

Міністерство освіти та 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 МАГІСТРА

На тему Проектування елементів скіпової лебідки

Виконав: магістрант групи 8-1332

Федченко Д.І.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Металургійне обладнання

(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Гречаний О.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2023 рік

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання .

Рівень вищої освіти магістр .

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування .

(шифр і назва)

Спеціалізація - .

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Металургійне обладнання

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.О. Власов

“ _____ ” _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

Федченко Дмитро Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Проектування елементів скіпової лебідки.
керівник магістерської роботи: доцент, канд. техн. наук Таратута К.В.
затверджені наказом вищого навчального закладу: від “09.10. 2023 року
№ 1581 – с.
2. Термін подання студентом роботи 30.11.2023 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи технічні показники роботи скіпової лебідки.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд обладнання скіпового підйомника доменної печі. 2. Розрахунок скіпової лебідки доменної печі. 3. Дослідження працездатності скіпової лебідки. 4. Охорона праці та техногенна безпеки. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Креслення загального виду – 1 шт ; 2. Складальні креслення -3 шт; 3. Креслення та плакати дослідницької частини – 1 шт.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		Завдання прийняв
1	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
2	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
3	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
4	Таратута К.В., к.т.н., доцент	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітка
1	Збір матеріалу до кваліфікаційної роботи	01.09.2022 – 01.11.2022	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань кваліфікаційної роботи	01.11.2022 – 01.02.2023	
3	Виконання теоретичної частини кваліфікаційної роботи	01.02.2023 – 01.04.2023	
4	Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	01.04.2023 – 01.06.2023	
5	Написання та оформлення кваліфікаційної роботи	01.06.2023 – 01.10.2023	
6	Перевірка кваліфікаційної роботи консультантами	01.10.2023 – 20.10.2023	
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи	20.11.2023	
8	Переплітання роботи	05.12.2023	
9	Захист проекту у ЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
(підпис)

Керівник магістерської роботи _____
(підпис)

Федченко Д.І.
(прізвище та ініціали)
К.В. Таратута
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Федченко Д.І. Проектування елементів скіпової лебідки.

Випускна кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник К.В. Таратута. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні, кафедра металургійного обладнання, 2023.

В роботі проведено огляд конструкцій скіпових лебідок доменних печей. Детально описані вузли скіпового підйомника та лебідки. Проведено розрахунки навантажень на вузли скіпової лебідки. Досліджено роботу барабану лебідки під дією динамічних навантажень. Запропоновано удосконалення конструкції скіпової лебідки.

Ключові слова: СКІПОВА ЛЕБІДКА, ДОМЕННА ПІЧ, НАДІЙНІСТЬ

ABSTRACT

Fedchenok D.I. Design of skip winch elements.

The final qualifying work for obtaining a higher education degree, master in specialty 133 - Industrial mechanical engineering, scientific supervisor K.V. Taratuta. Zaporizhzhya National University. Engineering Academic Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2023.

The robot examined the design of skip winches in blast furnaces. A detailed description of the components of the skip hoist and winch. Renovations were carried out on the components of the skip winch. The work of the winch drum under dynamic pressure was observed. An improved design of the skip winch has been introduced.

Key words: SKIP WINCH, DOMAIN PIP, RELIABILITY.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Огляд обладнання скіпового підйомника доменної печі	8
1.1 Загальна характеристика обладнання скіпового підйомника	8
1.2 Технологічний процес роботи та класифікація скіпових лебідок	16
2. Розрахунок скіпової лебідки доменної печі	22
2.1 Розрахунок зусилля в канатах лебідки	22
2.2 Розрахунок потужності привода скіпової лебідки	27
2.3 Розрахунок механізмів приводу скіпової лебідки	36
3. Дослідження працездатності скіпової лебідки	42
3.1 Дослідження на фізичній моделі скіпової лебідки	42
3.2 Дослідження барабана скіпової лебідки	50
4. Охорона праці та техногенна безпека	55
Висновки	72
Література	74
Додатки	76

ВСТУП

На сьогодні завантаження доменної печі з використанням скіпового підйомника має окремі недоліки як в конструкції основного механізму так і в конструкції приводу, що негативно впливає на його працездатність.

Основним елементом скіпового підйомника є скіпова лебідка. Скіпові лебідки мають великі габарити і значну кількість передавальних елементів (муфти, зубчасті передачі). Лебідка складається з електродвигунів постійного струму, сполучних зубчастих муфт, гальм, редукторів, барабана і зубчастої передачі. При цьому обертові елементи мають значні габарити. Лише тільки барабан має діаметр більше двох метрів. В ході експлуатації скіпової лебідки найбільші складності пов'язані з нерівномірним розтягненням канатів правого та лівого скипів. Навіть при наявності компенсаційних пристроїв проблема залишається, що призводить до частих зупинок.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є дослідження роботи та збільшення працездатності скіпової лебідки доменної печі.

Для досягнення поставленої у роботі мети визначені такі завдання дослідження:

- огляд основних елементів скіпової лебідки;
- аналіз науково-технічних рішень підвищення працездатності скіпової лебідки доменної печі;
- розрахунок навантажень, що діють на вузли лебідки;
- дослідження напружень у барабані скіпової лебідки.

Об'єкт дослідження – скіпова лебідка доменної печі.

Предмет дослідження – напруження у механізмах скіпової лебідки.

Методи дослідження включають комп'ютерне моделювання навантажень, що діють на елементи скіпової лебідки доменної печі.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені методи та технології дають змогу у комплексі розв'язувати проблеми підвищення працездатності скіпової лебідки.

Апробація результатів роботи.

Основні положення роботи доповідалися на науково-практичній конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» (Запоріжжя, ЗНУ, 2023 р.). Опубліковано 1 тези доповіді на тему: «Комп'ютерне проектування елементів привода скіпового підйомника».

Структура та обсяг роботи. Магістерська випускна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг роботи становить 85 сторінок, 12 таблиць, 19 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. Огляд обладнання скіпового підйомника доменної печі

1.1 Загальна характеристика обладнання скіпового підйомника

Механічне обладнання сучасного доменного цеху можна розділити на наступні групи за характером виконуваних технологічних операцій [1].

- 1) обладнання для виконання розвантажувально-навантажувальних операцій на складі і для подачі агломерату, руди і вапняку до похилого витягу - вагоноперекидач, рудний хропіння, рудний перевантажувальний вагон, вагони-хопери для агломерата, рудні бункера, вагон-ваги, транспортери;
- 2) обладнання для подачі коксу до скіпового підйомника - коксовий перевантажувальний вагон, коксові бункера, гуркіт для відсіву коксового дріб'язку, вагова воронка для коксу;
- 3) завантажувальне обладнання доменної печі - похилий скіпової підйомник, засипні пристрій;
- 4) машини та механізми для обслуговування чавунної і шлакової льоток печі - пневматичний молоток і бурильна машина, гармата для забивання чавунної лотки, шлаковий стопор;
- 5) транспортне обладнання для прибирання продуктів плавки - чавуновози і шлаковози;
- 6) обладнання подачі повітря;
- 7) пиловловлювачі (скрубери і пристрої для тонкого очищення газу входять до складу газового цеху) і механізми для випуску пилу; обладнання газопроводів
- 8) розливна машина з кантувальним пристроєм.

Розглянемо обладнання для подачі шихтових матеріалів у домену піч. В даний час застосовують два основних способи подачі шихтових матеріалів-

скіповий і конвеєрний. У першому випадку всі матеріали подають з скіпової ями бункерній естакади, а в другому з розподільних бункерів.

Скіповий підйомник - це агрегат, призначений для підйому вантажу у вертикальній площині. Основна частина підйомника - скіп. Він являє собою ємність, яка заповнюється вантажем. Ємністю може бути бункер, ківш, ящик і т. д. Скіп - пристрій саморозвантажний. Розвантаження скіпа проходить або через дно, або шляхом його перекидання.

Підйомник являє собою конструкцію, що складається з металевих напрямних, системи блоків, скіпа. На скипи встановлені ходові колеса і закріплені блоки. За допомогою системи блоків і коліс скіп переміщається по напрямних. Напрявні являють собою два швелера. Вони скріплені, поперечиною і розділені на частини. Верхня частина швелерів має відгалуження. Воно відхиляється від осі напрямних. Відгалуження також є закінченням руху скіпа. Рухаючись далі, скіп розвантажується шляхом перекидання. Треба сказати, що підйомники такого роду призначені для переміщення інертних матеріалів, наприклад, вугілля, руди і т. д.

Лебідка складається з наступних вузлів: станини, системи зубчастих передач, барабана, двох робочих гальм, двох проміжних валів, двох електродвигунів, командо-апаратів, вимикачів слабини канатів і відцентрового ртутного вимикача. Станина лебідки лита, чавунна [2].

Складається вона з чотирьох частин, з'єднаних болтами і поперечними шпонками в площинах роз'єму. Передача руху від кожного двигуна здійснюється через самостійний редуктор. Малі шестерні другої передачі зчеплені з зубчастим вінцем барабана. Шестерні першої і другої передачі лебідки знаходяться в масляних ваннах, закріплених на станинах. У робочій поверхні барабана є двоходова ліва нарізка для навивки двох паралельних канатів діаметром до 43 мм. Гальмування лебідки при робочих зупинках здійснюється двома робітниками гальмами.

Автоматика лебідки працює від колійних командо-апаратів.

Вимикачі слабини канатів встановлені під барабаном і спрацьовують при їх ослабленні. Підйом і установка лебідки масою до 80 становить значну частину роботи по монтажу.

Основними елементами скіпового підйомника (Рисунок 1.1) є: два скіпа, похилий міст, система канатів з блоками, скіпова лебідка та вантажопідйомне обладнання.

Скіпи завантажуються коксом з бункерів 12 через грохоти і вагову воронку коксу або залізородними матеріалами за допомогою конвеєра 13 і ваговій воронки 15 з затвором або вагон-вагами, а розвантажуються в прийомну лійку 4 завантажувального пристрою печі. Для повного вивантаження матеріалу з сипа кут нахилу його днища до горизонту в верхньому положенні повинен складати 45-60 градусів.

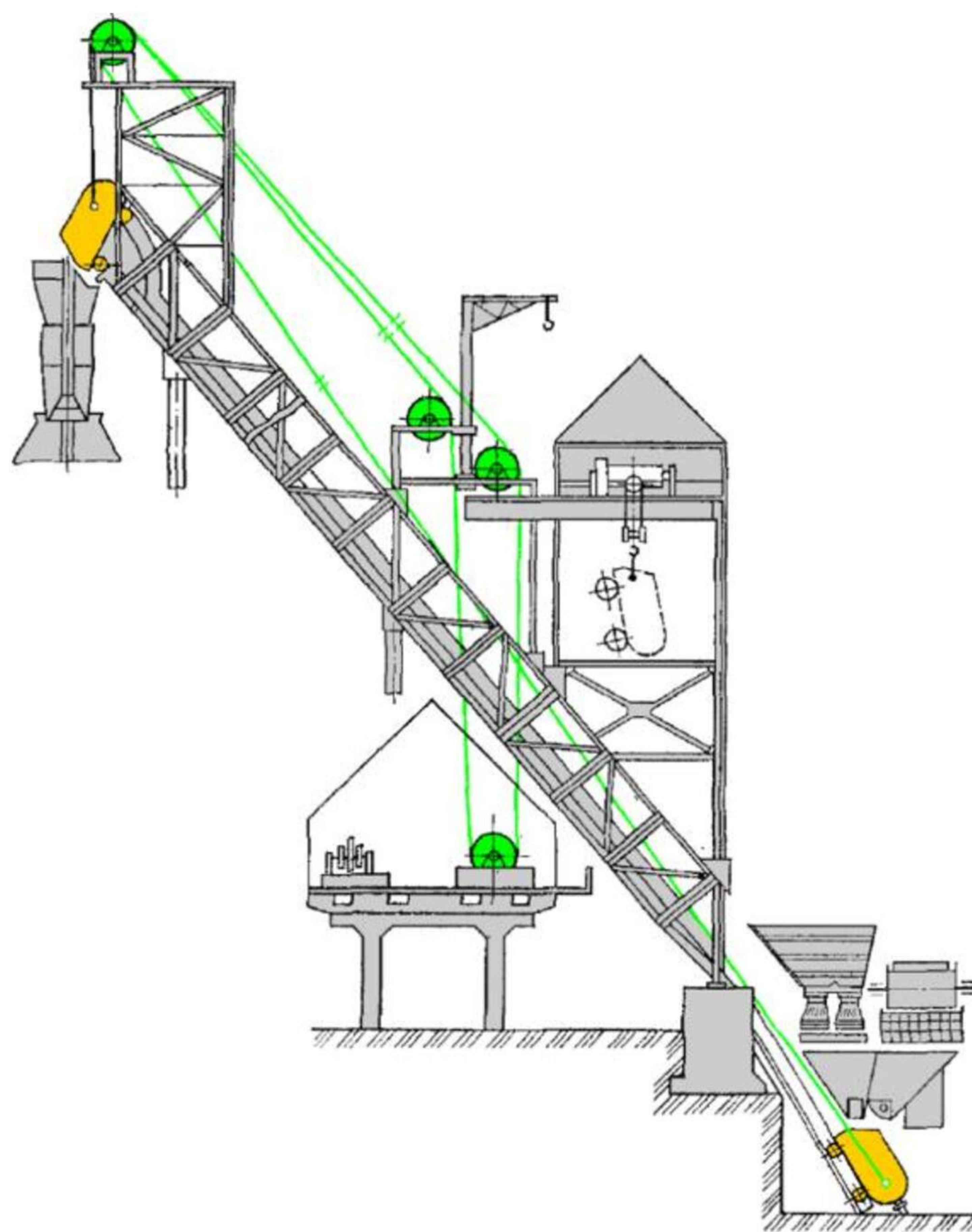


Рисунок 1.1 Скіповий підйомник доменної печі (загальний вигляд)

Крутий перегин шляху при виході скіпа з ями є недоліком багатьох існуючих доменних підйомників, так як викликає удари коліс скіпа про рейки, а з'являються при цьому пружні коливання створюють додаткові зусилля в канаті. Кут нахилу мостів приймається рівним $47-54^\circ$; кут нахилу шляху в скіповій ямі $58-61^\circ$.

Для переміщення по похилому мосту скіпи з'єднують канатами з барабаном скіпової лебідки таким чином, що забезпечується урівноваження скипів. Для виключення аварій при обриві одного з канатів, зменшення діаметра канатів і блоків кожен скіп підвішують на двох канатах. Застосовують блоки двох конструкцій з суцільнолитим ободом для двох канатів (діаметром 1800 і 2000 мм) і здвоєний, що допускає поворот шківа одного каната щодо шківа іншого (діаметром 2000 і 2500 мм). Довжина одного каната 150-180 м.

Скіпову лебідку зазвичай встановлюють під похилим мостом в машинному приміщенні. Існує кілька видів скіпових лебідок, з одним двигуном, з двома двигунами моделі С-15-180; з двома двигунами моделі С-22,5 210; з двома двигунами моделі ЛС-39-1 (рис. 1.2).

Скіпові лебідки мають великі габарити і значну кількість передавальних елементів (муфти, зубчасті передачі і т.д.). Лебідка працює в повторно-короткочасному режимі і складається з двох електродвигунів постійного струму, сполучних зубчастих муфт, гальм, загального редуктора, барабана і зубчастої передачі. Установка двох електродвигунів, крім збільшення надійності, дозволяє знизити махового моменту і момент інерції системи. На даний момент широко проводиться модернізація систем автоматичного управління скіповими лебідками доменних печей шляхом застосування сучасних перетворювальних агрегатів і безконтактних датчиків переміщення, але самі конструкції залишилися без зміни. Основними тенденціями в конструюванні сучасних підйомних механізмів є прагнення

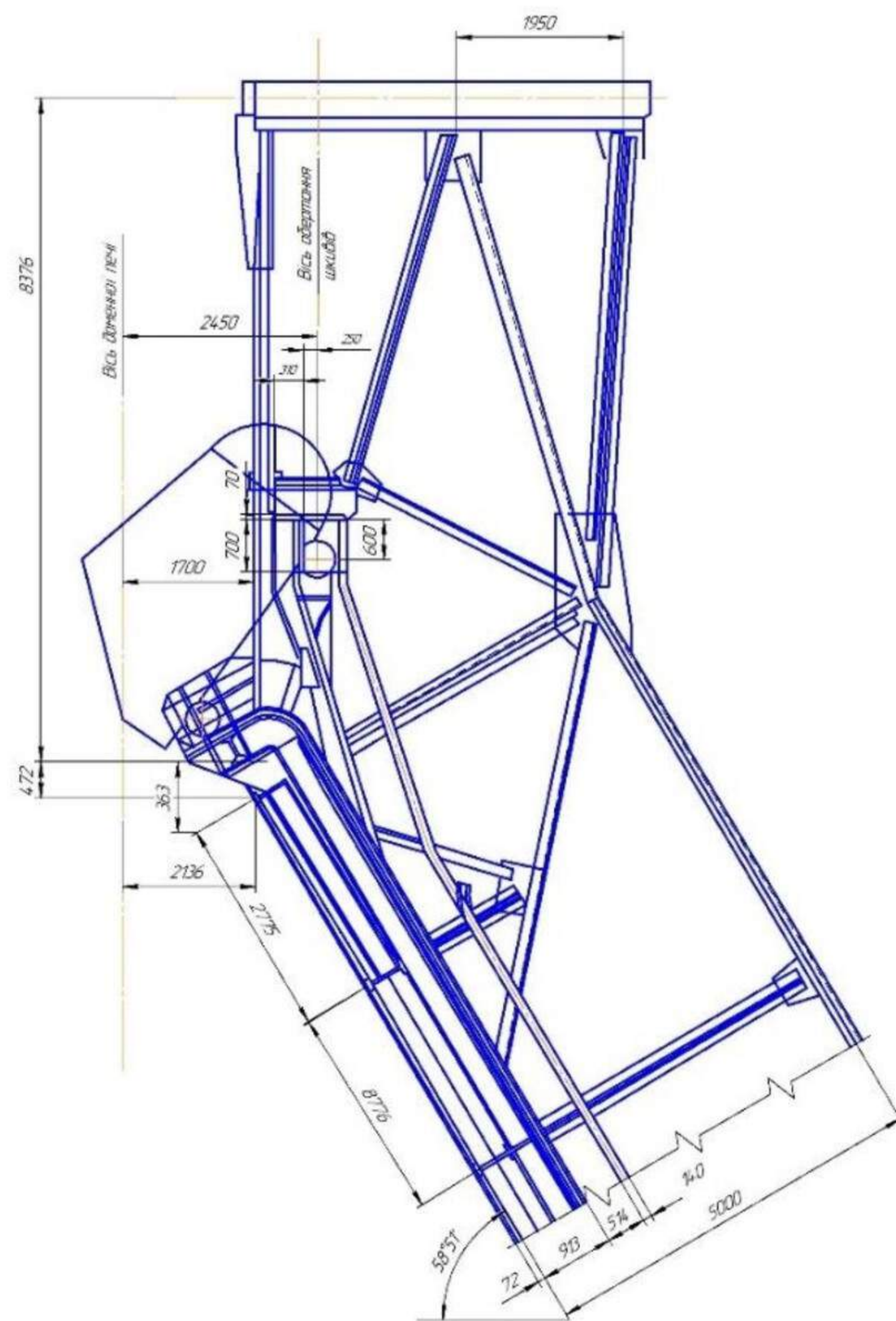


Рисунок 1.3. Розвантажувальна ділянка похилого мосту

На розвантажувальній ділянці, крім основної колії, що вигнута у верхній частині, вбудована допоміжна колія більшої ширини. Допоміжна колія розташована над основною. Передні колеса скіпа на розвантажувальній ділянці продовжують рухатись по основній колії. Задні колеса, що виконані з двома ходовими ділянками, спираються зовнішнім ободом на допоміжну колію. В результаті, скіп нахиляється та матеріал потрапляє у приймальну воронку.

Транспортуючим елементом підйомника – є скіпи. Скіп (рис.1.4) складається з кузова, передніх і задніх коліс і упряжного пристрою, до якого приєднують канати. Кузов зварюють із сталевих листів товщиною 10-12 мм. Для захисту від зносу кузов всередині футерують знімними плитами. Колеса скіпа посаджені на осі, які обертаються в роликівих підшипниках. Підшипникові вузли поміщені в герметичні трубчасті букси, закріплені на кузові.



Рисунок 1.4. Скіп доменної печі

Упряжний пристрій скіпа призначено для вирівнювання натягу канатів. Це жорстка П-подібна рама, шарнірно пов'язана з задньою частиною кузова. Компенсаційний пристрій скіпа (рис. 1.5) складається з двох трикутних важелів, шарнірно укріплених на поперечині тягового пристрою скіпа. Кожен трикутний важіль шарнірно пов'язаний також з тягою, до якої приєднана серезка з прикріпленим до неї канатом. Крім того, важелі пов'язані між собою за допомогою поперечної шарнірної тяги. При подовженні або ослабленні одного з канатів трикутні важелі 1 повертаються в протилежних напрямках, зрівнюючи цим натягу в канатах.

Запасні отвори в серезках дозволяють наближати серезки до поперечіне 2, компенсуючи цим подовження канатів на 140 і 280 мм.

З метою надання руху канатів на скиповому підйомнику встановлені шківви. Всього передбачається на типовому скиповом підйомнику три пари шківів: дві у верхній частині похилого мосту і одна в середній частині (Рисунок.1.6).

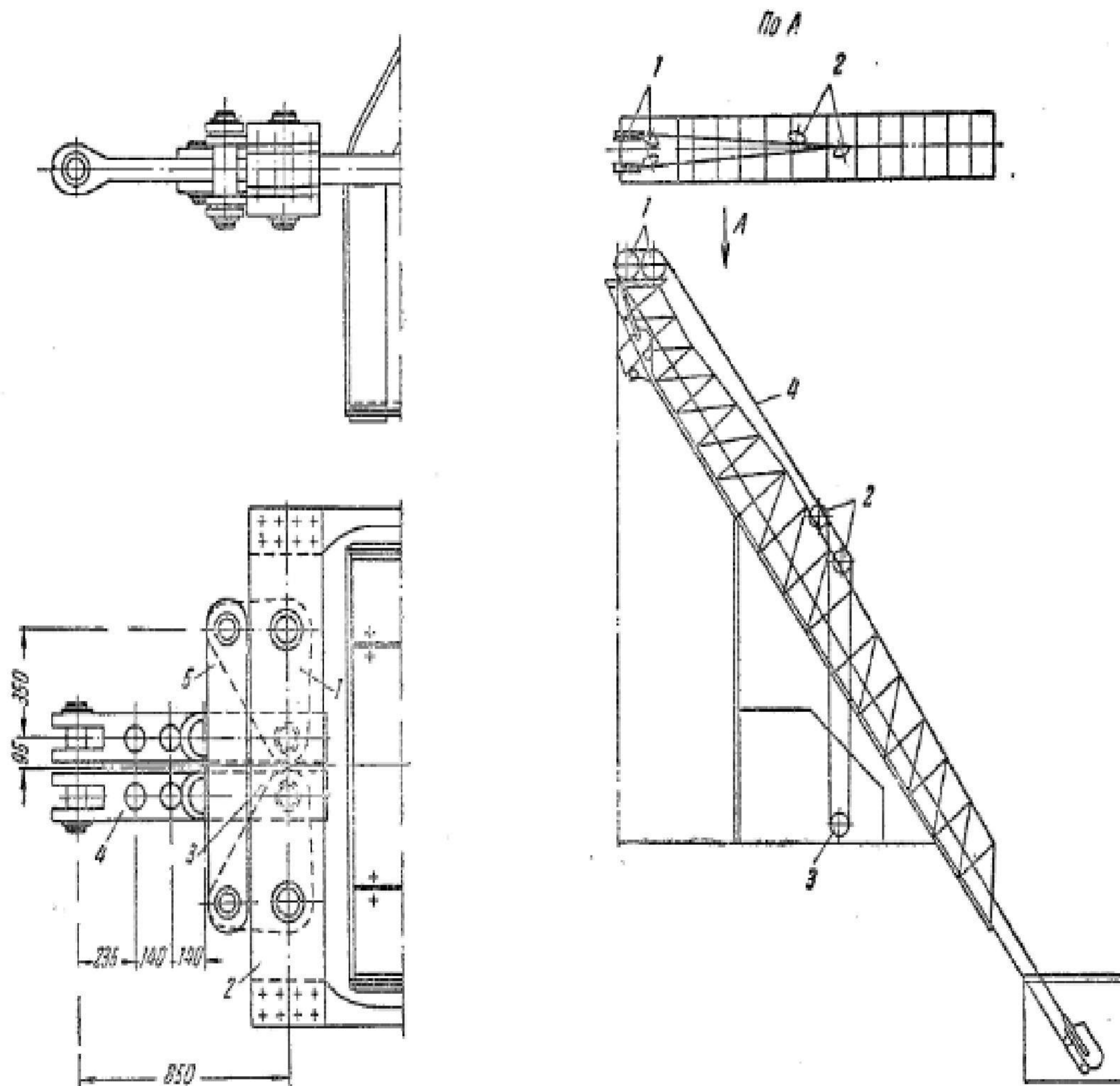


Рисунок.1.5 Вирівнюючий пристрій упряжі скіпа

Рисунок.1.6 Схема розташування шківів на похилому мосту скіпового підйомника

Осі шківів встановлюють на роликотідшипниках. Направляючий шків важить близько 1,9 т.

1.2 Технологічний процес роботи та класифікація скіпових лебідок

Лебідка скіпова призначена для підйому похилому мосту скіпів з шихтовими матеріалами зі скіпової ями до пристрою доменної печі. Встановлюється у будівлі колошникового підйомника.

Технологічний процес підйому рудних матеріалів на колошнік доменної печі за допомогою скіпового підйомника включає наступні технологічні операції. Скіпи підвішені на кінцях канатів лебідки. Два канати від кожного скіпу проходять через три напрямних шківів. Коли один із скіпів, наприклад, правий (якщо дивитися з скіпової ями на піч), знаходиться в скіповій ямі, другий (лівий) в це час знаходиться на колошнику в перекинутому положенні. Якщо крутити лебідку за годинниковою стрілкою ("вперед"), то права гілка канатів буде намотуватись, а ліва змотуватись. Скіпи почнуть рухатися, і коли правий скіп досягне крайнього становища на колошнику, лівий опуститься в скипову яму і стане на навантаження. Після завантаження скіпу лебідка запускається у зворотному напрямку ("назад"), і лівий скіп піднімається на колошник, а правий опуститься в скипову яму. Для вивантаження шихти зі скіпу в приймальну лійку у верхній частині моста паралельно двом основним вигнутим донизу рейкам укладають з них зовнішній сторони два відрізки допоміжних рейок. На початку допоміжні розвантажувальні рейки укладені в одній площині з основними, потім піднімаються нагору над ними. Коли скіп досягає розвантажувального шляху, передні ковзанки скіпу проходять основним шляхом; задні катки скіпу, що мають по два ободи, які розташовані по обидва сторони зовнішньої реборди, що переміщаються своїми зовнішніми ободами по допоміжний шлях. Задній торець кузова скіпу при цьому піднімається, і матеріал висипається в приймальну вирву. Порожній скіп опускається вниз, переходячи на основний рейковий шлях під впливом своєї ваги. Режим

роботи лебідки реверсивний. Як і для будь-якого витягу і механізму, графік руху i , a , $L = f(t)$ повинен бути розглянутий для трьох ділянок: прискорення, рівномірного руху та гальмування. При цьому враховуємо наступні характерні особливості роботи скіпової лебідки. Повернення порожнього скіпу з перекинутого положення на прямолінійний ділянка шляху здійснюється за рахунок його власної ваги, тому швидкість канатів та лебідки повинна відповідати швидкості опускання скіпу. У в іншому випадку, при більшій швидкості лебідки, можливе послаблення гілки канатів, що змотується, і наступні небажані поштовхи, здатні перекинути скіп або обірвати канати. Швидкість при виході з розвантажувальної ділянки фактично становить 1.5-2.5 м/сек. При підході вантажного скіпу до розвантажувальної криволінійної ділянки шляху швидкість має бути знижена до 1-1.5 м/сек. При цьому відбувається вимкнення двигуна з накладенням механічних гальм та фіксована зупинка лебідки в крайньому положенні скіпу, що розвантажуються.

Класифікація скіпових лебідок проводиться за вантажопідйомністю та характеристиками привода.

За кількістю двигунів скіпові лебідки поділяють на лебідки з одним та двома електродвигунами. Останні поділяються на лебідки з об'єднаним редуктором та лебідки з окремими редукторами.

Скіпова лебідка з одним електродвигуном представлена на рис. 1.8. Лебідка включає наступні елементи: електродвигун 1, робоче гальмо 2, шевронні передачі 3 і 4, барабан 5, аварійне гальмо 6, вимикачі: аварійний 7, робочий 8, відцентровий 9. Наявність складної системи управління вказує на необхідність забезпечення роботи лебідки у повторно-короткочасному режимі.

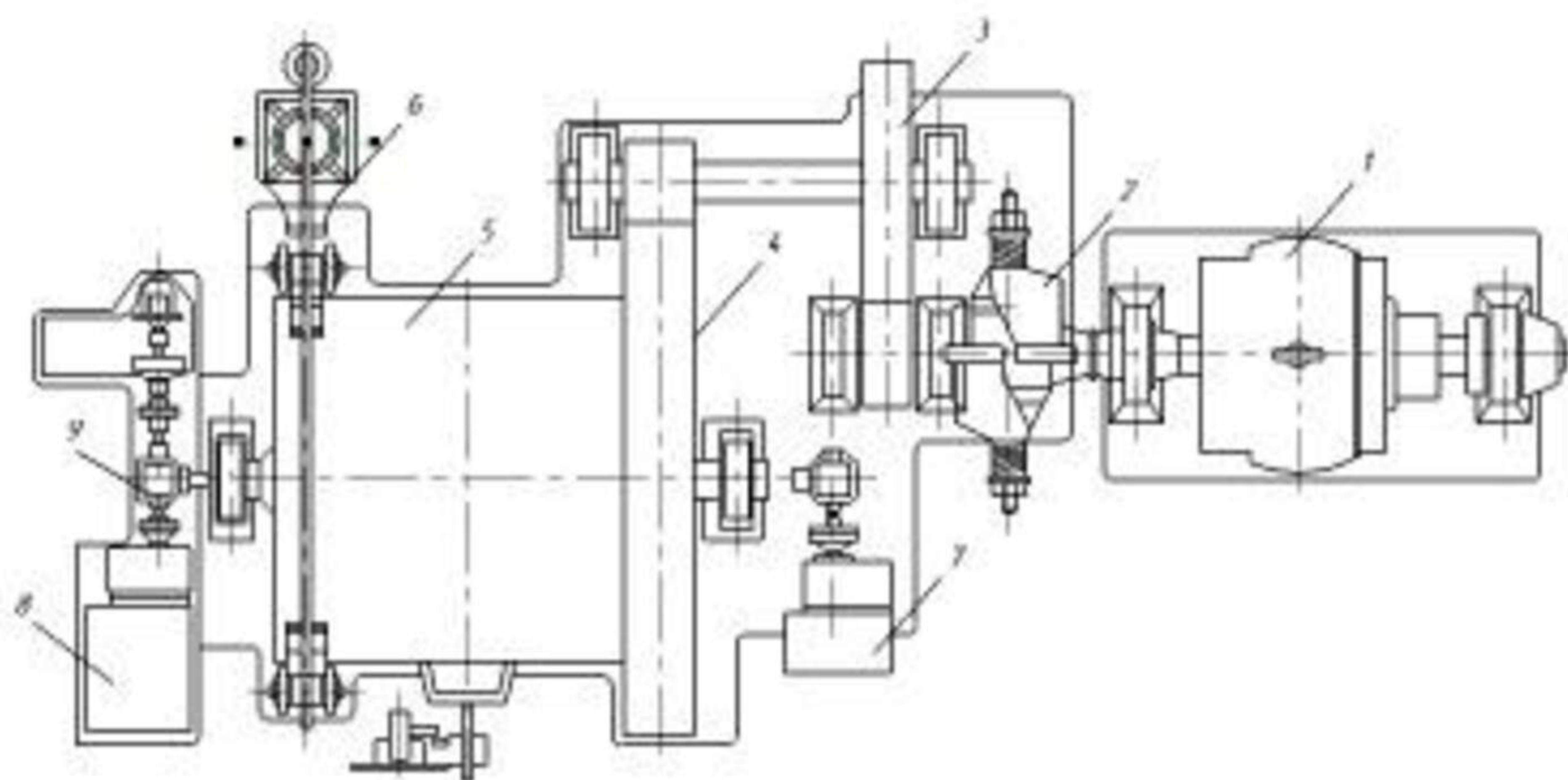


Рисунок 1.7 Схема скіпової лебідки з одним електродвигуном

Для підвищення надійності технологічного режиму завантаження було розроблено скіпові лебідки з двома електродвигунами [2, 3]. Основними вузлами лебідки С-15-180 конструкції УЗТМ (рисунок 1.9), що використовується на доменних печах об'ємом 1000 м^3 є двигуни 1, зубчасті муфти 2, робочі гальма 3, редуктор 4, зубчаста передача 10. Вузли змонтовані на станині 12. Лебідка забезпечена апаратурою управління та захисту – вимикач слабини канатів 11, відцентровий 9, колії 8 та 5. Двигуни постійного струму, керовані за схемою Г-Д, забезпечують зупинку скіпу з точністю до 25 мм.

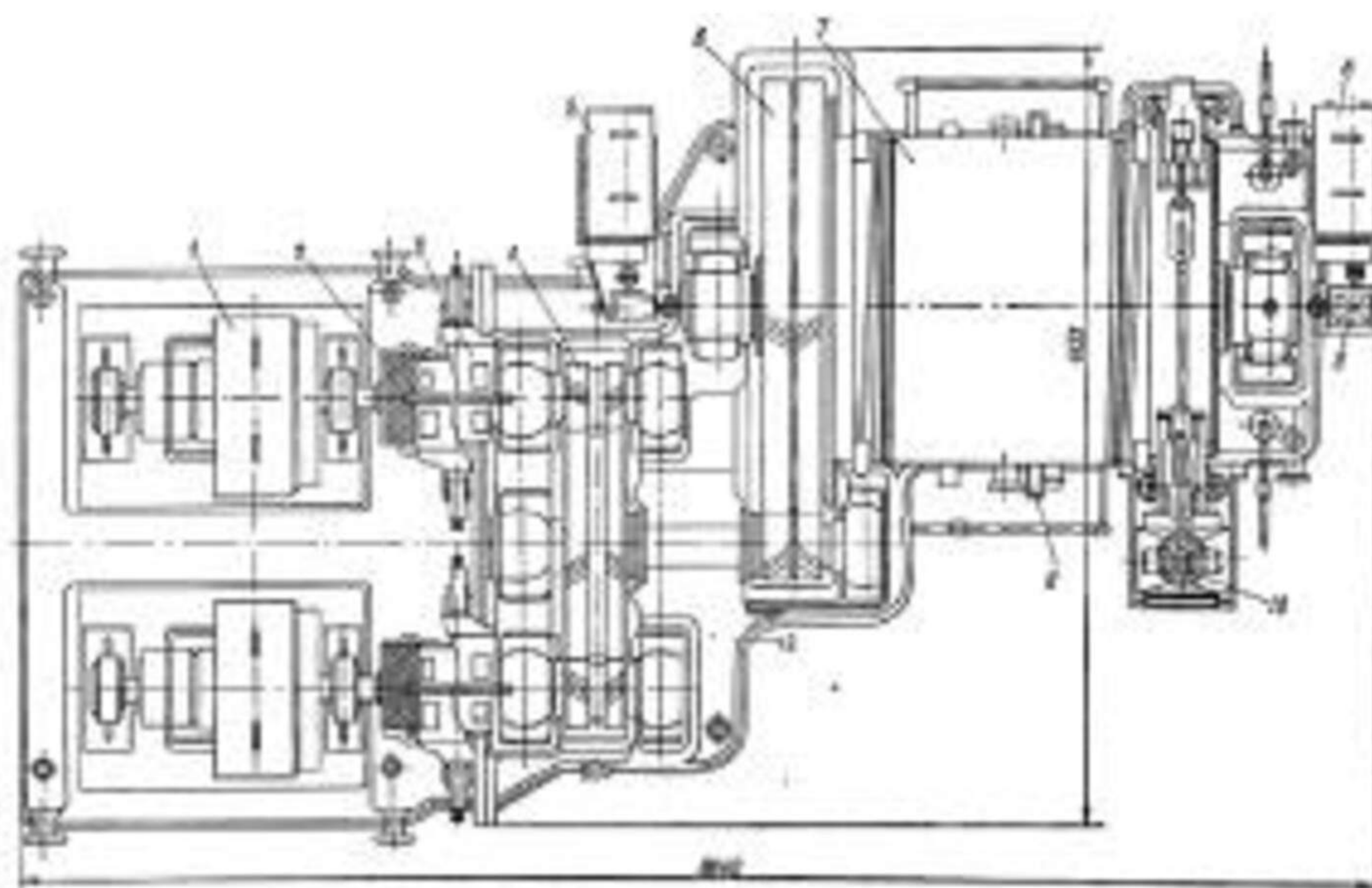


Рисунок 1.8 Схема скіпової лебідки С-15-180 УЗТМ з двома електродвигунами та об'єднаним редуктором

ПАТ "Азовмаш" (Україна) випускає лебідки наступних типів: ЛС-15, ЛС-22,5, ЛС-29 [4].

Таблиця 1.1 Характеристика скіпових лебідок виробництва ПАТ "Азовмаш"

Модель	ЛС-15	ЛС-22,5	ЛС-29
Вага рудних матеріалів, т	15	22,5	29
Вантажопідйомність, т	19	25	41,43
Діаметр каната, мм	39	43,5	47,5
Діаметр барабана, мм	2000	2000	2000
Габаритні розміри, мм			
- довжина	8425	8640	8770
- ширина	5000	6050	6145
висота	3000	3175	3180
Маса, т	72	76	92

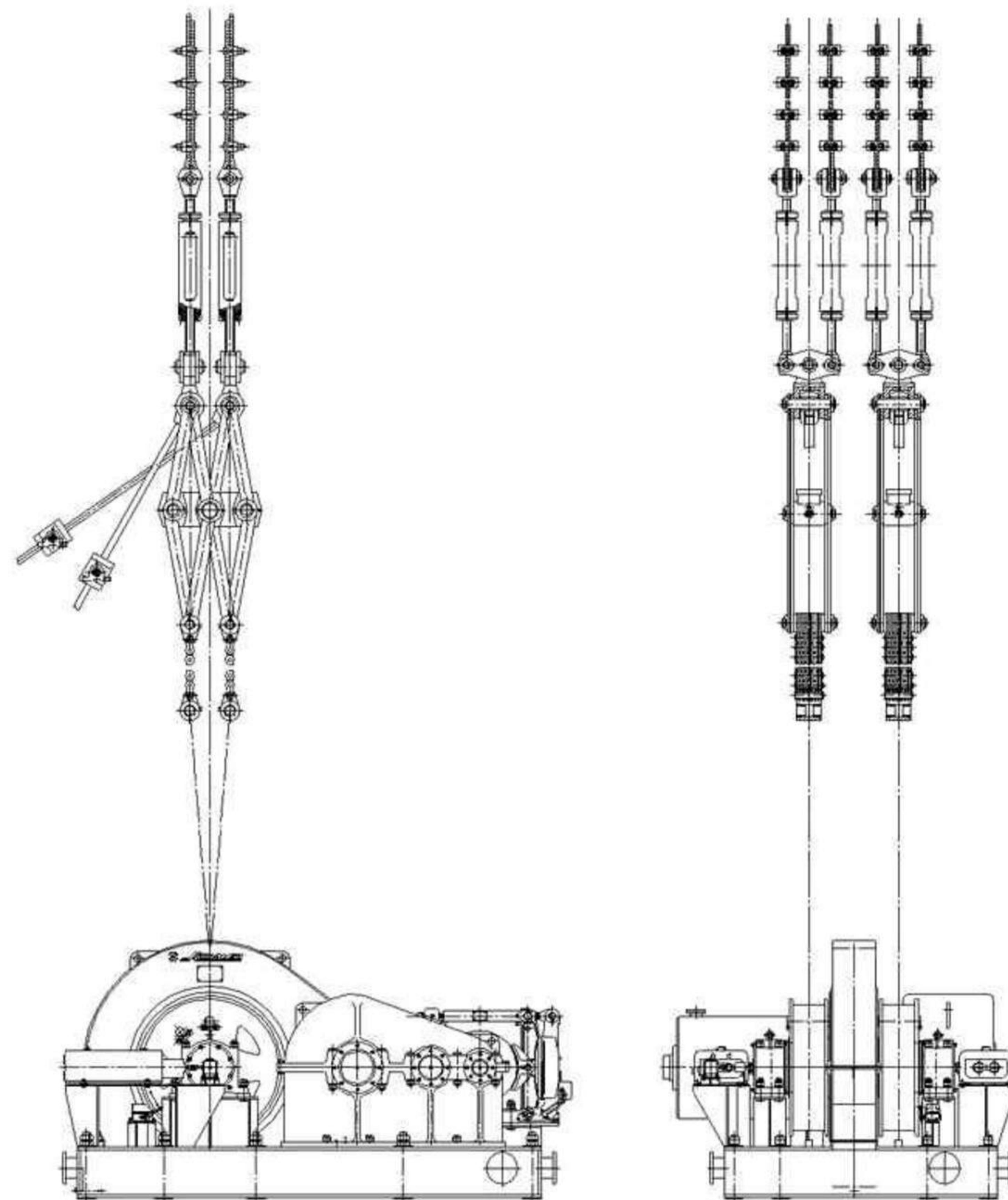
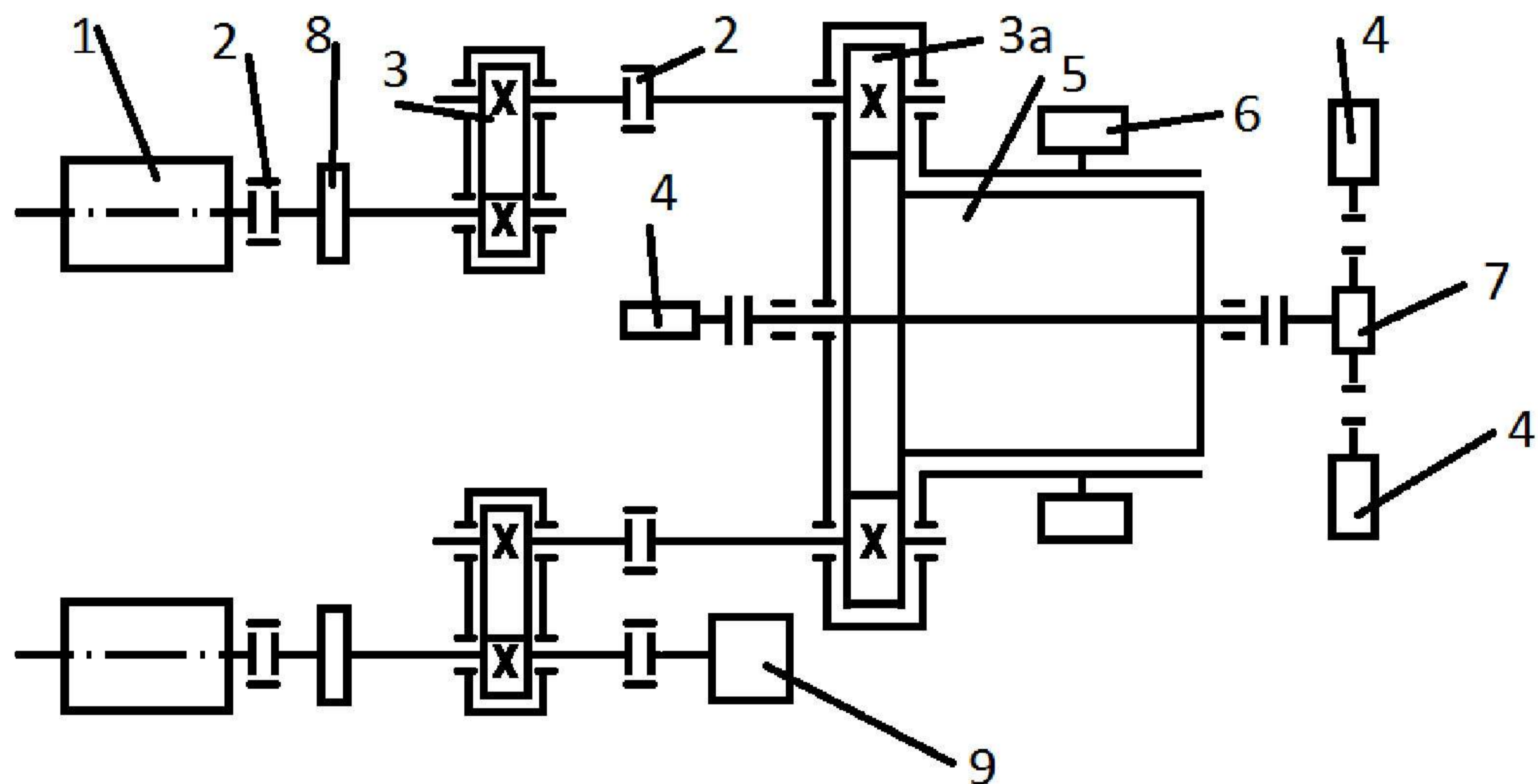


Рисунок 1.9 Лебідка скіпова виробництва ПАТ "Азовмаш"

До більш надійних конструкцій відносяться скіпові лебідки С1-22.5-210.

Таблиця 1.2 Характеристика скіпової лебідки С1-22.5-210

Марка	Вантажо підйомні сть		Об'єм скіпа м ³	Швидкість м / хв	Канат		Діаметр барабана, мм	Передаточне число	Електродвигуни				
	нормальна	максимальна			діаметр, мм	довжина, м			система приводу	мар ка	Потужність, кВт	число обертів в хвилину	Кількість
С1- 22. 5- 210	22.5	25	10	240	43.5	95	2000	18.6	Генерат ор - двигун	ДП 74 – 34 - 6	26 0	500 - 700	2



1 – двигун; 2 – зубчаста муфта; 3 – редуктор; 3а – зубчаста передача; 4 – командоапарат; 5 – барабан; 6 – вимикач слабину канату; 7 – ричажний вимикач.

Рисунок 1.10 Кінематична схема приводу лебідки з двома електродвигунами та окремими редукторами

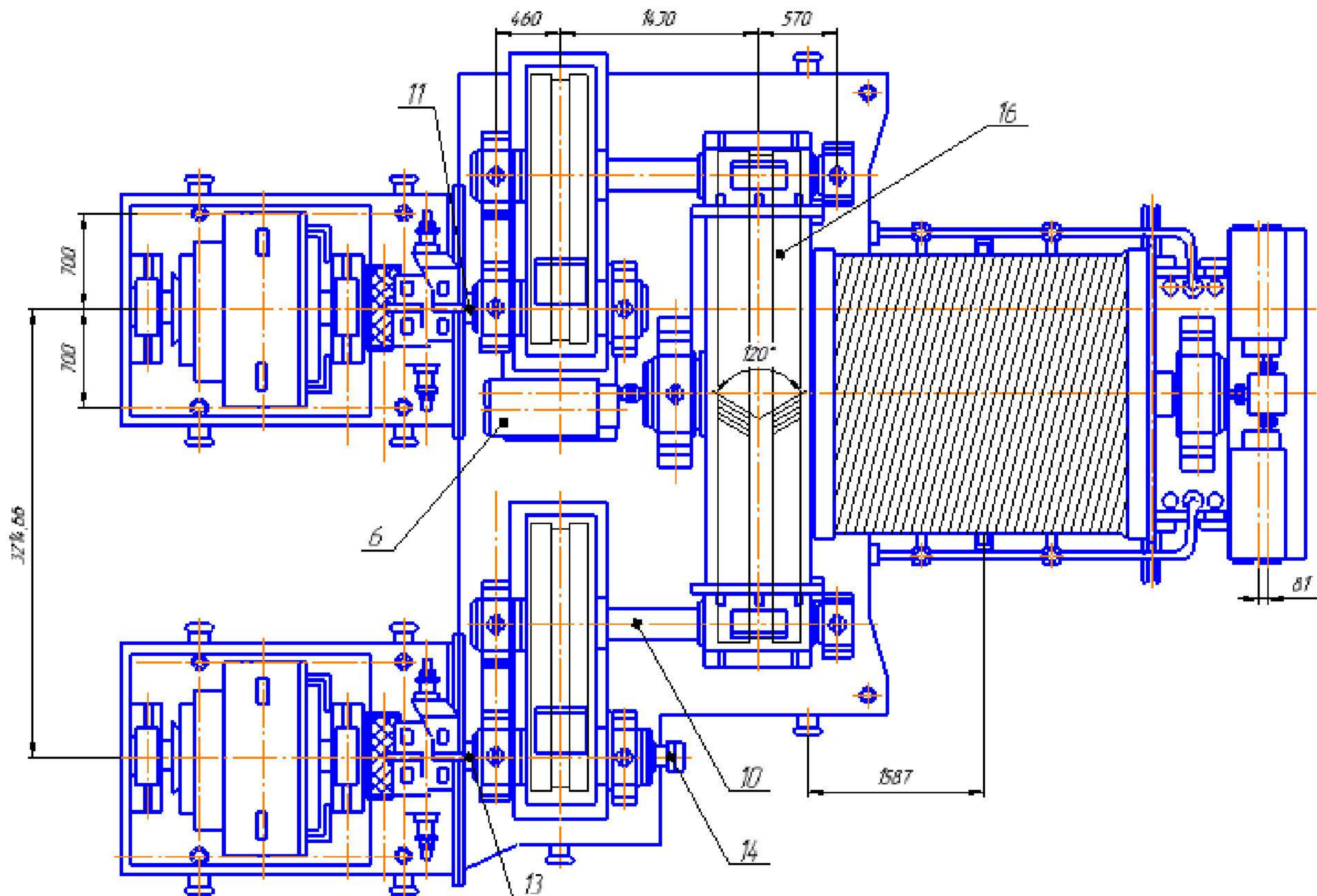


Рисунок 1.11 Скіпова лебідка С1-22.5-210

Як видно на рисунку 1.10, у лебідки є два електродвигуни з незалежними передачами від кожного двигуна до барабану. Гальмівна система складається з двох робочих більш потужних гальм. Аварійні ж гальма виключені.

Аналіз показав, що найбільші складності під час експлуатації скіпової лебідки пов'язані з нерівномірним розтягненням канатів правого та лівого скипів. Навіть при наявності компенсаційних пристроїв проблема залишається, що призводить до частих зупинок.

В подальших розділах проведено розрахунок та дослідження привода скіпової лебідки, навантажень діючих на барабан.

2. Розрахунок скіпової лебідки доменної печі

2.1 Розрахунок зусилля в канатах лебідки

Час пересування скіпів (підйом навантаженого скіпа з одночасним опусканням іншого порожнього) може бути визначений з графіка швидкостей канатів, який обумовлений особливостями руху скіпів на розвантажувальній ділянці моста.

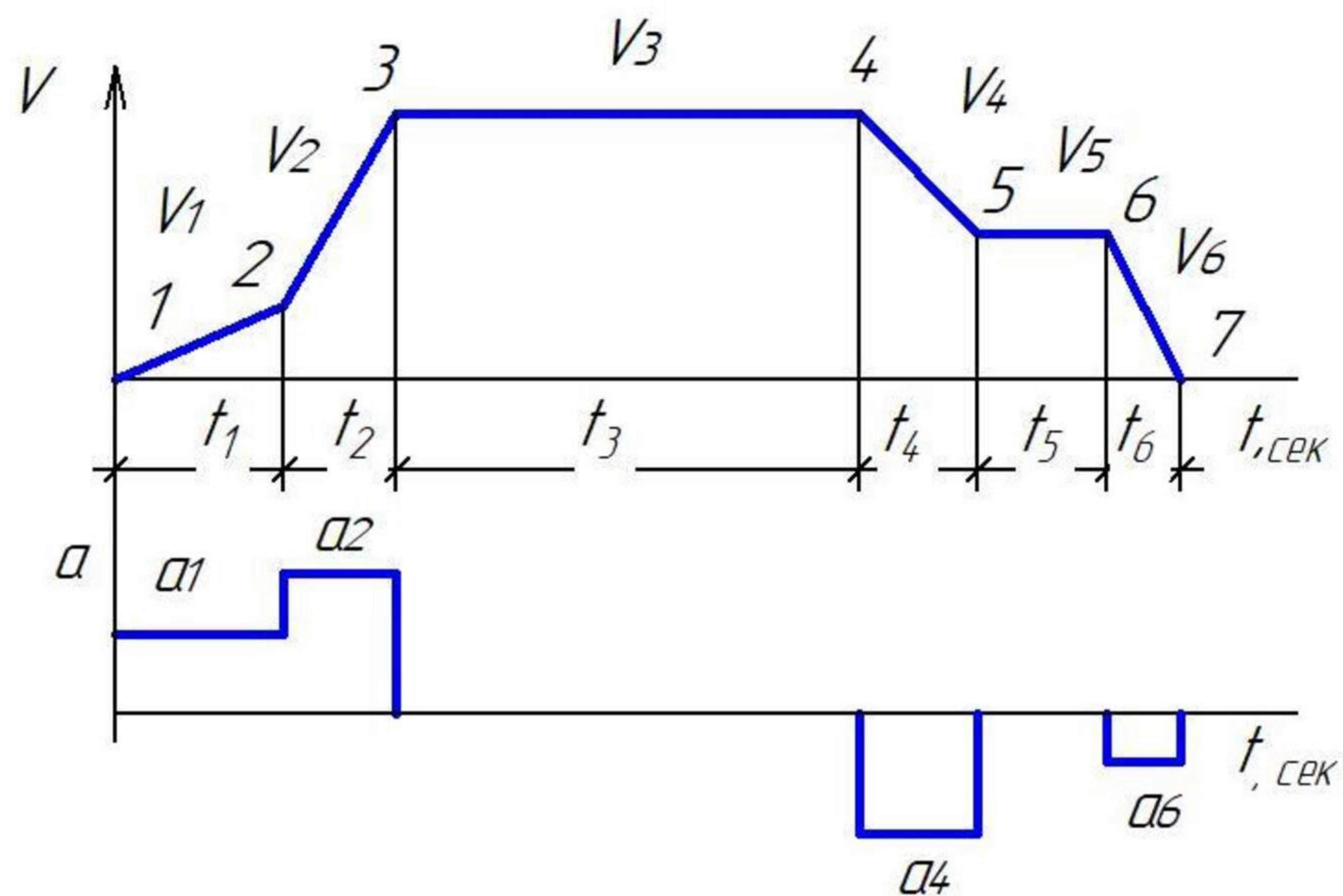


Рисунок 2.1 Графік швидкостей та прискорень скіпа

Таблиця 2.1 Параметри графіку швидкостей та прискорень

Ділянка графіка швидкостей	Тривалість періодів графіка швидкостей, с	Швидкість каната скіпа в кінці періоду графіка, м / с	Довжина навитого на барабан або звитого з нього каната	
			на окремій ділянці графіка швидкостей, м	за час від початку руху до даного моменту, м
t_1	2,50	0,78	0	0
t_2	5,37	4,00	1,00	1,00
t_3	15,1	4,00	12,84	13,84
t_4	5,00	1,00	60,29	74,13
t_5	1,12	1,00	12,50	86,63
t_6	2,50	0	1,12	87,75

У таблиці 2.1 вказані дані швидкостей і часу, а так само значення намотаного на барабан каната, в залежності від графіка швидкостей і прискорення при русі скіпа, шляхи скіпа і моментів $M_{ст}$, $M_{дин}$, M_{Σ} , на барабан скіпової лебідки в функції часу для скіпового підйомника доменної печі.

Повний час перегону скіпа згідно з рисунком 2.1

$$t_{\ell} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \quad (2.1)$$

де t_{ℓ} -час перегону скіпа;

t_1 -перший період розгону скіпа;

t_2 -другий період часу;

t_3 -третій період часу;

t_4 -четвертий період часу;

t_5 -п'ятий період часу;

t_6 -шостий період часу.

$$t_{\ell} = 2,58 + 5,37 + 15,1 + 5 + 1,12 + 2,5 = 31,67 \approx 32 \text{сек.}$$

Статичне зусилля при підйомі навантаженого скіпа залізородною частиною.

При підйомі навантаженого скіпа на ділянці в скіповій ямі:

$$P_{\text{бг(ж)}} = (G_{\text{ж}} + G_{\text{с}}) \frac{\sin \alpha_2 + \cos \alpha_2}{\cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \omega \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)} (1 + 2c) + \quad (2.2)$$

$$+ 2g [\sin \alpha \cdot (l_4 - l_{34}) - l_{56}] - 2gl_i \sin \alpha,$$

$$P_{\text{бг(ж)}} = 476,4864 - 0,1883l_i$$

Згідно таблиці 2.1. скіп в періоди t_1 і t_2 знаходиться на ділянці скіпової ями. Підставляючи відповідні значення l_i , рівні 0,1, отримаємо:

$$P_{\text{бг(ж)1}} = 476,4864 - 0,1883 \times 0 = 476,4864 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бг(ж)2}} = 476,4864 - 0,1883 \times 1 = 476,2981 \text{ кН.}$$

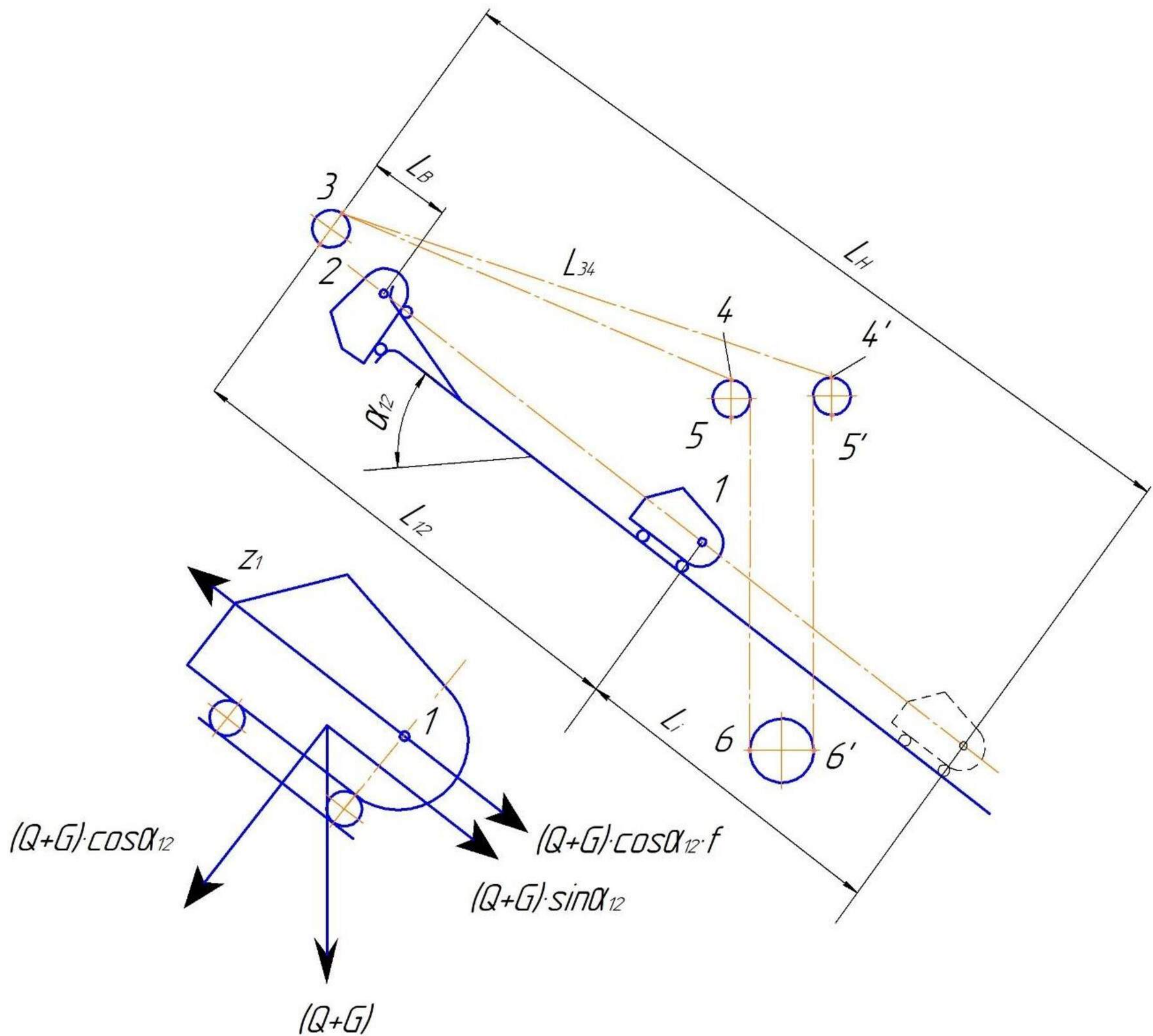


Рисунок 2.2. Розрахункова схема скіпового підйомника

При русі скіпа по похилому мосту в періоди t_3, t_4, t_5 .

Підставляємо відповідні значення часу з таблиці 2.1.

$$P_{\text{бг(ж)3,4,5}} = (3,57 + 186,55) (\sin 48^\circ + 0,02 \cos 48^\circ) (1 + 2 \times 0,03) + 2 \times 0,187$$

$$[(95,5 - 33) \sin 48^\circ - 37,4] - 2 \times 0,1087 \times l_i \sin 48^\circ;$$

$$P_{\text{бг(ж)3}} = 474,7609 - 0,1755 \times 13,84 = 472,3 \text{кН};$$

$$P_{\text{бг(ж)4}} = 474,7609 - 0,1755 \times 74,13 = 461,7511 \text{кН};$$

$$P_{\text{бг(ж)5}} = 474,7609 - 0,1755 \times 86,63 = 459,5573 \text{кН}.$$

При русі скіпа в періоди t_5 і t_6 він знаходиться на розвантажувальній ділянці:

$$P_{\text{бг(ж) 6,7}} = 0,66G_c(1 + 2c) + 2g[(l_{12} - l_{34})\sin\alpha_2 - l_{56}] - 2gl_i\sin\alpha; \quad (2.3)$$

$$P_{\text{бг(ж) 6,7}} = 133,3485 - 0,1755 l_i.$$

Підставляючи дані з таблиці 2.2 знаходимо:

$$P_{\text{бг(ж)6}} = 133,3485 - 0,1755 \times 87,75 = 117,9484 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бг(ж)7}} = 133,3485 - 0,1755 \times 89 = 117,729 \text{ кН}.$$

Статична посилення при підйомі навантаженого скіпа коксом.

При підйомі скіпа на ділянці скіпової ями.

$$P_{\text{бг(кокс)}} = (G_{\text{м}} + G_{\text{с}}) \frac{\sin \alpha + \omega \cos \alpha}{\cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \omega \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)} (1 + 2c) + 2g[\sin \alpha_2 \cdot (l_{12} - l_{34}) - l_{56}] - 2gl_i \sin \alpha_1, \quad (2.4)$$

$$P_{\text{бг(к)1,2}} = 232,0667 - 0,1833l_i;$$

$$P_{\text{бг(к)1}} = 232,0667 - 0,1833 \times 0 = 232,0667 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бг(к)2}} = 232,0,667 - 0,1833 \times 1 = 232,8784 \text{ кН};$$

Під час руху скіпа по похилому мосту в періоди t_3, t_4, t_5 .

$$P_{\text{бг(к)3,4,5}} = (G_{\text{м}} + G_{\text{с}})(t \cdot \sin \alpha_2 + \omega \cos \alpha_2)(1 + 2c) + 2g[\sin \alpha (\alpha_{12} - \alpha_{34}) - \alpha_{56} - 2gl_i \sin \alpha];$$

$$P_{\text{бг(к)3}} = 231,2302 - 0,1755 \times 1384 = 228,1013 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бг(к)4}} = 231,2302 - 0,1755 \times 74,13 = 218,22 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бг(к)5}} = 231,2302 - 0,1755 \times 86,03 = 216,0266 \text{ кН}.$$

При русі навантаженого скіпа в періоди t_5-t_7 , він знаходиться на розвантажувальній ділянці

$$P_{\text{бг(к)6,7}} = 0,66(1 + 2c) + 2g[\sin \alpha (\alpha_{12} - \alpha_{34}) - \alpha_{56} - 2gl_i \sin \alpha] \quad (2.5)$$

$$P_{\text{бг(к)6,7}} = 133,3485 - 0,1756l_i;$$

$$P_{\text{бг(к)6,7}} = 133,3485 - 0,1756l_i;$$

$$P_{\text{бг(к)6}} = 133,3485 - 0,1756 \times 87,75 = 117,948 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бг(к)7}} = 133,3485 - 0,1756 \times 87 = 117,729 \text{ кН}.$$

Статичне зусилля в канаті при опусканні порожнього скіпа.

При опусканні скіпа на початку періодів t_1 і t_2 він починає рух на розвантажувальних кривих. Статичне зусилля можна визначити за формулою.

$$P_{\text{бп}} = 0,66G_{\text{с}}(1 - 2c) + 2g[(l_6 - l_{34}) \sin \alpha - l_{56}] + 2gl_i \sin \alpha \quad (2.6)$$

де $P_{\text{бп}}$ - статичне зусилля в канатах у барабана при опусканні порожнього скіпа.

$$P_{\text{бп } 1,2} = 0,66 \times 110 \times 0,94 + 2 \times 0,1087[(6,5 - 33)\sin 64^\circ - 37,4] + 2 \times 0,1087l_i \sin 64^\circ;$$

$$P_{\text{бп } 1,2} = 54,9 + 0,1755l_i;$$

$$P_{\text{бп } 1} = 54,9 + 0,1755 \times 0,55,3 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 2} = 54,9 + 0,1755 \times 1 = 55,11 \text{ кН}.$$

При опусканні скіпа на прямій ділянці, зусилля необхідно визначити за формулою:

$$P_{\text{бп } 3,4,5} = G_c(\sin \alpha - \omega \cos \alpha)(1 - 2c) + 2g[(l_{13} - l_{34})\sin \alpha - l_{56}] \times 2gl_i \sin \alpha \quad (2.7)$$

$$P_{\text{бп } 3,4,5} = 126,7099 + 0,1755l_i;$$

$$P_{\text{бп } 3} = 126,7099 + 0,1755 \times 13,84 = 129,1388 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 4} = 126,7099 + 0,1755 \times 74,13 = 139,7197 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 5} = 126,7099 + 0,1755 \times 86,63 = 141,4135 \text{ кН}.$$

Таблиця 2.2 Значення статичних зусиль в канатах скіпового підйомника

Період и руху скіпа	Вузлові точки графіка швидкостей	Довжина намотаног о каната	Зусилля в канатах у барабана, кН		
			Скіп з зал./рудн. частиною	Скіп з коксом	Порожній скіп
t ₁	1	0	476,48	232,0	54,9
	2	1	476,29	231,8	55,11
t ₂	3	13,84	472,332	228,8	129,138
t ₃	4	74,13	461,75	218,2	134,719
t ₄	5	86,53	459,55	216,0	141,913
t ₅	6	87,75	117,94	117,9	144,913
t ₆	7	89	117,724	117,7	144,585

При опусканні скіпа на ділянці скіпової ями.

$$P_{\text{бп}} = G_c \frac{\sin \alpha_2 - \omega \cos \alpha_2}{\cos(\alpha_1 - \alpha_2) - \omega \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)} (1 - 2c) + 2g[\sin \alpha \cdot (l_{12} - l_{34}) - l_{56}] - 2gl_i \sin \alpha, \quad (2.8)$$

$$P_{\text{бп } 6,7} = 127,8265 + 0,1883li;$$

$$P_{\text{бп } 6} = 127,8265 + 0,1883 \times 87,75 + 144,3497 \text{ кН};$$

$$P_{\text{бп } 7} = 127,8265 + 0,1883 \times 87 = 144,5852 \text{ кН}.$$

Всі отримані дані $P_{\text{бг(ж)}i}$, $P_{\text{бг(ж)}i}$, $P_{\text{бп}i}$ заносимо в таблицю 2.2.

2.2 Розрахунок потужності привода скіпової лебідки

На підставі даних отриманих в дослідницькій частині проводимо розрахунок потужності скіпової лебідки

Визначення статичного моменту на барабані лебідки.

Статичний момент на барабані лебідки (для будь-яких положень скіпів) знаходимо за формулою:

$$M_{\text{б}i} = (P_{\text{бг}i} - P_{\text{бп}i}) \frac{D_{\text{б}}}{2} \quad (2.9)$$

де $M_{\text{б}i}$ - статичний момент на барабані;

$D_{\text{б}}$ - діаметр барабана (приймаємо $D_{\text{б}} = 2,4 \text{ м}$).

Статичний момент на барабані при підйомі залізорудної частини.

$$M_{\text{б(ж)}1} = (476,4864 - 55,3) \frac{2,4}{2} = 448,2389 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)}2} = (476,2964 - 103,1294) \frac{2,4}{2} = 447,8093 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)}3} = (472,332 - 129,1388) \frac{2,4}{2} = 411,8318 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)}4} = (461,7511 - 139,7197) \frac{2,4}{2} = 386,4377 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)}5} = (459,5573 - 141,9135) \frac{2,4}{2} = 381,1726 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)}6} = (117,9484 - 144,9135) \frac{2,4}{2} = 32,3581 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{б(ж)}7} = (117,929 - 144,5852) \frac{2,4}{2} = 32,2274 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент на барабані лебідки при підйомі коксу.

$$M_{\text{б(к)}1} = (232,0667 - 55,3) \frac{2,4}{2} = 154,9352 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\delta((к)2)}=(231,8784-103,1295)\frac{2,4}{2}=154,4987 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\delta((к)3)}=(228,8013-129,1388)\frac{2,4}{2}=119,595 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\delta((к)4)}=(218,2204-139,7197)\frac{2,4}{2}=94,9357 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\delta((к)5)}=(216,0266-141,9135)\frac{2,4}{2}=88,9357 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\delta((к)6)}=(117,9484-144,9135)\frac{2,4}{2}=-32,3581 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\delta((к)7)}=(117,729-144,5852)\frac{2,4}{2}=-32,2274 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Статичний момент на валу двигуна.

$$M_{\text{д.в. ст. } i} = M \sum_i / Z * U * \eta \quad (2.10)$$

де $M_{\text{д.в. ст.}}$ - статичний момент на валу двигуна;

Z - число двигунів (приймаємо $Z=2$);

U - загальне передавальне число ($U=30,3599$);

η - ККД лебідки ($\eta=0,73$).

$$M_{\text{д.в.}(ж) \text{ ст}1} = 448,2389/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 10,1124 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(ж) \text{ ст}2} = 447,8093/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 10,1026 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(ж) \text{ ст}3} = 411,8318/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 9,2911 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(ж) \text{ ст}4} = 386,4377/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 8,7182 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(ж) \text{ ст}5} = 8,5994 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(ж) \text{ ст}6} = -0,73 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(ж) \text{ ст}7} = -0,73 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Статичний момент на валу двигуна при підйомі коксу.

$$M_{\text{д.в.}(к) \text{ ст}1} = 154,9352/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 3,4945 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(к) \text{ ст}2} = 154,4981/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 3,4855 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(к) \text{ ст}3} = 119,595/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 2,698 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(к) \text{ ст}4} = 94,9357/2 \times 30,3599 \times 0,73 = 2,1252 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(к) \text{ ст}5} = 2,0064 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{д.в.}(к) \text{ ст}6} = -0,73 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{д.в.(к) ст7} = -0,73 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Для роботи динамічних моментів необхідно мати дані про момент інтеграції мас ротора двигуна, тому підберемо на початку двигун по статичному навантаженню.

Попередньо потужність двигуна знаходимо за формулою:

$$P_{дв.пр.} = \frac{M_{бі} \cdot v_m}{0,5 \cdot D \cdot z} \quad (2.11)$$

де $M_{бі}$ - момент на барабані при максимальному навантаженні (приймаємо $M_{бі} = 448,2389 \text{ кН} \cdot \text{м}$);

v_m - максимальна швидкість руху скіпа ($v_m = 4 \text{ м/с}$).

$$P_{дв.пр.} = \frac{448,2389 \cdot 4}{0,5 \cdot 2,4 \cdot 2} = 746 \text{ кВт}.$$

Попередньо обираємо електродвигун 4П-450-38-800-У3 потужністю $P = 800 \text{ кВт}$ частота обертів $n_{ном} / n_{max} = 500 / 1000$ хв-1 $M_{ном} = 7,64 \text{ кНм}$ $J_p = 52 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ [7]

В період прискорень та уповільнення t_1, t_2, t_3, t_4, t_6 на валу одного електродвигуна виникає динамічний момент:

$$M_{дв.дин.} = J_{пр} \cdot \varepsilon_i \quad (2.12)$$

де $J_{пр}$ – загальний момент інерції приведений до валу електродвигуна;

ε_i – кутове прискорення на валу електродвигуна.

$$\varepsilon_i = \frac{2 \cdot a_i}{D_6 \cdot i}, \text{ м/с}^2$$

де a_i – прискорення(уповільнення) скіпа при t_1, t_2, t_4, t_6 ($a_1 = 0,3 \text{ м/с}^2$; $a_2 = 0,6 \text{ м/с}^2$; $a_4 = -0,6 \text{ м/с}^2$; $a_6 = -0,4 \text{ м/с}^2$)

$$\varepsilon_1 = \frac{2 \cdot 0,3}{2,4 \cdot 30,3599} = 7,6 \text{ м/с}^2,$$

$$\varepsilon_2 = \frac{2 \cdot 0,6}{2,4 \cdot 30,3599} = 13,18 \text{ м/с}^2,$$

$$\varepsilon_3 = \frac{2 \cdot (-0,6)}{2,4 \cdot 30,3599} = -15,18 \text{ м/с}^2,$$

$$\varepsilon_2 = \frac{2 \cdot (-0,4)}{2,4 \cdot 30,3599} = -10,12 \text{ м/с}^2.$$

Для визначення динамічного моменту спочатку необхідно встановити моменти інерції всіх обертових мас. Загальний момент інерції приведений до валу електродвигуна дорівнює:

$$J_{\text{пр}} = \frac{(2 \cdot G_c + G_M + 2 \cdot 2 \cdot q \cdot l_k)}{4g \cdot i^2} + \frac{J_b}{i^2} + z \cdot J_{\text{дв}} \cdot \delta, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.13)$$

де l_k – довжина одного каната;

J_b – момент інерції маси вузла узла барабана лебідки;

$J_{\text{дв}}$ – момент інерції обертових мас електродвигуна (ротор, муфта, шків);

q – вага метра погонного каната ($q=10,87\text{кг}$)

g – прискорення вільного падіння ($g=9,81\text{м/с}^2$);

i – передаточне число привода лебідки ;

δ – коефіцієнт, що враховує моменти інерції мас інших деталей привода, розміщених не на валу електродвигуна ($\delta = 1,2$).

$$l_k = l_{12} + l_{23} + l_{34} + l_{45} + l_{56} + 2\pi D_T \quad (2.14)$$

де l_{1-6} – довжина каната на ділянках 5-6;

$2\pi D_T$ – довжина двох запасних витків на барабані.

$$l_k = 95,5 + 3,34 + 33 + 1 + 37,4 + 2 \cdot 3,14 \cdot 2,4 = 185,32 \text{ м}$$

Знаходимо момент інерції маси барабана:.

$$J_b = 2 \cdot J_{\text{пц}}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.15)$$

де $J_{\text{пц}}$ – момент інерції порожнистого циліндра.

$$J_{\text{пц}} = \frac{m \cdot (R^2 + r^2)}{2}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.16)$$

де m – маса барабана ;

R – зовнішній радіус барабана лебідки, м;

r – внутрішній радіус барабана лебідки, м.

$$J_{\text{шц}} = \frac{14800 \cdot (1,2^2 + 1,1^2)}{2} = 19610 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Тоді момент інерції двох барабанів лебідки дорівнює:

$$J_{\text{б}} = 2 \cdot 19610 = 39220 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Знаходимо момент інерції обертових мас електродвигуна за формулою:

$$J_{\text{дв}} = J_{\text{р}} + J_{\text{м}} + J_{\text{тш}}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.17)$$

де $J_{\text{р}}$ – момент інерції ротора двигна ($J_{\text{р}} = 52 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

$J_{\text{м}}$ – момент інерції муфти ($J_{\text{м}} = 6,84 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

$J_{\text{тш}}$ – момент інерції тормозного шківа:.

$$J_{\text{тш}} = m_{\text{тш}} \cdot r^2 \cdot \delta_{\text{тш}} \quad (2.18)$$

де $m_{\text{тш}}$ – маса тормозного шківа ($m_{\text{тш}} = 300 \text{ кг}$)

r – радіус тормозного шківа ($r = 0,9 \text{ м}$);

$\delta_{\text{тш}}$ – коефіцієнт, що враховує розподіл мас тормозного шківа ($\delta_{\text{тш}} = 0,6$);

$$J_{\text{тш}} = 300 \cdot 0,9^2 \cdot 0,6 = 36,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тоді момент інерції обертових мас електродвигуна дорівнює:

$$J_{\text{дв}} = 52 + 6,84 + 36,45 = 95,29 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Таким чином, маючи всі складові приведенного моменту інерції знаходимо його при переміщенні залізорудної частини:

$$J_{\text{пр}} = \frac{(2 \cdot 186,55 \cdot 10^3 + 357 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10,87 \cdot 185,32)}{4 \cdot 9,81 \cdot 30,3599^2} + \frac{39220}{30,3599^2} + 2 \cdot 95,29 \cdot 1,2 =$$

$$= 482,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамічний момент при підйомі залізорудної частини:

$$M_{\text{дв.дин(з)1}} = 482,3 \cdot 7,6 \cdot 0,5 = 1,83 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(з)2}} = 482,3 \cdot 15,18 \cdot 0,5 = 3,66 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(з)4}} = 482,3 \cdot (-15,18) \cdot 0,5 = -3,66 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(з)6}} = 482,3 \cdot (-10,12) \cdot 0,5 = -2,44 \text{ кНм}.$$

Знаходимо приведений момент інерції при переміщенні кокса:

$$J_{\text{пр}} = \frac{(2 \cdot 186,55 \cdot 10^3 + 76,5 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10,87 \cdot 185,32)}{4 \cdot 9,81 \cdot 30,3599^2} + \frac{39220}{30,3599^2} + 2 \cdot 95,29 \cdot 1,2 =$$

$$= 437,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамічний момент при підйомі кокса:

$$M_{\text{дв.дин(к)1}} = 437,6 \cdot 7,6 \cdot 0,5 = 1,653 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(к)2}} = 437,6 \cdot 15,12 \cdot 0,5 = 3,306 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(к)4}} = 437,6 \cdot (-15,18) \cdot 0,5 = -3,306 \text{ кНм};$$

$$M_{\text{дв.дин(к)6}} = 437,6 \cdot (-10,12) \cdot 0,5 = -2,204 \text{ кНм}.$$

Сумарний момент на валу електродвигуна:

$$M_{\Sigma i} = M_{\text{дв.сті}} + M_{\text{дв.дині}} \quad (2.19)$$

При переміщенні залізорудної частини:

$$M_{\Sigma(з)1} = 10,1124 + 1,83 = 11,9424 \text{ кНм}$$

$$M_{\Sigma(з)2} = 10,1026 + 3,66 = 13,7626 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(з)3} = 9,2911 \text{ кНм}$$

$$M_{\Sigma(з)4} = 8,7182 + (-3,66) = 5,0582 \text{ кНм}$$

$$M_{\Sigma(з)5} = 8,5994 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(з)6} = -0,73 - 2,44 = -3,17 \text{ кНм}.$$

При переміщенні залізорудної кокса:

$$M_{\Sigma(к)1} = 3,4945 + 1,653 = 5,1475 \text{ кНм};$$

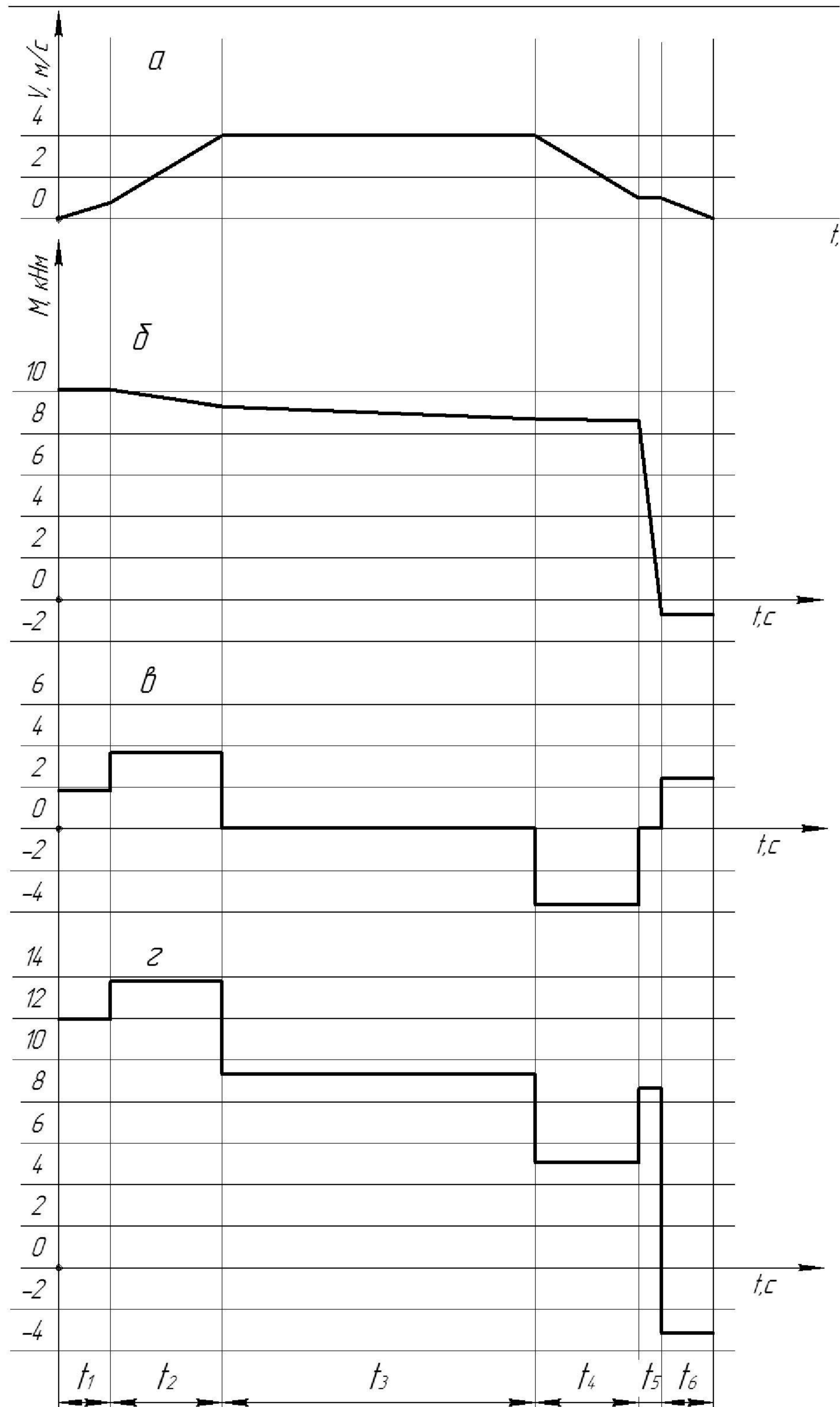
$$M_{\Sigma(к)2} = 3,4855 + 3,306 = 6,7915 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(з)3} = 2,698 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(к)4} = 2,1252 - 3,306 = -1,1808 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(з)5} = 2,0064 \text{ кНм};$$

$$M_{\Sigma(к)6} = -0,73 - 2,204 = -2,934 \text{ кНм}.$$



а – швидкість скіпа; б – статичний момент у функції часу; в – динамічний момент у функції часу; г – сумарний момент у функції часу

Рисунок 2.3 Навантажувальна діаграма роботи лебідки скіпового підйомника

За отриманими даними будемо навантажувальну діаграму (рис.2.3).
Остаточний вибір електродвигуна скіпової лебідки виконують за величиною еквівалентного моменту:

$$M_{e(z/k)} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{t_3 + k_H (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6)}} , \text{ кНм} \quad (2.20)$$

де k_H —коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження електродвигуна в періоди розгону та гальмування.

На ділянках навантажувальної діаграми моменти змінюються за лінійним законом, тому величини M_i можна розраховувати за формулою:

$$M_i = \sqrt{\frac{M_{pi}^2 + M_{pi} \cdot M_{ki} + M_{ki}^2}{3}} , \text{ кНм} \quad (2.21)$$

де M_{pi} – початковий момент;

M_{ki} —кінцевий момент.

Для переміщення залізорудної частини:

$$M_{31} = \sqrt{\frac{11,9424^2 + 11,9424 \cdot 11,9326 + 11,9326^2}{3}} = 11,9375 \text{ кНм},$$

$$M_{32} = \sqrt{\frac{13,7626^2 + 13,7626 \cdot 8,7182 + 8,7182^2}{3}} = 13,3589 \text{ кНм},$$

$$M_{33} = \sqrt{\frac{9,2911^2 + 9,2911 \cdot 8,7182 + 8,7182^2}{3}} = 9,0062 \text{ кНм},$$

$$M_{34} = \sqrt{\frac{5,0582^2 + 5,0582 \cdot 4,9394 + 4,9394^2}{3}} = 4,9989 \text{ кНм},$$

$$M_{35} = \sqrt{\frac{8,5994^2 + 8,5994 \cdot (-0,73) + (-0,73)^2}{3}} = 4,7681 \text{ кНм},$$

$$M_{36} = 3,17 \text{ кНм}.$$

Тоді еквівалентний момент при переміщенні залізорудної частини становить:

$$M_{e(з)} = \sqrt{\frac{11,9375^2 \cdot 2,58 + 13,3589^2 \cdot 5,37 + 9,0062^2 \cdot 15,1 + 4,9989^2 \cdot 5 + 4,7681^2 \cdot 1,12 + 3,17^2 \cdot 2,5}{15,1 + 0,75(2,58 + 5,37 + 5 + 1,12 + 2,5)}} = 9,952 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок і для переміщення коксу:

$$M_{к1} = \sqrt{\frac{5,1484^2 + 5,1484 \cdot 5,1385 + 5,1385^2}{3}} = 5,1434 \text{ кНм},$$

$$M_{к2} = \sqrt{\frac{6,7915^2 + 6,7915 \cdot 6,0041 + 6,0041^2}{3}} = 6,4018 \text{ кНм},$$

$$M_{к3} = \sqrt{\frac{2,6981^2 + 2,6981 \cdot 2,1252 + 2,1252^2}{3}} = 2,4173 \text{ кНм},$$

$$M_{к4} = \sqrt{\frac{1,1808^2 + 1,1808 \cdot 1,2996 + 1,2996^2}{3}} = 1,2407 \text{ кНм},$$

$$M_{к5} = \sqrt{\frac{2,0064^2 + 2,0064 \cdot (-0,73) + (-0,73)^2}{3}} = 1,0155 \text{ кНм},$$

$$M_{к6} = 2,934 \text{ кНм}.$$

Тоді еквівалентний момент при переміщенні кокса становить:

$$M_{e(к)} = \sqrt{\frac{5,1434^2 \cdot 2,58 + 6,4018^2 \cdot 5,37 + 2,4173^2 \cdot 15,1 + 1,2407^2 \cdot 5 + 1,0155^2 \cdot 1,12 + 2,934^2 \cdot 2,5}{15,1 + 0,75(2,58 + 5,37 + 5 + 1,12 + 2,5)}} = 3,844 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Таким чином, загальний еквівалентний момент для однієї подачі шихтових матеріалів складе:

$$M_{\Sigma.e} = \sqrt{\frac{M_{eз}^2 \cdot z_з + M_{ек}^2 \cdot z_к}{z_з + z_к}}, \text{ кНм} \quad (2.22)$$

де $z_з$ – кількість скіпів скипов з залізорудною частиною;

$z_к$ – кількість скіпів з коксом.

$$M_{\Sigma.e} = \sqrt{\frac{9,952^2 \cdot 2 + 3,844^2 \cdot 2}{2 + 2}} = 7,544 \text{ кНм.}$$

Необхідна потужність електродвигуна складе:

$$P_{\text{дв}} = \frac{M_e \cdot n}{9550}, \text{ кВт} \quad (2.23)$$

де n – частота обертів ротора електродвигуна ($n = 1000$ хв-1).

$$P_{\text{дв}} = \frac{7544 \cdot 1000}{9550} = 789,9 \text{ кВт.}$$

Для відповідності електродвигуна по перевантаженню має виконуватися наступна умова:

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} \leq [\lambda] = 2$$

Згідно розрахунку максимальний момент виникає при переміщенні залізородної частини і складає $M_{\text{max}} = 13,3589$ кНм. Тоді умова по перевантаженню прийме вигляд:

$$\frac{13,3589}{7,64} = 1,75 \leq [\lambda] = 2$$

Умова виконується, тому остаточно обираємо електродвигун 4П-450-38-800-УЗ потужністю $P = 800$ кВт частота обертів $n_{\text{ном}} = 1000$ хв-1 $M_{\text{ном}} = 7,64$ кНм, $J_p = 52$ кг·м².

2.3 Розрахунок механізмів приводу скіпової лебідки

Розрахунок підшипників валу лебідки

На валу встановлено підшипники роликові конічні дворядні 2097736 ГОСТ 6364-75 [3].

Характеристики обраного підшипника:

- основні розміри: $d = 180$ мм; $D = 300$ мм; $B = 164$ мм.

- динамічна вантажопідйомність $C=1207$ кН
- статична вантажопідйомність $C_o=2396$ кН
- гранична частота обертання $n_{\max}=1300$ об/хв.

З розрахунку на міцність вала-шестерні радіальне навантаження на 1 підшипник $R=R_a=R_b=8,395$ кН.

Частота обертання валу-шестерні $n=1000$ об/хв.

5. Розрахунок довговічності підшипників

Номінальна довговічність підшипників у мільйонах обертів

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^{\rho} \quad (2.24)$$

де $C = 1207$ кН;

P - еквівалентне динамічне навантаження.

$$P = X \cdot V \cdot P_n \cdot K_{\sigma} \cdot K_T \quad (2.25)$$

де $X = 0,75$ – коефіцієнт радіального навантаження;

$V=1$ – коефіцієнт обертання;

$K_{\sigma}=1,2$ – коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1,05$ - температурний коефіцієнт,

ρ - статичний показник (для кулькових підшипників $\rho=10/3$).

Тоді

$$P = 0,75 \cdot 1 \cdot 8,395 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 7,93 \text{ кН.}$$

Тоді

$$L = \left(\frac{1207}{7,93} \right)^{10/3} = (152,21)^{3,33} = 1,88 \cdot 10^7 \text{ млн.об.}$$

Номінальний термін служби підшипників в годинах:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 1,88 \cdot 10^7}{60 \cdot 1000} = 313 \cdot 10^6 \text{ годин.} \quad (2.26)$$

Висновок: обрані підшипники відповідають діючим навантаженням, швидкості і довговічності.

Розрахунок шпонкового з'єднання вала ролика приводного і напівмуфти.

У поєднанні встановлена призматична шпонка 36x20x165 ГОСТ 8789-68.

Перевіримо робочі грані на зминання.

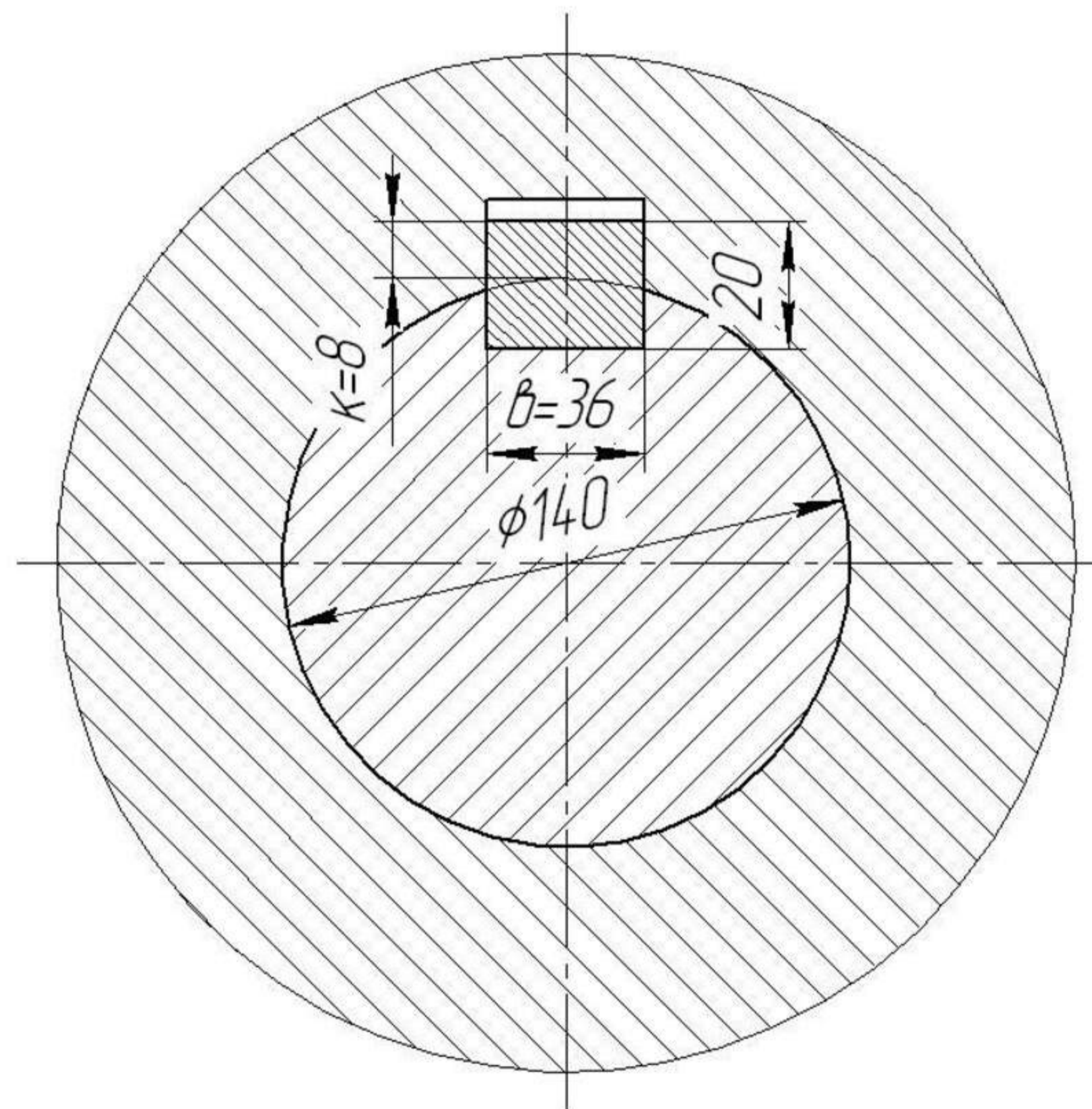


Рисунок 2.4 Шпонкові з'єднання вала лебідки

З умови міцності на зминання

$$M_{кр} = 0,5 \cdot d \cdot k \cdot l \cdot [\sigma]_{см} \quad (2.27)$$

де $[\sigma]_{см}$ - допустиме напруження зминання.

$$[\sigma]_{см} = 150 \text{ МПа} = 150000 \text{ кН}.$$

$M_{кр} = 2,483 \text{ кН} \cdot \text{м}$ (див. епюру крутних моментів);

$l = 0,165 \text{ м}$ – довжина шпонки.

Тоді

$$\sigma_{см} = \frac{M_{кр}}{0,5 \cdot d \cdot k \cdot l} = \frac{2,483}{0,5 \cdot 0,140 \cdot 0,008 \cdot 0,165} = 26872 \text{ кН / м}^2 = 26,872 \text{ МПа} \quad (2.28)$$

$$\sigma_{см} < [\sigma]_{см} \text{ (умова міцності виконано).}$$

Перевіримо шпонку на зріз

$$b = \frac{M_2}{0,5 \cdot (d + k) \cdot [\tau]_{cp} \cdot l} = \frac{2,483}{0,5 \cdot (0,140 + 0,008) \cdot 0,165 \cdot 63000} = 0,0032 \text{ м} < b = 0,036 \text{ м} \quad (2.29)$$

де $[\tau]_{cp}$ – допустиме напруження зрізу

$$[\tau]_{cp} = 63 \text{ МПа} = 63000 \text{ кН} \cdot \text{м}^2.$$

Висновок: прийняті розміри шпонки задовольняють умові міцності.

Розрахунок барабана лебідки

Барабан лебідки відлитий з чавуну СЧ15-32 з межею міцності $\sigma_B = 600000$ кН /м² = 600 МПа.

Товщина стінки барабана визначається з розрахунку на стиск

$$\delta = \frac{S_{\max}}{t_n \cdot [\sigma]_{сж}} \quad (2.30)$$

де S_{\max} – max натяг в канаті, що набігає на барабан;

$S_{\max} = 476,48$ кН (див. табл.2.3 - «статичні зусилля»);

t_n – крок нарізки барабана;

при діаметрі каната $d_k = 52$ мм, $t_n = 60$ мм.

$$\text{Тоді } \delta = \frac{476,48}{0,06 \cdot 444000} = 0,0179 \text{ м} = 17,9 \text{ мм},$$

$$\text{де } [\sigma]_{сж} = \frac{\sigma_B}{k} = \frac{600}{1,35} = 444 \text{ МПа}.$$

k – коефіцієнт запасу міцності; $k = 1,35$.

З умов технології виготовлення литих барабанів товщина стінки δ повинна бути не менше 12 мм.

Виходячи з розрахунку приймаємо конструктивно $\delta = 20$ мм.

Крім стиснення стінка барабана відчуває деформацію вигину і крутіння.

Крутний момент, що передається барабаном:

$$M_{кр} = S_{\max} \cdot \frac{D_b}{2} = 476,48 \cdot \frac{2,4}{2} = 572 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.31)$$

Згинальний момент визначається для випадку, коли зусилля натягу каната доводиться на середину барабана.

$$\text{Тоді } M_u = \frac{S_{\max}}{2} \cdot l = \frac{476,48}{2} \cdot 1,307 = 311,4 \text{ кН}\cdot\text{м.} \quad (2.32)$$

Складна напруга від вигину і крутіння:

$$\sigma = \frac{\sqrt{M_u^2 + (\varphi \cdot M_{кр})^2}}{W_p} = \frac{\sqrt{311,4^2 + (0,75 \cdot 572)^2}}{0,089} = 5956 \text{ кН} / \text{м}^2 < [\sigma] = 70000 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

де W_p - екваторіальний момент опору поперечного перерізу барабана при обертанні

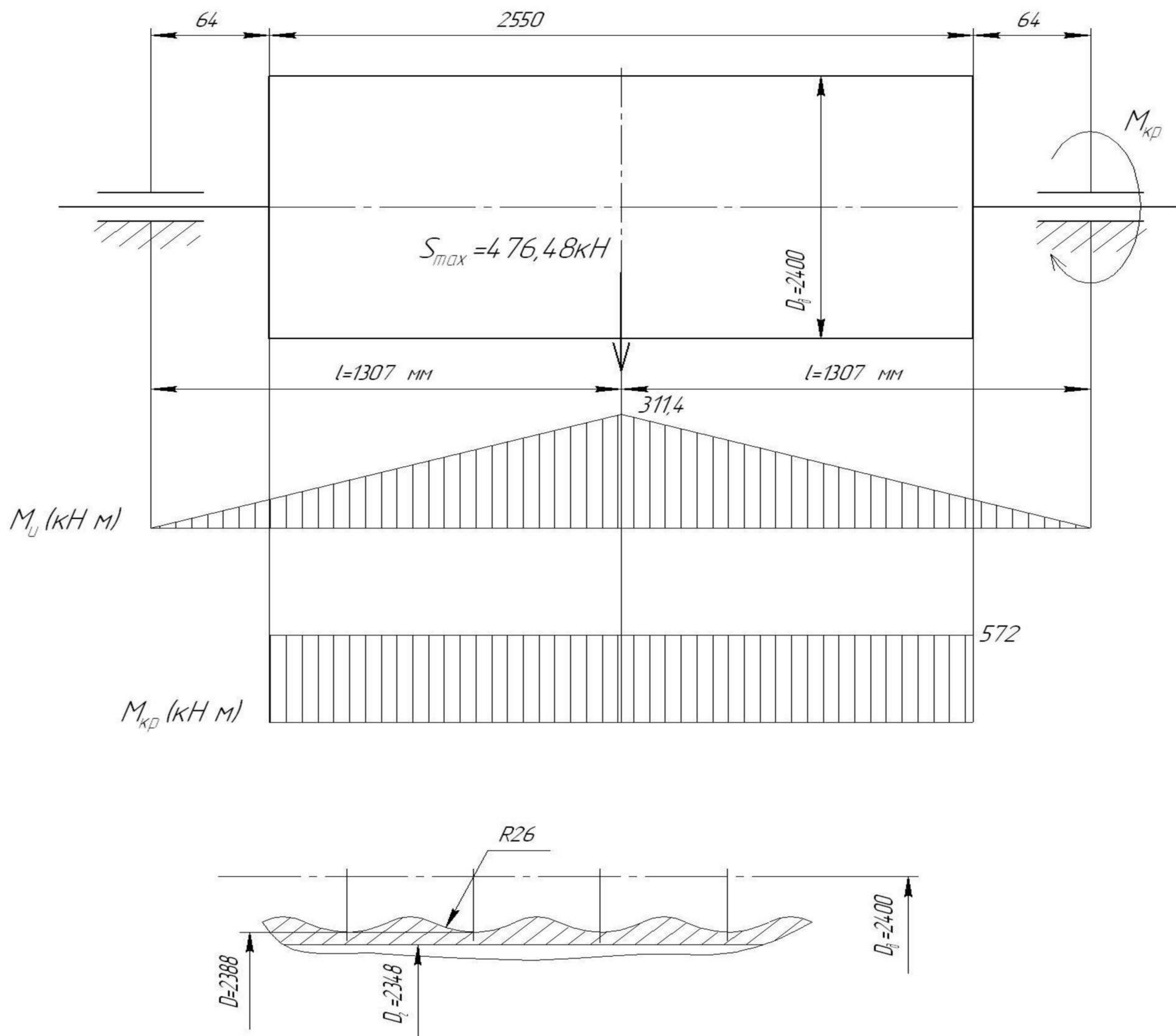


Рисунок 2.5 Схема для розрахунку барабана.

$$W_p = 0,1 \cdot \frac{D^4 - D_2^4}{D} = 0,1 \cdot \frac{2,388^4 - 2,348^4}{2,388} = 0,089 \text{ м}^3, \quad (2.33)$$

φ - коефіцієнт приведення напруги; $\varphi=0,75$.

Висновок: напруги від вигину і крутіння в стінці барабана незначні.

Умова міцності виконано.

Розрахунок ходового колеса скіпа

Як матеріал колеса приймаємо сталеве лиття сталь 65Г.

Обід загартований до твердості НВ 300...320.

Радіус головки рейки $r_p=400$ мм.

Радіус колеса $r_k=250$ мм.

Навантаження на колесо при горизонтальному розташуванні скіпа
(максимальне навантаження)

$$P = \frac{P_{сруза} + P_{скіпа}}{4} = \frac{250 + 114}{4} = 91 \text{ кН}. \quad (2.34)$$

Розрахункове навантаження $P_{рас} = P \cdot k_0 = 91 \cdot 0,96 = 87,3$ кН,

де $k_0 = 0,96$;

Величина контактних напружень в точці дотику колеса і рейок:

$$\sigma_k = 16500 m \sqrt[3]{\frac{P_{рас}}{r_k^2}} = 16500 \cdot 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{87,3}{0,25^2}} = 693000 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 693 \text{ МПа}, \quad (2.35)$$

де коеф. $m=0,6$.

Допустиме напруження $[\sigma]_k = 2200$ МПа .

Так як $\sigma_k < [\sigma]_k$, то умова міцності виконано.

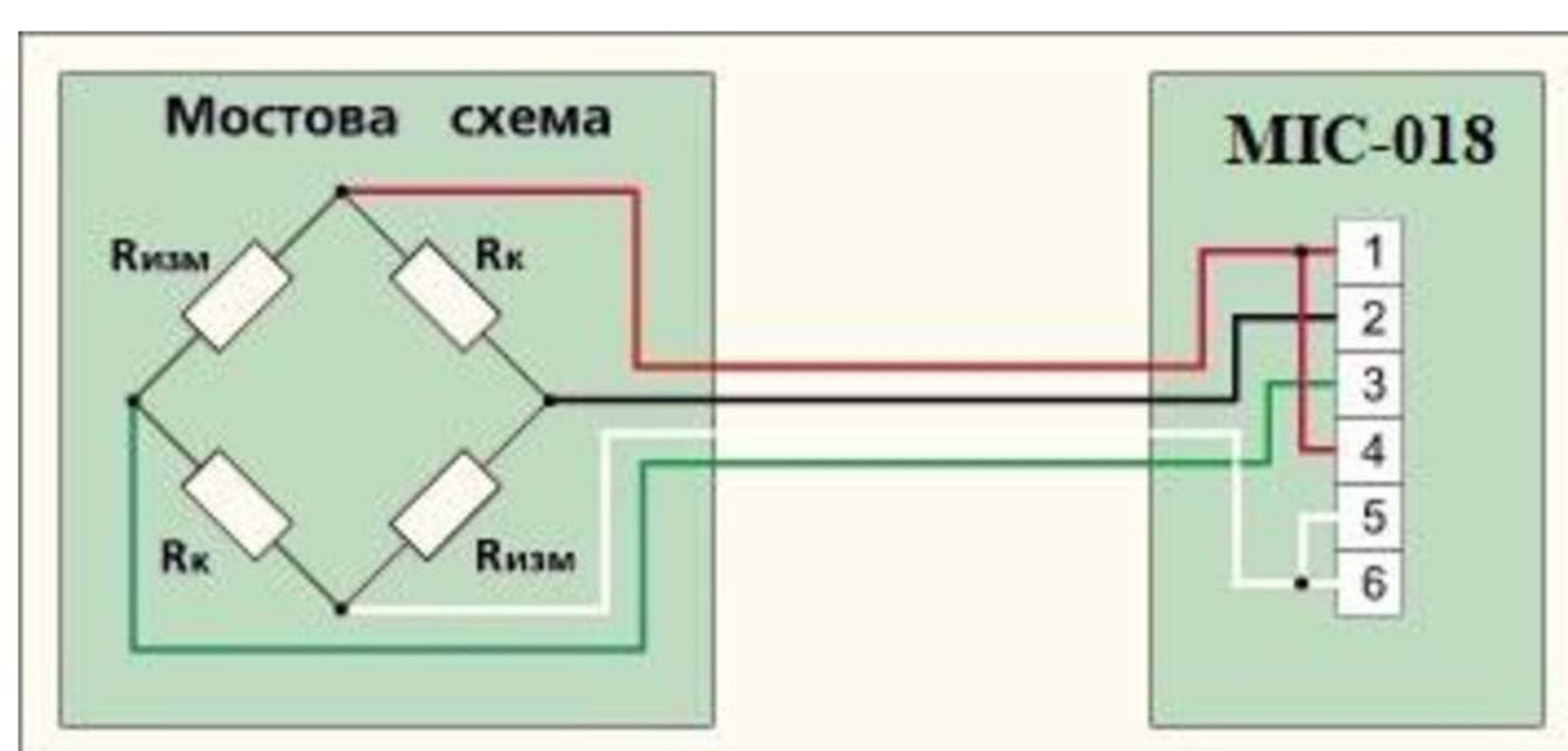
3. Дослідження працездатності скіпової лебідки

3.1 Дослідження на фізичній моделі скіпової лебідки

Дослідження проводилося в лабораторії кафедри Металургійного обладнання Інженерного навчально наукового інституту ЗНУ, на фізичній моделі скіпового підйомника. Скіповий підйомник має масштаб 1:10.

Дослідження проводилось за допомогою вимірювальної апаратури представленої на рисунку 3.1. До складу апаратури входили: вимірювальний комплекс МІС-018-3 (фірми МЕРА), ноутбук, силовимірювач з наклеєними тензодатчиками. Силовимірювач з'єднувався з одного боку зі скипом, а з другого с тягнучим тросом.

Комплекс вимірювально-обчислювальний МІС-018 призначений для збору, перетворення, реєстрації, обробки, передачі та подання інформації датчиків та вимірювальних перетворювачів як елемент автоматичних та автоматизованих багатоканальних вимірювальних систем контролю та управління виробничими та технологічними процесами у різних галузях промисловості.



а

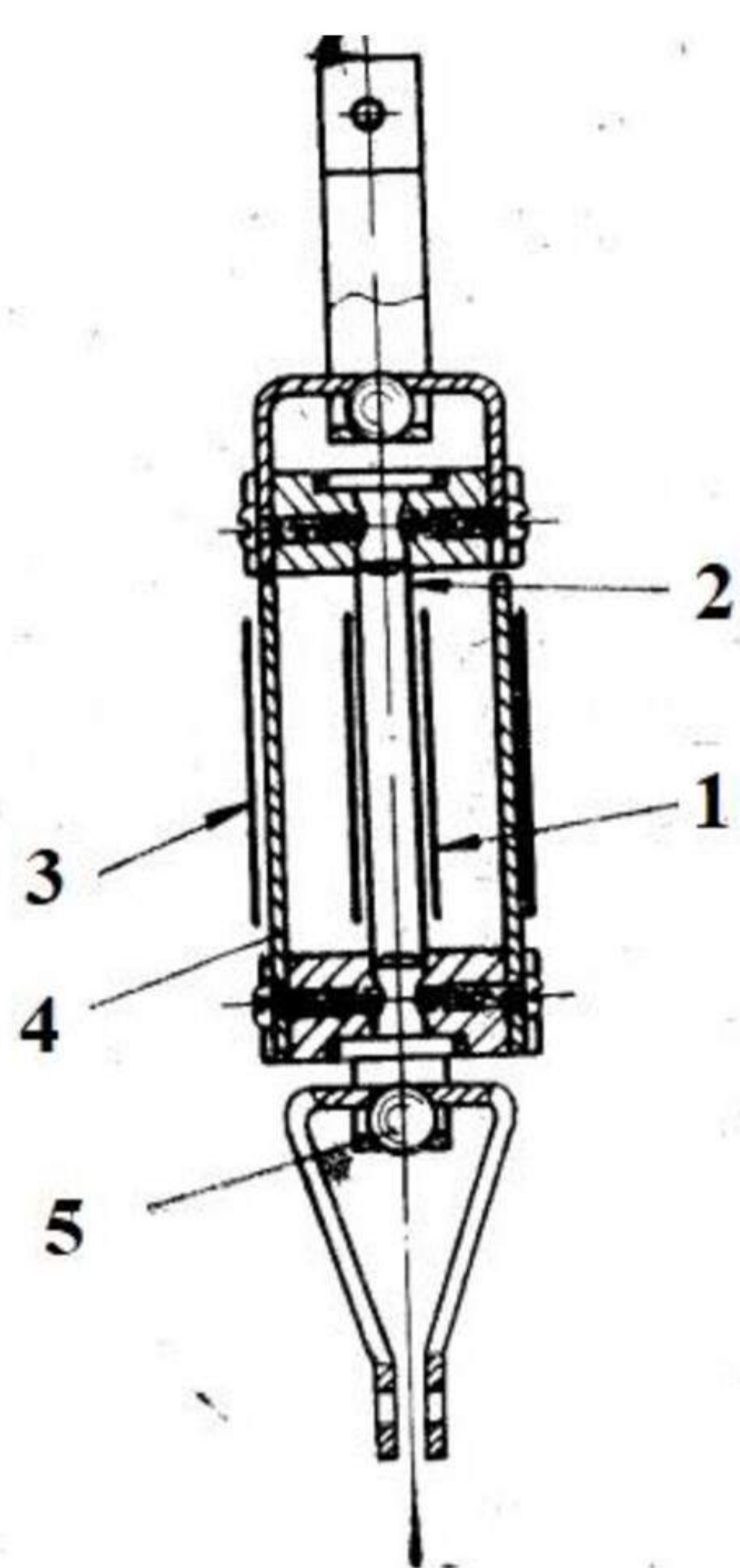


б

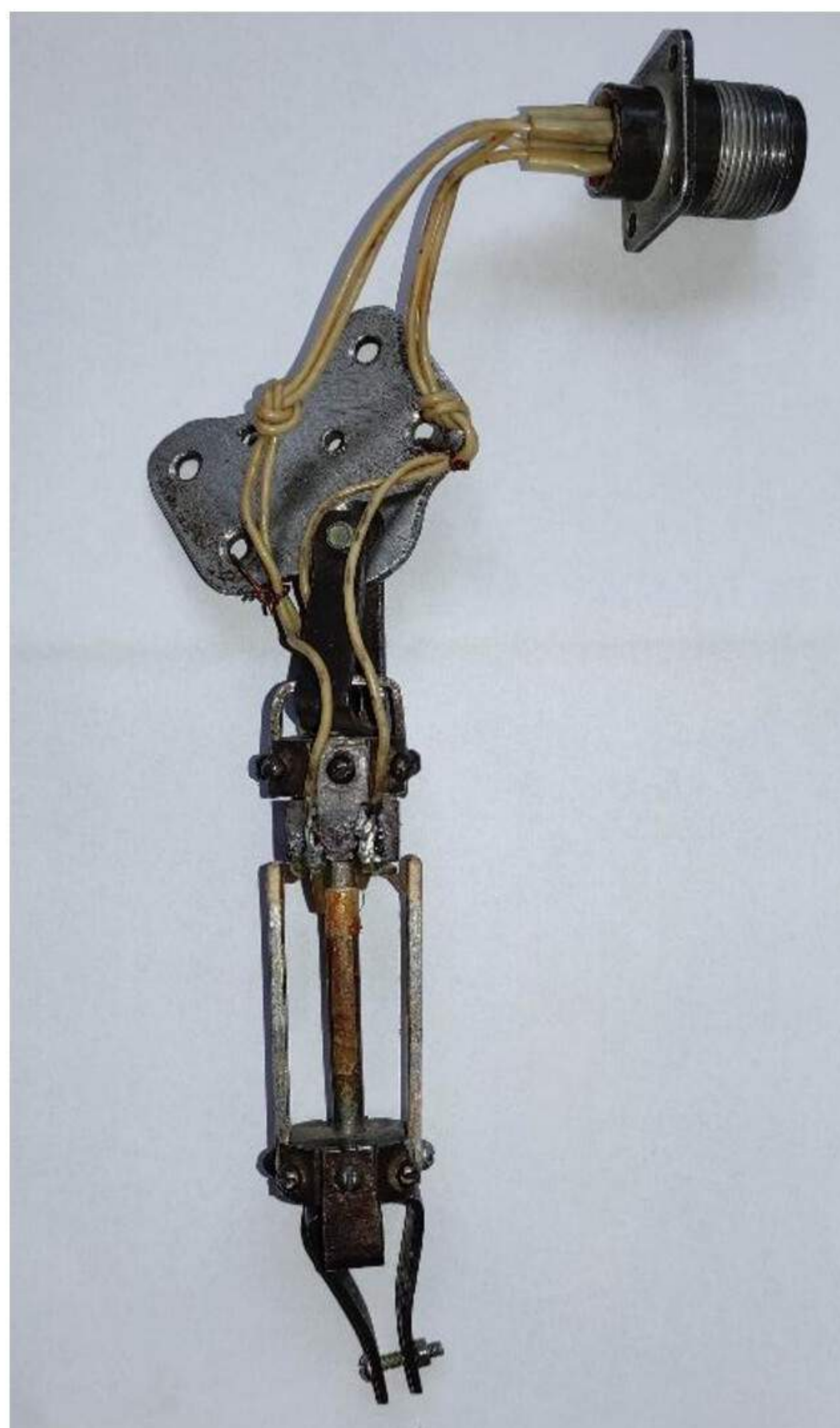
а – схема з'єднання тензOMETричних датчиків, б – загальний вид комплексу МІС-018-3

Рисунок 3.1 Схема реєструючої апаратури

Комплекс МІС-018-3 є приладовий корпус, у якому встановлені: вимірювальні модулі; контролер; блок живлення. Комплекс включає модулі для вимірювання напруги постійного струму 32 каналів. Роботою вимірювального модуля управляє контролер, підключений до зовнішньої ПЕОМ у вигляді цифрового інтерфейсу.



а



б



в

а – схема силувимірювача, б – лабораторній силувимірювач, в – тензометричні датчики

1 - робочі дротяні датчики; 2 - сталева тонкостінна трубка; 3 - компенсаційні датчики; 4 – не навантажені пластинки; 5 - кулькові шарніри.

Рисунок 3.2 Вимірювачі силові з тензометричними датчиками

Серед різноманітних типів електротензометрів (індуктивних, ємкісних, магнітопружних і інш.) тензометри опору відповідають найбільш високим вимогам до точності вимірів при роботі в особливо тяжких умовах. Вони мають малі габарити, володіють високою конструктивною пристосованістю і малою інерційністю, що є важливою якістю при їх

використанні в приладах (силовимірювачі, мездози), призначених для дослідження швидкозмінних в часі процесів. В основі роботи тензорезисторів лежить явище тензоефекта, яке полягає в зміні опору провідників і напівпровідників при їх механічній деформації. Тензорезистори поділяються на дротові і фольгові. В поточних вимірах використані дротовий тензорезистори, що складаються з тонкого дроту з великим омичним опором, зигзагоподібно розташованим між двома шарами цигаркового паперу. При дослідженні навантажень дротовий резистор наклеюювались на елементи силовимірювача.

Перед проведенням вимірювань проводиться тарування силовимірювача. Тарування здійснюється за допомогою підвішування почергово гирьових підвісів однакової ваги – 1кг. Також в програмне забезпечення вносимо необхідні корективи. Отримані данні фіксуються та запам'ятовуються дослідницьким комплексом МІС-018. Отримуємо тарувальний графік.

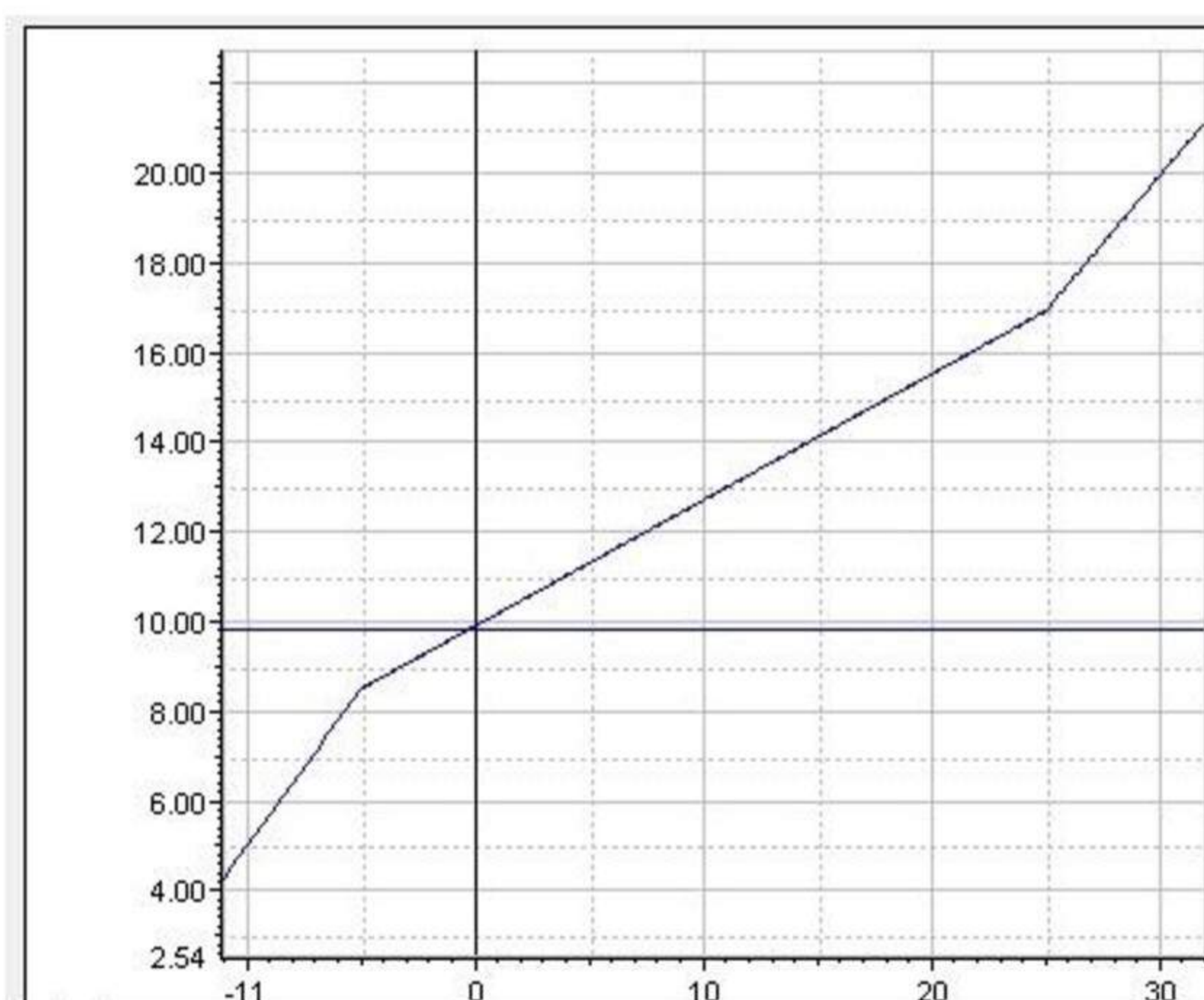


Рисунок 3.3. Тарувальний графік

Зусилля натягу вимірювались в моделі скіпового підйомника. Для цього між скіпом і канатом установлювався силовимірювач з тензодатчиками (рисунок 3.4).



а



б



в



г

Рисунок 3.4. Фізична модель скіпового підйомника

Модель скіпового підйомника складається з похилого мосту, розвантажувальних кривих, головних і направляючих шківів, канатів, двох скипів, барабанної лебідки і електропроводу.

Геометричні параметри моделі скіпового підйомника та скипів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Вихідні дані для досліджень

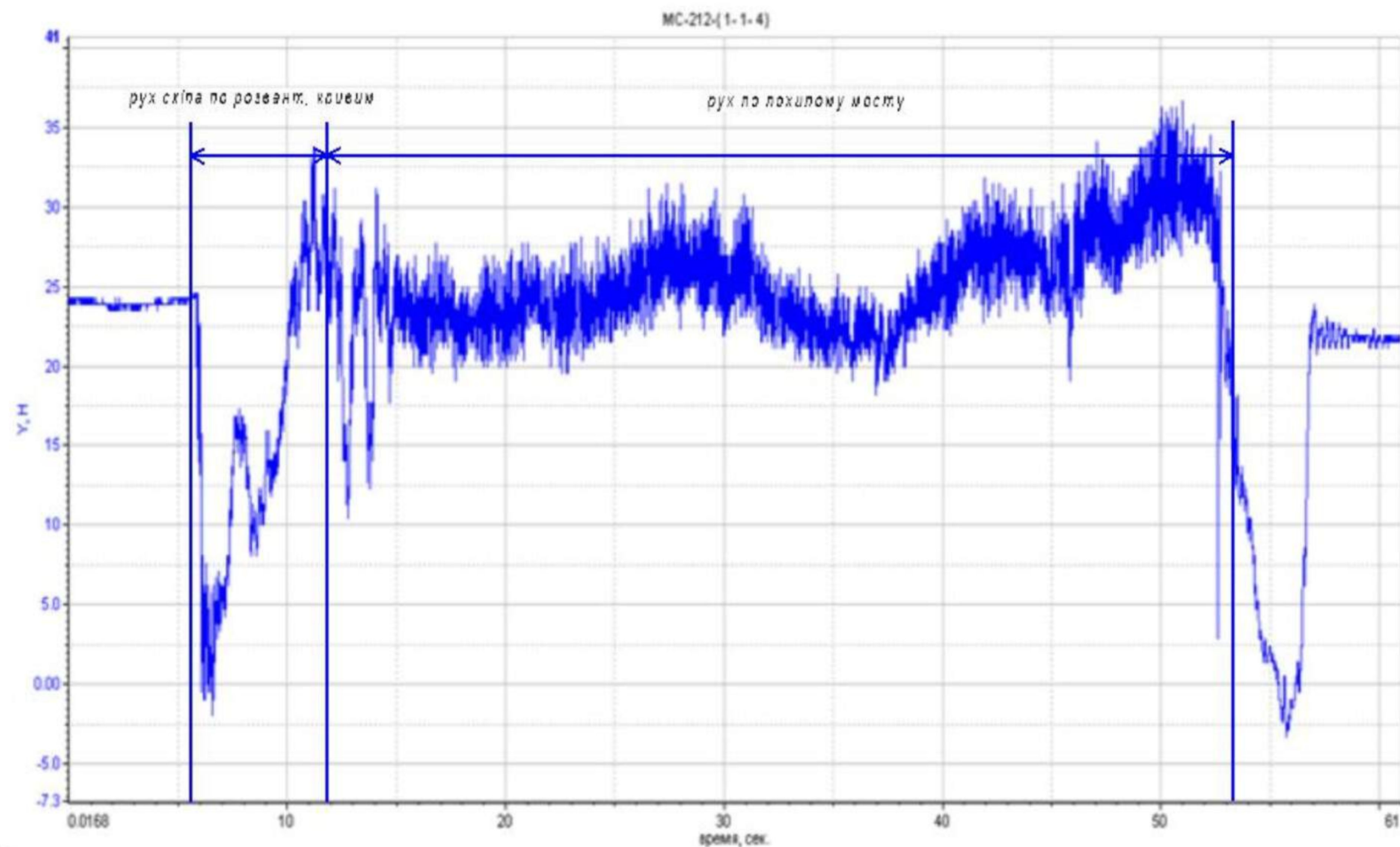
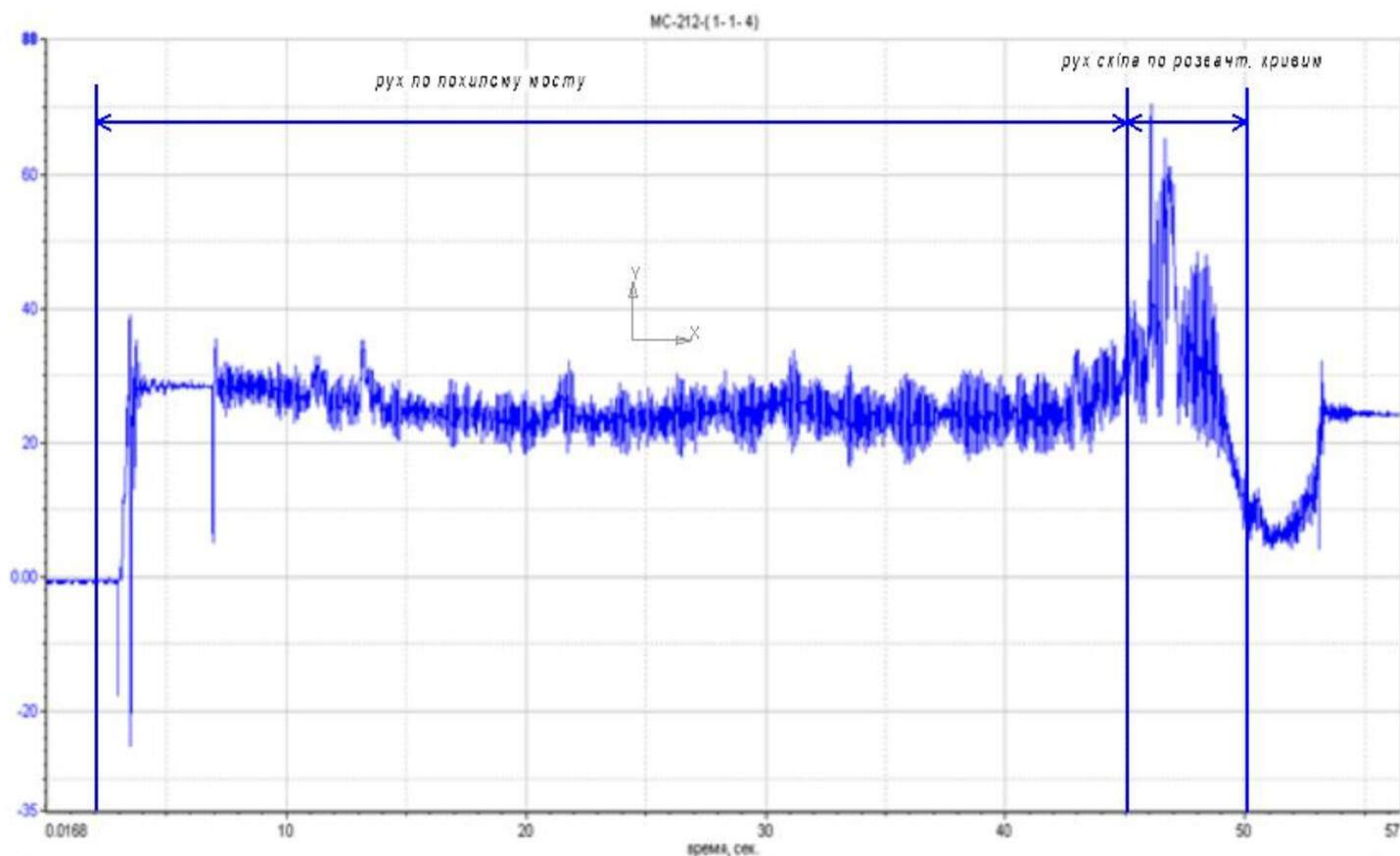
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Позначення	G+Q	D _к	d	f	K	C	α	γ	γ _м	B
Одиниця	H	м	м	-	м	-	град.	град.	H/м ³	м
Значення	95	0,05	0,014	0,015	8×10 ⁻⁴	1,3	48	16	-	1,126

N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Позначення	a	a ₁	a ₂	b	b ₁	b ₂	R	r	L	l	h
Одиниця	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м
Значення	0,4	0,1	0,21	0,24	0,125	0,115	0,1	0,055	0,225	0,35	0,9

Процес запису осцилограми зусиль розпочинається коли скіп перебуває в скіповій ямі, в котрій рейковий шлях має більший кут нахилу, що пояснює і більшу величину зусилля (рисунок 3.5). Кінець запису осцилограми зусиль припадає на час, коли скіп вже перебуває на розвантажувальних кривих і відбувається його розвантаження. Згідно з осцилограмою максимальне значення зусилля виникає на початку руху скіпа, коли скіп має подолати сили опору спокою та динамічні сили, пов'язані з його розгоном, а також при заході скіпа на розвантажувальні криві. Проте через високу інерційність системи пишучого пристрою динамічна складова виражена дуже слабко. І в подальшому на осцилограмі проглядаються певні коливання зусиль натягу, що викликаються змінною

величини опору руху скіпа, оскільки якість рейкового шляху далека від ідеального стану і можливе затирання реборд ходових коліс об рейки.

Дослідження проводилося для декількох видів розвантажувальних кривих скіпового підйомника



б

Рисунок 3.5 Осцилограма зусиль в канаті при русі скіпа (а) вниз, (б) вгору

Технічна характеристика моделі скіпового підйомника і вихідні дані для розрахунку зусиль натягу в канатах зведені в підсумкову таблицю 3.2.

Визначення теоретичного зусилля натягу в канаті скіпового підйомника під час руху скіпа по похилому мосту:

$$S_H(p) = G \sin \alpha + G \cos \alpha \frac{f \times d + 2K}{D_k} c,$$

де G - вага скіпа, Н;

α – кут нахилу моста підйомника до горизонталі, град.;

d – діаметр цапфи вала ходових коліс скіпа;

f – коефіцієнт тертя для підшипників скіпа;

K – коефіцієнт тертя кочення, м;

c – коефіцієнт, що враховує тертя реборд ходових коліс скіпа об рейки.

$$S_H(p) = 45 \sin 48^\circ + 45 \cos 48^\circ \frac{0,015 \times 0,014 + 2 \times 0,0008}{0,05} 1,3 = 30 \text{ Н}$$

З осцилограми визначимо зусилля натягу каната при русі по похилому мосту:

$$S_{H \max} = 35 \text{ Н}; S_{H \text{ ср}} = 27 \text{ Н}; S_{H \min} = 18 \text{ Н}.$$

Таким чином, середньоарифметичне значення зусилля натягу в канаті складає:

$$S_{H(\text{ср})} = 26,8 \text{ Н}.$$

Зусилля натягу в канаті аналітичним шляхом розраховано в розділі 2 та складає:

$$P_{\text{бп}} = 0,66Gc(1-2c) + 2g[(l_6 - l_{34})\sin\alpha - l_{56}] + 2gl_i \sin\alpha_1,$$

де $P_{\text{бп}}$ - статичне зусилля в канатах барабана при опусканні порожнього скіпа.

$$P_{\text{бп}1,2} = 0,66 \times 11 \times 0,94 + 2 \times 0,1427[(6,5 - 33)\sin 64^\circ - 37,4] + 2 \times 0,1427 \sin 64^\circ = 27 \text{ Н};$$

$$P_{\text{бп}1,2} = 0,66 \times 11 \times 0,94 + 2 \times 0,1372[(6,5 - 33)\sin 66^\circ - 37,4] + 2 \times 0,1372 \sin 66^\circ = 29 \text{ Н}.$$

З осцилограми визначимо зусилля натягу каната при русі по розвантажувальним кривим:

Визначимо похибку в розрахунках:

а) зусилля натягу в канатах при русі скіпа по похилому мосту:

$$\Delta_1 = \frac{(S_{H_{\max}} - S_{H_p})}{S_{H_{\max}}} 100\% = \frac{(30 - 26,8)}{30} 100\% = 10,6\%,$$

б) зусилля натягу в канатах при русі скіпа на розвантажувальному шляху:

$$\Delta_2 = \frac{(S_{P_e} - S_{P_p})}{S_{P_e}} 100\% = \frac{(29 - 27)}{29} 100\% = 6,9\%.$$

Результати дослідження при зміні зміні форми розвантажувальних кривих.

$$\Delta_3 = \frac{(S'_{P_e} - S'_{P_p})}{S'_{P_e}} 100\% = \frac{(32 - 29)}{32} 100\% = 9,3\%.$$

Використовуючи отримані дані зусиль зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 Підсумкові результати після обробки осцилограм

Позначення	Стандартні розвантажувальні криві	
	теоретичне	експериментальне
$S_{H(\max)}$ Н		35
$S_{H(\text{cp})}$, Н	30	26,8
$S_{H(\min)}$, Н		18
Δ (похибка)	10,6%	
Позначення	Розвантажувальні криві складної форми	
	теоретичне	експериментальне
S_p , Н	27	24
Δ (похибка)	6,9%	

Похибка дослідження викликана різними характеристиками тензодатчиків і великою чутливістю вимірювальної апаратури.

3.2 Дослідження барабана скіпової лебідки

Проведемо моделювання барабана поведено за допомогою програмного комплексу SolidWorks.

SolidWorks Simulation - САЕ-модуль, заснований на методі кінцевих елементів і призначений для проведення аналізу на міцність.

Метод кінцевих елементів - чисельний метод рішення диференціальних рівнянь з приватними похідними, а також інтегральних рівнянь, що виникають при вирішенні задач прикладної фізики.

Суть МКЕ полягає в тому, що досліджувана область розбивається на кінцеві елементи, в кожному з елементів довільно вибирається вид апроксимуючої функції і потім знаходяться значення цих функцій на межах елементів.

Сітки використовувани в SolidWorks Simulation можуть бути просторові, оболонкові, балкові і спеціальні. Просторові елементи, застосовують для об'ємних тіл і утворюють сітку з тетраедральними твердотільними елементами для кожного твердого тіла і бувають двох типів: лінійні та параболічні. Оболонкові елементи, застосовують для тонкостінних деталей (з листового металу) і утворюють сітку з трикутними елементами і бувають також двох типів: лінійні та параболічні. Балкові елементи застосовуються для моделей створених рухом постійного поперечного перерізу за деякою траєкторією, і визначається двома кінцевими точками і поперечним перерізом. Комбінована сітка автоматично застосовується, коли в моделі присутні різні геометричні форми.

В ході поточного дослідження визначалась навантажувальна здатність запропонованої конструкції під дією нелінійного навантаження. В ході дослідження барабана скіпової лебідки визначимо шляхи удосконалення конструкції.

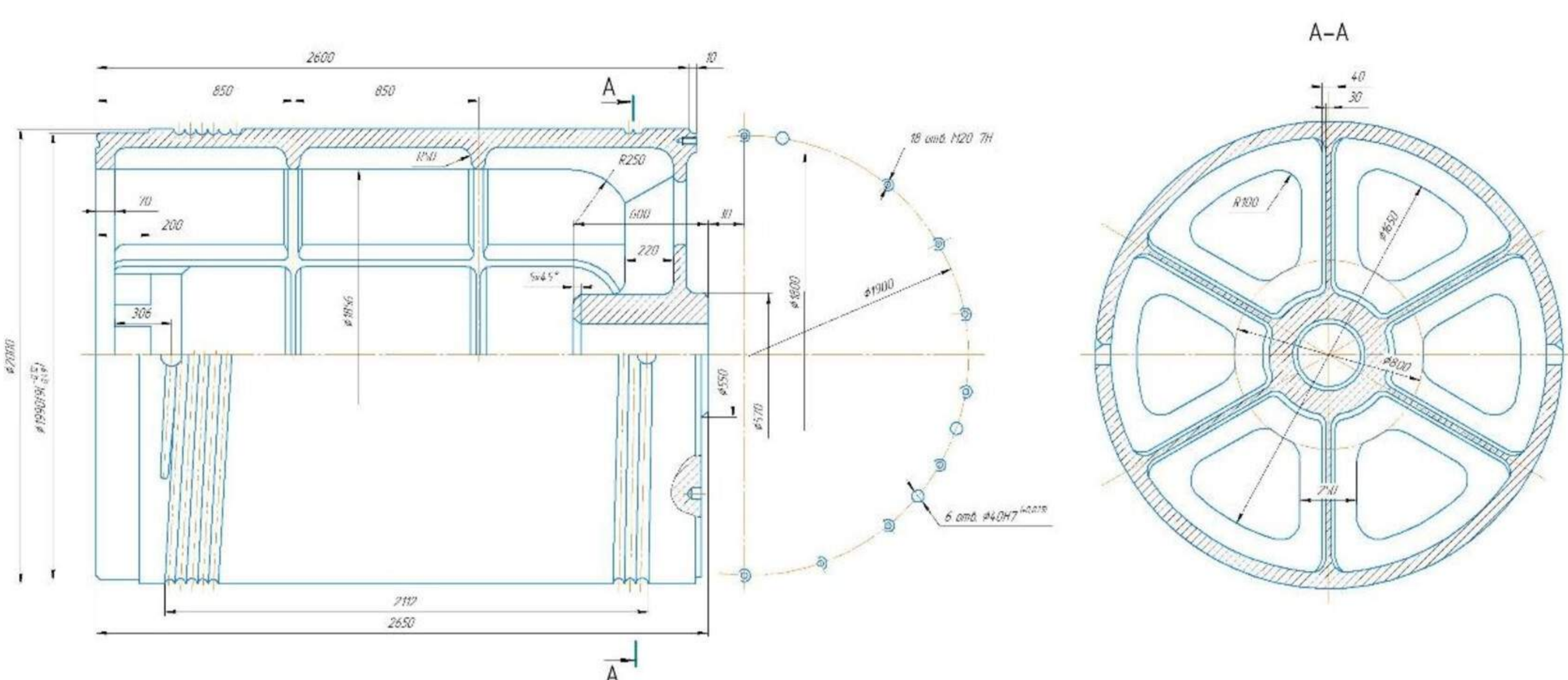


Рисунок 3.6 Креслення барабана скіпової лебідки

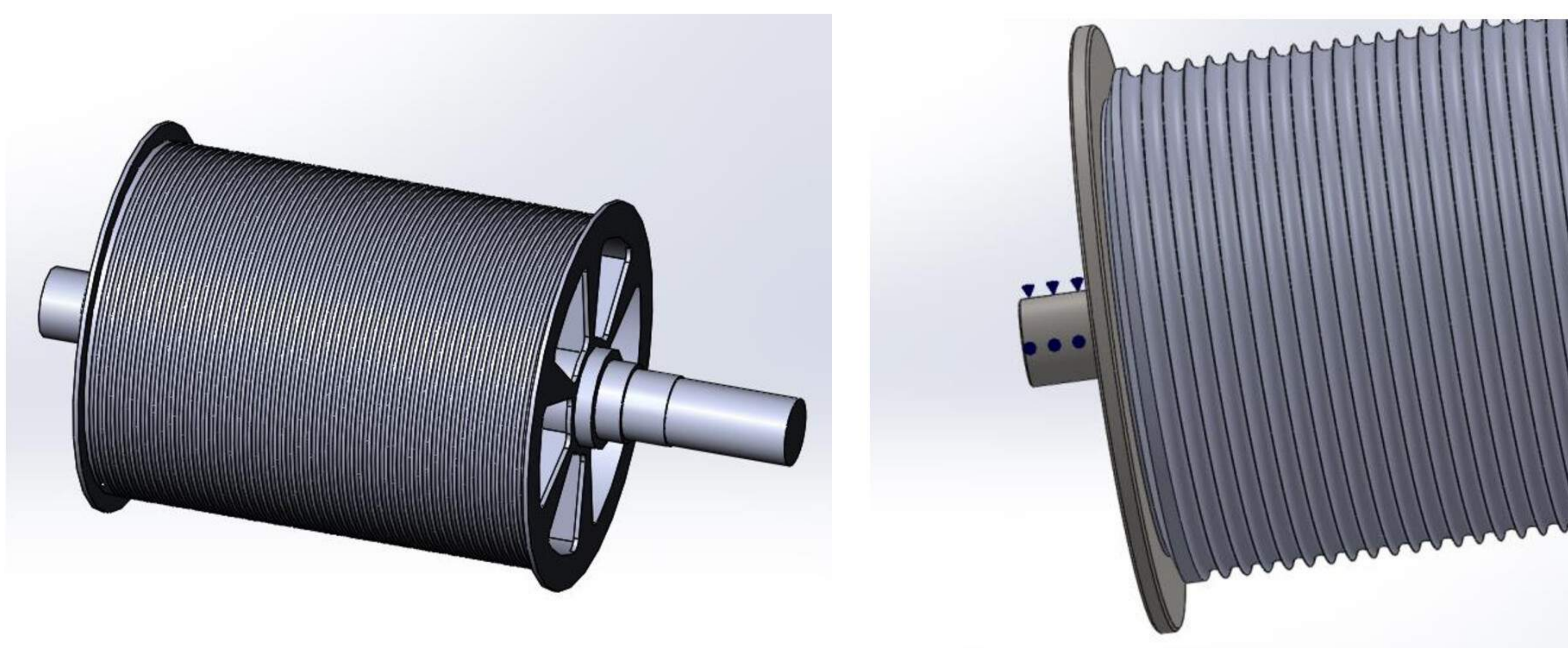


Рисунок 3.7 Просторова 3Д модель барабана скіпової лебідки

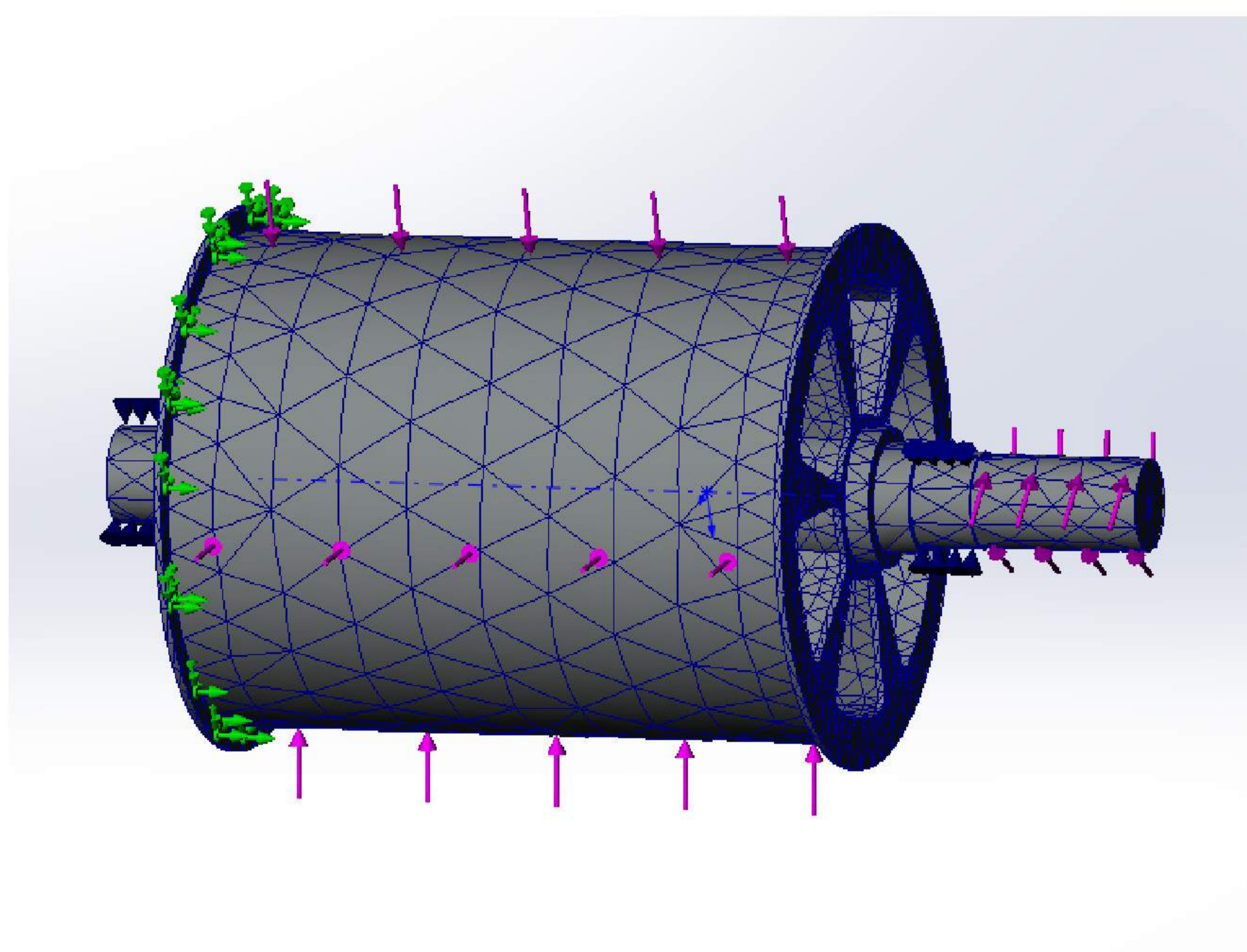


Рисунок 3.8 Об'ємна твердотільна модель сіткового поділу барабана

В результаті статичних розрахунків отримали значення напружень, що відображені на епюрі (рис. 3.9).

Числові значення напружень в межах максимальних та мінімальних показників представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 Напруження в межах максимальних та мінімальних показників

Найменування	Тип	Мін	Макс
Напруження	Напруження Von Mises	18,5 МПа Вузел: 4157	32,6 МПа Вузел: 331

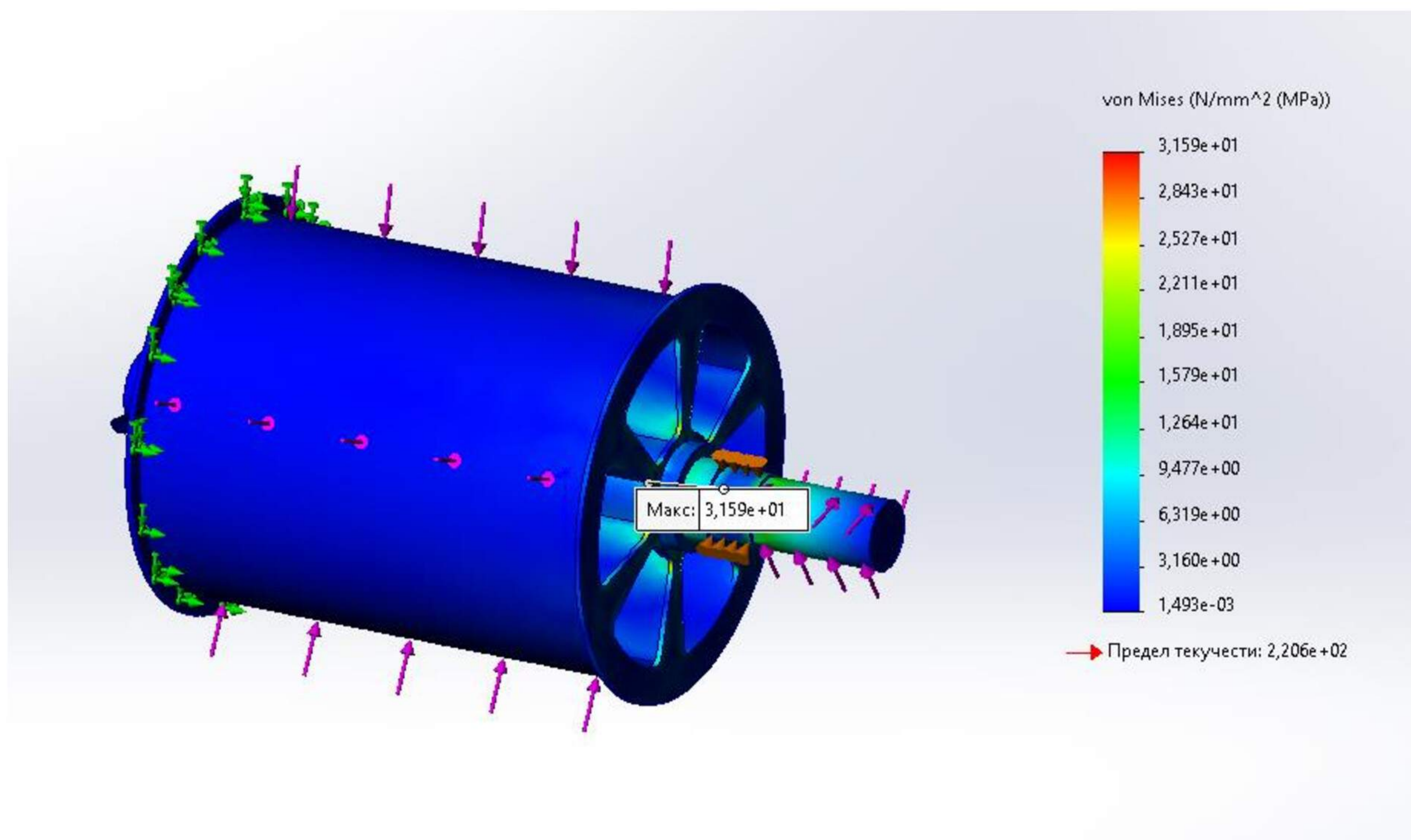


Рисунок 3.9 Епюри розподілу напружень Von Mises у барабані

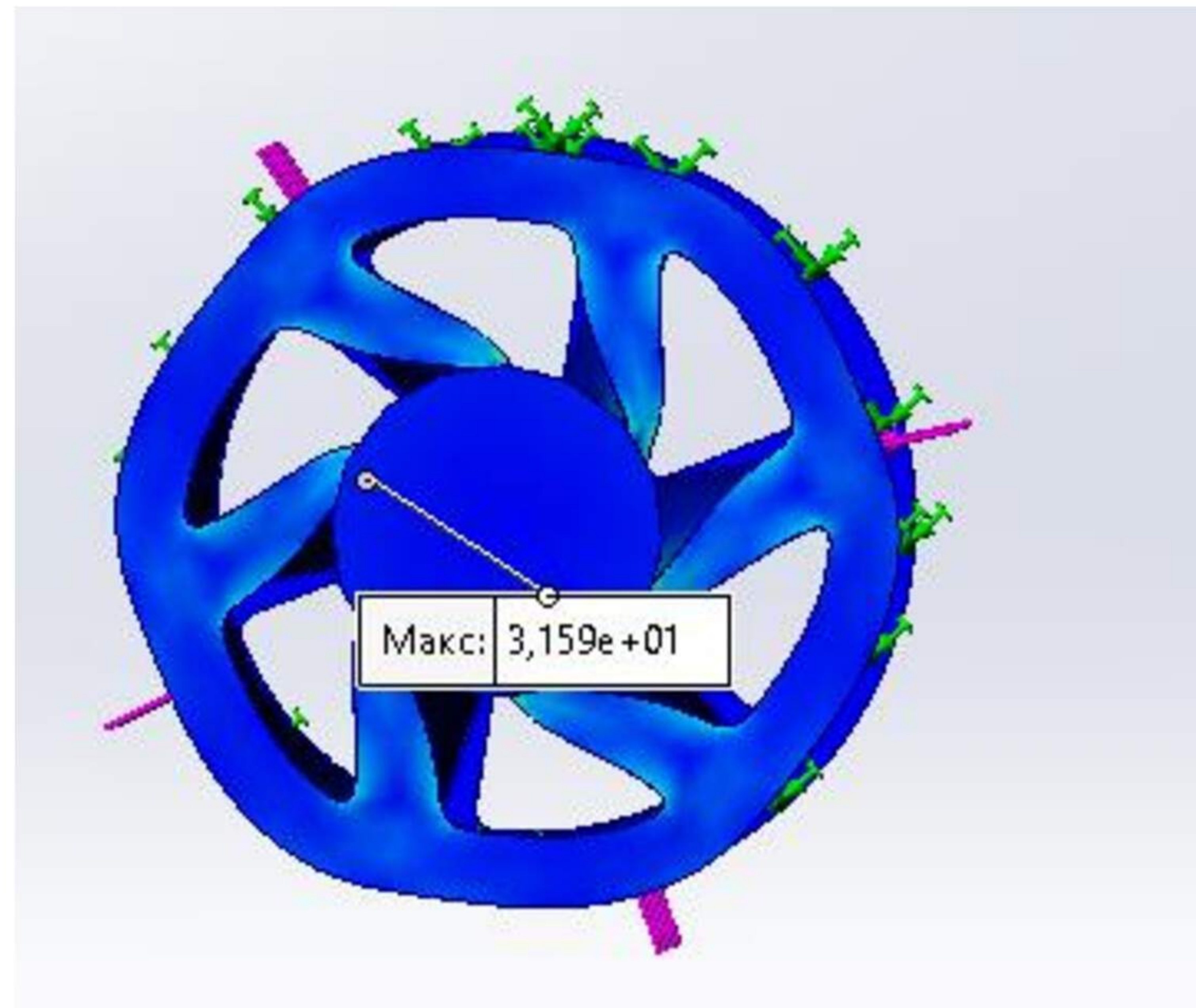


Рисунок 3.10 Умовний вигляд 3Д моделі барабану під дією критичних навантажень

Таблиця 3.4 Переміщення в межах максимальних та мінімальних показників

Найменування	Тип	Мін	Макс
Переміщення	URES: Результуюче переміщення	0mm Вузол: 114364	0,09 mm Вузол: 28301

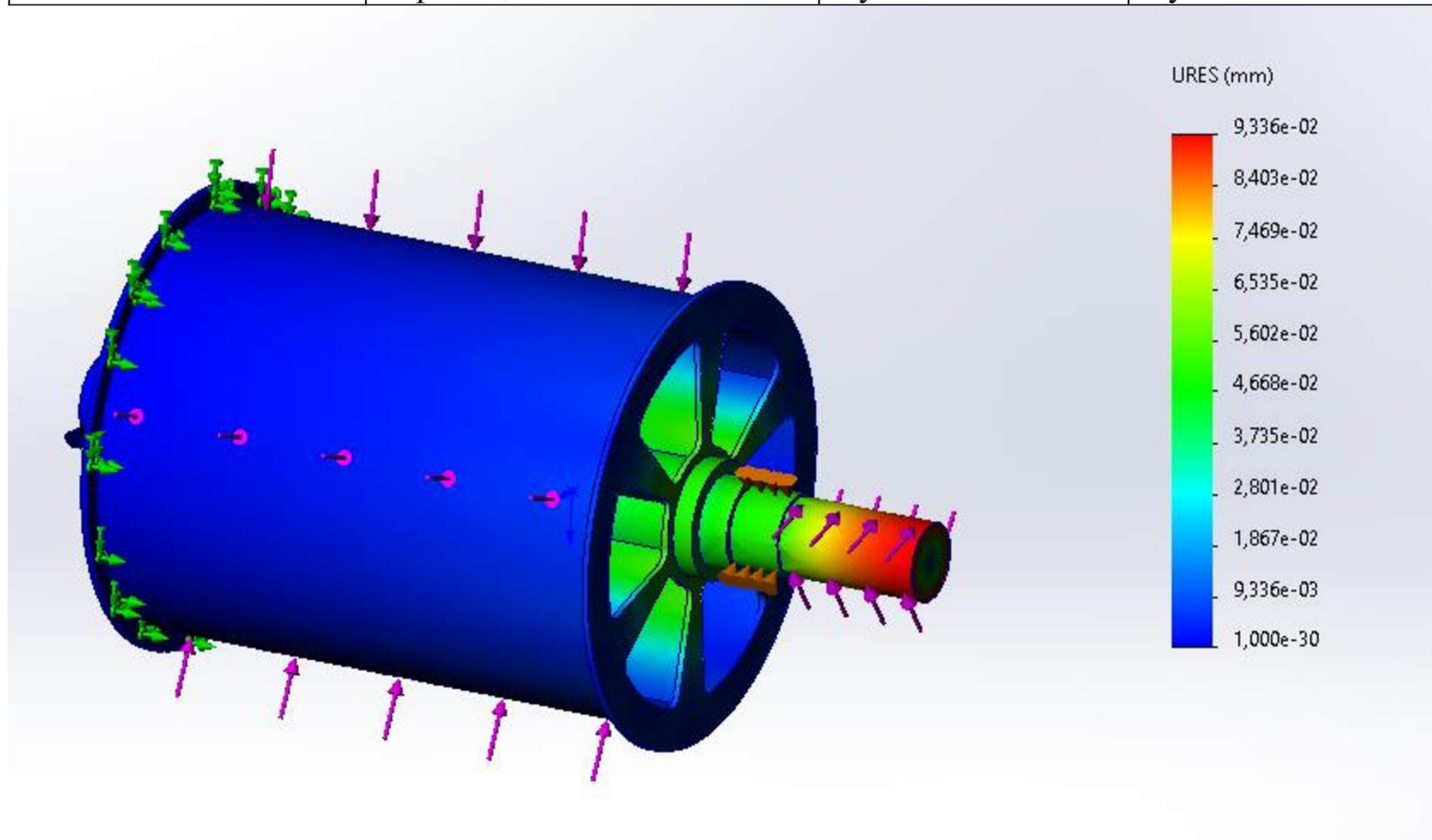


Рисунок 3.11 Епюри розподілу переміщень у барабані

Таблиця 3.5 Запас міцності в межах максимальних та мінімальних показників

Найменування	Тип	Мін	Макс
Запас міцності	-	6,98 Вузол: 32145	1,47e+05 Вузол: 49948

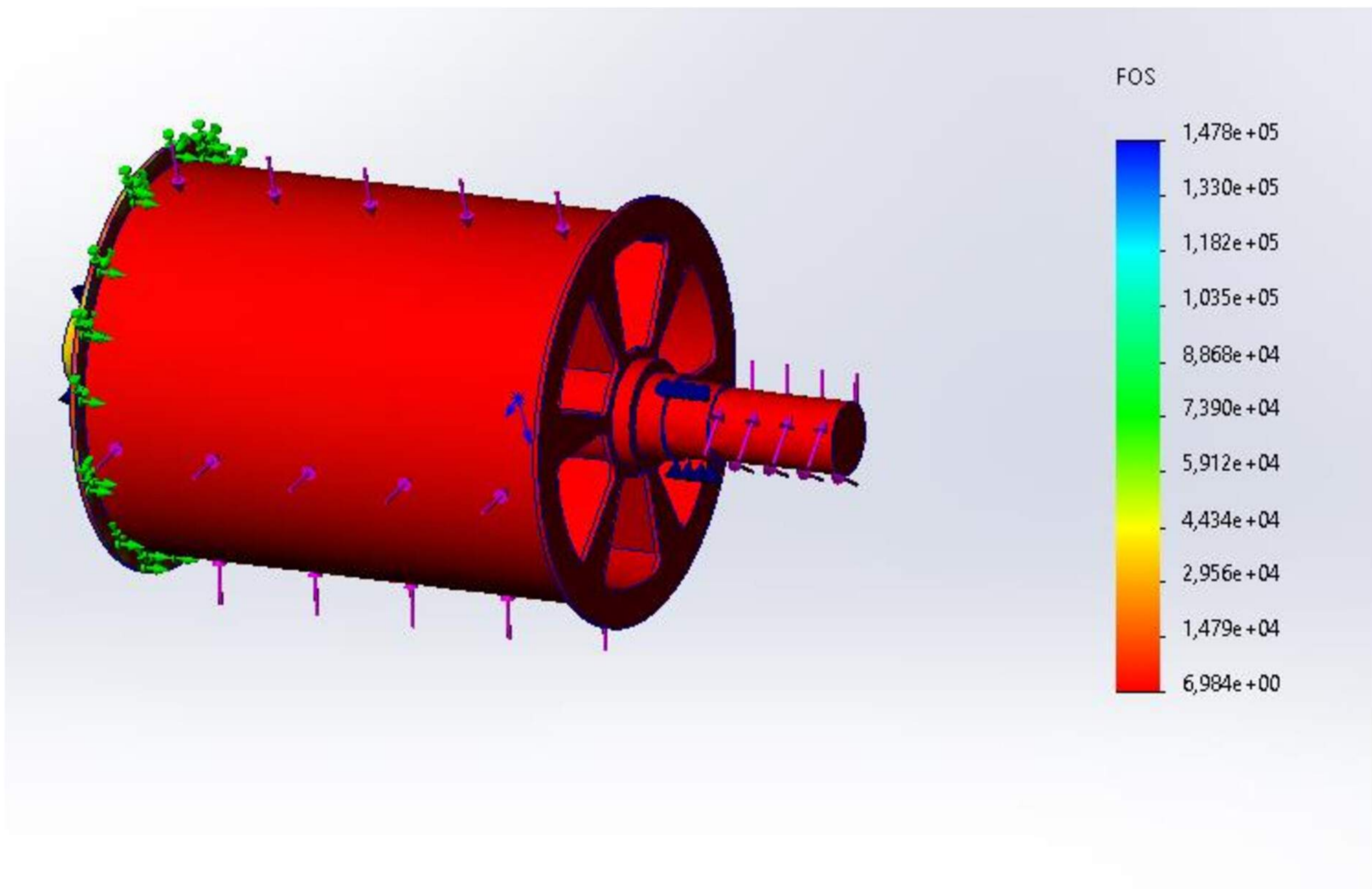


Рисунок 3.12 Епюри запасу міцності у барабані

Аналіз отриманих епюр показує наявність значного запасу міцності та розподілу напружень Von Mises у барабані при номінальних навантаженнях в межах допускаємих значень.

Аналіз отриманих результатів показує, що запропонована конструкція барабана та параметри валів відповідають допустимим значенням напружень, при цьому мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить 6,9.

4. Охорона праці та техногенна безпека

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Окремі операції доменного процесу супроводжуються шкідливими виробничими факторами - виділенням великої кількості тепла, пилу і газів. До таких операцій відносяться: розбирання отворів чавунної і шлакової льоток (особливо припікання їх киснем), випуск шлаку і чавуну з доменної печі.

Джерелом інтенсивних теплових випромінювань є розплавлений чавун і шлак. Робочі ливарного двору періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях горнових в залежності від розмірів і температури джерел випромінювання та відстані становить від 0,01 до 5,6 - 7,0 кВт / м². При виконанні окремих операцій інтенсивність опромінення досягає 10,5 кВт/м² і більше. Температура повітря на багатьох робочих місцях, розташованих на ливарному дворі, в зимовий час коливається від мінус 3 до мінус 10 градусів. При виконанні виробничих операцій працюючі піддаються впливу різких температурних періодів (коливань) від 1,9 до 16,4 градусів. Неприятливі умови створюються також в літній час (теплий період року): середня температура повітря на більшості робочих місць коливається в межах 32,9 - 36,7 градусів (при допустимій 28⁰С для робіт середньої тяжкості), а в період після випуску металу вона ще підвищується на 0,1 - 9,4 градуса.

Випуск чавуну і шлаку з печі супроводжується також виділенням значних кількостей шкідливих для організму газів і з'єднань оксиду вуглецю, сірчастого газу, різних вуглеводнів та ціаністих з'єднань. Джерелами виділення газів можуть бути також тріщини в кладці і кожусі доменної печі, нещільності з'єднань окремих елементів конструкцій.

Основну небезпеку становить оксид вуглецю CO - безбарвний газ, який немає запаху і не надає дратівливих впливів на органи чуття людини, що може викликати отруєння без будь-яких попередніх відчуттів. Значні перевищення концентрації оксиду вуглецю реєструються в повітряному середовищі у чавунних льоток, фурмених приладів, в кінці ливарного двору під час зливу чавуну та шлаку. Потрапляючи до організму людини через легені, CO порушує нормальні процеси газового обміну і окислення в організмі, що призводить до тяжких наслідків (отруєнь).

Спостерігається також забруднення повітряного середовища робочих місць сірчистим ангідридом, хоча і в концентраціях в більшості випадків, не перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК=10мг/м³). У загальному обсязі газовиділень частка інших газів є незначною і вони, як правило, надають періодичні впливи.

Шкідливим фактором є наявність високих концентрацій пилу в повітрі робочої зони при випуску чавуну і шлаку. Пил осідає в легенях і з часом приводить до важких форм захворювань. Максимальне пиловиділення спостерігаються біля головного жолоба під час випуску чавуну. У зоні ковша, що заповнюється чавуном, утворюється хмара пилу, яка складається в основному з графіту дрібних фракцій. Концентрація пилу в цій зоні при випуску значна. Також найбільш високі концентрації пилу спостерігаються у бункерів агломерату, в скіповій ямі і при відсіву агломерату.

До шкідливих виробничих факторів відносяться також підвищені рівні шуму, вібрації при проведенні деяких операцій. Виробничий персонал, що знаходиться на різних ділянках ливарного двору періодично піддається впливу широкосмугового шуму інтенсивністю 86 - 106 дБ. Високий рівень шуму спостерігається при роботі аераторів і при обдуванні майданчиків стисненим повітрям (особливо на високих частотах). Посередині ливарного двору рівень шуму досягає близько 92 дБ.

У таблиці 4.1 наведено характеристику фактичного стану умов праці на робочих місцях доменного цеху ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ".

Таблиця 4.1. Оцінка факторів виробничого середовища трудового процесу. Робоче місце - ливарний двір (професія-черговий слюсар-механік).

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач.	Факт. знач.	III клас – шкідливі і небезпечні умови і характер праці			Час тривалості фактора за зміну,%
				Iст.	IIст.	IIIст.	
1	Шкідливі хім. речовини, мг / м ³ I клас небезпеки марганцю оксид	0,3	1,28			4,26р	80
	II клас небезпеки азоту діоксид	2,0	2,6	1,3р.		.	
	III клас небезпеки ангідрид сірчаний	10,0	16,8	1,68р.			80
	монооксид вуглецю	20,0	23,5	1,18р.			80
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг / м ³	4	18,5		4,63 р.		80
4	Шум, дБА	80	95			15	80
8	Мікроклімат приміщенні, теплий період, середня тяжкість праці; 2,б: -температура, °С -швидкість руху повітря, м / с -відносна вологість, % -інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	15-26 0,2- 0,6 55 140	31 0,45 41 1435	- - -	5 1295		80
10	Тяжкість і напруженість праці	Середня 2,б; помірна напруженість					

На робочому місці чергового слюсаря -механіка діють 4 фактори 1 ступеня, 3 фактори 11 ступеня та 1 фактор 111 ступеня.

Робоче місце відноситься до особливо шкідливих , що відповідає списку №1

4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

Згідно з картою умов праці на ливарному дворі (для професії- черговий слюсар-механік) мають місце такі шкідливі фактори: хімічні речовини, пил, шум, підвищена температура повітря, інфрачервоне випромінювання. З метою запобігання небезпечних і шкідливих факторів на ливарному дворі доменного цеху розробляються такі заходи.

Для захисту від пиловидалень поблизу печі встановлена витяжна вентиляція, за допомогою якої видаляються запилені гази. Для запобігання виділенню запилених газів в простір ливарного двору головний жолоб від льотки до скимерів на період випуску чавуну накривається знімними укриттями. В кінці головного жолоба на скимері відбувається розподіл чавуну і шлаку. Гази, що утворилися при цьому, відбираються в районі скимерів.

Жолоби, що гойдаються, для чавуну і шлаку укриті рухливими кришками. Витяжка від жолобів проводиться двома збірними отворами, виконаними в стінках отвору.

Крім того планується впровадження наступних заходів:

1. Закінчити будівельну частину фільтрувальної станції операційної системи уловлювання та очищення газів при виплавці продуктів плавки, доменних печей (зменшення кількості пилу і газів).

2. Виключити поставку агломерату з вмістом дрібної фракції 0-5мм. (Призначення: зменшення кількості пилу).

- 3 Зробити укриття жолобів на розливних машинах і підключити

систему аспірації до фільтрованої станції з уловлювання та очищення газів. (Призначення: зменшення кількості пилу і газів).

4 Зробити аспіраційну установку для обривкової ями чавуновозів (призначення: зменшення кількості пилу).

5 Провести реконструкцію системи аспірації галереї підбункерних приміщень, скіпових ям і підключити її до фільтрувальної станції з уловлювання та очищення газів (призначення: зменшити кількість пилу).

Для прибирання колошникового пилу в доменному цеху передбачено спеціальні залізничні колії, які прокладені під сухими пиловловлювачами. Випуск пилу з пиловловлювачів в вагони проводиться за певним графіком. Для випуску пилу широко застосовують шнекові пристрої. Під нижньою горловиною пиловловлювача встановлений відсічний тарілчастий клапан, нижче клапана встановлені два горизонтально розташованих шнека, які укладені в закритий корпус. При відкриванні клапана пил зсипається з пиловловлювача на шнеки, які переміщують її до вивантажувального отвору, розташованого над вагоном. При русі пил зволожується за допомогою декількох форсунок, розміщених в корпусі пристрою. Продуктивність пристрою 100м³ пилу в годину. Колошниковий пил в вагонах транспортують на агломераційну фабрику і використовують як добавку до шихти при агломерації.

Для видалення пилу ливарного двору застосовуються аспіраційна установка АС-1, що складається з пиле відбійного короба, газоходу, димососа Д-20, зволожувача пилу. Контроль подачі води від зволожувача пилу надходить по похилому жолобу в яму. Контроль подачі води та чистка отворів зволожувача здійснюється постійно при профілактичних оглядах і ремонтах. Дана установка сприяє безпечній роботі персоналу під час випуску чавуну, ремонтних роботах та оглядах обладнання.

У сучасних доменних печах питомий вихід доменного газу становить

180-200м³ / м³ корисного об'єму в годину, надлишковий тиск газу на колошнику 0,1-0,25МПа, температура 120-450°С, вміст пилу в газі становить 10-30г/м³ і парів води 90-100г / м³.перед подачею в пальники для запобігання виходу з ладу (засмічення і ін.) вміст пилу в газі повинно бути більше 5 мг/м³, в зв'язку з чим потрібне обов'язкове газоочищення.

Захист від інфрачервоного випромінювання досягається захистом часом, відстанню, теплоізоляцією гарячих поверхонь, екрануванням джерел випромінювання і робочих місць, повітряним душенням. Для захисту горнового і чергового слюсаря від випромінювання пропонується екранування робочого місця рухомим тепло відбійним екраном. Він не тільки захищає від теплових випромінювань, але і оберігає персонал від іскор і виплесків розплавленого металу і шлаку. Захист від шуму забезпечується вже на стадії проектування технологічних процесів і машин. Передбачається зменшення шуму в джерелі виникнення; зниження шуму на шляхах його поширення; вдосконалення технологічних процесів і машин; акустична обробка приміщень. З метою зниження впливу шуму на горнового пропонується індивідуальні засоби захисту (беруші),а для оператора печі звукоізоляція пульта управління.

4.3 Виробнича санітарія

Відповідно до санітарних вимог доменний цех розташовано з підвітряного боку по відношенню до цехів з меншою кількістю шкідливих виділень, а також щодо населених пунктів. Крім того, між цехом і житловим районом встановлюється санітарно - захисна зона, ширина якої повинна бути не менше 1000 м, тому що «Запоріжсталь» відноситься до I класу шкідливих підприємств. Встановлюється допустимий обсяг виробничого приміщення на кожного працюючого - не менше 15м³, а площа - не менше 4,5 м². Розміри приміщення ливарного двору відповідають санітарним

вимогам: висота будівлі не менше 3,2 м; висота галерей і естакад - не менше 2м при регулярному проході працюючих і не менше 1,9 м при нерегулярному проході, ширину - не менше 1,5 м зі збільшенням на 0,5 м на кожні 200 чоловік понад 400. Всі майданчики на висоті 0,6 м і більше від підлоги, сходи, перехідні містки, отвори, люки, канави та ін. захищаються поручнями висотою не менше 1,0 м із суцільним обшивкою по низу на висоту 0,14 м. Сходи мають ухил не більше 40 °.

Мікроклімат

Виходячи з категорій виконуваних робіт по тяжкості, характеристики виробничих приміщень по надлишкам явного тепла, з урахуванням періодів року (теплий, холодний), встановлюються параметри повітряного середовища для робочої зони ливарного двору. Дані зводимо в таблицю 7.2.

Таблиця 4.2 Значення допустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні ливарного двору.

Період року	Категорія	Період року (теплий, холодний)			Температура повітря для постійних робочих місць, °С
		На постійних робочих місцях			
		Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Холодний	Середня тяж. 2,6	15-21	Не більш 75	Не більш 0,4	13-23
Теплий		16 – 27	Не більш 70 при 25°С	0,2-0,5	15-29

Велика швидкість руху повітря в теплий період року відповідає максимальній різниці температур робочої зони і зовнішньої, менша -

мінімальній різниці температур. В цеху використають витяжну і припливну механічну вентиляцію, а в деяких випадках аерацію тобто організований регульований природний повітрообмін.

Освітлення виробничих приміщень

Освітлення в проекті передбачається природне з огляду на його високу біологічну і гігієнічну цінність. Для цього конструктивні рішення будівлі цеху виконуються з урахуванням вимог ДБН В 2.2.5-28-2006. Природне освітлення поверхні на відкритих майданчиках створюється прямим сонячним світлом і дифузійним світлом небосхилу. Основний показник - коефіцієнт природної освітленості (КПО). Це - відношення природної освітленості, яка створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба безпосередньо або після відбивання (E_v), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості створюваної світлом повністю відкритого небосхилу (E_n):

$$e = E_v / E_n * 100, \%$$

Значення визначаємо за довідковими таблицями - $e = 2,7\%$ для розряду зорової роботи - VII.

Нормоване значення КПО з урахуванням характеру здорової роботи і світлового клімату в районі розташування виробничого приміщення:

$$e_n = e * m * c,$$

де, e - значення КПО для 111 світловій зони;

m - коефіцієнт світлового клімату.

Приймаємо для Запоріжжя (4 зона) $m = 0,9$;

$c = 0,8$ - коефіцієнт сонячності клімату,

тоді маємо

$$e_n = 0,027 * 0,9 * 0,8 = 0,019 = 1,9\%$$

Для створення сприятливих умов праці важливо мати раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці і захворювання очей, а також може стати причиною нещасних випадків. Штучне освітлення необхідно для проведення робіт в темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення. На ливарному дворі використовують лампи типу ДРЛ, ДРІ, потужністю до 1000 Вт та енергозберігаючі LED, 100Вт. В якості світильників прийняті пристрої типу «Астра» та розсіяного світла.

4.4 Заходи пожежної та техногенної безпеки

Імовірність аварій і пожеж, засоби попередження і локалізації.

Виробництва згідно небезпек підрозділяються на вибухові, вибухопожежні та пожежні категорії (Табл.4.3).

У доменному виробництві питання забезпечення пожежної безпеки мають особливе значення, оскільки доменна піч є одним з основних агрегатів і розлад ходу доменних печей відіб'ється на всіх наступних переділах.

Причина виникнення пожежі різноманітні: недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, пристроїв комунікацій, дефекти обладнання, порушення режимів технологічних процесів, неправильне проведення робіт, необережність і недбалість персоналу. Одним з джерел утворення вибухонебезпечних сумішей є міжконусний простір доменної печі. Для попередження вибуху в цю зону подають пар або інертний газ, який блокується з завантажувальним пристроєм. Без подачі пари або газу в міжконусний простір механізм завантаження не працює.

Таблиця 4.3 Вибухо і пожежонебезпека виробничих приміщень

Характеристика виробництва	Категорії виробництва	Характеристика відображаючих у виробництві речовин
Вибухопожежонебезпечні	А	Горючі гази, нижня межа вибуховості яких 10% і менше до об'єму повітря, рідини з температурою спалаху парів 2 \$ 3 'включно за умови, що зазначені гази і рідини можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в
	Б	Горючі гази, нижня межа вибуховості яких понад 80% обсягу повітря, рідини з температурою спалаху парів вище 28С ° до 60 С ° включно, рідин нагрітих в умовах виробництва до температури спалаху і вище, горючі пил і волокна, нижня межа
Пожежонебезпечні	В	Рідини з температурою спалаху парів вище 60 С°, горючі пил або волокна нижня межа вибуховості яких понад 65г / м3 до об'єму повітря; речовини, здатні тільки
	Г	Нагріваються речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес оброблення яких супроводжується виділенням
	Д	Вогнетривкі речовини і матеріали в холодному стані

Щоб уникнути загоряння в цеху необхідно, перш ніж вдувати в доменну піч пилоподібне паливо або мазут, необхідно переконатися в справності запірної апаратури і контрольно - вимірювальних приладів. Горючі гази, що знаходяться в трубопроводах і обладнанні, створюють вибухові і пожежні

небезпечні ділянки в доменному цеху. До найбільш ймовірних місць загоряння газу - нещільність в з'єднаннях, що пропускають газ; погано провітрювані приміщення, де знаходиться апаратура під тиском; подача пального газу по трубам. При попаданні до них повітря (через зниження тиску або припинення подачі газу) утворюється вибухонебезпечна суміш. Небезпеку, в плані займання, представляють також ділянки шихто подачі. Кокс є горючою речовиною, тому підбункерне приміщення є пожежно-небезпечним. Кокс, агломерат, шихта і інші матеріали, що застосовуються для виплавки чавуну, транспортуються за допомогою транспортних стрічок. Щоб уникнути загоряння транспортних стрічок не допускається приймати неохолоджені шихтові матеріали з температурою вище 100°C (навіть незначне вогнище у замкнутому просторі галереї дуже швидко розвивається до розмірів великої пожежі).

Щоб уникнути пожежі на газових комунікаціях забороняється: користуватися факелом відкритого вогню для відігрівання газопроводу і запірної арматури, а також для визначення місця витoku газу; застосовувати дерев'яні пробки для закриття штуцерів і отворів на газопроводах; витратити газ в разі падіння його тиску в газопроводі нижче 500 Па; складати поблизу газопроводу горючі матеріали; підпалювати газ, що виходить під час продування газопроводу.

Ковші для металу і шлаку повинні подаватися тільки сухими. Щоб уникнути виплесків металу і шлаку ковші не доливають до верхньої кромки на відстань, вказану в цеховій інструкції. Електричне кабельне господарство повинно бути надійно захищено від попадання розплавленого металу і шлаку. З цією метою його розташовують в спеціальних приміщеннях: електричній підстанції, в кабельних підвалах, тунелях, галереях. Небезпеку становлять також розподільні щити та щити управління.

На відміну від інших металургійних агрегатів в доменних печах як паливо можна використовувати вугільний пил. Установки для вдування вугільного пилу вибухонебезпечні; таку ж небезпеку становлять відділення млинів (кульових), де виготовляють пил, а також розподільчі - дозувальні пристрої.

Для створення діючої системи протипожежного захисту виробничих будівель і споруд, в першу чергу, необхідно визначити категорії приміщень по вибух пожежної відповідно до ДБН В 1.1 - 7.2002.

Визначення категорій на стадії проектування здійснюється розробником технологічного процесу. Для діючих підприємств категорії небезпеки можуть визначатися технологами цих підприємств або організаціями, що мають відповідних фахівців та дозвіл (ліцензію) на такий вид діяльності.

Доменний цех (ливарний двір) відноситься до категорії Г пожежної небезпеки - негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Так в процесі виплавки чавуну виділяється доменний газ, що в подальшому (після очищення) використовується як паливо. Чавун і шлаки знаходяться в розплавленому (гарячому) стані всередині доменної печі.

Бункерні естакади і підбункерне приміщення відносяться по пожежній небезпеці до категорії В, вибухе пожежної зони П -II. Пальним середовищем є такі матеріали, як кокс, що входить до складу шихти.

Ступінь вогнестійкості промислових споруд залежить від ступеня займистості і меж вогнестійкості його основних конструкцій. Залежно від категорії пожежної небезпеки процесу вибирають ступінь вогнестійкості будівлі, площа поверхні між протипожежними стінами і число опорних колон. Таким чином категорія пожежної небезпеки приміщення ливарного

двору - Г, ступінь вогнестійкості будівлі II с мінімальною межею вогнестійкості основних конструкцій 2 години.

Протипожежна служба на об'єктах доменного цеху і в тому числі на електроустановках здійснюється як підрозділами пожежної охорони, так і з залученням робітників та інженерно - технічних працівників цеху. Норми первинних засобів пожежогасіння в доменному виробництві на одну домну передбачають: один пінний вогнегасник, шість вуглекислотних вогнегасників ВВ- 5 або ВР -8, чотири ящики з піском.

Застосовують в цеху також автоматичні повітряно - пінні установки для гасіння пожеж в початковій стадії. Їх використовують в підбункерному приміщенні для гасіння коксу, в разі його запалення.

Заходи, спрямовані на ліквідацію надзвичайних ситуацій

Види аварійних ситуацій, на які складаються плани ліквідації аварій

Оперативною частиною плану ліквідації аварій (ПЛА) повинні охоплювати всі види можливих аварій.

При залишенні ПЛА так само враховується порушення нормальних виробничих умов і режимів роботи, відключення електроенергії, припинення роботи вентиляції, вимикання освітлення, припинення подачі сировини, палива, газу, води, пара, порушення технологічного процесу або режиму роботи агрегатів, апаратів, пилоочисного і газових установок, комунікацій, загоряння від газових розривів і вторинних напрямків блискавок, які можуть привести до аварії.

До аварійних ситуацій в доменному цеху можливо віднести : прогар чавуну, шахти заплічок доменної печі, холодильників, чавунної льотки і горна, прориву рідкого чавуну, наявність хімічно агресивних і вибухонебезпечних речовин, розриви і пожежі на газопроводах доменного

і коксового газу.

В одну позицію плану може включатися один або кілька виробничих місць, якщо заходи з порятунку людей з місць однакові.

Допускають об'єднання в одну позицію можливих випадків вибуху і пожежі. При цьому для зазначених аварій необхідно передбачити окремі заходи.

Заходи з порятунку людей і ліквідації аварій повинні розроблятися з урахуванням взаємозв'язку з комунікацій і взаємного розташування виробництв, цехів, відділень, установок і інших об'єктів.

Таблиця 4.5 - Заходи з ліквідації аварії при пошкодженні газопроводу в будівлі повітря нагрівачів доменної печі

Заходи з порятунку людей і ліквідації аварії	Особи відповідальні за виконання	Дії газорятувального підрозділу і пожежників	Місця знаходження засобів порятунку людей
1	2	3	4
1. По гучному зв'язку попередити всіх про аварію, а при його пошкодженні окриком	Газовщик або хто перший помітив аварію	Обстежити місце аварії і надати допомогу постраждалим	Газозахисна апаратура знаходиться в газовій будці
2. Видалити усіх людей із загазованої зони	Начальник зміни, майстер печі і старший газівник	Майстер доменної печі зобов'язаний вивести людей з робочих місць в безпечне місце	Відкрита територія біля цеху
3. Виставити попереджувальні знаки або людей для обмеження загазованої зони	Майстер, бригадир	Не допускати людей в небезпечну зону	

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4
4.Визвати рятувальників, працівників медпункту і пожежну частину	Майстер доменної печі	При необхідності надавати допомогу	
5. Припинити транспортування продуктів плавки і обробку шлаку	Майстер доменної печі, диспетчер цеху	Забезпечувати контроль	
6.Зняти повітрянагрівачі з режиму "нагрів"	Старший газовик, газівник	Не допускати порушень	
7.Повідомити про аварію начальника цеху або його заступників	Бути на зв'язку		

В оперативній частині ПЛА повинні бути передбачені:

а) заходи з порятунку людей і ліквідації аварій, конкретно по кожному передбаченому нагоди аварій;

б) особи, відповідальні за виконання передбачених заходів та контроль за виконавцями;

в) дії газорятувального підрозділи і пожежної частини в початковий момент з порятунку людей і ліквідації аварій;

г) місця знаходження коштів для ліквідації аварій.

Розглянемо заходи, спрямовані на ліквідацію розриву газопроводу (Табл.4.5).

4.5 Засоби індивідуального захисту

Для захисту від впливу шкідливих факторів в ливарному дворі широко використовуються індивідуальні та колективні засоби захисту (ЗІЗ, КСЗ). До

ЗІЗ відноситься спеціальний одяг і взуття, каски, шоломи, світлофільтри. КСЗ включають витяжну механічну вентиляцію, аерацію при сприятливих умовах і якщо забруднення викидів не перевищують допустимих нормативів, аспірацію жолобів для чавуну і шлаку. Більш детально засоби захисту представлені в табл.4.6.

Таблиця 4.6 - Технічні заходи захисту виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий чинник виробничого середовища	Захисне обладнання	Тип пристроїв	Параметр и пристроїв	Місце встановлення
1	Пил	Витяжна вентиляція	КЗЗ	-	В місцях забруднених пилом
2	Пил	Респіратор	Росток	До 20мг/м3	Індивідуальн о
3	Шум	Навушники протишумові, беруші	Одноразо-ві	до 110дБА	Індивідуальн о
4	Температура в холод. період року.	Утеплена куртка, ватні штани, костюм з х/б тканини, ботинки	Тп	До(-20 °С)	Індивідуальн о
	Теплий період року	Костюм із х/б тканини, ботинки	Тм	До(+40°С)	
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й для пилу+ костюм х/б, рукавиці	Пм	До30 мг/м3	Індивідуальн о

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту (НПАОП 27.0-3.01-08). При відсутності засобів захисту від шкідливостей можливе виникнення окремих ознак профзахворювань органів дихання, слуху, кровообігу (силікоз, глухота, знижений або підвищений тиск, «варікоз»), а також призводять до зростання патологій з короткочасною втратою працездатності.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено розгляд скіпових підйомників типової доменної печі. Встановлено, що завантаження доменних печей металургійного комбінату «Запоріжсталь» здійснюється скіповими підйомниками, що мають недоліки в роботі.

До основних механізмів скіпового підйомника відноситься скіпова лебідка. Скіпові лебідки мають великі габарити і значну кількість передавальних елементів (муфти, зубчасті передачі). Лебідка складається з електродвигунів постійного струму, сполучних зубчастих муфт, гальм, редукторів, барабана і зубчастої передачі. При цьому обертові елементи мають значні габарити. Лише тільки барабан має діаметр більше двох метрів. В ході експлуатації скіпової лебідки найбільші складності пов'язані з нерівномірним розтягненням канатів правого та лівого скипів. Навіть при наявності компенсаційних пристроїв проблема залишається, що призводить до частих зупинок. Також нерівномірні навантаження призводять до зниження надійності барабана лебідки.

Проведені розрахунки навантажень на вузли скіпового підйомника показали наявність значних динамічних навантажень.

Проведено експериментальні дослідження в лабораторії кафедри металургійного обладнання Інженерного навчально наукового інституту ЗНУ, на моделі скіпового підйомника, з використанням сучасного вимірювально-обчислювального модуля МІС-018-3. Роботою вимірювального модуля управляє контролер, підключений до зовнішньої ПЕОМ у вигляді цифрового інтерфейсу. Експериментальні дослідження дозволили побудувати осцилограми зусиль у канаті під час руху скипів у двох напрямках та визначити їх динаміку.

Проведено моделювання та дослідження роботи барабана скіпової лебідки за допомогою 3д моделювання у програмі SolidWorks.

Запропоновано удосконалення барабана за рахунок встановлення додаткових механізмів для натягування канатів.

У розділі охорона праці та техногенна безпека проведено аналіз потенційних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, такі як шум, пил, робочі механізми й надані методи захисту від них.

Представлені в роботі дослідження можуть бути використані у доменному цеху ПАТ «Запоріжсталь» на агрегатах скіпового підйомника або на підприємствах металургійної промисловості, що мають аналогічне устаткування або проектують обладнання скіпових підйомників.

Література

1. Продукция АЗОВМАШ. / Скіпова лебідка
URL: <https://www.azovmash.com/ru/catalog/259> (дата звернення: 06.11.2023).
2. Жук А.Я., Желябіна Н.К. Механічне устаткування цехів по виробництву металів та сплавів: Навчальний посібник. /Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 1998,- 216с.
3. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : Підручник. – 4-е вид.,перероб. І доп. – Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. – 379 с.
4. Кравченко В. М., Сидоров В. А., Седуш В.Я. Технічне діагностування механічного обладнання: Підручник. - : ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2007. – 447 с.
5. Жук А.Я., Желябіна Н.К., Таратута К.В., Коваль М.В. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обґрунтування. Книга 1. Навчальний посібник. К.: Кондор-Видавництво, 2012р.- 574с. ISBN 978-966-2781-12-0 Гриф МОНУ (№1-11-7284 від 04.08.2011р.)».
6. Жук А.Я., Бойко О.В., Таратута К.В., Коваль М.В. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обґрунтування. Книга 2. Навчальний посібник. К.: Кондор-Видавництво, 2012р.-542с. ISBN 978-966-2781-13-7 Гриф МОНУ (№1-11-7284 від 04.08.2011р.)».
7. Монтаж металургійного обладнання: Навчальний посібник./ Жук А.Я., Желябіна Н.К., Малишев Г.П., Таратута К.В.- К.: Видавничий дім: «Кондор», 2018р.- 330с. ISBN 978-617-7582-44-0.
8. Білодіденко С. В., Біліченко Г. М., Гануш В. І. Періодичність діагностування механічних систем : навч. посіб. Дніпро : НМетАУ, 2017. 89 с.
9. Технічне обслуговування металургійного обладнання: Навчальний посібник./ Жук А.Я., Желябіна Н.К., Малишев Г.П., Таратута К.В.- К.:

Видавничий дім: «Кондор», 2017р.- 288с. ISBN 978-617-7582-07-5.

10. Ремонт металургійного обладнання: Навчальний посібник./ Жук А.Я., Желябіна Н.К., Малишев Г.П., Таратута К.В.- К.: Видавничий дім: «Кондор», 2017р.- 236с. ISBN 978-617-7582-08-2.

11. Заблонский К.І. Деталі машин: Підручник. – Одеса: Астропринт, 1999. – 404с.

12. Кирилюк Ю.Є. Допуски та посадки. Довідник. К.: Вища школа, 1999. - 135с.

13. Гребінник В.М., Іванченко Ф.К. , Ширяєв В.І. Розрахунок металургійних машин та механізмів. К.: Вища школа, 1988. - 383 с.

14. Технологія конструкційних матеріалів: навч. посіб. / П. І Літовченко, Л. П. Іванова. – Х. : НА НГУ, 2016. – 306 с.

15. Інтегровані технології обробки матеріалів: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофєєва, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 238 с.

16. Тарасенко О. Ю. Стратегічний розвиток металургійної галузі України на основі підвищення інноваційного потенціалу. Менеджер. 2014. №2(68). С. 114–118.

17. Кушакова Н. О. Металургійний комплекс України : загальна характеристика та сучасний стан розвитку. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. Вип. 23. Частина 1. С. 162–166.

18. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги ; затверджено та наказом Мінрегіоном України від 31.10.2016 р №237 та введений в дію з 01.06.2017 р. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 35с.

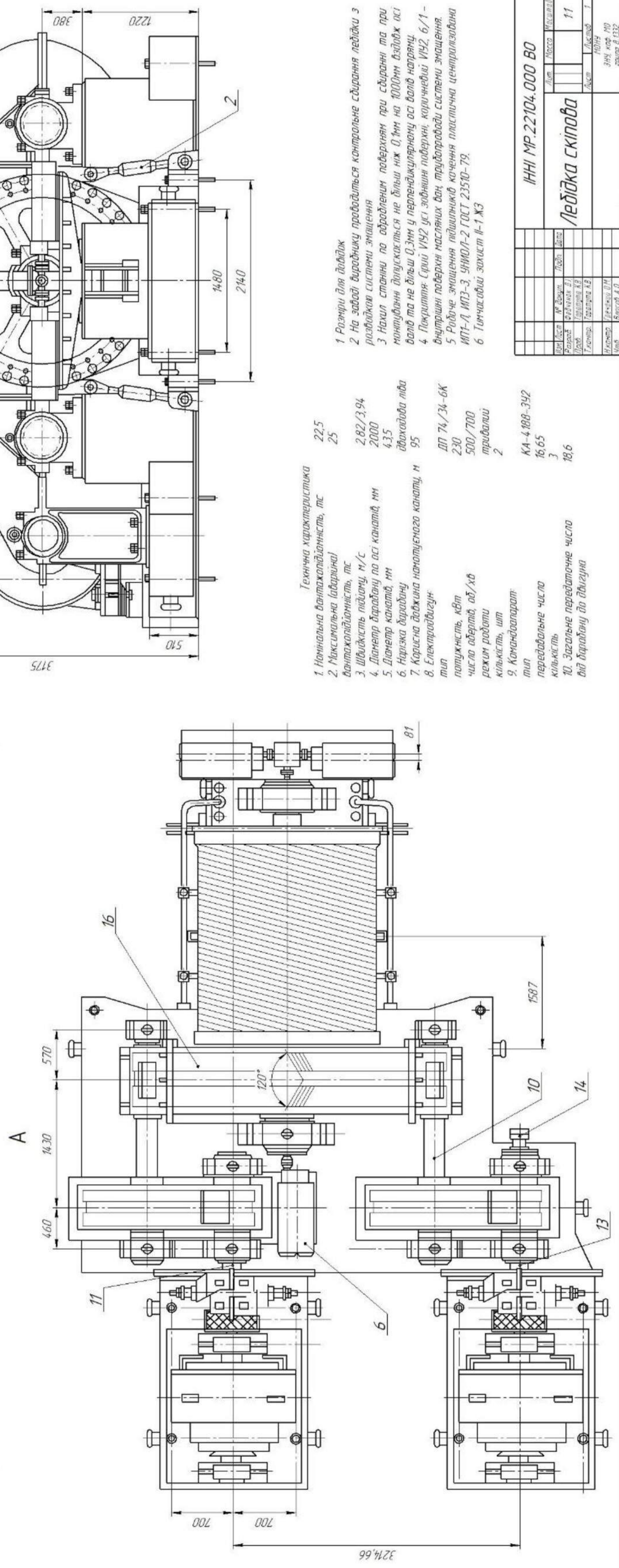
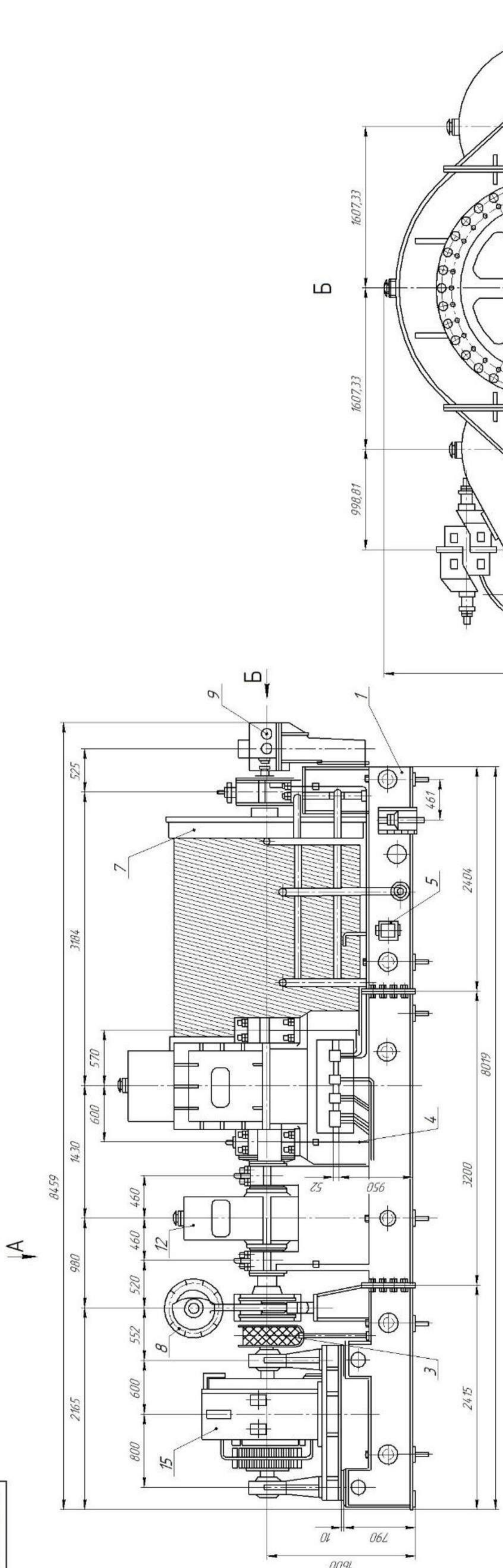
19. Геврик Є.О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

ДОДАТКИ

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Формат
1	Креслення загального виду	1	A1
2	Складальні креслення	2	A1
3	Деталювання	2	A1
4	Плакати дослідницької частини	1	A1

ІННІ МР.22104.000.В0



- Технічна характеристика**
- 1. Номінальна вантажопідіймальність, тс 22,5
 - 2. Максимальна ісправна вантажопідіймальність, тс 25
 - 3. Швидкість підйому, м/с 2,82/3,94
 - 4. Діаметр барабану по осі канатів, мм 2000
 - 5. Діаметр канатів, мм 43,5
 - 6. Нарізка барабану, мм 95
 - 7. Корисна довжина намотуємого канату, м 74/34-6К
 - 8. Електродвигун тип ДП 74/34-6К
 - 9. Потужність, кВт 2,30
 - 10. Число обертів, об/хв 500/700
 - 11. Режим роботи триболой
 - 12. Кількість шп 2
 - 13. Консольовий тип КА-4.188-342
 - 14. Передавальне число 16,65
 - 15. Кількість 3
 - 16. Загальне передавальне число від барабану до двигуна 18,6

1 Розміри для вантажу
 2 На заводі виробника проводиться контрольне збирання ледьки з розбіжної системи змащення
 3 Нахил станини по абразивним поверхням при збиранні та при маневруванні допускається не більш ніж 0,1мм на 1000мм вантаж ост валів та не більш 0,2мм у перпендикулярному осі валів напрямку.
 4 Покриття: Стрий ІУ92 уст зводіння підйомних, каричневий ІУ92, 6/1 – внутрішні поверхні наслівних валів та барабанів системи змащення
 5 Рідке змащення підвищеної якості пластична центральзована ІМП-1 ІП3-3, УНІОЛ-2 ГОСТ 23570-79.
 6 Тимчасовий захист І-1 ЖЗ

ІННІ МР.22104.000.В0	
Лист	Маса
11	11
Листів	Листів
1	1
Масштаб	1:1
Інженер	Проєктувальник
Висхідний	Висхідний
Затверджено	Затверджено
Дата	Дата

ІННІ МР.22104.000.В0	Ледька скіпова
Лист	Маса
11	11
Листів	Листів
1	1
Масштаб	1:1
Інженер	Проєктувальник
Висхідний	Висхідний
Затверджено	Затверджено
Дата	Дата

Листів 11

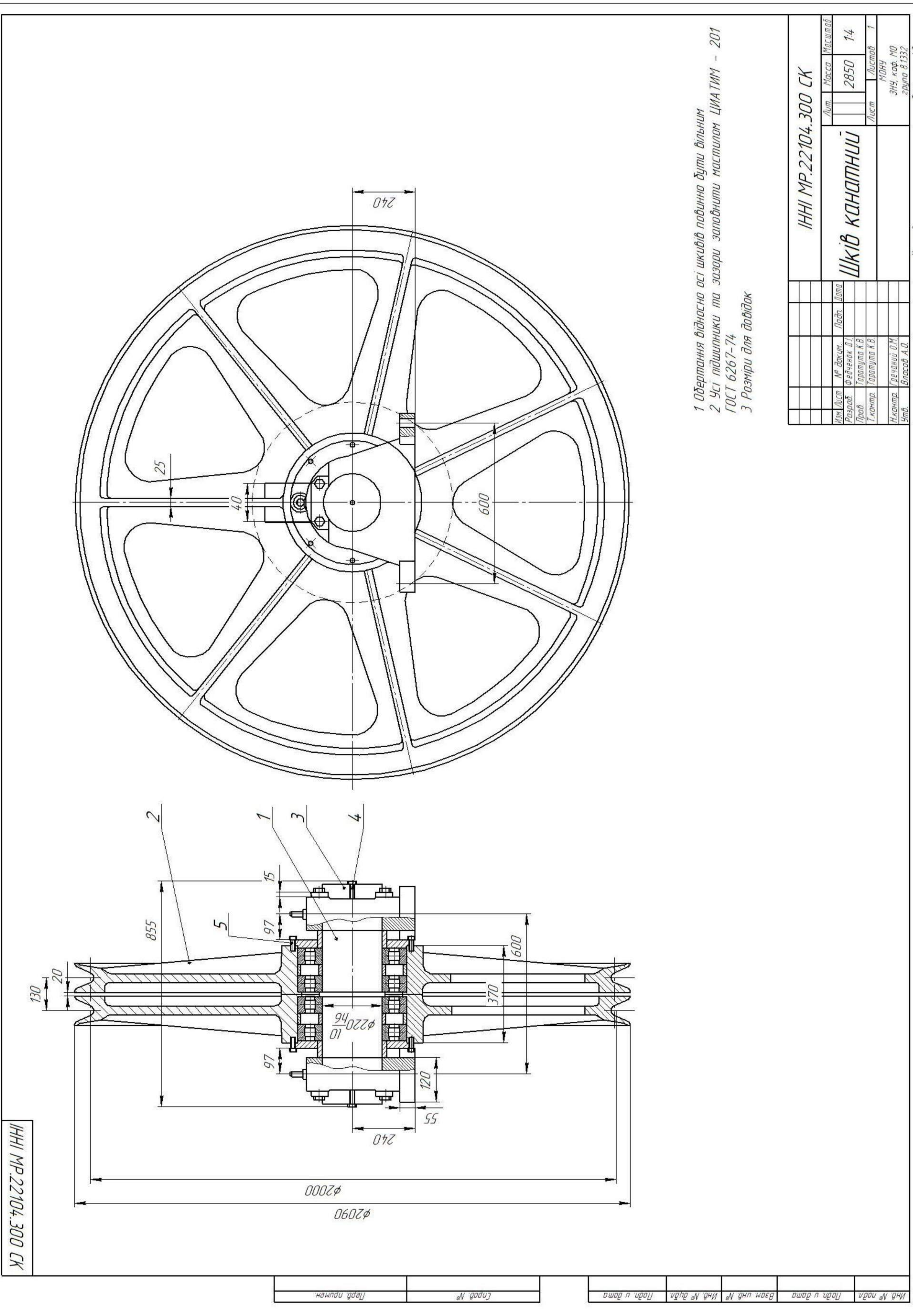
Маса 11

Інженер Проєктувальник

Висхідний Висхідний

Затверджено Затверджено

Дата Дата



- 1 Обертання відносно осі шківів повинно бути вільним
- 2 Усі підшипники та зазори заповнити мастилом ЦИАТИМУ - 201 ГОСТ 6267-74
- 3 Розміри для довідок

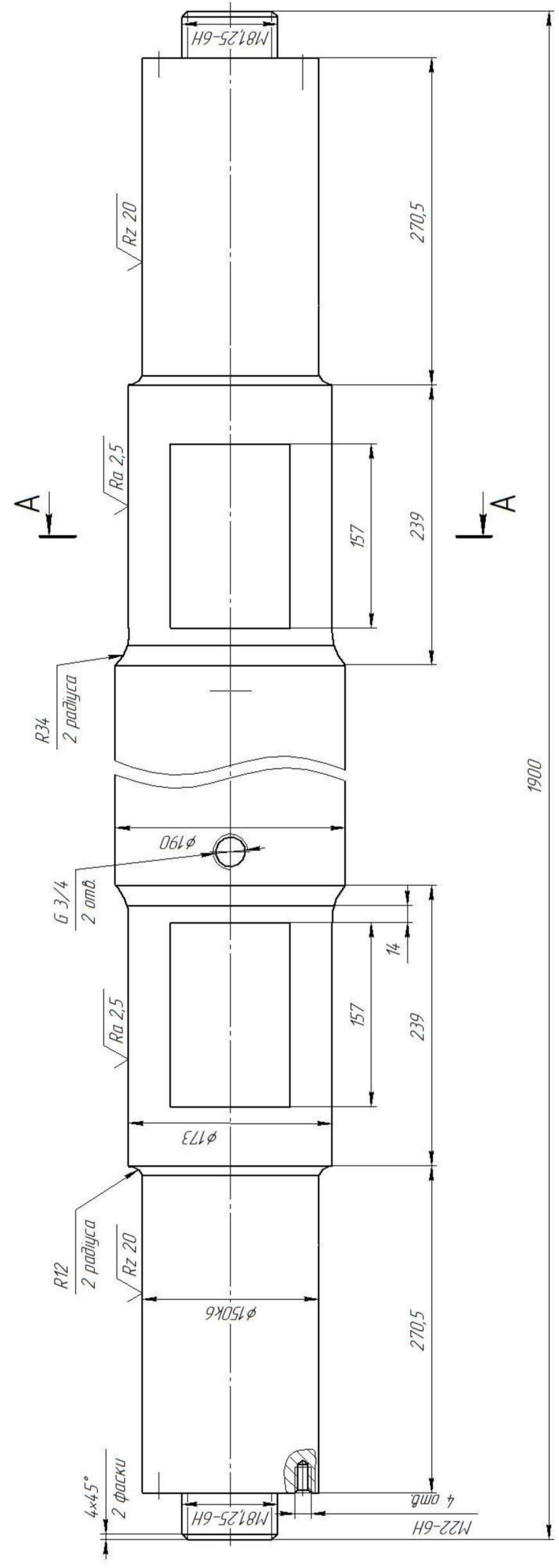
ІННІ МР.22104.300 СК		Лист	Масштаб
Шків канатний		2850	1:4
Ім'я	№ докум.	Лист	Масштаб
Розроб.	Фабрикант Д.І.		
Проб.	Тарасюк А.В.		
І.контр.	Тарасюк А.В.		
Н.контр.	Григорій О.М.		
Утв.	Власов А.О.		
		Лист	Масштаб
		10000	
		ЗНУ, каф. М0	
		зала 8.0332	
		Формат А2	

ІННІ МР.22104.300 СК

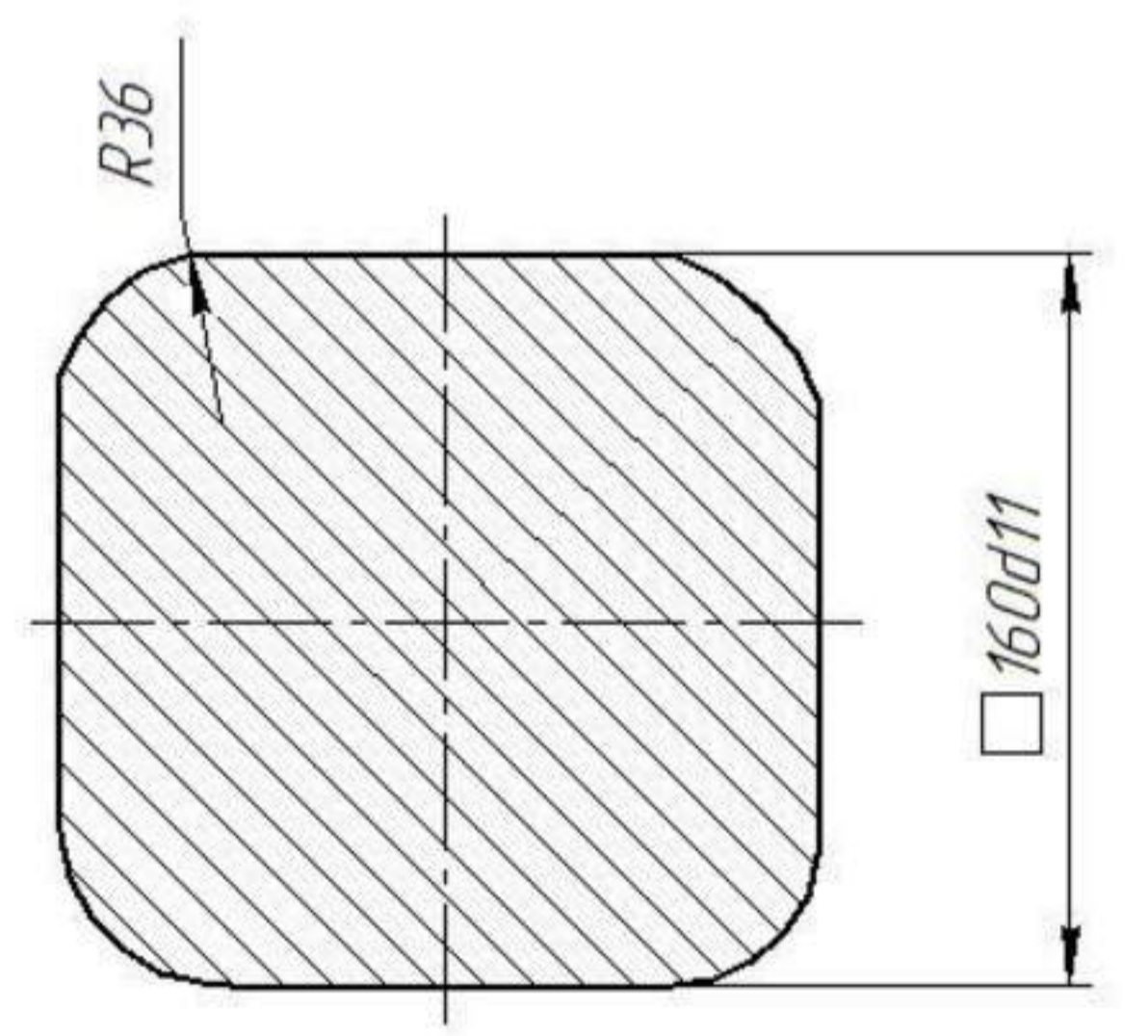
Ім'я № позн.	Взам. чин. №	Ім'я № дубл.	Ім'я № позн.
Лист у дано	Лист у дано	Лист у дано	Лист у дано
Стор. №	Лист. №	Лист. №	Лист. №
Лист. №	Лист. №	Лист. №	Лист. №

$\sqrt{Rz\ 80}$

ІННІ МР.22104.200.08



A-A



1. Невказані граничні відхилення отворів Н14, валів h14, інші ±IT4

ІННІ МР.22104.200.08		Лист	Маса	Масштаб
Вісь		Лист	76	1:2,5
Сталь 45 ГОСТ 1050-88		Лист	МОНУ	
Копія		Знак, код, МО		Знак, код, МО
Контракт		Знак, код, МО		Знак, код, МО
Формат		Знак, код, МО		Знак, код, МО

Лист № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дил.	Лист. и дата
Лист в дата	Спроб. №	Лист. и дата	
Лист. и дата	Лист. и дата	Лист. и дата	

Дослідження надійності барабана скіпової лебідки доменної печі

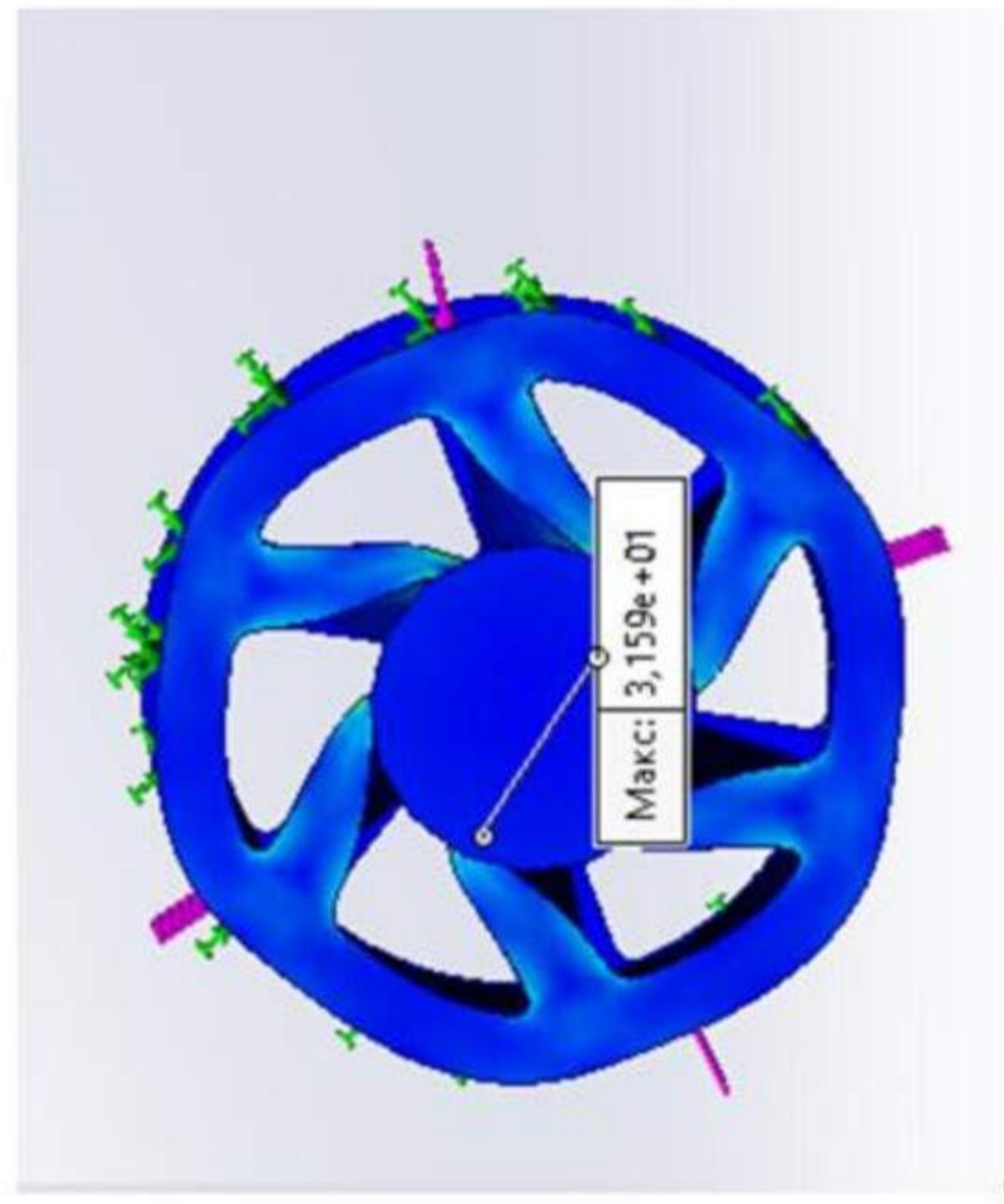
Загальний вид скіпової лебідки



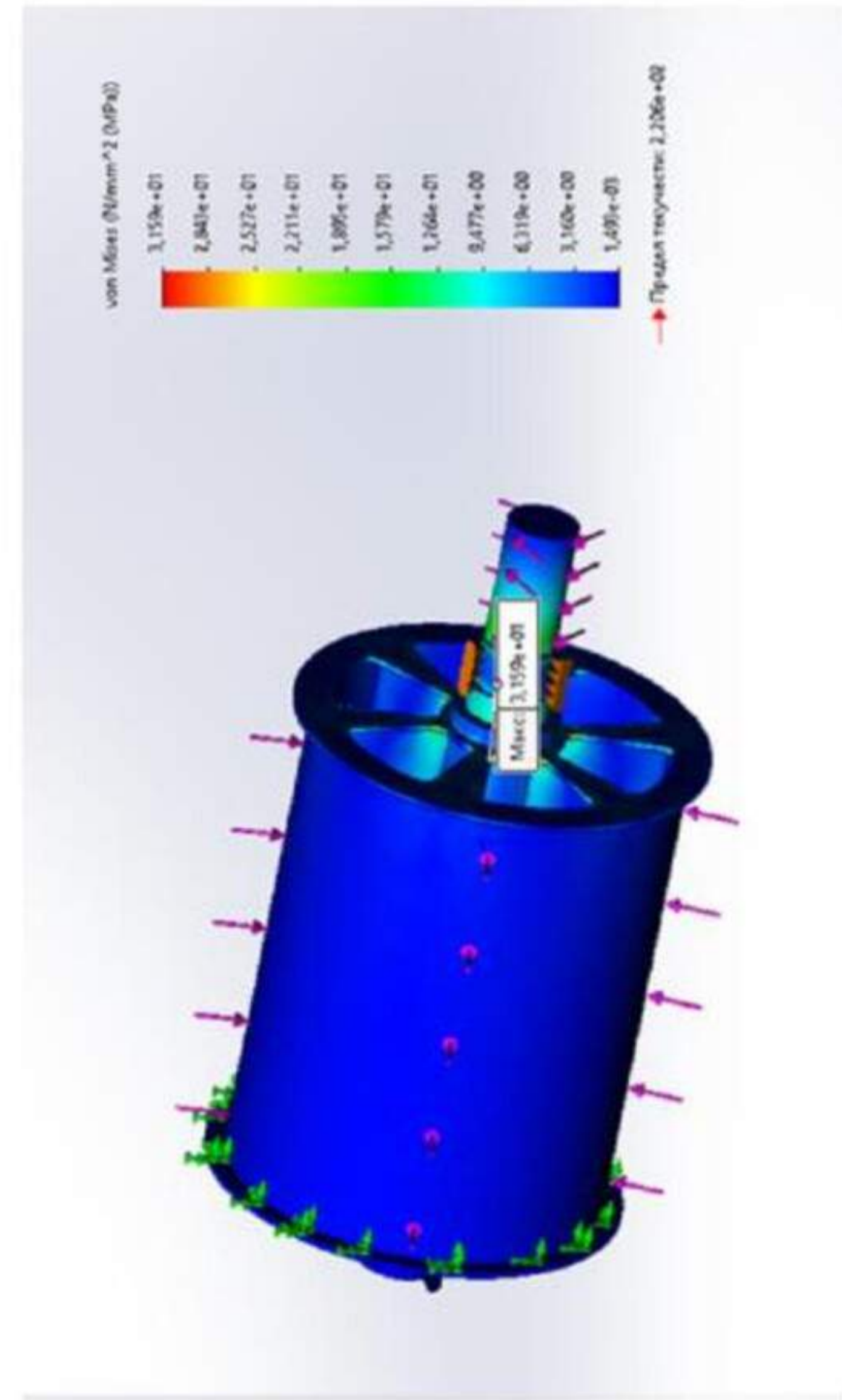
Об'ємна твердотільна модель барабана



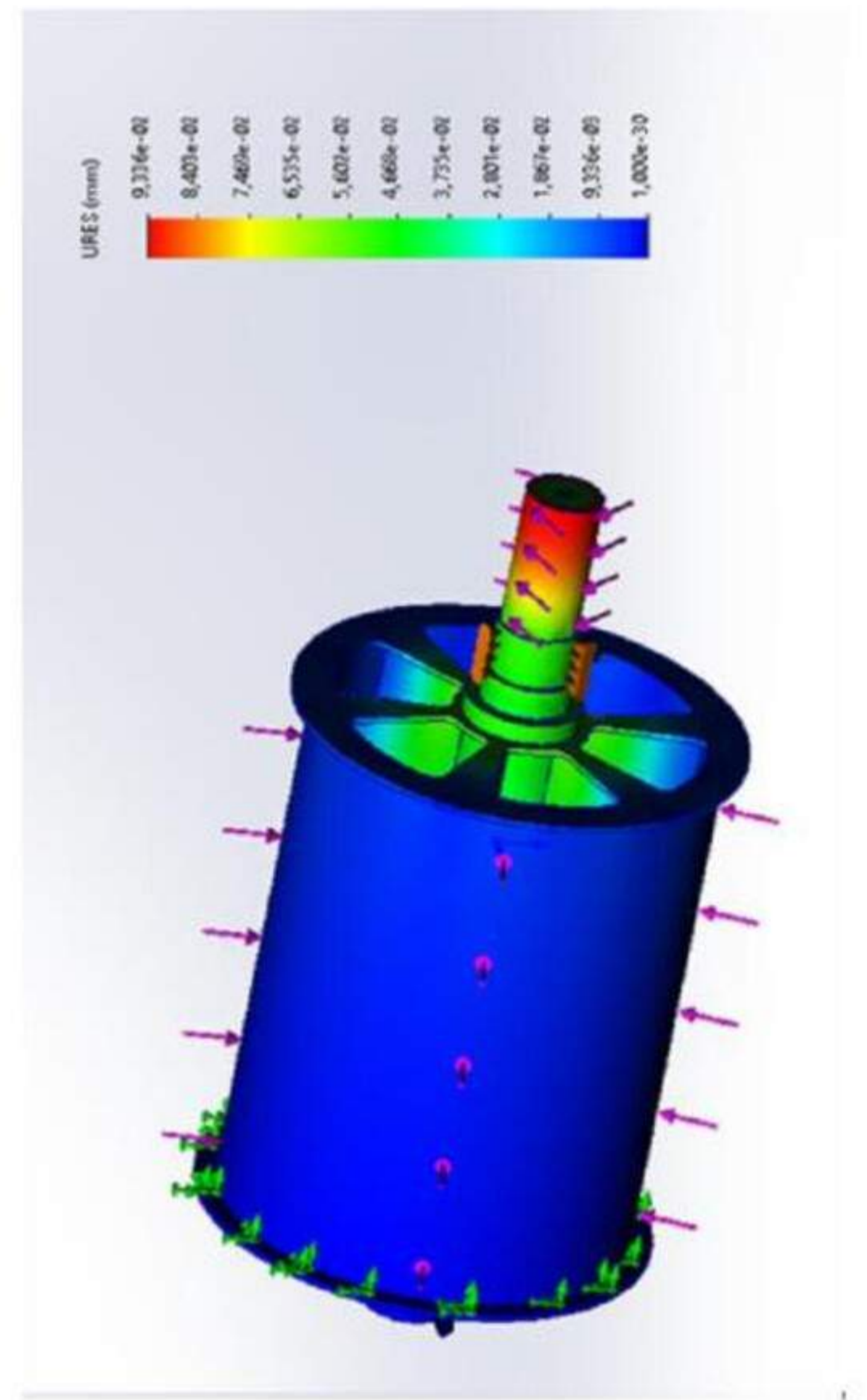
Умовний вигляд 3D моделі барабану під дією критичних навантажень



Епюри розподілу напружень



Епюри пружних переміщень



Епюри запасу міцності

