

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання

(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Удосконалення вузла дискових ножів дискової дробарки губчатого титану в умовах виробничого цеху в умовах ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат»

Виконав: студент групи 6.1331-с

Сгоров В. І.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Шейко С. П.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль 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 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Єгорова Вадима Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення вузла дискових ножів дискової дробарки губчатого титану в умовах виробничого цеху в умовах ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат»
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 виробничого 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. Дробарка дискова з приводом – 1А1; 2. Ротор ведучий – 1А1; 3. Ротор ведучий (модернізація) – 1А1; 4. Ніж дисковий – 1А1; 5. Вал – 1А1; 6. Станція рідкого змащування СРЗ-6 – 1А1; 7. Аерація відділення по переробці титанової губки – 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

Єгоров В. І. Удосконалення вузла дискових ножів дискової дробарки губчатого титану в умовах виробничого цеху в умовах ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат»

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 технологічного процесу виготовлення губчатого титану та місця в ньому дискової дробарки. Запропоновано варіант модернізації вузла дискових ножів. Виконані необхідні розрахунки для впровадження запропонованої модернізації. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології при виробництві титану.

Ключові слова: дискова дробарка, диск подрібнення, привод, електродвигун

ABSTRACT

Yehorov V. I. Improvement of the Assembly of Disc Knives of the Disc Crusher of Spongy Titanium in the Conditions of the Production Workshop in the Conditions of Zaporizhzhia Titanium-Magnesium Plant LLC

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 manufacturing process of spongy titanium and the place of the disc crusher in it was performed. An option to modernize the disk knife unit is proposed. 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 in the production of titanium.

Keywords: disc crusher, grinding disc, drive, electric motor

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Види випускаємої продукції і сфери їх застосування	8
1.2 Вантажопотоки та технологічний процес виробничого цеху по переробці титану губчатого	9
1.3 «Вузькі» й шляхи їхнього усунення на ділянці обробки титанової губки	19
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	21
2.1 Місце дробарки та опис її роботи в технологічному процесі подрібнення титанової губки	21
2.2 Опис проекту модернізації дискової дробарки	22
2.3 Розрахунок навантаження в основних елементах	24
2.4 Розрахунок потужності привода	25
2.5 Розрахунок редуктора ЦГШ-1120-12,5	29
2.5.1 Швидкоходна ступінь (евольвентне зачеплення)	29
2.5.2 Проміжна ступінь (евольвентне зачеплення)	35
2.5.3 Тихоходна ступінь (евольвентне зачеплення)	40
2.5.4 Розрахунок тихохідного вала	45
2.5.5 Перевірочний розрахунок шпонок тихохідного вала	49
2.5.6 Перевірка вала на витривалість для небезпечного перерізу	51
2.5.7 Вибір посадки під шестірню швидкохідного вала	54
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	56
3.1 Розрахунок фундаменту під монтаж дискової дробарки	56
3.2 Розрахунок системи змашування редуктора	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	69
4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища	69
4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища	70

	2
4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії	71
4.3.1 Мікроклімат	71
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень	71
4.4 Електробезпека	72
4.5 Заходи пожежної безпеки	73
4.6 Техногенна безпека	73
4.7 Інженерний розрахунок аерації приміщення цеху	74
Висновки	78
Список використаної літератури	79
ДОДАТКИ	82

ВСТУП

Титан – метал майбутнього. Конструкційні матеріали з титанових сплавів займають провідне місце в техніці. Обсяг виробництва виробів з титанових сплавів збільшується, наближається до обсягу випуску деяких традиційних кольорових металів.

Основними видами конструкційних матеріалів є деформовані напівфабрикати: прутки, штаби, плити, штампування й кування, труби, дріт. Тому міцність, довговічність і надійність виробів з конструкційних матеріалів титанових сплавів, що працюють у різних температурних умовах і в різних умовах механічного навантаження, багато в чому залежать від механічних властивостей застосовуваних матеріалів при односпрямованій і знакозмінній деформації, тривалій міцності, а також характеристик, що визначають пружність матеріалу. Важливу роль у цьому грають методи одержання титану і його сплавів, структурний стан, хімічний і фазовий склад.

Незважаючи на те, що промислова технологія виробництва ковальського титану нараховує біля п'ятдесяти років, процеси плавки, устаткування, методи обробки тиском і термомеханічної обробки титанових сплавів продовжують удосконалюватися. Сучасне положення вітчизняної техніки, транспорту, енергетики, електроніки, хімії, сільського господарства висунуло нові вимоги до властивостей чорних металів і обумовило необхідність створення нових марок сталей і сплавів з високими механічними, конструкційними й споживчими якостями.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 94 сторінок, на яких 9 рисунків, 7 таблиць, 12 додатків та бібліографічний список, що має 33 найменування літературних джерел.

Об'єкт проектування – вузли дискової дробарки 18/2 ділянки обробки титанової губки ТОВ «Запорізький титано–магнієвий комбінат».

Мета роботи – підбор оптимальних параметрів привода й вибір електродвигуна.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Види випускаємої продукції і сфери їх застосування

У березні 1954 року приймається рішення про будівництво в м. Запоріжжя заводу з виробництва титанової губки. В 1955 році розвертається будівництво цехів. 29 червня 1956 року завод вступає в ряд діючих і країна одержує перший вітчизняний промисловий титан [1].

Вироблювана продукція :

- гафнію двоокис;
- германій: монокристалічний, полікристалічний і двоокис германія;
- кремній: чотирьоххлористий, монокристалічний, полікристалічний;
- відходи чотирьоххлористого кремнію;
- виливки титанові фасонні;
- титан губчатий;
- лом і відходи титану;
- шлаки титанові.

Сфери застосування:

Титан губчатий Ti – виробництво злитків і прокату для аерокосмічної техніки, нафтохімії, автомобілебудування, суднобудування, промислового й побутового машинобудування, медицини, архітектури

Германій Ge – інфрачервона й волоконна оптика, комп'ютерні й космічні лінії зв'язку, фармацевтика, каталізатори у виробництві тари для харчових продуктів.

Кремній Si – електроніка, сонячна енергетика, силова й інформаційна оптика.

1.2 Вантажопотоки та технологічний процес виробничого цеху по переробці титану губчатого

Потокова лінія подрібнення складається із подріблювального й транспортного устаткування, розташованого послідовно в технологічному потоці, які за схемою керування роботою потоку скомплектовано в шість груп (умовно).

Група I включає:

- конвеєр сортувальний;
- вентсистема ВА-6;
- конвеєр стрічковий;
- конусний дільник;
- керування ручне, пускові кнопки розташовані на агрегаті.

Група II (по електросхемі йменується II потік) включає:

- попереджувальний дзвоник;
- вентсистема ВА-5 (вентилятори В 5-1 і В 5-2);
- електромагнітний шків (25 шт);
- конвеєр сортувальний;
- електромагнітний шків (28 шт);
- конвеєр сортувальний.

Включається й зупиняється централізовано з пульта керування, розташованого в кімнаті сортувальників на відмітці + 6,000 м.

Група II і III (по електросхемі потік I і потік II) можуть бути переведені із централізованого керування на блокувальне, у цьому випадку запуск здійснюється в строгій послідовності розташування механізмів або на ручне, при цьому пуск і зупинка здійснюється індивідуально пусковими кнопками, розташованими на агрегаті. Перемикання здійснюється черговим електриком за заявкою майстра.

Група III (по електросхемі йменується I потік) включає:

- попереджувальний дзвоник;
- витяжна вентсистема ВС-3 (вентилятори ВЗ-1 і ВЗ-2);
- вібраційний гуркіт;
- похилий стрічковий конвеєр;
- витяжна вентсистема ВР-2;
- гуркіт барабанний;
- конвеєр стрічковий похилий;
- конвеєр стрічковий похилий;

включається й вимикається централізовано з пульта керування розташованого в кімнаті сортування на відм. + 10,5, але для цього попередньо необхідно вручну включити кнопками, розташованими на агрегатах, такі механізми:

- мех. 33 шк -електромагнітний шків;
- мех. 24 шк -електромагнітний шків;
- вентсистема ВА-I (пускова кнопка розташована біля гуркоту барабанного).

Група IV включає:

- живильники лоткові, мех. 17;
- дискова дробарка, мех. 18-1;
- дискова дробарка, мех. 18-2;

Включення й зупинка даної групи виконується індивідуально, кнопками, розташованими у кожного агрегату. Попередньо включаються насосні станції дискових дробарок, транспортер № 20.

Група V включає:

- вентилятор ВА- I;
- попереджувальний сигнал;
- стрічковий конвеєр, мех. 16;
- клинова дробарка, мех. 14;
- стрічковий конвеєр, мех. 13.

Механізми зблоковані, включаються у вище перерахованій послідовності. Попередньо необхідно включити насосну станцію клинової дробарки. Пускові кнопки розташовані на площадці преса НАО-242. Конвеєр мех. 16 має дублюючу кнопку. При необхідності по заявці майстра черговим електриком дана група може бути переведена на ручне керування кожного агрегату окремо (для ремонту й налагодження механізмів).

Група VI включає:

- прес НАО-242 з рухливим столом і повзуном з ріжучим механізмом (мех. 10);
- штовхач мех. 11;
- зіштовхувач мех. 12;
- витяжний вентилятор ВР-9.

Група включаються, відключається індивідуально з пульта керування НАО-242, крім ВР-9, пускова кнопка, що розташована у вентилятора.

Включення в роботу потокової конвеєрної лінії здійснюється в строгій послідовності по групах від I групи до V I групи. Зупинка виконується у зворотному порядку від V I групи до I групи. Включення й зупинку потокової лінії контролює майстер або бригадир.

Аварійна зупинка здійснюється натисканням кнопки “стоп” у будь-якого агрегату, або натисканням каната, розташованого по обидва боки всіх сортувальних конвеєрів і стрічкових конвеєрів, що мають прохідні галереї мех. 20 і мех. 19. У цьому випадку зупиняються в групах II, III, I всі механізми по напрямку технологічного потоку до зупиненого механізму, включається сигнал (дзвінків) аварійної зупинки. Запуск виконується після з'ясування причин зупинки і їхніх усунень.

Криці губчатого титана, у спеціальних касетах за допомогою електромостового крана піднімаються на площадку преса НАО-242 і за допомогою кліщового захвата витягають із касети й подаються на стіл преса таким чином, щоб частина криці виходила за призму стола преса на (250-282) мм.

Рухомий стіл (при верхнім положенні ножа) переміщається «уперед» до збігу площини внутрішнього торця призми з віссю преса. Після цього виконується включення робочого ходу клинового ножа преса й криця дробиться на шматки крупністю до 300мм.

Для подачі шматків під ніж використовується рухомий стіл преса. Зіштовхування великих шматків зі столу виконується за допомогою зіштовхувача, а дрібних - за допомогою шкребка вручну.

Шматки менш 300 мм надходять у похилу ринву й далі транспортером №13 подаються в зев клинної дробарки.

Потім стіл вертається у вихідне положення, подається наступна криця, і цикл дрібнення повторюється.

На пресі НАО-242 дозволяється різання криць 1-ої, 2-ої та 3-ої категорії якості, при цьому криці 1-ої та 2-ої категорій якості після порізки на пресі переробляються в товарну продукцію на технологічному потоці корпусу №4, криці 3-ої категорії якості після порізки на пресі до крупності шматків менш 300 мм зіштовхувачем преса спрацьовуються в знімний саморозвантажний контейнер, установлюваний для цієї мети поруч зі столом преса на спеціальній площадці. По мірі заповнення губчатим титаном контейнер направляють у корпус 2 на подальшу переробку. По закінченні процесу різання криць 3-ї категорії якості, прес очищається від залишків губчатого титана. Якість збирання преса контролюють працівники ВТК.

У процесі різання криць на пресі НАО-242 при виявленні прихованих дефектів усередині криці (внутрішній шлам, хлоридні включення) відокремлюють від якісної частини криці дефектну частину, поміщають її в окрему ємність і направляє на переробку в корпус №2. При цьому дрібні дефектні шматки віддаляються зі стола преса вручну, а великі - за допомогою електромостового крана.

При виявленні в криці внутрішнього окислювання необхідно різання припинити, крицю видалити з технологічного потоку, повідомити майстра зміни

й контролерові ВТК для рішення питання про зміну категорії якості криці й про подальшу її переробку.

Не допускати дрібнення криць на пресі у випадку перевищення температури донної частини блоку губки більше ніж на 60°C. Контроль температури здійснюється прикладенням кисті рук до губки. Дрібнення таких криць виконується через 3-4 години після добування її з реторт.

Для одержання однорідного губчатого титана вищих сортів марки ТГ-90, ТГ-100, ТГ-110 допускається від криць 1-ої і 2 -ої категорій якості, при різанні їх на пресі НАО-242 відокремлювати низову частину криць. Низові частини криць кліщовим захватом за допомогою електромостового крана знімаються зі стола преса, і складуються в окрему ємність. У міру нагромадження з них комплектуються окремі партії марок ТГ-120, ТГ-130, ТГ-150.

Середнє дрібнення ТГ виконується на клиновій дробарці №14, куди стрічковим конвеєром подаються шматки крупністю до 300 мм.

Після заповнення проміжного контейнера ($V=3\text{ м}^3$) необхідно виставити його на виставочну площадку. Заповненому в проміжний контейнер губчатому титану привласнюється номер партії.

Під час заміни проміжних ємностей, потік дрібнення не зупиняється, виконується знімання товарної проби представником відділу технічного контролю й установлюються порожні бідони для збору проби наступної партії.

Заміна повних контейнерів із дрібною титановою губкою на порожні виробляється без зупинки потоку.

Після надходження результатів аналізів на товарні партії за вказівкою майстра зміни, губчатий титан розфасовують у тару.

Залежно від сорту й призначення даної партії готують тару. Тара повинна бути чистою, справною й зваженою.

Для чого :

- виконується візуальне розбраковування з видаленням контейнерів, що мають видимі механічні ушкодження (порушення цілісності стінок, днища й кришок, жолоблення кришки, еліпсність фланця).

- доукомплектувати контейнер елементами кріплення (болти, гайки, шайби, пальці), перевірити наявність і стан прокладок.
- очистити внутрішню поверхню контейнерів від забруднення, води.

Проміжний контейнер $V=3 \text{ м}^3$ (з губчатим титаном даної партії) подавати за допомогою електромостового крана в спеціальний стенд із нахилом для саморозвантаження (під течі дільника встановити 5 алюмінієвих контейнерів або 10 бочок з поліетиленовими мішками усередині).

Включити в роботу робочий живильник, губчатий титан подати на конусний дільник, рівномірно розподілити в товарні ємності.

За допомогою електромостового крана тару з титановою губкою зняти з під конусного дільника, подати на ваги й вібратор, установити кришки й заболтить. Після маркування контейнера із ТГ причіпним візком до трактора або електрокарой доставити на контейнерний майданчик, комплектно по партіях. Партії в бочках вивозяться на склад готової продукції для подальшої обробки.

При роботі на установці для контрольного розбраковування титана губчатого (ТГ) послідовність технологічних операцій наступна:

1. Алюмінієвий контейнер із ТГ установити в кантувач, не відчіплюючи строп перекинути за допомогою крана контейнер і висипати вміст у бункер. Ця ж операція виконується й з бочкою, заповнюваної ТГ: доповненням є установка подстраховуючого ланцюга на кантувач для попередження випадання бочки в бункер.
2. Після заповнення бункера під розвантажувальну тичку встановлюється контейнер або бочка, у міру заповнення заміняється порожньою тарою.
3. Установки поряд з контрольною перевіркою якості готових партій використовуються й для повторної переробки ТГ, забракованих по наявності дефектних шматків, а також для переробки ТГ у бочки після тривалого зберігання.

Товарні партії губчатого титана складаються із фракцій +12-25 мм і +5-12 мм. Допускається комплектація партій із фракцій +2-5мм і +5-12мм. Всі товарні

партії перевіряються на еталон і не повинні містити дефектних шматків губчатого титана.

Подрібнений губчатий титан із шокових дробарок подається у двосекційний барабанний гуркіт, де відбувається поділ на фракції; з гуркоту по тічках фракція +12-30мм подається на сортувальні транспортери №1, 2, 3; фракція +2-12мм – в алюмінієві контейнера.

На транспортері ведеться візуальна оцінка якості ТГ; відділяються від загального потоку (відбираються) шматки губчатого титана з дефектами, що відповідають еталонам дефектної губки за ДСТ 17746-96 (горіла, окислена з явно вираженими фарбами мінливості, із хлоридами, зі шламом, збагачена залізом), а також відділяються сторонні включення, що випадково потрапили в потік, виконується магнітна сепарація металу на потоці.

Губчатий титан, призначений для комплектування партій марок ТГ-90, ТГ-100, ТГ-110 і минулий візуальний огляд з видаленням шматків з дефектами. Губчатий титан, що надходить на перевипробування після тривалого зберігання, також піддається сортуванню й додатковому контролю всієї маси шматків.

Допускається повторний візуальний контроль робити на тім же конвеєрі, з обов'язковою організацією додаткових окремих робочих місць.

З метою забезпечення оптимальних умов для сортування губчатого титана середня продуктивність сортувального конвеєра (транспортера), певна за період не менш 5 хвилин, повинна бути:

- для кричного ТГ фракцією-30+12мм – не більше 25 кг/хв,
- для гарнісажного ТГ фракцією -30+12 мм – не більше 15 кг/хв.

Відсортований губчатий титан на стрічці проходить під магнітним уловлювачем і далі надходить у контейнер ($V=3\text{м}^3$), установлений у приямок на рівні – 3,3м. При цьому 1/10 частина потоку відтинається автоматично пробовідборником у контейнер ($V=0,6\text{м}^3$) первинні проби. Губчатий титан у контейнері $V=3\text{м}^3$ зберігається до одержання аналізу проби, що характеризує якість (марку) скомплектованої товарної партії.

Подальша переробка дробленого губчатого титана із проміжного контейнера виконується після випробування проби ВТК.

Дробильне устаткування й сортувальні контейнери в корпусі №4, призначені для переробки й сортування тільки криць I-ї, II-ї категорій якості й складання з них партій губчатого титана марок ТГ-90, ТГ-100, ТГ-110 і супутніх їм партій дрібних фракцій +2-12 мм, +5-12 мм.

З метою більше якісного сортування й раціонального при цьому завантаження сортувальні конвеєри спеціалізовані:

№33 - для сортування фракцій +10-30 мм

№24 - для сортування фракцій +10-30 мм.

Завантаження в цілому потокової лінії дрібнення й сортування визначені проектною документацією й становлять 3т/година.

Контроль за відсутністю дефектних шматків у скомплектованій партії виконується контролером ВТК на об'єднаній первинній пробі, що беззупинно, по потоці надходить на стрічковий транспортер.

У випадку виявлення хоча б одного дефектного шматка відповідно до бракувальних еталонів, вся партія вертається на повторне сортування.

Пробовідбір ведеться автоматично на потоці й автоматично скорочується до проби вагою не менш 10 кг. Контролює роботу автопробників контролер ВТК.

Губчатий титан, скомплектований у партію, виставляється в проміжну ємність обсягом $V=3\text{м}^3$ до одержання результатів аналізу, і після присвоєння марки розфасовується в товарні ємності – бочки, алюмінієві контейнери або м'які контейнери «Біг-Бег».

Губчатий титан упаковується згідно ДСТУ 17746-96 в алюмінієві контейнери $V=(0, 5-0,575)\text{м}^3$, металеві бочки $V=200\text{л}$, м'які контейнери «Біг – Бег». На рисунку 1.1 наведена схема вантажопотоків

Цех №7 є одним з основних цехів титаномагнієвої площадки: основна продукція цеху – губчатий титан, отриманий у результаті магнійтермічного відновлення чотирьоххлористого титана.

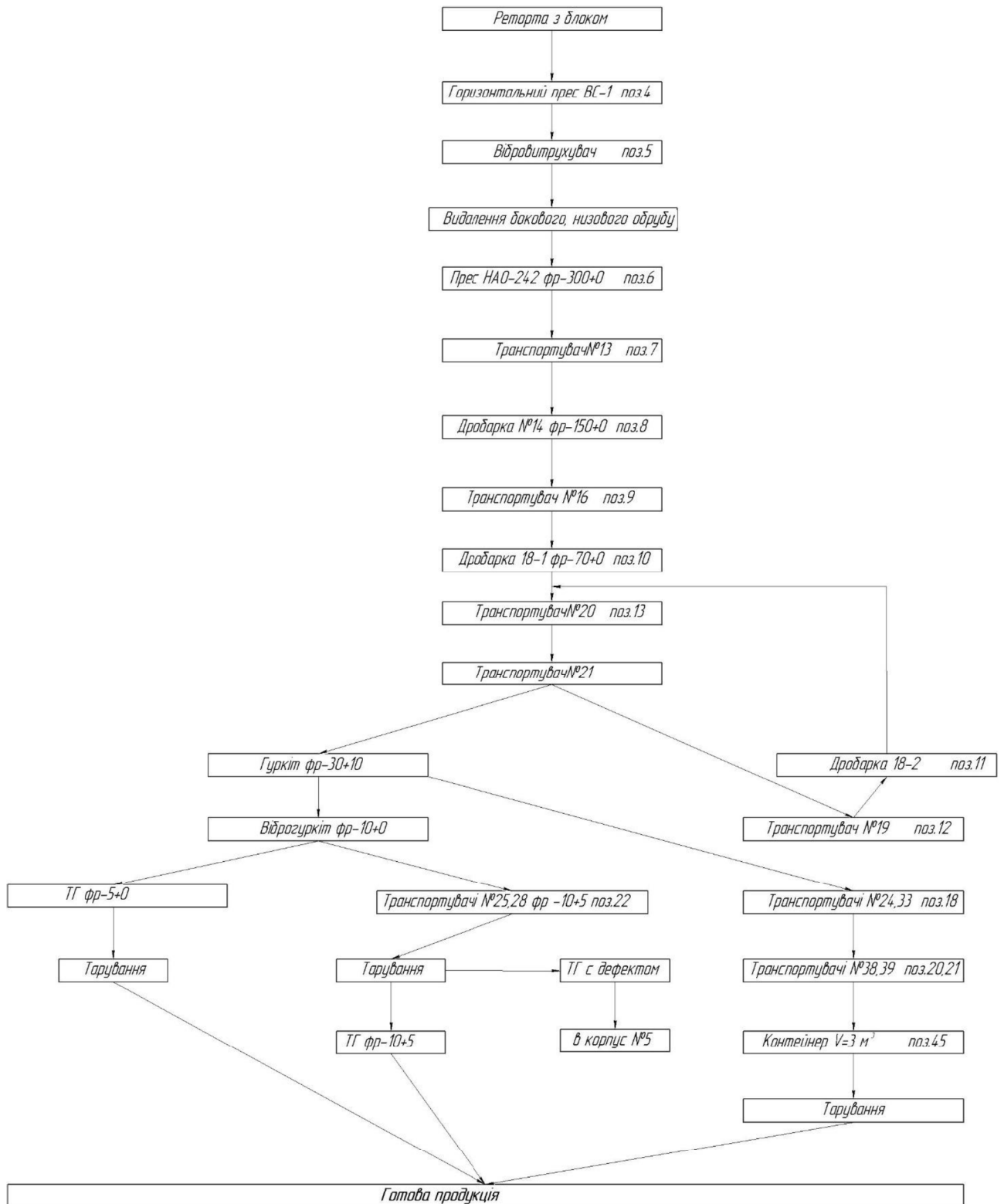


Рисунок 1.1 – Схема вантажопотоків по переробці титану губчатого блоку
(опис приведено в тексті)

Цех №7 включає наступні дільниці:

- підготовки устаткування, монтаж апаратів відновлення й апаратів вакуумної сепарації;
- відновлення губчатого титана;
- сепарації губчатого титана;
- демонтажу апаратів відновлення й сепарації губчатого титана;
- переробки губчатого титана;
- переділу фасонного литва титана;
- електролізу магнію.

Ділянка обробки губчатого титана (ДОТГ) містить у собі корпус №2, №4, №5 і контейнерний майданчик (КМ), і складається з переділів: добування ТГ із реторт, дробильних відділень і відділення вторинної переробки відходів ТГ.

Основним видом товарної продукції, підготовку випуску якої здійснює ДОТГ, є губчатий титан, що відповідає нормативно–технічній документації:

Технологія переробки ТГ заснована на його фізико–хімічних властивостях і полягає в поділі на придатні до подальшого дрібнення й здрібнювання блоку губчатого титана до крупності шматків не більше 30 мм; видалення шматків з дефектами й комплектації партій відповідно до ДСТУ 17746–96. Хімічний склад і механічні властивості титана губчатого, повинні відповідати вимогам ДСТУ 17746–96 (таблиця 1.1) або з іншим хімічним складом за узгодженням зі споживачем.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад і механічні властивості титана губчатого

Марка	КЧ	Хімічний склад, %								Твердість, НВ, 10/1500 /30не більше
		Титан, не менш	Масова частка домішок, не більше							
			заліза	кремнію	нікелю	вуглецю	хлору	азоту	кисню	
ТГ–90	02	99,74	0,05	0,01	0,04	0,02	0,08	0,02	0,04	90
ТГ–100	01	99,72	0,06	0,01	0,04	0,03	0,08	0,02	0,04	100
ТГ–110	00	99,67	0,09	0,02	0,04	0,03	0,08	0,02	0,05	110
ТГ–120	10	99,64	0,11	0,02	0,04	0,03	0,08	0,02	0,06	120
ТГ–130	09	99,56	0,13	0,03	0,04	0,03	0,10	0,03	0,08	130
ТГ–150	08	99,45	0,20	0,03	0,04	0,03	0,12	0,03	0,10	150
ТГ-Тв	07	97,75	1,90	–	–	0,10	0,15	0,10	–	–

На рисунку 1.2 приведена технологічна схема переробки титану губчатого (ТГ) в корпусі №4

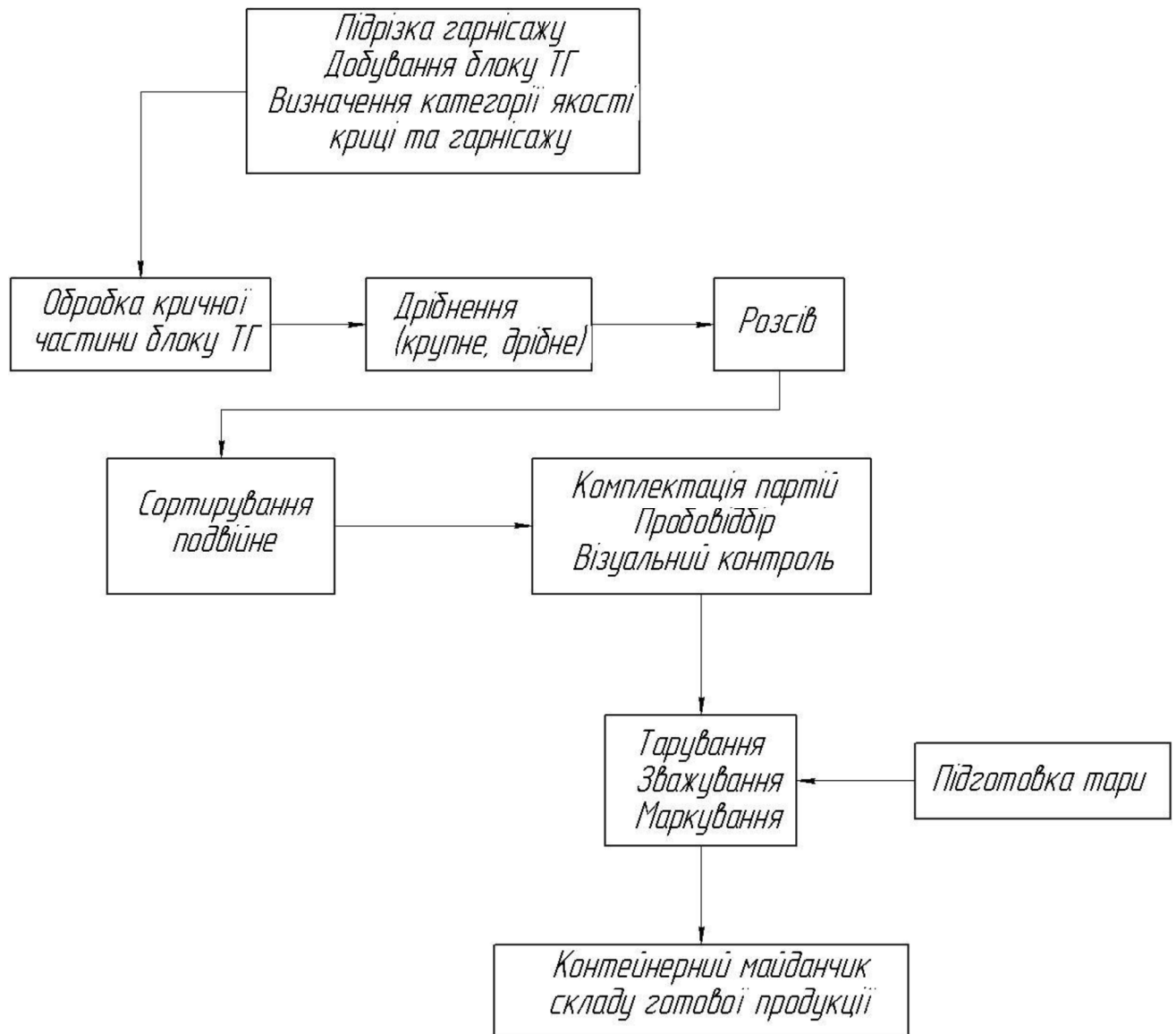


Рисунок 1.2 – Технологічна схема переробки титану губчатого (ТГ)

1.3 «Вузькі» й шляхи їхнього усунення на ділянці обробки титанової губки

Недосконалість конструкцій устаткування, при проектуванні якого існували помилкові критерії, приводить до скорочення ресурсу устаткування й передчасних відмов.

Основними недоліками роботи обладнання на ділянці обробки титанової губки є:

- не задовільна робота гідропреса НАО–242, пов'язана з частими його простоями в зв'язку з заміною гумових ущільнень;
- низька продуктивність вібросита, що виконує розсів дрібних кричних фракцій ТГ: +5 – 12 і –25 мм;
- часті простой гуркоту барабанного однобарабанного трьохсекційного, пов'язані з швидким зношуванням секції, що виконує розсів 12 мм фракції;
- низька продуктивність дробарки 18-1, що пов'язана з попереднім подрібненням, для збільшення продуктивності необхідно встановити розмір шматка титану губчатого попередньо подрібненого на клиновій дробарці 14-1, 100 мм, замість 150 мм, це дозволить збільшити продуктивність дробарки 18-1 приблизно на 35%.

Найбільш проблемним місцем ділянки подрібнення титану губчатого є низька стійкість найбільше тяжконавантажених деталей дробарки 18-2 (диски, колосникові ґрати) пов'язана з недостатньо надійною конструкційною схемою збирання роторів, а саме недосконалою конструкцією ножів. Вирішення даної проблеми розглянуто у другому розділі даної кваліфікаційної роботи.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Місце дробарки та опис її роботи в технологічному процесі подрібнення титанової губки

Дискова дробарка 18-2 відноситься до IV групи устаткування блоку №4 цеху по випуску титанової губки, що включає:

- живильники лоткові, мех. 17;
- дискова дробарка, мех. 18-1;
- дискова дробарка, мех. 18-2;

Титанова губка, що поступає на ділянку обробки являє собою блок вагою одна або чотири тонни. Для одержання необхідної фракції, титан губчастий піддається трьом стадіям подрібнення.

Перша стадія здійснюється на гідравлічному пресі НАО–242. Подрібнення відбувається завдяки роздавлюванню з великим зусиллям блоку титанової губки. Розмір шматка титанової губки становить 300 мм. Для одержання більш дрібної фракції титанова губка піддається другій і третій стадіям подрібнення.

Друга стадія подрібнення здійснюється на клиновій дробарці. Конструкція й принцип роботи клинової дробарки схожі з конструкцією дискової дробарки. Різниця полягає в конструкції органа, що дробить. У клиновій дробарці таким органом є клиновий ніж. Клиновий ніж являє собою диск, заточений по зовнішньому діаметру. Конструкція й принцип клинової й дискової дробарки полягає в тому, що дробарка встановлена на звареній або литій станині, диски, що дроблять (шини) насаджені на ротори, що обертаються в підшипниках нерухомо закріплених на станині. Ротори з закріпленими на них ножами приводяться в обертання від електродвигуна через редуктори й зубчасті муфти. За допомогою зубчастої передачі крутний момент передається двом роторам. Завдяки такій формі ножа збільшується вихідний зазор між ножами, що дозволяє

робити дрібнення більших шматків титанової губки. У дисковій дробарці органом, що дробить, є – диск.

2.2 Опис проєкту модернізації дискової дробарки

Титанова губка, що поступає на ділянку обробки являє собою блок вагою одна або чотири тонни. Для одержання необхідної фракції, титан губчатий піддається трьом стадіям дрібнення.

Перша стадія здійснюється на гідравлічному пресі НАО–242. Дрібнення відбувається завдяки роздавлюванню з великим зусиллям блоку титанової губки. Розмір шматка титанової губки становить 300 мм. Для одержання більше дрібної фракції титанова губка піддається другій і третій стадіям дрібнення.

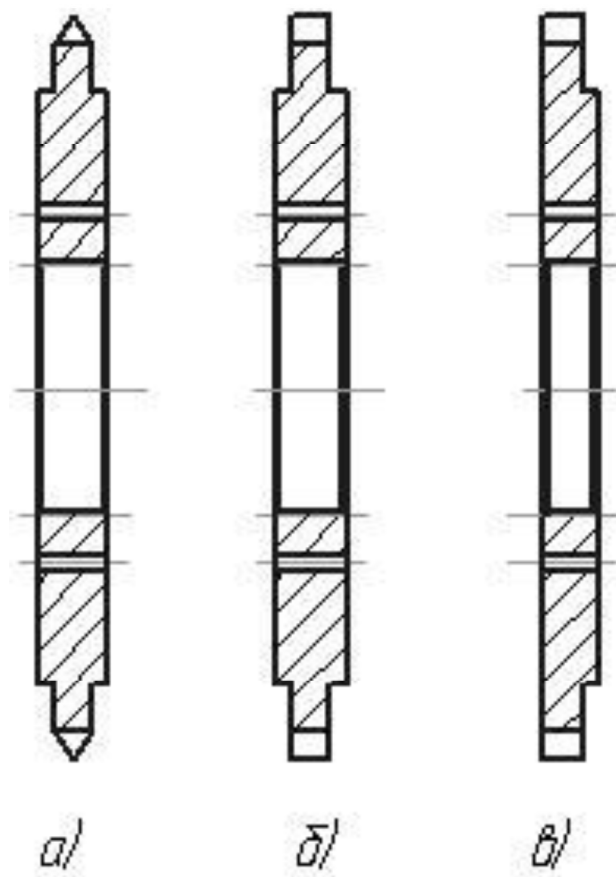
Друга стадія дрібнення здійснюється на клиновій дробарці. Конструкція й принцип роботи клинової дробарки схожі з конструкцією дискової дробарки. Різниця полягає в конструкції органа, що дробить. У клиновій дробарці таким органом є клиновий ніж. Клиновий ніж являє собою диск, заточений по зовнішньому діаметру (рис 2.1 а). Конструкція й принцип клинової й дискової дробарки полягає в тому, що дробарка встановлена на звареній або литій станині, диски, що дроблять (шини) насаджені на ротори, що обертаються в підшипниках нерухомо закріплених на станині. Ротори з закріпленими на них ножами приводяться в обертання від електродвигуна через редуктори й зубчасті муфти. За допомогою зубчастої передачі крутний момент передається двом роторам. Завдяки такій формі ножа збільшується вихідний зазор між ножами, що дозволяє робити дрібнення більших шматків титанової губки. У дисковій дробарці органом, що дробить, є – диск (рисунок 2.1, б).

Для зниження часу дрібнення губчатого титана для дробарки №18/1 необхідно збільшити ступінь подрібнювання шматків на клиновій дробарці №14/1 приблизно на 35% (розмір шматка буде становити 100 мм. замість 150 мм.) і

дисковій дробарці №18/2 також на 35% (розмір шматка буде становити приблизно 50 мм. замість 70 мм.) шляхом реконструкції цих дробарок.

Реконструкція дискової дробарки №18/2 полягає в зміні конструкції дискових ножів (рис 2.1 в).

Внаслідок впровадження модернізації продуктивність дискової дробарки складе не менше 1,7 т/ч по фракції – 50 мм при крупності шматків до дрібнення не більше 100×100 мм, а також зменшаться міжремонтні періоди.



- а) – ніж клинової дробарки;
- б) – ніж дискової дробарки до реконструкції;
- в) – ніж дискової дробарки після реконструкції

Рисунок 2.1 – Типи ножів дробарок

Продуктивність дискової дробарки 18/1 після реконструкції клинової №14/1 і дискової №18/2 дробарок складе не менш 800 кг/год у такий спосіб продуктивність потокової лінії збільшиться приблизно на 25–30%.

2.3 Розрахунок навантаження в основних елементах

Вихідні данні до розрахунків:

Сумарна ширина дискових ножів L, мм	412
Діаметр дискових ножів ведучого ротора D, мм	1 060
Діаметр дискових ножів ведомого ротора D, мм	900

Площа, на якій буде діяти зусилля дрібнення:

$$F=L \cdot l, \quad (2.1)$$

де L – сумарна ширина дискових ножів, L=412 мм=0,412 м;

l – довжина дуги на ділянці здрібнювання матеріалу, визначаємо по формулі:

$$l=0,29 \cdot R=0,145 \cdot D \quad (2.2)$$

де D – діаметр дискових ножів, м: для ведучого ротора D=1,06 для
ведомого ротора D=0,9;

Для ведучого ротора:

$$l=0,145 \cdot 1,06=0,154 \text{ м}$$

$$F=0,412 \cdot 0,154=0,064 \text{ м}^2$$

Для веденого вала:

$$l=0,145 \cdot 0,9=0,13 \text{ м}$$

$$F=0,412 \cdot 0,13=0,054 \text{ м}^2$$

Середнє сумарне зусилля дрібнення:

$$P_{\text{н\ddot{o}}} = \sigma_{\text{н\ddot{o}}} \cdot F \cdot \mu, \text{ МН} \quad (2.3)$$

де $\sigma_{\text{ст}}=78$ – межа міцності матеріалу при стиску, МПа;

μ – коефіцієнт розпушення матеріалу, для міцних порід $\mu=1,1$.

Для ведучого ротора:

$$P_{\text{cp}} = 78 \cdot 10^6 \cdot 0,064 \cdot 1,1 = 5,5 \text{ МН}$$

Для веденого вала:

$$P_{\text{cp}} = 78 \cdot 10^6 \cdot 0,054 \cdot 1,1 = 4,6 \text{ МН}$$

З огляду на сумарне зусилля дрібнення вибираємо матеріал дискових ножів сталь 40Х [6].

2.4 Розрахунок потужності привода

Споживана потужність витрачається на відновлення енергії, що витрачається дисками при ударах по шматках матеріалу, що руйнується, дрібнення матеріалу стиранням на колосникових ґратах, тертя в опорах ротора й подолання опору повітря в дробарці.

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

Визначаємо число обертів дисків

$$n = \frac{Q}{235 \cdot \mu \cdot \rho \cdot l_d \cdot R_d}, \text{ об/хв} \quad (2.4)$$

де $Q=2,6$ – продуктивність дробарки, т/год, $Q=0,043$ т/хв;

μ – коефіцієнт розпушення матеріалу, для міцних порід $\mu=1,1$;

ρ – щільність матеріалу, що дробиться, для титанової губки $\rho=3 \cdot 10^{-9}$ т/мм³

l_d – товщина диска, $l_d=87,5$ мм;

R_d – радіус диска, $R_d=530$ мм.

$$n = \frac{0,043}{235 \cdot 1,1 \cdot 3 \cdot 10^{-9} \cdot 87,5 \cdot 530} = 1,2$$

Визначимо потужність по формулі:

$$N = 7500 \cdot D_d^2 \cdot L_p \cdot \frac{n}{60}, \text{ кВт} \quad (2.5)$$

де D_d – діаметр диска, $D_d=1,06$ м;

L_p – довжина ротора, $L_p=0,412$ м;

n – число обертів ротора, $n=1,2$ хв⁻¹.

Підставляємо представлені значення у формулу (2.5):

$$N = 7500 \times 1,06^2 \times 0,412 \times \frac{1,2}{60} = 65,5.$$

Необхідну потужність електродвигуна визначаємо по формулі:

$$N_{\text{де}} = \frac{N}{\eta_{\text{заг}}}, \text{ кВт} \quad (2.6)$$

де N – необхідна потужність для дрібнення;

$\eta_{\text{заг}}$ – загальний ККД, для системи із двох редукторів і одного електродвигуна $\eta_{\text{заг}}=0,92$.

$$N_{\text{дв}} = \frac{65,5}{0,92} = 71,2$$

Відповідно до [7,8] вибираємо двигун асинхронний тип АМУ280S4 із частотою обертання 1500 об/ хв., $P_{\text{дв}} = 75$ кВт, $\eta=93,5$, маса-505 кг

Визначаємо передаточне число першого редуктора.

$$U_1 = \frac{n_{\text{aa}}}{n_{\delta 1}}; \quad (2.7)$$

де n_{p1} – частота обертання тихоходного вала першого редуктора

$$U_1 = \frac{1500}{15} = 100$$

Вибираємо редуктор циліндричний двоступінчастий типу РЦТ 1280–100
 $U_1 = 100$.

Визначаємо передаточне число другого редуктора.

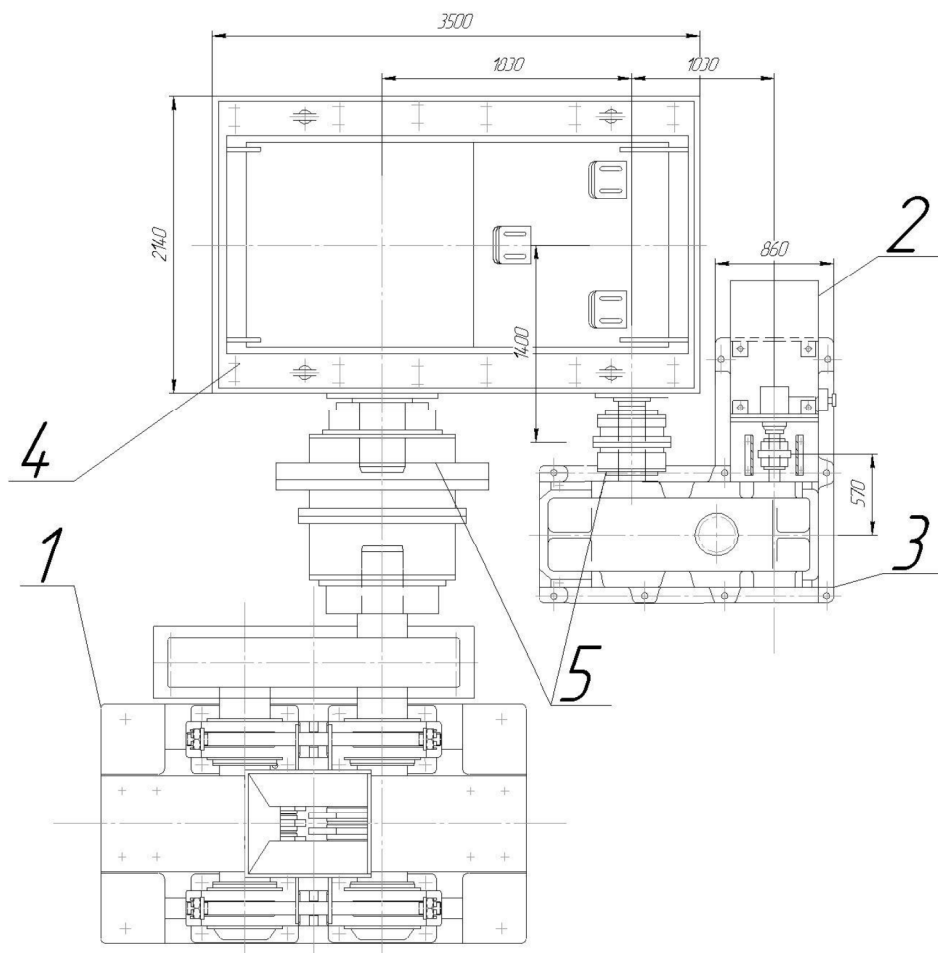
$$U_1 = \frac{n_{\delta 1}}{n_{\delta 2}}; \quad (2.8)$$

де n_{p2} – частота обертання тихоходного вала другого редуктора

$$U_1 = \frac{15}{1,2} = 12,5$$

Вибираємо редуктор циліндричний, триступінчастий типу ЦГШ–1120–12,5
 $U_1=12,5$.

Приймаючи до уваги обрані елементи приводу дробарки будуємо кінематичну схему приводу дискової дробарки (рис. 2.2).



1 – дробарка, 2 – електродвигун, 3 – редуктор РЦТ-1280, 4 – редуктор ЦГШ – 1120, 5 – муфти

Рисунок 2.2 – Кінематична схема й основні розміри приводу дискової дробарки

Визначаємо загальне розрахункове передаточне число

$$U_{\text{розр}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{р2}}}, \quad (2.9)$$

$$U_{\text{розр}} = \frac{1500}{1,2} = 1250$$

Визначаємо загальне фактичне передаточне число

$$U_{\text{розр}} = U_1 \cdot U_2, \quad (2.10)$$

$$U_{\text{розр}} = 12,5 \cdot 100 = 1250$$

2.5 Розрахунок редуктора ЦГШ-1120-12,5

Всі розрахунки елементів приводу виконаємо за методиками викладеними в в роботах [9-19].

2.5.1 Швидкоходна ступінь (евольвентне зачеплення)

Матеріали шестірні й колеса наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Матеріали шестірні й колеса швидкоходного ступеня

	Матеріал Сталь	МПа		Твердість НВ	Термообробка
		σ_B	σ_T		
Шестірня	40Х	834	540	230.....260	Поліпшення
Колесо	45	587	333	170.....216	Поліпшення

Контактні напруження, що допускаються

$$[\sigma_H] = (\sigma_{H0}/S_H) \cdot K_{H\Gamma}, \quad (2.11)$$

де σ_{H0} – тривала межа контактної витривалості:

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 560 \text{ – для шестірні;}$$

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 193 + 70 = 456 \text{ – для колеса.}$$

S_H – коефіцієнт безпеки:

$$S_H = 1,1 \text{ – для шестірні;}$$

$$S_H = 1,1 \text{ – для колеса.}$$

K_{HL} – коефіцієнт довговічності:

$$K_{HL} = 1 \text{ – для шестірні;}$$

$$K_{HL} = 1 \text{ – для колеса.}$$

Тоді допускаємо контактні напруження:

для шестірні

$$[\sigma_H]_1 = 560 \cdot 1/1,1 = 509 \text{ МПа}$$

для колеса

$$[\sigma_H]_2 = 456 \cdot 1/1,1 = 415 \text{ МПа.}$$

Припустимо напруження вигину

$$[\sigma_F] = (\sigma_{F0}/S_F) \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}, \quad (2.12)$$

де σ_{F0} – тривала межа витривалості при вигині;

S_F – коефіцієнт безпеки;

K_{FC} – коефіцієнт впливу двостороннього додатка навантаження;

K_{FL} – коефіцієнт довговічності.

для шестірні

$$\sigma_{F0} = 260 + HB = 260 + 245 = 505$$

$$S_F = 1,75, \quad K_{FC} = 1, \quad K_{FL} = 1.$$

$$[\sigma_F]_1 = 505 \cdot 1 \cdot 1/1,75 = 288 \text{ МПа}$$

колеса

$$\sigma_{F0} = 260 + \text{HB} = 260 + 193 = 453$$

$$S_F = 1,75, K_{FC} = 1 \text{ [5, с. 193]}, K_{FL} = 1 \text{ [6, с. 151]}$$

$$[\sigma_F]_2 = 453 \cdot 1 \cdot 1/1,75 = 258 \text{ МПа}$$

Параметри зачеплення:

$$z_1 = 21; z_2 = 67; m = 22 \text{ мм}; m_t = 22,7272 \text{ мм}; \beta = 14^\circ, U_1 = z_2/z_1 = 67/21 = 3,19$$

Основні розміри, мм:

– шестірні

$$d_1 = m_t \cdot z_1 = 22,7272 \cdot 21 = 477,3 \text{ – діаметр подільного кола};$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 477,3 + 2 \cdot 22 = 521,3 \text{ – діаметр виступів};$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 477,3 - 2,5 \cdot 22 = 422,3 \text{ – діаметр западин};$$

$$b_1 = 450 \text{ мм – ширина.}$$

– колеса

$$d_2 = m_t \cdot z_2 = 22,7272 \cdot 67 = 1522,73 \text{ – діаметр подільного кола};$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 1522,7 + 2 \cdot 22 = 1566,7 \text{ – діаметр виступів};$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 1522,7 - 2,5 \cdot 22 = 1467,7 \text{ – діаметр западин};$$

$$b_2 = b_w = 440 \text{ мм – ширина.}$$

Коефіцієнти перекриття

$$\varepsilon_\beta = b_w \cdot \sin \beta / (\pi \cdot m) = 440 \cdot \sin 14^\circ / (3,14 \cdot 22) = 1,54$$

$$\varepsilon_\alpha = [1,88 - 3,2(z_1^{-1} + z_2^{-1})] \cdot \cos \beta = [1,88 - 3,2(21^{-1} + 67^{-1})] \cdot \cos 14^\circ = 1,63.$$

Окружна швидкість

$$V = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 477,3 \cdot 15 / (60 \cdot 10^3) = 0,37 \text{ м/с}$$

Сили в зачепленні, Н

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot T_1 / d_1 = 2 \cdot 10^3 \cdot 43930 / 477,3 = 184080;$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta = 184080 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ / \cos 14^\circ = 69050;$$

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 184080 \cdot \operatorname{tg} 14^\circ = 45900,$$

де $\alpha_n = 20^\circ$ – кут зачеплення.

Фактичне передаточне число

$$U_{1\phi} = z_2 / z_1 = 67 / 21 = 3,19$$

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість по контактним напруженням

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\alpha}}{b_w \cdot d_1} \cdot \frac{U_{1\phi} + 1}{U_{1\phi}}} \leq [\sigma_H], \quad (2.13)$$

де Z_H – коефіцієнт, що враховує форму сполучення поверхонь зубів у полюсі зачеплення;

Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів коліс;

Z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт динамічного навантаження в зачепленні;

$K_{H\alpha}$ – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами.

Приймаємо для некорегованого зачеплення

$$Z_H = 1,77 \cos \beta = 1,77 \cdot \cos 14^\circ = 1,71$$

для сталевих коліс $Z_M=275$ МПа

$$\text{для косозубчатих } Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1,63}} = 0,78$$

Приймаємо при
 окружній швидкості $V=0,37$ м/с,
 ступеню точності $K=8$
 твердості зубів $H_1=245$ і $H_2=193$
 для косозубчатої передачі

$$K_{H\beta}=1,08,$$

$$K_{H\alpha}=1,04$$

$$K_{H\alpha}=1,07;$$

Таким чином,

$$\sigma_H = 1,71 \cdot 275 \cdot 0,78 \cdot \times \sqrt{\frac{184080 \cdot 1,08 \cdot 1,04 \cdot 1,07 \cdot 3,19 + 1}{440 \cdot 477,3} \cdot \frac{3,19}{3,19}} = 431 \text{ МПа} > [\sigma_H]_2 = 415 \text{ МПа}$$

Умова виконана, допускається перевантаження в 5%.

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість при вигині

$$\sigma_F = \frac{Y_F \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon \cdot F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\alpha}}{b_w \cdot m} \leq [\sigma_F], \quad (2.14)$$

де Y_F — коефіцієнт, що враховує форму зуба,

Y_β — коефіцієнт, що враховує нахил зубів;

Y_ε — коефіцієнт, що враховує перекриття зубів;

$K_{F\beta}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині вінця;

K_{Fv} – коефіцієнт динамічного навантаження;

$K_{F\alpha}$ – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами;

Приймаємо при коефіцієнті зсуву $X=0$

$$Z_{v1} = \frac{Z_1}{\cos^3 \beta} = 21 / \cos^3 14^\circ = 23 \quad Y_{F1} = 3.8$$

$$Z_{v2} = \frac{Z_2}{\cos^3 \beta} = 67 / \cos^3 14^\circ = 73 \quad Y_{F2} = 3,6 \quad [1, \text{ мал. 9.6 }];$$

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - 14/140 = 0,9 \quad Y_\varepsilon = \frac{1}{0,95 \cdot \varepsilon_\alpha} = \frac{1}{0,95 \cdot 1,63} = 0,64 .$$

При $\psi_{bd}=1$; $H_1=245$; $H_2=193$; $K_{F\beta}=1,2$

При ступені точності $K=8$ і швидкості $V=0,37$ м/с $K_{Fv}=1,29$ [2,табл. 8.3]
; $K_{F\alpha}=1,22$

Таким чином
для шестірні

$$\sigma_F = \frac{3,8 \cdot 0,9 \cdot 0,64 \cdot 184080 \cdot 1,2 \cdot 1,29 \cdot 1,22}{440 \cdot 22} = 79 \text{ МПа} < [\sigma_F]_1 = 288 \text{ МПа}$$

для колеса

$$\sigma_F = \frac{3,6 \cdot 0,9 \cdot 0,64 \cdot 184080 \cdot 1,2 \cdot 1,29 \cdot 1,22}{440 \cdot 22} = 75 \text{ МПа} < [\sigma_F]_2 = 258 \text{ МПа}$$

що відповідає рекомендаціям.

2.5.2 Проміжна ступінь (евольвентне зачеплення)

Матеріали шестірні й колеса наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Матеріали шестірні й колеса проміжного щабля

	Матеріал Сталь	МПа		Твердість НВ	Термообробка
		σ_B	σ_T		
Шестірня	40Х	834	540	230.....260	Поліпшення
Колесо	45	587	333	170.....216	Поліпшення

Допускаємі контактні напруження

$$[\sigma_H] = (\sigma_{H0}/S_H) \cdot K_{HL}, \quad (2.15)$$

де σ_{H0} – тривала межа контактної витривалості,

S_H – коефіцієнт безпеки,

K_{HL} – коефіцієнт довговічності.

для шестірні

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 270 + 70 = 610,$$

$$S_H = 1,1, K_{HL} = 1;$$

$$[\sigma_H]_3 = 610 \cdot 1/1,1 = 555 \text{ МПа}$$

колеса

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 263 + 70 = 596,$$

$$S_H = 1,1, K_{HL} = 1;$$

$$[\sigma_H]_4 = 596 \cdot 1/1,1 = 542 \text{ МПа.}$$

Напруження вигину, що допускається

$$[\sigma_F] = (\sigma_{F0}/S_F) \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}, \quad (2.16)$$

де σ_{F0} – тривала границя витривалості при вигині;

S_F – коефіцієнт безпеки;

K_{FC} – коефіцієнт впливу двостороннього додатка навантаження;

K_{FL} – коефіцієнт довговічності.

для шестірні

$$\sigma_{F0} = 260 + HB = 260 + 270 = 530$$

$$S_F = 1,75, \quad K_{FC} = 1, \quad K_{FL} = 1.$$

$$[\sigma_F]_3 = 530 \cdot 1 \cdot 1 / 1,75 = 303 \text{ МПа}$$

колеса

$$\sigma_{F0} = 260 + HB = 260 + 263 = 523$$

$$S_F = 1,75, \quad K_{FC} = 1, \quad K_{FL} = 1$$

$$[\sigma_F]_4 = 523 \cdot 1 \cdot 1 / 1,75 = 299 \text{ МПа}$$

Параметри зачеплення:

$$Z_3 = 25; \quad z_4 = 60; \quad m = 25 \text{ мм}; \quad m_t = 25,8823 \text{ мм}; \quad \beta = 15^\circ, \quad U_2 = z_4 / z_3 = 60 / 25 = 2,4.$$

Основні розміри, мм:

– шестірні

$$d_3 = m_t \cdot z_3 = 25,8823 \cdot 25 = 647 \text{ – діаметр подільного кола};$$

$$d_{a3} = d_3 + 2 \cdot m = 647 + 2 \cdot 25 = 697 \text{ – діаметр виступів};$$

$$d_{f3} = d_3 - 2,5 \cdot m = 647 - 2,5 \cdot 25 = 584,5 \text{ – діаметр западин};$$

$b_3 = 630$ мм – ширина.

– колеса

$d_4 = m_t \cdot z_4 = 25,8823 \cdot 60 = 1553$ – діаметр подільного кола;

$d_{a4} = d_4 + 2 \cdot m = 1553 + 2 \cdot 25 = 1603$ – діаметр виступів;

$d_{f4} = d_4 - 2,5 \cdot m = 1553 - 2,5 \cdot 25 = 1490,5$ – діаметр западин;

$b_4 = b_w = 620$ мм – ширина

Коефіцієнти перекриття

$$\varepsilon_\beta = b_w \cdot \sin \beta / (\pi \cdot m) = 610 \cdot \sin 15^\circ / (3,14 \cdot 25) = 2$$

$$\varepsilon_\alpha = [1,88 - 3,2(z_3^{-1} + z_4^{-1})] \cdot \cos \beta = [1,88 - 3,2(25^{-1} + 60^{-1})] \cdot \cos 15^\circ = 1,64.$$

Окружна швидкість

$$V = \pi \cdot d_3 \cdot n_2 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 647 \cdot 4,76 / (60 \cdot 10^3) = 0,16 \text{ м/с}$$

Сили в зачепленні, Н

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot T_2 / d_3 = 2 \cdot 10^3 \cdot 137030 / 647 = 423580;$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta = 423580 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ / \cos 15^\circ = 159610;$$

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 423580 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 409140,$$

де $\alpha_n = 20^\circ$ – кут зачеплення.

Фактичне передаточне число

$$U_{2\phi} = z_4 / z_3 = 60 / 25 = 2,4$$

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість по контактним напруженням

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\alpha}}{b_w \cdot d_2} \cdot \frac{U_{2\delta} + 1}{U_{2\delta}}} \leq [\sigma_H], \quad (2.17)$$

де Z_H – коефіцієнт, що враховує форму сполучення поверхонь зубів у полюсі зачеплення;

Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів коліс;

Z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт динамічного навантаження в зачепленні;

$K_{H\alpha}$ – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами.

Приймаємо для некорегованого зачеплення

$Z_H = 1,77 \cos \beta = 1,77 \cdot \cos 8^\circ = 1,75$ для сталевих коліс $Z_M = 275$ МПа

для косозубчатих

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1,65}} = 0,78$$

Приймаємо при

окружній швидкості $V = 0,16$ м/с,

ступеня точності $K = 8$

твердості зубів $H_1 = 245$ і $H_2 = 193$

для косозубчатої передачі

$K_{H\beta} = 1,09$,

$K_{H\alpha} = 1,04$

$K_{H\alpha} = 1,07$;

Таким чином,

$$\sigma_H = 1,75 \cdot 275 \cdot 0,78 \cdot \times \sqrt{\frac{423580 \cdot 1,09 \cdot 1,04 \cdot 1,07 \cdot \frac{2,4 + 1}{2,4}}{620 \cdot 647}} = 494 \text{ МПа} < [\sigma_H]_4 = 542 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість при вигині

$$\sigma_F = \frac{Y_F \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon \cdot F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot K_{F\alpha}}{b_w \cdot m} \leq [\sigma_F], \quad (2.18)$$

де Y_F — коефіцієнт, що враховує форму зуба,

Y_β — коефіцієнт, що враховує нахил зубів;

Y_ε — коефіцієнт, що враховує перекриття зубів;

$K_{F\beta}$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині вінця;

K_{Fv} — коефіцієнт динамічного навантаження;

$K_{F\alpha}$ — коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами;

Приймаємо при коефіцієнті зсуву $X=0$

$$Z_{v1} = \frac{Z_3}{\cos^3 \beta} = 25 / \cos^3 15^\circ = 27,7 \quad Y_{F1} = 3,75$$

$$Z_{v2} = \frac{Z_4}{\cos^3 \beta} = 60 / \cos^3 15^\circ = 66,5 \quad Y_{F2} = 3,55 \quad [1, \text{рис. 9.6}];$$

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - 15^\circ / 140^\circ = 0,9 \quad Y_\varepsilon = \frac{1}{0,95 \cdot \varepsilon_\alpha} = \frac{1}{0,95 \cdot 1,64} = 0,63..$$

При $\psi_{bd}=1$; $N_1=270$; $N_2=263$; $K_{F\beta}=1,3$ При ступені точності $K=8$ і швидкості $V=0,16$ м/с $K_{Fv}=1,03$;

Таким чином

для шестірні

$$\sigma_F = \frac{3,75 \cdot 0,9 \cdot 0,63 \cdot 423580 \cdot 1,3 \cdot 1,03 \cdot 1,22}{620 \cdot 25} = 95 \text{ МПа} < [\sigma_F]_3 = 303 \text{ МПа}$$

для колеса

$$\sigma_F = \frac{3,55 \cdot 0,9 \cdot 0,63 \cdot 423580 \cdot 1,3 \cdot 1,03 \cdot 1,22}{620 \cdot 25} = 90 \text{ МПа} < [\sigma_F]_4 = 299 \text{ МПа}$$

що відповідає рекомендаціям.

2.5.3 Тихоходна ступінь (евольвентне зачеплення)

Матеріали шестірні й колеса наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Матеріали шестірні й колеса тихохідного щабля

	Матеріал Сталь	МПа		Твердість НВ	Термообробка
		σ_B	σ_T		
Шестірня	40Х	834	540	230.....260	Поліпшення
Колесо	45	735	441	192.....240	Поліпшення

Допускаємі контактні напруження

$$[\sigma_H] = (\sigma_{H0}/S_H) \cdot K_{HL}, \quad (2.19)$$

де σ_{H0} – тривала межа контактної витривалості,

S_H – коефіцієнт безпеки,

K_{HL} – коефіцієнт довговічності.

для шестірні

$$\sigma_{H0} = 17\text{HRC} + 200 = 17 \cdot 59.5 + 200 = 1211 \text{ МПа},$$

$$S_H = 1,1, K_{HL} = 1;$$

$$[\sigma_H]_5 = 1211 \cdot 1/1,1 = 1100 \text{ МПа}$$

колеса

$$\sigma_{H0} = 17\text{HRC} + 200 = 2 \cdot 51 + 200 = 1067 \text{ МПа},$$

$$S_H = 1,1, K_{HL} = 1;$$

$$[\sigma_H]_6 = 1067 \cdot 1/1,1 = 970 \text{ МПа}.$$

Напруження вигину, що допускається

$$[\sigma_F] = (\sigma_{F0}/S_F) \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}, \quad (2.20)$$

де σ_{F0} – тривала межа витривалості при вигині;

S_F – коефіцієнт безпеки;

K_{FC} – коефіцієнт впливу двостороннього додатка навантаження;

K_{FL} – коефіцієнт довговічності.

для шестірні

$$\sigma_{F0} = 900 \text{ МПа}$$

$$S_F = 1,75 \quad [6, \text{табл. 8.9}], \quad K_{FC} = 1 \quad [5, \text{с. 193}], \quad K_{FL} = 1 \quad [6, \text{с. 151}]$$

$$[\sigma_F]_5 = 900 \cdot 1 \cdot 1/1,75 = 515 \text{ МПа}$$

колеса

$$\sigma_{F0} = 650 \text{ МПа}$$

$$S_F = 1,75 \quad [6, \text{табл. 8.9}], \quad K_{FC} = 1 \quad [5, \text{с. 193}], \quad K_{FL} = 1 \quad [6, \text{с. 151}]$$

$$[\sigma_F]_6 = 650 \cdot 1 \cdot 1 / 1,75 = 371 \text{ МПа}$$

Параметри зачеплення:

$$z_5 = 24; z_6 = 43; m = 22 \text{ мм}; m_t = 22,388 \text{ мм}; U_3 = z_6 / z_5 = 43 / 24 = 1,7916; \beta = 10^\circ$$

Основні розміри, мм:

– шестірні

$$d_5 = m_t \cdot z_5 = 22,388 \cdot 24 = 537,3 \text{ – діаметр подільного кола};$$

$$d_{a5} = d_5 + 2 \cdot m = 537,3 + 2 \cdot 22 = 581,3 \text{ – діаметр виступів};$$

$$d_{f5} = d_5 - 2,5 \cdot m = 537,3 - 2,5 \cdot 22 = 482,3 \text{ – діаметр западин};$$

$$b_5 = 510 \text{ мм – ширина.}$$

– колеса

$$d_6 = m_t \cdot z_6 = 22,388 \cdot 38 = 895,5 \text{ мм – діаметр подільного кола};$$

$$d_{a6} = d_6 + 2 \cdot m = 895,5 + 2 \cdot 22 = 939,5 \text{ – діаметр виступів};$$

$$d_{f6} = d_6 - 2,5 \cdot m = 895,5 - 2,5 \cdot 22 = 840,5 \text{ – діаметр западин};$$

$$b_6 = b_w = 500 \text{ мм – ширина.}$$

Коефіцієнти перекриття

$$\varepsilon_\beta = b_w \cdot \sin \beta / (\pi \cdot m) = 400 \cdot \sin 10^\circ / (3,14 \cdot 22) = 1$$

$$\varepsilon_\alpha = [1,88 - 3,2(z_3^{-1} + z_4^{-1})] \cdot \cos \beta = [1,88 - 3,2(24^{-1} + 43^{-1})] \cdot \cos 10^\circ = 1,64.$$

Окружна швидкість

$$V = \pi \cdot d_5 \cdot n_3 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 537,3 \cdot 2,12 / (60 \cdot 10^3) = 0,06 \text{ м/с}$$

Сили в зачепленні, Н

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot T_3 / d_5 = 2 \cdot 10^3 \cdot 301365 / 537,3 = 1121770;$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta = 1121770 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ / \cos 10^\circ = 414590;$$

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 1121770 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ = 197800.$$

де $\alpha_n = 20^\circ$ – кут зачеплення.

Фактичне передаточне число

$$U_{3\phi} = z_6 / z_5 = 38 / 24 = 1,58$$

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість по контактним напруженням

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\alpha}}{b_w \cdot d_2} \cdot \frac{U_{2\delta} + 1}{U_{2\delta}}} \leq [\sigma_H], \quad (2.21)$$

де Z_H – коефіцієнт, що враховує форму сполучення поверхонь зубів у полюсі зачеплення;

Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів коліс;

Z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт динамічного навантаження в зачепленні;

$K_{H\alpha}$ – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами.

Приймаємо для некорегованого зачеплення

$$Z_H = 1,77 \cos \beta = 1,77 \cdot \cos 12^\circ = 1,73 \text{ для сталевих коліс} \quad Z_M = 275 \text{ МПа}$$

$$\text{для косозубчатих} \quad Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1,64}} = 0,75$$

Приймаємо при

окружній швидкості $V=0,06$ м/с,
 ступеня точності $K=8$
 твердості зубів $H_5=59,5$ HRC и $H_6=51$ HRC
 для косозубчатої передачі

$$K_{H\beta}=1,04,$$

$$K_{Hv}=1,01 \text{ [2,табл.8.3]}$$

$$K_{H\alpha}=1,07 \text{ [2,табл.8.7];}$$

Таким чином,

$$\sigma_H = 1,73 \cdot 275 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{\frac{1121770 \cdot 1,04 \cdot 1,01 \cdot 1,07 \cdot 1,58 + 1}{500 \cdot 537,3} \cdot \frac{1,58 + 1}{1,58}} = 959 \text{ МПа} < [\sigma_H]_6 = 970 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість при вигині

$$\sigma_F = \frac{Y_F \cdot Y_\beta \cdot Y_\epsilon \cdot F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot K_{F\alpha}}{b_w \cdot m} \leq [\sigma_F], \quad (2.22)$$

де Y_F — коефіцієнт, що враховує форму зуба,

Y_β — коефіцієнт, що враховує нахил зубів;

Y_ϵ — коефіцієнт, що враховує перекриття зубів;

$K_{F\beta}$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині вінця;

K_{Fv} — коефіцієнт динамічного навантаження;

$K_{F\alpha}$ — коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами;

Приймаємо при коефіцієнті зсуву $X=0$

$$Z_{v5} = \frac{Z_s}{\cos^3 \beta} = 24 / \cos^3 10^\circ = 25 \quad Y_{F1} = 3,7$$

$$Z_{v6} = \frac{Z_6}{\cos^3 \beta} = 43 / \cos^3 10^\circ = 45 \quad Y_{F2} = 3,53;$$

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - 10^\circ / 140 = 0,93 \quad Y_\varepsilon = \frac{1}{0,95 \cdot \varepsilon_\alpha} = \frac{1}{0,95 \cdot 1,64} = 0,64.$$

При $\psi_{bd}=1$; $H_5=59,5$ HRC ; $H_6=51$ HRC ; $K_{F\beta}=1,3$

При ступені точності $K=8$ і швидкості $V=0,06$ м/с $K_{Fv}=1,01$; $K_{F\alpha}=1,22$

Таким чином

для шестірні

$$\sigma_F = \frac{3,7 \cdot 0,93 \cdot 0,64 \cdot 1121770 \cdot 1,3 \cdot 1,03 \cdot 1,22}{500 \cdot 22} = 366 \text{ МПа} < [\sigma_F]_5 = 515 \text{ МПа}$$

для колеса

$$\sigma_F = \frac{3,5 \cdot 0,93 \cdot 0,64 \cdot 1121770 \cdot 1,3 \cdot 1,03 \cdot 1,22}{500 \cdot 22} = 347 \text{ МПа} < [\sigma_F]_6 = 371 \text{ МПа}$$

що відповідає рекомендаціям.

2.5.4 Розрахунок тихохідного вала

Схема валу з навантаженнями приведено на рисунку 2.1. Сили в зачепленні й геометричні параметри передач:

$$F_{t6}=1121770 \text{ Н} \quad F_{a6}=197800 \text{ Н} \quad F_{r6}=414590 \text{ Н}$$

$$d_6=962,7 \text{ мм} \quad l_7=1525 \text{ мм} \quad l_8=385 \text{ мм} \quad l_9=420 \text{ мм}$$

$$F_M = \frac{0,15 \cdot T_4 \cdot 10^3}{m \cdot z} = \frac{0,15 \cdot 522066 \cdot 10^3}{10 \cdot 122} = 64190 \text{ Н}$$

Визначення реакцій опор

Площина YOZ

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$F_{a6} \frac{d_6}{2} - F_{r6} \cdot l_7 + R'_B (l_7 + l_8) = 0;$$

$$R'_B = \frac{-F_{a6} \frac{d_6}{2} + F_{r6} \cdot l_7}{l_7 + l_8} = \frac{-197800 \frac{962,7}{2} + 414590 \cdot 1525}{1525 + 325} = 281172 \text{ Н}$$

$$R'_B = 281172 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$-R'_A (l_7 + l_8) + F_{a6} \frac{d_6}{2} + F_{r6} \cdot l_8 = 0;$$

$$R'_A = \frac{F_{r6} \cdot l_8 + F_{a6} \frac{d_6}{2}}{l_7 + l_8} = \frac{414590 \cdot 385 + 197800 \frac{962,7}{2}}{1525 + 385} = 133418 \text{ Н}$$

$$R'_A = 133418 \text{ Н.}$$

$$\text{Перевірка: } R'_A - F_{r6} + R'_B = 133418 - 414590 + 281172 = 0.$$

Умова виконана.

Площина XOZ

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$-F_{t6} \cdot l_7 + R''_B (l_7 + l_8) + F_M (l_7 + l_8 + l_9) = 0;$$

$$R''_B = \frac{F_{t6} \cdot l_7 - F_M (l_7 + l_8 + l_9)}{l_7 + l_8} = \frac{1121770 \cdot 1525 - 64190 (1525 + 385 + 420)}{1525 + 385} = 817349 \text{ Н}$$

$$R''_B = 817349 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$-R''_A (l_7 + l_8) + F_{t6} \cdot l_8 + F_M \cdot l_9 = 0;$$

$$R''_A = \frac{F_{t6} \cdot l_8 + F_M \cdot l_9}{l_7 + l_8} = \frac{1121770 \cdot 385 + 64190 \cdot 420}{1525 + 385} = 240231 \text{ Н}$$

$$R''_A = 240231 \text{ Н}$$

$$\text{Перевірка: } R''_A - F_{t6} + R''_B + F_M = 240231 - 1121770 + 817349 + 64190 = 0.$$

Умова виконана.

Визначимо сумарні реакції й сумарні моменти:

$$R_A = \sqrt{(R'_A)^2 + (R''_A)^2} = \sqrt{(133418)^2 + (240231)^2} = 274793 \text{ Н} = 274,8 \text{ кН}$$

$$R_B = \sqrt{(R'_B)^2 + (R''_B)^2} = \sqrt{(281172)^2 + (817349)^2} = 864360 \text{ Н} = 864,4 \text{ кН}$$

Моменти згину, Н мм; позитивний той момент, що розтягує нижні волокна балки (рис.2.1).

Площина XOZ

Під колесом

$$M_x = R''_A \cdot l_7 = 240,231 \cdot 1525 = 366352$$

$$M_x = R''_A (l_7 + l_8) - F_{t6} \cdot l_8 = 240,231(1525 + 385) - 1121770 \cdot 385 = 26960$$

Площина YOZ

Під колесом

$$M_y = R'_A \cdot l_7 = 133,418 \cdot 1525 = 203462$$

$$M_y = R'_B \cdot l_8 = 281,172 \cdot 385 = 108251$$

Під муфтою момент згину дорівнює 0.

Згинальний момент у небезпечному перерізі під колесом

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{(366352)^2 + (203462)^2} = 419060 \text{ Н} \cdot \text{і} , \quad (2.23)$$

Наведений момент

$$M_E = \sqrt{M^2 + (\alpha \cdot T_{H4})^2} = \sqrt{419060^2 + (0,58 \cdot 522066)^2} = 517000 \text{ Н} \cdot \text{м} , (2.24)$$

$\alpha=0,58$ – коефіцієнт приведення.

На рисунку 2.3 приведено схему сил діючих на тихохідний вал та епюри згинального та крутного моментів

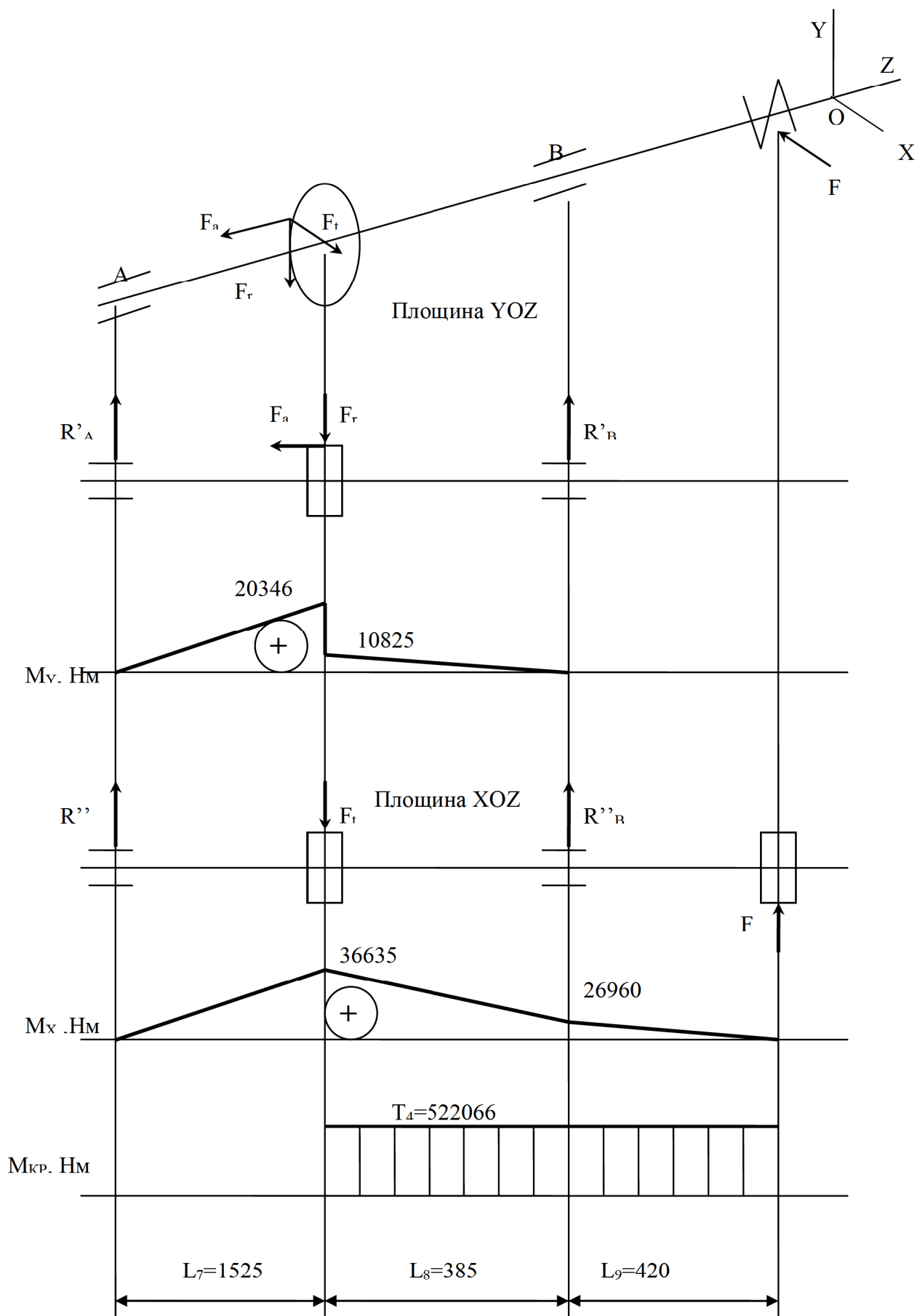


Рисунок 2.3 – Схема сил діючих на тихохідний вал і епюри згинаючих і крутних моментів

2.5.5 Перевірочний розрахунок шпонок тихоходного вала

Приймаємо призматичні шпонки виконання В із плоскими торцями.

Під колесом (100×50)

Перевірка шпонки на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T_1 \cdot 10^3}{d \cdot t_2 \cdot l_p} < [\sigma_{зм}]; \quad (2.25)$$

де $T_4=522066$ Нм – крутний момент на валу;

$d=620$ мм – діаметр вала під колесом;

$t_2=19,5$ мм – глибина паза;

$[\sigma_{зм}]=180$ МПа – допустима напруження, на зминання;

$l_p=500$ мм – робоча довжина шпонки

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 522066 \cdot 10^3}{620 \cdot 19,5 \cdot 500} = 173 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 180 \text{ МПа}$$

Перевірка шпонки на зріз

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T_1 \cdot 10^3}{d \cdot b \cdot l_p} \leq [\tau_{зр}]; \quad (2.26)$$

де $b=50$ мм – ширина шпонкового паза;

$[\tau_{зр}]=120$ МПа – допустима напруження, на зріз;

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 522066 \cdot 10^3}{620 \cdot 50 \cdot 500} = 67 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 120 \text{ МПа}$$

Умови на зминання й зріз виконуються.

На хвостовику (100×50)

Перевірка шпонки на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T_M \cdot 10^3}{d \cdot t_2 \cdot l_p \cdot n} < [\sigma_{зм}];$$

де $T_M=730,8$ кНм – крутний момент на валу хвостовика;

$d=490$ мм – діаметр вала на хвостовику;

$t_2=19,5$ мм – глибина паза;

$[\sigma_{зм}]=180$ МПа – допустима напруження на зминання;

$l=450$ мм – робоча довжина шпонки;

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 730800 \cdot 10^3}{490 \cdot 19,5 \cdot 450} = 340 \text{ МПа} > [\sigma_{зм}] = 180 \text{ МПа}$$

Приймаємо 2 шпонки

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 730800 \cdot 10^3}{490 \cdot 19,5 \cdot 450 \cdot 2} = 170 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 180 \text{ МПа}$$

Перевірка шпонки на зріз

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T_M \cdot 10^3}{d \cdot b \cdot l_p \cdot 2} \leq [\tau_{зр}];$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 730800 \cdot 10^3}{490 \cdot 50 \cdot 450 \cdot 2} = 66 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 120 \text{ МПа}$$

Умови на зминання й зріз виконуються.

2.5.6 Перевірка вала на витривалість для небезпечного перерізу

Під шестірнею

Вихідні дані: матеріал сталь 20; $\sigma_B=392 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_T=235 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_{-1}=167 \text{ Н/мм}^2$; $\tau_{-1}=98 \text{ Н/мм}^2$ [1, табл. 12,13].

Концентрація напружень викликана наявністю шпонкової канавки під колесом шириною $b=100 \text{ мм}$, $t_1=31 \text{ мм}$; найбільший момент згину $M=419060000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ і крутний момент $T_4=522066000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$, діаметр вала $d=620 \text{ мм}$.

Момент опору перетину вала:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 (d - t_1)^2}{2d}, \quad (2.27)$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 620^3}{32} - \frac{100 \cdot 31(620 - 31)^2}{2 \cdot 620} = 2251860 \text{ мм}^3$$

Амплітуда номінального напруження вигину:

$$\sigma_a = \sigma_F = \frac{M}{W} = \frac{419060000}{2251860} = 18,6 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт безпеки в перетині по вигину:

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1} K_L}{K_\sigma / (\beta \cdot \epsilon_\sigma) \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}, \quad (2.28)$$

де $K_\sigma=1,7$ –ефективний коефіцієнт концентрації напруження для вала в місці шпонкового паза;

$\beta=1,6$ – коефіцієнт, що враховує зміцнення поверхні – накатка сталевим роликом;

$\varepsilon_\sigma = 0,73$ – масштабний фактор;

$\psi_\sigma = 0,12$;

$-\sigma_m = 0$ при симетричному циклі зміни напруження вигину.

$$s_\sigma = \frac{167 \cdot 1,1}{1,7 / (1,6 \cdot 0,73) \cdot 18,6 + 0,12 \cdot 0} = 6,7$$

Полярний момент опору по перетину:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 (d - t_1)^2}{2d}, \quad (2.29)$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 620^3}{16} - \frac{100 \cdot 31(620 - 31)^2}{2 \cdot 620} = 45904570 \text{ мм}^3.$$

Амплітуди й середнє напруження рівні:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = 0,5 \frac{T_4}{W_p} = 0,5 \frac{522066000}{45904570} = 5,7 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт безпеки в перетині по крутінню:

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1} K_L}{K_\tau / (\beta \cdot \varepsilon_\tau) \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m}, \quad (2.30)$$

де $K_\tau = 2,05$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруження при

крутінні для вала в місці шпонкового паза;

$\varepsilon_\tau = 0,78$ – масштабний фактор при крутінні;

$\psi_\tau = 0,06$ – коефіцієнт ширини.

$$s_\tau = \frac{98 \cdot 1,1}{2,05 / (1,6 \cdot 0,78) \cdot 5,7 + 0,06 \cdot 0} = 11,5$$

Загальний коефіцієнт безпеки по втомній міцності для перетину:

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} = \frac{6,7 \cdot 11,5}{\sqrt{6,7^2 + 11,5^2}} = 5,8 > [s] = 2,5$$

Що відповідає рекомендаціям.

На хвостовику

Концентрація напруження викликана наявністю шпонкової канавки під колесом шириною $b=100$ мм, $t_1=31$ мм; найбільший момент згину $M=0$ Н·мм і крутний момент $T_M=730800000$ Н·мм, діаметр вала $d=490$ мм.

Полярний момент опору по перетині:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 (d - t_1)^2}{2d}$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 490^3}{16} - 2 \cdot \frac{100 \cdot 31 (490 - 31)^2}{2 \cdot 490} = 21755740 \text{ мм}^3.$$

Амплітуди й середня напруження рівні:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = 0,5 \frac{T_M}{W_p} = 0,5 \frac{730800000}{21755740} = 16,7 \text{ Н/мм}^2$$

Коефіцієнт безпеки в перетині по крутінню:

$$s_{\tau} = \frac{\tau_{-1} K_L}{K_{\tau} / (\beta \cdot \varepsilon_{\tau}) \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}$$

де $K_{\tau}=2,05$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруження при крутінні для вала в місці шпонкового паза;
 $\varepsilon_{\tau} = 0,78$ – масштабний фактор при крутінні;
 $\psi_{\tau} = 0,06$.

$$s_{\tau} = \frac{98 \cdot 1,1}{2,05 / (1,6 \cdot 0,78) \cdot 16,8 + 0,06 \cdot 0} = 3,9$$

Загальний коефіцієнт безпеки по втомній міцності для перетину:

$$s = s_{\tau} = 3,9 > [s] = 2,5$$

Що відповідає рекомендаціям.

2.5.7 Вибір посадки під шестірню швидкохідного вала

Вихідні дані: $T_4=522066 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $d_1=0$; $d_2=962,7 \text{ мм}$; $d=620 \text{ мм}$; $l=500 \text{ мм}$; 8 клас чистоти поверхні.

Приймаємо коефіцієнт тертя $f=0,08$ і визначаємо тиск на посадковій поверхні q , що забезпечує передачу заданого крутного моменту:

k – коефіцієнт запасу зчеплення, $k=1,5$;

$$q = \frac{2 \cdot T_4 \cdot k}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f} = \frac{2 \cdot 522066 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 620^2 \cdot 500 \cdot 0,08} = 32,4 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

Визначаємо розрахунковий натяг:

$$\delta_p = q \cdot d \cdot 10^3 \frac{C_1 + C_2}{E}, \quad (2.31)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ Н/мм² – для сталі; $\nu_1 = \nu_2 = 0,3$;

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \nu_1 = \frac{620^2 + 0}{620^2 - 0} - 0,3 = 0,7;$$

$$C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \nu_2 = \frac{962,7^2 + 620^2}{962,7^2 - 620^2} + 0,3 = 2,71.$$

$$\delta_p = 32,4 \cdot 620 \cdot 10^3 \frac{0,7 + 2,71}{2,1 \cdot 10^5} = 327 \text{ мкм.}$$

Визначасмо мінімальний вимірюваний натяг посадки:

$$\delta_{\min} = \delta_p + 1,2(R_{Z1} + R_{Z2}), \quad (2.32)$$

$$\delta_{\min} = 327 + 1,2(3,2 + 3,2) = 335 \text{ мкм}$$

Цьому найменшому натягу відповідає посадка $\varnothing 620 \frac{H7}{t6}$,

найменший натяг $\delta_{\min} = 380$ мкм;

найбільший натяг $\delta_{\max} = 494$ мкм.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок фундаменту під монтаж дискової дробарки

Ефективність підприємств чорної металургії значною мірою зумовлюється надійністю обладнання, яка забезпечує і високу продуктивність, і економічність технологічних процесів [20].

Технічний прогрес в області монтажу агрегатів і обладнання характеризується значним підвищенням рівня індустріалізації і механізації монтажних робіт, застосуванням великоблочного монтажу, підвищенням точності монтажу завдяки застосуванню лазерної техніки, нових методів установки і закріплення обладнання на фундаментах, прогресивних методів збірки і інших найбільш сучасних і високопродуктивних методів виробництва монтажних робіт [20].

Експлуатація механічного обладнання – це сукупність трьох взаємозв'язаних процесів: технологічного, зношування і відновлення. Швидкість зношування машин і механізмів залежить як від інтенсивності технологічних дій, так і від якості монтажних робіт, режимів змазування вузлів тертя, періодичності і повноти технічного обслуговування. Якість процесу відновлення (ремонтів і профілактик) визначається рівнем знань про закономірності відмов деталей, організацією ремонтного виробництва, кваліфікацією обслуговуючого персоналу. Висока експлуатаційна надійність агрегатів і обладнання досягається завдяки застосуванню найбільш сучасних методів технічного обслуговування і ремонту [21].

Фундаменти призначені для передачі зусиль на ґрунт і зменшення вібрації машин при експлуатації. Їх виконують з бетону у вигляді блоків, розділених деформаційними швами різного призначення (осадкові, усадкові і ін.). Початковими показниками для проектування фундаментів являються параметри і габаритні розміри підстав машин, схема вантаження фундаменту, дані про

геологію, гідрогеологію і фізико-механічні властивості ґрунту, схеми прив'язки фундаменту до будівлі, розташування заставних частин, прямиків і каналів [22].

Початкові дані:

- вага обладнання встановленого на фундаменті – $G_{\text{обл}} = 20027$ кг;
- вага подрібнюваного матеріалу – $G_{\text{м}} = P_{\text{тех}} = 500$ кг;

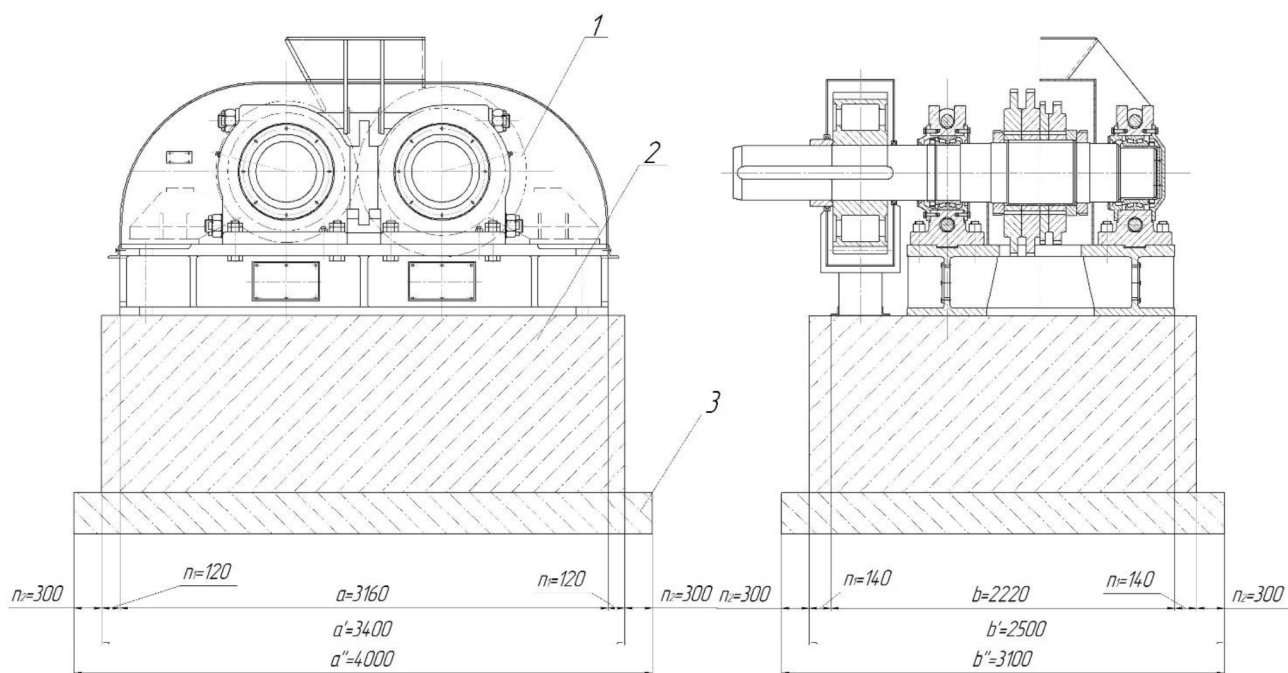
Визначаємо геометричні параметри фундаменту (схема фундаменту представлена на рис. 3.1):

$$a' = 3160 + 2 \cdot n = 3160 + 2 \cdot 120 = 3400 \text{ мм},$$

$$b' = 2220 + 2 \cdot n = 2220 + 2 \cdot 140 = 2500 \text{ мм},$$

$$a'' = 3400 + 2 \cdot n' = 3400 + 2 \cdot 300 = 4000 \text{ мм},$$

$$b'' = 2500 + 2 \cdot n' = 2500 + 2 \cdot 300 = 3100 \text{ мм}.$$



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

Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку фундаменту

Об'єм фундаменту:

$$V_{\phi} = (3 - 5) \cdot G_{\text{обл}}; \quad (3.1)$$

де (3-5) – м³ доводиться на 1 т ваги встановленого обладнання.

$$V_{\phi} = 20,027 \cdot 3,0 = 60,1 \text{ м}^3$$

Вага фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho = 60,1 \cdot 2,2 = 132,2 \text{ т}; \quad (3.2)$$

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

Визначаємо тиск на ґрунт:

$$\rho = \frac{G_{\text{м}} + G_{\phi} + P_{\text{тех}}}{a'' \cdot b''} + \frac{M_{\text{пер}}}{W} < [\rho], \quad (3.3)$$

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

$M_{\text{пер}}$ – перекидний момент – момент на тихохідному валу редуктора

$M_{\text{пер}} = 544 \text{ кНм}$;

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

W – момент опору перетину фундаменту:

$$W = \frac{a''^2 \cdot b''}{6} = \frac{400^2 \cdot 310}{6} = 8,27 \cdot 10^6 \text{ см}^3 \quad (3.4)$$

Підставивши отримані значення в формулу 3.4 отримаємо

$$\rho = \frac{20027 + 132200 + 500}{400 \cdot 310} + \frac{5545362}{8,27 \cdot 10^6} = 1,9 \text{ кг/см}^2 < [\rho] = 2 \text{ кг/см}^2$$

Остаточно приймаємо:

$$\begin{aligned} a' &= 3400 \text{ мм}, \\ b' &= 2500 \text{ мм}, \\ a'' &= 4000 \text{ мм}, \\ b'' &= 3100 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Визначимо загальну висоту фундаменту:

$$h_{\text{зар}} = \frac{V_{\phi}}{S_{\phi}} = \frac{60,1}{4 \cdot 3,1} = 4,85 \text{ м} \quad (3.5)$$

Висота підосви фундаменту:

$$h_{\text{п}} = \frac{1}{5} \cdot h_{\text{зар}} = \frac{1}{5} \cdot 4,85 = 0,97 \text{ м} \quad (3.6)$$

Висота власне фундаменту:

$$h_{\phi} = h_{\text{зар}} - h_{\text{п}} = 4,85 - 0,97 = 3,88 \text{ м}; \quad (3.7)$$

Об'єм підосви фундаменту:

$$V_{\text{п}} = h_{\text{п}} \cdot a'' \cdot b'' = 0,97 \cdot 4,0 \cdot 3,1 = 12,03 \text{ м}^3 \quad (3.8)$$

Для підосви фундаменту приймаємо бетон Б100 (100 кг/см²)

Об'єм власне фундаменту:

$$V_{\phi} = h_{\phi} \cdot a' \cdot b' = 3,88 \cdot 3,4 \cdot 2,5 = 32,98 \text{ м}^3 \quad (3.9)$$

Для фундаменту приймаємо бетон Б200 (200 кг/см²)

Загальний об'єм фундаменту:

$$V_{\Sigma} = V_{\pi} + V_{\phi} = 12,03 + 32,98 = 45,01 \text{ м}^3.$$

Вага фундаменту:

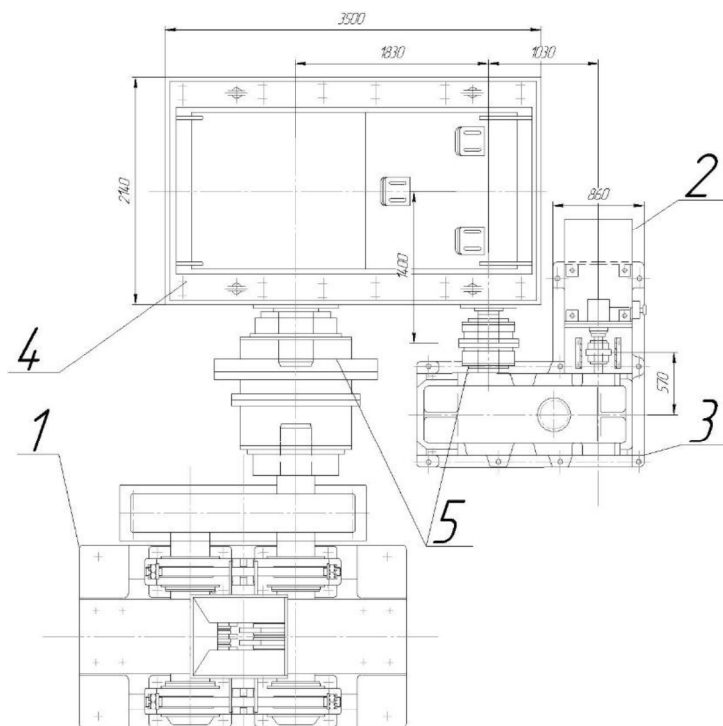
$$G_{\phi} = V_{\Sigma} \cdot \rho = 45,01 \cdot 2,2 = 99,022 \text{ Т};$$

Уточнюємо тиск на ґрунт:

$$\rho = \frac{20027 + 99022 + 500}{400 \cdot 310} + \frac{5545362}{8,27 \cdot 10^6} = 1,63 \text{ кг/см}^2 < [\rho] = 2 \text{ кг/см}^2$$

Умова виконується.

Виконаємо розрахунок анкерних болтів згідно представленої кінематичної схеми приводу дискової дробарки (рис. 3.2).



1 – дробарка, 2 – електродвигун, 3 – редуктор РЦТ-1280, 4 – редуктор ЦГШ – 1120, 5 – муфти

Рисунок 3.2 – Кінематична схема й основні розміри приводу дискової дробарки

Відстань між анкерними болтами – $a = 2750\text{мм}$

На рис. 3.3 представлена розрахункова схема.

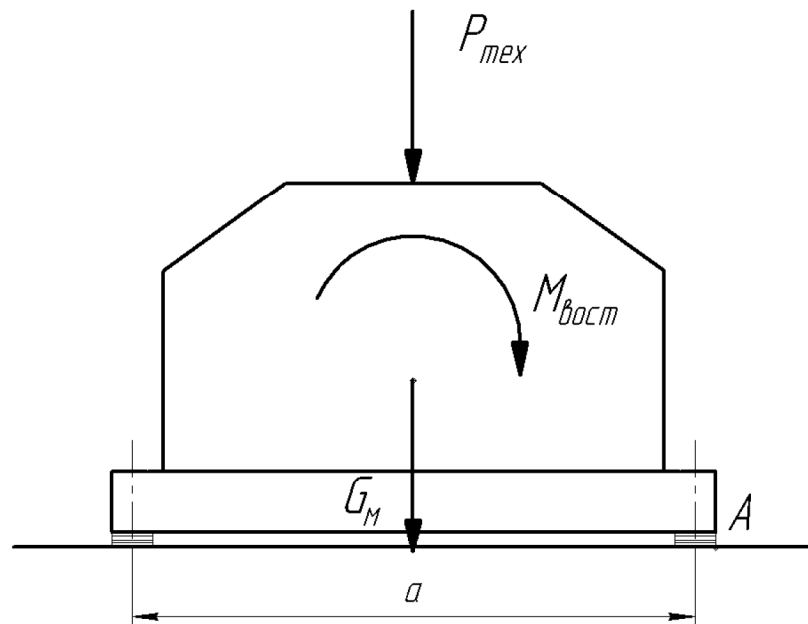


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку анкерних болтів

З умови слідує що:

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

$$M_{\text{відн}} = 1,4 \cdot M_{\text{пер}} = 1,4 \cdot 544 = 761,6 \text{кН} \cdot \text{м};$$

де $M_{\text{пер}}$ – перекидний момент – момент на тихохідному валу редуктора

$$M_{\text{пер}} = 544 \text{кНм};$$

$$M_{\text{відн}} = G_M \cdot \frac{a}{2} + Q_{\delta} \cdot a \cdot n_p = 761,6 \text{кН} \cdot \text{м}; \quad (3.11)$$

Зусилля в стрижні болта:

$$Q_{\delta} = \frac{M_{\text{вост}} - G_M \cdot \frac{a}{2}}{a \cdot n_p} = \frac{761,6 - 196,5 \cdot \frac{2,75}{2}}{2,75 \cdot 2} = 89,4 \text{кН}. \quad (3.12)$$

Знаходимо внутрішній діаметр різьблення болта

$$d_1 = \sqrt{\frac{5,2 \cdot Q_6}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{5,2 \cdot 89400}{3,14 \cdot 160}} = 30,4 \text{ мм}$$

де $[\sigma] = 160$ – допускаєме напруження на розтягнення для Ст3, МПа.

Приймаємо болт довжиною 400 мм із різьбленням М36×3.

Надмірне затягування приводить до обривів фундаментних болтів, а недостатнє до розкриття стиків. Тому при монтажі необхідно контролювати величину зусилля попереднього затягування.

Правильно обране попереднє затягування повинно виключати взаємні зрушення деталей, якщо робоче зусилля діє в площині стику.

3.2 Розрахунок системи змащування редуктора

Змащувальні матеріали діляться на наступні типи [23]:

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

Рідкі мастила у вузлі тертя виконують наступні функції:

- зменшують коефіцієнт тертя;
- охолоджують поверхні, що труться;
- захищають поверхні, що труться, від корозії;
- виводять продукти зносу із зони тертя.

Залежно від характеру подачі мастила до вузлів тертя розрізняють наступні системи змащувань:

- індивідуальну;
- картерну;

- циркуляційну;
- аерозольну.

На рисунку 3.3 приведено кінематичну схему приводу редуктора.

Для розрахунку подачі насосної установки системи змащування визначимо кількість тепла, що виділяється при терті Q_1 для швидкохідного редуктора (РЦТ 1280–100), та кількість тепла, яка може бути відведена від вузла тертя в навколишній простір Q_2 :

$$Q_1 = 860(1 - \eta) \cdot N \cdot 4,1868, \quad (3.13)$$

де η – ККД редуктора;

$N=71,2$ – потужність редуктора:

$$Q_1 = 860(1 - \eta) \cdot N \cdot 4,1868 = 860(1 - 0,96) \cdot 71,2 \cdot 4,1868 = 10254,6 \text{ кДж/год}$$

$$Q_2 = k(t_M - t_{II}) \cdot A = 32(50 - 20) \cdot 4,4 = 4224 \text{ кДж/год}$$

де $k = 32$ – коефіцієнт теплопередачі;

t_M, t_{II} – температура відповідно мастила і повітря;

A – площа бокових поверхонь редуктора м^2 :

$$A = 2(1,5 \cdot 1,01) + 2(0,66 \cdot 1,01) = 4,4 \text{ м}^2.$$

Так як $Q_1 > Q_2$ доцільно буде використовувати циркуляційну систему змащування.

В зв'язку з тим, що згідно кінематичної схеми тихохідним являється редуктор – ЦГШ–1120–12,5 з паспортним передавальним числом $i_{p2}=12,5$, виконаємо розрахунок його системи змащування.

Початкові дані:

- редуктори між собою з'єднані муфтою потужність тихохідного редуктора $N=69$ кВт;
- максимальний момент на тихохідному валу $M_{\max}=544$ кНм;
- число обертів тихохідного валу $n_3 = 1,2 \text{ хв}^{-1}$;
- паспортне передавальне число редуктора $i = 12,5$.

Діаметри коліс редуктора приведені на кінематичній схемі редуктора (рис.3.4):

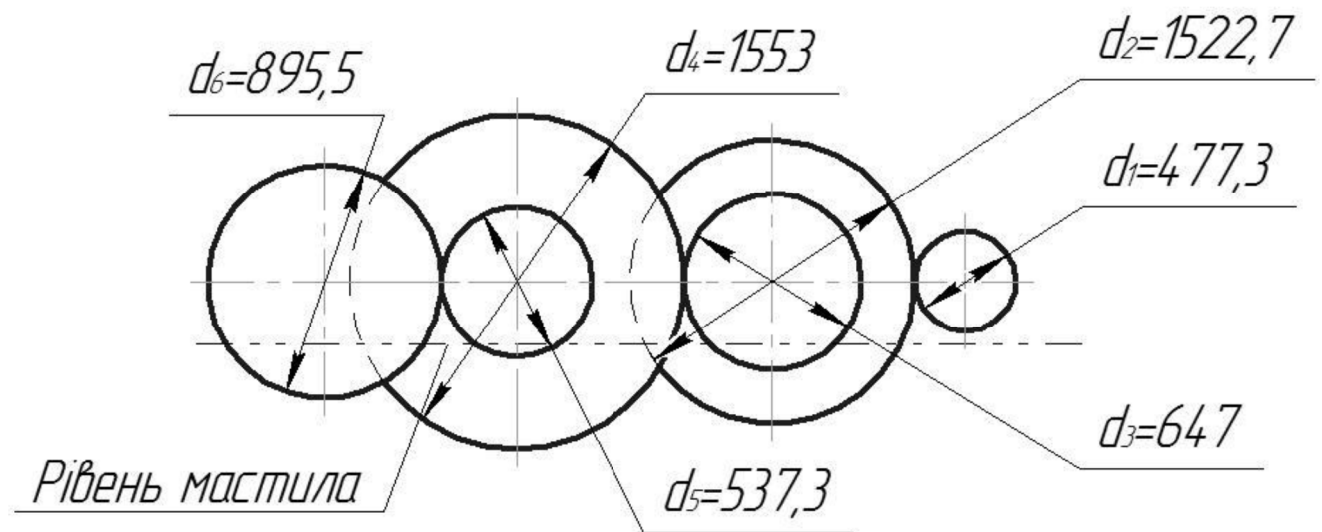


Рисунок 3.4 – Кінематична схема редуктора

$$d_1 = 477,3 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1522,7 \text{ мм};$$

$$d_3 = 647 \text{ мм};$$

$$d_4 = 1553 \text{ мм};$$

$$d_5 = 537,3 \text{ мм};$$

$$d_6 = 816 \text{ мм}$$

Знаходимо фактичні передаточні числа ступенів редуктора:

$$i_1 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{1522,7}{477,3} = 3,19;$$

$$i_2 = \frac{d_4}{d_3} = \frac{1553}{647} = 2,4;$$

$$i_3 = \frac{d_4}{d_3} = \frac{895,5}{537,3} = 1,67.$$

Число обертів на валах редуктора:

$$n_1 = 15,18 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_1} = \frac{15,18}{3,19} = 4,759 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_2} = \frac{4,759}{2,4} = 1,98 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_3} = \frac{1,98}{1,67} = 1,19 \text{ хв}^{-1}$$

Визначимо лінійні швидкості на кожному ступені редуктора:

$$V_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{60} = \frac{0,4773 \cdot 3,14 \cdot 15,18}{60} = 0,38 \text{ м/с};$$

$$V_2 = \frac{d_3 \cdot \pi \cdot n_3}{60} = \frac{0,647 \cdot 3,14 \cdot 1,98}{60} = 0,067 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{d_5 \cdot \pi \cdot n_4}{60} = \frac{0,5373 \cdot 3,14 \cdot 1,19}{60} = 0,033 \text{ м/с}.$$

Ширина коліс:

$$B_2 = 44 \text{ см};$$

$$B_4 = 62 \text{ см};$$

$$B_6 = 50 \text{ см}.$$

Визначимо тиск на одиницю довжини зуба:

$$q = \frac{102N}{V \cdot B}. \quad (3.14)$$

Таким чином

$$q_1 = \frac{102 \cdot 69}{0,38 \cdot 44} = 432,3 \text{ кН/м};$$

$$q_2 = \frac{102 \cdot 69}{0,067 \cdot 62} = 1694 \text{ кН/м};$$

$$q_3 = \frac{102 \cdot 69}{0,033 \cdot 50} = 4265 \text{ кН/м};$$

Для вибору змащувального матеріалу використовуємо формулу:

$${}^0\text{ВУ}_{50} = \frac{q \cdot m}{20}, \quad (3.15)$$

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

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

Таким чином:

для першого ступеня

$${}^0\text{ВУ}_{50}^1 = \frac{432,3 \cdot 1,6}{20} = 34,58,$$

для другого ступеня

$${}^0\text{ВУ}_{50}^2 = \frac{1694 \cdot 1,6}{20} = 135,52,$$

для третього ступеня

$${}^0\text{ВУ}_{50}^2 = \frac{4265 \cdot 1,6}{20} = 341,2$$

Внаслідок великої тихохідності редуктора визначити сорт мастила розрахунковим шляхом не вдалося. Експериментально встановили, що для змащування редуктора краще застосувати мастило І-30 для якого ${}^0\text{ВУ}_{50} = 2,60 - 3,31$.

Для вибору системи змащування необхідно визначити кількість тепла, що виділяється при терті Q_1 і кількість тепла, яке може бути відведене від вузла тертя в навколишній простір Q_2 :

$$Q_1 = 860(1 - \eta) \cdot N \cdot 4,1868 = 860(1 - 0,96) \cdot 69 \cdot 4,1868 = 9937,79 \text{кДж/год} \quad (3.16)$$

$$Q_2 = k(t_M - t_{\text{П}}) \cdot A = 45(50 - 25) \cdot 29,6 = 33300 \text{кДж/год} \quad (3.17)$$

де η – ККД редуктора;

$k = 45$ – коефіцієнт теплопередачі;

$t_M, t_{\text{П}}$ – температура відповідно мастила і повітря;

A – площа бокових поверхонь редуктора м^2 :

$$A = 2(2,14 \cdot 2) + 1(3,46 \cdot 2,08) + 2(3,46 \cdot 2) = 29,61 \text{ }^2.$$

$Q_2 > Q_1$ – умова виконується

Так як $Q_1 < Q_2$ можливе використання картерної системи змащування

Подачу насосної установки розрахуємо беручи в розрахунок тільки кількість тепла, що виділяється при терті для швидкохідного редуктора (РЦТ

1280–100) тому, що згідно розрахунків для тихохідного редуктора (ЦГШ 1120–12,5), кількість тепла, яка виділяється при терті Q_1 менша кількості тепла, яка може бути відведена від вузла тертя в навколишній простір Q_2 , то для розрахунку подачі насосної установки нею можна знехтувати.

$$P' = \frac{Q_{\text{тп}}}{\xi \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta T} = \frac{10254,6}{0,75 \cdot 2,0 \cdot 0,925 \cdot 10} = 739,1 \text{ дм}^3 / \text{год}; \quad (3.18)$$

де $Q_{\text{тп}}=10254,6$ кДж/год – кількість тепла, що виділяється при терті для швидкохідного редуктора;

$\xi = 0,75$ – коефіцієнт враховує неповне використання масла для охолодження;

$c = 2,0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ – питома теплоємність мастила;

$\gamma = 0,925 \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3}$ – щільність мастила;

$\Delta T = 10^\circ$ – розрахункове підвищення температури мастила, що допускається.

Таким чином згідно розрахунків і з оглядом на те що потрібен насос для обслуговування двох редукторів вибираємо станцію рідкого змащування СРЗ-6 що включає в себе 2 насоси типу ЗВ-4/25 продуктивністю $1000 \text{ дм}^3/\text{год}$, кожен.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо фактори виробничого середовища та шкідливих чинників, що діють під час трудового процесу слюсара ремонтника (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці для ремонтного персоналу

Фактори	Норм. знач., ГДК, ГДУ	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
1 клас небезпеки						
2 клас небезпеки						
Марганцю оксиди (дезінтегр)	0,3	0,56	1,87			83,1
3-4 клас небезпеки						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			83,1
Азоту діоксид	2,0	4,0	2			83,1
Ангідрид сірчистий	10,0	13,5	1,35			83,1
II. Пил титановий, мг/м ³	10	35		3,5		
Зміст кремнію діоксида – 2,5%	4,0	26,4			6,6	83,1
III. Шум, дБ	80	96			16	100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °С	16-27	34		7		83,1
- швидкість руху повітря, м/сек	0, 2-0,5	0,27				83,1
V. Робоча поза						
Важкість праці		Па		серед.		
Напруженість праці				помір.		
Кількість факторів			5	2	2	

Умови й характер праці відносяться до III класу 3 ступені.

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

Відповідно до списку №1: пенсійний вік по пільгових умовах для чоловіків становить 50 років, для жінок 45 років, дається додаткова відпустка 7 днів, надбавка до зарплати до 24%, видається молоко [24].

4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

У таблиці 4.2 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходу щодо їхнього усунення, які мають місце на ділянці переробки губчатого титану та відносяться до фізичної групи [25].

Таблиця 4.2 – Технічні засоби захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запилованість	Витяжна вентиляція	Механічна	До 10000 м ³ /год	Біля джерел виділення
2	Запилованість	Респіратор СІЗОД	“Пелюсток” 40	–	Індивідуально
3	Шум	Навушники противошумові	шумозахисні навушники НІОТ	Придатний до 110 дБ	Індивідуально
4	Температура	Утеплена куртка, ватяні штани,	ІПФ – 1	–	Індивідуально
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запилованості + костюм х/б, рукавиці	ШБ-1	–	Індивідуально

4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшуючи її кількість у повітрі, все устаткування закрите зонтами (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою воздуховодів із пристроями для очищення повітря, що видаляється, згідно вимогам [26].

Норми мікроклімату [27] на робочих місцях зазначені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Допустимі норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої ваги [27]

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

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

4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

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

При необхідності частина світильників того або іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення. Застосовуються дугові ртутні лампи (ДРЛ) потужністю 800 Вт, та світильник – глибоковипромінювач.

Характеристика приміщення ділянки по переробці губчатого титану згідно [28]:

– 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, 400 лк

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

4.4 Електробезпека

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

Всі струмоведучі частини ізолювані. Як захисну ізоляцію застосовують теплостійкі лаки, що електроізолюють плівки, емалеві й олійні фарби.

Безпека експлуатації електроустановок забезпечується наступними захисними заходами: недоступність струмоведучих частин, застосування ізоляції, блокування, застосування малої напруги, застосування трифазного струму з ізолюваною нейтраллю, захисне заземлення, а для пересувних

електроустановок – захисне відключення. Підлоги дробильного відділення, а також робочих майданчиків цеху виконують неелектропровідними.

При обслуговуванні електроустановок застосовують основні і додаткові захисні засоби. До основних відносяться захисні засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу установки і при користуванні якими допускається безпосередній дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою. До додаткових відносяться засоби захисту, що підсилюють дію основних засобів і які забезпечують безпеку при напрузі дотику і кроковій напрузі. До засобів індивідуального захисту відносяться: ізолююча штанга, ізолюючі кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички, ізолюючі підставки [29].

4.5 Заходи пожежної безпеки

Ділянка має категорію пожежонебезпеці Г (негорючі речовини розпечені або розплавлені, і горючі речовини спалюються або утилізуються як паливо). Будівля переробної ділянки відноситься до II 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) [30, 31].

До первинних засобів пожежогасіння в цеху відносять: вогнегасники ВП – 1(10 шт), ОУ–2 (14 шт.), ПО–1Д (18 шт), пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.). Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами.

4.6 Техногенна безпека

Будь-яку машину, механізм можна розглядати як систему, що складається з окремих елементів – деталей. Аварія – результат відмови одного чи декількох елементів [32, 33].

Імовірність аварії розраховується за формулою:

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - Q_i), \quad (4.1)$$

де Q_i – імовірність відмови кожного елемента:

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau, \quad (4.2)$$

де λ_i – інтенсивність відмови і-го елемента;

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

Розрахуємо імовірність аварії на ділянці виготовлення титану губчатого дискової дробарки за один рік. Відомо що $\lambda_i = 7 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$ $\tau = 1 \text{ рік}$

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

Тоді підставивши отримані значення в формулу (4.1) отримаємо

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

Імовірність не висока, застосування додаткових захисних засобів не потрібне.

4.7 Інженерний розрахунок аерації приміщення цеху

Розрахунок аерації, тобто визначення площі аераційних отворів, для ділянки по переробці губки титанової, у теплий період часу здійснюється для наступних даних:

- кількість повітря, що повинне надходити в приміщення $G_{\text{пост}}$ знаходиться за формулою

$$G_{\text{пост}} = V \cdot \rho \cdot n, \text{ кг/год} \quad (4.3)$$

де $V=57\ 000$ – об'єм приміщення, м^3 ;

$\rho=1,16$ – щільність повітря, кг/ м^3 ;

$n=6$ – кратність повітряобміну.

$$G_{\text{пост}} = 57000 \cdot 1,16 \cdot 6 = 396720 \text{ кг/год}$$

Приймаємо $G_{\text{пост}} = 400000$ кг/год

- кількість повітря, що повинне видалятися із приміщення $G_{\text{вид}} = G_{\text{пост}} = 400\ 000$ кг/год. ;
- відстань між осями отворів $h=10$ м ;
- температура зовнішнього повітря $t_{\text{внеш}} = 24$ $^{\circ}\text{C}$;
- температура внутрішнього повітря $t_{\text{внутр}} = 34$ $^{\circ}\text{C}$;

Конструкція стулки віконного отвору – одинарна верхньопідвісна з кутом відкривання отвору $\alpha = 45^{\circ}$. Ліхтар П–образний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають на відносній відстані $l/h=1,5$, з кутом відкривання $\alpha = 90^{\circ}$.

Температуру повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, визначаємо по формулі:

$$t_{\text{уд}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{внутр}} - t_{\text{прз}}}{m}, \quad (4.4)$$

де $t_{\text{прз}}$ – температура повітря, що надійшла в робочу зону (у теплий період

часу $t_{\text{прз}} = t_{\text{зовн}} = 24$ $^{\circ}\text{C}$;

$m=0,41$ – коефіцієнт для виробничих приміщень за умови подачі повітря в робочу зону й видалення його з верхніх зон.

$$t_{\text{уд}} = 24 + \frac{34 - 24}{0,41} = 48,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Питома вага повітря визначається по формулі:

$$\gamma = \frac{353}{t + 273}, \quad (4.5)$$

$$\gamma_{\text{аіао}} = \frac{353}{24 + 273} = 1,188 \text{ кг/м}^3$$

$$\gamma_{\text{ба}} = \frac{353}{48,4 + 273} = 1,098 \text{ кг/м}^3$$

Розподілений тиск визначаємо з вираження:

$$\Delta p_{1,2} = h(\gamma_{\text{зовн}} - \gamma_{\text{уд}}), \quad (4.6)$$

$$\Delta p_{1,2} = 10 \cdot (1,188 - 1,098) = 0,9 \text{ кг/м}^2$$

Втрати тиску на проходження повітря через приточні отвори можна визначити по формулі:

$$\Delta p_1 = \beta \cdot \Delta p_{1,2}, \quad (4.7)$$

де β – частина різниці опорів, що затрачається на прохід повітря через приточні отвори ($\beta=0,1-0,4$).

$$\Delta p_1 = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225 \text{ кг/м}^2 = 22,5 \text{ кПа}$$

Втрати тиску на проходження повітря через ліхтар визначаються як:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{1,2} - \Delta p_1, \quad (4.8)$$

$$\Delta p_2 = 0,9 - 0,225 = 0,675 \text{ кг/м}^2 = 67,5 \text{ кПа}$$

Визначаємо площу отворів у стіні $F_{\text{прит}}$ і площу отворів ліхтарів $F_{\text{ліхт}}$:

$$F_{\text{прит}} = \frac{G_{\text{пост}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma_{\text{зовн}} \Delta p_1}{\xi_1}}}, \quad (4.9)$$

$$F_{\text{ліхт}} = \frac{G_{\text{уд}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma_{\text{уд}} \Delta p_2}{\xi_2}}}, \quad (4.10)$$

де g – прискорення вільного падіння ($g=9,8 \text{ м/с}^2$);

ξ_1, ξ_2 – коефіцієнти місцевого опору приточних отворів і ліхтаря відповідно ($\xi_1=3,7, \xi_2=4,1$).

Підставивши значення у формули (4.9) і (4.10) одержимо:

$$F_{\text{прит}} = \frac{400000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,188}{3,7} \cdot 0,225}} = 93,4 \text{ м}^2$$

Приймаємо $F_{\text{прит}}=100 \text{ м}^2$

$$F_{\text{ліхт}} = \frac{400000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,098}{4,1} \cdot 0,675}} = 59 \text{ м}^2$$

Приймаємо $F_{\text{ліхт}}=60 \text{ м}^2$

Висновки

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням корпусу обробки титанової губки ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» показало, що одним з основних «вузьких» місць корпусу обробки титанової губки є незадовільна робота дискової дробарки.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для подрібнення титанової губки у світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить дисковим дробаркам, які мають ті ж самі недоліки, що й дискова дробарка корпусу обробки титанової губки ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».
3. В результаті модернізації дробарки можливе досягнення наступних цілей – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
4. Для забезпечення організації запропонованої модернізації проведено розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів дробарки 18/2, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
5. Для забезпечення необхідних показників роботи машини слід враховувати вимоги щодо її монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для задовільної роботи обладнання цеху в цілому необхідно застосувати заходи, які наведено в розділі 4.
6. Згідно розрахованій необхідній потужності вимогам до електроприводу в даному технологічному процесі підбрано двигун змінного струму типу АМУ280S4.
7. Результати роботи можуть бути використані не тільки на ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

Список використаної літератури

1. Історія. *ТОВ «ЗТМК» | ZTMC Ltd.*
URL: <https://ztmc.zp.ua/uk/історія/> (дата звернення: 14.05.2024).
2. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с
3. Експлуатація та обслуговування машин / В. М. Кравченко, А. О. Іщенко, В. А. Сидоров, В. В. Буцукін – Донецьк: Донбас, 2014. – 543 с.
4. Саленко Ю.С. Обладнання для подрібнення матеріалів: дробарки та млини: Навч. посібник. Кременчук: КДПУ, 2008. 100 с.
5. Сидоренко С.В. Альбом конструкцій з курсу Процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв. К.: НТУУ "КПІ", 2005. 132 с.
6. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатко К. Г. Матеріалознавство : підручник. К. : Вища освіта, 2012. 548 с.
7. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
8. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
9. Шевченко І. А., Васильченко Т. О. Теорія механізмів і машин: навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 216 с.
10. Погорелов С. В. Деталі машин: конспект лекцій Запоріжжя : ЗДІА, 2002. 137 с.
11. Погорелов С. В. Прикладна механіка і основи конструювання: метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 42 с
12. Шубіна О. П. Теорія механізмів і машин. Структура, кінематика та динаміка важільних і зубчастих механізмів: метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 112 с.

13. Ведмедь Ю. П., Шубіна О. П. Деталі машин: метод. вказівки до курсового проектування: "Розрахунок двоступеневого редуктора з роздвоєною швидкохідною ступенню Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 84 с.
14. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підручник. 2-ге вид. Львів: Афіша, 2003. 560 с.
15. Мархель І. І. Деталі машин : навч. посіб. К. : Алерта, 2005. 368 с.
16. Стрілець В.М., Шинкаренко І.Т., Похильчук І.О. Практикум з курсу Деталі машин: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2007. 136 с.
17. Корнілов О.А. Опір матеріалів: Підручник для студентів технічних ВНЗ, К.:Логос, 2002. 562 с.
18. Писаренко Г. С. Опір матеріалів : Підруч. для ст. машинобуд. спец. вищ. навч. закл. К., 1993. 655 с.
19. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
20. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 288 с.
21. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
22. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 374 с.
23. 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.
24. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
25. НПАОП 0.00–4.01–08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими

- засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. 2008. Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566.
26. 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.
27. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
28. 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](http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf).
29. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravya-ulashtuvannya-elektrostanovok> (дата звернення: 03.03.2024).
30. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
31. 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.
32. Геврик Е.О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.:Ельга, Ніка–центр. 2003. – 280с.
33. 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

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № посл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов	
																					А1
			<u>Документація</u>																		
			<u>Деталі</u>																		
	1	ДП.021179.210	Вал	5																	
	2		Кільце	2																	
	3	ДП.021179.220	Ніж дисковий Ø 1060	4																	
	4		Гайка ліва	1																	
	5		Шайба стопорна	2																	
	6		Гайка	1																	
	7		Шайба проміжна	4																	
													ДП.021179.200.1								
													Ротор ведучий								
													МОН України ІННІ ім. Ю.М. Петевіні ЗНУ каф. МО, гр. 6.1331-с Формат А4								

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>					
A1		ДП.1021179.300 МК	Монтажне креслення	1	
<i>Складальні одиниці</i>					
	1		Резервуар	1	
	2		Конденсатор	1	
<i>Стандартні вироби</i>					
	3		Електродвигун 4А8082У3	2	P=2,2 кВт
	4		Муфта №7 ГОСТ 5006-55	2	
<i>Інші вироби</i>					
	5		Насос ЗВ-4/25	2	
	6		Фільтр ФДЖ-50	2	
ДП.021179.300					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разрід.	Егоров В.І.				
Пров.	Шейко С.П.				
Н.контр.	Васильченко Т.О.				
Утв.	Власов А.О.				
Станція рідкого змащування СРЗ-6			Лит.	Лист	Листов
			Н		1
			МОН України ІННІ ім. Ю.М. Петевні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1331-с		
			Формат А4		

