

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 лопатей змішувальної машини в умовах виробничого цеху ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат»

Виконав: студент групи 6.1331-с

Семенко О. І.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Гречаний О.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Семенька Олександра Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення вузла лопатей змішувальної машини в умовах виробничого цеху ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат»
керівник кваліфікаційної роботи ст.викладач, Ph.D. Гречаний О.М.
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. Кінематична схема змішувальної машини – 2А1; 2. Змішувальна машина СМ-400У – 3А1; 3. Гідроциліндр повороту чаші – 1А1; 4. Фундамент змішувальної машини – 1А1; 5. Система вентиляції– 1А1

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

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 проєкту	26.05.2024 – 29.05.2024	
4	Виконання графічної частини проєкту	30.05.2024 – 05.06.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2024 – 10.06.2024	
6	Перевірка проєкту консультантами	11.06.2024 – 13.06.2024	
7	Попередній захист проєкту	14.06.2024	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проєкту	Згідно з графіком	

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Семенько О. І. Удосконалення вузла лопатей змішувальної машини в умовах виробничого цеху ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат»

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

Проаналізовані конструкційні недоліки машини для змішування абразивних матеріалів. Запропонований варіант модернізації вузла лопатей змішувальної машини. Виконані необхідні розрахунки для впровадження запропонованої модернізації. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології при виробництві шліфувальних кіл.

Ключові слова: абразив, шліфувальний круг, чаша, лопасті, дозатор, змішувальна машина

ABSTRACT

Semenko O. I. Improvement of the Blade Unit of the Mixing Machine in the Conditions of the Production Workshop of Zaporizhzhia Abrasive Plant PrJSC

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

The design flaws of the machine for mixing abrasive materials are analyzed. The proposed version of the modernization of the assembly of the blades of the mixing machine. 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 grinding wheels.

Keywords: abrasive, grinding wheel, bowl, blades, dispenser, mixing machine

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Коротка характеристика підприємства та випускаємої продукції	8
1.2 Технологія виготовлення шліфувальних кіл та вантажопотоки цеху	10
1.2.1 Транспортування матеріалів у цех та їхнє зберігання	10
1.2.2 Виготовлення карбіду кремнія	12
1.2.3 Готування формувальної суміші	13
1.2.4 Дозування вихідних матеріалів і змішування суміші в змішувальній машині типу СМ-400У	13
1.2.5 Формування заготівель шліфувальних кіл	16
1.3 Характеристика механічного устаткування цеху	18
1.4 Конструктивні недоліки обладнання й заходи щодо їхнього усунення	22
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	23
2.1 Огляд й аналіз конструкції змішувальної машини СМ-400-У	23
2.2 Пропозиції щодо конструктивного удосконалення змішувальної машини	26
2.3 Розрахунок приводу змішувальної машини СМ-400У	27
2.3.1 Розрахунок потужності двигуна приводу чаші	27
2.3.2 Кінематичний розрахунок передавальних механізмів приводу змішувальної машини	29
2.3.3 Розрахунок швидкохідної ступені (циліндрична косозуба передача з евольвентним зачепленням)	33
2.3.4 Розрахунок тихохідної ступені (циліндрична передача із кругогвинтовим зачепленням Новікова)	40
2.3.5 Розрахунок швидкохідного вала	46
2.3.6 Розрахунок довговічності опор	50
2.4 Розрахунок силового гідроциліндра	52
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	56
3.1 Такелаж та розрахунок стропів	56

	2
3.1.1 Такелажні роботи	56
3.1.2 Розрахунок стропів для строплення силового циліндра при монтажі привода чаші	57
3.2 Розрахунок фундаменту змішувальної машини	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	65
4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища	65
4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища	66
4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії	67
4.3.1 Мікроклімат	67
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень	67
4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація	68
4.4 Техногенна безпека	69
4.4.1 Заходи пожежної безпеки	69
4.4.2 Ймовірність аварій та їх ліквідація	70
4.5 Розрахунок циклона	71
Висновки	75
Список використаної літератури	76
ДОДАТКИ	80

ВСТУП

Підвищення вимог до надійності машин і приладів викликає необхідність створення нових конструкційних матеріалів, що володіють необхідними фізико-механічними й експлуатаційними властивостями й, у першу чергу, високою міцністю й зносостійкістю. Практика знає чимало випадків, коли знову створені матеріали із прекрасними експлуатаційними властивостями тривалий час не можна було використовувати в промисловості через відсутність інструмента для обробки. Крім того, вимоги до інструмента ще більше ускладнюються тим, що для сучасної техніки характерно постійне підвищення точності й зниження шорсткості обробки. Яким би твердим, міцним і важко оброблюваним не був конструкційний матеріал, завжди необхідний інший, ще більш твердий інструментальний матеріал.

Процеси перемішування різних речовин широко застосовують у багатьох галузях промисловості. У різних технологічних процесах потрібно створити однорідну масу, що складається з декількох компонентів.

Для різних цілей перемішують речовини, що перебувають в однакових або різних станах: тверді компоненти із твердими, тверді з рідкими, рідкі з рідкими й т.д. Внаслідок перемішування абразивних компонентів найбільшому зношуванню піддається частина лопатей змішувальних машин. У пропонованому дипломному проєкті розглядаються можливі шляхи усунення цих процесів.

Пояснювальна записка до дипломного проєкту містить 91 сторінку, на яких 9 рисунків, 8 таблиць, 11 додатків та бібліографічний список, що має 41 найменування літературних джерел.

Об'єкт проєктування – вузли змішувальної машини.

Мета роботи – усунення конструктивних недоліків існуючої конструкції вузла лопатей змішувальної машини.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика підприємства та випускаємої продукції

Провідний виробник абразивної продукції в Східній Європі ПрАТ "Запорізький абразивний комбінат" початок своєї історії веде з березня 1939 року, коли на Дніпровському карборундовому заводі (так у той час називалося підприємство) була отримана перша продукція – карбід кремнію.

Завод нарощував темпи виробництва. Він не тільки робив продукцію, але продовжував будуватися, освоювати нові виробництва. У вересні 1940 року завод приступив до виробництва шліфувальних кіл, шліфувальних брусків, шліфувальної пасти, зв'язувань для виробництва абразивного інструмента.

Під час війни завод був повністю евакуйований у Ташкент (Узбекистан), а з липня 1946 року почалося відновлення підприємства в Запорізькій промисловій зоні. В 1946 році підприємству привласнене нове найменування – Запорізький завод абразивних виробів.

В 1952 році відбувся пуск першої печі плавки електрокорунда нормального, а в березні 1954 року цех виробництва шліфувального зерна. Цех по виробництву абразивного інструмента був запущений в роботу в 1956 році, а в 1960 – освоєне нове виробництво по випуску тугоплавких з'єднань, отримана промислова партія нітриду бору.

В 1966 році Запорізький завод абразивних виробів був перейменований у Запорізький абразивний комбінат. Модернізація й розширення виробництва тривало. В 1970 році почав діяти унікальний цех по виробництву мікропорошків з електрокорунду нормального. В 1973 році реконструйований цех виробництва шліфматеріалів карбіду кремнію. В 1976 році був пущений цех виробництва шліфувальної шкурки на синтетичних смолах, оснащений сучасним устаткуванням. В 1978 році здана в експлуатацію перша черга цеху виробів зі шліфувальної шкурки, а в 1984 році друга черга.

В 1979 році відкрите сучасне виробництво по випуску мікропорошків карбїду кремнію. Із червня 1982 року початок роботу виробництво керамічних зв'язувань.

В 1994 році відбулася зміна форми власності, комбінат перетворений у відкрите акціонерне товариство "Запорізький абразивний комбінат".

В 1998 році контрольний пакет акцій придбала фірма "Брінкфорд". Значні інвестиції, отримані від інвестора, допомогли перебороти фінансову й виробничу кризу, розширити ринки збуту продукції.

В 2003 році комбінат випустив першу дослідну партію відрізних кіл.

В 2010-му виробництво відрізних і зачисних кіл перевищило проектну потужність 10 млн. штук у рік.

На сьогодні ПрАТ "Запорізький абразивний комбінат" є єдиним виробником шліфувальних матеріалів в Україні, і одним з найбільших виробників абразивів у Східній Європі. Серед основних споживачів продукції комбінату – фірми Німеччини, Італії, США, Японії, Австрії, Польщі, Чехії й інших країн.

Підприємство має потужний виробничий потенціал і робить продукцію на основі сучасних технологій.

На виробництвах комбінату випускається високоякісна продукція:

- шліфувальні матеріали з електрокорунда нормального у вигляді зерна, порошоків, мікропорошків.
- шліфувальні матеріали з карбїду кремнію чорного у вигляді зерна, порошоків, мікропорошків і спеціальних вогнетривких фракцій;
- карбїд кремнію металургійної якості у вигляді фракцій;
- тугоплавкі матеріали: карбїд бору, у тому числі для атомної промисловості;
- нітрид бору, у тому числі косметичної якості;
- відрізні й зачисні армовані кола на бакелітовому зв'язуванні;
- абразивний інструмент на керамічному й бакелітовому зв'язуванні, у тому числі спеціальні кола для шліфування куль шарикопідшипників,

спеціальні кола на бакелітовому зв'язуванні для торцевого шліфування типів ПН і ПНР;

- шліфувальна шкурка й вироби з неї, у тому числі кола шліфувальні пелюсткові радіальні типу КШП; кола шліфувальні пелюсткові торцеві типу КПТ (флеп-диски);
- керамічні зв'язування для абразивного інструмента

Своєчасно орієнтуючись на виклики сучасності ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат» вже десять років як перейшов на контрактну форму роботи, що дозволило не тільки зберегти колектив, а й значно розширити асортимент готової продукції [1].

1.2 Технологія виготовлення шліфувальних кіл та вантажопотоки цеху

1.2.1 Транспортування матеріалів у цех та їхнє зберігання

На ділянку формування заготівель шліфувальних кіл, шліфувальні матеріали нормального електрокорунда й карбіду кремнію надходять із суміжних цехів комбінату й інших підприємств. Транспортування виконується в контейнерах місткістю 1,75 м³ типу СК 1-Т, кубелях місткістю 0,4 м³ та мішках паперових.

У кожному контейнері, кубелі або мішку повинна бути етикетка із вказівкою:

- найменування шліфувального матеріалу;
- зернистості;
- дати випуску;
- номер партії;
- шифру контролера;
- маси нетто.

Шліфматеріали з контейнерів за допомогою кантувачів-контейнерів розвантажуються по бункерам, закріпленими за певними видами шліфувальних матеріалів і зернистостями.

З бункерів шліфматеріал завантажується в кубеля, установлені на електрокар ЕК-2. У кожний кубель вкладається оформлена контролером-приймальником етикетка із вказівкою виду матеріалу й зернистості.

Мішки з вагонів укладаються в контейнер у кількості 40-50 штук.

Один контейнер зі шліфувальним матеріалом у мішках або чотири кубеля зі шліфувальним матеріалом мостовим краном $Q=5\text{т}$, проліт $L=17\text{м}$ піднімаються на відмітку $+6,5\text{ м}$, установлюються на самохідний візок.

Самохідний візок по рейкових шляхах пересувається зі складу на галерею.

Розвантаження шліфувального матеріалу на галереї виконується за допомогою кран-балки $Q=3\text{т}$, $L=5\text{м}$.

На галереї повинні зберігатися в окремих місцях електрорундові шліфматеріали й карбідокремнієві.

Рідке скло зберігається в п'яти баках, з них дві приймальні (кожний місткістю $2,4\text{ м}^3$) і три видаткові (кожний місткістю 1 м^3).

Керамічні зв'язування марок К ЗПГ, К 30 ПГ (К 71 ПГ), К 15 ПГ, К 10 ПГ, КЗ ФП ПГ надходять у контейнерах м'яких спеціалізованих тип МКР -1, ОМ ТУ 19-264-87 місткістю 1000 кг у критих залізничних вагонах або автомобільному транспорті. Вивантаження контейнерів з вагона здійснюється за допомогою естакади й електрокари ЕК-2.

Контейнери зі зв'язуванням мостовим краном $Q=5\text{т}$, $L=17\text{м}$ за допомогою пристосувань для підйому контейнерів (штир-кільце $Q=1\text{т}$) установлюються на самохідний візок для транспортування на галерею.

У кожній одиниці тари повинна бути етикетка з наступними даними:

- товарний знак підприємства- виготовлювача;
- найменування й марка зв'язування;
- номер партії;
- вогнестійкість;

- маса нетто;
- дата виготовлення;
- штамп технічного контролю;
- номер НТД.

На контейнері повинне бути нанесене маркування синім кольором для двохкомпонентного зв'язування й червоним для борозмістовних, марка зв'язування, маса, номер партії, дата, вогнестійкість.

Контейнери зі зв'язуванням за допомогою кран балки $Q=3t$ установлюються над прийомними бункерами в пристосування для тарування контейнерів.

Строк зберігання зв'язувань відповідно до вимог ТУ 036-984-86. Зв'язування витрачаються по партіях. Перехід до нової партії виконується після повного виробітку попередньої.

1.2.2 Виготовлення карбіду кремнія

Технологічну схему виготовлення карбіду кремнію наведено на рисунку 1.1

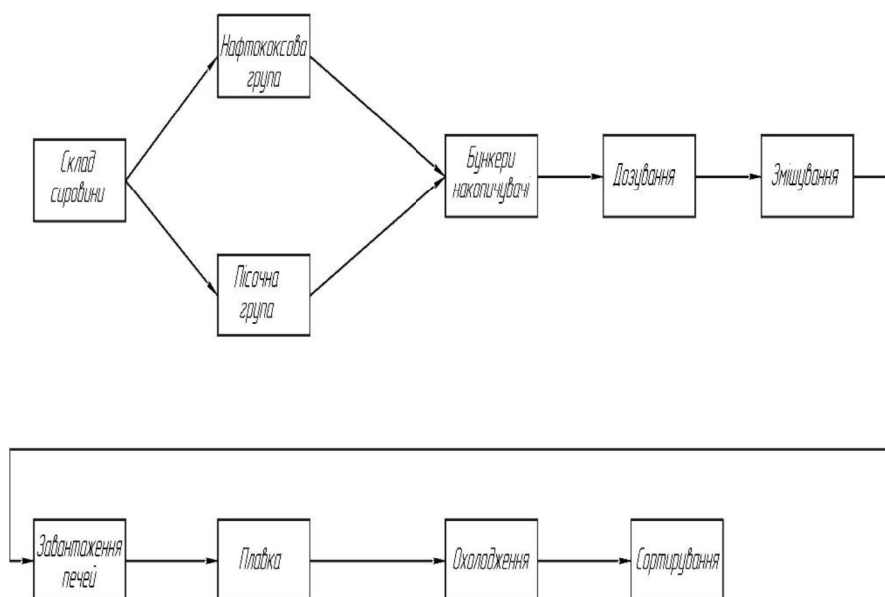


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виготовлення карбіду кремнія

1.2.3 Готування формувальної суміші

Готування формувальної суміші виконується на планетарних мішалках типу АПАМ-300 і змішувальній машині СМ-400-У.

Вихідні матеріали: шліфзерно й зв'язування подаються в прийомні бункери, розташовані під кожною мішалкою. З кубелей шліфзерно в бункери випускається через вирви із сітками.

Рідке скло й рідкий декстрин перебувають у видаткових баках на відмітках +6,5м, +3,5м.

Після закінчення часу перемішування формувальної суміші, процес перемішування автоматично припиняється, по команді робітника – відкривається кришка машини й вміст чаші перекидається на гуркіт і суміш подається на протирання в кубель.

1.2.4 Дозування вихідних матеріалів і змішування суміші в змішувальній машині типу СМ-400У

При готуванні формувальної суміші на мішалці СМ-400У на галереї зберігання сировинних матеріалів (відмітка +6,5) є бункери : для двох зернистостей шліфзерна місткістю 0,4 м³, двох марок зв'язування місткістю 0,42 м³, бункер суміші перемелу із сирцю бою заготівель місткістю 0,4 м³.

На відмітках +3,93 м, над змішувальною машиною розташовуються дозатори сухих матеріалів:

- шліфзерна місткістю 0,15 м³;
- зв'язування місткістю 0,13 м³;
- суміші перемелу із сирцю бою заготівель місткістю 0,017 м³;
- бак рідкого декстрину місткістю 1,7 м³.

На відмітці 0,0 м встановлений дозатор рідкого декстрину типу ДД-12,5. Транспортування матеріалів з бункерів у дозатори здійснюється залежно від особливостей матеріалів: зв'язування за допомогою тарілчастого (дискового)

живильника через точки з відсіками; шліфзерна й суміші перемелу із сирцю бою заготівель самопливом по точках з відсікачами.

Рідкий декстрин подається примусово під тиском 0,3...0,4 МПа

Перед початком готування формувальної суміші на пульті керування змішувальної машини необхідно встановити навішення зв'язування згідно рецепта. Для видачі рідкого декстрину по обсязі встановити відповідні розподіли на шкалі дозатора.

Зважування компонентів виконується:

- шліфзерна й зв'язування на вагах ВСП-500М ціна розподілу 200 г, укомплектованих комплектом Г- 4-21100 ГОСТ 7326-82;
- суміші перемелу із сирцю бою заготівель на вагах для статичного зважування із НПВ 50 кг ціна розподілу 10 г ДЕРЖСТАНДАРТ 29329-92.

Рідкий декстрин і вода дозуються по обсязі із припустимою погрішністю: рідкого декстрину ± 400 г, води ± 300 г.

При необхідності рідкий декстрин і вода можуть дозуватися в чашу мішалки цебром місткістю 10-12 л після видачі шліфматеріала при піднятій кришці мішалки.

Сухий декстрин дозується по масі виробничою тарою, зважування виконується на вагах для статичного зважування із НМПВ 2,5кг і НПВ 50кг ДЕРЖСТАНДАРТ 29329-92.

Дози сухих матеріалів, по команді робітника з пульта керування транспортуються з дозаторів шліфзерна, зв'язування, суміші перемелу із сирцю бою заготівель по телескопічній точці в чашу змішувальної машини автоматично за часом.

При цьому рухлива частина телескопічної точки щільно притиснута до ущільнення точки змішувальної машини.

З метою запобігання рідкого декстрину від окислювання в трубопроводі, кінець трубопроводу (на вході в чашу машини) обладнений клапаном, що відкривається тільки під тиском у процесі видачі дози.

Дозатор ДД 4-12,5 живиться з бака рідкого декстрину, розташованого на оцінці +3,93 м.

Після закінчення часу перемішування формувальної суміші, процес перемішування автоматично припиняється, по команді робітника відкривається кришка машини й вміст чаші перекидається на гуркіт – суміш подається на протирання в кюбель.

Заповнення дозаторів наступними порціями вихідних матеріалів виконується по команді робітника, протягом часу перемішування суміші.

Межі зважування:

- шліфзерна 140...200 кг;
- зв'язування 35...80 кг;
- суміші перемелу із сирцю бою заготівель 10-15 кг.

При готуванні формувальної суміші з карбіду кремнію, вихідні матеріали згідно рецепта видаються в мішалку в наступному порядку:

- шліфзерно;
- рідкий декстрин;
- зв'язування, порошковий декстрин

або

- шліфзерно;
- вода;
- зв'язування.

Допускається видача зв'язування й порошкового декстрину в мішалку одночасно.

Контроль часу змішування здійснюється на мішалках по реле часу серії ВЛ-53.

Місткість чаші 400 л, маса одного замісу 180...230 кг.

Перед завантаженням формувальної суміші із чаші мішалки, кришку підняти спочатку у верхнє положення над рівнем чаші під кутом 45°, контролюється візуально, потім суміш збити вручну металевим шкребком у чашу й лише після цього кришку повністю підняти нагору.

1.2.5 Формування заготівель шліфувальних кіл

Операція формування заготівель складається з послідовно виконуваних переходів: дозування й укладання формувальної суміші в прес-форму, пресування, виштовхування заготівлі із прес-форми, зняття з формувальної плити й перенос заготівлі на сушильну плиту.

При формуванні заготівель, маса заготівлі кола дорівнює добутку щільності формувальної суміші на обсяг заготівлі з урахуванням припусків при формуванні й виражається формулою:

$$m = \pi/4 \times (D^2 - H) \times T \times j, \quad (1.1)$$

де m – маса заготівлі кола, г;

D – зовнішній діаметр заготівлі, см;

H – діаметр посадкового отвору заготівлі, див;

T – висота заготівлі, см;

j – насипна щільність формувальної суміші, г/см³.

Висушені заготівлі кіл за допомогою мостового крана транспортуються на ділянку завантаження. Заготівлі кіл для випалу ставляться на грубні вагонетки. Грубна вагонетка складається з металевої частини: рама, колісні пари, ножі (фартухи), торцеві ущільнення; і вогнетривкого мурування: шамотна цегла, карбідокремнієві плити. З печі вагонетки із заготівлями кіл за допомогою лебідки подаються на трансферкару, а із трансферкари лебідкою - на гідрознижувач, де виконується розвантаження заготівель вручну.

Заготівлі кіл повинні бути очищені від підсипання, що пристало.

Технологічну схему виготовлення шліфувальних кіл наведено на рисунку 2.2

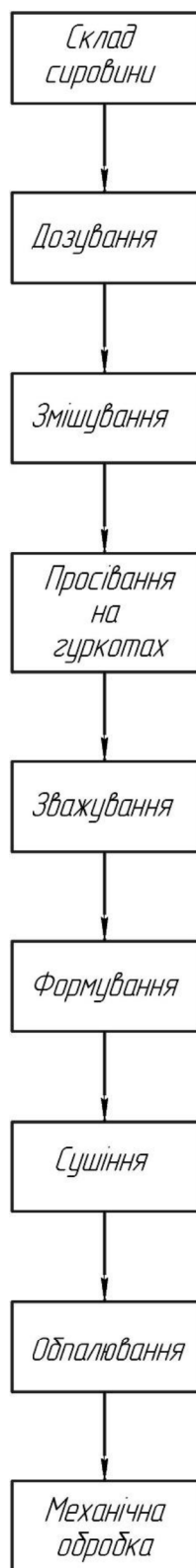


Рисунок 1.2 – Технологічна схема виготовлення шліфовальних кіл

1.3 Характеристика механічного устаткування цеху

Комбінат випускає абразивні вироби з нормального електрокорунда й карбїду кремнію, робить для збуту карбїд бору й нітрат бору.

Штучні абразивні матеріали одержують на комбінаті при високих температурах, в одному випадку – в електричних печах опору, а в іншому – у дугових електропечах.

Для випуску шліфовальних кіл у цеху №6 використовують механічне устаткування, необхідне для перемішування необхідних компонентів для їхнього виробництва, а також механічне устаткування для їхнього транспортування, устаткування для випалу заготівель шліфовальних кіл і інше механічне устаткування, необхідне для забезпечення виробництва даної продукції. Перелік механічного устаткування типового виробничого цеху наведений у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Механічне устаткування цеху

№ операції	Найменування устаткування	Кіл. од.	Технічна характеристика устаткування	Величина
1	2	3	4	5
010	Кран мостовий	1	Вантажопідйомність, т	5
			Проліт, м	17
	Кран-балка	1	Вантажопідйомність, т	3
			Проліт, м	5
	Електрокар типу ЕК-2	1	Вантажопідйомність, т	2
015	Кран-балка	1	Вантажопідйомність, т	2
			Проліт, м	5
	Автоклав ДСТ 10037-83	1	Місткість, м ³	1,57
020	Гуркіт одностічний ГР-75	9	Продуктивність гуркоту, т/год	0, 3-0,4
	Мішалка планетарна ЛПАМ-300	5	Повний обсяг чаші, л	300
			Маса одного замісу, кг	200-260
	Мішалка СМ-400У	4	Обсяг чаші, л	400
			Маса одного замісу, кг	180-230

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
025	Прес гідравлічний ПГ-476 №1	1	Зусилля, кН	1568
			Діаметр плунжера, мм	250
			Площа плунжера, див ²	491
			Максимальний робочий тиск, МПа	32
	Прес гідравлічний №2 з механізацією об'ємного дозування	1	Зусилля, кН	1568
			Максимальна відстань між столом і рухливою траверсою преса, мм	900
			Робочий тиск, що розвивається гідроприводом, кгс/ см ²	200
			Максимальний тиск, кгс/ см ²	320
			Діаметр формуємих заготівель, мм	250
			Висота заготівель, мм	20,25,3 2,40
			Діаметр заготівель, мм	32,76
	Прес гідравлічний П-479 № 3,5	2	Зусилля, кН	3920
			Діаметр плунжера, мм	400
			Площа плунжера, см ²	1256
			Максимальний робочий тиск, МПа	32
	Прес гідравлічний П-479 № 4,6	2	Зусилля, кН	3920
			Діаметр плунжера, мм	400
			Площа плунжера, см ²	1256
			Максимальний робочий тиск, МПа	32
	Прес гідравлічний ПАО-31 № 7,8	2	Зусилля, кН	6174
			Діаметр плунжера, мм	630
			Площа плунжера, см ²	3116
			Максимальний робочий тиск, МПа	20
	Прес кривошипний К 2130-Б	1	Зусилля, кН	980

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
	Прес гідравлічний ПР-7 № 9	1	Зусилля, кН	19690
			Діаметр плунжера, мм	850
			Площа плунжера, див ²	5675
			Максимальний робочий тиск, МПа	33
	Прес гідравлічний Д 2434 У № 11	1	Зусилля, кН	2450
			Діаметр плунжера, мм	320
			Площа плунжера, див ²	804
			Максимальний робочий тиск, МПа	32
	Прес гідравлічний Д 2434 У № 13	1	Зусилля, кН	2450
			Діаметр плунжера, мм	320
			Площа плунжера, см ²	804
			Максимальний робочий тиск, МПа	32
	Прес гідравлічний ПАО- 31 № 14	1	Зусилля, кН	6174
			Діаметр плунжера, мм	630
			Площа плунжера, див ²	3116
			Максимальний робочий тиск, МПа	20
	Прес пневматичний №15	1	Зусилля, кН	980
			Діаметр плунжера, мм	283
			Площа плунжера, см ²	628
			Максимальний робочий тиск, МПа	6,5
	Прес пневматичний №16	1	Зусилля, кН	813,4 (83)
			Діаметр плунжера, мм	1187
			Максимальний робочий тиск, МПа	7,0
	Кран козловий	1	Вантажопідйомність, т	3
			Проліт, м	17
	Кран балка	1	Вантажопідйомність, т	3
			Проліт, м	6
030	Верстат для різання заготівель	1	Потужність, кВт	5,5

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
035	Сушило	1	Кількість камер в сушиллі, шт	4
			Розмір тунелю, мм	25500× 1150× 2100
			Продуктивність, кг/год	2740
			Кількість етажерок у камері, шт	16
040	Млин кульовий	1	Габарити, мм	730× 850
			Кількість суміші за один цикл, кг	200- 250
	Мішалка	1	Місткість чаші, кг	200
			Кількість суміші за один цикл, кг	125- 140
050	Піч тунельна 1	1	Довжина печі, мм	98900
			Ширина печі, мм	4200
			Висота печі, мм	3740
			Продуктивність, т/год	1,270
			Паливо	Природний газ
	Піч тунельна 2	1	Довжина печі, мм	98900
			Ширина печі, мм	4200
			Висота печі, мм	3740
			Продуктивність, т/год	1,14
			Паливо	Природний газ
	Піч електрична трьохстендова	1	Довжина печі, мм	16000
			Ширина печі, мм	560
			Висота печі, мм	175
	Трансферкара	1	Потужність двигуна, кВт	2,7
			Швидкість, м/хв	12
055	Трансферкара	1	Потужність двигуна, кВт	2,7
			Швидкість, м/хв	12
	Електрозавантажувальник КВЗ-02	1	Вантажопідйомність, т	1,5
			Швидкість, км/год	7-8

1.4 Конструктивні недоліки обладнання й заходи щодо їхнього усунення

Збільшення обсягів виробництва, а отже зменшення собівартості може бути вирішене в такий спосіб: дотриманням безперервності технологічного процесу, збільшенням продуктивності устаткування й модернізацією устаткування або заміною його новим, більш продуктивним і економічним, усуненням «вузьких місць» виробництва.

Готування формувальної суміші в цеху виконується на планетарних мішалках типу АПАМ-300 і змішувальній машині СМ-400-У.

Вихідні матеріали: шліфзерно й зв'язування подаються в прийомні бункери, розташовані під кожною мішалкою. З кубелей шліфзерно в бункери випускається через вирви із сітками. На відміну від мішалок типу АПАМ-300 змішувальна машина СМ-400-У має ряд недоліків

Змішування абразивного матеріалу відбувається за рахунок зустрічного й ексцентричного обертання лопат і чаші.

Завдяки властивостям абразивного матеріалу, найбільш підданому зношуванню є нижня частина лопатей, котра виготовлена зі сталі 3. Крім того, якість вироблених шліф-кіл значно залежить від металевих включень, що з'являються у суміші завдяки взаємодії металевих лопатей з абразивним матеріалом, що перемішується. У наслідок цього брак шліф-кіл доходить до 1,5 %, а також виникає простій технологічного обладнання в зв'язку з частими ремонтами обладнання пов'язаними з заміною нижніх частин лопат.

Для рішення даних проблем необхідно провести деяку модернізацію змішувальної машини, чому й присвячено розглянутий далі дипломний проєкт модернізації вузлів змішувальної машини СМ-400-У.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд й аналіз конструкції змішувальної машини СМ-400-У

По способу перемішування змішувачі розділяють на механічні [2], гравітаційні [3] й вібраційні [4]. У механічних змішувачах відбувається примусове перемішування матеріалів робочими органами, що мають різні конструкції й характер руху.

Залежно від режиму роботи розрізняють змішувачі безперервної й періодичної дії.

По технологічному призначенню змішувальні машини розділяють на змішувачі для сухих сипучих матеріалів з наступним або одночасним зволоженням (при необхідності), для рідких складів, для вязкопластичних (пастоподібних) сумішей (перед пресуванням, огрудкуванням) [5].

По виду робочого органа й конструкції розрізняють змішувачі лопатеві (шнекові), роторні, барабанні, з Z-подібними валками, бігункові, дискові, бичеві, колонні, комбіновані (наприклад, шнеко-барабанні) [6].

По наявності власного корпусу (ємності), у якому вихідний матеріал перемішується, розрізняють змішувачі корпусні й безкорпусні (наприклад, роторні змішувачі, установлені в будь-якому місці стрічкового конвеєра) [7].

Змішувальна машина СМ-400-У складається з наступних складових частин:

- лопаті з приводом;
- чаша із приводом;
- станина;
- клапана з гідроциліндром, гідронасосна станція, гідроциліндр повороту чаші й лопатей
- електроустаткування.

В таблиці 2.1 наведено основні технічні характеристики змішувальної машини.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики змішувальної машини СМ-400 У

№ п/п	Найменування технічних даних	Норматив
1	2	3
1	Ємність чаші, дм ³	400
2	Маса одного замісу, кг	200-250
3	Об'ємна вага маси, гр./см ³	2,08-2,6
4	Частота обертання чаші, хв ⁻¹	32
5	Частота обертання лопат, хв ⁻¹	49
6	Кут повороту привода лопат	90°
7	Кут повороту чаші при розвантаженні	95°
8	Кут завантаження чаші від підстави, мм	1402
9	Рівень виходу маси при розвантаженні через дно, мм	406
10	Рівень виходу маси при розвантаженні шляхом перекидання чаші, мм	880
11	Габаритні розміри в робочому положенні, мм	
	Довжина	1840
	Ширина.	1140
	Висота	1760
12	Габаритні розміри при розвантаженні, мм	
	Довжина	2250
	Ширина	1140
	Висота	2842
13	Маса, кг	3100

Загальний вид змішувальної машини СМ-400-У наведено на рисунку 2.1. Привод лопатей 1 виконаний у вигляді звареного прямокутного короба, зверху закритого кришкою, усередині якого змонтовані зубчасті передачі й знизу якого встановлена кришка чаші. Лопати встановлені за допомогою водила на вихідному валу привода лопатей і армовані зносостійким матеріалом. На одній з лопатей укріплена розвантажувальна спіраль. У кришці чаші є отвір для завантаження компонентів маси й на ній установлений клапан для зволоження. Обертання лопатей здійснюється від електродвигуна, закріпленого на корпусі привода лопат через клинопасову й зубчасті передачі. Пасова передача закрита

кожухом, лопаті із приводом змонтовані на горизонтальному валу й опираються на станину з можливістю повороту на 90° .

Чаша змішувальної машини – циліндрична чавунна із плоским дном, у якому є центральний отвір. Чаша закріплена співвісно на порожньому вихідному валу привода чаші 2.

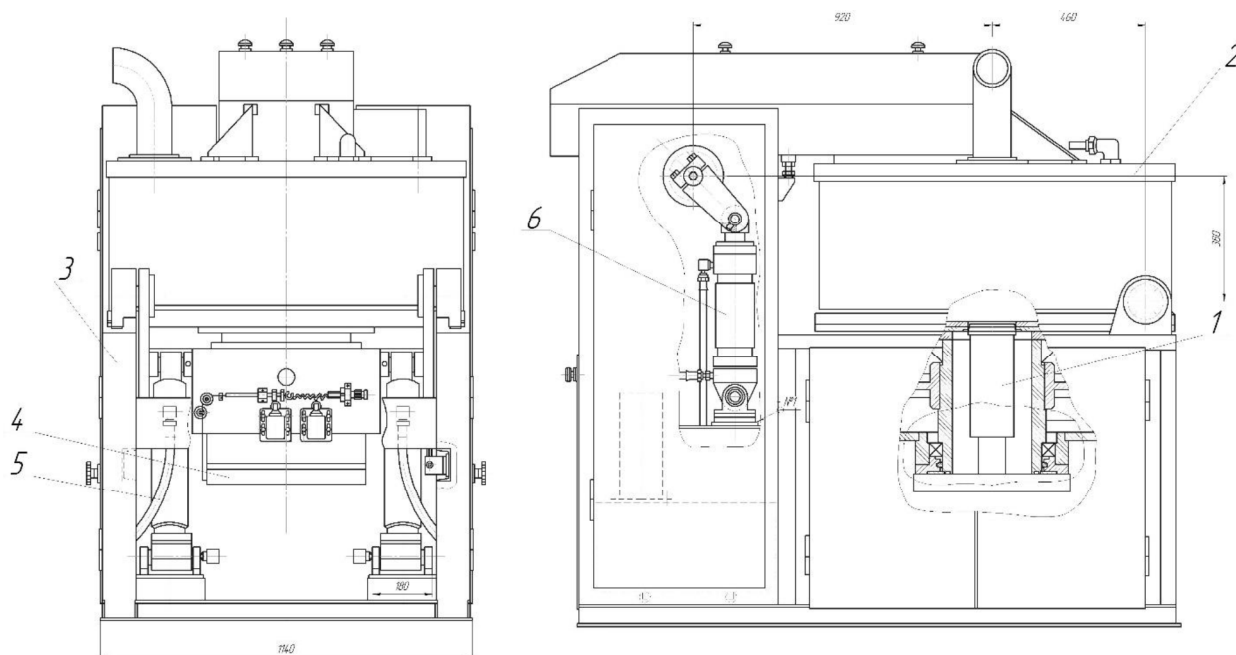


Рисунок 2.1 – Змішувальна машина СМ-400-У (позиції наведені в тексті)

Привод чаші виконаний у вигляді прямокутного звареного короба, закритого знизу кришкою, усередині якого змонтовані зубчасті передачі. На задній скошеній стінці привода встановлений електродвигун привода чаші. Дві бічні стінки привода є опорами цапф, за допомогою яких через підшипники кочення, чаша із приводом опирається на станину. Крім цього, знизу в бічні стінки вкручені регульовальні болти, за допомогою яких привід чаші також опирається на станину, і може бути виставлений у горизонтальній площині щодо станини.

До передньої стінки привода чаші кріпляться за допомогою пальців штоки циліндрів повороту чаші. Привід чаші, за допомогою гідроциліндрів повороту чаші, може бути повернутим на 95° .

Станина 3 виконана у вигляді звареної конструкції прямокутної форми, на якій кріпляться всі вузли змішувальної машини.

Гідроциліндр 4 разом із клапаном встановлений всередині порожнього вала привода чаші таким чином, щоб клапан міг перекрити отвір у дні чаші. Клапан являє собою усічений конус і закріплений на корпусі гідроциліндра на підшипниках кочення.

Гідроциліндри повороту чаші 5 й лопат 6 встановлені всередині станини й зв'язані зі станиною й приводом чаші або лопат шарнірно.

Змішувальна машина СМ-400У призначена для перемішування компонентів абразивної маси для виробництва шліфувальних кіл.

У вихідному положенні чаша перебуває в горизонтальному положенні й закрита кришкою. Клапан закриває донний отвір. У момент початку роботи привода чаші й лопатей, у змішувальну машину через вікно в кришці чаші завантажуються компоненти абразивної маси. За рахунок внутрішнього й ексцентричного обертання чаші лопатей відбувається перемішування компонентів абразивної маси. Після змішування відбувається вивантаження маси. Вивантаження може бути виконане двома способами: розвантаження через дно й розвантаження перекиданням чаші.

2.2 Пропозиції щодо конструктивного удосконалення змішувальної машини

Змішування абразивного матеріалу в змішувальній машині СМ-400-У відбувається за рахунок зустрічного й ексцентричного обертання лопатей і чаші.

Завдяки властивостям абразивного матеріалу, найбільшому зношуванню піддається нижня частина лопат, що виготовлена зі сталі 3. Крім того, якість вироблених шліф-кіл значно залежить від металевих включень, котрі з'являються у суміші завдяки взаємодії металевих лопатей з абразивним матеріалом, що перемішується. У наслідок цього брак шліф-кіл доходить до 1,5 %.

В якості модернізації, з метою усунення вищевказаних недоліків пропонується до кінців лопатей приварити по їхньому контуру металевий короб, у який вставляється абразивний олівець із електрокорунда нормального розміром $43 \times 40 \times 80$ мм, що вгвинчується в бічну стінку короба, і буде виступати за його межі на 25 мм.

Завдяки цьому, значно збільшується ресурс дорогих лопатей за рахунок більш абразивностійкого матеріалу – електрокорунда. Зменшиться частка браку через зменшення потрапляння металевих включень у суміш, крім того олівці будуть чистити дно чаші від абразивного матеріалу, що налипає, що також поліпшить якість суміші.

За попередніми даними розрахунків брак шліф-кіл зменшиться до 0,5 %, довговічність лопатей зросте до 2-х років.

Отже збільшиться випуск придатних кіл і зменшиться їхня собівартість. Трудомісткість заміни використаних олівців буде нижче трудомісткості заміни лопатей.

Запропонована модернізація вимагає додаткового розрахунку привода обертання чаші, що пов'язано з можливим підвищенням навантажень за рахунок встановлення додаткових мас та створення опору при зачищенні корундовим олівцем дна чаші від налиплої абразивної маси.

2.3 Розрахунок привода змішувальної машини СМ-400У

2.3.1 Розрахунок потужності двигуна привода чаші

Вихідні дані:

Вага чаші	$G_{\text{ч}} = 4680 \text{ Н}$
Вага матеріалу	$G_{\text{м}} = 2500 \text{ Н};$
Частота обертання чаші	$n_{\text{ч}} = 32 \text{ хв}^{-1};$
Діаметр чаші	$D_{\text{ч}} = 1095 \text{ мм};$
Діаметр опорних підшипників чаші	$D_{\text{ц}} = 360 \text{ мм}.$

Чаша закріплена соосно на порожньому вихідному валу привода чаші, і за допомогою вальниць кочення вона, разом із приводом, опирається на станину.

Визначаємо потужність двигуна по наступній формулі [8]:

$$P = \frac{(M_1 + M_2) \cdot n_{\text{ч}}}{9550 \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

де M_1 – момент від сил тертя в опорах, Нм;

M_2 – момент від сил тертя матеріалу й стінки чаші, Нм;

$$M_1 = (G_{\text{ч}} + G_{\text{м}}) \cdot 0,5 \cdot D_{\text{ц}} \cdot f, \quad (2.2)$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання $f = 0,02$ [9]:

$$M_1 = (4680 + 2500) \cdot 0,5 \cdot 0,36 \cdot 0,02 = 25,85 \text{ Нм}.$$

$$M_2 = G_{\text{м}} \cdot 0,5 \cdot D_{\text{ч}} \cdot m$$

де m – коефіцієнт тертя матеріалу об стінки чаші, $m = 0,4$ [10]:

$$M_2 = 2500 \cdot 0,5 \cdot 1,095 \cdot 0,4 = 547,5 \text{ Нм};$$

$$P = \frac{(25,85 + 547,5) \cdot 32}{9550 \cdot 0,95} = 2,02 \text{ кВт}.$$

Враховуючи додаткові навантаження та можливість налипання матеріалу остаточно приймаємо згідно [11] електродвигун 4A112M4Y3 з параметрами: потужність $P_{\text{д}} = 5,5$ кВт, $n_{\text{д}} = 1455$ хв⁻¹; кратність пускового моменту $\lambda = T_{\text{пуск}}/T_{\text{ном}} = 2$.

2.3.2 Кінематичний розрахунок передавальних механізмів приводу змішувальної машини

Вихідні дані

Потужність двигуна

$$P_d = 5,5 \text{ кВт};$$

Частота обертання

$$n_d = 1455 \text{ хв}^{-1}$$

Частота обертання чаші

$$n_{\text{ч}} = 32 \text{ хв}^{-1}$$

Передатне відношення привода [12]:

$$i = n_d / n_{\text{ч}} = 1445 / 32 = 45,38. \quad (2.3)$$

Передаточне число редуктора:

$$u_0 = u_2 \cdot u_3 = i / u_1 = 45,38 / 2 = 22,69$$

де u_1 – передаточне число пасової передачі, $u_1 = 2$

Розрахункові передаточні числа ступеней редуктора [13]:

$$u'_3 = (u_0)^{0,47} = 22,69^{0,47} = 4,33$$

$$u'_2 = u_0 / u'_3 = 22,69 / 4,33 = 5,24$$

Остаточно $u_2 = 5$, $u_3 = 4,5$ [13]

$$u_1 = i / (u_2 \cdot u_3) = 45,38 / (5 \cdot 4,5) = 2,01$$

Потужність, частота обертання й крутний момент на валах привода [14]:

- перший вал (вал електродвигуна)

$$P_1 = P_d = 5,5 \text{ кВт}$$

$$n_1 = n_d = 1445 \text{ хв}^{-1}$$

$$T_1 = 9550 \cdot P_1 / n_1 = 9550 \cdot 5,5 / 1445 = 36 \text{ Нм} \quad (2.4)$$

- другий вал

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 = 5,5 \cdot 0,95 = 5,225 \text{ кВт}, \quad n_2 = n_1 / u_1 = 1445 / 2,01 = 718,9 \text{ хв}^{-1}$$

$$T_2 = 9550 \cdot P_2 / n_2 = 9550 \cdot 5,225 / 718,9 = 70 \text{ Нм}$$

- третій вал

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_2 = 5,225 \cdot 0,97 = 5,07 \text{ кВт}, \quad n_3 = n_2 / u_2 = 718,9 / 5 = 143,78 \text{ хв}^{-1}$$

$$T_3 = 9550 \cdot P_3 / n_3 = 9550 \cdot 5,07 / 143,78 = 337 \text{ Нм}$$

- четвертий (вихідний) вал

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_3 = 5,07 \cdot 0,97 = 4,92 \text{ кВт}, \quad n_4 = n_3 / u_3 = 143,78 / 4,5 = 31,84 \text{ хв}^{-1}$$

$$T_4 = 9550 \cdot P_4 / n_4 = 9550 \cdot 4,92 / 31,84 = 1476 \text{ Нм}$$

Число циклів дії першого щабля навантаження

$$N_1 = 60 \cdot n_1 \cdot \Delta_1 \cdot L_h = 60 \cdot 1445 \cdot 0,003 \cdot 10000 = 0,26 \cdot 10^7 < 10^7$$

де $\Delta_1 = 0,003$ – відносна тривалість дії цього щабля;

$L_h = 10000$ год – термін служби привода.

При $N_1 < 1 \cdot 10^7$, $T_{H1} = T_1$, $T_{H2} = T_2$, $T_{H3} = T_3$, $T_{H4} = T_4$, таким чином, номінальні моменти:

$$T_{H1} = 36 \text{ Н·м}, \quad T_{H2} = 70 \text{ Н·м}, \quad T_{H3} = 337 \text{ Н·м}, \quad T_{H4} = 1477 \text{ Н·м}.$$

Вибираємо [15] при $T_{н1}=49$ Н·м пас перетином Б, площа поперечного перерізу $A=138$ мм², базова довжина $l_0=2240$ мм.

Діаметр малого шківa $d_1=140$ мм [16].

Діаметр веденого шківa:

$$d_2 = d_1 \cdot u_1 = 140 \cdot 2,01 = 281,4 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

приймаємо $d_2=280$ мм

Фактичне передаточне число

$$u_{1\phi} = d_2/d_1 = 280/140 = 2.$$

Швидкість ременя [14]:

$$V = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 140 \cdot 1445 / (60 \cdot 10^3) = 10,6 \text{ м/с} \quad (2.6)$$

що відповідає рекомендаціям.

Орієнтовна міжосьова відстань

$$a' = (1 \dots 2)(d_1 + d_2) = (1 \dots 2 \dots 2)(140 + 280) = (420 \dots 840) \text{ мм} \quad (2.7)$$

приймаємо $a'=500$ мм.

Розрахункова довжина ременя

$$\begin{aligned} l' &= 2a' + \pi(d_1 + d_2)/2 + (d_2 - d_1)^2 / (4 \cdot a') = \\ &= 2 \cdot 500 + 3,14(140 + 280)/2 + (280 - 140)^2 / (4 \cdot 500) = 1669 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.8)$$

приймаємо $l=1600$ мм.

Дійсна міжосьова відстань

$$\begin{aligned}
 a &= 0,125 \cdot [2l - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{[2l - \pi(d_1 + d_2)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}] = \\
 &= 0,125 \cdot [2 \cdot 1600 - 3,14(140 + 280) + \sqrt{[2 \cdot 1600 - 3,14(140 + 280)]^2 - 8(280 - 140)^2}] = \\
 &= 465 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Число пробігів ременя [14]:

$$i = V \cdot 10^3 / l = 10,6 \cdot 103 / 1600 = 6,6 \text{ с}^{-1} < [i] = 10 \quad (2.9)$$

Кут обхвату малого шківа:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57,3(d_2 - d_1)/a = 180^\circ - 57,3 \cdot (280 - 140)/500 = 164^\circ. \quad (2.10)$$

Коефіцієнт кута обхвату:

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180 - \alpha_1) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 164) = 0,952. \quad (2.11)$$

Швидкісний коефіцієнт:

$$C_V = 1,05 - 0,0005 \cdot V^2 = 1,05 - 0,0005 \cdot 10,6^2 = 0,99382.$$

Коефіцієнт довжини:

$$C_l = l/l_0 = 1600/2240 = 0,714.$$

Окружне зусилля

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot T_{н1} / d_1 = 2000 \cdot 36 / 140 = 510 \text{ Н}. \quad (2.12)$$

Потужність, що допускається, для одного паса:

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_V \cdot C'_p \cdot C_1 = 2,85 \cdot 0,952 \cdot 0,99382 \cdot 1 \cdot 0,714 = 1,92 \text{ кВт},$$

де P_0 – потужність, що допускається для одного паса типової передачі,

C'_p – коефіцієнт режиму роботи,

приймаємо при $V = 10,6$ м/с й $d_1 = 140$ мм, $P_0 = 2,85$ кВт [13], при спокійному навантаженні й роботі в 1 зміну $C'_p = 1$.

Розрахункове число пасів:

$$Z' = P_1 / [P] = 5,5 / 1,92 = 2,86; \quad (2.13)$$

приймаємо $Z = 3$.

Початковий натяг паса:

$$F_0 = 0,85 \cdot 10^3 \cdot P_1 / (V \cdot C_\alpha \cdot C'_p) = 0,85 \cdot 10^3 \cdot 5,5 / (10,6 \cdot 0,952 \cdot 1) = 460 \text{ Н}.$$

Навантаження на вали:

$$R = 2F_0 \cdot \sin(\alpha_1 / 2) = 2 \cdot 460 \cdot \sin(164 / 2) = 910 \text{ Н}. \quad (2.14)$$

Що відповідає допустимому на опори вальниць.

2.3.3 Розрахунок швидкохідної ступені (циліндрична косозуба передача з евольвентним зачепленням)

Вихідні дані:

крутний момент на валу шестірні $T_{н2} = 70$ Н·м,

крутний момент на колесі $T_{н3} = 337$ Н·м,

частота обертання шестірні $n_2 = 718,9$ хв⁻¹,

передаточне число $u_2 = 5$,

термін служби $L_h = 10000$ год,

кратність пускового моменту електродвигуна $\lambda = 2$,

навантаження – постійне.

Таблиця 2.2 – Вибір матеріалів [17, 18]

	Матеріал Сталь	МПа		Твердість НВ	Термообробка
		σ_B	σ_T		
Шестірня	45Х	834	638	230.....280	Поліпшення
Колесо	45	735	440	192.....240	Поліпшення

Подальші розрахунки виконаємо згідно рекомендацій наведених в [19-22]

Допустимі 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 шестерні

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 255 + 70 = 580 \text{ МПа},$$

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

$$[\sigma_H]_1 = 580 \cdot 1/1,1 = 527$$

колеса

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 216 + 70 = 502,$$

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

$$[\sigma_H]_2 = 502 \cdot 1/1,1 = 456 \text{ МПа}.$$

Допустимі напруження вигину:

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

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

S_F – коефіцієнт безпеки;

K_{FC} – коефіцієнт впливу двостороннього додатка навантаження;

K_{FL} – коефіцієнт довговічності:

для шестерні

$$\sigma_{F0} = 1,8 \cdot HB = 1,8 \cdot 255 = 459 \text{ МПа}$$

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

$$[\sigma_F]_1 = 459 / 1,75 = 262 \text{ МПа.}$$

Колеса

$$\sigma_{F0} = 1,8 \cdot HB = 1,8 \cdot 216 = 389 \text{ МПа}$$

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

$$[\sigma_F]_2 = 389 / 1,75 = 222 \text{ МПа.}$$

Міжосьова відстань:

$$a'_{w1} = 430(u_2 + 1) \sqrt[3]{\frac{T_{H3} \cdot K_{H\beta}}{u_2^2 \cdot \psi'_{ba} \cdot [\sigma_H]^2}}, \quad (2.17)$$

де $K_{H\beta}$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження;

ψ'_{ba} – відносна ширина колеса;

$[\sigma_H]$ – розрахункове допустиме напруження.

Приймаємо $\psi_{ba} = 0,4$, тоді $\psi'_{ba} = 1,3$ $\psi_{ba} = 1,3 \cdot 0,4 = 0,52$

при $\psi_{bd} = 0,5$ $\psi'_{ba}(u_2 + 1) = 0,5 \cdot 0,52(5 + 1) = 1,56$, $K_{H\beta} = 1,3$,

$[\sigma_H] = 0,45(527 + 456) = 442 \text{ МПа.}$

Перевіряємо умову $[\sigma_H] = 442 \text{ МПа} < 1,23[\sigma_H]_{\min} = 1,23 \cdot 456 = 560 \text{ МПа}$

Умова виконана.

$$a'_{w1} = 430(5 + 1) \sqrt[3]{\frac{337 \cdot 1,3}{5^2 \cdot 0,52 \cdot 442^2}} = 143 \text{ мм;}$$

приймаємо $a_1=140$ мм.

Число зубів

шестірні: $z_1=20$

колеса: $z'_2 = z_1 \cdot u_2 = 20 \cdot 5 = 100$

приймаємо $z_2 = 100$.

Фактичне передаточне число:

$$U_{2\phi} = z_2/z_1 = 100/20=5. \quad (2.18)$$

Модулі:

$$m_t=2 a_1/(z_2+z_1)=2 \cdot 140/(100+20)=2,3333 \text{ мм}$$

$m = 2$ мм приймаємо за ДСТ 14186–69.

Кут нахилу зубів:

$$\cos \beta = m / m_t = 2 / 2,3333 = 0,857 \quad \beta = 31^\circ$$

Окружна швидкість:

$$V = \pi \cdot m_t \cdot z_1 \cdot n_2 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 2,3333 \cdot 20 \cdot 718,9 / (60 \cdot 10^3) = 1,75 \text{ м/с}$$

приймаємо ступінь точності $K = 9$ [1].

Основні розміри, мм:

–колеса

$$d_2 = m_t \cdot z_2 = 2,333 \cdot 100 = 233,3; \quad (2.19)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 233,3 + 2 \cdot 2 = 237,3; \quad (2.20)$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 233,3 - 2,5 \cdot 2 = 228,3; \quad (2.21)$$

$$b'_2 = b = \psi'_{ba} a_1 = 0,52 \cdot 140 = 72,8; \quad (2.22)$$

приймаємо $b_2 = b = 75$ мм,

– шестерні

–

$$d_1 = m_t \cdot z_1 = 2,333 \cdot 20 = 46,7;$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 46,7 + 2 \cdot 2 = 50,7;$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 46,7 - 2,5 \cdot 2 = 41,7;$$

$$b'_1 = b_2 + (5 \dots 10 \dots 10) = 75 + (5 \dots 10) = 80 \dots 85$$

приймаємо $b_1 = 80$ мм,

Коефіцієнти перекриття

$$\varepsilon_\beta = b \cdot \sin \beta / (\pi \cdot m) = 75 \cdot \sin 31^\circ / (3,14 \cdot 2) = 6,15 \quad (2.23)$$

$$\varepsilon_\alpha = [1,88 - 3,2(z_{1-1} + z_{2-1})] \cdot \cos \beta = [1,88 - 3,2(20 - 1 + 100^{-1})] \cdot \cos 31^\circ = 1,45.$$

Сили в зачепленні, Н:

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot T_{H2} / d_1 = 2 \cdot 10^3 \cdot 70 / 46,7 = 3000; \quad (2.24)$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta = 3000 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ / \cos 31^\circ = 1270; \quad (2.25)$$

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 3000 \cdot \operatorname{tg} 31^\circ = 1800, \quad (2.26)$$

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

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість по контактних напруженнях

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\alpha}}{b_w \cdot d_1} \cdot \frac{U_{2\delta} + 1}{U_{2\delta}}} \leq [\sigma_H] \quad (2.27)$$

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

Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів коліс;

Z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній;

K_{Hv} – коефіцієнт динамічного навантаження в зачепленні;

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

Приймаємо для некоррегированного зачеплення

$$Z_H=1,77\cos\beta=1,77\cdot\cos31^0=1,52$$

для сталевих коліс $Z_M=275$ МПа

$$\text{для косозубих і шевронних передач } Z_\varepsilon=\sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}}=\sqrt{\frac{1}{1,45}}=0,83$$

Приймаємо при

окружної швидкості $V=1,75$ м/с,

ступеня точності $K=9$ і

твердості зубців $H_1=255$ і $H_2=216$

для косозубої передачі $K_{H\omega}=1,3$, $K_{Hv}=1,03$ $K_{H\alpha}=1,13$

Таким чином:

$$\sigma_H=1,52\cdot 275\cdot 0,83\cdot\sqrt{\frac{3000\cdot 1,3\cdot 1,03\cdot 1,13}{75\cdot 46,7}\cdot\frac{5+1}{5}}=432\text{МПа} < [\sigma_H] = 442\text{МПа}$$

Умова виконана.

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість при вигині

$$\sigma_F = \frac{Y_F \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon \cdot F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot K_{F\alpha}}{b_w \cdot m} \leq [\sigma_F], \quad (2.28)$$

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 $X=0$

$$Z_{v1} = \frac{Z_1}{\cos^3 \beta} = 20 / \cos^3 31^\circ = 32 \quad Y_{F1} = 3,85$$

$$Z_{v2} = \frac{Z_2}{\cos^3 \beta} = 100 / \cos^3 31^\circ = 159 \quad Y_{F2} = 3,6;$$

$$Y_\beta = 1 - 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - 31/140 = 0,78 \quad Y_\varepsilon = \frac{1}{0,95 \cdot \varepsilon_\alpha} = \frac{1}{0,95 \cdot 1,45} = 0,73 .$$

При $\psi_{bd}=1,56$; $N_1=255$; $N_2=216$; $K_{F\beta}=1,5$

При ступені точності $K=9$ і швидкості $V=1,75$ м/с $K_{Fv}=1,07$; $K_{F\alpha}=1,35$.

Таким чином

для шестірні

$$\sigma_F = \frac{3,85 \cdot 0,78 \cdot 0,73 \cdot 3000 \cdot 1,5 \cdot 1,07 \cdot 1,35}{75 \cdot 2} = 95 \text{ МПа} < [\sigma_F]_1 = 262 \text{ МПа}$$

для колеса

$$\sigma_F = \frac{3,6 \cdot 0,78 \cdot 0,73 \cdot 3000 \cdot 1,5 \cdot 1,07 \cdot 1,35}{75 \cdot 2} = 89 \text{ МПа} < [\sigma_F]_2 = 222 \text{ МПа}$$

Що відповідає рекомендаціям.

Перевірка міцності при перевантаженні

Максимальні контактні напруження, створювані найбільшим крутним моментом:

$$\sigma_{H\max} = \sigma_H \sqrt{\frac{T_{1\max}}{T_{1H}}} = \sigma_H \sqrt{\lambda} \leq \sigma_{HP\max}, \quad (2.29)$$

де $\sigma_{HP\max} = 2.8\sigma_T$.

для шестірни $\sigma_{H\max} = 432\sqrt{2} = 610\text{МПа} < [\sigma_{HP\max}] = 2,8 \cdot 638 = 1786 \text{ МПа}$

для колеса $\sigma_{H\max} = 432\sqrt{2} = 610\text{МПа} < [\sigma_{HP\max}] = 2,8 \cdot 440 = 1230 \text{ МПа}$

Максимальні напруження вигину, створювані найбільшим крутним моментом:

$$\sigma_{F\max} = \sigma_F \frac{T_{\max}}{T_{1F}} = \sigma_F \lambda \leq \sigma_{FP\max}, \quad (2.30)$$

де $\sigma_{FP\max} \approx 0,8\sigma_T$.

для шестірни $\sigma_{F\max} = 95 \cdot 2 = 190\text{МПа} < [\sigma_{FP\max}] = 0,8 \cdot 638 = 510\text{МПа}$

для колеса $\sigma_{F\max} = 89 \cdot 2 = 178\text{МПа} < [\sigma_{FP\max}] = 0,8 \cdot 440 = 352\text{МПа}$

Що відповідає рекомендаціям. Умова виконана.

2.3.4 Розрахунок тихохідної ступені (циліндрична передача із кругогвинтовим зачепленням Новікова)

Вихідні дані:

крутний момент на валу шестірни $T_{H3} = 337 \text{ Н}\cdot\text{м}$,

крутний момент на валу колеса $T_{H4} = 1476 \text{ Н}\cdot\text{м}$,

частота обертання вала шестірни $n_3 = 143,78 \text{ хв}^{-1}$,

передаточне число $u_3 = 4,5$,

термін служби $L_h = 10000 \text{ год}$,

кратність пускового моменту електродвигуна $\lambda = 2$.

Таблиця 2.3 – Вибір матеріалів

	Матеріал Сталь	МПа		Твердість НВ	Термообробка
		σ_B	σ_T		
Шестірня	45X	834	638	230.....280	Поліпшення
Колесо	45	735	440	192.....240	Поліпшення

Допустимі контактні напруження

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

де σ_{H0} – тривала межа контактної витривалості,

S_H – коефіцієнт безпеки,

K_{HL} – коефіцієнт довговічності:

для шестірні

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 255 + 70 = 580 \text{ МПа},$$

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

$$[\sigma_H]_3 = 580 \cdot 1/1,1 = 527 \text{ МПа}$$

для колеса

$$\sigma_{H0} = 2HB + 70 = 2 \cdot 216 + 70 = 502 \text{ МПа},$$

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

$$[\sigma_H]_4 = 502 \cdot 1/1,1 = 456 \text{ МПа}.$$

Допустимі напруження вигину

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

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

$$\sigma_{F0} = 1,8 \cdot HB = 1,8 \cdot 255 = 459 \text{ МПа}$$

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

$$[\sigma_F]_3 = 459/1,75 = 262 \text{ МПа}$$

колеса

$$\sigma_{F0} = 1,8 \cdot HB = 1,8 \cdot 216 = 389 \text{ МПа}$$

$$S_F = 1,75, K_{FC} = 1, K_{FL} = 1;$$

$$[\sigma_F]_4 = 389/1,75 = 222 \text{ МПа}$$

Діаметр ділильної окружності шестірні

$$d'_3 = 370 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{H3} \cdot z_3 \cdot K_\beta \cdot (u_3 + 1)}{\varepsilon'_\beta \cdot [\sigma_H]^2 \cdot \cos \beta \cdot u_3}},$$

де z_3 – число зубів шестірні,

K_β – коефіцієнт, що враховує контактування зубів;

ε'_β – ціла частина коефіцієнта перекриття;

β – кут нахилу зубів.

Приймаємо $z_3 = 20$, $\beta = 18^\circ$, $K_\beta = 0,19$, $\varepsilon'_\beta = 1$ при $\varepsilon_\beta = 1,3$.

$$[\sigma_H] = 0,45(527 + 456) = 442 \text{ МПа.}$$

$$d'_3 = 370 \cdot \sqrt[3]{\frac{337 \cdot 20 \cdot 0,19 \cdot (4,5 + 1)}{1 \cdot 442^2 \cdot \cos 18^\circ \cdot 4,5}} = 75,28 \text{ мм}$$

Модулі:

$$m_t' = d'_{3/z_3} = 75,28/20 = 3,7642 \text{ мм}$$

$$m = m_t' \cos \beta = 3,7642 \cdot \cos 18^\circ = 3,57 \text{ мм}$$

приймаємо згідно рекомендацій [13] $m = 3,5$ мм.

Число зубів колеса:

$$z_4 = z_3 \cdot u_3 = 20 \cdot 4,5 = 90$$

приймаємо $z_4 = 90$.

Міжосьова відстань:

$$a'_{w2} = \frac{m_t \cdot (z_3 + z_4)}{2} = \frac{3,7642 \cdot (20 + 90)}{2} = 207 \text{ мм}$$

Приймаємо міжосьову відстань: $a_2 = 200$ мм.

Фактичне передаточне число:

$$U_{3\phi} = z_4/z_3 = 90/20 = 4,5$$

$$\text{Звідки } m_t = \frac{2 \cdot a_{w2}}{z_3 \cdot (1 + u_3)} = \frac{2 \cdot 200}{20 \cdot (1 + 4,5)} = 3,6363 \text{ мм.}$$

приймаємо згідно рекомендацій [13] $m = 3,5$ мм.

Кут нахилу зубів:

$$\cos \beta = m / m_t = 3,5 / 3,6363 = 0,9625$$

$$\beta = 16^\circ.$$

Основні розміри, мм:

– колеса

$$d_4 = m_t \cdot z_4 = 3,6363 \cdot 90 = 327,3;$$

$$d_{a4} = d_4 + 1,8 \cdot m = 327,3 + 1,8 \cdot 3,5 = 333,6;$$

$$d_{f4} = d_4 - 2,1 \cdot m = 327,3 - 2,1 \cdot 3,5 = 319,95;$$

$$b'_4 = b = \pi \cdot m \cdot \epsilon_\beta / \sin \beta = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 1,3 / \sin 16^\circ = 51,8;$$

приймаємо $b_4 = b = 53$ мм [1],

– шестірні

$$d_3 = m_t \cdot z_3 = 3,6363 \cdot 20 = 72,7;$$

$$d_{a3} = d_3 + 1,8 \cdot m = 72,7 + 1,8 \cdot 3,5 = 79;$$

$$d_{f3} = d_3 - 2,1 \cdot m = 72,7 - 2,1 \cdot 3,5 = 65,35;$$

$$b'_3 = b_4 + (0,4 \dots 1 \dots 1,5) \cdot m = 53 + (0,4 \dots 1,5) \cdot 3,5 = 54,4 \dots 58,25$$

приймаємо $b_3 = 56$ мм,

Міжосьова відстань:

$$a_2 = 0,5(d_3 + d_4) = 0,5(72,7 + 327,3) = 200 \text{ мм.}$$

Окружна швидкість:

$$V = \pi \cdot d_3 \cdot n_3 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 72,7 \cdot 143,78 / (60 \cdot 10^3) = 0,54 \text{ м/с}$$

приймаємо ступінь точності $K = 9$.

Сили в зачепленні, Н:

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot T_{H3} / d_3 = 2 \cdot 10^3 \cdot 337 / 72,7 = 9270;$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta = 9270 \cdot \operatorname{tg} 27^\circ / \cos 16^\circ = 4910;$$

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta = 9270 \cdot \operatorname{tg} 16^\circ = 2660.$$

де $\alpha_n = 27^\circ$ – кут зачеплення в нормальному перетині.

Перевірочний розрахунок зубів на витривалість по контактних напруженнях

$$\sigma_H = Z_K \cdot Z_M \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{(F_t / (m \cdot d_3)) (K_{HV} \cdot K_{H\alpha} / K_E) (u_{3\delta} + 1) / u_{3\delta}} \leq [\sigma_H]_{\min}$$

де Z_K – коефіцієнт, що враховує довжину лінії контакту;

Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів коліс;

Z_β – коефіцієнт, що враховує площу контакту;

K_{HV} – коефіцієнт динамічного навантаження в зачепленні;

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

K_E – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по площадках контакту.

Приймаємо для сталевих коліс:

$$Z_M=275; Z_K=0,8; Z_\beta=0,275+0,01(\beta-8^0)=0,275+0,01(160-8^0)=0,355;$$

$$K_{H\alpha}=1,01[2], K_{H\alpha}=1+(0,63 \sqrt{u_{3\delta}-1})/z_1=1+(0,63 \sqrt{4,5-1})/20=1,05;$$

$$K_E=2 \cdot \varepsilon_\beta' + \Delta\varepsilon / (2 \cdot \varepsilon_\beta') = 2 \cdot 1 + 0,3 / (2 \cdot 1) = 2,15;$$

Таким чином:

$$\sigma_H = 0,8 \cdot 275 \cdot 0,355 \cdot \sqrt{\frac{9270}{3,5 \cdot 72,7} \cdot \frac{1,01 \cdot 1,05}{2,15} \cdot \frac{4,5+1}{4,5}} = 366 \text{ МПа} < [\sigma_{II}]_{\min} = 442 \text{ МПа},$$

Умова виконана.

Перевірочний розрахунок на витривалість по напруженнях вигину

$$\sigma_F = Y_F \cdot Y_B \cdot Y_K F_t K_{FV} K_{F\phi} / (K_\beta \cdot m^2) \leq [\sigma_F]_{\min},$$

де Y_F – коефіцієнт форми зубів,

Y_B – коефіцієнт нахилу зубів,

Y_K – коефіцієнт переміщення контакту уздовж зубів,

K_{FV} – коефіцієнт динамічного навантаження;

$K_{F\phi}$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу напружень вигину по висоті зуба.

Приймаємо $Y_{F3}=1,02$ при $z_3 = z_3 / \cos^3 \phi = 20 / \cos^3 16 = 23$;

$$Y_B = 0,01 \cdot \beta + 0,2 = 0,01 \cdot 16^0 + 0,2 = 0,36;$$

$$\text{при } \Delta\varepsilon = 0,3 [2], Y_K = 1,18; K_{FV} = 1,04 [2],$$

$$K_{F\alpha} = 1 + (0,77 \cdot \sqrt{u_{3\delta} - 1}) / z_3 = 1 + (0,77 \cdot \sqrt{4,5 - 1}) / 20 = 1,07.$$

Таким чином:

$$\sigma_F = 1,02 \cdot 0,36 \cdot 1,18 \cdot 9270 \cdot 1,04 \cdot 1,07 / (2,15 \cdot 3,52) = 170 \text{ МПа} < [\sigma_F]_{\min} = 222 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

Максимальні контактні напруження, створювані найбільшим крутним моментом:

$$\sigma_{H \max} = \sigma_H \sqrt{\frac{T_{1 \max}}{T_{1H}}} = \sigma_H \sqrt{\lambda} \leq \sigma_{HP \max},$$

де $\sigma_{HP \max} = 2,8 \sigma_T$.

для шестерні $\sigma_{H \max} = 366 \sqrt{2} = 518 \text{ МПа} < [\sigma_{HP \max}] = 2,8 \cdot 638 = 1786 \text{ МПа}$

для колеса $\sigma_{H \max} = 366 \sqrt{2} = 518 \text{ МПа} < [\sigma_{HP \max}] = 2,8 \cdot 440 = 1230 \text{ МПа}$

Максимальні напруження вигину, створювані найбільшим крутним моментом:

$$\sigma_{F \max} = \sigma_F \frac{T_{\max}}{T_{1F}} = \sigma_F \lambda \leq \sigma_{FP \max},$$

де $\sigma_{FP \max} \approx 0,8 \sigma_T$.

для шестерні $\sigma_{F \max} = 170 \cdot 2 = 340 \text{ МПа} < [\sigma_{FP \max}] = 0,8 \cdot 638 = 510 \text{ МПа}$

для колеса $\sigma_{F \max} = 170 \cdot 2 = 340 \text{ МПа} < [\sigma_{FP \max}] = 0,8 \cdot 440 = 352 \text{ МПа}$

Що відповідає рекомендаціям. Умова виконана.

2.3.5 Розрахунок швидкохідного вала

Сили в зачепленні й геометричні параметри передачі (рис.2.2)

$$F_{t1} = 3000 \text{ Н} \quad F_{a1} = 1800 \text{ Н} \quad F_{r1} = 1270 \text{ Н} \quad R = 910 \text{ Н}$$

$$d_1 = 46,7 \text{ мм} \quad l_0 = 70,5 \text{ мм} \quad l_1 = 47,25 \text{ мм} \quad l_2 = 110,5 \text{ мм}$$

Схему сил діючих на швидкохідний вал і епюри згинаючих і крутних моментів наведено на рисунку 2.2.

Площина YOZ

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$-R \cdot l_0 + F_{a1} \frac{d_1}{2} + F_{r1} \cdot l_1 - F_{a1} \frac{d_1}{2} + F_{r1} \cdot (l_1 + l_2) + R'_B (2 \cdot l_1 + l_2) = 0; \quad (2.31)$$

$$R'_B = \frac{R \cdot l_0 - F_{r1} \cdot l_1 - F_{r1} \cdot (l_1 + l_2)}{2 \cdot l_1 + l_2} = \frac{910 \cdot 70,5 - 1270 \cdot 47,25 - 1270 \cdot (47,25 + 110,5)}{2 \cdot 47,25 + 110,5} = -957 \text{ Н}$$

$$R' = -957 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$-R \cdot (l_0 + 2 \cdot l_1 + l_2) - R'_A (2 \cdot l_1 + l_2) - F_{r1} \cdot (l_1 + l_2) + F_{a1} \frac{d_1}{2} - F_{a1} \frac{d_1}{2} - F_{r1} \cdot l_1 = 0;$$

$$R'_B = \frac{-R \cdot (l_0 + 2 \cdot l_1 + l_2) - F_{r1} \cdot (l_1 + l_2) - F_{r1} \cdot l_1}{2 \cdot l_1 + l_2} =$$

$$= \frac{-910 \cdot (70,5 + 2 \cdot 47,25 + 110,5) - 1270 \cdot (47,25 + 110,5) - 1270 \cdot 47,25}{2 \cdot 47,25 + 110,5} = -2493 \text{ Н}$$

$$R'_A = -2493 \text{ Н.}$$

Перевірка: $R + R' + F_{r1} + F_{r1} + R' = 910 - 2493 + 1270 + 1270 - 957 = 0.$

Умова виконана.

Площина XOZ

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$F_{t1} \cdot l_1 + F_{t1} (l_1 + l_2) + R''_B (2 \cdot l_1 + l_2) = 0;$$

$$R''_B = \frac{-F_{t1} \cdot l_1 - F_{t1} \cdot (l_1 + l_2)}{2 \cdot l_1 + l_2} = \frac{-3000 \cdot 47,25 - 3000 \cdot (47,25 + 110,5)}{2 \cdot 47,25 + 110,5} = -3000 \text{ Н}$$

$$R''_B = -3000 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$-R''_A (2 \cdot l_1 + l_2) - F_{t1} (l_1 + l_2) - F_{t1} \cdot l_1 = 0;$$

$$R''_B = \frac{-F_{t1} \cdot l_1 - F_{t1} (l_1 + l_2)}{2 \cdot l_1 + l_2} = \frac{-3000 \cdot 47,25 - 3000 \cdot (47,25 + 110,5)}{2 \cdot 47,25 + 110,5} = -3000 \text{ Н}$$

$$R''_A = -3000 \text{ Н}$$

Перевірка: $R'' + F_{t1} + F_{t1} + R'' = -3000 + 3000 + 3000 - 3000 = 0.$

Умова виконана.

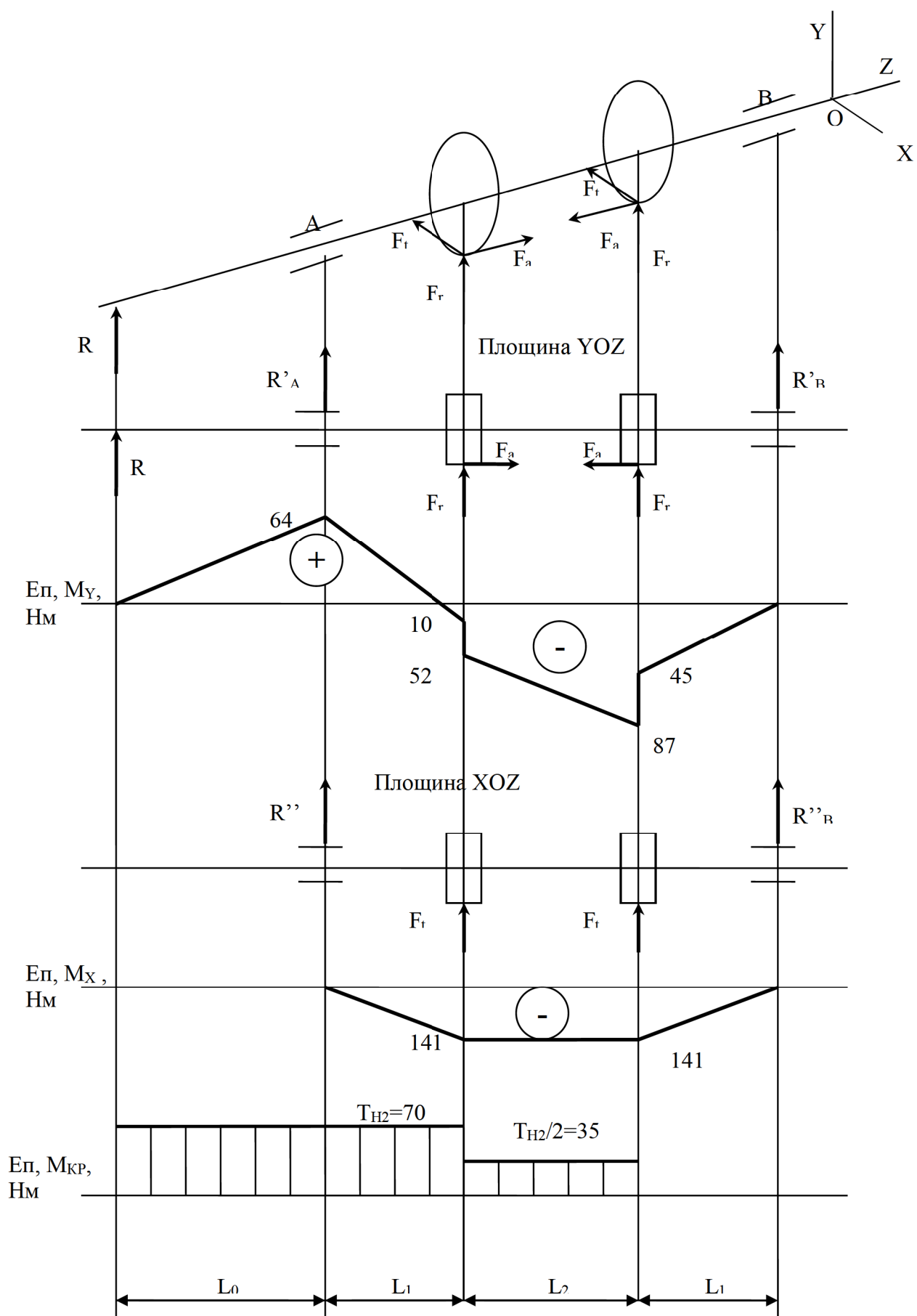


Рисунок 2.2 – Схема сил, що діють на швидкохідний вал та епюри згинаючих і крутних моментів

Визначимо сумарні реакції й сумарні моменти:

$$R_A = \sqrt{(R'_A)^2 + (R''_A)^2} = \sqrt{(-2493)^2 + (-3000)^2} = 3900 \text{ Н} \quad (2.32)$$

$$R_B = \sqrt{(R'_B)^2 + (R''_B)^2} = \sqrt{(-957)^2 + (-3000)^2} = 3150 \text{ Н}$$

Згинальні моменти, позитивний той момент, що розтягує нижні волокна балки.

Площина YOZ

На опорі А

$$M_Y = R_0 \cdot l_0 = 910 \cdot 70,5 = 64155 \text{ Нмм}$$

У небезпечному перерізі I

$$M_{YI} = R_0 \cdot (l_0 + l_1) + R'_A \cdot l_1 = 910 \cdot (70,5 + 47,25) - 2493 \cdot 47,25 = -10640 \text{ Нмм}$$

$$\begin{aligned} M_{YI} &= R_0 \cdot (l_0 + l_1) + R'_A \cdot l_1 - F_{a1} \frac{d_1}{2} = 910 \cdot (70,5 + 47,25) - 2493 \cdot 47,25 - 1800 \frac{46,7}{2} = \\ &= -52670 \text{ Нмм} \end{aligned}$$

У небезпечному перерізі II

$$M_{YI} = R'_A \cdot l_1 = -957 \cdot 47,25 = -45220 \text{ Нмм}$$

$$M_{YI} = R'_A \cdot l_1 - F_{a1} \frac{d_1}{2} = -957 \cdot 47,25 - 1800 \frac{46,7}{2} = -87250 \text{ Нмм}$$

Площина XOZ

У небезпечному перерізі I

$$M_x = R_A'' \cdot l_1 = -3000 \cdot 47,25 = -141750$$

У небезпечному перерізі II

$$M_x = R_A'' \cdot (l_1 + l_2) + F_{t1} \cdot l_2 = -3000 \cdot (47,25 + 110,5) + 3000 \cdot 110,5 = -141750 \text{ Нмм}$$

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{(-141)^2 + (-87)^2} = 166 \text{ Н} \cdot \text{і} \quad \text{— у небезпечному перерізі під шестернею.}$$

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{(-141)^2 + (-52)^2} = 150 \text{ Н} \cdot \text{і} \quad \text{— у небезпечному перерізі під шестернею.}$$

Приведений момент

$$M_E = \sqrt{M^2 + (\alpha \cdot 0,5 \cdot T_{H2})^2} = \sqrt{166^2 + (0,58 \cdot 0,5 \cdot 70)^2} = 167 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$\alpha=0,58$ – коефіцієнт приведення [12].

2.3.6 Розрахунок довговічності опор

При радіально-упорних вальницях осьові складові S радіальних навантажень R_A й R_B прагнуть розсунути кільця вальниць в осьовому напрямку.

Цьому перешкоджають осьові реакції F_{A1} і F_{A2} .

$F_{a1}=1800 \text{ Н}$, при вальниці 7207 $\alpha=14^\circ$.

$R_A=3900 \text{ Н}$ $R_B=3150 \text{ Н}$.

S_1 і S_2 залежать від типу вальниці й реакцій опор R .

$$S_1 = R_A \cdot \text{tg}\alpha = 3900 \cdot \text{tg}14^\circ = 972 \text{ Н}$$

$$S_2 = R_B \cdot \text{tg}\alpha = 3150 \cdot \text{tg}14^\circ = 785 \text{ Н}$$

Схема сил, що діють на вальниці швидкохідного валу наведено на рисунку

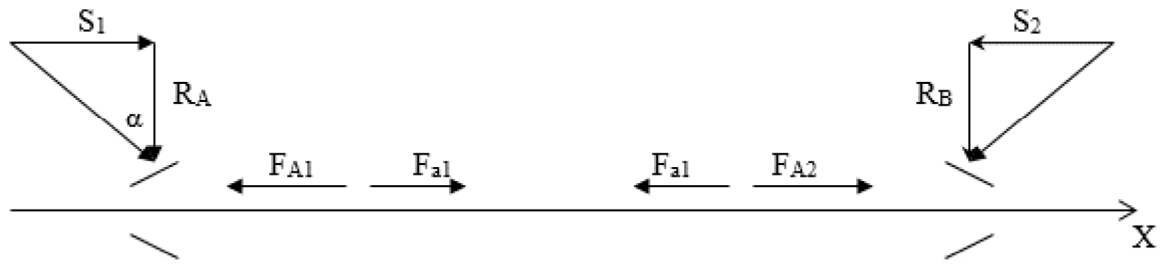


Рисунок 2.3 – Схема сил, що діють на вальниці швидкохідного валу

$$\Sigma F = -F_{A1} + F_{A2} + F_{a1} - F_{a1} = 0$$

Нехай $F_{A1}=S_1$, тоді $F_{A2} = F_{A1} + F_{a1} - F_{a1} = 972 + 1800 - 1800 = 972$ Н, сила визначена вірно тому що $F_{A2}=972$ Н $>$ $S_2=785$ Н.

Для опори валу використано радіально–упорну роликову вальницю 7207, що має розміри 35×72×17 мм, з параметрами $C=38,5$ кН. На нього діє постійне в часі радіальне навантаження $F_r=3900$ Н, і осьове навантаження $F_a=972$ Н. Вал діаметром 35 мм має частоту обертання $n=718,9$ хв⁻¹. Плануемий термін служби вальниці $L_h=10000$ год.

Необхідна динамічна вантажопідйомність

$$C_{TP} = (XVF_r + YF_a) \cdot k_\sigma \cdot k_T \cdot \left(\frac{60nL_h}{10^6} \right)^{\frac{1}{p}} =$$

$$= (1 \cdot 1 \cdot 3900 + 0 \cdot 972) \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 6,22 = 26,7 \text{ кН}$$

де значення коефіцієнтів $k_\sigma = 1,05$, $k_T=1,05$ [13];

$V=1$ – коефіцієнт обертання [13].

$$\text{Тут } X=1 \text{ і } Y=0, \text{ тому що } \frac{F_a}{VF_r} = \frac{972}{3900} = 0,25 < 0,42$$

$$\left(\frac{60nL_h}{10^6} \right)^{\frac{1}{p}} = 6,22$$

Для вальниці 7207 паспортна вантажопідйомність становить $C=38,5$ кН, а необхідна розрахункова – $C_{TP}=26,7$ кН. Отже, ця вальниця при зміні навантаження в часі буде мати розрахункову довговічність більше бажаної, а отже динамічна вантажопідйомність забезпечується.

2.4 Розрахунок силового гідроциліндра

Вихідні дані:

- вага чаші $G_{ч} = 4680\text{Н}$;
- вага матеріалу, що перемішується, $G_{м}=2500\text{Н}$;
- вага привода чаші $G_{пр}=7420\text{Н}$;
- робочий тиск – $P_p = 6,3$ МПа.
- швидкість переміщення штока – $V = 14$ мм/сек;

Складемо рівняння моментів сил що діють під час перемішування:

$$\Sigma M_0 = (G_{ч}+G_{м}+G_{пр}) \times h_1 - F \times h + (G_{ч}+ G_{м}+ G_{пр}) \times f \times R = 0; \quad (2.33)$$

де $h_1=1,155$ – відстань від центра ваги чаші й привода до центра обертання чаші, м;

$h=0,28$ – відстань від центра обертання чаші до точки кріплення штока до привода чаші, м;

$f=0,002$ – коефіцієнт тертя ковзання;

$R=0,07$ – радіус цапфи, м;

З рівняння знаходимо зусилля на штоку необхідне для повороту чаші із приводом:

$$F = (G_{ч}+G_{м}+G_{пр}) \times (h_1 + f \times R) / h, \text{Н} \quad (2.34)$$

$$F = 4680+25800+7420 \times (1,555+0,002 \times 0,7) / 0,28 = 60230 \text{ Н}$$

В зв'язку з тим, що в повороті чаші беруть участь два гідроциліндри, то зусилля, що розвивається кожним штоком буде дорівнювати:

$$F / 2 = 60230 / 2 = 30\ 115\ \text{Н}$$

Розрахунки, пов'язані з визначенням зусиль на штоку гідроциліндра ведемо по робочому тиску P . Це найбільший тиск, при якому працюють пристрої гідроприводу при наявності гідравлічних ударів, поштовхів і струсів, неминучих при експлуатації [23,24].

$$P_y = 1,25 \times P, \text{ МПа} \quad (2.35)$$

$$P_y = 1,25 \times 6,3 = 7,875 \text{ МПа}$$

Визначаємо внутрішній діаметр D гільзи гідроциліндра.

Визначаємо діаметр циліндра

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{F}{P_p \cdot \eta_m}}, \text{ мм} \quad (2.36)$$

де F – зусилля на штоку;

P_p – робочий тиск у системі;

η_m – механічний КПД силового гідроциліндра, що враховує втрати енергії на тертя в рухливих парах гідроциліндра. Для силових циліндрів при ущільненні гумовими кільцями $\eta_m = 0,97$;

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{30115}{6300000 \cdot 0,97}} = 0,079 = 79 \text{ мм}$$

З огляду на специфіку виробництва й невраховані навантаження вибираємо гідроциліндр із діаметром 80 мм.

Визначаємо зовнішній діаметр штока гідроциліндра:

$$d = K \times D, \text{ мм} \quad (2.37)$$

$$d = 0,5 \times 80 = 40 \text{ мм}$$

де K – відношення діаметру штоку до діаметру гідроциліндра

Приймаємо $d = 60$ мм,

Визначаємо необхідну для забезпечення заданої швидкості V і переміщення штока витрату масла Q гідроциліндром:

$$Q = \pi \cdot R^2 \cdot V, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.38)$$

де R – внутрішній радіус гідроциліндра, м.

V – Швидкість переміщення штока, м/с;

$$Q = 3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 0,014 = 0,00007$$

Визначаємо діаметр отвору d_0 , через яке масло направляється в основну порожнину силового гідроциліндра.

$$d_0 = \sqrt{\frac{Q}{V_0}}, \text{ м} \quad (2.39)$$

де Q – витрата масла, м³/с;

V_0 – середня швидкість масла через отвір, що підводить, приймається 5 м/с

$$d_0 = \sqrt{\frac{0,00007}{5}} = 0,0037 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d_0=5$ мм

Гільза гідроциліндра виконана з безшовної труби. Матеріал труби чавун.

Визначаємо мінімальну товщину стінки гільзи, мм:

$$\delta = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{[\sigma] + P_p}{[\sigma] - P_p}} - 1 \right), \text{ м} \quad (2.40)$$

де $[\sigma]=40$ – допустиме напруження для чавуну, МПа.

$$\delta = \frac{0,12}{2} \left(\sqrt{\frac{[40] + 6,3}{[40] - 6,3}} - 1 \right) = 0,01 \text{ м}$$

Для даної системи об'ємного гідроприводу вибираємо насос пластинчастий Г 12–32 А

Максимальна потужність, що витрачається двигуном на привод насоса, визначається по формулі:

$$N = \frac{P_p \cdot Q}{(1000 \cdot \eta)}, \text{ кВт} \quad (2.41)$$

де Q – витрата масла, м³/с

P_p – робочий тиск, Па;

η – загальний ККД для насосів пластинчастих $\eta = 0,5 \dots 0,75$, приймаємо $\eta=0,6$.

$$N = \frac{6300000 \cdot 0,00007}{(1000 \cdot 0,6)} = 0,735 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун гідронасоса 4А71В4У3, $P = 0,75$ кВт, $n=1390$ хв⁻¹, 220/380 В, 50 Гц.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Такелаж та розрахунок стропів

3.1.1 Такелажні роботи

До такелажних робіт відносяться зв'язування вузлів устаткування гнучкими підвісками й транспортування їх до місця установки [25].

Гнучкі елементи (вантажні канати підйомно-транспортних машин, розчалування, стропи й т.д.) виготовляють зі сталевих канатів хрестового звивання. Вибір типу каната залежить від призначення гнучкого елемента. Для розчалувань і стропів, що не піддаються перегинам, застосовують відносно твердий сталевий канат $6 \times 19 + 1$, для вантажних канатів лебідок, кранів, поліспастів – більш гнучкий канат $6 \times 37 + 1$, а для стропів – канат $6 \times 61 + 1$ або $6 \times 37 + 1$ [26].

Діаметр каната визначають у такий спосіб. Спочатку розраховують його розривне зусилля:

$$P > S \cdot k, \quad (3.1)$$

де S – максимальне розрахункове зусилля, що залежить від розташування й кількості галузей стропа, на яких підвішений вантаж

k – коефіцієнт запасу міцності.

Потім по величині розривного зусилля, користуючись каталогами, вибирають необхідний канат. Значення коефіцієнтів запасу міцності наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - значення коефіцієнтів запасу міцності канатів k

Область застосування канатів	k
Підйомно-транспортні пристрої при режимі роботи:	
Ручному	4,5
Легкому	5,0
Середньому	5,5
Важкому	6,0
Стропи з обв'язуванням вантажу, т:	
До 50	6,0
Більше 50	8,0
Розчалування й відтягнення	3,5

3.1.2 Розрахунок стропів для строплення силового циліндра при монтажі привода чаші

Розрахуємо стропа, необхідні для виконання монтажу механізмів змішувальної машини. Розрахунок стропів виконаємо для силового гідроциліндра масою $G_{\text{цил}} = 76 \text{ кг} = 746 \text{ Н}$.

Зусилля в гілці стропа при куті нахилу $\alpha = 60^\circ$:

$$S_{\text{стр}} = \frac{G_{\text{шип}}}{n \cdot \sin \alpha} \cdot K_n = \frac{746}{2 \cdot \sin 60^\circ} \cdot 1,0 = 430 \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де n – число гілок стропа, $n = 2$

K_n – коефіцієнт нерівномірності навантаження на гілці стропа, при $n \leq 2$, $K_n = 1$

Вибір каната стропа здійснюємо по розрахунковому розривному зусиллю:

$$P_{\text{разр}} = S_{\text{стр}} \cdot k = 430 \cdot 6 = 2580 = 2,6 \text{ кН}, \quad (3.3)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності, $k = 6$ (табл. 3.1)

Приймаємо канат типу ЛК–О конструкції 6х7(1+6)+1о.с. ДСТ 3069–80, $d_k=3,7$ мм, розрахункова маса 1000 м каната $M_{1000} = 47,7$ кг, розрахункове розривне зусилля $P_{\text{разр}} = 6,74$ кН, маркувальна група 1568 МПа [27].

Для даного діаметра каната призначаємо затискачі гвинтові Е, діаметр різьблення на скобі М4, розрахунковий діаметр стрижня $d_1 = (0,8 \div 1) \cdot d_k = 0,8 \cdot 3,7 = 2,96$ мм. Кількість затискачів, що рекомендується, $n = 2$.

Розраховуємо число затискачів з умови:

$$2F_{\text{тр}} \geq S_{\text{стр}}, \quad (3.4)$$

де $F_{\text{тр}}$ – сила тертя між канатами;

$S_{\text{стр}}$ – зусилля в гілці стропа.

$$F_{\text{тр}} = n \cdot N_i \cdot f, \quad (3.5)$$

де n – число затискачів;

N_i – нормальне зусилля, створюване одним затискачем;

f – коефіцієнт тертя між канатами, $f = 0,15$.

Нормальний тиск, створюваний одним затискачем:

$$N_i = \frac{\pi d_{\text{ст}}^2 n_{\text{ст}} [\sigma]}{4}, \quad (3.6)$$

де $d_{\text{ст}}$ – розрахунковий діаметр стрижня;

$n_{\text{ст}} = 2$ – кількість стрижнів у затискачі;

$[\sigma]$ – допускаєме напруження матеріалу на розрив, $[\sigma] = 120$ МПа.

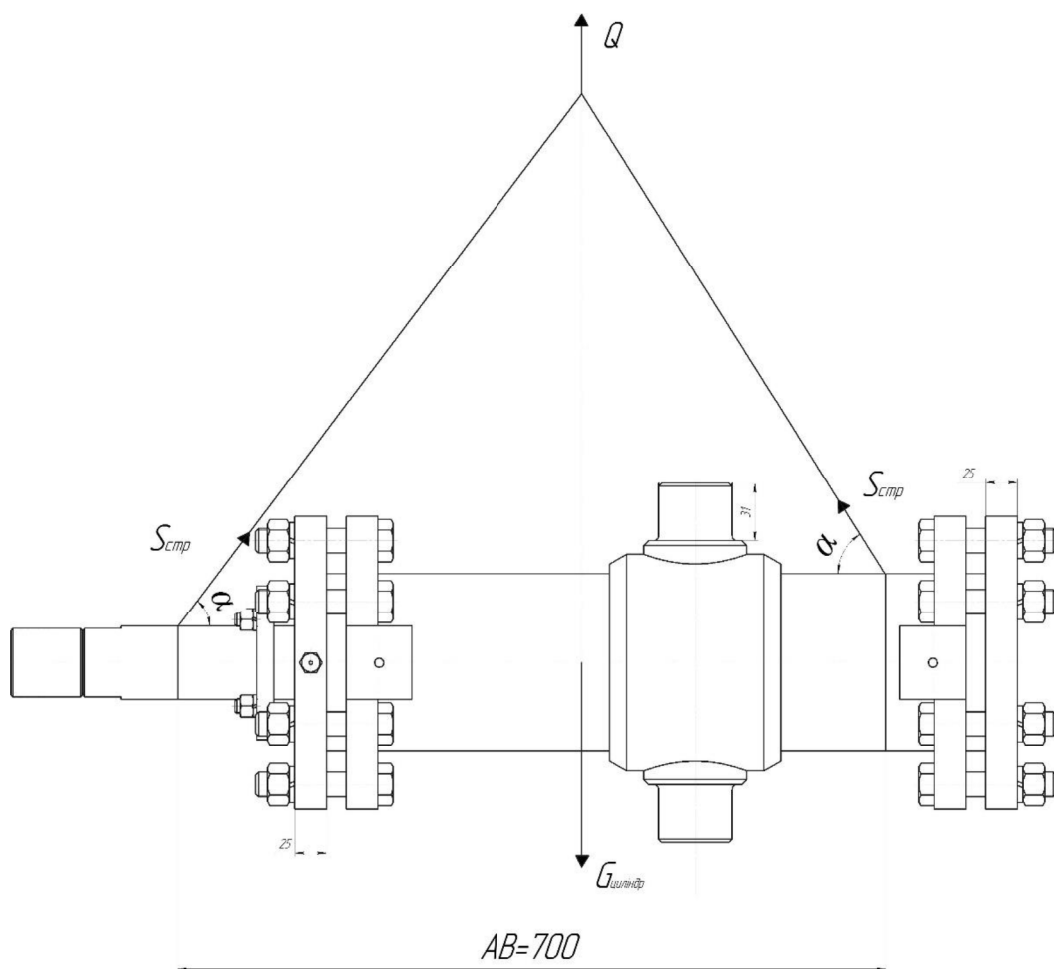


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема стропування циліндра

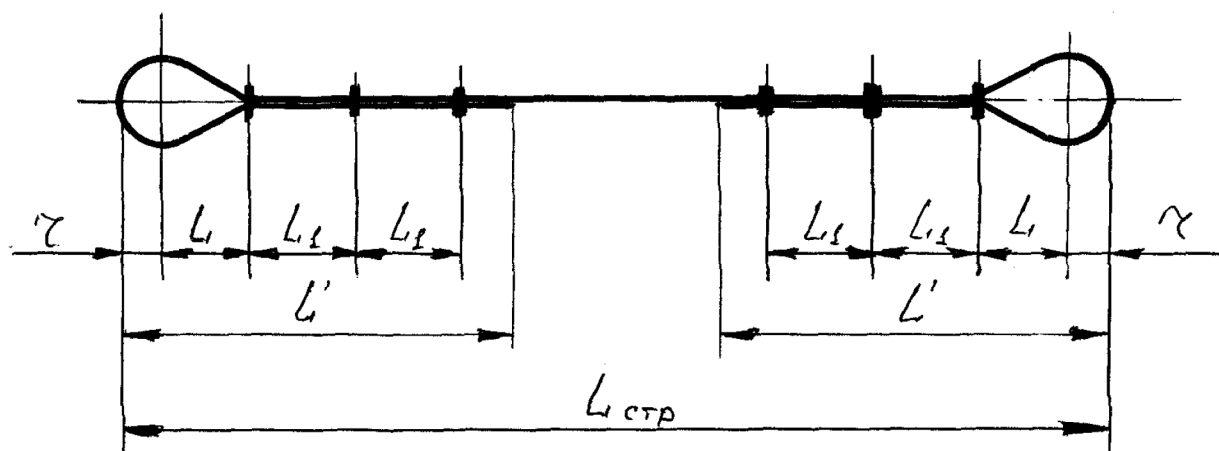


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема до визначення довжини стропа

Тоді число затискачів визначаємо з вираження:

$$n = \frac{2 \cdot S_{\text{стр}}}{\pi \cdot d_{\text{сн}}^2 \cdot n_{\text{ст}} \cdot f \cdot [\sigma]} = \frac{2 \cdot 0,43 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 2,96^2 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 120} = 0,86, \quad (3.7)$$

Приймаємо число затискачів $n = 2$.

Визначаємо довжину стропа приймаючи наступні розміри:

– радіус закруглення $r \approx 2d_k = 2 \cdot 3,7 = 7,4$ мм

приймаємо $r = 15$ мм;

– відстань від центра закруглення до першого затискача $L = 150$ мм;

– відстань між затискачами $L_1 = 50$ мм.

Тоді довжина ділянки стропа для затискачів і петлі дорівнює:

$$\begin{aligned} L' &= r + L + 2,5 \cdot L_1 = 15 + 150 + 2,5 \cdot 50 = 290 \text{ мм} \\ 2L' &= 2 \cdot 290 = 580 \text{ мм} \end{aligned}, \quad (3.8)$$

Приймаємо довжину стропа $L_{\text{стр}} = 1000$ мм.

Тоді кут нахилу стропа дорівнює:

$$\alpha = \arccos \frac{AB}{2 \cdot L_{\text{стр}}} = \arccos \frac{700}{2 \cdot 1000} = 69,5^\circ, \quad (3.9)$$

При цьому зусилля галузі стропа складе

$$S''_{\text{стр}} = \frac{0,746}{2 \cdot \sin 69,5^\circ} \cdot 1,0 = 0,4 \text{ кН}, \quad (3.10)$$

Умова виконується.

3.2 Розрахунок фундаменту змішувальної машини

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, приямків і каналів [28].

Початкові дані:

- вага обладнання встановленого на фундаменті – $G_{зм} = 3100$ кг;

Визначаємо геометричні параметри фундаменту (схема фундаменту представлена на рис. 3.3):

$$\begin{aligned} a' &= 1840 + 2 \cdot n = 1840 + 2 \cdot 150 = 2140 \text{ мм}, \\ b' &= 1140 + 2 \cdot n = 1140 + 2 \cdot 200 = 1540 \text{ мм}, \\ a'' &= 2140 + 2 \cdot n' = 2140 + 2 \cdot 350 = 2840 \text{ мм}, \\ b'' &= 1540 + 2 \cdot n' = 1540 + 2 \cdot 300 = 2140 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Об'єм фундаменту:

$$V_{\phi} = 3,10 \cdot 4 = 12,4 \text{ м}^3; \quad (3.11)$$

де $4 - \text{м}^3$ доводиться на 1 т ваги встановленого обладнання.

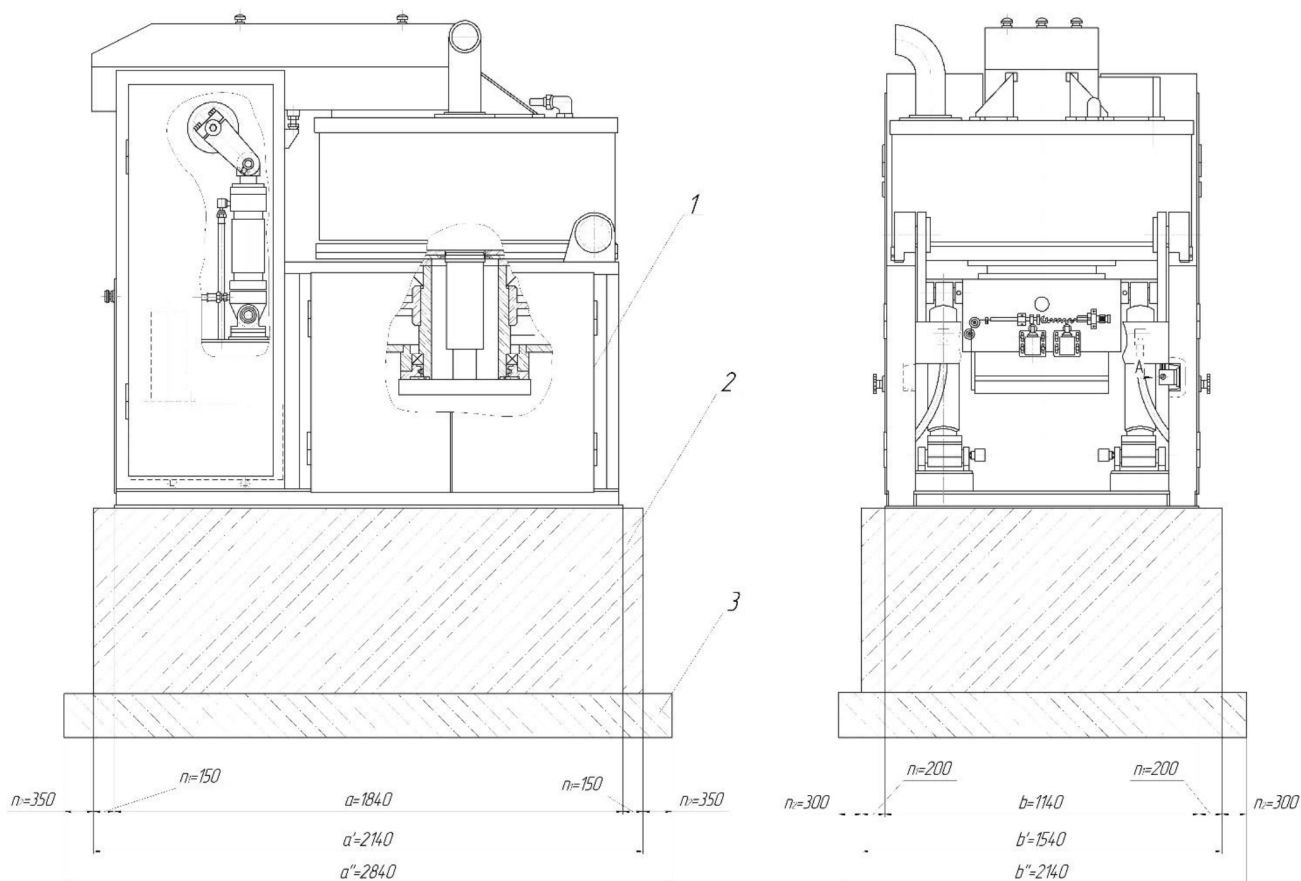
Вага фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho = 12,4 \cdot 2,2 = 27,28 \text{ т}; \quad (3.12)$$

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

Визначаємо тиск на ґрунт:

$$\rho = \frac{G_m + G_\phi}{a'' \cdot b''} = \frac{3100 + 27280}{284 \cdot 214} \approx 0,5 \text{ кг/см}^2 < 2 \text{ кг/см}^2; \quad (3.13)$$



1 – змішувальна машина; 2 – власне фундамент; 3 – підшва фундаменту

Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку фундаменту змішувальної машини
СМ-400У

Остаточно приймаємо:

$$a' = 2140 \text{ мм},$$

$$b' = 1540 \text{ мм},$$

$$a'' = 2840\text{мм},$$

$$b'' = 2140\text{мм}.$$

Визначимо загальну висоту фундаменту:

$$h_{\text{зар}} = \frac{V_{\phi}}{S_{\phi}} = \frac{27,28}{2,84 \cdot 2,14} = 4,49\text{м} \quad (3.14)$$

Висота підосви фундаменту:

$$h_{\text{п}} = \frac{1}{5} \cdot h_{\text{зар}} = \frac{1}{5} \cdot 4,49 = 0,9\text{м} \quad (3.15)$$

Висота власне фундаменту:

$$h_{\phi} = h_{\text{зар}} - h_{\text{п}} = 4,49 - 0,9 = 3,59\text{м}; \quad (3.16)$$

Об'єм підосви фундаменту:

$$V_{\text{п}} = h_{\text{п}} \cdot a'' \cdot b'' = 0,9 \cdot 2,84 \cdot 2,14 = 5,47\text{м}^3 \quad (3.17)$$

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

Об'єм власне фундаменту:

$$V_{\phi} = h_{\phi} \cdot a' \cdot b' = 3,59 \cdot 2,14 \cdot 1,54 = 11,83\text{м}^3 \quad (3.18)$$

Для фундаменту приймаємо бетон Б200 (20 кг/см²)

Загальний об'єм фундаменту:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{п}} + V_{\phi} = 5,47 + 11,83 = 17,3\text{м}^3.$$

Вага фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\Sigma} \cdot \rho = 17,3 \cdot 2,2 = 38,06 \text{ Т};$$

Уточнюємо вагу фундаменту:

$$\Delta G_{\phi} = 38,06 - 27,28 = 10,78 \text{ Т};$$

Уточнюємо тиск на ґрунт:

$$\Delta p = \frac{10780}{284 \cdot 214} = 0,18 \text{ кг/см}^2;$$

$$\rho_{\text{факт}} = \rho + \Delta p = 0,5 + 0,18 = 0,69 \text{ кг/см}^2 < 2 \text{ кг/см}^2$$

Умова виконується, отже приймаємо розраховану конструкцію фундаменту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

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

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці для чергового й ремонтного слюсаря. Робоче місце змішувально-пресовий цех ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат».

Фактори	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов, і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ст.	2 ст.	3 ст.	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : Продукти перегонки кам'яновугільних смол і пеків при середнім утримуванні в них бензопирена менш 0,075% III-IV-клас безпеки	0,2	1,03			5,15	91
Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³ . Вуглецевий пил (кокси кам'яновугільний, пековий, нафтовий, сланцевий)	6	6,9	1,15			91
Шум, дБА	80	85	5			91
Мікроклімат у приміщенні: - температура повітря, °С	26	36				91
- відносна вологість повітря, %	60	69	9		10	91
Категорія важкості праці: -важкість -напруженість				серед.	помір.	

Виходячи з оцінки факторів виробничого середовища трудового процесу наведеної в таблиці 7.3 можна зробити висновок, що в цеху діють шкідливі фактори: III ступені – 2, I ступені – 3, важкість роботи – середня, напруженість – помірна Іа. Слюсар-ремонтник має право на пенсію по пільговому списку №1,

додаткова відпустка – 10 днів, надбавка до зарплати до 24%, 0,5 літра молока в зміну.

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

У таблиці 4.2 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходи щодо їхнього усунення.

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

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

Всі працівники цеху згідно [29] безкоштовно забезпечені спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм з х/б тканини, черевики типу "Праця –М". У зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани.

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

У технологічному процесі має місце випар технологічного змащення. Для видалення цих пар за змішувальною машиною встановлюють витяжні парасолі. Також у прольоті ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і віддається через щілини вікон, дверей, воріт, ліхтарів. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої ваги Па [30]

Період року	Параметри мікроклімату		
	t°C	V _{пов} , м/с	φ% (при 26 °C)
Холодний	17 – 23	≤0,3	75
Теплий	18 – 27	0,2-0,4	65

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у яких як теплоносії використовують пару. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодопостачання.

4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

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

На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього

природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того або іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення [31]. Застосовуються дугові ртутні лампи (ДРЛ) потужністю 800 Вт, та світильник – глибоковипромінювач.

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

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

4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація

По походженню шум буває:

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

Шум різної інтенсивності й частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а згодом до розвитку професійної глухоти. Шум також негативно впливає на фізіологічні функції організму людини. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається й аналізується корою головного мозку, шум приводить до перенапруги

центральної нервової системи й розладу функцій внутрішніх органів і систем людини.

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

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

Як індивідуальний захист застосовуються юеруші або навушники–малогабаритні для захисту від шуму з рівнем 110 дБ [32].

4.4 Техногенна безпека

4.4.1 Заходи пожежної безпеки

Ділянка має категорію по пожежонебезпеці Д (негорючі речовини в холодному стані, і горючі речовини спалюються або утилізуються як паливо). Будівля змішувальної ділянки відноситься до III ступеня вогнебезпеки й до IV класу по ступені вогнестійкості (будівлі з несучими й конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів) [33, 34].

До первинних засобів пожежогасіння в цеху відносять: вогнегасники ПС – 1(10 шт), ПС–2 (14 шт.), ПО–1Д (18 шт), пожежний інвентар (покривало з

негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.). Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами згідно [35].

На території комбінату забороняється:

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

4.4.2 Ймовірність аварій та їх ліквідація

Будь-яку машину, механізм можна розглядати як систему, що складається з окремих елементів – деталей. Аварія – результат відмови одного чи декількох елементів [36, 37].

До можливих причин виникнення аварії можна віднести:

- знехтування правилами техніки безпеки;
- недотримання правил пожежної безпеки;
- недотримання правил електробезпеки;

Ймовірність аварії розраховується за формулою [38]:

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

де Q_i – імовірність відмови кожного елемента:

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

де λ_i – інтенсивність відмови i -го елемента;

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

Розрахуємо імовірність аварії на змішувальній ділянці цеху №6 за півтора року. Відомо що $\lambda_i = 9 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$ $\tau = 1,5$ року

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

Тоді підставивши отримані значення в формулу (4.1) отримаємо

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

Імовірність не висока, застосування захисних засобів не потрібне.

4.5 Розрахунок циклона

Керуючись основними положеннями [39,40] розрахуємо циклон (рис.4.1) на ділянці дозування абразивних матеріалів для очищення повітря від пилу при наступних вихідних даних:

- об'ємна витрата повітря при нормальних умовах $V_0 = 40000 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- щільність пилу $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$;
- температура повітря $t = 20^\circ\text{C}$;
- розрідженість у циклоні 15 Па ;

- початкова концентрація пилю в повітрі 10 кг/м^3 ;
- середньоарифметичний діаметр часток пилю $d_n = 10 \text{ мкм}$;
- логарифм середньоквадратичного відхилення розміру часток пилю $l_d \delta n = 0,5$;
- щільність часток пилю $\rho_n = 3000 \text{ кг/м}^3$;
- динамічна в'язкість пилю $\mu = 24,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$.

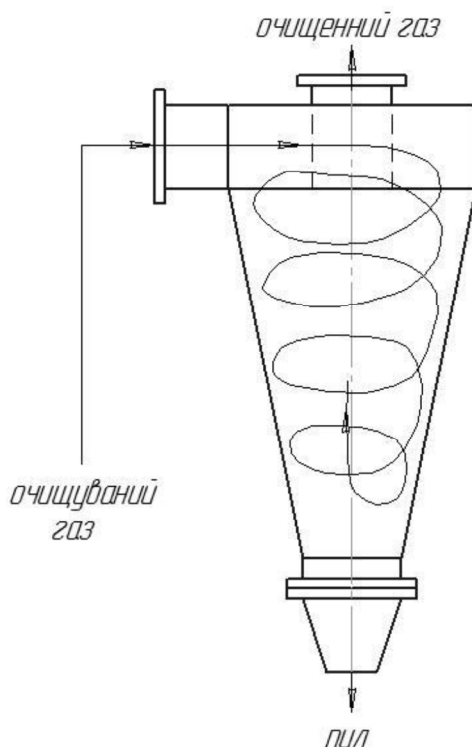


Рисунок 4.1 – Схема конструкція циклона НПОГАЗ - конічний

Визначимо щільність пилю при робочих умовах

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_o \cdot (273(P_{\text{бар}} \pm P_{\text{ц}})) / (273 + t) \cdot P_{\text{бар}} = \\ &= (1,3 \cdot 273 \cdot (101,3 \cdot 10^3 - 15 \cdot 10^3)) / (273 + 20) \cdot 101,3 \cdot 10^3 = 1,2 \text{ кг/м}^3 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Витрата газів при робочих умовах

$$V = \frac{V_o \cdot \rho_o}{\rho \cdot 3600} = \frac{40000 \cdot 1,3}{1,2 \cdot 3600} = 12 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.4)$$

Визначимо діаметр циклону при відносній швидкості:

$$D_y = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot W_{\text{опт}}}} = \sqrt{\frac{12}{0,785 \cdot 3,5}} = 2,1 \text{ м} \quad (4.5)$$

Приймаємо $D_y=2$ м і знаходимо дійсну швидкість пилу в циклоні:

$$W_y = \frac{V}{0,785 \cdot D_y^2} = \frac{12}{0,785 \cdot 2^2} = 3,8 \text{ м/с} \quad (4.6)$$

В зв'язку з тим, що дійсна швидкість відрізняється від відносної менше, ніж на 15 %, зупинимося на обраному діаметрі циклону.

Коефіцієнт опору циклону

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500} + K_3 \quad (4.7)$$

де $K_1=1$ – виправлення коефіцієнта на діаметр циклону [41];

$K_2=0,9$ – виправлення коефіцієнта на запиленність повітря [41];

$\xi_{2000}=155$ – коефіцієнт гідравлічного опору одного циклону діаметром;

$K_3=0$ – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, пов'язаних з компонуванням циклону в групу [41];

$$\xi = 1 \cdot 0,9 \cdot 155 + 0 = 139,2$$

Гідравлічний опір циклону

$$\Delta P_{\text{ц}} = \frac{(\xi \cdot W_y^c \cdot \rho)}{2} = \frac{139,2 \cdot 2,63^2 \cdot 1,2}{2} = 600 \text{ Па} \quad (4.6)$$

Розмір часток, що вловлюються циклоном при робочих умовах з ефективністю 50 %:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D_y \cdot p_{\Pi}^T \cdot \mu \cdot W_{\Pi}^T}{D_{\Pi}^T \cdot p_{\Pi} \cdot \mu^T \cdot W_{\Pi}}} \quad (4.7)$$

де $d_{50}^T = 0,45$ – параметр, що характеризує ефективність обраного типу циклону;

$D_{\Pi}, p_{\Pi}, \mu, W_{\Pi}$ – величини, відповідні до дійсних умов роботи циклону;

$D_{\Pi}^T, p_{\Pi}^T, \mu^T, W_{\Pi}^T$ – величини, відповідні до умов, при яких отримана величина d_{50}^T .

$$d_{50} = 0,45 \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot 1930 \cdot 24,8 \cdot 3,5)}{(2 \cdot 3000 \cdot 222 \cdot 2,65)}} = 0,138$$

Визначаємо величину x .

$$x = \left(l_n \cdot \frac{d_y}{d_{50}} \right) / \sqrt{(l_n^2 \cdot \delta \cdot \eta + l_n^2 \cdot \delta \cdot n)} \quad (4.8)$$

$$x = \sqrt{(0,352^2 + 0,53^2)} = 0,36$$

По [41] для величини $u=0,36$ приймаємо $\Phi(x)=0,62$. Ступінь уловлювання пилу в циклоні $\eta=62\%$.

Кінцева запиленість повітря

$$Z_K = (1 - \eta) \cdot Z_1 = (1 - 0,62) \cdot 10 = 3,8 \text{ г/м}^3 \quad (7.10)$$

$$\eta = \frac{Z_H - Z_K}{Z_H} \cdot 100\% = \frac{10 - 3,8}{10} \cdot 100\% = 62\% \quad (7.11)$$

Таким чином розрахований циклон задовольняє технологічні умови виробничого процесу.

Висновки

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням виробничого цеху Запорізького абразивного комбінату показало, що одним з основних «вузьких місць» цеху є незадовільна робота змішувальних машин, що проявляється в значному зношуванні лопат змішувальної машини, та є причиною незапланованих технологічної лінії в цілому.
2. На підставі зробленого аналізу технічної літератури, щодо змішувального обладнання та подібного устаткування на інших підприємствах, встановлено, що їм притаманні подібні недоліки.
3. Основною причиною зношування лопатей є властивості абразивного матеріалу, що бере участь у технологічному процесі.
4. Запропоновано нову конструкцію лопатей змішувальної машини, а саме до кінців лопатей по їхньому контурі приварюється металевий короб у який вставляється абразивний олівець із електрокорунда нормального, що вгвинчується в бічну стінку короба. Внаслідок цього брак виробництва шліфувальних кіл знизиться до 0,5%, довговічність лопатей зросте до 2-х років.
5. Зроблені розрахунки на міцність і витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів указують на досить високу надійність і працездатність машини.
6. Для забезпечення необхідних показників роботи машини варто враховувати умови її монтажу й експлуатації, які наведені в розділі 3, а для ефективної роботи устаткування цеху в цілому необхідно врахувати умови які наведені в розділі 4.
7. Для поліпшення екологічного стану в цеху необхідно підвищити продуктивність вентиляційного устаткування на 22-25%.
8. Результати роботи можуть бути використані не тільки на Запорізькому абразивному комбінаті, а також на інших підприємствах виробництва, що використовують подібну технологію.

Список використаної літератури

1. Запорізький абразивний комбінат. Контрактне виробництво. URL: <https://zak.ua/ua/private-label/> (дата звернення: 19.01.2024).
2. Movchan S., Boltyanska N., Boltyanskyi O. Mixers for bi-component liquids, liquid media and reagents in water. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Vol. 18, no. 2. P. 190–197. URL: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-18-2-190-197>
3. Dudarev I. Simulation of bulk materials mixing process in gravitational mixer. *Food Industry*. 2018. Vol. 23. URL: <https://doi.org/10.24263/2225-2916-2018-23-12>
4. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язючих речовин: навч. посіб. Одеса: Астропринт, 2002. 100 с.
5. Русанов І.Ф., Петрушов С.М. Конструкції і обладнання фабрик окускування. Алчевськ : ДонДТУ, 2010. 272 с.
6. Мікульонок І.О. Інноваційні змішувачі хімічної технології: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 132 с.
7. Бакалов В.Г. Змішувачі для сипких матеріалів і методи оцінювання якості суміші: монографія. Чернігів: Чернігівський державний технологічний університет (ЧДТУ), 2013. 159 с.
8. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
9. Пістунов І.М. Вузли тертя ковзання. Моделі та оптимізація. Дніпропетровськ: НГУ, 2009. 177 с
10. Шевченко І. А. Використання трибоніки та триботехніки при створенні металургійного обладнання: навч.-метод. Посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 160 с.
11. Бондаренко В.І. Основи електричного привода: навч. посіб. Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. 314 с.

12. Мельник О.Є. Деталі машин. Кривий Ріг: Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (ДонНУЕТ), 2020. 139 с.
13. Шевченко І. А., Васильченко Т. О. Теорія механізмів і машин: навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 216 с.
14. Кірієнко О.А., Гузенко Ю.М. Теорія механізмів і машин. Деталі машин. Розрахунки механічних передач: навч. посіб. Київ: Київський політехнічний інститут, 2016. 188 с.
15. Смірнов В.М., Головань В.П., Корнійчук Б.В. Деталі машин і основи конструювання. Київ: КНУБА, 2013. 96 с.
16. Стрілець В.М., Шинкаренко І.Т., Похильчук І.О. Практикум з курсу Деталі машин: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2007. 136 с.
17. Задоя Н.О. Деталі машин. Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет (ЗНТУ), 2018. 404 с.
18. Лещенко О.І., Добровольська С.В., Кудряшов В.О. Матеріалознавство та конструкційні матеріали. Одеса: ДУІТЗ, 2024. 333 с.
19. Погорелов С. В. Деталі машин: конспект лекцій Запоріжжя : ЗДІА, 2002. 137 с.
20. Погорелов С. В. Прикладна механіка і основи конструювання: метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 42 с
21. Шубіна О. П. Теорія механізмів і машин. Структура, кінематика та динаміка важільних і зубчастих механізмів: метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 112 с.
22. 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.
23. Гідравліка, гідро- та пневмопривод. Навчально-методичний посібник для студентів інженерних спеціальностей ЗДІА/ Укл. В.К. Тарасов, О.В. Новокщорова. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2010. 132 с.

24. Мандрус В. І., Лещий Н. П., Звягін В. М. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків. Львів: Світ, 1995. 264 с
25. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 374 с.
26. Білоус О. І. Конспект лекцій з дисципліни "Монтаж, діагностика та ремонт обладнання". Кам'янське : ДДТУ, 2017. 113 с.
27. Ковтун Р.М. Складання металоконструкцій: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 560 с. ISBN: 966-8081-59-5
28. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин: підруч. 4-е вид., перероб. і доп. Донецьк: ТОВ «Юго-Восток, Лтд», 2008. 379 с.
29. НПАОП 0.00–4.01–08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. 2008. Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566.
30. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
31. 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).
32. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
33. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
34. ДБН В.1.1–7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України. – 2016. –

Режим доступу до ресурсу:

<http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1-7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf>.

35. 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.
36. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
37. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
38. 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.
39. 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.
40. СОУ МПП 77.180-164:2007. Устаткування металургійне. Загальні технічні вимоги. Чинний від 2007-08-01. Вид. офіц. 2007.
41. Геврик Е.О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.:Ельга, Ніка–центр. 2003. – 280с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		33		Важіль	1	
		35		Опора	1	
		36		Прокладка	1	
		37		Плита	1	
		39		Вісь	4	
		41		Плита	1	
		45		Клямка	2	
		47		Шайба	2	
		48		Вісь	1	
		51		Вісь	2	
		52		Кришка	2	
		53		Корпус вальниці	2	
		54		Вал	1	
		55		Кільце	4	
		56		Втулка	1	
		61		Штуцер кінцеви	1	3/8"
		68		Кільце 70А 51-1	1	
		69		Гайка 12А71-6	24	
		70		Гайка М22х15 Г91-9	24	
		71		Ніпель А71-75-4	24	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болти ДСТ 7808-70		
		92		М8х20.66.06	4	
		93		М12х35.66.06	24	
		95		М12х100.66.06	1	
		96		М16х380.66.06	2	
				Гвинти ДСТ 17473-72		
		90		М6х12.66.06	3	
		100		М16х30.66.06	4	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	ДП.021188.100	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Лист

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Гвинти ДСТ 1476-64</i>		
		99		<i>M8x12.66.05</i>	4	
		101		<i>M6x10.66.05</i>	12	
		109		<i>Гайка M12.6.05 ДСТ 5927-70</i>	3	
				<i>Шпонка ДСТ 8789-70</i>		
		114		<i>16x10x50</i>	1	
		115		<i>16x10x100</i>	1	
				<i>Штифт ДСТ 3128-70</i>		
		117		<i>5Гx16</i>	2	
		118		<i>5Гx30</i>	8	
		119		<i>3Гx22</i>	10	
		124		<i>Вальница 212</i>	2	
		125		<i>Масельничка IV Б 6</i>	2	
				<i>Інші вироби</i>		
				<i>Рукав ІІ-12-210/125-У</i>		
		133		<i>L=700</i>	4	
		133		<i>L=1200</i>	6	
		133		<i>L=1800</i>	2	

Інв. № подл.	Подп. і дата
Взам. інв. №	Інв. № відл.
Подп. і дата	Подп. і дата

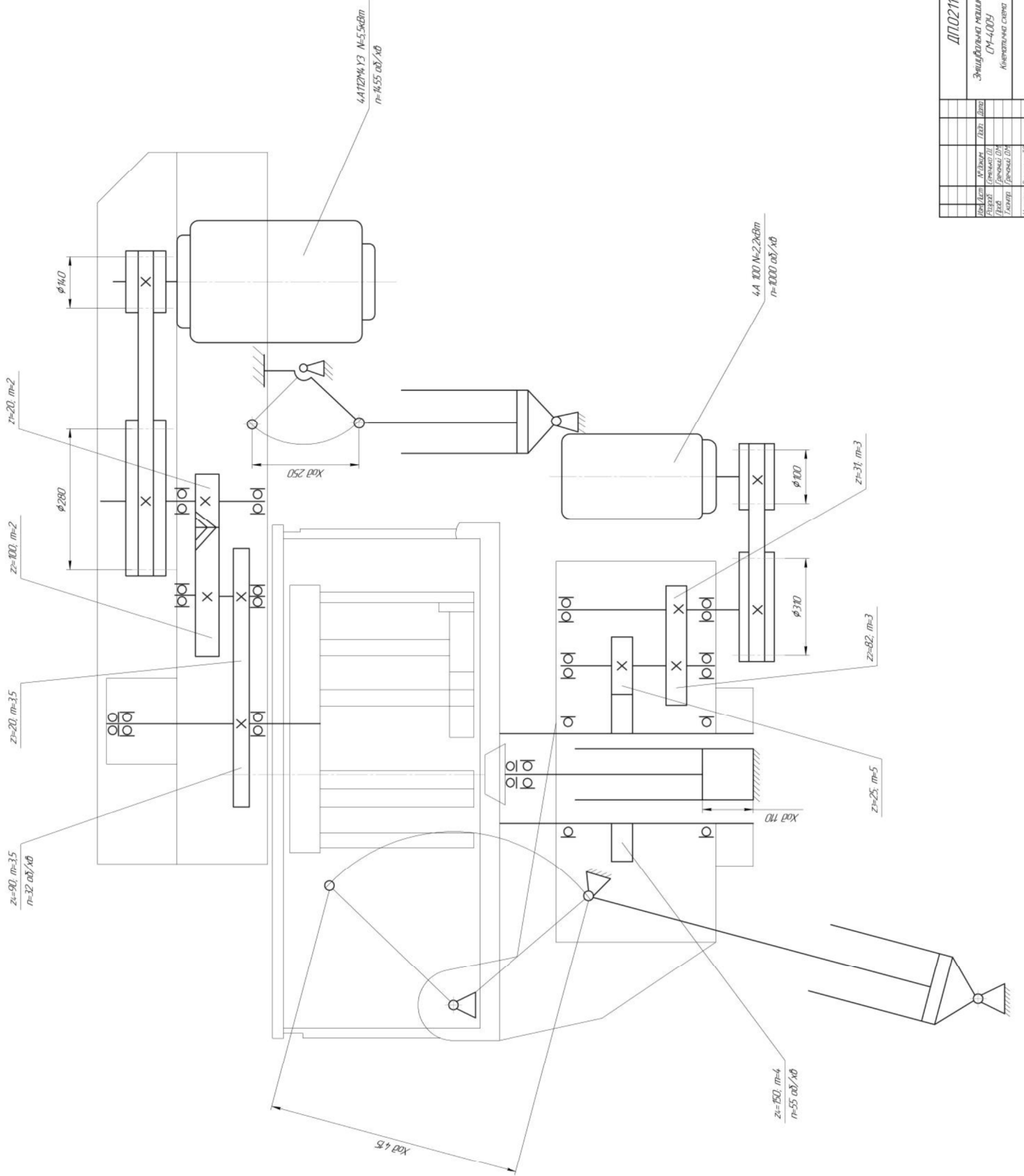
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ДП.021188.100

Лист

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				<u>Документація</u>			
			ДП.021188.110 СК	Складальне креслення			
				<u>Деталі</u>			
	Справ. №		1		Корпус циліндра	1	Сварн.
			2		Кришка передня	1	Ст 3
			3		Кришка	1	Ст 3
			4		Шток	1	Сталь 45
			5		Втулка	1	СЧ
			6		Сальник	1	Ст 3
			7		Поршень	1	СЧ
		8		Прокладка	2	МЗ	
		9		Прокладка	1	МЗ	
		10		Кільце поршневе	4	СЧ	
Підп. и дата				<u>Стандартні вироби</u>			
		11		Болт М10×25	1		
		12		Болт М20×90	12		
		13		Шпилька М12×50	4		
		14		Гайка М20	12		
		15		Гайка М12	4		
		16		Шайба пружна 20	12		
		17		Набивка сальникова $\phi 10$ l=500	1	пенька просоч.	
		18		Гайка М4.2.1	2		
		19		Шарик $\phi 7$	1		
Підп. и дата							
Інв. № подл.	Разр.:	Семенченко О.І.					
	Проб.:	Гречаний О.М.					
	Н.контр.:	Васильченко Т.О.					
	Утв.:	Власов А.О.					
ДП.021188.110							
Гідроциліндр повороту чаші				Лит.	Лист	Листов	
				Н			
				МОН України ЗНУ ІННІ ім. Ю.М. Петейні каф. МО, гр. 6.1331-с			
				Формат А4			

ДП.02.188.000 ТК



№ д. № тех.:	Искл. и измен.	Изм. №:	№ д. № тех.:	Искл. и измен.	Изм. №:	№ д. № тех.:	Искл. и измен.	Изм. №:

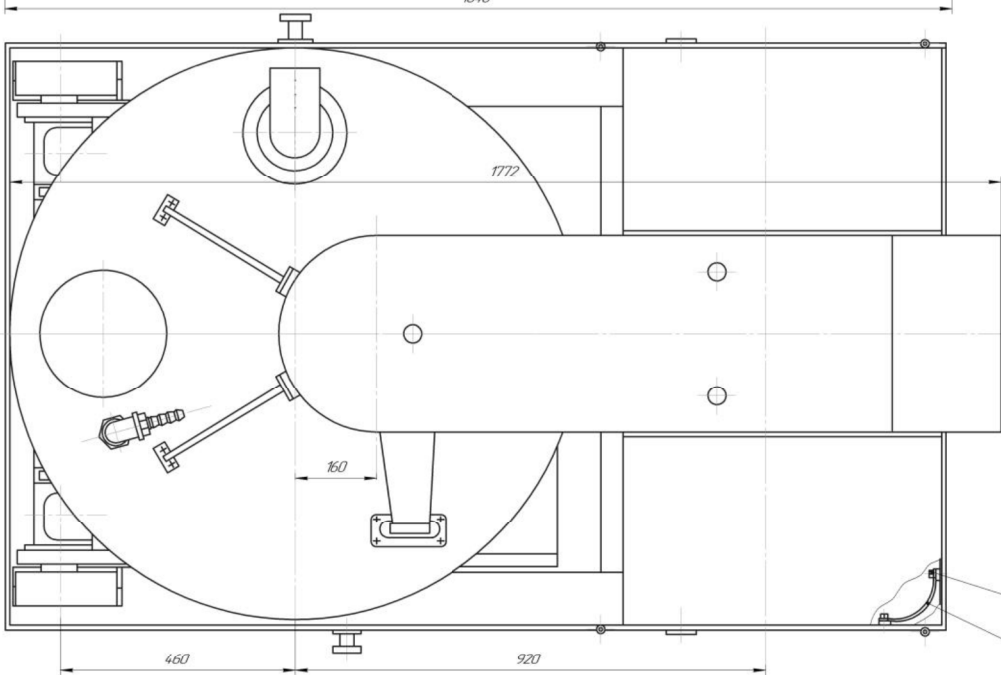
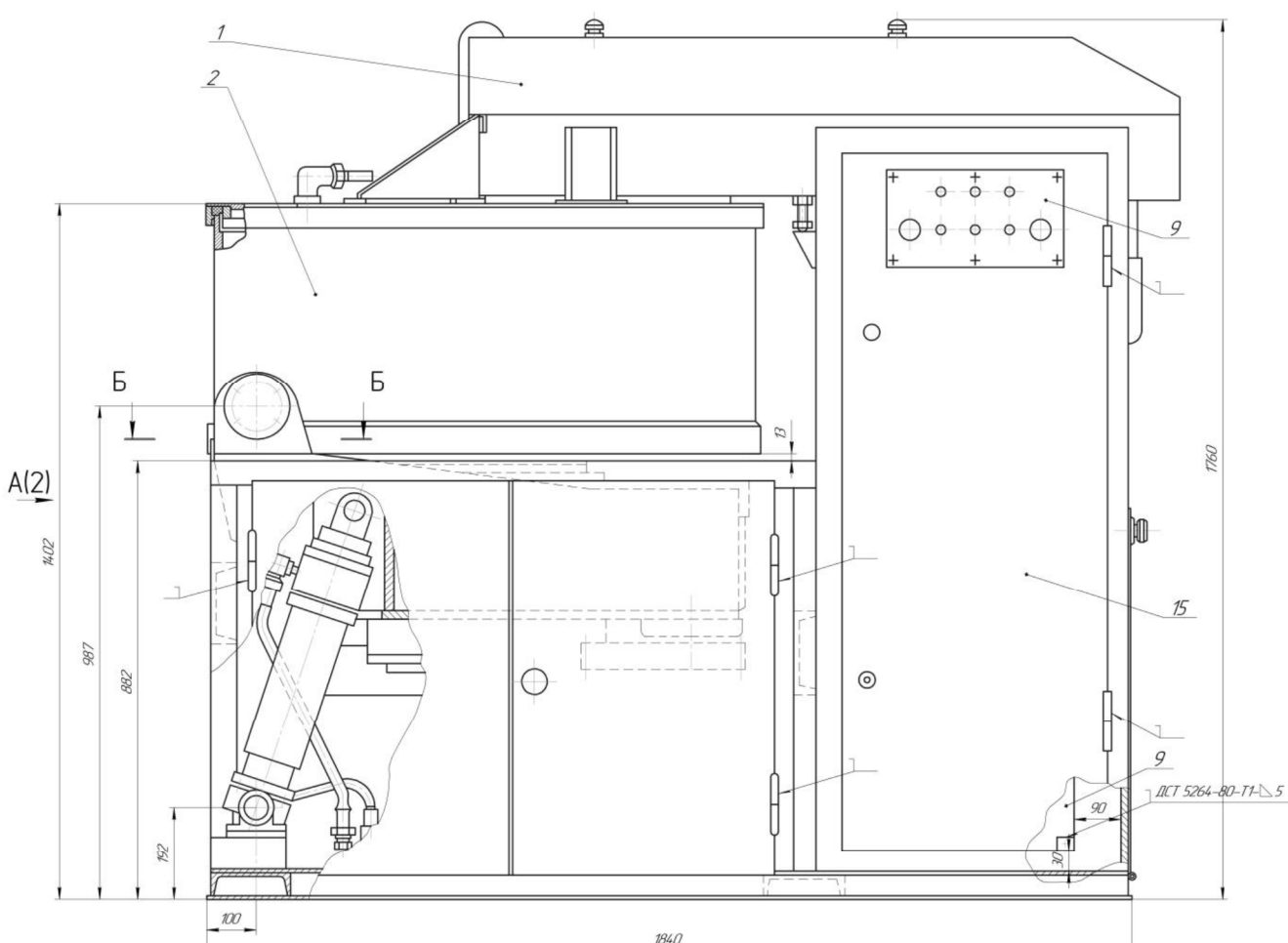
ДП.02.188.000 ТК			
№ д. № тех.	Искл. и измен.	Изм. №:	№ д. № тех.:

ЭВМ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ
 АКСИОННО-РЕДУЦИРУЮЩИЙ
 КОМПЛЕКС

Исп. №: 1/14
 Разр. №: 6.0331.С
 Вып. №: 1

Выполнил: [Имя]
 Проверил: [Имя]

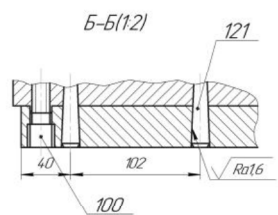
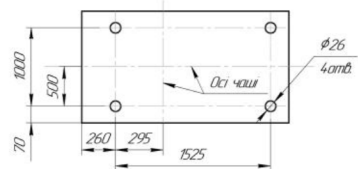
ДП.02.1188.100 СК



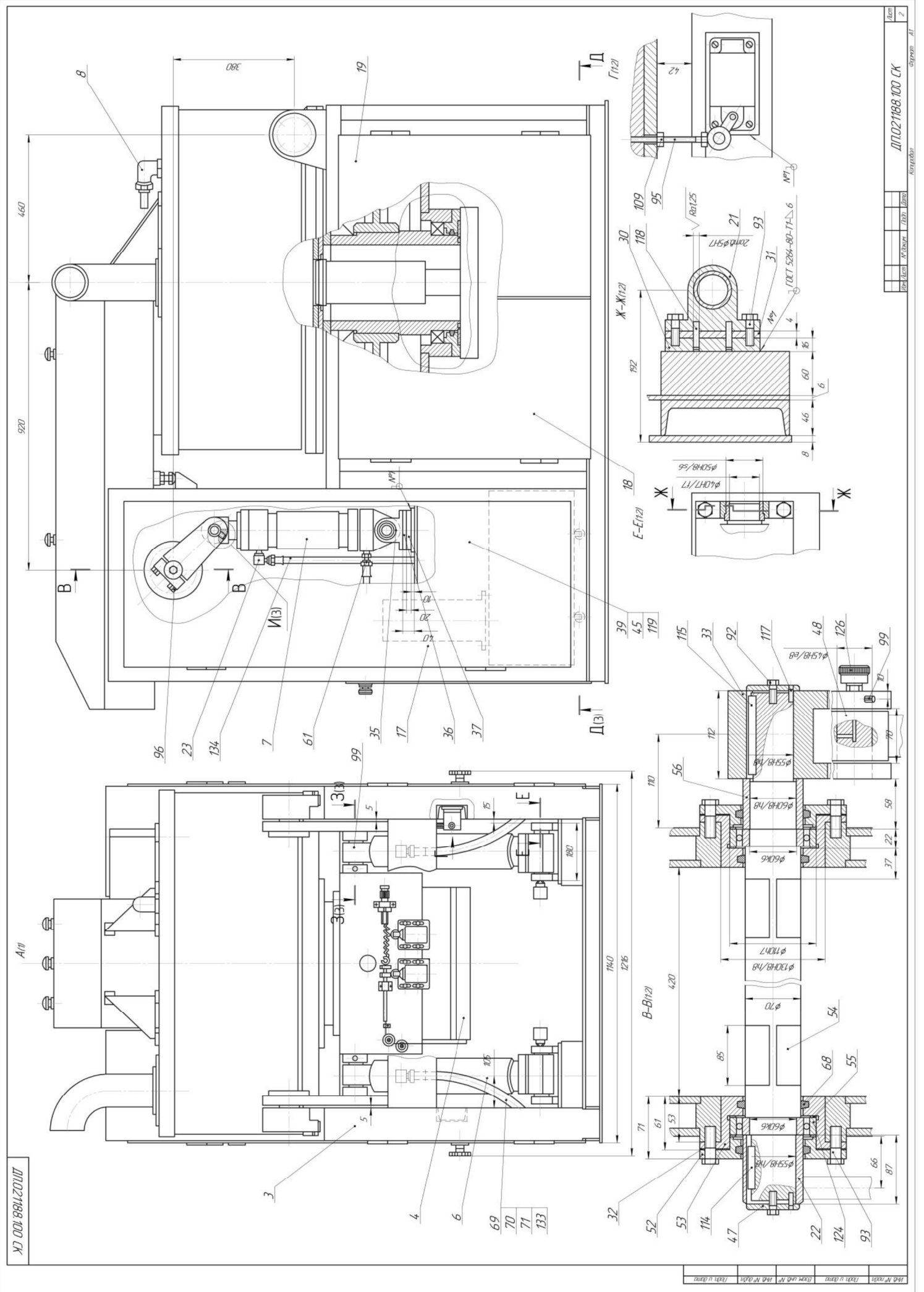
Технічна характеристика

1. Емкість чаши-400дм³.
2. Маса одного замісу-200-250кг.
3. Швидкість обертання чаши-32об/хв.
4. Швидкість обертання лопатей-55об/хв.
5. Кут повороту прилади лопатей-90°.
6. Кут повороту чаши при розвантаженні-95°.
7. Рівень завантаження чаши від основи-14,02мм.
8. Рівень виходу маси при розвантаженні через дно-4,06мм.
9. Рівень виходу маси при розвантаженні шляхом перекидання чаши-88,0мм.
10. Кількість електродвигунів-3.
11. Встановлена потужність-10кВт.
12. Габаритні розміри в робочому положенні: довжина-184,0мм, ширина-114,0мм, висота-176,0мм.
13. Габаритні розміри при розвантаженні: довжина-225,0мм, ширина-114,0мм, висота-284,2мм.
14. Маса-3100кг.

Установочні розміри машини



ДП.02.1188.100 СК					
№	Лист	№	Лист	Лист	Максимум
Розроб	Григорук ОІ	Лист	3100	Лист	15
Проєкт	Григорук ОІМ	Лист		Лист	
Лектор	Григорук ОІМ	Лист		Лист	
Начальн	Васильченко ІО	Лист		Лист	
Читч	Васильченко АО	Лист		Лист	
Змішувальна машина СМ-400У				МЗУ України ЗНП ІНН ім. ЮМ Погойда Київ, МП до 6.0371-с	
Корпус				Формат А1	



ДГО.02.188.100.СК

ИЗМ.	№	ПОЗ.	ИЗМ.
ИЗМ. №1			ИЗМ. №2
ИЗМ. №3			ИЗМ. №4
ИЗМ. №5			ИЗМ. №6
ИЗМ. №7			ИЗМ. №8
ИЗМ. №9			ИЗМ. №10

ДГО.02.188.100.СК

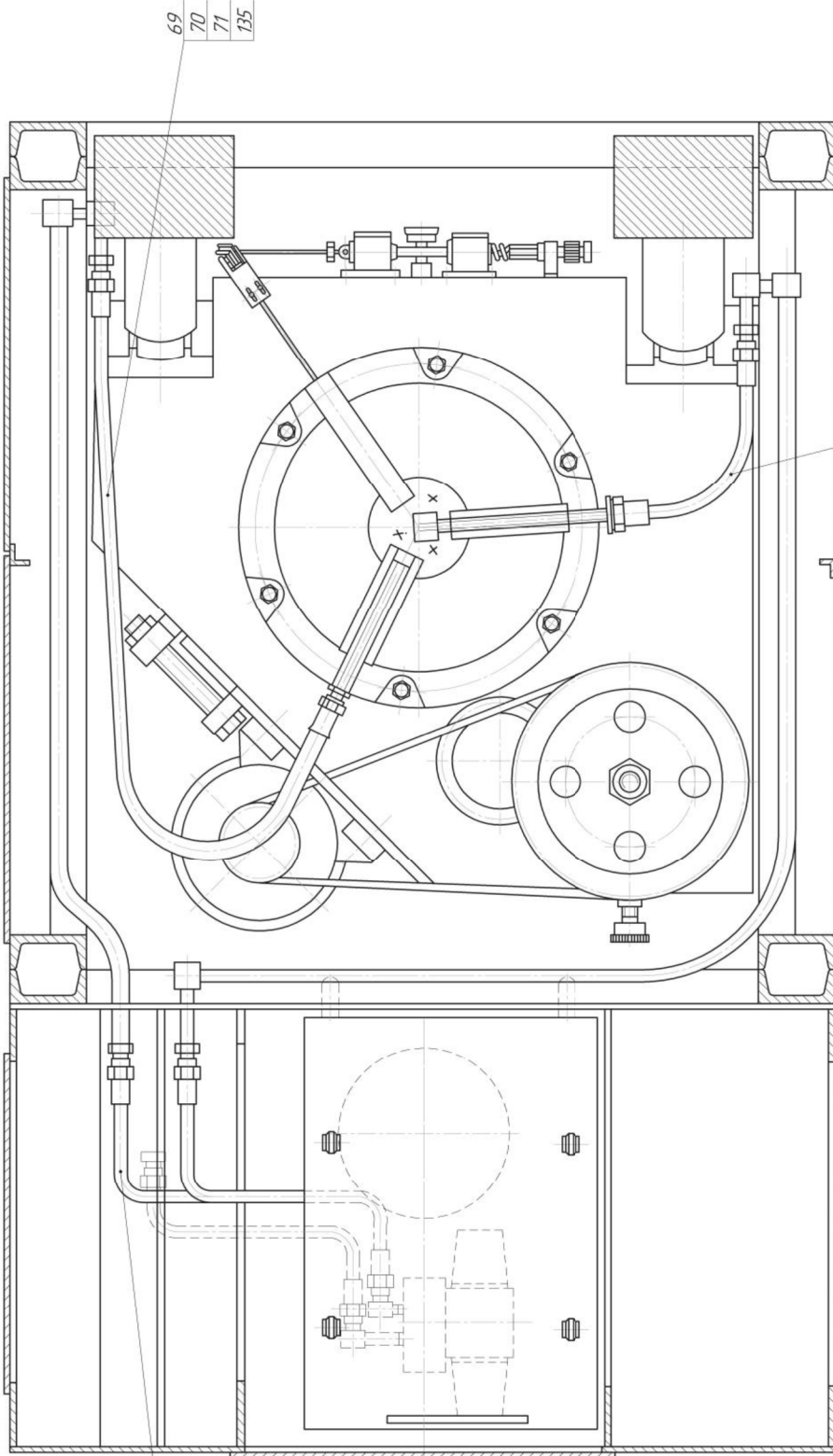
Изм. 2

Лист 2

ОГРНИП

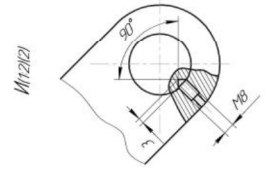
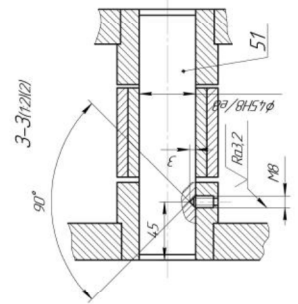
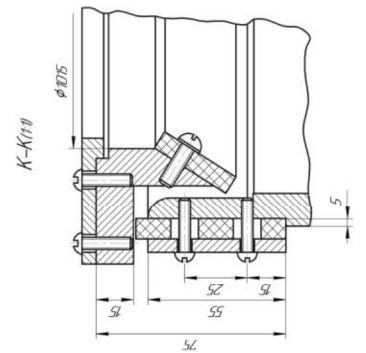
ДП.02.1198.100 СК

Д-Д(2)



- 69
- 70
- 71
- 134

- 69
- 70
- 71
- 135



- 69
- 70
- 71
- 135

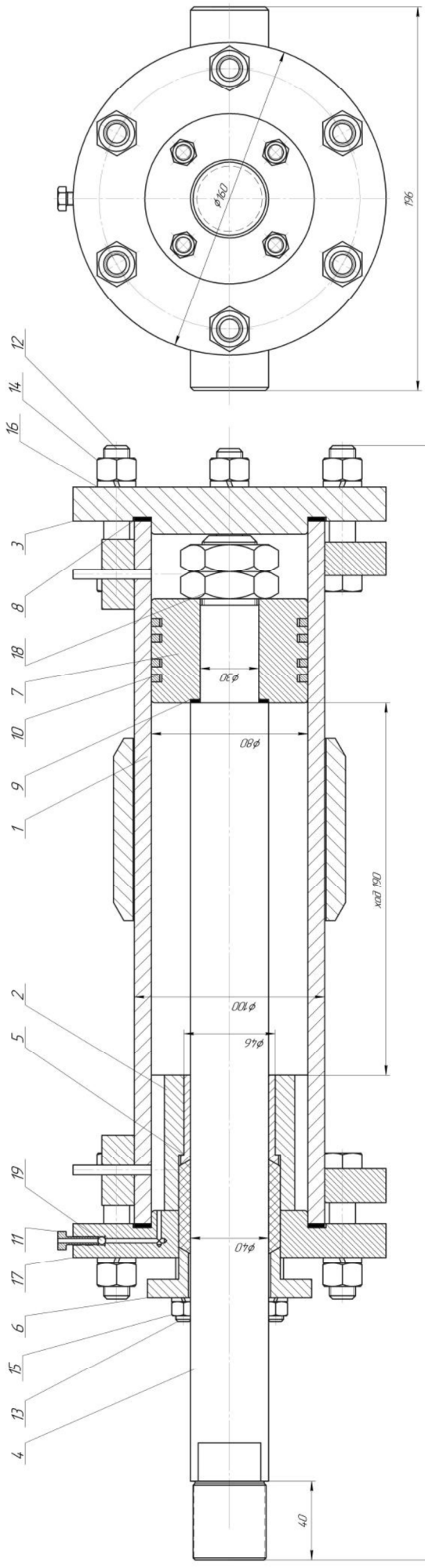
ИЗМ. №	ИЗМ. ДАТА	ИЗМ. №	ИЗМ. ДАТА	ИЗМ. №	ИЗМ. ДАТА	ИЗМ. №	ИЗМ. ДАТА

ИЗМ. №	ИЗМ. ДАТА	ИЗМ. №	ИЗМ. ДАТА	ИЗМ. №	ИЗМ. ДАТА

ДП.02.1198.100 СК

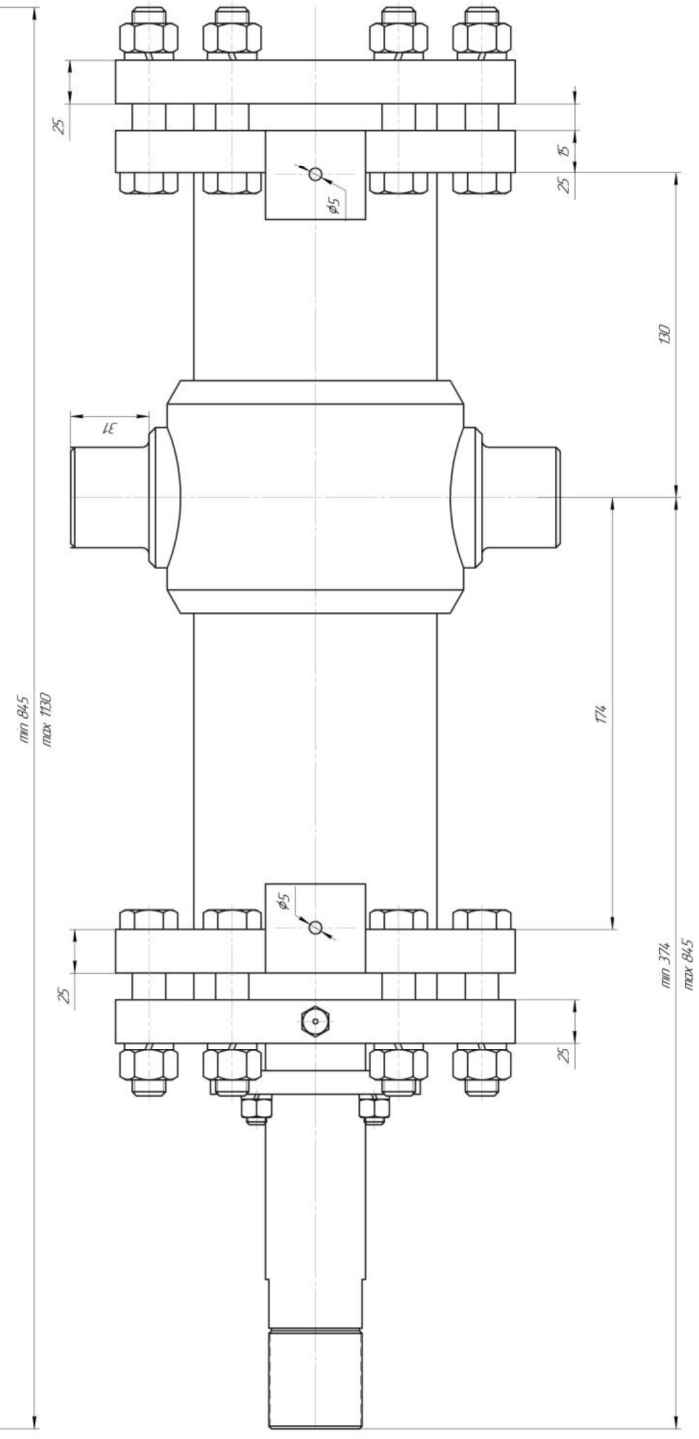
СЧЕРБАТОВ А.Т.

ДП.02.1188.110 СК



- Температура эксплуатации
- 1 Диаметр парника, мм 80
 - 2 Диаметр резьбы хвоста, мм 190
 - 3 Высота резьбы, мм 10
 - 4 Радиус резьбы 20 мм, 30 мм
 - 5 Диаметр резьбы температур. С -35...+80

1 *Размеры для сборки
 2 Небольшая разница в диаметре отверстий Н14, вала Н14, резьбы ± 2
 3 Температурный отбор (свердлит) после сборки
 4 Диаметр вала должен соответствовать толщине 70 МПа пружин 5 мм в области пазов. Прокладки через уплотнения в крышках не допускаются. Прокладки через парниковый клапан допускаются не больше 100 см / Аб



№ п/п	Исполнение	№ п/п	Исполнение
1	Исполнение 1	11	Исполнение 1
2	Исполнение 2	12	Исполнение 2
3	Исполнение 3	13	Исполнение 3
4	Исполнение 4	14	Исполнение 4
5	Исполнение 5	15	Исполнение 5
6	Исполнение 6	16	Исполнение 6
7	Исполнение 7	17	Исполнение 7
8	Исполнение 8	18	Исполнение 8
9	Исполнение 9	19	Исполнение 9
10	Исполнение 10	20	Исполнение 10

ДП.02.1188.110 СК

Гидроцилиндр
 лабораторию часы

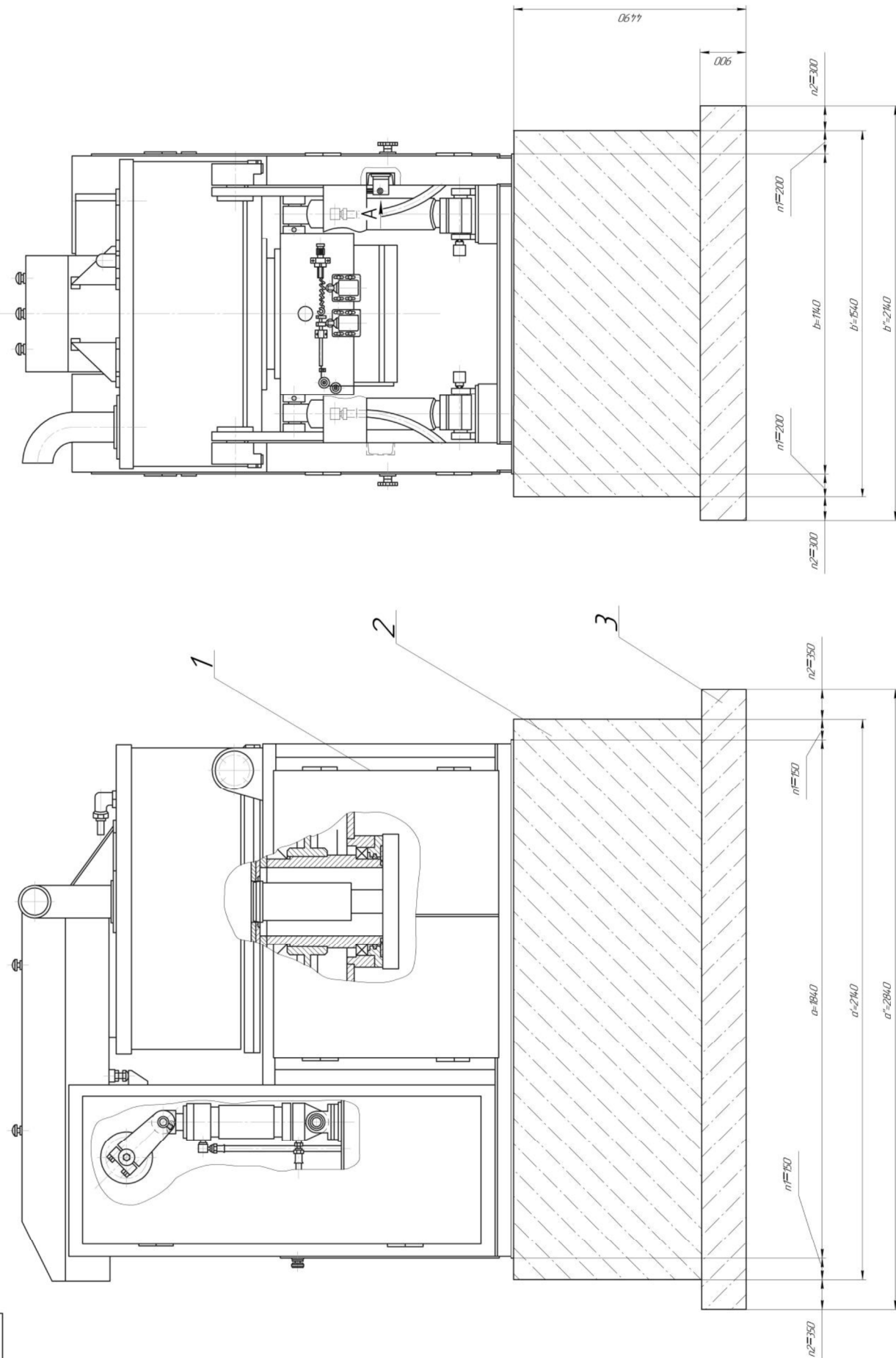
Исполн. В.И.Иванов
 Проверил А.И.Иванов

Исполн. В.И.Иванов
 Проверил А.И.Иванов

Исполн. В.И.Иванов
 Проверил А.И.Иванов

Исполн. В.И.Иванов	Проверил А.И.Иванов	Исполн. В.И.Иванов	Проверил А.И.Иванов
Исполн. В.И.Иванов	Проверил А.И.Иванов	Исполн. В.И.Иванов	Проверил А.И.Иванов
Исполн. В.И.Иванов	Проверил А.И.Иванов	Исполн. В.И.Иванов	Проверил А.И.Иванов

ДП.02.1188.300 МК



- 1 – Змішувальна машина;
- 2 – Фундамент
- 3 – Підлога фундаменту

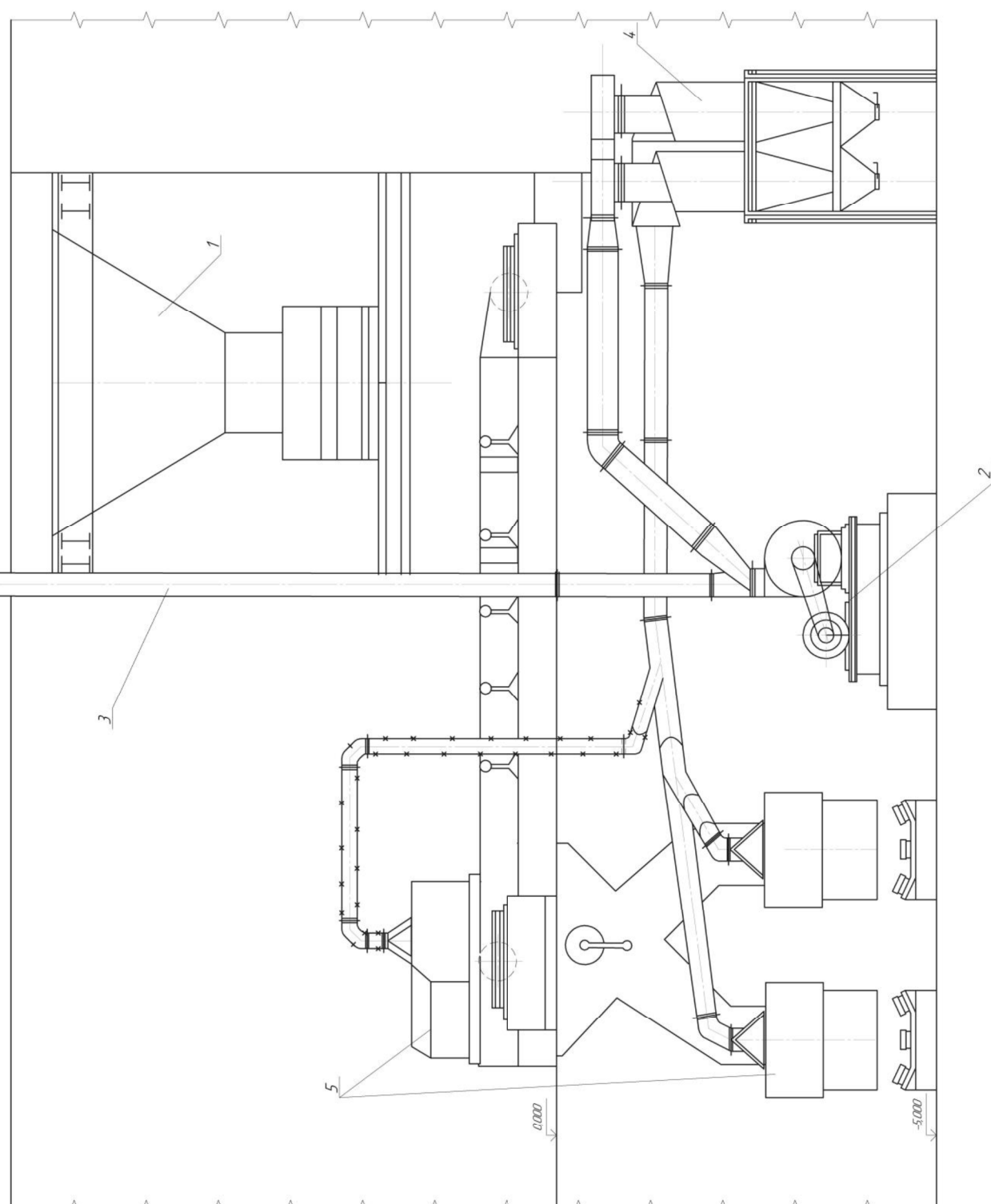
ДП.02.1188.300 МК		Лист	1	Розроблено	Виконано
Фундамент		ІН			
Змішувальна машина		Зроблено			
		Перевірено			
		Затверджено			
		Виконано			
		Зроблено			
		Виконано			
		Зроблено			
		Виконано			
		Зроблено			
		Виконано			
		Зроблено			
		Виконано			

Котлярська

с.урем

Лист №	1	Розроблено		Виконано	
Лист у бітві					
Лист №	1	Розроблено		Виконано	
Лист у бітві					
Лист №	1	Розроблено		Виконано	
Лист у бітві					
Лист №	1	Розроблено		Виконано	
Лист у бітві					

ДП021888.4.00.017



№ п/п	Наименование	Кол	Примеч.
1	Бумер	2	
2	Вентиляционная установка	1	
3	Воздушная труба	1	
4	Грифельный шкаф ГШ-Б	1	
5	Узел	3	

ДП021888.4.00.017		Система вентилирования	
Лист	Вместо	Масштаб	Контур
1	Н	-	-
Длина	Ширина	Высота	Глубина
300	150	150	150
Масштаб: 1:1	Масштаб: 1:1	Масштаб: 1:1	Масштаб: 1:1
Экз. № 1	Экз. № 2	Экз. № 3	Экз. № 4
Инв. №	Инв. №	Инв. №	Инв. №
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.
Дата	Дата	Дата	Дата

Контур