

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 приводу поворотного столу безперервного травильного агрегату в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1330

Щербіна І. Р.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Шейко С. П.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т. О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Щербіни Івана Романовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення приводу поворотного столу безперервного травильного агрегату в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»
керівник кваліфікаційної роботи доцент, канд. техн. наук, Шейко С.П.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року № 2215-с
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 червня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного 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. Стіл поворотний – 1А1; 2. Привод поворотного столу – 1А1; 3. Редуктор черв'ячний ГП-240 – 1А1; 4. Гідроциліндр переміщення кареток розмотувача – 1А1; 5. Фундамент під поворотний стіл – 1А1; 6. Вентиляція травильного відділення – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів кваліфікаційної 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 | Згідно з графіком | |

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Щербіна І. Р. Удосконалення приводу поворотного столу безперервного травильного агрегату в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

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

Виконано аналіз конструктивного виконання поворотного столу для рулону штаби перед травлінням. Запропоновано варіант модернізації приводу обертання поворотного столу. Виконані необхідні розрахунки для впровадження запропонованої модернізації. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології прихолодній прокатці листового металу.

Ключові слова: рулон, стіл, редуктор, муфта, черв'як, вінець, фундамент

ABSTRACT

Shcherbina I. R. Improvement of the Drive of the Rotary Table of the Continuous Pickling Unit 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, adviser S. P. Sheyko. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

An analysis of the design of the rotary table for the roll of staffs before etching was performed. A variant of the modernization of the rotary table rotation drive is offered. The necessary calculations for the implementation of the proposed modernization have been carried out. Attention is paid to issues of man-made safety and ecology of cold rolling of sheet metal.

Keywords: roll, table, reducer, coupling, worm, crown, foundation

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА | 8 |
| 1.1 Коротка характеристика механічного обладнання цеху холодної прокатки | 8 |
| 1.2 Технологія виробництва холоднокатаних листів | 12 |
| 1.3 «Вузькі місця» ЦХП-1 і заходи щодо їх усунення | 18 |
| 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА | 21 |
| 2.1 Місце поворотного столу в технологічному процесі травлення штаби | 21 |
| 2.2 Огляд та аналіз конструкції поворотного столу безперервного травильного агрегату | 23 |
| 2.3 Опис та обґрунтування проекту модернізації приводу поворотного столу | 24 |
| 2.3 Розрахунки параметрів основних виконавчих механізмів безперервного травильного агрегату | 26 |
| 2.3.1 Розрахунок гідроприводу механізму переміщення кареток розмотувача | 26 |
| 2.3.2 Розрахунок деталей гідроциліндра та перевірка їх на міцність | 31 |
| 2.3.3 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна поворотного столу | 34 |
| 2.3.4 Розрахунок основних кінематичних і силових параметрів приводу поворотного столу | 40 |
| 2.3.5 Геометричний розрахунок черв'ячної передачі редуктора приводу поворотного столу | 42 |
| 2.3.6 Розрахунок підшипників валу черв'яка | 53 |
| 2.3.7 Розрахунок підшипників валу черв'ячного колеса | 54 |
| 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА | 55 |
| 3.1 Розрахунок фундаменту та елементів | 55 |

| | |
|---|----|
| | 2 |
| 3.2 Розрахунок системи змащування редуктора поворотного столу | 60 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА | 65 |
| 4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища | 65 |
| 4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища | 66 |
| 4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії | 68 |
| 4.3.1 Мікроклімат | 68 |
| 4.3.2 Склад повітря | 68 |
| 4.3.3 Освітлення виробничих приміщень | 69 |
| 4.4 Виробничий шум | 70 |
| 4.5 Техногенна безпека | 72 |
| 4.5.1 Електробезпека | 72 |
| 4.5.2 Безпека при виконанні ремонтних робіт | 74 |
| 4.5.3 Заходи пожежної безпеки | 75 |
| 4.6 Аеродинамічний розрахунок вентиляції травильного відділення | 76 |
| Висновки | 88 |
| Список використаної літератури | 89 |
| ДОДАТКИ | 92 |

ВСТУП

Для безперервного зростання металургійного виробництва України необхідно щорічне введення в експлуатацію нових, удосконалених металургійних агрегатів, постійної реконструкції й модернізації встановленого устаткування з метою підвищення його продуктивності, рівня механізації й автоматизації на базі сучасних енергозберігаючих технологій.

Основним завданням для подальшого розвитку чорної металургії є зниження необхідних витрат праці на виробництво однієї тонни сталі, яка є одним з найбільш економічних видів конструкційних матеріалів. Основним видом продукції, яка випускається металургійними підприємствами України, є листовая сталь або прокат.

На металургійному підприємстві ПАТ «Запоріжсталь» розроблена ціла система обслуговування й ремонту металургійного устаткування, у тому числі прокатного. При цьому великі планові ремонтні роботи проводять разом з роботами з модернізації устаткування з метою підвищення технічного рівня агрегатів, які зносилися й морально застаріли, до сучасного рівня шляхом конструктивних поліпшень і змін. Низька якість ремонтних робіт може бути причиною частих ремонтів устаткування, що знижує потужність підприємства, погіршує використання виробничих площ, приводить до більших малоефективних витрат коштів і матеріалів.

Високоякісно та вчасно проведений ремонт гарантує, в остаточному підсумку, випуск високоякісної продукції металургійного виробництва в умовах ринку металів.

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 98 сторінок, на яких 11 рисунків, 11 таблиць, 6 додатків та бібліографічний список, що має 30 найменувань літературних джерел.

Об'єкт проектування – привод обертання поворотного столу.

Мета роботи – покращення конструктивних параметрів вузла приводу обертання поворотного столу травильного агрегату.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика механічного обладнання цеху холодної прокатки

Механічне обладнання цеху включас основне і допоміжне обладнання.
План цеху представлений на рисунку 1.1.

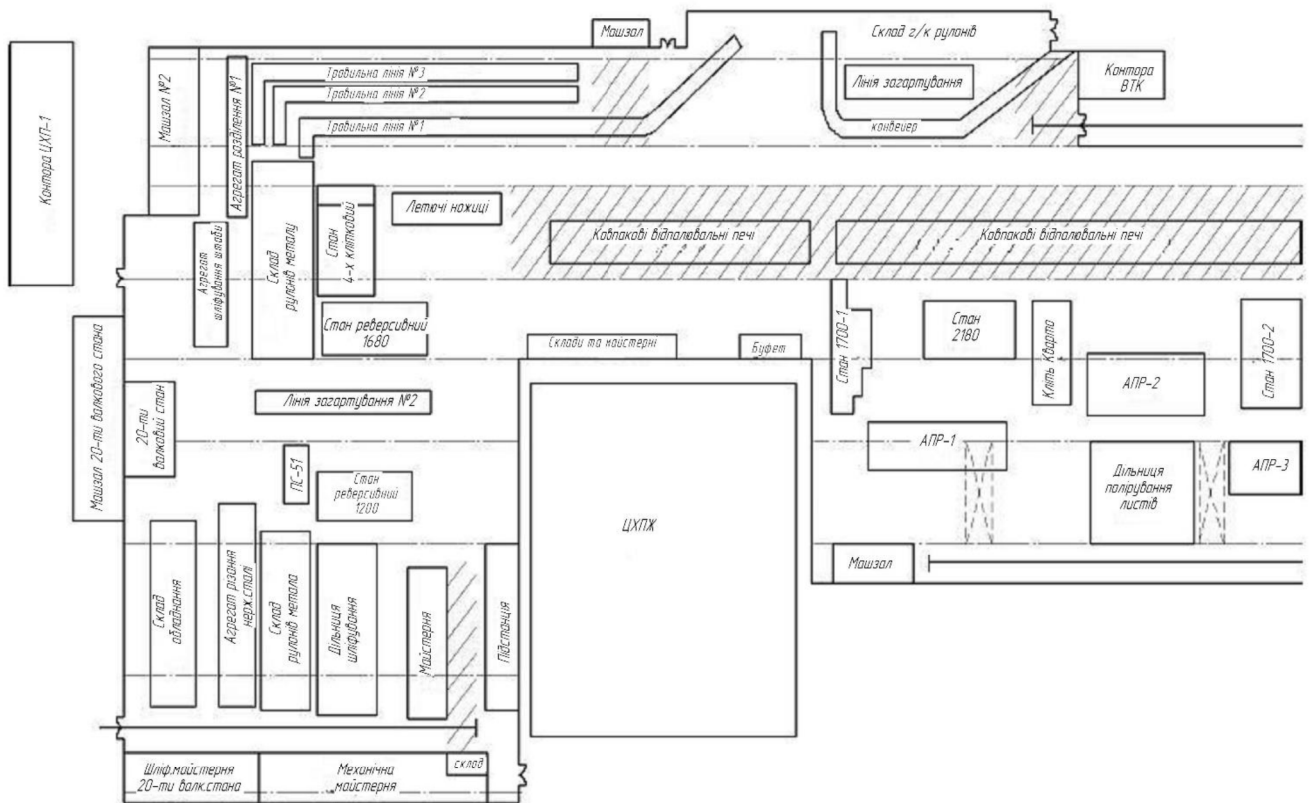


Рисунок 1.1 – План цеху холодної прокатки

До основного обладнання цеху холодної прокатки відносяться:

- прокатні стани (безперервний чотирьохклітковий стан «1680» реверсивні «1680», «1200» і двадцятівалковий стан);
- дресировальні стани «1700-1» і «1700-2»;
- методичні печі;

- травильні агрегати;
- агрегати поперечного різання.

Технічна характеристика обладнання цеху холодної прокатки і його виробничі показники приведені в таблиці 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика обладнання цеху холодної прокатки

| № п/п | Найменування обладнання | К-ть | Потужність двигуна, кВт, число обертів, хв ⁻¹ | Продуктивність, т/год |
|-------|--|------|--|-----------------------|
| 1 | Безперервний травильний агрегат №1 (БТА-1) | 1 | P=1250, n=400 | 198,6 |
| 2 | Безперервний травильний агрегат №2 (БТА-2) | 1 | P=1000, n=500 | 95,9 |
| 3 | НШПС «1680» | 1 | P=5000, n=910 | 15,3 |
| 4 | Реверсивний стан «1680» | 1 | P=1250, n=400 | 129,1 |
| 5 | Реверсивний стан «1200» | 1 | P=1250, n=400 | 125,0 |
| 6 | Дресирувальний стан «1700-1» | 1 | P=2×660 n=450-1200 | 82,8 |
| 7 | Дресирувальний стан «1700-2» | 1 | P=1250 n=400-820 | 57,7 |
| 8 | 20-ти валковий стан | 1 | P=4500 n=400-600 | 50,5 |
| 9 | Комбінований агрегат дресування, правки, різки КЛДПР | 1 | P=1000, n=500 | 37,7 |
| 10 | Агрегат поперечного різання АПР-1 | 1 | P=190, n=1150 | 37,5 |
| 11 | Агрегат поперечного різання АПР-2 | 1 | P=160 n=1500-1800 | 34,6 |
| 12 | Агрегат поперечного різання АПР-3 | 1 | P=200, n=1250 | 28,9 |

Таблиця 1.2 – Виробничі показники агрегатів

| Найменування агрегату | Розмір штаби | Вага рулону, т | Час такту, с | Питома вага даного профілю % | Годинна продуктивність, т/год | Річний обсяг виробництва, т/год |
|-----------------------|--------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| БТА-1 | 3,8×1400 | 15 | 372 | 20 | 165,1 | 989742,6 |
| | 3,5×1250 | 12,5 | 300 | 40 | 150 | |
| | 3,0×1000 | 10,5 | 315 | 40 | 120 | |
| БТА-2 | 3,0×1250 | 12,5 | 333 | 20 | 135,1 | 684821,9 |
| | 2,7×1000 | 10,5 | 338 | 30 | 111,8 | |
| | 2,0×1000 | 10,5 | 473 | 50 | 79,9 | |
| НШПС “1680” | 1,8×1400 | 15 | 263 | 20 | 204,9 | 934167,6 |
| | 1,2×1250 | 12,5 | 330 | 60 | 136,3 | |
| | 0,7×1000 | 10,5 | 447 | 20 | 84,5 | |
| Дресир. стан “1700-1” | 1,8×1400 | 15 | 405 | 20 | 133,3 | 605102,4 |
| | 1,2×1250 | 12,5 | 540 | 70 | 83,3 | |
| | 0,5×1000 | 10,5 | 816 | 10 | 46,3 | |
| Дресир. стан “1700-2” | 1,8×1400 | 15 | 405 | 20 | 133,3 | 422169,2 |
| | 1,2×1250 | 12,5 | 540 | 30 | 83,3 | |
| | 0,5×1000 | 10,5 | 816 | 60 | 46,3 | |
| АПР-1 | 1,8×1400 | 15 | 1080 | 40 | 50 | 258822 |
| | 1,2×1250 | 12,5 | 1080 | 40 | 41,6 | |
| | 0,5×1000 | 10,5 | 1224 | 20 | 30,8 | |
| АПР-2 | 1,8×1400 | 15 | 1080 | 40 | 50 | 321553,8 |
| | 1,2×1250 | 12,5 | 1080 | 40 | 41,6 | |
| | 0,5×1000 | 10,5 | 1224 | 20 | 30,8 | |
| АПР-3 | 1,8×1400 | 15 | 1080 | 30 | 50 | 259429,3 |
| | 1,2×1250 | 12,5 | 1080 | 30 | 41,6 | |
| | 0,5×1000 | 10,5 | 1224 | 70 | 30,8 | |

Після прокатки, метал надходить в термічне відділення де завантажуються в методичні печі в яких відбувається відпал тобто вид термообробки, що проводиться з метою видалення залишкового напруження в листі, яке виникло в результаті прокатки. У печі автоматично поступає необхідна кількість тепла по заздалегідь заданому графіку до повної готовності рулонів. Це досягається застосуванням приладів, що діють автоматично. Після нагріву в методичних печах рулони охолоджуються при температурі навколишнього середовища. Після закінчення відпалу рулони поступають в дресирувальне відділення. У цьому відділенні, на дресировальних станах, відбувається прокатка листів з метою додання структурі листа і його поверхні належного стану. Це робиться через те, що в процесі відпалу в структурі листа відбуваються деформації, а на його поверхні з'являються роздутості і хвилястості. Прокатка на дресирувальних станах здійснюється з відносно невеликим обтисканням близько 1-3% від товщини. Після проходження всього циклу прокатки, готові рулони подаються на склад або відправляються на агрегати поперечного різання (АПР-1,2,3), де вони піддаються різанню на листи мірних довжин. На рисунку 1.2 показані вантажопотоки цеху.

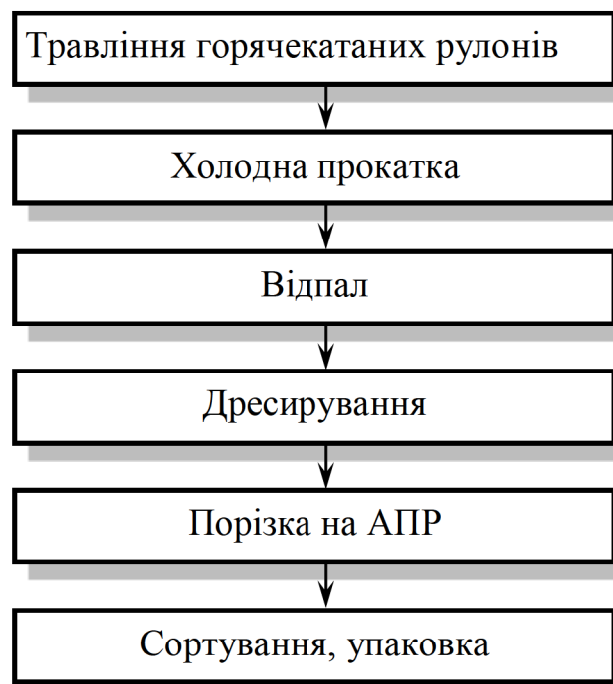


Рисунок 1.2 – Вантажопотоки цеху холодної прокатки

1.2 Технологія виробництва холоднокатаних листів

Кінцевою продукцією цехів холодної прокатки являються листи і штаби завтовшки 0,3-3,0 мм, шириною до 2350 мм, з вуглецевої сталі звичайної і підвищеної якості, а також з низьколегованих сталей. Значна частина листів і штаб випускається із захисними антикорозійними покриттям – цинковим, алюмінієвим, полімерними і ін.

Поверхня початкових гарячекатаних штаб покрита окалиною (оксидами). Якщо проводити холодну прокатку заготовок в такому стані, то окалина вдавлюватиметься в метал, різко погіршуючи якість його поверхні. Крім того, окалина, володіючи відносно високою твердістю, сприяє зносу прокатних валків. Тому першою необхідною технологічною операцією являється видалення окалини з поверхні гарячекатаних штаб.

Існує ряд способів видалення окалини, проте широке практичне застосування отримали два: хімічний і механічний. Хімічний спосіб полягає в розчиненні оксидів в кислотах; механічний в здійсненні пластичної деформації, сприяючої відлущуванню окалини з поверхні штаби. В даний час обидва ці способи часто застосовуються спільно, причому хімічний, званий таким, що труїть, є основним, а механічний – попереднім.

Повітряна окалина на поверхні гарячекатаної вуглецевої сталі практично складається з двох шарів: внутрішнього, прилеглого до металу – вюстита FeO (92-95%) і зовнішнього – магнетиту Fe_3O_4 (5-8%). Іноді на зовнішній поверхні виявляється якнайтонший шар третього оксиду – гематиту Fe_2O_3 . Найлегше піддається травленню шар вюстита, який має пористу будову і відносно малу міцність.

Інтенсивність травління сильно залежить від концентрації і температури травильних розчинів. Оптимальні значення цих параметрів приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Оптимальні значення параметрів травління

| Тип кислоти | Концентрація, % | Температура розчину, °C |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|
| H ₂ SO ₄ | 20-23 | 80-95 |
| HCL | 16-25 | 65-85 |

Водень, що виділяється при травлінні, сприяє видаленню окалини, але разом з тим дифундує в метал, знижуючи його пластичність. Така небажана зміна властивостей металу називається водневою (травильною) крихкістю. Для оберігання металу від проникнення водню і зменшення дії кислоти на сам метал, в травильні розчини вводяться присадки – інгібітори. Вони містять речовини, які адсорбуються на поверхні металу і утворюють молекулярну плівку, що захищає його від розчинення; при цьому швидкість розчинення оксидів не сповільнюється. Інгібітори виконують і іншу важливу функцію: вони викликають утворення піни на поверхні травильного розчину, зменшуючи тим самим випаровування кислоти і покращуючи атмосферні умови в цеху.

В даний час травління в соляній кислоті витісняє сірчаноокислотне, тому що використання соляної кислоти як травильне середовище має низку переваг. Перш за все, соляна кислота є активнішою, ніж сірчана, особливо по відношенню до оксидів, що дозволяє скоротити час процесу травління. Якість поверхні штаб після обробки в соляній кислоті краще, ніж після обробки в сірчаній. Скорочується виділення водню, у зв'язку з чим зменшується небезпека виникнення водневої крихкості. Соляна кислота легше і цілковито видаляється з поверхні штаб в промивних ваннах. Важливе значення має та обставина, що утворюванні при травлінні солі соляної кислоти досить легко піддаються термічному розщеплюванню на хлористий водень і оксиди заліза. Обидва цих продукту повертаються у виробництво. Хлористий водень, розчиняючись у воді, дає свіжу соляну кислоту, а оксиди заліза використовуються в порошковій металургії і інших галузях промисловості.

Проте травління із застосуванням соляної кислоти зустрічає і певні труднощі. Застосування вельми агресивної соляної кислоти вимагає відповідного захисту обладнання травильних агрегатів від її дії. Внутрішні поверхні травильних ванн викладаються з кислототривкої цегли, облицьовуються гранітними і базальтовими плитами; кришки ванн зсередини покриваються шаром кислотостійкої гуми і так далі. Особливу небезпеку представляють дуже шкідливі виділення пари хлористого водню в атмосферу. У зв'язку з цим необхідно забезпечувати ретельну герметизацію ванн і мати могутню вентиляційну систему для відсмоктування випаровувань, що виділяються.

У сучасних крупних цехах холодної прокатки травління гарячекатаних штаб здійснюється в травильних агрегатах безперервної дії

Протравлені і промаслені штаби в рулонах поступають на стани холодної прокатки.

Рулони ланцюговим транспортером подаються в розмотувач стану. Передній кінець штаби відгинається спеціальним пристроєм і задається в ролики, що тягнуть, які підводять штабу до валків кліті. Пройшовши через кліті (із заданим обтисканням), передній кінець штаби потрапляє на барабан моталки. За допомогою захватувача починається намотування штаби на барабан. Всі вказані початкові операції виконуються на малій, заправній швидкості (0,5-2,0 м/с). Після намотування на барабан 3-4-х витків штаби стан переводиться на робочу швидкість. Коли прокатка рулону завершується і в розмотувачі залишається 2-3 витки штаби, швидкість стану знову знижується до заправної. Якщо рулони, що поступають на стан, складені (зварені) з декількох штаб, то прокатка зварних швів також здійснюється на зниженій швидкості (близько 5 м/с).

Сумарне обтискання при холодній прокатці вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей в більшості знаходиться в межах 50-80 %. Важливе значення має розподіл обтискань по клітях або проходах (на реверсивних станах); воно впливає на точність прокатки, завантаження обладнання, продуктивність стану. На практиці застосовуються різні варіанти розподілу обтискань по клітях безперервного стану. Одним з поширених є варіант, що

характеризується послідовним зменшенням відносних обтискань від першої кліті до останньої. При такому розподілі обтискань вдається забезпечити приблизно рівномірне завантаження клітей по зусиллю прокатки і потужності, що витрачається, оскільки зниження обтискань компенсує зростання контактного тиску у зв'язку з наклепанням металу і зменшенням його товщини. Такий режим обтискань часто застосовується на однокліткових реверсивних станах, де особливо важливо підтримувати незмінність зусиль прокатки по проходах.

Другий варіант передбачає застосування невеликого відносного обтискання в першій кліті. Перевагою такого режиму є те, що в першому проході відбувається вирівнювання штаби по товщині, тобто зменшується подовжня різнотовщинність. На практиці зустрічаються і інші схеми обтискань. Іноді у всіх клітях відносно обтискання приймається приблизно однаковим.

Холодна прокатка штаб завжди ведеться з натягом. Воно створюється примусово між всіма клітями за рахунок деякого розузгодження чисел обертів валків (в порівнянні з вільною прокаткою). У останній кліті безперервного стану переднє натягнення створюється дією моталки. На реверсивних станах моталки створюють переднє і заднє натягнення.

Позитивна роль натягу полягає, по-перше, в тому, що знижується тиск металу на валки, і по-друге, забезпечується отримання рівних штаб. Проте застосування дуже високих натягнень небезпечно із-за виникнення розривів штаб при плющенні. Зазвичай величина питомого натягу встановлюється в межах $(0,2-0,5)\sigma_T$ де σ_T – межа текучості металу з врахуванням наклепання. Питоме натягнення між останньою кліттю і моталкою приймається нижчим $0,1\sigma_T$ щоб уникнути утворення надмірно щільних рулонів і зварювання витків при подальшому відпалі.

Наступною основною технологічною операцією, після прокатки, являється відпал, який необхідний для усунення наклепання, отриманого при холодній деформації, і відновлення пластичних властивостей металу. Температура нагріву

металу (низковуглецевій сталі) 650-720 °С. З погляду структурних перетворень цей відпал є рекристалізацією.

Відпал здійснюється в ковпакових пічах в рулонах (іноді в пачках) або в безперервних агрегатах з протяжними печами. Найбільш поширені колпакові печі одностопні.

Весь цикл відпалу можна розділити на три періоди: нагрів металу до заданої температури (10-30 год.); витримка при максимальній температурі (6-25 год.); охолодження до температури навколишнього середовища (25-40 год.). Загальна тривалість перебування металу на стенді складає від 40 до 80 год., залежно від маси рулону, марки сталі, товщини штаби і інших факторів. Один нагрівальний ковпак обслуговує 2-4 стенди. Продуктивність печі з розрахунку на один стенд складає 1,5-4,5 т/год.

Після відпалу тонколистова сталь піддається дресируванню. Це процес холодної прокатки з дуже невеликим обтисканням, зазвичай в межах 0,8-1,5 %. Дресирування штаб товщиною 0,3 мм ведеться в один пропуск.

Якщо піддавати штампуванню відпалену листову сталь, що не пройшла дресирування, то поверхня виробів стає грубо жорсткою, утворюється так звана «апельсинова кірка». Це являється наслідком виходу на поверхню лінії зрушення. Вироби з такою поверхнею мало придатні для фарбування, емалювання або нанесення інших покриттів. В процесі дресирування тонкі приконтактні шари металу обтискаються у валках і згодом при штампуванні лінії зрушення на поверхні не проступають. Крім сказаного, дресирування дає і інші позитивні ефекти: зменшується хвилястість і коробоватість штаб, декілька поліпшуються механічні властивості металу (межа плину трохи знижується, міцність збільшується) формується необхідний мікрорельєф поверхні продукції.

При рулонному способі виробництва дресирування ведеться з переднім і заднім натягненням. На практиці величина питомого натягу найчастіше знаходиться в межах: переднє $(0,2-0,5)\sigma_T$, заднє $(0,1-0,2)\sigma_T$. Величина вживаних натягнень росте із зменшенням товщини прокатуваних штаб.

Раніше дресирування проводилося на сухих валках. Нині доведено, що кращі результати дає дресирування з технологічним змащуванням. Застосування змащування (емульсії) дозволяє декілька понизити тиск на валки і, найголовніше, сприяє видаленню забруднень з поверхні штаб.

Іноді дресирування являється останньою технологічною операцією в цеху холодної прокатки. Після дресирування частина рулонів може відвантажуватися споживачам в необробленому вигляді, але велика частина їх поступає на обробні агрегати для поперечного і подовжнього різання на листи і вузьчі штаби по замовленнях.

В даний час значна кількість тонколистової сталі, випускається із захисними антикорозійними покриттями, в першу чергу – цинковим і полімерними. Нанесення цинкового покриття здійснюється методом занурення в розплав цинку (гаряче цинкування) або електролітичним методом. При гарячому цинкуванні товщина покриття досягає 50 мкм, при електролітичному – до 10 мкм.

До складу агрегату гарячого безперервного оцинкування (АГБЦ) входить різноманітне обладнання, на якому в єдиному комплексі виконуються різні механічні, фізико-хімічні і термічні операції: розмотування холоднокатаних рулонів, зварка кінців смуг, хімічне і електрохімічне очищення поверхні металу, термообробка (відпал або нормалізація), покриття цинком, пасивування цинкового покриття, дресирування (застосовується не завжди), змотування штаби в рулони або різка на листи. Оцинкування проводиться шляхом пропускання штаби через ванну з рідким цинком при температурі 450 °С. Товщина покриття регулюється віджимними роликками або струменями газу з регульованим тиском. Пасивування цинкового покриття здійснюється в розчині хромистого ангідриду Cr_2O_3 при 80-85 °С.

Швидкість проходження штаби через АГБЦ – до 4 м/с; продуктивність агрегатів – до 500 тис. т/рік.

Один з поширених способів нанесення полімерних покриттів полягає в наклеюванні полімерної плівки на поверхню холоднокатаних штаб.

Отримуваний матеріал називається металопластом. Як матеріал плівки часто використовується полівінілхлорид; товщина плівки 0,2-0,4 мм. Нанесення покриття здійснюється на агрегатах безперервної дії, на яких виконуються наступні основні операції: розмотування рулонів, зварювання кінців штаб, підготовка поверхні металу (знежирення, фосфатування, пасивація), нанесення клею на поверхню штаби валковим способом, підсушки клею, нанесення плівки з притисненням його роликками, підігрів штаби з покриттям, тисненням узору, мотка штаб в рулони.

Плівки наклеюють зазвичай з одного боку штаби. Продуктивність лінії – до 100-120 тис. т/рік.

1.3 «Вузькі місця» ЦХП-1 і заходи щодо їх усунення

1. На безперервних агрегатах травління необхідно виконати реконструкцію хвостової частини з установкою барабанних моталок «плаваючого типу». Наявні механізми змотування рулонів не відповідають існуючим вимогам, оскільки не забезпечують необхідного натягу смуги при намотуванні, тому часто утворюються нерівні торці на рулонах.

Відвідний конвеєр безперервних агрегатів травління хоч і має просту конструкцію, що складається з ряду холостих роликів, але сама технологія «скачування рулонів» під своєю вагою не відповідає вимогам відділом технічного контролю, що пред'являється, для тих рулонів, що прямують в прокатне відділення. Торці рулонів ударяються об упор на кінці конвеєра, в результаті виникають подряпини і інші дефекти, які ускладнюють подальшу прокатку.

2. На травильних лініях значна перевитрата кислоти, викиди шкідливих речовин в атмосферу перевищують гранично допустимі, також в результаті відсутності очищення (регенерації) кислоти стоками забруднюється р. Дніпро.

Рекомендую встановити установку для регенерації. В установці хлористе залізо розкладатиметься на оксид заліза і соляну кислоту; оксид заліза (у вигляді

спресованого порошку) можна використовувати в сталеплавильних печах; соляна кислота може повторно використовуватися в травильних ваннах.

3. Прокатні стани потребують точнішого нажимного пристрою, що забезпечує площинну штаби металу. Для виконання цього завдання необхідно встановити пристрій-противозгибач з гідравлічним приводом. Установка гідравлічних нажимних пристроїв замість наявних електроприводних у поєднанні з гідравлічною стежачою системою дозволяє автоматизувати регулювання товщини прокатуваної штаби, що разом з швидкодіючим гідравлічним пристроєм сприятиме підвищенню геометричної точності прокатуваної штаби.

4. На реверсивних станах необхідно встановити пристрій автоматичної зупинки барабана моталки. Подібний пристрій автоматично підраховує кількість намотуваних і змотуваних витків на барабанах моталок і автоматично визначає оптимальний момент часу для уповільнення стану і його реверсування. Система виключає можливість виходу штаби з щілини барабана моталки і збільшує час роботи стану на максимальній швидкості. Автоматизація зупинки барабанів і стану для реверсування може підвищити продуктивність стану на 10%.

5. Для приводу натяжних роликів на дресирувальному стані 1700 застосовуються універсальні шпінделі. Заміна їх на зубчаті шпінделі, які мають велику зносостійкість, прості в обслуговуванні дозволить збільшити міжремонтні періоди, що позитивно позначиться на продуктивності стану. Установка противозломного ролика при розмотуванні рулону запобіжить збільшенню дефектів на поверхні штаби, а заміна системи механічного переміщення сегментів на гідравлічний в розмотувачі стану дозволить барабану більше зменшуватися і збільшуватися в діаметрі, що необхідне при створенні заданого натягнення в процесі дресування.

6. З погляду підвищеної витрати електроенергії на перехідні процеси, вузьким місцем в цеху являється морально і фізично зношений головний привід реверсивного дресирувального стану 1700-1, що вимагає заміни системи пуску і зупинки головних двигунів на досконалішу систему Г-Д на КТЕ, і зачеплення

шестерінчастої кліті. Досконаліші роликові шпінделя встановлені в приводі головної лінії стану дадуть можливість піти від дорогої бронзи і застосувати закладну систему змащування, вищеперелічені заходи дозволять збільшити міжремонтний період.

7. На пакувальних конвеєрах застосовується ручна праця. Пачки обгортаються папером, обв'язуються сталевією смугою і встановлюються на дерев'яному піддоні. Ці ділянки необхідно забезпечити пакувальними машинами

8. Пакувальні піддони із стопки по 10-15 шт. встановлюються поряд з шлеперним ланцюгом конвеєра на якому відбувається упаковка. Робочі вручну беруть по одному піддону ставлять на нього необхідну пачку листів металу, таким чином проводячи упаковку. Для збільшення продуктивності і безпеки роботи ділянку необхідно обладнати маніпулятором з дистанційним управлінням для зняття і установки піддонів.

9. Механізм переміщення клинів барабана моталки на дресиривальному стані «1700» складається з гідроциліндра односторонньої дії і тарілчастих пружин. Пружини мають погану стійкість, часто ламаються, що вимагає їх часті заміни. Пропонується прибрати пружини і встановити гідроциліндр подвійної дії.

10. Рольганг, що задає, БТА-2 був розрахований на рулони масою 8 т. При переході виробництва на рулони масою 16 т конструкція рольганга не була змінена. Це привело до того, що при установці рулону на рольганг мнеться крайка рулону й виникає динамічний удар по роликах, що приводить до їхнього швидкого зношування.

11. Також спостерігається незадовільна робота привода поворотного столу БТА-4, яка пов'язана з частими поломками редуктора привода столу, що в свою чергу викликає часті простой технологічної лінії в цілому. Вирішити цю проблему і планується під час виконання дипломного проекту.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Місце поворотного столу в технологічному процесі травлення штаби

Рулони вуглецевих сталей поставляються на травильні агрегати, після їх охолодження на складі нетруєних рулонів.

Температура рулонів, що задається, а також тривалість охолодження рулонів на складі, після гарячого прокату на НТЛС- 1680 і до постачання їх в травильні лінії, має бути як для металу призначеного для переділу на холоднокатаний лист – не вище 150°C (тих, що досягаються за період від 20 до 30 годин, для підкату жерсті, бензобаків, сталі 08Ю, а також рулонів експортного призначення – не вище 90°C (тих, що досягаються за період від 30 до 50 годин, для металу призначеного на гарячекатаний товарний труєний лист – не вище 60°C (що досягаються за період від 50 до 70 годин).

Гарячекатані рулони за допомогою електромостових кранів надходять на приймальний рольганг з приводними роликками і двома прийомними столами, призначений для прийому рулонів і подачі їх на поворотний стіл, який здійснює поворот рулону щодо його поздовжньої осі на 90 градусів і передачі його в розмотувач для подальшого розмотування. Розмотувач, складається з відгинача переднього кінця рулону призначеного для подачі відігнутого кінця в тягнучі ролики правильної машини, конусів призначених для затиску і центрування рулону, а також забезпечення розмотування штаби, гідропідйомника і роликової проводки – для центрування рулону по осі травильної лінії. Потім штаба подається в правильну машину, і протягається через неї за допомогою тягнучих роликів № 1– \varnothing 402 мм. Для обрізання переднього і заднього кінців штаби і відбору проб після тягнучих роликів встановлені ножиці з нижнім різом № 1 і № 2. Прес – штамп № 1 з ІКО № 1 – для автоматичного нанесення мітки \varnothing 8 мм на відстані від 8 до 30 мм від правої кромки штаби і мірної відстані (1 м) перед зварним швом, з метою контролю проходження шва по агрегату. Після обрізки кінців на ННР 1 і 2, штаба зварюється в безкінцеву стрічку на стикозварній

машині з гратознімачем, призначеній для стикового зварювання двох кінців штаб і подальшого двостороннього зняття грата, після чого штаба потрапляє в тягнучі ролики № 2 (\varnothing 400), призначені для протягування зварного шва штаб через гратознімач і транспортування штаби в головній частині агрегату. Для створення запасу штаби у вигляді петель, що забезпечує ритмічність процесу в агрегаті на заданих швидкостях під час пауз встановлені петльові ями № 1 і № 2 – залізобетонні з металевим каркасом всередині. На дні петльових ям № 1 і № 2 встановлені сляби.

Шість універсальних проводок (з них 4 – механізованих) – для центрування штаби при русі її по агрегату.

Чотири травильні ванни (№ № 1,2,3,4 по ходу руху штаби) – для зняття окалини з поверхні штаб хімічним способом.

Ванни мають єдиний металевий каркас, що складається з 4–х секцій. Каркас гумований, футерований і розділений трьома гранітними переходами на цегельних підставах на окремі ванни. Після чого слідує промивна ванна з гарячою водою – для остаточного промивання штаби і підігріву її перед сушаркою, потім штаба потрапляє в сушильний агрегат – для сушіння штаби гарячим повітрям, потім петльова яма № 3 з залізобетонним дном, викладеним дерев'яними брусами з якої штаба за допомогою тягнучих роликів № 5 (\varnothing 250) подається до пакувальної машини. Також встановлені ножиці з нижнім різом № 3 – для вирізки шва і дефектних місць штаби і діропробивна машина – для автоматичного нанесення діркової мітки на мірному відстані від початку рулону і зварного шва. Пакувальна машина з промащувальним пристроєм призначена для двостороннього змащення штаби і подальшого згортання її в рулон. Потім штаба по відвідному рольгангу з прийомним підйомним столом відводиться від агрегату, потім за допомогою електромостових кранів передається на прокатний стан 1680.

2.2 Огляд та аналіз конструкції поворотного столу безперервного травильного агрегату

Поворотний стіл безперервного травильного агрегату (рисунок 2.1) призначений для прийому та повороту рулону та згідно вимог до технологічного циклу роботи складається із станини (нерухомої частини) 1, встановленої на фундамент за допомогою анкерних болтів усередині якої змонтовано опорне кільце 2, що має 9 опорних роликів – 3 і 9 центруючих роликів – 4, встановлених на нерухомих осях в сферичних підшипниках.

Поворотна частина встановлена на опорне кільце і є рамою 5, на якій шарнірно змонтований рольганг 6, призначений для поступального переміщення гарячекатаного рулону 7 по поворотному столу. На рамі 5 встановлений пневмопривод підйому рольганга та встановлений пневматичний циліндр 8, що має шарнірну систему важелів 9 привода, призначений для зміни кута нахилу рольганга на 15 градусів до горизонтальної осі оскільки для прийому і передачі рулону необхідний різний кут нахилу рольганга. Для фіксації рулону на рольгангу поворотного столу змонтований стопорний пристрій з пневматичним приводом 10. Обертання поворотного столу здійснюється від електродвигуна 11, потужністю 5 кВт через черв'ячний горизонтальний редуктор 13, сполучений з електродвигуном за допомогою зубчастої муфти 12, на вихідному валу черв'ячного редуктора насаджена шестерня 14, що має прямозубу циліндрову нарізку профілю і передає крутний момент, на зубчастий вінець 15 закріплений за допомогою чистих болтів на рамі поворотного столу 5. У приводі встановлено гальмо ТКП–200, необхідне для зупинки і фіксації поворотного столу в заданому положенні.

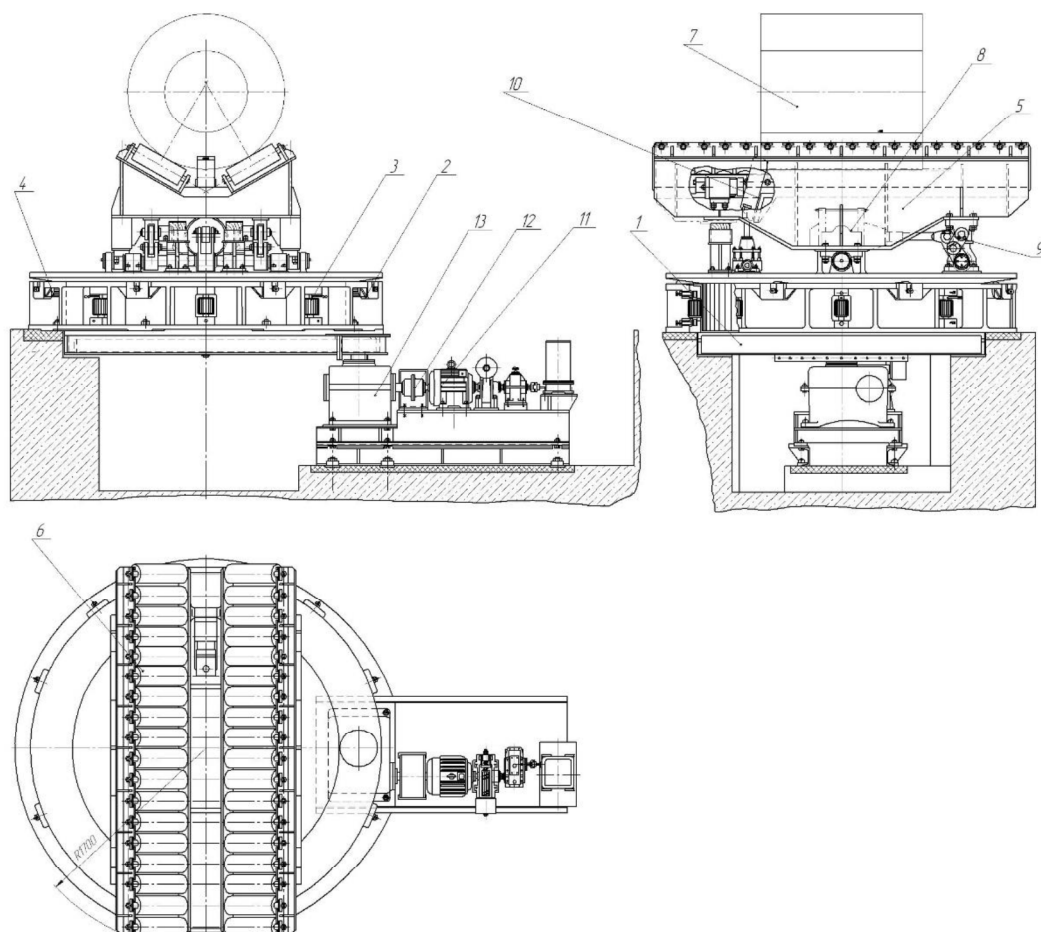


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд поворотного столу (позиції наведено в тексті)

2.3 Опис та обґрунтування проекту модернізації приводу поворотного столу

Поворотний стіл безперервного травильного агрегату конструктивно має велику масу, яку необхідно постійно різко розганяти і різко зупиняти у відповідність з технологічним завданням даного механізму, тому до його приводу висуваються високі вимоги до працездатності, надійності, і безвідмовності оскільки він є одним з найбільш важливих механізмів головної частини безперервного травильного агрегату.

В процесі експлуатації поворотного столу відмічена незадовільна робота черв'ячного редуктора приводу обертання:

- 1) виходять з ладу підшипники редуктора;
- 2) відбувається інтенсивний знос зубчастого зачеплення;
- 3) трапляються втомні зрізи валу консольної шестерні.

Як захід щодо усунення вищезгаданих недоліків пропонується підсилити зачеплення редуктора, а саме перейти з черв'ячного циліндрового на глобоїдне зачеплення, а так само для посилення економічного ефекту від даної модернізації пропонується зробити черв'ячне колесо складеним, тобто маточину виконати сталеву, а вінець з глобоїдною нарізкою бронзовим. А також застосувати високоефективну для даного виду зачеплення циркуляційну систему рідкого мастила із застосуванням масла І-100ПВ. Глобоїдні передачі набувають більшого поширення у зв'язку з великою здатністю навантаження, осьовий перетин, а також перетин головною плоскістю зубчастого вінця черв'ячного колеса глобоїдної передачі має форму кругової прямобічної рейки. Прямі, що є продовженням бічних сторін цієї рейки, торкаються кола d_0 профілюючим колом.

Також для автоматизації механізму переміщення кареток й виконання більш точних переміщень як модернізація, а також виходячи з переваг наведених нижче, виконаємо заміну механічного притискного механізму на гідроциліндр.

Гідропривод після електропривода посідає друге місце по масштабах використання в техніці й у порівнянні з електроприводом має певні переваги:

- значно більша силова напруженість;
- малі габарити й маса, що доводиться на одиницю переданої потужності (1,2-2 кг на 1 кВт);
- низька інерційність (момент інерції рухливих частин гідроприводу в 5-6 разів менше моменту інерції рухливих частин електромашини тої ж потужності);
- висока плавність регулювання швидкості в широкому діапазоні при забезпеченні високої твердості механічної характеристики;
- простота захисту від перевантажень та можливість широкого використання стандартних елементів.

2.3 Розрахунки параметрів основних виконавчих механізмів безперервного травильного агрегату

2.3.1 Розрахунок гідроприводу механізму переміщення кареток розмотувача

В таблиці 2.1 наведено вихідні данні до розрахунку механізму переміщення кареток розмотувача

Таблиця 2.1 – Вихідні данні

| № п/п | Вихідні дані | | |
|----------|--|----------|-----|
| 1 | Технологічне зусилля на робочому органі | F, (кН) | 70 |
| 2 | Ход поршня | H, (мм) | 700 |
| 3 | Швидкість переміщення каретки | м/с | 0,1 |
| 4 | Кількість одночасна працюючих гідроциліндрів | Z | 2 |
| 5 | Номінальний тиск масла в гідросистемі | P, (МПа) | 4,2 |

Внутрішній діаметр D гільзи гідроциліндра при бесштоковій порожнині визначають по формулі:

$$D = 1130 \sqrt{\frac{F}{P\eta}}, \text{ мм} \quad (2.1)$$

де F – зусилля на штоку, кН;

P – тиск у даному силовому гідроциліндрі, кПа;

$\eta=0,95$ – механічний ККД силового гідроциліндра,

$$D = 1130 \sqrt{\frac{70}{4200 \cdot 0,95}} = 139 \text{ мм}$$

Приймаємо внутрішній діаметр гідроциліндрів $D = 140 \text{ мм}$.

Зовнішній діаметр d штока силового гідроциліндра розраховують за виразом:

$$d = KD, \text{ мм} \quad (2.2)$$

де K – коефіцієнт відношення діаметра d штока до внутрішнього діаметра D гільзи силового гідроциліндра. Це відношення приймають $0,5$, [7].

$$d = 0,5 \cdot 140 = 70 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр штока $d = 75 \text{ мм}$.

Фактично діюче максимальне зусилля на штоку силового гідроциліндра при робочому ході поршня при бесштоковій порожнині визначають по формулі:

$$F_{\phi} = \frac{\pi D^2}{4} P \eta_m \quad (2.3)$$

або після перетворення:

$$F_{\phi} = 0,785 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 \cdot P \eta_m, \quad (2.4)$$

де D – внутрішній діаметр циліндра.

$$F_{\phi} = 0,785 \cdot 0,000001 \cdot 19600 \cdot 4200 \cdot 0,95 = 61 \text{ кН.}$$

Витрата масла Q , необхідного для забезпечення заданої швидкості й розміру переміщення штока, л/хв:

при бесштоковій робочій порожнині:

$$Q = 0,047 \frac{D^2 \cdot V}{\eta_{об}}, \text{ мм} \quad (2.5)$$

при штоковій порожнині :

$$Q = \frac{0,047(D^2 - d)V}{\eta_{об}}, \text{ мм} \quad (2.6)$$

де D, d – внутрішній діаметр гідроциліндра й зовнішній діаметр штока, мм;

V – швидкість переміщення штока, м/с;

η – об'ємний ККД при ущільненні металевими кільцями,

$\eta = 0,98 \dots 0,99$.

$$Q = \frac{0,047 \cdot 140^2 \cdot 0,1}{0,99} = 93 \text{ л/хв}$$

відповідно

$$Q = \frac{0,047(140^2 - 70)0,1}{0,99} = 92,7 \text{ л/хв.}$$

Діаметр отвору d_0 , через який масло направляється в основну порожнину гідроциліндра, знаходять по вираженню:

$$d_0 = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{V_0}}, \quad (2.7)$$

де V_0 – середня швидкість руху масла через отвір, що підводить; $V=5$ м/с.

$$d_0 = 4,6 \sqrt{\frac{93}{5}} = 19,8 \text{ мм.}$$

Округлюючи до найближчого стандартного розміру приймаємо значення $d_0=20$ мм.

Так як в системі об'ємного ГП одночасно працюють два гідроциліндри, то надалі для розрахунку приймаємо подвійну витрату рівну 186 л/хв.

Максимальну потужність, що витрачається двигуном на привод насоса, визначають по формулі:

$$N = \frac{Q(P + \Delta P)}{60\eta_n\eta_{\pi}}, \quad (2.8)$$

де Q – максимальна витрата масла в даній системі об'ємного ГП, л/хв;

P – робочий тиск, на який розрахована робота ГД цієї системи, МПа;

ΔP – падіння тиску в гідросистемі, МПа;

$\eta_n=0,8$ – загальний ККД насоса;

η_{π} – ККД приводу, якщо вал двигуна через муфту з'єднаний з валом насоса $\eta_{\pi}=0,9$.

$$N = \frac{186(4,2 + 0,11)}{60 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 16,7 \text{ кВт,}$$

Згідно рекомендацій [7] обираємо насос, з характеристиками, що наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика масляного насоса

| Тип насоса | Робочий тиск P, МПа | Частота обертання n, хв ⁻¹ | Продуктивність Q, л/хв |
|------------|------------------------|--|---------------------------|
| НШ 250/100 | 10 | 1000 | 245 |

Вибираємо асинхронний електродвигун згідно рекомендацій [10,11], з характеристиками, що наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика обраного електродвигуна

| Тип | Частота обертання ротора n, хв ⁻¹ | Потужність N, кВт | Ковзання , % | Відношення пускового до номінального моменту |
|-----------|---|----------------------|-----------------|---|
| 4A225M6B3 | 1000 | 18,0 | 2,0 | 1,2 |

Об'єм гідробака рекомендується приймати рівним п'ятихвилинній продуктивності насоса:

$$Q_6 = 5 \cdot Q_n, \text{ л}, \quad (2.9)$$

де Q_n – продуктивність насоса; л/хв.

$$Q_6 = 5 \cdot Q_n = 245 \cdot 5 = 1225 \text{ л},$$

Для спрощення виготовлення бака та організації можливості відстоювання масла приймаємо об'єм гідробака рівним 1250 л.

2.3.2 Розрахунок деталей гідроциліндра та перевірка їх на міцність

Міцність штока на поздовжній вигин розраховують по формулі:

$$F_{кр} = K \frac{\pi D^4 E}{64 l^2 \varphi 10^6} \geq 1,25 F_{\phi}, \quad (2.10)$$

або після перетворення:

$$F_{кр} = 103 \frac{d^4}{l^2 \varphi} \geq 1,25 F_{\phi}, \quad (2.11)$$

де E – модуль пружності матеріалу штока, для сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ кПа;

$l = 1050$ мм – довжина штока від торця поршня до центру шарніра;

$\varphi = 0,94$ – коефіцієнт збільшення критичної сили F при поздовжньому вигині.

$$F_{кр} = 103 \frac{75^4}{1050^2 \cdot 0,94} = 2386,2 \geq 76,25.$$

Умова виконується

Діаметр отвору й ширину вушка або ширину b щоки визначають по формулі:

$$d_{отв} = Kb = 2KB = 10^3 \sqrt{\frac{1,25 F_{\phi} K}{q}}, \quad (2.12)$$

де K – коефіцієнт стійкості, для вушка $K=0,8\dots 1,2$, для вилки $K=0,5\dots 0,7$;
 q – питомий тиск, МПа, для незагартованої поверхні $q=2\dots 3$ МПа.

$$d_{\text{отв}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,25 \cdot 61 \cdot 1,2}{3}} = 88,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр отвору $d_{\text{отв}} = 90$ мм.

$$b = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,25 \cdot 61 \cdot 1,2}{3}} = 97 \text{ мм.}$$

Приймаємо ширину вилки $b=95$ мм.

$$B = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,25 \cdot 61 \cdot 1,1}{3}} = 93,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо ширину вушка $B=95$ мм.

Міцність на розрив шарнірного кінця головки з отвором у вушку:

$$\sigma = \frac{1,28F_{\phi}}{10^3 S} \leq [\sigma], \quad (2.13)$$

де S – площа небезпечного переріза, м^2 ;

$[\sigma]$ – допустиме напруження на розрив, МПа; для вуглецевої сталі

$[\sigma] = 110\dots 120$ МПа

$$\sigma = \frac{1,28 \cdot 61}{1000 \cdot 0,0057} = 13,6 \text{ МПа} < 120 \text{ МПа}$$

Умова виконується

Товщину стінки циліндра знаходимо з умови:

$$\delta_c = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{[\sigma]_p + P_y}{[\sigma] - P_y}} - 1 \right), \quad (2.14)$$

де $[\sigma]_p$ – допустиме напруження розтягнення;

$$[\sigma]_p = 0,3 \cdot \sigma_{\text{II}} = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ МПа.}$$

σ_{II} – межа плинності матеріалу циліндра. Матеріал циліндра Сталь 20, тоді $\sigma_{\text{II}}=400$ МПа.

P_y – умовний тиск, МПа;

$$P_y = 1,25 \cdot P, \text{ МПа} \quad (2.15)$$

$$P_y = 1,25 \cdot 4,2 = 5,25$$

Тоді

$$\delta_c = \frac{140}{2} \left(\sqrt{\frac{120 + 5,25}{120 - 5,25}} - 1 \right) = 15 \text{ мм}$$

Остаточно приймаємо $\delta_c = 15$ мм.

Зовнішній діаметр циліндра.

$$D_{\text{H}} = D + 2\delta_c, \text{ мм.} \quad (2.16)$$

$$D_{\text{H}} = 140 + 2 \cdot 15 = 170 \text{ мм}$$

Остаточно приймаємо $D_{\text{H}}=170$ мм

Перевірка стійкості стінки циліндра на розтягнення виконується з умови критичного напруження розтягнення:

$$\sigma_p = \frac{1,3D_H^2 + 0,4D^2}{D_H^2 - D^2} \cdot P_y \leq [\sigma]_p, \quad (2.17)$$

де $[\sigma]_p$ – допустиме напруження розтягнення;

$$\sigma_p = \frac{1,3 \cdot 0,17^2 + 0,4 \cdot 0,14^2}{0,17^2 - 0,14^2} \cdot 7,87 = 19,3 \text{ МПа} < [\sigma]_p = 120 \text{ МПа}.$$

Умова виконується

Товщина плоского дна циліндра:

$$\delta_d = 0,4D \sqrt{\frac{P_y}{[\sigma]_p}}, \quad (2.18)$$

де D – діаметр циліндра, мм;

$[\sigma]_p = 0,3 \cdot \sigma_b$ – допустиме напруження руйнування, матеріалу денця циліндра, матеріал денця Сталь 45, $\sigma_b = 598$ МПа. $[\sigma]_p = 179,4$ МПа.

$$\delta_d = 0,4 \cdot 140 \sqrt{\frac{5,25}{179,4}} = 56 \text{ мм}.$$

Остаточно приймаємо товщину денця циліндра $\delta_d = 56$ мм.

2.3.3 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна поворотного столу

Вихідні дані:

| | |
|--------------------------|---|
| Технологічне зусилля | – $Q_{\text{техн}} = 103$ кН |
| Маса поворотного столу | – $Q_{\text{ст}} = 45$ кН |
| Швидкість повороту столу | – $n_{\text{ст}} = 2,63$ хв ⁻¹ |

Діаметр розташування опорних роликів $- D_o = 2670 \text{ мм}$

Кінематична схема та схема навантажень поворотного столу наведені на рисунку 2.2 та рисунку 2.3 відповідно.

Загальне навантаження на опорні ролики

$$Q = Q_{\text{техн.}} + Q_{\text{ст.}} = 103 + 45 = 148 \text{ кН} \quad (2.19)$$

Передавальне число приводу столу

$$U_2 = \frac{Z_4}{Z_3} = \frac{275}{40} = 6,875 \quad (2.20)$$

Число обертів черв'ячного колеса

$$n_k = n_3 = 2,63 \cdot 6,875 = 18,1 \text{ хв}^{-1} \quad (2.21)$$

Загальна маса столу (з врахуванням $Q_{\text{техн.}}$)

Маса столу розподілена по ободу, а діаметр центру маси збігається з діаметром розташування опорних точок $D_o=2670 \text{ мм}$

Використовуючи теорему про кінетичну енергію системи, запишемо

$$T - T_o = \Sigma A, \quad (2.22)$$

де T – кінетична енергія в кінці повороту

T_o – кінетична енергія в початковий момент

Зміна кінетичній енергії системи відбувається за рахунок прикладеного до системи обертового моменту, робота якого рівна A .

$$A = M_{\text{кр.}} \cdot \varphi, \quad (2.23)$$

де φ – кут повороту системи досягши мінімальних обертів в радіанах. З діаграми навантаження двигуна $\varphi=4^\circ$;

Тоді
$$\varphi(\text{рад}) = \pi \cdot \frac{4^\circ}{180^\circ} = 0,02\pi$$

$$T = \frac{I\omega^2}{2}, \quad (2.24)$$

де I – момент інерції системи;

ω – кутова швидкість системи.

Так як у початковий момент система була нерухома, і її кінетична енергія у цей момент дорівнює нулю отримаємо:

$$T_0 = \frac{I\omega_0^2}{2} = 0, \quad (2.25)$$

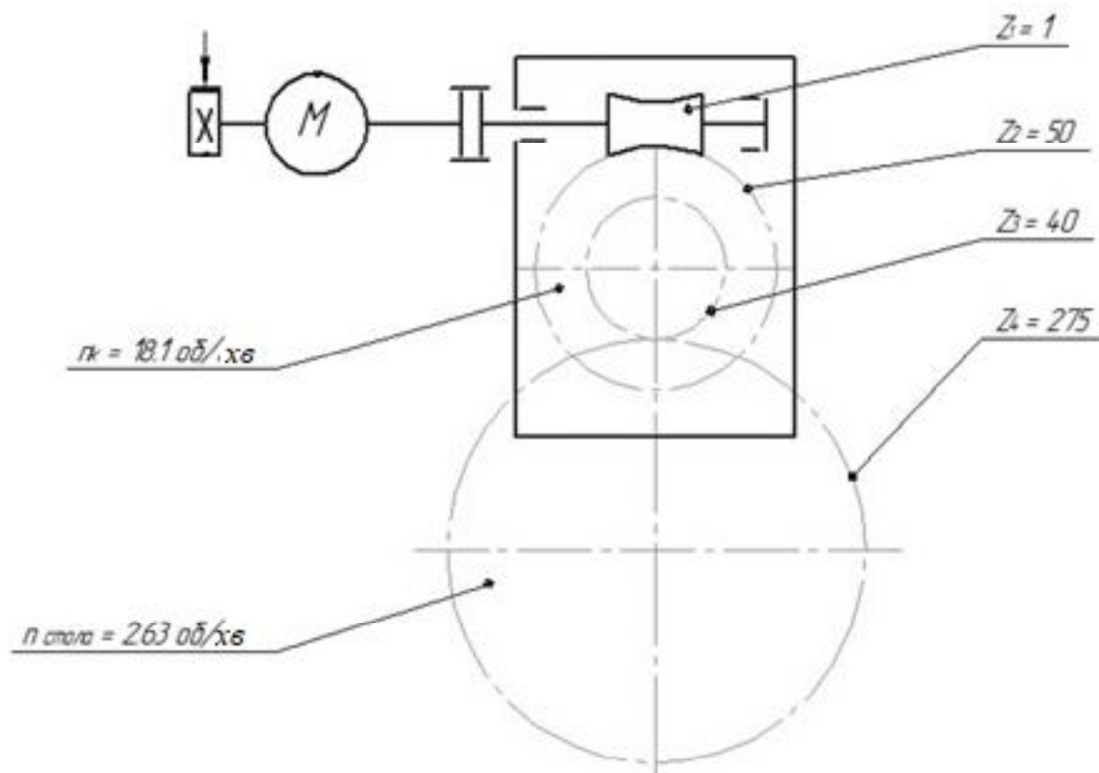


Рисунок 2.2 – Кінематична схема приводу поворотного столу

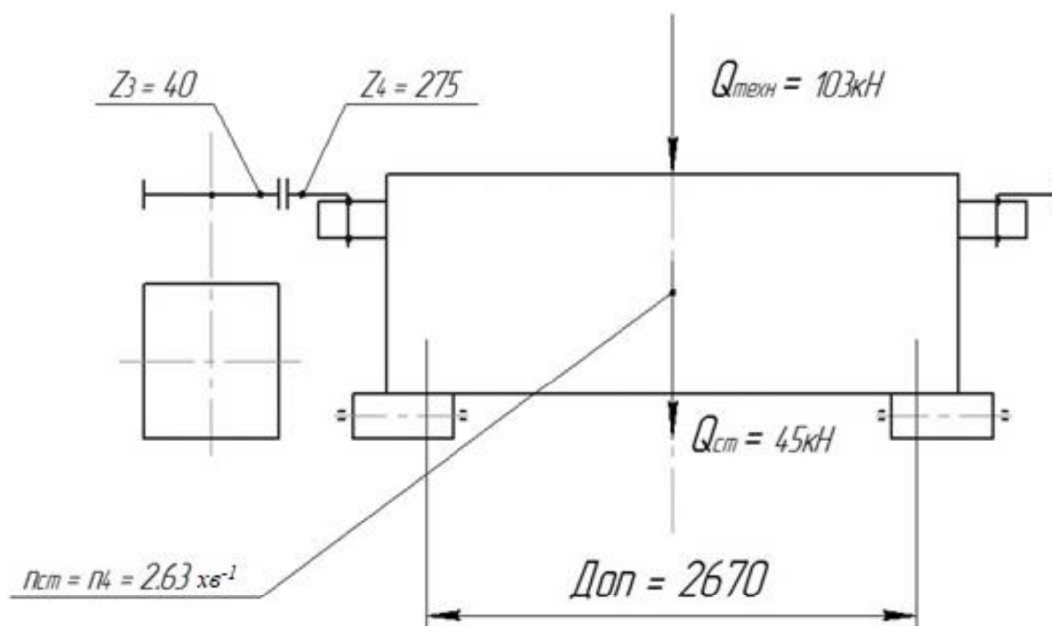


Рисунок 2.3 – Схема навантажень поворотного столу

Тоді

$$\frac{I\omega^2}{2} = M_{кр.} \cdot \varphi$$

Звідси

$$M_{кр.} = \frac{I\omega^2}{2 \cdot \varphi}, \quad (2.26)$$

Момент інерції I знайдемо з формули для порожнистого циліндра

$$I = \frac{m(R_1^2 + R_2^2)}{2} \quad (2.27)$$

де m – маса столу, розподілена по ободу (рис.2.4)

Тоді:

$$I = \frac{Q(R_1^2 + R_2^2)}{2g} = \frac{148(1,220^2 + 1,450^2)}{2 \cdot 9,81} = 27,1 \text{ кН/м} \cdot \text{с}^2$$

Кутова швидкість системи:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{ст.}}}{30}, \text{ с}^{-1} \quad (2.28)$$

де $n_{\text{ст.}}$ – число обертів столу, $n_{\text{ст.}} = 2,63 \text{ хв}^{-1}$

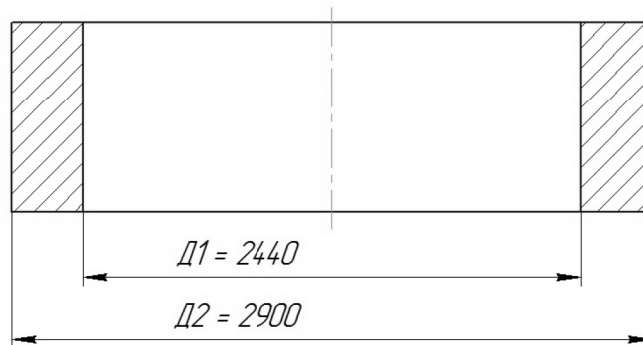


Рисунок 2.4 – Схема розподілу маси поворотного столу

Тоді

$$\omega = \frac{\pi \cdot 2,63}{30} = 0,087\pi \text{ с}^{-1}$$

Підставляючи отримані дані, визначимо крутний момент на поворотному столі.

$$M_{\text{ст.}} = \frac{I\omega^2}{2\varphi} = \frac{27,1 \cdot (0,087\pi)^2}{2 \cdot 0,02\pi} = 16,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

При передаточному числі $U_2=6,875$, та К.К.Д. зубчастої передачі $\eta_2=0,98$, крутний момент на валу черв'ячного колеса дорівнює:

$$M_{\text{ч.к.}} = \frac{M_{\text{ст.}}}{U_2 \eta_2} = \frac{16,1}{6,875 \cdot 0,98} = 2,39 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.29)$$

В приводі застосований черв'ячний редуктор з глобоїдним зачепленням.

Передаточне число редуктора $U_1=50$

К.К.Д. редуктора $\eta_1 = 0,92$

Тоді необхідний крутний момент на валу черв'яка а, також на валу електро двигуна

$$M_{\text{ч}} = M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{ч.к.}}}{U_1 \eta_1} = \frac{2,39}{50 \cdot 0,92} = 0,051 \text{кН} \cdot \text{м}, \quad (2.30)$$

Загальне передавальне число привода:

$$U = U_1 \cdot U_2 = 50 \cdot 6,875 = 343,75 \quad (2.31)$$

Число обертів ел. двигуна складе:

$$n_{\text{дв.}} = n_{\text{ст.}} \cdot U = 2,63 \cdot 343,75 = 904,06 \text{хв}^{-1} \quad (2.32)$$

необхідна потужність

$$P_{\text{пр.}} = \frac{M_{\text{ч.}} \cdot n_{\text{ч.}}}{975} = \frac{0,051 \cdot 904,06}{975} = 4,7 \text{кВт} \quad (2.33)$$

Вибираємо електродвигун типу МТК 21–6, потужність $P=5$ кВт,
 $n_{\text{дв}}=905 \text{ хв}^{-1}$

Крутний момент на валу електродвигуна

$$M_{дв.}^1 = \frac{975 \cdot P}{n_{дв.}} = \frac{975 \cdot 5}{905} = 5,38 \text{ кг} \cdot \text{м} = 0,05538 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_{ч.} = 0,05 \text{ кН} \cdot \text{м}, (2.34)$$

Умова виконується.

2.3.4 Розрахунок основних кінематичних і силових параметрів приводу поворотного столу

Вихідні дані:

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. Потужність електродвигуна | – P=5кВт |
| 2. Число обертів | – n=905 хв ⁻¹ |
| 3. ККД механізму | – η = 0,72 |
| 4. ККД черв'ячного редуктора | – η = 0,75 |
| 5. ККД зубчастої пари | – η = 0,96 |
| 6. Передаточне число редуктора | – U1=50 |
| 7. Передаточне число зубчастої передачі | – U2=6,875 |
| 8. Загальне передаточне число | – U=343,75 |
| 9. Частота обертання поворотного столу | – nс=2,63 хв ⁻¹ |

Загальне передаточне число

$$U = \frac{n}{n_c} = \frac{905}{2,63} = 344, (2.35)$$

Розбиття загального передаточного числа

$$U = U_{з.п} \cdot U_p, (2.36)$$

де $U_{з.п}$ – передаточне число відкритої зубчастої передачі, виходячи з конструктивних міркувань приймаємо: $U_{з.п}=6,88$

Тоді передаточне число редуктора складе

$$U_p = \frac{344}{6,88} = 50$$

Згідно отриманих даних обираємо наступний редуктор:

| | |
|--------------------------------|------------|
| Тип | – ГП–240 |
| Переточне число | – $U_p=50$ |
| Модуль | – $m=8$ |
| Число заходів черв'яка | – $Z_1=1$ |
| Число зубів черв'ячного колеса | – $Z_2=50$ |

Частота обертання і кутова швидкість вхідного валу редуктора

$$n_1 = n = 905 \text{ хв}^{-1}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ с}^{-1} \quad (2.37)$$

$$\omega_1 = \frac{n_1}{9,55} = \frac{905}{9,55} = 94,8 \text{ с}^{-1}$$

Частота обертання і кутова швидкість вихідного валу редуктора

$$n_2 = \frac{n_1}{U_p} = \frac{905}{50} = 18,1 \text{ хв}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{n_2}{9,55} = \frac{18,1}{9,55} = 1,89 \text{ рад/с}$$

Частота обертання і кутова швидкість поворотного столу

$$n_3 = \frac{n_2}{U_{\text{зп}}} = \frac{18,1}{6,875} = 3,63 \text{ хв}^{-1}$$

$$\omega_3 = \frac{n_3}{9,55} = \frac{2,63}{9,55} = 0,275 \text{ рад/с}$$

Крутний момент, переданий вхідним валом редуктора

$$P = M \cdot \omega, \text{ кН} \quad (2.38)$$

$$M_1 = \frac{P}{\omega_1} = \frac{5}{94,8} = 0,053 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Крутний момент, переданий вихідним валом редуктора

$$M_2 = M_1 \cdot U_p = 0,053 \cdot 50 = 2,64 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Крутний момент, необхідний для обертання поворотного столу

$$M_3 = M_2 \cdot U_{\text{зп}} = 2,64 \cdot 6,875 = 18,13 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Що відповідає обраному редуктору.

2.3.5 Геометричний розрахунок черв'ячної передачі редуктора приводу поворотного столу

Вихідні дані:

Міжосьова відстань

– $a_w = 244 \text{ мм}$

Черв'ячна передача

– глобоїдна

Передача

– без зсуву

| | |
|--------------------------------|----------------------|
| Число заходів черв'яка | – $Z_1 = 1$ |
| Число зубів черв'ячного колеса | – $Z_2 = 50$ |
| Передаточне число редуктора | – $U_1 = 50$ |
| Модуль черв'ячної передачі | – $m_s = 8\text{мм}$ |
| Коефіцієнт діаметру черв'яка | – $q = 11$ |

Діаметр ділильного циліндра (або діаметр ділильного глобоїда) черв'яка

$$d_{g1} = m_s \cdot g = 8 \cdot 11 = 88\text{мм} \quad (2.39)$$

Колеса:

$$d_{g2} = m_s \cdot Z_2 = 8 \cdot 50 = 400\text{мм} \quad (2.40)$$

Діаметр циліндра виступів черв'яка

$$D_{11} = d_{g1} + 2f_o m_s = 88 + 2 \cdot 1 \cdot 8 = 104\text{мм} \quad (2.41)$$

де f_o – коефіцієнт висоти зуба; $f_o = 0,8...1$

$2f_o m_s$ – глибина заходу колеса

колеса:

$$D_{12} = d_{g2} + 2f_o m_s = 400 + 2 \cdot 1 \cdot 8 = 416\text{мм} \quad (2.42)$$

Діаметр циліндра впадин черв'яка

$$D_{11} = d_{g1} - 2f_o m_s - 2c = 88 - 2 \cdot 1 \cdot 8 - 2 \cdot 1,6 = 68,8\text{мм} \quad (2.43)$$

де c – радіальний зазор; $c = 0,2m_s = 0,2 \cdot 8 = 1,6\text{мм}$

колеса

$$D_{12} = d_{g2} - 2f_o m_s - 2c = 400 - 2 \cdot 1 \cdot 8 - 2 \cdot 1,6 = 380,8\text{мм} \quad (2.44)$$

Міжосьова відстань передачі

$$a_w = 0,5(d_{g1} + d_{g2}) = 0,5m_s(q + Z_2) = 0,5(88 + 400) = 0,5 \cdot 8(11 + 50) = 244\text{мм} \quad (2.45)$$

Відносна швидкість точок черв'яка і черв'ячного колеса, дотичних в полюсі зачеплення (швидкість, ковзання):

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_{g1} \cdot n_{\text{ч}}}{60 \cdot 1000 \cdot \cos \gamma} = \frac{3,14 \cdot 88 \cdot 905}{60 \cdot 1000 \cdot 0,99588} = 4,2\text{м/с} \quad (2.46)$$

Довжина нарізаної частини черв'яка

$$L \geq \left(10 + \frac{Z_2}{15}\right)m_s = \left(10 + \frac{50}{15}\right) \cdot 8 = 106,6\text{мм} \quad (2.47)$$

Приймаємо $L=110$ мм.

Кут підйому гвинтової лінії по ділільному циліндру

$$\text{tg} \gamma = \frac{Z_1}{q} = \frac{1}{11} = 0,0909; \quad \gamma = 5^\circ 11' 40'' \quad (2.48)$$

Найбільший діаметр черв'ячного колеса

$$D_{12(\max)} = D_{12} + \frac{6 \cdot m_s}{Z_1 + 2} = 416 + \frac{6 \cdot 8}{1 + 2} = 432 \text{ мм} \quad (2.49)$$

Перш, ніж визначити сили в зачепленні, знайдемо К.К.Д. передачі

$$\eta = \eta' \cdot \eta_n \cdot \eta_p \quad (2.50)$$

де η' – враховує втрати в зачепленні, оскільки провідний елемент передачі черв'як, то

$$\eta' = \frac{\text{tg} \gamma}{\text{tg}(\gamma + \varphi')}, \quad (2.51)$$

де φ' – кут тертя

При бронзовому черв'ячному колесі і сталевому черв'яку при швидкості $V_s = 4,2 \text{ м/с}$, $\varphi' = 1^\circ 23'$

Тоді

$$\eta' = \frac{\text{tg} 5^\circ 11' 40''}{\text{tg}(5^\circ 11' 40'' + 1^\circ 23')} = \frac{0,08928}{0,11364} = 0,786$$

η_n – враховує втрати в підшипниках, при розрахунку черв'ячних передач з опорами кочення слід приймати $\eta_n = 1$

η_p – враховує втрати на розмішування і розбризування масла

$$\eta_p = 1 - \frac{1,4 V_{\text{ок}} \cdot B \sqrt{V_{\text{ок}} v}}{10^5 N}, \quad (2.52)$$

де $V_{ок}$ – окружна швидкість зануреного в масло черв'яка, $V_{ок} = V_s = 4,2 \text{ м/с}$
 ν – кінематична в'язкість мастила при робочій температурі; $\nu = 17 \text{ сСт}$
 B – довжина робочої частини черв'яка; $B = 11 \text{ см}$
 N – потужність, передавана зачепленням; $N = 5 \text{ кВт}$

Тоді

$$\eta_p = 1 - \frac{1,4 \cdot 4,2 \cdot 11 \sqrt{4,2 \cdot 17}}{10^5 \cdot 5} = 0,998$$

Підставивши отримані значення в (2.50), отримаємо:

$$\eta = 0,786 \cdot 1 \cdot 0,998 = 0,785$$

Оскільки провідною ланкою є черв'як [14]:

$$T_o \frac{2M_{ч.к.}}{d_{g2}} = P_1 \frac{\eta}{\text{tg}\gamma} \quad (2.53)$$

Звідки окружне зусилля в зачепленні:

$$P_1 = \frac{2M_{ч.к.} \cdot \text{tg}\gamma}{\eta \cdot d_{g2}} = \frac{2 \cdot 2,39 \cdot 0,0909}{0,785 \cdot 0,4} = 1,38 \text{ кН} \quad (2.54)$$

де $M_{ч.к.}$ – крутний момент на колесі, $M_{ч.к.} = 2,39 \text{ кН} \cdot \text{м}$

$$P_{a2} = P_1 = 1,38 \text{ кН}$$

Визначимо осьове зусилля на черв'яку P_{a1} з рівняння:

$$P_{a1} = \frac{2M_{\text{ч.}}}{d_{g1} \cdot \text{tg}(\gamma + \varphi')} = \frac{2 \cdot 0,051}{0,088 \cdot \text{tg}(5^{\circ}11'40'' + 1^{\circ}23')} = 10,2 \text{кН} \quad (2.55)$$

де $M_{\text{ч.}}$ – крутний момент на черв'яку, $M_{\text{ч}}=0,051 \text{кН} \cdot \text{м}$

$$P_{a1} = P_{\text{ч.}} = 10,2 \text{кН}$$

Визначимо радіальне зусилля на черв'яку $P_{\text{ч.1}}$ з рівняння [4]:

$$P_{\text{ч.1}} = P_{\text{ч.}} \cdot \text{tg}\alpha_s = 10,2 \cdot 0,36397 = 3,71 \text{кН}$$

де α_1 – половина кута між бічними сторонами впадин витка черв'яка в площині осьового значення. В глобоїдних передачах $\alpha_s \approx \alpha_1 \approx 20^{\circ}$ [4].

$$P_{\text{ч.2}} = P_{\text{ч.1}} = 3,71 \text{кН}$$

Визначимо реакції в опорах (рис.5.4)

$$\Sigma M_{(A)} = 0; \quad 3,71 \cdot 0,235 + 0,45 - (0,235 + 0,2175)R_{\text{Bв}} = 0 \quad (2.56)$$

Звідки $R_{\text{Bв}}=2,92 \text{кН}$

$$\Sigma M_{(B)} = 0; \quad (0,235 + 0,2175)R_{\text{Ав}} + 0,45 - 3,71 \cdot 0,2175 = 0 \quad (2.57)$$

Звідки $R_{\text{Ав}}=0,79 \text{кН}$

Перевірка: $R_{\text{Ав}} - P_{\text{г1}} + R_{\text{Bв}} = 0$

$$0,79 - 3,71 + 2,92 = 0$$

$$0=0$$

Умова виконується

Момент в небезпечному перетині

$$M' = R_{AB} \cdot l_1 + M_U = 0,79 \cdot 0,235 + 0,45 = 0,637 \text{кН} \cdot \text{м}, \quad (2.58)$$

При спільній дії вигинаючих та крутних моментів, з теорії найбільшого дотичного напруження.

$$M' = \sqrt{(M')^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{0,635^2 + 0,051^2} = 0,637 \text{кН} \cdot \text{м} \quad (2.59)$$

Момент опору в небезпечному перетині

$$D_{il} = 0,0688 \text{м}; \quad W = 0,1(D_{il})^3 = 0,1 \cdot 0,0688^3 = 0,0000325 \text{м}^3 \quad (2.60)$$

Напруження в небезпечному перетині з врахуванням дії сили $P_{a1} = 10,2 \text{кН}$

$$\delta = \frac{M\Sigma}{W} + \frac{P_{a1}}{F} = \frac{0,637}{0,0000325} + \frac{10,2}{60,8} = 19600 \text{кН/м}^2 = 19,6 \text{МПа} < [\delta]_U \quad (2.61)$$

де F – площа перетину;

$$F = \frac{\pi D_{il}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0688^2}{4} = 0,00372 \text{м}^2 \quad (2.62)$$

Черв'як виконаний із сталі 45 (НВ 179..207), для якої при реверсивному навантаженні $[\sigma]_{ш} = 135 \text{МПа}$ [14]. Елюри навантажень валу черв'яка наведено на рисунку 2.5

Для розрахунку валу черв'ячного колеса на міцність визначимо реакції в опорах

$$\Sigma M_{(A)} = 0; \quad 3,71 \cdot 0,159 - 0,276 - (0,159 + 0,159)R_{BВ} = 0$$

Звідки $R_{BВ} = 0,99 \text{ кН}$

$$\Sigma M_{(B)} = 0; \quad (0,159 + 0,159)R_{AВ} - 0,276 - 3,71 \cdot 0,159 = 0$$

Звідки $R_{AВ} = 2,72 \text{ кН}$

Перевірка: $R_{AВ} + R_{BВ} - P_{r2} = 0$

$$2,72 + 0,99 - 3,71 = 0$$

$$0 = 0$$

Умову виконано

Момент в небезпечному перетині

$$M' = R_{BВ} \cdot l_2 + M_U = 0,99 \cdot 0,159 + 0,276 = 0,44 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

При спільній дії моментів, що вигинають і крутять, з теорії найбільшого дотичного напруження:

$$M\Sigma = \sqrt{(M')^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{0,44^2 + 2,39^2} = 2,43 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

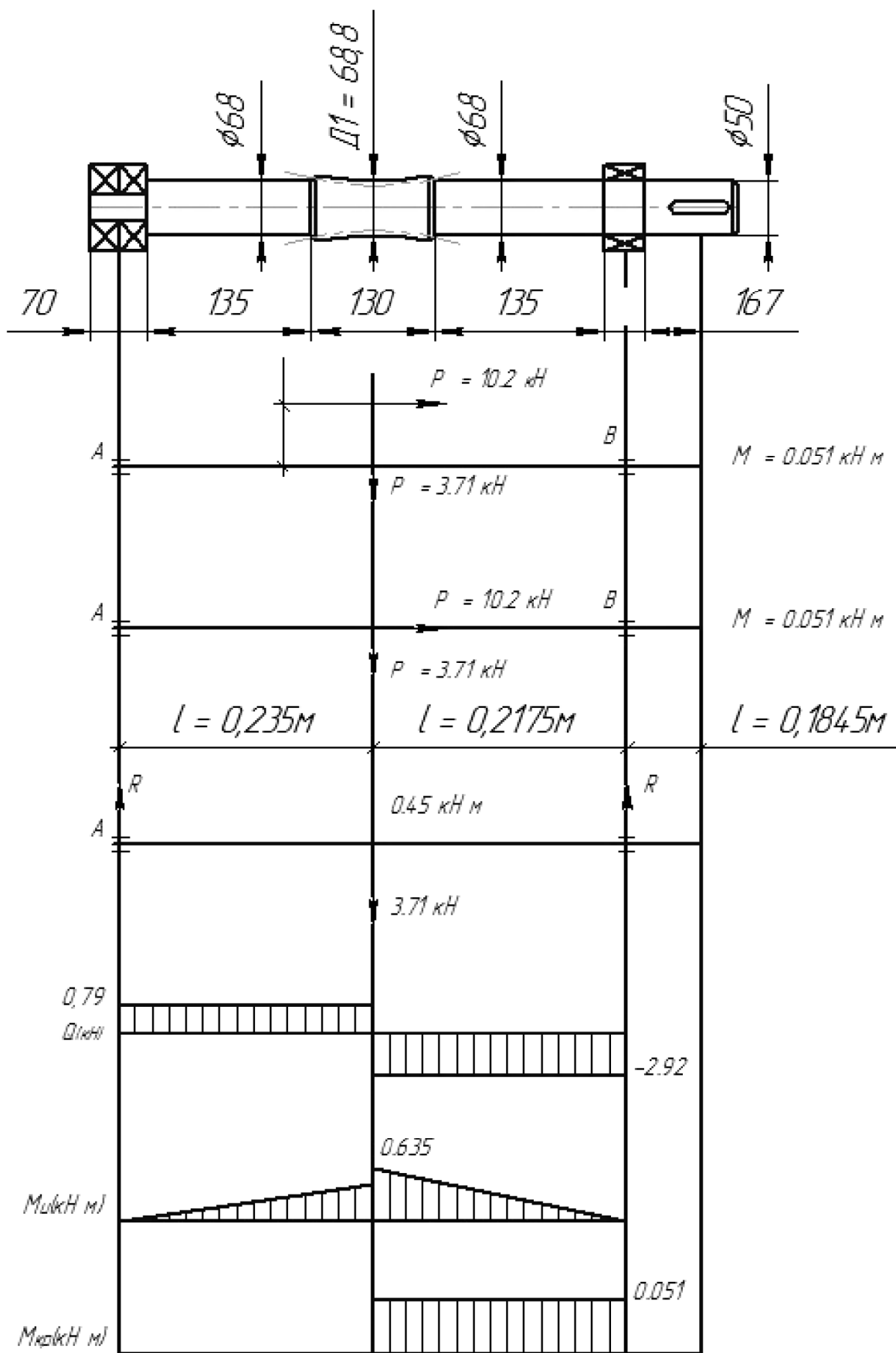


Рисунок 2.5 – Епюри навантажень валу черв'яка

Момент в небезпечному перетині

$$M' = R_{Bв} \cdot l_2 + M_U = 0,99 \cdot 0,159 + 0,276 = 0,44 \text{кН} \cdot \text{м}$$

При спільній дії моментів, що вигинають і крутять, з теорії найбільшого дотичного напруження:

$$M\Sigma = \sqrt{(M')^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{0,44^2 + 2,39^2} = 2,43 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Момент опору в небезпечному перетині

$$d = 0,095 \text{м}; \quad W = 0,1d^3 = 0,1 \cdot 0,095^3 = 0,0000857 \text{м}^3$$

Площа перетину

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,095^2}{4} = 0,00708 \text{м}^2$$

Напруження в небезпечному перетині з врахуванням дії сили $P_{a2} = 1,38 \text{кН}$

$$\sigma = \frac{M\Sigma}{W} + \frac{P_{a2}}{F} = \frac{2,43}{0,0000857} + \frac{1,38}{0,00708} = 28550 \text{кН/м}^2 = 28,55 \text{МПа} < [\sigma]_U$$

Вал черв'ячного колеса виконаний із сталі 45 (НВ 179.207), для якої $[\sigma]_{\text{н}} = 135000 \text{кН/м}^2 = 135 \text{МПа}$ Епюри навантажень валу черв'ячного колеса наведено на рисунку 2.6

Розміри валів, їх матеріал і термообробка задовольняють умові міцності.

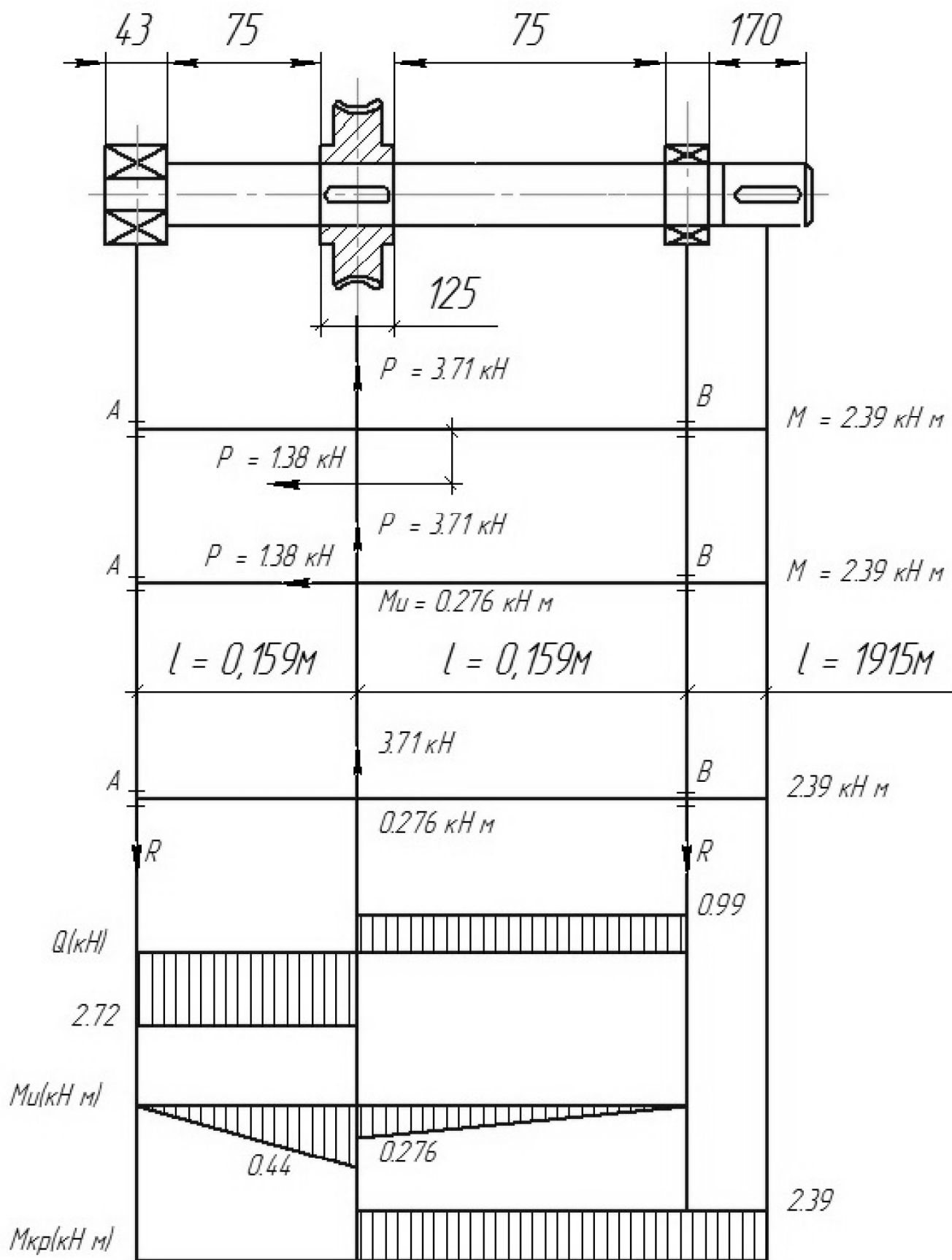


Рисунок 2.6 – Епюри навантажень валу черв'ячного колеса

2.3.6 Розрахунок підшипників валу черв'яка

На валу черв'яка встановлені один кульковий радіальний однорядний підшипник 412 ($d=60$ мм; $D=150$ мм; $B=35$ мм, динамічна вантажопідйомність $C=85,6$ кН, статистична вантажопідйомність $C_0=71,4$ кН, гранична частота обертання $n_{гр.}=3150$ об/хв) і два кулькових однорядних радіально-упорних підшипника 66412 ($d=60$ мм; $D=150$ мм; $B=35$ мм, динамічна вантажопідйомність $C_a=98$ кН, статистична вантажопідйомність $C_{0a}=81$ кН, гранична частота обертання $n_{гр.}=2000$ хв⁻¹ [15].

Еквівалентне динамічне навантаження для найбільш навантаженої опори В

$$P_a = (XF_r + YF_a)K_\delta K_T, \text{ кН} \quad (2.63)$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження, $X=0,44$;

Y – коефіцієнт осевого навантаження, $Y=1,23$;

K_δ – коефіцієнт безпеки, $K_\delta=1,2$;

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T=1,05$.

Тоді

$$P_a = (0,44 \cdot 2,92 + 1,23 \cdot 10,2)1,2 \cdot 1,05 = 17,4 \text{ кН}$$

Визначимо номінальну довговічність підшипника в мільйонах обертів

$$L = \left(\frac{C}{P_a} \right)^3 = \left(\frac{85,6}{17,4} \right)^3 = 119 \cdot 10^6 \text{ обертів}$$

Довговічність підшипника в годинах

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n_q} = \frac{10^6 \cdot 119 \cdot 10^6}{60 \cdot 905} = 2,2 \cdot 10^9 \text{ годин}$$

Що задовольняє вимогам технологічного процесу.

2.3.7 Розрахунок підшипників валу черв'ячного колеса

На валу черв'ячного колеса встановлені два кулькових радіальних однорядних підшипника 318 по ($d=90$ мм; $D=190$ мм; $B=43$ мм, $C=112$ кН, $C_0=101$ кН, $n_{гр.}=3150$ об/хв); Найбільш навантажена опора А [15].

$$R_{\Delta B} = F_{\text{ч}} = 2,72 \text{ кН}$$

$$F_a = P_{a2} = 1,38 \text{ кН}$$

Тоді

$$P_a = (0,44 \cdot 2,72 + 1,23 \cdot 1,38) 1,2 \cdot 1,05 = 3,6 \text{ кН}$$

$$L = \left(\frac{112}{3,6} \right)^3 = 30,1 \cdot 10^9 \text{ обертів}$$

Довговічність підшипника в годину

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 30,1 \cdot 10^9}{60 \cdot 18,1} = 28 \cdot 10^{12} \text{ годин}$$

Що цілком задовольняє вимогам технологічного процесу.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок фундаменту та елементів

Відповідно до рекомендацій [15] на 1 тонну ваги встановлюваного устаткування необхідно 3...5 м³ бетону. Отже, при загальній вазі встановлюваного устаткування поворотного столу, яка дорівнює G_{ОБ}=15 т, обсяг фундаменту складе V_ф = 5 · 15 = 75 м³, при щільності бетону γ = 2,1 т/м³ загальна вага фундаменту, дорівнює:

$$G_{\text{ф}} = V_{\text{ф}} \cdot \gamma = 75 \cdot 2,100 = 157,5\text{т} = 157500 \text{ кг} \quad (3.1)$$

Визначимо розміри фундаменту з умови, що загальні габарити столу з приводом складають: a = 5200 мм, b = 3600 мм.

$$a' = a + 2n_1, \quad (3.2)$$

$$a'' = a' + 2n_2, \quad (3.3)$$

$$b' = b + 2n_1, \quad (3.4)$$

$$b'' = b' + 2n_2, \quad (3.5)$$

де n₁=200 мм – величина збільшення розміру фундаменту;

n₂=200 мм – величина збільшення розміру фундаменту;

a', a'', b', b'' – розміри фундаменту, мм.

Підставивши значення у вирази 3.2-3.5, одержимо:

$$a' = 5200 + 2 \cdot 200 = 5600 \text{ мм},$$

$$a'' = 5600 + 2 \cdot 200 = 6000 \text{ мм},$$

$$b' = 3600 + 2 \cdot 200 = 4000 \text{ мм},$$

$$b'' = 4000 + 2 \cdot 200 = 4400 \text{ мм.}$$

Визначимо максимальний тиск на ґрунт, який створює устаткування:

$$\rho = \frac{G_M + G_{об} + G_{\phi}}{a'' \cdot b''} + \frac{M_{опр}}{W} \leq [\rho], \quad (3.6)$$

де $G_M = 16000$ кг – вага рулону;

$G_{об} = 15000$ кг – вага устаткування;

$G_{\phi} = 157500$ кг – маса фундаменту;

a'' , b'' – розміри фундаменту, 600, 440 см відповідно;

$M_{опр} = 0,051 \text{ кНм} = 510$ кг см – максимальний перекидний момент;

W – момент опору фундаменту повороту в ґрунті

$$W = \frac{(a'')^2 \cdot b''}{6} = \frac{(600)^2 \cdot 440}{6} = 26400000 \text{ см}^3$$

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

Підставивши значення у вираз 3.5, одержимо:

$$\rho = \frac{16000 + 15000 + 157500}{600 \cdot 440} + \frac{510}{26400000} = 0,72 \text{ кг/см}^2 < [\rho] = 2 \text{ кг/см}^2$$

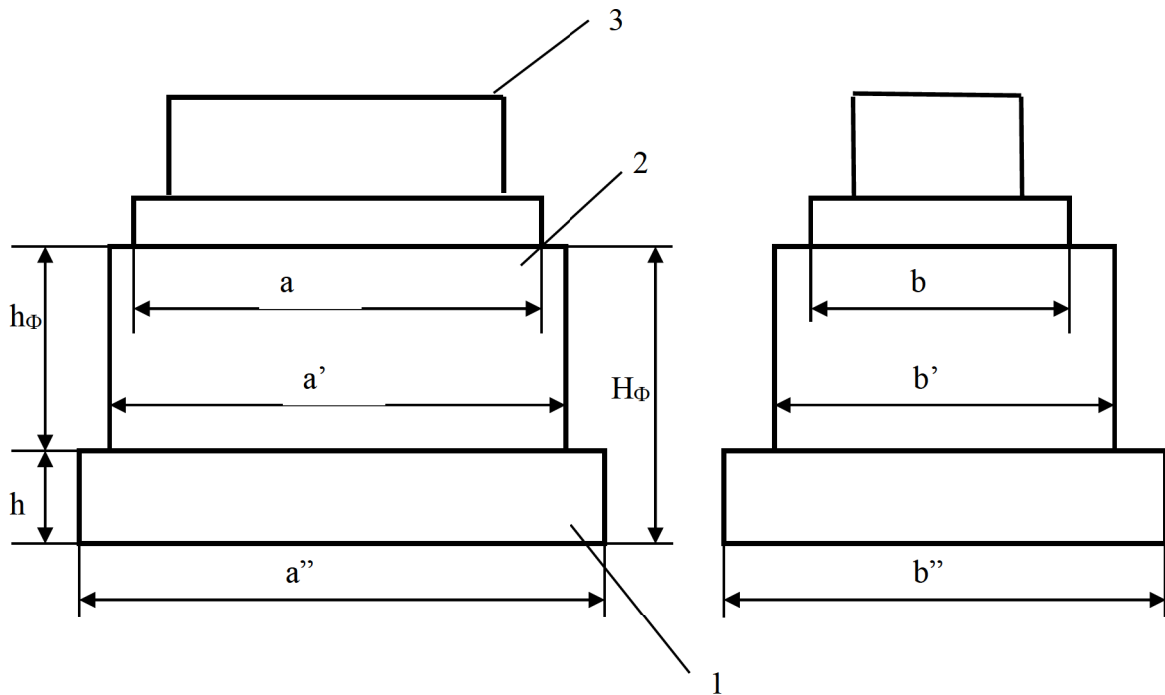
Умову виконано.

Висота фундаменту дорівнює:

$$V_{\phi} = a'' \cdot b'' \cdot H_{\phi} \cdot \frac{1}{5} + a' \cdot b' \cdot H_{\phi} \cdot \frac{4}{5}, \quad (3.7)$$

де a' , a'' , b' , b'' – габарити фундаменту, м

$$V_{\phi} = 6 \cdot 4,4 \cdot H_{\phi} \cdot \frac{1}{5} + 5,6 \cdot 4 \cdot H_{\phi} \cdot \frac{4}{5} = 23,2 H_{\phi}$$



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

Рисунок 3.1 – Схема фундаменту

Підставивши значення обсягу бетону, одержимо висоту фундаменту

$$H_{\phi} = \frac{75}{23,2} = 3,23 \text{ м.}$$

Приймаємо $H_{\phi}=3,5$ м.

Висота підшви фундаменту:

$$h_{\Pi} = \frac{1}{5} \cdot H_{\phi}, \quad (3.8)$$

$$h_{\Pi} = \frac{3,5}{5} = 0,70 \text{ м.}$$

Приймаємо $h_{\Pi}=0,7$ м.

Висота власне фундаменту:

$$h_{\phi} = H_{\phi} - h_{\pi}, \quad (3.9)$$

$$h_{\phi} = 3,5 - 0,7 = 2,8 \text{ м.}$$

Анкерні болти вибираються з умови:

$$K_y = \frac{M_{\text{відн}}}{M_{\text{пер}}} \geq 1,4 \quad (3.10)$$

$$\text{тоді } M_{\text{відн}} = 1,4 \cdot M_{\text{пер}}.$$

де K_y – коефіцієнт стійкості;

$M_{\text{пер}}$ – перекидаючий момент, $M_{\text{пер}} = 0,051 \text{ кНм}$;

$M_{\text{відн}}$ – момент, що відновлює:

$$M_{\text{відн}} = G_M \cdot 0,5 \cdot a_B + Q_B \cdot a_B \cdot n_{\text{ряд}}; \quad (3.11)$$

Тоді

$$Q_B = \frac{1,4 \cdot M_{\text{ОПР}} - G_M \cdot 0,5 \cdot a_B}{a_B \cdot n_{\text{ряд}}}, \quad (3.12)$$

де $a_B = 0,75 \text{ м}$ – відстань між анкерними болтами;

G_M – вага рами з приводом, $G_M = 13,4 \text{ кН}$.

$n_{\text{ряд}} = 2$ – число анкерних болтів з однієї сторони рами.

Підставивши значення у вираз 3.12, одержимо:

$$Q_b = \frac{1,4 \cdot 0,051 - 13,4 \cdot 0,5 \cdot 0,75}{0,75 \cdot 2} = -3,3 \text{ кН}$$

З розрахунку видно, що значення Q отримане з негативним значенням, це означає, що устаткування може бути встановлене без закріплення (перекидаючий момент менше того, що відновлює). Однак з міркувань надійності закріплюємо устаткування анкерними болтами пропорційними габаритами устаткуванню. Приймаємо для закріплення анкерний болт М20, кількість рядів 2, кількість болтів у ряді 3.

Виходячи із цього розрахуємо зусилля затягування:

$$Q_b = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot [\sigma]}{4} = \frac{3,14 \cdot 18,160^2 \cdot 120}{4} = 31066 \text{ Н} \approx 31 \text{ кН}. \quad (3.13)$$

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

$$\varphi_{\text{пв}} = 360^\circ \frac{Q_b \cdot B}{t \cdot E \cdot A}, \quad (3.14)$$

де d – діаметр болта, м;

Q_b – зусилля попереднього затягування болта, Н;

$E=2 \cdot 10^5$ – модуль пружності матеріалу болта, МПа;

$t=1,5$ – крок різьби, мм;

A – площа перерізу болта по різьбі, мм²:

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 18,160^2}{4} = 259 \text{ см}^2 \quad (3.15)$$

Підставивши отримані значення в (3.15) отримаємо

$$\varphi_{nz} = 360^\circ \frac{31000 \cdot 200}{1,5 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 259} = 27^\circ$$

Для забезпечення необхідного зусилля зтягування варто використовувати динамометричні ключі або головки, які дозволяють контролювати зтягнення та запобігають порушенню різьблення болта.

3.2 Розрахунок системи змащування редуктора поворотного столу

Для надійної роботи вузлів тертя застосовують три види змащення [17]:

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

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

Вихідні дані:

- потужність передана редуктором $N=5$ кВт;
- максимальний момент на тихохідному валу $M_{\max}=2,39$ кНм;
- число обертів тихохідного вала $n_T=18,1$ хв⁻¹;
- передаточне число редуктора $i=50$.

Діаметри коліс редуктора:

$$d_1 = 88\text{мм}; d_2 = 400\text{мм};$$

Визначимо лінійну швидкість на кожному щаблі редуктора:

$$V_2 = \frac{d_2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} = \frac{0,400 \cdot 3,14 \cdot 18,1}{60} = 0,38\text{м/с}; \quad (3.16)$$

Ширина зубців коліс: $B = 6,5\text{см}$.

Визначимо тиск на одиницю довжини зуба:

$$q = \frac{102N}{V \cdot B}, \quad (3.17)$$

де $N = 5\text{кВт}$ – потужність приводу;

V – окружна швидкість, м/с;

B – ширина зубчастого колеса, см

Таким чином

$$q_2 = \frac{102 \cdot 5}{0,38 \cdot 6,5} = 206\text{кН/м}.$$

Для вибору мастильного матеріалу використаємо формулу:

$${}^0\text{ВУ}_{50} = \frac{q \cdot m}{20}, \quad (3.18)$$

де ${}^0\text{ВУ}_{50}$ – умовна в'язкість масла при температурі 50°C ;

m – коефіцієнт, що залежить від окружної швидкості ($m=1$, при $V > 10\text{ м/с}$, $m=1,6$ при $V \leq 8\text{ м/с}$).

Таким чином:

$${}^0\text{ВУ}_{50}^2 = \frac{206 \cdot 1,6}{20} = 16,48.$$

У результаті розрахунків вибираємо масло І–20А з параметрами:

| | |
|---|--------------------------|
| В'язкість кінематична при 50 ⁰ С | 17–23 мм ² /с |
| Температура застигання | –15 ⁰ С |
| Масова частка активних елементів | |
| фосфор | 0,12% |
| сірка | 1,7%...2,2% |
| Індекс задиру, С | 43 |
| Показник зношування, Д _з | 0,37 |

Кількість тепла, що виділяється у вузлах тертя, к Дж/год :

$$Q_1 = 860(1 - \eta)N \cdot 4,1868 \cdot 0,6, \quad (3.19)$$

де $\eta = 0,75$ – ККД редуктора;

$N=5$ кВт –потужність, що передається редуктором.

Підставивши значення в 3.19, одержимо:

$$Q_1 = 860(1 - 0,75) \cdot 5 \cdot 4,1868 \cdot 0,6 = 2700 \text{ кДж/год.}$$

Кількість тепла, що може бути відведене від вузлів тертя в навколишній простір визначаємо по формулі:

$$Q_2 = k(t_m - t_b)A, \quad (3.20)$$

де $k = 50 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{год})$ – коефіцієнт теплопередачі;

$t_m = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура масла;

$t_b = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура повітря навколишнього середовища, в теплий період року;

$A = 3,18 \text{ м}^2$ – площа поверхні теплообміну з навколишнім середовищем

Підставивши значення у вираз 3.20, одержимо:

$$Q_2 = 50 \cdot (50 - 25) \cdot 3,48 = 4350 \text{ кДж/год.}$$

Оскільки $V_{\max} = 4,18 \text{ м/с}$ і $Q_1 < Q_2$ значить все тепло, що виділяється у вузлах тертя, може бути відведене в навколишній простір шляхом теплопередачі, тому приймаємо картерну систему змащення.

Розрахуємо кількість мастила, яку необхідно залити в редуктор:

— за переданою потужністю

$$G_M = (0,3 \div 0,5) \cdot N = (0,3 \div 0,5) \cdot 5 = 1,5 \div 2,5 \text{ літрів} \quad (3.21)$$

— за площею піддону картеру

$$G_M = (h_1 + h_2) \cdot A_{\text{под}} \quad (3.22)$$

де h_1, h_2 – відповідно глибина занурення зубців в мастило та відстань від картеру до зубців колеса, м (рис. 3.2);

приймаємо $h_1 = 130 \text{ мм}$;

$h_2 = 25 \text{ мм}$;

$A_{\text{под}} = 0,678 \text{ м}^2$ – площа картера.

$G_{\text{М}} = (0,130 + 0,025) \cdot 0,678 \cdot 10^3 = 105 \text{ літрів.}$

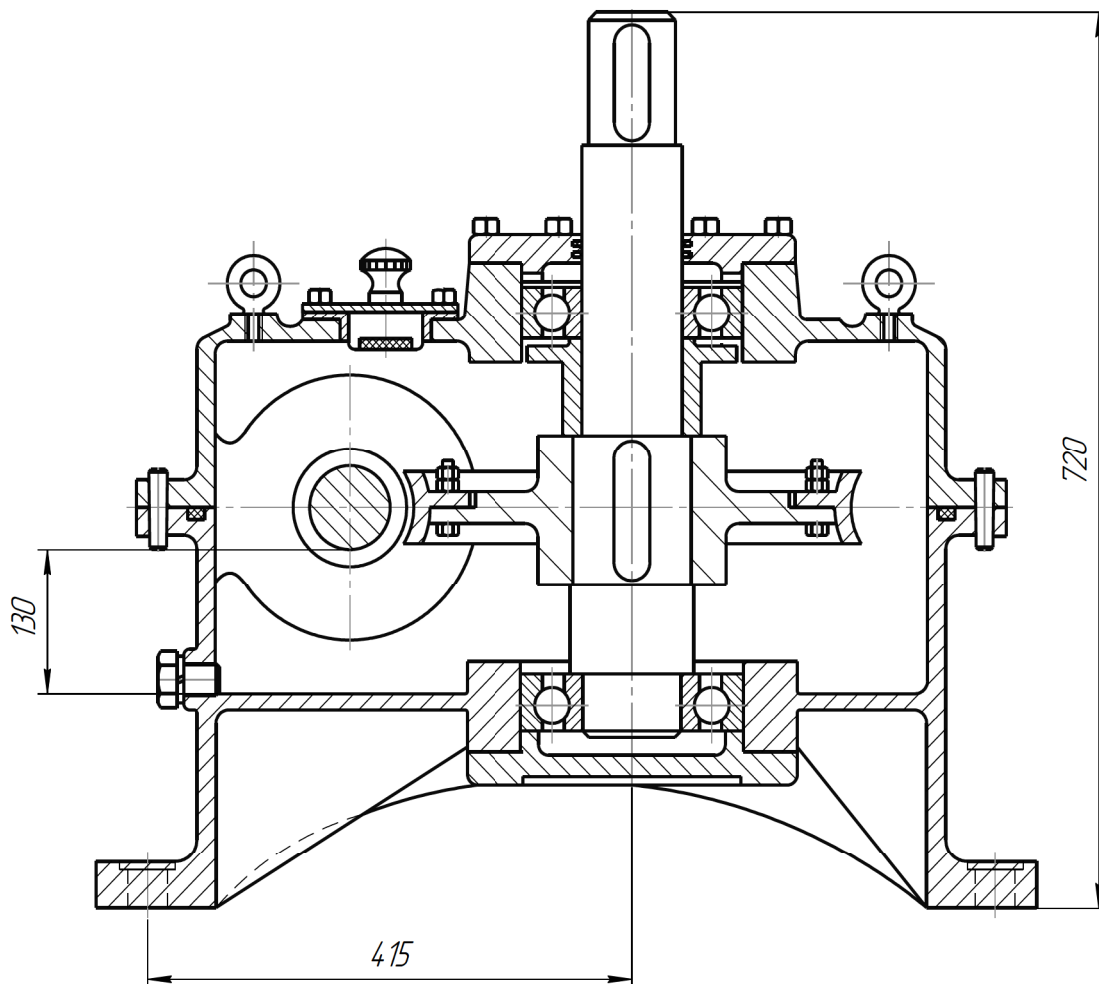


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку кількості мастила яке заливають у редуктор

З двох $G_{\text{М}}$ приймаємо більше значення, таким чином кількість мастила, яку заливають до редуктору дорівнює 105 літрам.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

В таблиці 4.1 приведена оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу професія – слюсарь механік, робоче місце – АПР-1

| № п/п | Фактори виробничого середовища й трудового процесу | Нормативне значення (ПДК, ПДУ) | Фактичне значення | III клас – шкідливі й небезпечні умови й характер праці | | | Час дії фактора, %, за зміну |
|---------------------|---|--------------------------------|-------------------|---|------|--------|------------------------------|
| | | | | Іст. | Іст. | ІІІст. | |
| 1 | Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : I клас небезпеки Ангідрид хромовий | 0,01 | 0,014 | 1,4 | | | 83,1 |
| | II клас небезпеки Кислота соляна | 1,0 | 3,1 | | 3,1 | | 85 |
| | Етилмеркаптан | 1,0 | 1,42 | 1,42 | | | |
| | III–IV клас небезпеки Етиленгліколь | 5,0 | 26,5 | | 5,3 | | 83,1 |
| 2 | Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³ (кремнію діоксида 2,5%) | 4,0 | 11,3 | 2,8 | | | 83,1 |
| 3 | Шум, дБА | 80 | 94 | | 14 | | 100 |
| 4 | Мікроклімат у приміщенні (в теплий період року): – температура повітря, °С | 16–27 | 28 | 1 | | | 92,5 |
| | – швидкість руху повітря, м/с | 0,2–0,5 | 0,27 | | | | 92,5 |
| | – відносна вологість повітря, % | 55 | 46 | 16 % | | | |
| 5 | Категорія важкості і напруженості праці: середня, Пб | | | | | | |
| Кількість факторів: | | | | 4 | 3 | | |

У цеху холодної прокатки виробництво не пов'язане з високою концентрацією шкідливих газів і випаровувань. Виробничий пил у нормі допустимого впливу. У цеху існує установка для вловлювання пару і мелкодисперсних часток емульсії, установлюються місцеві укоси.

Гігієнічна оцінка умов праці (згідно табл.7.2) – умови й характер праці відносяться до III класу 2 ступеня.

Оцінка технічного й організаційного рівня – відповідає технологічному регламенту й проекту організації праці на робочому місці

Атестація робочого місця – робоче місце має в наявності: 4 фактори 1 ступені, 3 фактори 2 ступені. По показниках робоче місце слід вважати зі шкідливими й важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №2 п.2. В таблиці 4.2 приведені пільги й компенсації.

Таблиця 4.2 – Пільги й компенсації

| Пільги | Діючі | Пропоновані |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 1. Пенсійне забезпечення | Сп-2 | Сп-2 |
| 2. Доплати | до 12 % | до 12 % |
| 3. Додаткові відпустки | 7 | 7 |
| 4. Інші | молоко (0,5 л в зміну) | молоко (0,5 л в зміну) |

4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

У таблиці 4.3 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходу щодо їхнього усунення, які мають місце у відділенні обробки холоднокатаного металу.

У прокатному виробництві має місце випар технологічного змащення. Для видалення цих пар перед кліттю й за нею встановлюють витяжні парасолі.

У дресирувальному відділенні також використовують природню вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і видаляється через щілини, вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Також в травильному відділенні має місце випару соляної кислоти для видалення цього випаровування перед кліттю й за нею встановлюють витяжні парасолі.

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

| № п/п | Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища | Захисний пристрій | Тип пристрою | Параметри пристрою | Місце установки |
|-------|---|---|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1. | Масляний туман | Фільтруюча установка | Двоступінчаста волокниста | Витрата повітря 103 м ³ /с | Стационарна установка |
| 2. | Запиленість | Витяжна вентиляція | Механічна | 40000 м ³ /год | Стационарна установка |
| 3. | Запилованість | Респіратор ЗІЗОД | «Пелюсток»-40, РУ - 60 | - | Індивідуально |
| 4. | Шум | Навушники протишумові | - | Придатний до 110 дБА | Індивідуально |
| 3 | Температура -холодний період | Утеплена куртка, ватяні брюки костюм х/б рукавиці | Тн 20 | $t \geq -20^{\circ}\text{C}$ | Індивідуально |
| | -теплий період | | Ти 15 | $t \geq 15^{\circ}\text{C}$ | |

Всі співробітники цеху забезпечені спецодягом та засобами індивідуального захисту згідно [19].

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

У цехах з повним виробничим циклом необхідно приділяти особливу увагу опаленню й вентиляції.

Теплопостачання не повинно давати збоїв у виробництві й незручності для працюючих.

Основними складовими теплопостачання є самі люди; через зовнішні огороження (у теплий або холодний період року); від штучного освітлення; від працюючих нагрівальних приладів системи опалення; від споживаної електричної потужності технічного устаткування, розташованого в приміщенні.

Для опалення побутових приміщень використовуються батареї чавунні та алюмінієві, у яких в якості теплоносія застосовано пар з температурою 120 °С.

Норми мікроклімату на постійних робочих місцях згідно [20] наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої важкості

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

4.3.2 Склад повітря

Враховуючи незначні тепловиділення від нагрівальних пристроїв, металу, що остигає, у прокатних цехах необхідно використовувати можливості аерації, організувати в літню пору року максимально можливий повітрообмін. У важко провітрюваних місцях слід застосовувати штучну вентиляцію з охолодженням

повітря. Гарний ефект дає розпилення води й подача води на порожнині пропелерних вентиляторів, що обдувають. Для захисту від тепловипромінювання необхідно широко застосовувати різні завіси й екрани. Для боротьби з пилом, який у значній кількості утворюється при прокатці металу, широко застосовують гідрообезпилювання, установлюючи біля валків форсунки, що розпиляють воду.

У ряді випадків для видалення пилу, що утворюється, можна успішно застосовувати витяжну вентиляцію [21].

4.3.3 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, й може бути причиною нещасних випадків і захворювань зору.

Характеристика приміщення агрегату поперечного різання:

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| – характер робіт | середня точність |
| – розмір об'єкта розпізнавання, мм | від 0,5 до 1 |
| – розряд зорової роботи | IV |
| – підрозряд роботи | B |
| – контрастність об'єкта розпізнавання | середня |
| – яскравість, контрастність | середня |
| – E_H – | штучна, лк |
| – (при газорозрядних лампах) | 400 |

Для ремонту устаткування передбачене штучне освітлення енергозберігаючими лампами ($N=400\text{Вт}$, $\Phi=24000$ Лк), світильники – глибоковипромінювачі.

В цеху штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природнього 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.

Згідно [22] для приміщень, у яких проводяться роботи 6 розряду, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, передбачається комбіноване освітлення.

Природне освітлення нормується. Основним показником нормування служить коефіцієнт природної освітленості (КПО) [23].

Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КПО для нього буде обчислюватися по формулі [23]:

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

де КПО_{in}^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.

4.4 Виробничий шум

Діючи через орган слуху, шум викликає зміни в нервовій системі, він є причиною більш швидкого, ніж у звичайних умовах, розвитку стомлення й зниження працездатності.

Робота в умовах сильного шуму може викликати головний біль, запаморочення, ослаблення уваги. Шум шкідливо впливає на центральну нервову й серцево-судинну системи, на функції шлунка, залоз внутрішньої секреції й ін.

Суб'єктивне сприйняття гучності звуку залежить від його частоти. Два звуки однакового рівня звукового тиску, але різної частоти сприймаються вухом як звуки різної гучності (табл. 4.5). Тому для кількісної оцінки рівня гучності використовується порівняння вимірюваного звуку з еталонним звуком частоти 1000 Гц.

У цеху холодної прокатки металургійного комбінату виникають шуми різних рівнів.

Таблиця 4.5 – Рівень шуму в цеху

| № п/п | Джерела шуму | Рівень шуму, дБА |
|-------|-------------------------------|------------------|
| 1. | Травильна лінія | 95–98 |
| 2. | 5-ти роликів правильна машина | 85 |
| 3. | Реверсивний стан | 80–90 |
| 4. | Дресирувальний стан | 65–75 |
| 5. | Агрегат різання | 85–90 |
| 6. | Тандем | 80 |
| 7. | Агрегат металосплава | 90 |

По санітарних нормах залежно від частотного складу (спектра) усі шуми розділяються на три класи:

- 1) низькочастотні (нижче 30 Гц);
- 2) середньочастотні (нижче 80 Гц);
- 3) високочастотні (вище 80 Гц).

припустимі рівні шуму, дБА:

Клас «1» 90 – 100

«2» 85 – 90

«3» 75 – 85.

В умовах шумів усіх трьох класів розбірливість мови повинна бути задовільною на відстані 1,5 м від мовця.

Санітарними нормами [24] встановлюють обмеження рівня звукового тиску шуму, що виникає усередині виробничих приміщень, ао також протікає в них ззовні протягом більш чотирьох годин у зміну.

Правильна організація праці й відпочинку й установа (у випадках необхідності) підмін при роботі в гучних виробництвах, що забезпечують захист організму від професійних захворювань. Для відпочинку в перервах робочого часу приділяється місце, ізольоване від шуму.

Для ослаблення шуму агрегатів у джерелі застосовують наступне:

- заміну ударних дій ненаголошеними;
- заміну зворотно–наступальних рухів деталей агрегатів обертальними;
- змащення деталей, що змащуються грузлими рідинами;
- заміна підшипників кочення підшипниками ковзання.

Шумливі вузли агрегату (редуктори, передачі, деталі що зіштовхуються і т.д.) поміщують в ізолюючі кожухи.

Індивідуальний захист органів слуху виконують застосуванням противошумів (антифонів) зовнішніх і внутрішніх. Зовнішні противошуми або щільно пристосовують до вушної раковини, або охоплюють її зовні (без щільного прилягання). Внутрішні противошуми вставляють у зовнішній слуховий прохід, вони бувають суцільні, з каналом і мембраною. По роду матеріалів вони бувають м'які й тверді. М'які виготовляють з губки, вати, марлі, іноді їх просочують маслами, воском, смолами, парафіном і т.д. Тверді виготовляють із пластмас. Особливо корисне застосування противошумів при роботі в обстановці середньо– і високочастотних шумів. Для захисту від низькочастотних шумів використовують заглушки – кліпси – гумові пробочки із плоскою торцевою поверхнею, закріплені на ободку із пружного сталевого дроту діаметром 1,5–2 мм; обід охоплює голову позаду.

4.5 Техногенна безпека

4.5.1 Електробезпека

Електроустановка і його експлуатація повинні відповідати вимогам правил пристрою електроустановок, правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачами. Виробництво холодного прокату є великим

споживачем електроенергії й має розвинене електрогосподарство й складне електроустаткування. Напряга електричного струму 380 В – трифазна, частотою 50 Гц.

Для забезпечення безпечної, безаварійної й високопродуктивної роботи електроустаткування до його устрою й експлуатації пред'являється ряд вимог. Насамперед ці вимоги стосуються виконання самого електроустаткування, оснащення його захисними засобами й організації безпечної експлуатації. Залежно від характеристики виробничого середовища згідно із Правилами пристрою електроустановок (ПУЕ) виробничі приміщення підрозділяються на три категорії: без підвищеної небезпеки; приміщення з підвищеною небезпекою; особливо небезпечні приміщення [25].

Електронезбезпечними є пости керування (друга група по електробезпечності). Джерелом небезпеки є струм високої напруги (до 380 В) у кабелях енергосистем. Для забезпечення безпеки персоналу від поразки електричним струмом застосовують контурне заземлення електроустановок. Опір заземлюючого контуру не перевищує 4 Ом.

Для захисту від поразки електричним струмом при роботі з ручним електроінструментом застосовують знижені напруги живлення електроустановок: 42, 36, 12 В.

Внаслідок несправності електричних систем або порушення ізоляції, частини електричного устаткування можуть виявитися під напругою. Для зменшення небезпеки поразки персоналу струмом металеві частини електроустаткування правильної машини заземлені підключенням до загальної цехової системи заземлення.

У якості заземлюючих відгалужень до устаткування, де за умовами роботи не потрібні гнучкі провідники, застосовуються мідні або алюмінієві провідники. У якості заземлюючих провідників, що утворюють заземлюючу магістраль, застосовується смугова або кругла сталь, перетином порядку 48 мм² .

Безпека електроустановок, забезпечується застосуванням засобів колективного й індивідуального захисту. До засобів колективного захисту від поразки струмом відносяться:

- застосування посиленої (подвійний) ізоляції;
- захисне заземлення й занулення корпусів електроустановок, які можуть виявитися під напругою;
- автоматичне захисне відключення випадкове опинившихся під напругою частин електроустановки й ушкоджених ділянок ланцюга.

У якості заходів попередження поразки електричним струмом при роботі з переносними світильниками в цеху є мережа напругою 36 В, а при виконанні робіт в особливо небезпечних або замкнених приміщеннях (тунелях) використовуються переносні світильники напругою 12 В.

4.5.2 Безпека при виконанні ремонтних робіт

Зменшити дію шкідливих факторів під час виконання ремонтних робіт покликане використання засобів індивідуального захисту: спец одягу, спец взуття, засобів захисту рук і головних уборів.

Для захисту від впливу високої температури, полум'я іскор, що відлітають, окалини й бризів розплавленого металу, застосовується спецодяг, як матеріал для виготовлення якого використовується сукно.

Для захисту органів подиху використовують респіратор типу «Пелюсток».

Спеціальне взуття забезпечує захист працюючих від механічних травм, теплових опіків, високих температур, пили, вологи й забруднюючих речовин.

Для захисту рук від механічних пошкоджень та травмування шкірного покриву під час ремонту використовують сукняні й брезентові рукавиці.

Для захисту шкіри особи й органів зору використовуються наголовні й універсальні щитки, що захищають очі й прилягаючі ділянки тіла людини.

Для запобігання дії небезпечного фактора виробництва під час ремонтів необхідно кожному робітникові знати й дотримуватися інструкцій з охорони

праці. Усі механізми й агрегати повинні бути обладнані звуковою або світловою сигналізацією. На вході у виробничі приміщення розміщуються попереджуючі й заборонні знаки, що вказують на особливості даного приміщення.

Усі електроустановки повинні бути закриті й мати маркування. Також повинні містити попереджуючі вказівки й інформацію про дії в аварійних ситуаціях [26].

4.5.3 Заходи пожежної безпеки

Під системами пожежного захисту розуміються комплекси організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі й вибуху, а також обмеження матеріального збитку [27].

У прокатному виробництві в цехах відсутнє пожежонебезпечне й вибухонебезпечне виробництво. Цех входить у категорію «Д» пожежної безпеки, тому що тут є неспаленні речовини й матеріали в холодному стані [28].

До первинних засобів пожежогасіння на комбінаті відносять: вогнегасники, пожежний реманент (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний реманент (багри, ломи, сокири й ін.).

Спорудження конструкцій цеху є вогнестійкими. Будівельні конструкції виконані із залізобетону. У випадку виникнення пожежі, на високому рівні розвинена система пожежогасіння, яка оснащена автоматичними установками.

Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами. Також має пожежні пости встановлені на ділянках цеху в комплект яких входить: вогнегасники порошкові ВП-8 – 93 шт., ящик з піском – 1 шт., ломи – 2 шт., багри – 3 шт., лопати – 2 шт.

У складських приміщеннях встановлені бочки з водою місткістю 0,2 м³ з укомплектованими цебрами місткістю 0,008 м³.

Ділянка по пожежонебезпеці має категорію Д (горючі та важко горючі сполуки й матеріали в холодному стані). Будівля ділянки відноситься до III ступеня вогнебезпечності (будівлі з несучими конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

Для захисту від прямих ударів блискавок застосовують блискавковідвід, що полягає з блискавкоприймальника, що сприймає, блискавки, струмовідводу, що з'єднує блискавкоприймальник із землею, і заземлювача струму, що відводить, блискавки в землю. Блискавковідвід створює певний захист – частина простору, у межах якого забезпечується захист будинків і споруджень від прямих ударів блискавки.

Для цеху холодної прокатки в якості блискавкоприймальника служать металевий дах і ферми, які надійно з'єднані (зварюванням) між собою й металевими колонами, які підходять на роль струмовідводу, тому що їхній перетин більше, чим 35 мм^2 і вони з'єднані із заземлюючим контуром цеху, який у цьому випадку відіграє роль заземлювача.

4.6 Аеродинамічний розрахунок вентиляції травильного відділення

Завданням даного розрахунку є визначення втрат тиску в мережі. Розрахункова схема вентиляції представлена на рисунку 4.1.

Ділянка 1.

Довжина ділянки $L_1=24 \text{ м}$

Швидкість руху повітря $v_1=5,5 \text{ м/с}$

Визначаємо діаметр воздуховода зі сторонами 606x406. Для воздуховодів прямокутного перетину зі сторонами a x b приймається

$$d = d_{\text{екв}} = \frac{2ab}{a + b}; \quad (4.2)$$

Тоді з (4.2) знаходимо

$$d_{\text{екв1}} = \frac{2 \cdot 606 \cdot 406}{606 + 406} = 486,24 \text{ мм}$$

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{\text{д1}} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2}; \quad (4.3)$$

де ρ – щільність повітря, $\rho=1,293 \text{ кг/м}^3$.

$$P_{\text{д1}} = \frac{5,5^2 \cdot 1,293}{2} = 19,56 \text{ Па}$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{\text{р1}} = \frac{\lambda}{d} \cdot P_{\text{д}}; \quad (4.4)$$

де λ – безрозмірний коефіцієнт тертя, визначається по формулі:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{K_g}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25}; \quad (4.5)$$

де K_g – абсолютна еквівалентна шорсткість, рівна середній величині виступів на внутрішній поверхні повітряводу, $K_g=0,15 \text{ мм}$;

R_e – число Рейнольдса визначається по формулі:

$$R = \frac{v \cdot d}{\nu}; \quad (4.6)$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, $\nu=20,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

$$R = \frac{5,5 \cdot 0,486}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^4$$

З (4.5) знаходимо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{486,24} + \frac{68}{13 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0187$$

З (4.3) визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{R_1} = \frac{0,0187}{0,486} \cdot 19,56 = 0,75 \text{ Па / м};$$

$$\Delta P_{\text{р1}} = \Delta P_{R_1} \cdot l_1 = 0,75 \cdot 24 = 18 \text{ Па} \quad (4.7)$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{Z_1} = P_{\text{д1}} \cdot \sum \zeta_1; \quad (4.8)$$

де $\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевого опору у фасонній частині повітряводу,
на ділянці 1 $\sum \zeta = 1,86$.

Таким чином з (4.8) знаходимо

$$\Delta P_{Z_1} = 19,56 \cdot 1,86 = 36,38 \text{ Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_1 = \Delta P_{\text{тр1}} + \Delta P_{\text{з1}} = 18 + 36,38 = 54,38 \text{ Па}$$

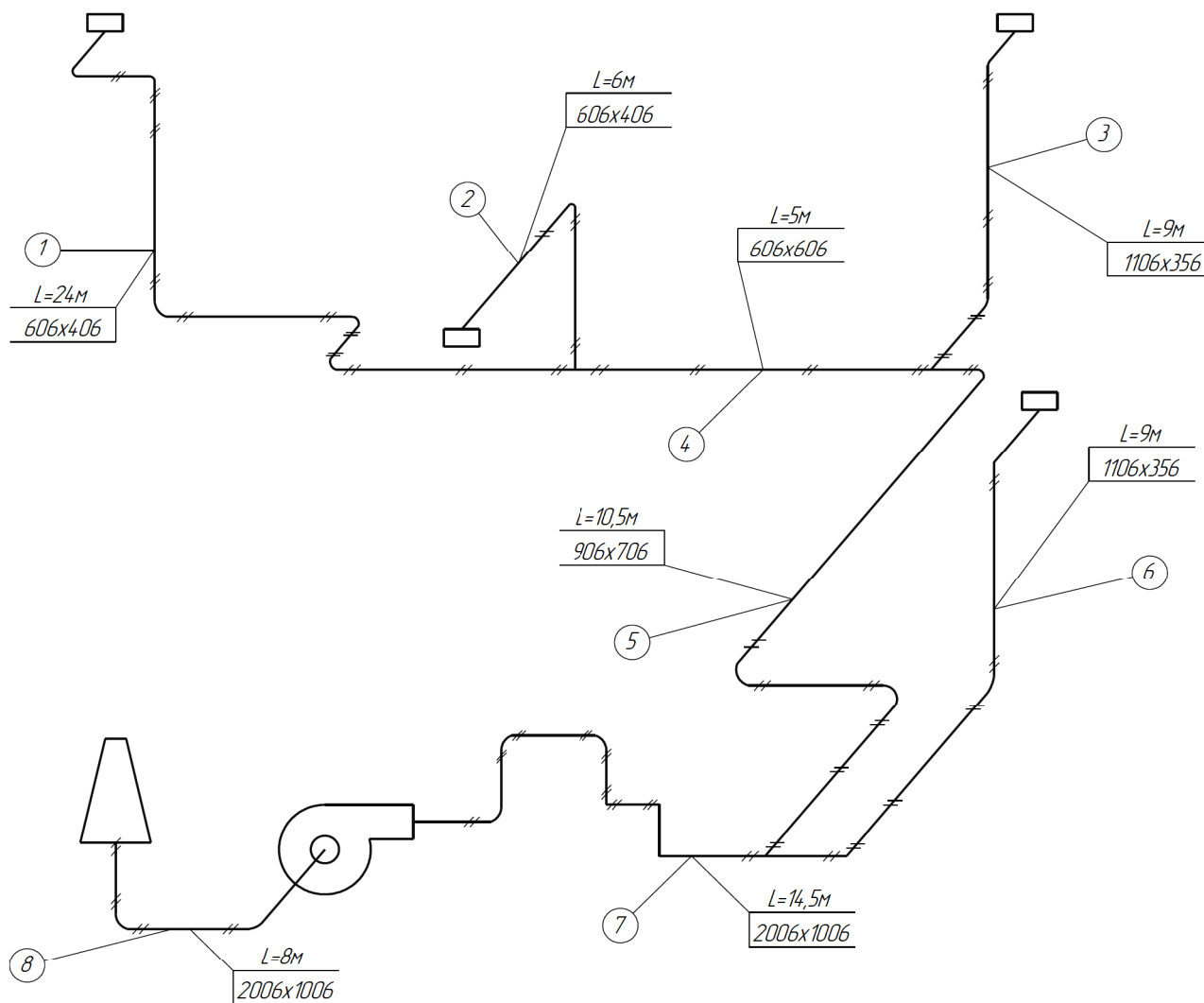


Рисунок 4.1 – Схема витяжної вентиляції

Визначаємо втрати тиску на тертя

Ділянка 2.

Довжина ділянки $L_2=6$ м

Швидкість руху повітря $v_2=6,1$ м/с

Внутрішній діаметр витяжної вентиляції $d_{\text{ЕКВ } 2}=486,24$ мм

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{\text{д2}} = \frac{6,1^2 \cdot 1,293}{2} = 24,06 \text{ Па}$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R = \frac{6,1 \cdot 0,486}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 1,4 \cdot 10^4$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{486,24} + \frac{68}{14 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0185$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{R2} = \frac{0,0185}{0,486} \cdot 24,06 = 0,92 \text{ Па / м};$$

Визначаємо втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{т}2} = 0,92 \cdot 6 = 5,52 \text{ Па}$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{z2} = 24,06 \cdot 0,42 = 10,11 \text{ Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_2 = 5,52 + 10,11 = 15,63 \text{ Па}$$

Ділянка 3.

Довжина ділянки $L_3=9$ м

Швидкість руху повітря $v_3=6,4$ м/с

Внутрішній діаметр витяжної вентиляції $d_{\text{ЕКВ}3}=538,63$ мм

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{\text{дз}} = \frac{6,4^2 \cdot 1,293}{2} = 26,48 \text{Па}$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R = \frac{6,4 \cdot 0,538}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 16,5 \cdot 10^4$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{538,63} + \frac{68}{16,5 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0178$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{\text{Рз}} = \frac{0,0178}{0,538} \cdot 26,48 = 0,87 \text{Па / м;}$$

Визначаємо втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{трз}} = 0,87 \cdot 9 = 7,83 \text{Па}$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{\text{зз}} = 26,48 \cdot 0,78 = 20,65 \text{Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_3 = 7,83 + 20,65 = 28,48 \text{Па}$$

Ділянка 4.

Довжина ділянки $L_4=5$ м

Швидкість руху повітря $v_4=8,5$ м/с

Внутрішній діаметр витяжної вентиляції $d_{\text{ЕКВ } 4}=606$ мм

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{\text{д}4} = \frac{8,5^2 \cdot 1,293}{2} = 46,71 \text{ Па}$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R = \frac{8,5 \cdot 0,606}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 24,6 \cdot 10^4$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{606} + \frac{68}{24,6 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0166$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{\text{R}4} = \frac{0,0166}{0,606} \cdot 46,71 = 1,28 \text{ Па / м};$$

Визначаємо втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{т}4} = 1,28 \cdot 5 = 6,4 \text{ Па}$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{\text{z}4} = 46,71 \cdot 4,02 = 187,77 \text{ Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_4 = 6,4 + 187,77 = 194,17 \text{ Па}$$

Ділянка 5.

Довжина ділянки $L_5 = 10,5$ м

Швидкість руху повітря $v_5 = 9,2$ м/с

Внутрішній діаметр витяжної вентиляції $d_{\text{ЕКВ } 5} = 793,59$ мм

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{\text{д5}} = \frac{9,2^2 \cdot 1,293}{2} = 54,72 \text{ Па}$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R = \frac{9,2 \cdot 0,793}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 34,9 \cdot 10^4$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{793,59} + \frac{68}{34,9 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0154$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{\text{р5}} = \frac{0,0154}{0,793} \cdot 54,72 = 1,06 \text{ Па / м;}$$

Визначаємо втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{тр5}} = 1,06 \cdot 10,5 = 11,13 \text{ Па}$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{z5} = 54,72 \cdot 0,84 = 45,96 \text{ Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_s = 11,13 + 45,96 = 57,09 \text{ Па}$$

Ділянка 6.

Довжина ділянки $L_6 = 9$ м

Швидкість руху повітря $v_6 = 9,8$ м/с

Внутрішній діаметр витяжної вентиляції $d_{\text{ЕКВ } 6} = 538,62$ мм

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{d6} = \frac{9,8^2 \cdot 1,293}{2} = 62,09 \text{ Па}$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R = \frac{9,8 \cdot 0,538}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 25,2 \cdot 10^4$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{538,62} + \frac{68}{25,2 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0168$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{R_6} = \frac{0,0168}{0,538} \cdot 62,09 = 1,94 \text{ Па / м};$$

Визначаємо втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{тп}6} = 1,94 \cdot 9 = 17,46 \text{ Па}$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{z6} = 62,09 \cdot 0,78 = 48,43 \text{ Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_6 = 17,46 + 48,43 = 65,89 \text{ Па}$$

Ділянка 7.

Довжина ділянки $L_7=14,5$ м

Швидкість руху повітря $v_7=13,5$ м/с

Внутрішній діаметр витяжної вентиляції $d_{\text{ЕКВ } 7}=1342,22$ мм

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{d7} = \frac{13,5^2 \cdot 1,293}{2} = 117,83 \text{ Па}$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R = \frac{13,5 \cdot 1,342}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 86,7 \cdot 10^4$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{1342,22} + \frac{68}{86,7 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0129$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{R7} = \frac{0,0129}{1,342} \cdot 117,83 = 1,13 \text{ Па / м;}$$

Визначаємо втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{тр}7} = 1,13 \cdot 14,5 = 16,38 \text{ Па}$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{Z7} = 117,83 \cdot 5,52 = 650,42 \text{ Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_7 = 16,38 + 650,42 = 666,8 \text{ Па}$$

Ділянка 8.

Довжина ділянки $L_8 = 8$ м

Швидкість руху повітря $v_8 = 6,5$ м/с

Внутрішній діаметр витяжної вентиляції $d_{\text{ЕКВ}8} = 1342,22$ мм

Визначаємо динамічний тиск потоку

$$P_{\text{д}8} = \frac{6,5^2 \cdot 1,293}{2} = 27,3 \text{ Па}$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$R = \frac{6,5 \cdot 1,342}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 41,7 \cdot 10^4$$

Визначаємо коефіцієнт тертя

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,15}{1342,22} + \frac{68}{41,7 \cdot 10^4} \right)^{0,25} = 0,0142$$

Визначаємо питомі втрати тиску

$$\Delta P_{R8} = \frac{0,0142}{1,342} \cdot 27,31 = 0,29 \text{ Па / м;}$$

Визначаємо втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{т8}} = 0,29 \cdot 8 = 2,32 \text{ Па}$$

Визначаємо втрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$\Delta P_{z8} = 27,31 \cdot 0,72 = 19,66 \text{ Па}$$

Визначаємо загальні втрати тиску на ділянці витяжної вентиляції:

$$\Delta P_8 = 2,32 + 19,66 = 21,98 \text{ Па}$$

Сумарні втрати тиску по всій довжині витяжної вентиляції:

$$H = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n \quad (4.8)$$

$$H = 54,38 + 15,63 + 28,48 + 194,17 + 57,09 + 65,89 + 666,8 + 27,98 = 1110,42 \text{ Па.}$$

Висновки

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням цеху холодної прокатки металургійного комбінату «Запоріжсталь» показало, що одним з основних «вузьких місць» цеху є привод поворотного стола неперервного труїльного агрегату.
2. Визначені «вузькі» місця цеху холодної прокатки і заходи щодо їх усунення.
3. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для прийому та повороту рулону в технологічному циклі травлення, під час прокатки у світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить поворотним столам, які мають ті ж самі недоліки, що й поворотний стіл цеху холодної прокатки металургійного комбінату «Запоріжсталь».
4. У проєкті виконано розрахунок приводу поворотного столу та запропоновано модернізацію редуктора, в результаті якої буде збільшена здатність передавати більший крутний момент, збільшена надійність роботи приводу та міжремонтний цикл.
5. Виконані розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів указують на досить високу працездатність і надійність механізму.
6. Для забезпечення необхідних показників роботи машини варто враховувати умови її монтажу й експлуатації, які наведені в розділі 3, а для ефективної роботи устаткування цеху в цілому необхідно врахувати умови які наведені в розділі 4.
7. Згідно розрахованій необхідній потужності і вимогам до електроприводу в даному технологічному процесі підібраний електродвигун типу МТК 21–6, потужністю $P=5\text{кВт}$.
8. Результати роботи можуть бути використані не тільки на комбінаті ПАТ «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

Список використаної літератури

1. ПАТ «Запоріжсталь» - металургійний комбінат України. ПАТ «Запоріжсталь». URL: <https://zaporizhstal.com> (дата звернення: 12.03.2024).
2. ТІ 250-П.ХЛ-05-2005 Технологічна інструкція "Прокатка штаби на безперервному тонколистовому стані холодної прокатки «1680». Запоріжжя : ПАТ "Запоріжсталь". 52 с.
3. Данченко В. М., Грінкевич В. О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник для вищ. навч. заклад. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
4. George T. Halmos. Roll Forming Handbook. Published in 2006 by CRC Press Taylor & Francis Group. 583 p.
5. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: навчальний посібник. К: Вища шк., 1995. 455 с.
6. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія прокатного виробництва : навчальний посібник. Кривий Ріг : КНУ, 2017. 169 с.
7. Онищенко О.Г., Дураченко Г.Ф. Гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (ПолтНТУ), 2009. 202 с.
8. Гідравліка, гідро- та пневмопривод. Навчально-методичний посібник для студентів інженерних спеціальностей ЗДІА/ Укл. В.К. Тарасов, О.В. Новокщорова. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2010. 132 с.
9. Мандрус В. І., Лещий Н. П., Звягін В. М. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків. Львів: Світ, 1995. 264 с
10. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.

11. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
12. Корнілов О.А. Опір матеріалів: Підручник для студентів технічних ВНЗ, К.:Логос, 2002. 562 с.
13. Писаренко Г. С. Опір матеріалів : Підруч. для ст. машинобуд. спец. вищ. навч. закл. К., 1993. 655 с.
14. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
15. Павлице В. Т. Підшипники кочення: Основні параметри, конструкції опор, змащування, ущільнення та розрахунки ресурсу. Львів : НУ "Львівська політехніка", 2001. 136 с.
16. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 374 с.
17. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 288 с.
18. Малишев Г.П., Хімін В.М. Триботехніка та змащування обладнання. Використання трибоніки та триботехніки при створенні металургійного обладнання: метод. Вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2006. 49 с.
19. 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.
20. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

21. ДСТУ EN 12097:2022. Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових повітроводів для полегшення обслуговування систем повітроводів. На заміну EN 12097:2006, IDT ; чинний від 2024-09-01. Вид. офіц. 2024.
22. 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>.
23. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
24. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
25. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravy-la-ulashtuvannya-elektrostanovok> (дата звернення: 03.03.2024).
26. НПАОП 27.1-1.04-09 Правила охорони праці у прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу
27. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
28. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні. На заміну НАПБ А.01.001–2004 Правила пожежної безпеки в Україні ; чинний від 2023–04–07. Вид. офіц. 2014.
29. Геврик Е.О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.:Ельга, Ніка–центр. 2003. – 280с.
30. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 16 с..

ДОДАТКИ

ДП025920.300 Ф

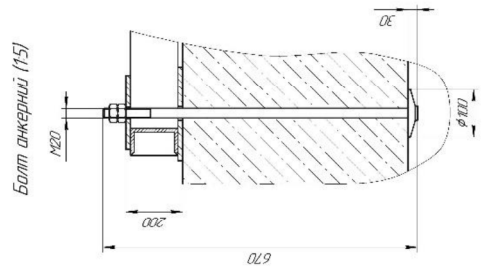
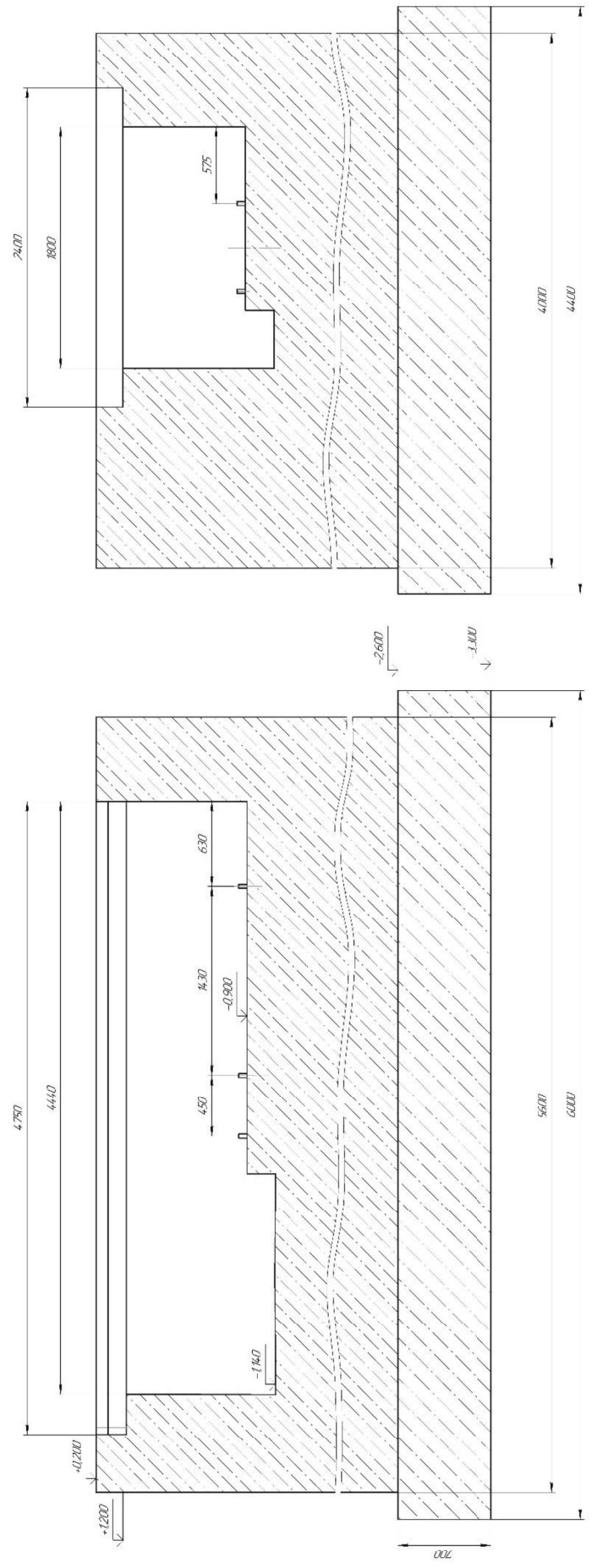
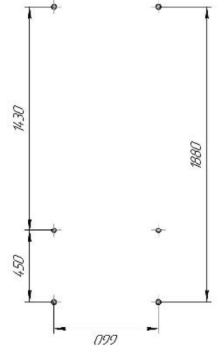


Схема размещения анкерных болтов



| | | | | | |
|---------------------|--------|---|--------|---------|-----|
| ДП025920.300 Ф | | № | 157302 | Масштаб | 1:1 |
| Фундамент под | | № | 157302 | Т | 1:1 |
| подбороточный слани | | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |
| № | 157302 | № | 157302 | Т | 1:1 |

| | | | | | | | | | |
|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|
| № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 |
| № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 |
| № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 |
| № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 |
| № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 | № | 157302 |

