані жорстко з редуктором через універсальний шпіндель, перекидний момент не може бути більшим ніж 5 % від моменту на тихохідному валу редуктора:

$$M_{\text{пер.}} = 0,05 M_{\text{тих.ред.}} \quad (3.2)$$

де $M_{\text{тих.ред}}$ – максимальний момент на тихохідному валу редуктора,
 $M_{\text{тих.ред}} = 4,9 \text{ МНм} \approx 499,5 \cdot 10^3 \text{ кгм} = 499,5 \cdot 10^5 \text{ кгсм}$:

$$M_{\text{пер.}} = 0,05 \cdot 499,5 \cdot 10^5 \approx 25 \cdot 10^5 \text{ кгсм}$$

Вага ножиць становить $G_m = 338164$ кг.

$$G_\phi = V_\phi \cdot \rho_\phi \quad (3.3)$$

де V_ϕ – обсяг фундаменту, приймається з розрахунку, що на одну тону встановленої маси устаткування витрачають 3 м^3 бетону.

Приймаємо $V_\phi = 1015 \text{ м}^3$.

ρ_ϕ – щільність бетону фундаменту.

Для армованого бетону приймаємо $\rho_\phi = 2,3 \cdot 10^3 \text{ кг / м}^3$.

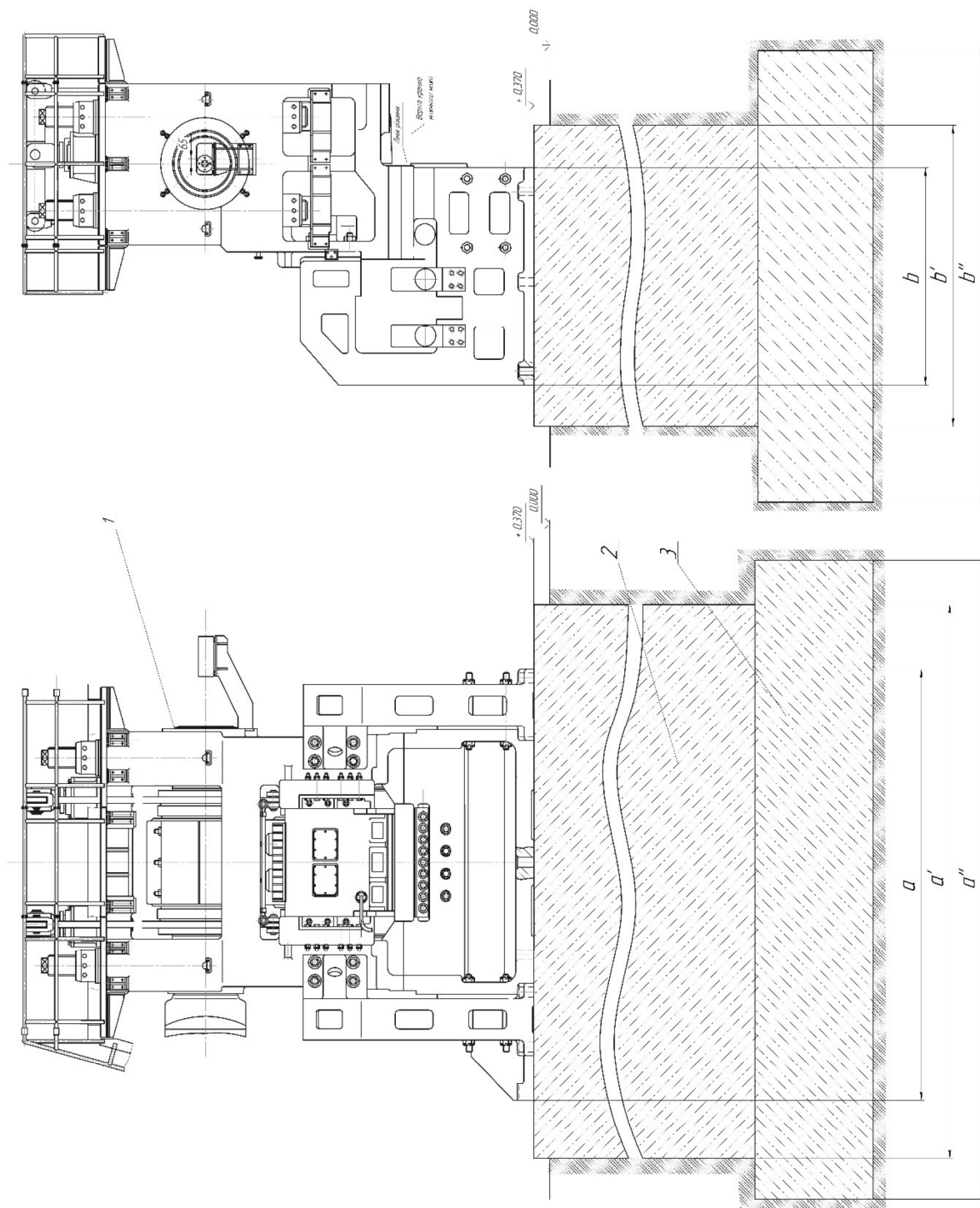
$$G_\phi = 1015 \cdot 2,3 \cdot 10^3 = 2334,5 \cdot 10^3 \text{ кг} = 2334,5 \text{ т.}$$

Вертикальна складова технологічного навантаження дорівнює

$$P_{\text{тех}} = P_{\text{max}} \cdot 20\% + G_{\text{сл}} = 2000 \cdot 10^3 \cdot 0,2 + 32 \cdot 10^3 = 432 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

де P_{max} – максимальне зусилля різання ножиць.

$G_{\text{сл}}$ – вага сляба.



Фундамент складається із двох частин: безпосередньо фундаменту й подошви. Розміри самого фундаменту приймаються з урахуванням довжини й ширини встановлюваного устаткування.

Визначаємо геометричні параметри фундаменту (схема фундаменту представлена на рисунку 3.3):

$$\begin{aligned} a' &= a + 2 \cdot \delta = 6,45 + 2 \cdot 3,0 = 12,45\text{м}; \\ b' &= b + 2 \cdot \delta = 3,255 + 2 \cdot 3,0 = 9,255\text{м}; \\ a'' &= a' + 2 \cdot \delta' = 12,45 + 2 \cdot 2,0 = 16,45\text{м}; \\ b'' &= b' + 2 \cdot \delta' = 9,255 + 2 \cdot 2,0 = 13,255\text{м}; \end{aligned}$$

Припустимий тиск на ґрунт для Запорізької області приймають $[\rho] = 2\text{кг/см}^2$.

Розраховуємо момент опору фундаменту:

$$W = \frac{(a'')^2 \cdot b''}{6} = \frac{16,45^2 \cdot 13,255}{6} = 598\text{м}^3 \quad (3.4)$$

Визначаємо діючий тиск на ґрунт

$$\rho = \frac{338164 + 2334500 + 432000}{1645 \cdot 1325,5} + \frac{25 \cdot 10^5}{865 \cdot 10^6} = 1,42\text{кг/см}^2,$$

$$1,42\text{ кг/см}^2 < 2\text{ кг/см}^2$$

Умова виконується.

Визначимо загальну висоту фундаменту і його складових частин

$$h_{\text{зар}} = \frac{V_{\text{ф}}}{a'' \cdot b''} = \frac{1015}{16,45 \cdot 13,255} = 4,7\text{м} \quad (3.5)$$

Висота підшви фундаменту:

$$h_{\text{п}} = \frac{1}{5} \cdot h_{\text{зар}} = \frac{1}{5} \cdot 4,7 = 0,94\text{м} \quad (3.6)$$

Висота власне фундаменту:

$$h_{\phi} = h_{\text{зар}} - h_{\text{п}} = 4,7 - 0,94 = 3,76 \text{ м}; \quad (3.7)$$

Обсяг підошви фундаменту:

$$V_{\text{п}} = h_{\text{п}} \cdot a'' \cdot b'' = 0,94 \cdot 16,45 \cdot 13,255 = 205 \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

Для підошви фундаменту приймаємо бетон Б50

Обсяг власне фундаменту:

$$V_{\phi} = h_{\phi} \cdot a' \cdot b' = 3,76 \cdot 12,45 \cdot 9,255 = 433 \text{ м}^3, \quad (3.9)$$

Для фундаменту приймаємо бетон Б200 .

Загальний обсяг фундаменту:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{п}} + V_{\phi} = 205 + 433 = 638 \text{ м}^3 .$$

Вага фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\Sigma} \cdot \rho = 638 \cdot 2,3 = 1467 \text{ т};$$

Фактична вага фундаменту виявилася менше попередньо розрахованої, тому остаточно приймаємо фундамент з наступними розмірами, м:

- підошва 13,3 x 16,5 x 0,94;
- фундамент 9,3 x 12,5 x 2,76

3.5 Розрахунок циркуляційної системи змащення

Для надійної роботи вузлів тертя застосовують три види змащення:

- рідке (мінеральні масла);
- густе (консистентні мазі);
- 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 проектуванні 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.

3.5.1 Розрахунок продуктивності станції

З метою зменшення витрати змащувальних матеріалів виконаємо розрахунок необхідної продуктивності маслостанції.

Витрату мастила для закритих зубчастих зачеплень (редукторів), працюючих при нормальних температурах, визначають виходячи з умови, що все, що виділяється в зачепленнях і підшипниках тепло видаляється циркулюючим маслом. Тепло виникає при терті в зачепленні й у підшипниках, а також при перемішуванні масла в картері редуктора.

Роздільне визначення потужності, затрачуваної на тертя в зачепленнях, підшипниках і на струминне поливання зубів, можна зробити по формулах.

Для пари циліндричних коліс втрати потужності на тертя в зачепленні:

$$N_{\text{тр.з.}} = N \frac{\pi \varepsilon_s f}{\rho \cos \beta} \left(\frac{1}{Z_{\text{ш}}} \pm \frac{1}{Z_{\text{к}}} \right), \text{ кВт} \quad (3.10)$$

де N – потужність передачі (швидкохідний щабель);

ε_s – коефіцієнт перекриття в торцевому перетині, у середньому прийнятий для шевронних коліс 1,3...1,4;

f – коефіцієнт тертя ковзання між зубами, прийнятий у межах 0,05... 0,15 залежно від якості обробки поверхні зубів і швидкості коліс;

ρ – коефіцієнт, що враховує форму й приробітку зубів коліс (для швидкохідних прироблених коліс він рівний 2...3, для тихохідних прироблених 5...6);

β – кут нахилу зубів до осі колеса по ділильному циліндру (для шевронних коліс $\beta = 30^\circ$);

$Z_{ш}$ – число зубів шестірні, $Z_{ш} = 27$;

Z_k – число зубів колеса, $Z_k = 146$.

Знак мінус для вираження в дужках ставиться для випадку внутрішнього зачеплення.

Визначаємо втрати потужності на тертя в зачепленні вал шестірня – колесо проміжне, з передатним відношенням $i=5,41$. В зв'язку з тим, що привод реверсивний, то в якості переданої зачепленням потужності приймаємо середню квадратичну потужність, яка дорівнює $N=1163$ кВт. Коефіцієнт перекриття в торцевому перетині приймаємо для шевронних коліс $\varepsilon_s=1.35$.

В зв'язку з тим, що передача швидкохідна коефіцієнт тертя ковзання між зубами приймаємо $f=0,09$.

Коефіцієнт, що враховує форму й приробіток зубів коліс, приймаємо $\rho=2,5$ – для швидкохідних і прироблених коліс.

Кут нахилу зубів до осі колеса по ділильному циліндру для шевронних коліс $\beta = 30^\circ$.

Підставляємо всі коефіцієнти у формулу й знаходимо втрати потужності на тертя в зачепленнях редуктора

– швидкохідний щабель

$$N_{\text{тр.з.швидк.}} = 1163 \frac{3,14 \cdot 1,35 \cdot 0,09}{2,5 \cdot \cos 30^\circ} \left(\frac{1}{27} \pm \frac{1}{146} \right) = 9 \text{кВт}$$

– тихохідний щабель

$$\begin{aligned} N_{\text{тр.з.тих.}} &= N \cdot \eta \frac{\pi \varepsilon_s f}{\rho \cos \beta} \left(\frac{1}{Z_{\text{ш}}} \pm \frac{1}{Z_{\text{к}}} \right) = \\ &= 1163 \cdot 0,83 \frac{3,14 \cdot 1,35 \cdot 0,12}{5,5 \cdot \cos 28^\circ} \left(\frac{1}{24} + \frac{1}{116} \right) = 5,33 \text{кВт} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Втрати потужності в зачепленнях редуктора становить суму втрат в двох зачепленнях:

$$N_{\text{тр.з.}\Sigma} = N_{\text{тр.з.швидк.}} + N_{\text{тр.з.тих.}} = 9 + 5,33 = 14,33 \text{кВт} \quad (3.12)$$

Для підшипників кочення й ковзання втрати потужності на тертя в підшипнику визначається по формулі:

$$N_{\text{тр.под.}} = P f_n v_{\text{ц}}, \text{кВт} \quad (3.13)$$

де P – навантаження на підшипник, кН;

f_n – коефіцієнт тертя в підшипниках;

$v_{\text{ц}}$ – окружна швидкість цапфи, м/с.

З розрахунку проміжного вала на міцність (дані проектн. організ.) відомо, що зусилля, що діє на один підшипник цього вала рівно $P=124$ кН.

Коефіцієнт тертя в підшипнику приймаємо $f=0,0006$ для підшипників роликових сферичних.

Окружну швидкість цапфи визначимо по формулі:

$$v_{\text{ц}} = w_{\text{ц}} \frac{d_{\text{ц}}}{2}, \quad (3.14)$$

де $w_{\text{ц}}$ – кутова швидкість цапфи (тобто кутова швидкість вала);

$d_{\text{ц}}$ – діаметр цапфи:

$$d_{\text{ц}} = \frac{d_{\text{в}} + d_{\text{з}}}{2} = \frac{0,47 + 0,76}{2} = 0,6\text{м}, \quad (3.15)$$

де $d_{\text{в}}$ – внутрішній діаметр роликотідшипника, м;

$d_{\text{з}}$ – зовнішній діаметр роликотідшипника, м;

Кутову швидкість вала знайдемо по формулі:

$$w_{\text{ц}} = \frac{w_{\text{дв}}}{i}, \quad (3.16)$$

де $w_{\text{дв}}$ – кутова швидкість обертання двигуна (максимальна).

Максимальне число обертів двигуна $n_{\text{max}} = 210 \text{хв}^{-1}$, знайдемо кутову швидкість вала

$$w_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 210}{30} = 22 \text{с}^{-1}, \quad (3.17)$$

Тоді кутова швидкість вала буде:

$$w_{\text{ц}} = \frac{22}{5,41} = 4,06 \text{с}^{-1}$$

Визначимо окружну швидкість цапфи:

$$v_{\text{ц}} = 4,06 \frac{0,6}{2} = 1,22 \text{ м/с};$$

Визначимо втрати потужності на тертя в підшипнику вала

$$N_{\text{тр.підл.}} = 124 \cdot 0,006 \cdot 1,22 = 0,9 \text{ кВт.}$$

Далі визначимо втрату потужності на тертя в підшипнику тихохідного вала.

Підшипник має такі розміри: внутрішній діаметр $d_{\text{в}}=800$ мм, зовнішній діаметр $d_{\text{з}}=1000$ мм, ширина $l=600$ мм.

Зусилля, що діє на підшипник, з епюри поперечних сил розрахунків вала на міцність $P = 488 \text{ кН}$.

Діаметр цапфи дорівнює середньому діаметру підшипника:

$$d_{\text{ц}} = \frac{d_{\text{в}} + d_{\text{з}}}{2} = \frac{0,8 + 1}{2} = 0,9 \text{ м}; \quad (3.18)$$

Визначимо окружну швидкість цапфи:

$$n_{\text{тих}} = 8 \text{ хв}^{-1};$$

$$w_{\text{ц}} = \frac{3,14 \cdot 8}{30} = 0,84 \text{ с}^{-1};$$

$$v_{\text{в}} = w_{\text{ц}} \frac{d_{\text{ц}}}{2} = 0,84 \frac{0,9}{2} = 0,38 \text{ м/с}, \quad (3.19)$$

Тоді втрати потужності на тертя в підшипнику для тихохідного вала:

$$N_{\text{тр.підш2.}} = 488 \cdot 0,003 \cdot 0,38 = 5,56 \text{кВт}$$

Втрати потужності в підшипниках швидкохідного вала становлять:

$$N_{\text{тр.підш3.}} = 0,63 \text{кВт}$$

Тоді загальні втрати потужності в редукторі становлять суму всіх втрат на тертя в кожному підшипнику.

$$\begin{aligned} N_{\text{тр.підш}\Sigma} &= 2N_{\text{тр.підш1}} + 2N_{\text{тр.підш2}} + 2N_{\text{тр.підш3}} = \\ &= 2 \cdot 0,9 + 2 \cdot 5,56 + 2 \cdot 0,65 = 14,22 \text{кВт} \end{aligned} \quad , \quad (3.20)$$

Потужність, що втрачається на збовтування масла в картері кліті й видавлювання його із зазорів при змащенні зануренням і поливанням:

$$N_r = k_r B v \sqrt{\frac{v \gamma}{Z_c}}, \text{кВт} \quad , \quad (3.21)$$

де k_r – коефіцієнт втрат при змащенні поливанням рівний 0,08;

B – ширина зубчастого зачеплення, м;

v – окружна швидкість коліс, м/с;

γ – кінематична в'язкість масла;

Z_c – сума чисел зубів шестірні й зубчастого колеса.

Кінематична в'язкість масла $\gamma=26\dots30$, при робочій температурі 50 °С.

Сума чисел зубів шестірні й колеса складе

$$Z_c = Z_{\text{ш}} + Z_{\text{к}} = 27 + 146 = 173 \quad , \quad (3.22)$$

Таким чином, втрати потужності складуть:

$$N_{B1} = 0,08 \cdot 0,4 \cdot 4,8 \sqrt{\frac{4,8 \cdot 28}{173}} = 0,14 \text{кВт.}$$

Втрати потужності в тиххідному щаблі становлять:

$$N_{B2} = 0,09 \text{кВт}$$

Визначимо суму всіх втрат потужності (тертя в зачепленнях, тертя в підшипниках, втрати на струминне змащення й перемішування масла).

$$\begin{aligned} N_{\text{тр}} &= N_{\text{тр.з}} + N_{\text{тр.підшп}} + N_{\text{в}} = \\ &= 14,33 + 14,22 + 0,23 = 28,78 \text{кВт}, \end{aligned} \quad (3.23)$$

Загальну витрату мастила на редуктор при циркуляційному змащенні визначаємо сумарною витратою потужності на охолодження зачеплень, охолодження підшипників і відшкодування втрат на струминне охолодження зубів і перемішування масла в картері механізму. Із цієї суми віднімаємо потужність, що губиться в навколишнє середовище за рахунок природнього охолодження корпусу механізму (за рахунок конвективного охолодження).

Розрахунки ведемо по формулі:

$$Q = \frac{\sum N_{\text{тр}} - N_{\text{теп}}}{c\rho\Delta t_M \eta_M}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.24)$$

де $\sum N_{\text{тр}}$ – сума всіх втрат потужності;

$N_{\text{теп}}$ – кількість теплової енергії, переданої корпусом навколишнє середовище;

c – питома теплоємність масла, рівна $1,7 \div 2,1$ кДж/кг·град (змінюється залежно від точності масла), приймаємо $c=2$ кДж/кг·град;

ρ – щільність масла, у середньому 900 кг/м³;

Δt_M – підвищення температура, що допускається, прийнята в межах $8-12$ град., приймаємо $\Delta t_M=12$ град.;

η_M – коефіцієнт використання масла, рівний $0,5 \div 0,8$ (менше значення приймають для швидкохідних передач і при подачі масла знизу нагору), приймаємо $\eta_M=0,75$.

Визначимо спочатку кількість теплової енергії, передану корпусом у навколишнє середовище:

$$N_{\text{теп}} = 0,001 S k_T (t_M - t_B), \text{кВт.} \quad (3.25)$$

де S – поверхня корпуса, омивана маслом зсередини й охолоджувана повітрям зовні, м²;

k_T – коефіцієнт теплопередачі від масла через корпус у навколишню середовище, рівний $9 \div 18$ Вт/ м²·град (більше значення при меншій в'язкості масла й гарної вентиляції);

t_M – робоча температура мастила, °С;

t_B – температура навколишнього повітря, °С.

Приймаємо площу корпуса, охолоджувану повітрям $S=21$ м²

Коефіцієнт теплопередачі приймаємо $k_T = 15$ Вт/ м²·град температура повітря $t_B=20$ °С.

Тоді:

$$N_{\text{теп}} = 0,001 \cdot 21 \cdot 15 (40 - 20) = 6,3 \text{кВт.}$$

Тоді загальна витрата мастила буде дорівнювати:

$$Q = \frac{28,78 - 6,3}{2 \cdot 900 \cdot 12 \cdot 0,75} = 0,0014 \text{ м}^3 / \text{с} \approx 84 \text{ л} / \text{хв},$$

Згідно виконаного розрахунку вибираємо станцію гідравлічну з електроприводом типу СГЕ–95,8, продуктивністю 95,8 л/хв.

3.5.2 Вибір сорту масла

В'язкість масла [26, с. 256], вживаного в зубчатих зачепленнях, визначають по формулі:

$$\text{ВУ}_{50} = \frac{m \cdot q}{20}, \quad (3.26)$$

де ВУ_{50} – умовна в'язкість масла при 50°C ;

m – коефіцієнт, залежний від окружної швидкості зубчатих коліс ($m = 1,6$ при $V < 8 \text{ м} / \text{с}$ $m = 1,2$ при $V = 8 \dots 10 \text{ м} / \text{с}$)

q – тиск на одиницю довжини зуба, Н/м.

Тиск на одиницю довжини зуба [27, с. 242]:

$$q = \frac{102N}{\omega B}, \quad (3.27)$$

де N – потужність приводу. В зв'язку з тим, що привод реверсивний, то в якості переданої зачепленням потужності приймаємо середню квадратичну потужність, яка дорівнює $N=1163 \text{ кВт}$ [4];

ω – окружна швидкість, м/с;

$B = 440 \text{ мм} = 44 \text{ см}$ – довжина зуба – ширина зубчатого колеса.

Окружна швидкість:

$$V = \frac{\pi n}{30}, \quad (3.28)$$

де $n = 210 \text{ хв}^{-1}$ – число обертів двигуна [4];

Підставивши відомі і отримані значення в 3.26–3.28, отримаємо:

$$V = \frac{3,14 \cdot 210}{30} = 22 \text{ м/с}$$

$$q = \frac{102 \cdot 1163}{22 \cdot 44} = 122 \text{ кН/м}$$

$$VУ_{50} = \frac{1,2 \cdot 122}{20} = 7,32^\circ VУ$$

Вибираємо масло індустріальне ИС-50 ГОСТ 8675-59 з характеристиками:

- $VУ_{50} - 5,76-7,86$
- температура застигання – 20°C ;
- температура спалаху 210°C ;
- щільність – 930 кг/м^3 ;
- кислотне число, мг КОН на 1 л, не більше – 0,05;
- коксуємість, не більше – 0,15;
- механічні домішки – відсутні;
- вода – відсутня;
- зола, не більше – 0,005 %

3.5.3 Розрахунок потужності електродвигуна насосної установки

Потужність двигуна, що забезпечує роботу насосної установки, яка створює необхідний максимальний тиск у системі, визначається по формулі:

$$N = \frac{PQ}{\eta_M}, \quad (3.29)$$

де P – необхідний максимальний тиск, створюваний насосом. За заводським даними приймаємо 4 атм;

Q – продуктивність насоса. По довіднику $Q = 95,8$ л/хв;

η_M – загальний КПД насоса, для шестеренних насосів приймаємо рівним 0,8.

Тоді потужність двигуна складе:

$$N = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 95,8 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 0,8} = 798 \text{ Вт.}$$

У системі рідкого змащення застосовуються закриті двигуни, що обдуваються, змінного трифазного струму з короткозамкненим ротором.

По довідникові, з огляду на розраховані дані, вибираємо двигун змінного струму типу 4А80А4У3 з параметрами: $N = 1,1$ кВт; $n = 1420$ об/хв.

Аналогічний двигун вибираємо й для резервної маслонасосної установки.

3.5.4 Розрахунок перетину трубопроводів системи

Діаметр усмоктувального трубопроводу при роботі насоса з підпором практично приймається рівним діаметру усмоктувального патрубка насоса. Діаметр колектора, що з'єднує усмоктувальні патрубки насоса, приймається більше діаметра усмоктувального патрубка насоса на 2÷3 діаметра труби, застосовуваної в системах рідкого змащення.

Площа прохідного перетину або зливального трубопроводів визначається по формулі:

$$F = \frac{Q}{6v}, \text{ см}^2, \quad (3.30)$$

де Q – продуктивність системи л/хв;

v – швидкість плинину масла, що залежить від в'язкості масла й призначення трубопроводу, м/с:

- для усмоктувального $v = 0,5$ м/с;

- для нагнітального $v = 1$ м/с;
- для зливального $v = 0,25$ м/с .

Таким чином, площа прохідного перетину складе:

- для нагнітального трубопроводу:

$$F_{\text{н}} = \frac{84}{6 \cdot 1} = 14 \text{ см}^2;$$

- для усмоктувального трубопроводу:

$$F_{\text{в}} = \frac{84}{6 \cdot 0,5} = 28 \text{ см}^2;$$

- для зливального трубопроводу:

$$F_{\text{с}} = \frac{84}{6 \cdot 0,25} = 56 \text{ см}^2;$$

- для пропускного трубопроводу:

$$F_{\text{п}} = \frac{275 - 84}{6 \cdot 0,5} = 64 \text{ см}^2;$$

Діаметр трубопроводу визначається по формулі:

$$d = \sqrt{\frac{Q}{4,71v}} = 1,128\sqrt{F} \quad , \quad (3.31)$$

тоді:

- для нагнітального трубопроводу:

$$d_{\text{н}} = 1,128\sqrt{F_{\text{н}}} = 1,128\sqrt{14} = 4,2 \text{ см};$$

- для усмоктувального трубопроводу:

$$d_r = 1,128\sqrt{F_r} = 1,128\sqrt{28} = 5,97\text{см};$$

– для зливального трубопроводу:

$$d_c = 1,128\sqrt{F_c} = 1,128\sqrt{56} = 8,4\text{см};$$

– для пропускного трубопроводу:

$$d_{II} = 1,128\sqrt{F_{II}} = 1,128\sqrt{64} = 9\text{см};$$

Як правило, у централізованій циркуляційній системі рідкого змащення ухил зливальної магістралі трубопроводів приймається рівним $1\div 40$ град убік зливу.

3.5.5 Розрахунок фільтра

Фільтр для гідросистеми вибирається залежно від площі фільтрації числа фільтруючих патронів або внутрішнього діаметру обода фільтруючих пластин.

Фільтруюча поверхня залежно від кількості та в'язкості масла, що протікає, і припустимого перепаду тиску визначається по формулі:

$$F = \frac{Q\gamma^{0,54}}{9,5\Delta\rho^{0,85}\delta^{0,6}}, \text{см}^2, \quad (3.32)$$

де Q – витрата мастила, , $Q=84\ 000\ \text{см}^3/\text{хв}=1400\ \text{см}^3/\text{хв}$;

γ – кінематична в'язкість $\gamma=4,3\ \text{см}^2/\text{с}$;

ΔP – перепад тиску, знаходиться в межах $\Delta P=0,5\div 1,5$ атм, приймаємо $\Delta P=1\ \text{кг}/\text{см}^2$;

δ – фільтруючий зазор між пластинами, приймаємо $\delta = 0,18$.

$$F = \frac{1400 \cdot 4,3^{0,54}}{9,5 \cdot 1^{0,85} \cdot 0,18^{0,6}} = 906,4 \text{ см}^2.$$

Визначивши фільтруючу поверхню фільтра, конструктивно приймаємо внутрішній діаметр обода пластин фільтруючого патрона $D_{\text{вн}} = 14$ см після чого визначаємо кількість прокладок між пластинами, що забезпечують отриману по формулі фільтруючу поверхню фільтра:

$$n = \frac{4F}{\pi D_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 906,4}{3,14 \cdot 14^2} = 5,89, \quad (3.33)$$

Приймаємо $n = 6$ шт.

По довіднику вибираємо дисковий самоочисний фільтр типу ФПЖ–80 з параметрами:

- максимальна пропускна здатність 205 л/хв;
- максимальний робочий тиск 5 атм;
- перепад тиску $\Delta P = 0,5 \div 1,5$ атм;
- кількість патронів $n_{\text{пат}} = 1$ шт;
- зазор між пластинами $\delta = 0,18$ мм;
- привод потужністю $N = 0,27$ кВт;
- швидкість обертання патрона 7,9 об/хв;
- маса фільтра $m = 90$ кг.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо карту умов праці слюсаря ремонтника, (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці для чергового й ремонтного слюсаря

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 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
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						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			83,1
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, °C	16–27	40,5			13,5	83,1
– швидкість руху повітря, м/сек	0, 2–0,5	0,27				83,1
– відносна вологість повітря, %	55	46				83,1
–інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	1200		1060		27,9
Категорія важкості і напруженості праці: середня, Пб	28,1	30	30			
Кількість факторів			6	2	2	

1. Гігієнічна оцінка умов праці:

Умови й характер праці відносяться до III класу 3 ступені.

2. Атестація робочого місця:

Робочі місця мають у наявності: 2 фактора 3 ступені, 6 факторів 1 ступеня, 2 фактори 2 ступеня.

3. Пільги та компенсації:

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

4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

У таблиці 4.2 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходи щодо їхнього усунення, які мають місце на ділянці стана.

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм з х/б тканини ДСТ 12.4.086 – 80, черевики ДСТ 12.4.109 – 82 типу "Праця –М". У зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани.

Таблиця 4.2 – Технічні міри 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	Тополь 02	–	Індивідуально
3	Шум	Навушники противошумові	шумозахисні навушники	Придатний до 110 дБА	Індивідуально
4	Температура	Утеплена куртка, ватяні штани,	Тн 20	До t=-20°C	Індивідуально
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запилованості + костюм х/б, рукавиці	Ят	–	Індивідуально

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

7.3.1 Мікроклімат

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 повітряводів із пристроями для очищення повітря, що видаляється.

У прокатному виробництві має місце випар технологічного змащення. Для видалення цих пар за кліттю встановлюють витяжні зонти.

Також у прольоті ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і віддається через щілини вікон, дверей, воріт, ліхтарів.

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у яких як теплоносії використовують пару. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодопостачання. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої важкості

Період року	Параметри мікроклімату		
	$t, ^\circ\text{C}$	$W_{\text{пов}}, \text{ м/с}$	$\varphi, \%$
Холодний	17 – 19	0,3	60 – 40
Теплий	20 – 22	0,4	60 – 40

4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

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

На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того або іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення. Застосовуються дугові ртутні лампи (ДРИ) потужністю 800 Вт, та світильник – глибоковипромінювач.

Штучне освітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями стомлює очі, сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків.

Розряд зорової роботи: IV, середня точність, $E_H=200$ лк.

Природне освітлення нормується. Основним показником нормування служить коефіцієнт природної освітленості (КПО).

Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КПО для нього буде обчислюватися по формулі:

$$\text{КПО}_{\text{ln}}^4 = \text{КПО}_{\text{ln}}^3 \cdot m \cdot e = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,38\%, \quad (4.1)$$

де КПО_{ln}^3 – значення КПО для 3 поясу світлового клімату;

m – коефіцієнт світлового клімату;

e – коефіцієнт сонячності клімату.

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

4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація

Джерелами шуму на ділянці слябінга є: приводи ножиць, рольгангів, робочої кліті, кантувача; також шум виникає при ударах зливка об рольганг, робочі валки, упор ножиць.

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.), установлюють на самостійних фундаментах, віброізолльованих 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 дБА ДСН 3.3.6.037–99.

4.3.4 Виробничі випромінювання

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

Ефективним засобом зниження шкідливого впливу теплових виділень є максимальне скорочення часу знаходження нагрітого металу й шлаків у виробничих приміщеннях.

При випромінюванні від відкритих джерел його інтенсивність не повинна перевищувати 140 Вт/м^2 при поразці не більше 25% поверхні тіла й обов'язковому використанні засобів індивідуального захисту, у тому числі засобів захисту особи й очей. Фактичне значення складає 1200 Вт/м^2

4.4 Техногенна безпека

4.4.1 Електробезпека

Електроустаткування й заходи щодо його безпечної експлуатації.

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. Покрыття 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 устаткуванні 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 Засоби пожежної безпеки

Ділянка має категорію пожежонебезпеці Г (не горючі речовини розпечені або розплавлені, і горючі речовини спалюються або утилізуються як паливо). Будівля металургійної ділянки відноситься до 1 ступеня вогнебезпечності й до IV класу по ступені вогнестійкості (будівлі з несучими й конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

До первинних засобів пожежогасіння в цеху відносять: вогнегасники вуглекислотні ПС –1 (10 шт), вогнегасники порошкові ПС–2 (14 шт.), ПО–1Д (18 шт), пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.).

Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами.

На території комбінату забороняється:

- курити в неналежних місцях, а курити необхідно в спеціально відведених місцях;
- закривати й захаращувати фрамуги, проїзди, підїзди й підходи до будівель, водопроводам і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб, котрі не пройшли інструктаж пожежного тех мінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не по прямому призначенню;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді устаткування.

4.4.3 Ймовірність аварій та заходи щодо їх ліквідації

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

Аварії залежно від їхніх масштабів можуть бути трьох рівнів – А, Б, В.

На рівні А – аварія характеризується розвитком аварії в межах одного виробництва, цеху, відділення, виробничої дільниці, яке є структурним підрозділом підприємства.

На рівні Б – аварія характеризується переходом за межі структурного підрозділу і розвитком її в межах підприємства.

На рівні В – аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю впливу чинників аварії на населення розташованих поблизу населених районів та інші підприємства (об'єкти), а також на довкілля.

Причинами виникаючих аварійних ситуацій є:

- неправильне настроювання стану;
- недотримання технології прокатки, транспортування й змотування штаби;
- незадовільне обслуговування електричного й механічного встаткування;
- порушення правил експлуатації устаткування;
- некваліфіковані дії обслуговуючого персоналу.

Можливі надзвичайні ситуації на реверсивному стані при холодній прокатці сталі наведено в таблиці 7.5.

Таблиця 4.4 – Оцінка можливих аварійних ситуацій

Відхилення параметрів, виникнення аварійної ситуації	Можливий збиток							Заходи захисту
	Травма людини	Летальна поразка людини	Постійний шкідливий вплив	Відмова устаткування	Зрив завдання робіт	Руйнування будівлі і устаткування	Збиток навколишньому середовищу	
Вихід з ладу головного привода кліті	немає	немає	немає	так	так	немає	немає	Контроль стану й роботи устаткування
Поломка валків	немає	немає	немає	так	так	немає	немає	Дотримання технології прокатки, контроль якості валків
Коротке замикання	так	так	немає	так	так	немає	немає	Застосування захисного заземлення
Вибух у маслопідвалі	так	так	немає	так	так	так	так	Заходи щодо попередження аварій
Пожежа	так	так	немає	так	так	так	так	Дотримання ТБ, забезпечення засобами пожежогасіння, підтримка чистоти приміщень
Відключення електроенергії	так	немає	немає	так	так	так	немає	Аварійне включення додаткової електропідстанції

Найбільш можливими відмовами є поломки електричного й механічного устаткування. Виникнення аварійних ситуацій можливо по незалежних від обслуговуючого персоналу стану й цеху зовнішнім причинам, таким, як відключення електроенергії, порушення водопостачання цеху й т.п.

Наслідками аварійних ситуацій є:

- зрив виробничого завдання;
- збільшення браку й відсортованої продукції;
- підвищення травмобезпеки;
- збільшення ймовірності виходу з ладу іншого устаткування.

Основними заходами, спрямованими на зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій, є:

- дотримання технології виробництва;
- своєчасний профілактичний огляд і ремонт устаткування;
- підвищення кваліфікації персоналу;
- дотримання правил техніки безпеки.

Також рекомендується проводити навчальні заходи щодо локалізації аварійних ситуацій.

Імовірність аварії розраховується за формулою:

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

де Q_i – імовірність 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 імовірність аварії на ділянці стану 1150 ножиць зусиллм різання 20 МН за півтора року. Відомо що $\lambda_i = 9 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$ $\tau = 1,5$ року

$$Q_i = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 = 1,35 \cdot 10^{-4}$$

Тоді підставивши отримані значення в формулу (7.11) отримаємо

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - 1,35 \cdot 10^{-4}) = 1 - 0,999 = 0,001 = 0,1\%$$

Імовірність не висока, застосування захисних засобів не потрібне.

4.5 Розрахунок теплоізоляції kabіни спостереження й дистанційного керування

Розрахуємо щільність випромінювання з поверхні зливка, нагрітого до температури 1200 °С.

Розміри зливка: 3150 × 1600 × 780 мм.

Щільність випромінювання визначаємо за формулою:

$$q = \frac{0,91\sqrt{S}[(T/100)^4 - A]}{r}, \quad (4.4)$$

де S – площа поверхні випромінювання зливка:

$$S = 3,15 \cdot 1,6 = 5,04 \text{ м}^2 \quad (4.5)$$

T – температура зливка:

$$T = 1200 + 273 = 1473 \text{ К} \quad (4.6)$$

A=110 для спецодягу із сукна;

r – відстань до джерела випромінювання, r = 1,42 м.

Підставивши числові значення в (7.1), одержимо

$$q = \frac{0,91\sqrt{5,04}[(1473/100)^4 - 110]}{1,42} = 67585 \text{ Вт/м}^2$$

В зв'язку з тим, що відстань r від джерела випромінювання до оператора кабіни спостереження мала, то доцільно для захисту від теплового випромінювання зробити теплоізоляцію днища кабіни й поставити захисний екран.

Кількість екранів визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1 - \left(\frac{T_B}{T_I}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{T_B}{T_I}\right)^4} \cdot \frac{E_{иЭ} - 1}{E_{иВ}} \quad (4.7)$$

де $T_B = 298$ К – температура навколишнього середовища;

$T_I = 1473$ К – температура джерела випромінювання;

μ – ступінь екранізації;

$E_{иэ}, E_{иВ}$ – наведена ступінь чорноти відповідно джерела й екрана й джерела й навколишнього середовища.

Визначаємо ступінь екранізації:

$$\mu = \frac{T_I}{T_e} \quad (4.8)$$

де T_e – задана температура екрана, К. Приймаємо $T_e = 553$ К.

Т. ч.

$$\mu = \frac{1373}{553} = 2,48$$

Наведений ступінь чорноти джерела й екрана:

$$E_{иэ} = \frac{1}{\frac{1}{E_I} + \frac{1}{E_e} - 1} \quad (4.9)$$

Наведений ступінь чорноти джерела й навколишнього середовища:

$$E_{\text{не}} = \frac{1}{\frac{1}{E_{\text{и}}} + \frac{1}{E_{\text{в}}} - 1} \quad (4.10)$$

де $E_{\text{и}}, E_{\text{е}}, E_{\text{в}}$ – ступінь чорноти матеріалів джерела, екрана й навколишнього середовища.

Ступінь чорноти джерела $E_{\text{и}}=0,8$.

Вибираємо екран із блискучого лудженого листового заліза, ступінь чорноти якого $E_{\text{е}}=0,05$. Тоді наведені ступені чорноти будуть:

а) між нагрітим зливком і екраном з (4.9)

$$E_{\text{иэ}} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,05} - 1} = 0,0494$$

б) між нагрітим зливком і повітрям, для якого можна прийняти $E_{\text{в}} = 0,82$, з (4.10)

$$E_{\text{иэ}} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,82} - 1} = 0,68$$

Визначаємо кількість екранів з рівняння (4.7):

$$n = \frac{1 - \left(\frac{298}{1473}\right)^4}{\frac{1}{2,48^4} - \left(\frac{298}{1473}\right)^4} \cdot \frac{0,0494}{0,68} - 1 = 1,9$$

Приймаємо подвійний екран із блискучого лудженого листового заліза. Отже, ми зменшили температуру з 1100 до 280 °С. Тепер необхідно зробити розрахунок теплоізоляції днища kabіни.

Вихідні дані для розрахунку:

$t_{\text{н}}=25$ °С – температура підлоги kabіни спостереження;

$t_{\text{н}}=20$ °С – температура навколишнього повітря;

$t_{\text{р}}=280$ °С – температура робочого простору;

Необхідно знайти товщину шару ізоляції $\delta_{и}$, що забезпечує задану $t_{п}$.

Питомий тепловий потік через днище кабіни, Вт/м²:

$$Q = \alpha_1(t_p - t_{п}) = \frac{\lambda_{и}}{\delta_{и}}(t_c - t_p) = \alpha_2(t_{п} - t_o) \quad (4.11)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від гарячих газів днищу кабіни, Вт/м²К;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від підлоги кабіни навколишньому повітрю, Вт/м²К;

$t_{п}$ – температура днища кабіни, $t_{п}=25^{\circ}\text{C}$;

t_c – температура між днищем кабіни й шаром теплоізоляції, $^{\circ}\text{C}$;

$\lambda_{и}$ – коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/м²К.

Коефіцієнти тепловіддачі, Вт/м²К:

$$\alpha_1 = \frac{E_c \cdot C_o [(T_{п}/100)^4 - (T_p/100)^4]}{T_p - T_b}, \quad (4.12)$$

де E_c – наведена ступінь чорноти системи днище кабіни – газ;

C_o – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, $C_o=5,67$ Вт/м²К⁴.

$$\alpha_2 = 9,5 + 0,0982(t_{п} - t_{н}) - 4,74 \cdot 10^{-4}(t_{п} - t_{н})^2 + 1,74 \cdot 10^{-6}(t_{п} - t_{н})^3 \quad (4.12)$$

Підставивши чисельні значення в (4.12), одержимо:

$$\alpha_2 = 9,5 + 0,0982(25 - 20) - 4,74 \cdot 10^{-4}(25 - 20)^2 + 1,74 \cdot 10^{-6}(25 - 20)^3 = 9,98$$

Знайшовши коефіцієнт α_2 , можна розрахувати питомий тепловий потік по рівнянню (4.11):

$$Q = 9,98(25 - 20) = 49,9 \text{ Вт / м}^2$$

Із системи рівнянь (4.11) і (4.12) знаходимо температуру днища кабіни:

$$T_B = \sqrt[4]{\left(\frac{E_c \cdot C_o \cdot T_{II}^4}{100^4} - Q\right) \cdot \frac{100^4}{E_c \cdot C_o}} \quad (7.13)$$

$$T_B = \sqrt[4]{\left(\frac{0,716 \cdot 5,67 \cdot 553^4}{100^4} - 49,9\right) \cdot \frac{100^4}{0,716 \cdot 5,67}} = 553\text{K}$$

Отже

$$t_B = 553 - 273 = 280 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Орієнтовно приймаємо температура між днищем кабіни й шаром теплоізоляції, $^\circ\text{C}$:

$$t_c = 0,75(t_B + t_{II}) = 0,75(280 + 25) = 228,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура шару ізоляційного матеріалу, $^\circ\text{C}$:

$$t_{из} = 0,5(t_B + t_c) \quad (4.14)$$

$$t_{из} = 0,5(280 + 228,75) = 254,38$$

Як ізоляційний матеріал вибираємо мінеральну вату, її теплопровідність знаходимо по формулі, Вт/м К:

$$\lambda_{И} = 0,0053 + 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot t_{из} \quad (4.15)$$

Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати при $t_{из} = 254,38 \text{ } ^\circ\text{C}$ із (4.11):

$$\lambda_{И} = 0,0053 + 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 254,38 = 0,051$$

Товщину шару ізоляції $\delta_{И}$ знаходимо з формули (4.11):

$$\delta_{И} = \frac{\lambda_{И}}{Q}(t_c - t_{II}) \quad (4.16)$$

Підставивши в (4.12) числові значення, одержимо:

$$\delta_{И} = \frac{0,051}{49,9}(228,75 - 25) = 0,2 \text{ м} = 20\text{см}$$

Отже, днище кабіни спостереження потрібно ізолювати 20 сантиметровим шаром мінеральної вати. Підлога кабіни – дерев'яна з лінолеумом.

Висновки

1. Ознайомлення з технологією і обладнанням обтискного цеху металургійного комбінату «Запоріжсталь» показало, що одним з основних «вузьких місць» цеху – незадовільна робота ножиць зусиллям різання 20 МН, яка виявляється в частих ремонтах.
2. На підставі приведеного огляду і аналізу технічної і патентної літератури встановлено, що для обрізки передніх і задніх дефектних кінців розкатів і різання їх на мірні сляби в світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить ножицям, які мають ті ж самі недоліки, що і ножиці металургійного комбінату «Запоріжсталь».
3. Відомо, що основними недоліками відомих конструкцій є недосконала конструкція шатунів, з ексцентриковим валом, а саме недосконала конструкція підшипників ковзання, котра призводить до частих поломок агрегату в цілому.
4. В результаті модернізації ножиць досягнуті наступних цілі – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
5. Проведені розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
6. Для забезпечення необхідних показників роботи машини слід враховувати вимоги щодо її монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для задовільної роботи обладнання цеху в цілому необхідно застосувати заходи, які наведено в розділі 5.
7. Згідно розрахованій необхідній потужності вимогам до електроприводу в даному технологічному процесі підбрано 2 двигуни постійного струму типу П2–800–175–8В3, потужністю 1250 кВт кожен.
8. 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. 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
3. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
4. Васильченко Т.О, Шевченко І.А, Гречаний О.М. Опір матеріалів : навчально-методичний посібник Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 263 с.
5. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
6. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв . Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. навч. посібник – Київ : Вища школа, 1995. – 455 с.
7. Самохвал В.М. Конспект лекцій з дисципліни" Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136 – Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія». Кам'янське, ДДТУ, 2017. - 91 с
8. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
9. Жук А. Я., Малишев Г. П. Основи технічного діагностування: навч-метод. посіб.– Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 114 с.
- 10.Кравченко В. М., Іщенко А. О., Сидоров В. А., Буцукін В. В. Експлуатація та обслуговування машин. Донецьк: Донбас, 2014. 543 с.
- 11.Numerical simulation of the fine blanking process of sheet titanium / J. Adamus, P. Lacki, W. Wieckowsky // Archives of Metallurgy and Materials, 2011. – Volume 56, Issue 2. – P. 431-437. 334. Investigation of metal flow

- direction during double – core rod rolling in slitting oval pass / A. Stefanik, S. Mróz, H. Dyja // Proceedings of the 12th International Scientific Conference “Achievements in Mechanical and Materials Engineering” AMME’2003, Gliwice- Zakopane, 2003. – P. 839-842
12. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин: Підручник.– 3-є вид., перероб. і доп. – К.:НМК ВО, 1992. – 368с.
 13. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : підручник. 4-е вид., перероб. і доп. Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. 379 с.
 14. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
 15. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
 16. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
 17. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
 18. 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.
 19. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
 20. 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>.

- 21.Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка–центр, 2003. – 280 с.
- 22.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>.
- 23.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.
- 24.Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.

ДОДАТКИ