Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Модернізація конструкції механізму переміщення сталевозу установки піч-ківш

Виконав: студент групи 6.1332-с

Гарус Д. В.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Гречаний О.М.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Спеціалізація
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____” _____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Гаруса Дмитра Валерійовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація конструкції механізму переміщення сталевозу установки піч-ківш
керівник кваліфікаційної роботи доцент, Ph.D. Гречаний О.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “27“ грудня 2024 року № 2031-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 червня 2025 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи сталеплавильного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Установка піч-ковш – 1А1; 2. Сталевоз – 1А1; 3. Привод сталевоза – 1А1; 4. Колесо приводне – – 1А1; 5. Технологічна установка сталевоза – 1А1; 6. Схема строповки сталевоза – 1А1; 7. Встановлення витяжної парасолі –1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційої роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проєктування	14.04.2025 – 06.05.2025	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування	07.05.2025 – 11.05.2025	
3	Виконання теоретичної частини проєкту	12.05.2025 – 21.05.2025	
4	Виконання графічної частини проєкту	22.05.2025 – 05.06.2025	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2025 – 10.06.2025	
6	Перевірка проєкту консультантами	11.06.2025 – 12.06.2025	
7	Попередній захист проєкту	13.06.2025	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проєкту	Згідно з графіком	

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Гарус Д. В. Модернізація конструкції механізму переміщення сталевозу установки піч-ківш

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник О. М. Гречаний. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2025.

Проаналізовані переваги та недоліки конструкцій обладнання електродугової печі. Запропоновано варіант удосконалення вузла пересування сталевозу установки піч-ковш. Виконані необхідні для впровадження модернізації розрахунки. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології у електросталеплавильному виробництві.

Ключові слова: дуга, електродугова піч, піч-ковш, ківш, сталевоз, механізм переміщення, привод

ABSTRACT

Harus D. V. Modernization o f the Design o f the Mechanism for Moving the Steel Car of the Furnace-Bucket Facility

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser O. M. Hrechanyi. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The advantages and disadvantages of the designs of the electric arc furnace equipment are analyzed. A variant of improving the movement unit of the steel carrier of the ladle furnace installation is proposed. The calculations necessary for the implementation of the modernization are performed. Attention is paid to the issues of technogenic safety and ecology in electric steelmaking production.

Keywords: arc, electric arc furnace, ladle furnace, ladle, steel carrier, movement mechanism, drive

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Опис основної продукції та вантажопотоків електросталеплавильного цеху 8
1.2 Короткий опис основних характеристик обладнання та технологічного процесу 12
1.3 Аналіз конструктивних недоліків сталевозу установки піч-ківш та пропозиції щодо їхнього усунення 24
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 28
2.1 Розрахунок опору пересування сталевозу та вибір електродвигуна 28
2.2 Вибір та перевірка на відповідність стандартних елементів приводу сталевозу 31
2.3 Перевірка електродвигуна на перевантаження 37
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 43
3.1 Технічне обслуговування приводу сталевоза 43
3.2 Обгрунтування і розрахунок системи змащення редуктора приводу механізму переміщення сталевоза 44
3.3 Розрахунок кріплення редуктора приводу механізму переміщення сталевоза 49
3.4 Такелажні засоби і пристосування 51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 58
4.1. Визначення механізації й автоматизації процесів сталеливарного виробництва 58
4.2 Аналіз потенційно-небезпечних і шкідливих факторів 59
4.3. Об'ємно-планувальні рішення з виробничої санітарії 62
4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель електросталеплавильного цеху та облаштування санітарно-побутових приміщень 62
4.3.2 Опалення й вентиляція 64

4.3.3 Організація освітлення виробничого процесу 66
4.4 Заходи із впровадження пожежної безпеки 70
4.5 Заходи щодо покращення екологічних показників сталеливарного цеху.
Розрахунок витяжного зонту установки піч-ківш 71
Висновки 75
Список використаної літератури 76
ДОДАТКИ 80

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку машинобудування особливо важливу роль грає виробництво високоякісних сталей, що володіють великою питомою міцністю. Підвищення енергосилових параметрів машин й устаткування, зменшення їхньої металоємності вимагають випуску спеціальних й особливо чистих сталей. Для виробництва спеціальних сталей створено електропечі з комплексною механізацією й широким застосуванням автоматизації.

Основна задача спеціальної електрометалургії – виробництво високоякісних сталей і сплавів, які відповідають вимогам надскладних умов експлуатації зокрема, для авіаційно-космічної галузі та ядерної енергетики. Ці матеріали повинні зберігати свої властивості за екстремальних температур, високих механічних навантажень, у хімічно агресивному середовищі та під впливом радіації. Для досягнення поставленої мети найбільш переспективними є технологічні процеси електрошлакового, плазмено-дугового й електронно-променевого переплаву для одержання зливків з необхідними фізичними й механічними властивостями. При цьому особлива увага звертається на підвищення якості методами позапічної обробки сталі вакуумом, синтетичними шлаками, інертними газами й застосуванням спеціальних переплавних процесів.

Застосування позапічної обробки металу та технології безперервного розливання дає змогу суттєво знизити питомі витрати та зменшити вибракування готового прокату на 20 %. Тому важливим аспектом розвитку електрометалургії є постійне удосконалення процесів позапічної обробки, а також обладнання, що приймає безпосередню участь в технологічному циклі.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 90 сторінок, на яких 15 рисунків, 3 таблиці, 10 додатків. Бібліографічний список має 39 найменувань літературних джерел.

Об'єкт проєктування – привод сталевозу установки піч-ковш сталеплавильного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Мета роботи – усунення конструктивних недоліків існуючої конструкції првода механізму переміщення сталевозу.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис основної продукції та вантажопотоків електросталеплавильного цеху

У цей час сталеплавильне виробництво підприємства ПрАТ «Дніпроспецсталь» представлено чотирма електросталеплавильними цехами, оснащеними відкритими основними дуговими електропечами ємністю від 30 до 60 тонн, однієї індукційною піччю ємністю 7 тонн, агрегатом газокисневого рафінування, а також печами електрошлакового й вакуумно-дугового переплавів [1].

Маса застосовуваних на заводі сортових зливків від 0,215 до 7,4 тонни. Крім того, можливий виливок металу в товарні зливки масою від 8,9 до 14,7 тонн.

У сталеплавильному цеху № 1 установлені електросталеплавильні печі ДСВ-18. Для виробництва жароміцних і прецизійних сплавів установлена індукційна піч ємністю 8 тонн. У цеху діє установка напівбезперервного розливання сталі, для виробництва квадратних електродів, що витрачаються, розміром 370 мм для електрошлакового переплаву й круглих діаметром 405 і 530 мм для вакуумно-дугового переплаву.

У сталеплавильному цеху № 2 установлені електросталеплавильні печі ДСП-50 і конвертер газокисневого рафінування. Конвертер дозволяє робити низьковуглецеві корозійностійкі нержавіючі марки сталі чисті за неметалічними включеннями дуплекс процесом – відкрита дугова піч плюс конвертер (EAF+AOD).

У сталеплавильному цеху № 3 установлені електросталеплавильні печі ДСВ-50. Для одержання металу з більш високими якісними характеристиками напівпродукт, отриманий у відкритій дуговій печі, обробляють на установці піч-ковш фірми "Danieli". Перед розливанням сталь зазнає внепічного вакуумування на устаткуванні фірми "Mannesmann Demag".

У сталеплавильному цеху № 5 установлені печі електрошлакового й

вакуумно-дугового переплаву (ЕШП і ВДП), які дозволяють виплавляти сортові зливки масою від 0,9 до 6,0 тонн і товарні листові зливки масою 9,3 – 20,0 тонн.

Методом ЕШП виготовляється високоякісна сталь, до якої висуваються підвищені вимоги за структурою металу й змісту шкідливих домішок і неметалевих включень.

Електроди, що витрачаються, для ЕШП використовуються як відлиті на установці напівбезперервного розливання сталі, так і ковані й катані, зроблені із сортових злитків.

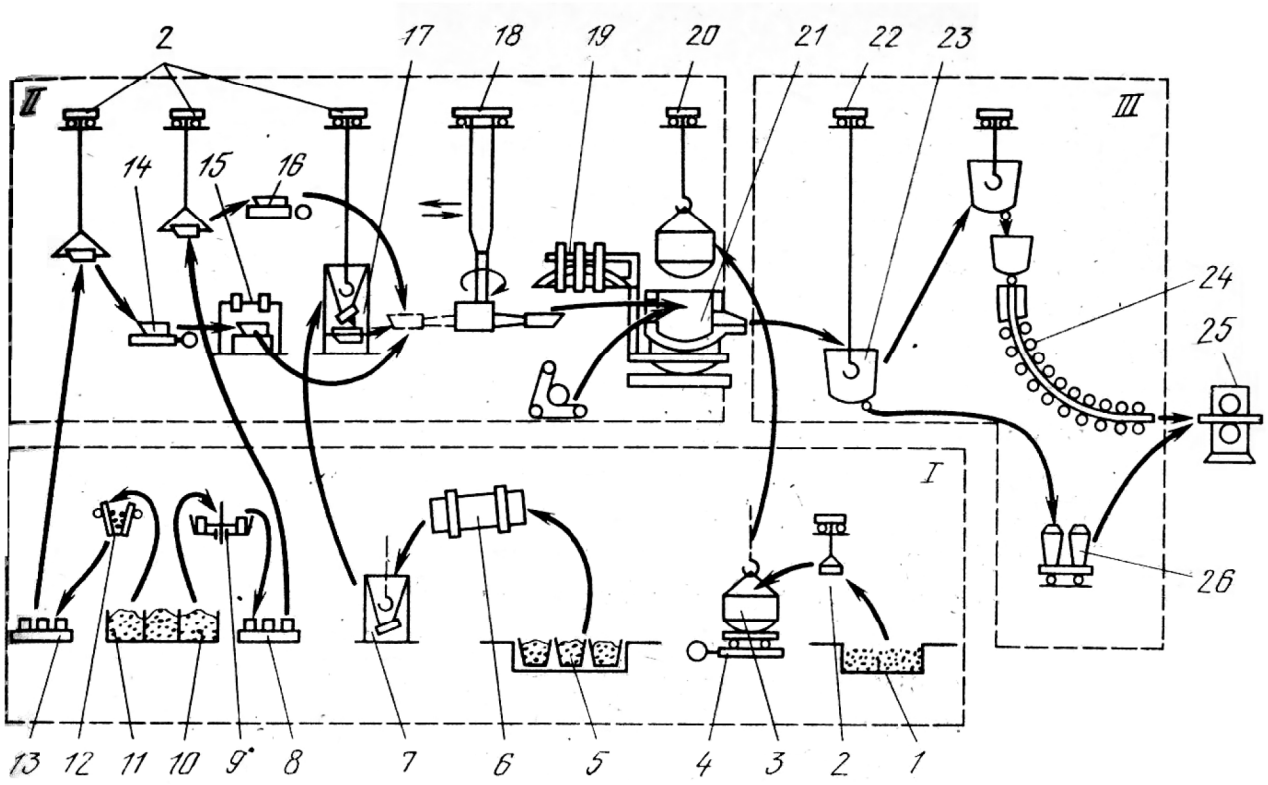
З використанням вакуумно-дугового переплаву (ВДП) освоєне виробництво підшипникових, конструкційних, нержавких сталей та жаростійких нікелевих та залізонікілієвих сплавів. Метод ВДП дозволяє одержувати високоякісну сталь, чисту за неметалевими включеннями і з низькою газонасиченістю.

Електроди, що витрачаються, для ВДП використовуються відлиті на установці напівбезперервного розливання сталі й відлиті в кокільні виливниці спеціальної форми.

В 1980 році введений в експлуатацію цех по виробництву інструментальної й швидкорізальної сталі методом порошкової металургії. Технологічний процес плавки виконіють індукційною піччю (ємність 4 тони), а застосовувані у виробництві методи холодного ізостатичного, а потім гарячого пресування в газостаті при температурі 1100°С÷1150°С й тиску 1000 атм. (процес ASEA - STORA) дозволяють одержувати метал з однорідною структурою без слідів карбідної сітки у вигляді пресування діаметром 450 мм і масою 1,8 т. У цеху проводяться кування круглого перетину діаметром від 80 до 350 мм, довжиною 1-5 м. На базі підприємства розроблені високопродуктивні технології виготовлення широкого сортаменту інструментальних сталей, як високованадієвих так і безвольфрамових.

Методом порошкової металургії виготовляється більше 20 типів швидкорізальних і інструментальних сталей відповідно до ДСТУ, DIN та ASTM.

У структурі вантажопотоків електросталеплавильного цеху з дуговими електропечами (рис. 1.1) виділяють окремі технологічні напрями, що охоплюють транспортування та подачу металобрухту, переміщення сипких шлакоутворювальних добавок і феросплавів, відведення шлаків, а також процеси розливання та збору готової сталі. Металобрухт, що надходить із шихтового відділення магнітних матеріалів або копрового цеху, доставляється залізничним транспортом до шихтового прольоту І головної будівлі електросталеплавильного цеху, де здійснюється його розвантаження в заглиблені бункери (поз. 1).



I – шихтовий проліт; II – пічний проліт; III – розливний проліт

Рисунок 1.1 – Схема вантажопотоків електросталеплавильного цеху: 1 – ямні бункери; 2 – магнітний кран; 3 – бадді; 4 – візок; 5,7 – переносні бункери; 6 – барабанна сушарка; 8,13,17 – мульди; 9 – бігуни; 10,11 – бункери; 12 – дробарка; 14,16 – ваги; 15,21 – пекти; 18 – кранова завалочна машина; 19 – завантажувальні машини; 20 – завалочний кран; 22 – розливний кран; 23 – сталерозливний ківш; 24 – машина безперервного лиття заготовок; 25 – прокатні стани; 26 – виливниці.

Магнітні крани (поз. 2) завантажують металобрухт у саморозвантажувальні бадді (поз. 3). Після зважування баддя на транспортному візку (поз. 4) переміщується до пічного прольоту II, де встановлюється над дуговою електропіччю (поз. 21). Після відкриття перекриття склепіння за допомогою завалочного крана (поз. 20) вміст бадді висипається в піч.

Шлакоутворювальні матеріали, які доставляють до цеху, спочатку розвантажуються у пересувні приймальні бункери (поз. 5). Після проходження процесу сушіння в барабанній сушарці (поз. 6), матеріали надходять до мобільних бункерів (поз. 7), що встановлюються мостовим краном (поз. 2) на балкон робочого майданчика. Звідти вони потрапляють у мульду (поз. 17) і подаються до печі за допомогою кранової завалочної машини (мульдозавалочного крана) (поз. 18).

У випадку печей великої місткості шлакоутворювальні матеріали подаються спеціальними завантажувальними машинами (поз. 19).

Кокс та бій електродів надходять із бункера (поз. 10) на бігуни (поз. 9) для подрібнення, після чого завантажуються в мульди (поз. 8), які краном (поз. 2) подаються на балкон. Після зважування на вагах (поз. 16), розміщених на платформі, матеріали завантажуються в піч тією ж завалочною машиною.

Феросплави із бункерів (поз. 11) подаються в щокову дробарку (поз. 12), далі завантажуються в мульди (поз. 13), проходять зважування на вагах (поз. 14) і надходять до нагрівального пристрою (поз. 15), розташованого на балконі робочої платформи. Всі ці операції обслуговуються мульдомагнітним краном (поз. 2). Після нагрівання феросплави завантажуються в електропіч за допомогою кранової завалочної машини.

У розливному прольоті III здійснюється випуск та первинна обробка сталі. Розплавлений метал із печі зливається у сталерозливний ківш (поз. 23), який розливним краном (поз. 22) транспортується до машини безперервного лиття заготівок (МНЛЗ) (поз. 24) або до виливниць (поз. 26). Отримані на МНЛЗ заготівки направляються в прокатні цехи для подальшої обробки на станах (поз. 25).

Зливки, розлиті у виливниці (поз. 26), подаються сталевозними візками у стриперне відділення, де після охолодження витягуються з виливниць. Далі зливки надходять до прокатного виробництва, а виливниці — у спеціальний двір, де їх охолоджують, очищують і готують до повторного використання. Після цього виливниці повертаються у розливальний проліт для приймання нових партій сталі.

1.2 Короткий опис основних характеристик обладнання та технологічного процесу

По способу теплового впливу електричної дуги на метал дугові електропечі можна розділити на печі з незалежною дугою, із закритою дугою і із залежною дугою [2].

Печі з незалежною дугою – це дугові печі непрямої дії, у яких електрична дуга горить між електродами, а по металу, що нагрівається, струм дуги не протікає. Нагрівання й розплавлювання металу здійснюються побічно, випромінюванням. У таких печах можна плавити метали й сплави з низькою температурою випару, зокрема кольорові метали й навіть сплави, що містять цинк [3].

Печі з незалежною дугою – невеликі (до 500—600 кВ·А), як правило однофазні, служать для плавки металів з температурою плавлення не вище 1300÷1400° С. До дугових печей непрямої дії можна віднести плазмові установки (плазмотрони).

Печі із закритою дугою – це дугові печі опору, у яких електрична дуга горить у газовій порожнині, усередині шихти, що розплавляється, підключеної послідовно або паралельно з дугою. Внаслідок великого опору, джоулево тепло, що виділяється в шихті, утворює усередині шихти вогнище високої температури. Ці печі дозволяють розплавляти метали з високою температурою випару й сублімації. Такі печі застосовують для відбудовних руднотермічних процесів, для виробництва феросплавів і ін. До печей цього типу можна віднести

установки електрошлакового переплаву, що є по своєму принципу печами опору [4].

Печі із залежною дугою – дугові печі прямої дії, у яких шихта, як частина електричного ланцюга, обтікається повним струмом, дуговий розряд залежить від властивостей металу, що розплавляються [4].

Дуга горить між електродом і металом, що й розплавляється, безпосередньо нагріваючи останній. В електропечах із залежною дугою можна застосовувати довгі графітові електроди великого перетину, що допускають значну силу струму, для забезпечення великих потужності та продуктивності цих печей. Вони одержали найбільш широке поширення для виплавки електросталі. У дугову електропіч енергія вводиться через трансформатор, який є невід'ємною частиною электропечной установки [5].

До дугових печей із залежною дугою можна віднести й вакуумні дугові печі з нерозходуємим і розходуємим електродами, в яких можно одержувати ще больше потужності, ніж в сталеплавильних, і виготовляти плавку таких тугоплавких металів, як молібден, тантал, ніобій [6].

Дугові електросталеплавильні печі будують із механізованою завалкою шихти, що завантажується зверху бадьою за один-два прийоми. Печі з верхнім завантаженням мають наступні переваги: можливість заповнення шихтою майже всього робочого простору печі; застосування великогабаритного лома й раціональне розміщення його в печі; скорочення паузи між випуском і початком наступної плавки. У результаті підвищується продуктивність печі й зменшується витрата електроенергії [7].

Конструкції дугових електропечей постійно піддаються змінам, які викликані, з одного боку, систематичним укрупненням грубних агрегатів, а з іншого – загальним технічним прогресом в області електрометалургії.

Дугові електропечі завантажують металевою шихтою зверху саморозвантажними бадями (кошиками) при відведеному у бік склепінні. Залежно від схеми відносного зсуву корпуса печі й склепіння розрізняють наступні основні типи електропечей (рис. 1.2): з викатною ваною печі, портал з

піднятим склепінням і електродами залишається на місці (рис. 1.2, а); з викатним порталом (рис. 1.2, б*);* з поворотним склепінням, склепіння з електродами піднімається й відводиться убік (рис.1.2, в).

Великовантажні печі виконують із верхнім завантаженням викатною ваною печі (серія ДСВ) і з поворотним склепінням (серія ДСП).

Печі з викатною ванною вимагають більших площ, збільшується кількість механізмів, підвищується металоємність, відповідно і вартість печі.

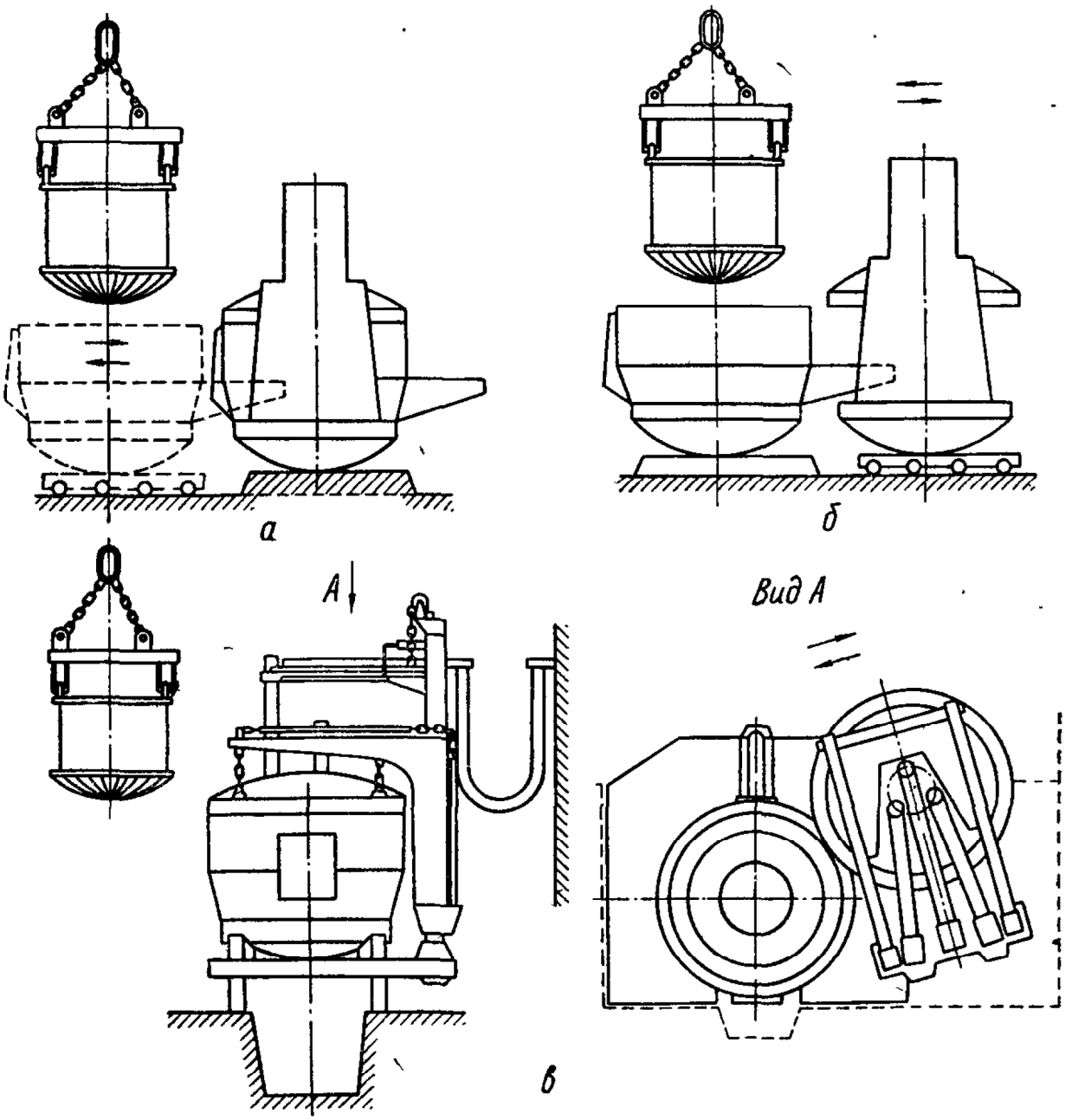


Рисунок 1.2 – Схеми конструкцій дугових електросталеплавильних печей: а – з викатною ваною печі, б – з викатним порталом, в – з поворотним склепінням

Останнім часом випускають печі, в основному, з поворотним склепінням. Пояснюється це тим, що опорно-поворотна частина з напівпорталом і механізмом повороту компактні, відносно прості по конструкції й не створюють утруднень при завантаженні печі. Для інших типів механізмів необхідна значно більша виробнича площа, вони складніші й менш надійні в роботі, затрудняють подачу й установку бадді. Недолік печей з поворотним склепінням – розташування напівпорталу й механізму його повороту на колисці – приводить до збільшення маси, що нахиляється частини й вимагає посилення колиски [6].

На металургійних підприємствах в основному встановлюють електропечі з поворотним склепінням типової серії ДСП (дугові сталеплавильні печі) місткістю 12, 25, 50, 100 і 200 т, у яких знайшли відображення новітні досягнення електротермії і електропічного машинобудування. Електропечі середньої серії ДСП-12, ДСП-25 і ДСП-50 виконують із гідравлічними приводами основних механізмів, електропечі великої серії ДСП-100, ДСП-200 виготовляють із електроприводами всіх механізмів [8].

Головним агрегатом електросталеплавильного цеху (СПЦ-2, заводу ПрАТ „Дніпроспецсталь”) є печі ДСП-50.

На рис.1.3 показаний загальний вид дугової електросталеплавильної печі ємністю 50 т з поворотним склепіннямм (ДСП) і гідравлічним приводом усіх механізмів.

Основна несуча металоконструкція печі 1 (колиска) опирається на фундаментні балки двома сегментами. На колисці змонтовані корпус 4 печі з робочим вікном, зливальним носиком і зводом 6.

Піч має несучу траверсу 12, що опирається на спеціальну тумбу, розташовану на колисці 1. Траверса несе шахту з направляючими для переміщення в них вертикальних стовпчиків 11, з якими жорстко зв'язані електродотримачі 9. На одній осі з колонками змонтовані гідравлічні циліндри 17 механізму переміщення електродів. Положення електродів 8 регулюється за допомогою гідравлічного регулятора із дросельним керуванням. Електроди стискуються пружино-гідравлічним механізмом 10.

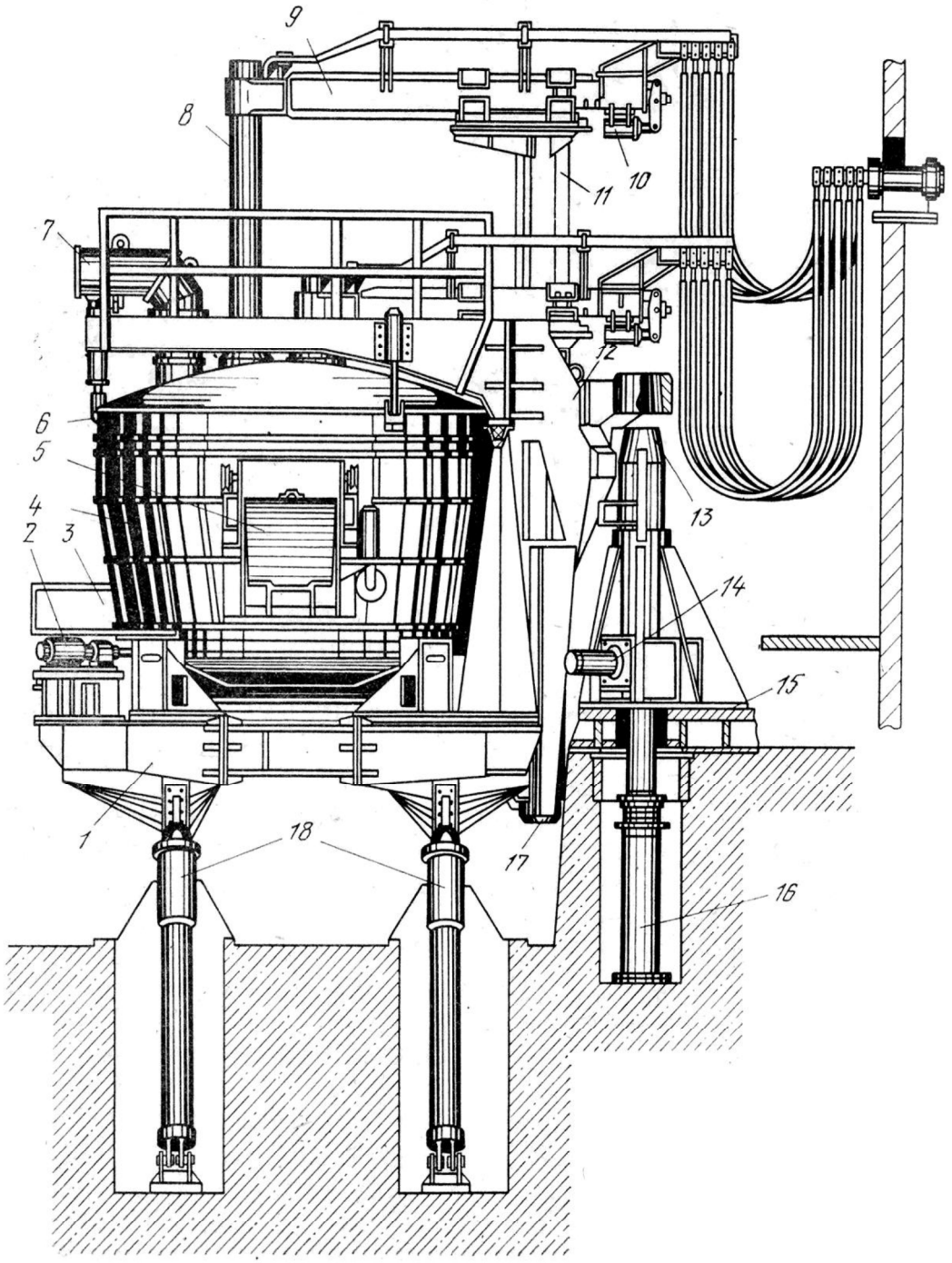


Рисунок 1.3 – Загальний вид дугової електросталеплавильної печі ДСП-50 з гідравлічними приводами основних механізмів: 1 – колиска; 2 – обертальний механізм; 3 – майданчик; 4 – корпус; 5 – заслонка; 6 – звід; 7 – газовідвід; 8 – електрод; 9 – електродотримач; 10 – пружино-гідравлічний механізм затиску; 11 – вертикальні стовпчики; 12 – траверса; 13 – конічний хвостовик; 14,16,17,18 – гідроциліндр; 15 – опорна тумба.

Переміщення склепіння 6, підвішеного до траверси 12, здійснюється

шляхом уведення в отвір траверси конічного хвостовика 13 плунжера й наступного його підйому за допомогою гідроциліндра 16. Склепіння після його підйому разом із траверсою й механізмом переміщення електродів повертають за допомогою гідроциліндра 14 і рейкової передачі. Нахиляють печі за допомогою двох гідроциліндрів 18 поршневого типу.

Під час роботи електропечі траверсу разом зі склепінням і системою переміщення електродів необхідно опускати на опорну тумбу 15. Відведення димових газів здійснюється через газоход 7, інтегрований у конструкцію склепіння. Обертання корпусу печі (позиція 4) навколо горизонтальної осі забезпечується за допомогою приводу, розташованого під робочим майданчиком 3 (механізм 2). Робочий проріз печі герметизується за допомогою заслінки 5, керованої гідравлічним приводом.

Система електродотримача призначена для фіксації електродів і підведення до них електричного струму через кабельні гірлянди, що виконані у вигляді гнучких водоохолоджуваних кабелів із наконечниками. Основним несучим елементом конструкції є рукав 3 (див. рис. 1.4), виготовлений зі слабо магнітної сталі методом зварювання і встановлений на дві опори 1. Опори ізольовані азбоцементними плитами 2, поверх яких накладено азбестове полотно для додаткової термоізоляції [9].

Голівка 5 виготовлена зі зварених гнутих мідних плит і має вбудовані канали для циркуляції охолоджувальної води. Передача струму від кабельної гірлянди до голівки здійснюється через пару мідних водоохолоджуваних трубошин 6, які кріпляться на опорах 7 за допомогою електроізолюючих вкладишів 8.

Фіксація електрода в головці, а також його вивільнення, реалізується за допомогою пружинно-гідравлічного механізму. Він включає пружини 10, гідроциліндр 11, систему важелів і тяг 9, а також притискний хомут 4. Стиснення електрода забезпечується зусиллям пружин, а його вивільнення — завдяки включенню гідроциліндра, що стискає пружини і за допомогою важільного механізму розтискає хомут. Кінематична схема механізму затиску електродів

показана на рис.1.5. Верхнє і нижнє положення кожного електрода обмежуються кінцевими вимикачами, установленими на порталі. На стійках кріпляться по 2 лінійки, що впливають на кінцеві вимикачі у верхньому і нижньому положенні електродів. Про проміжне положення електрода сигналізує датчик лінійного переміщення електрода.

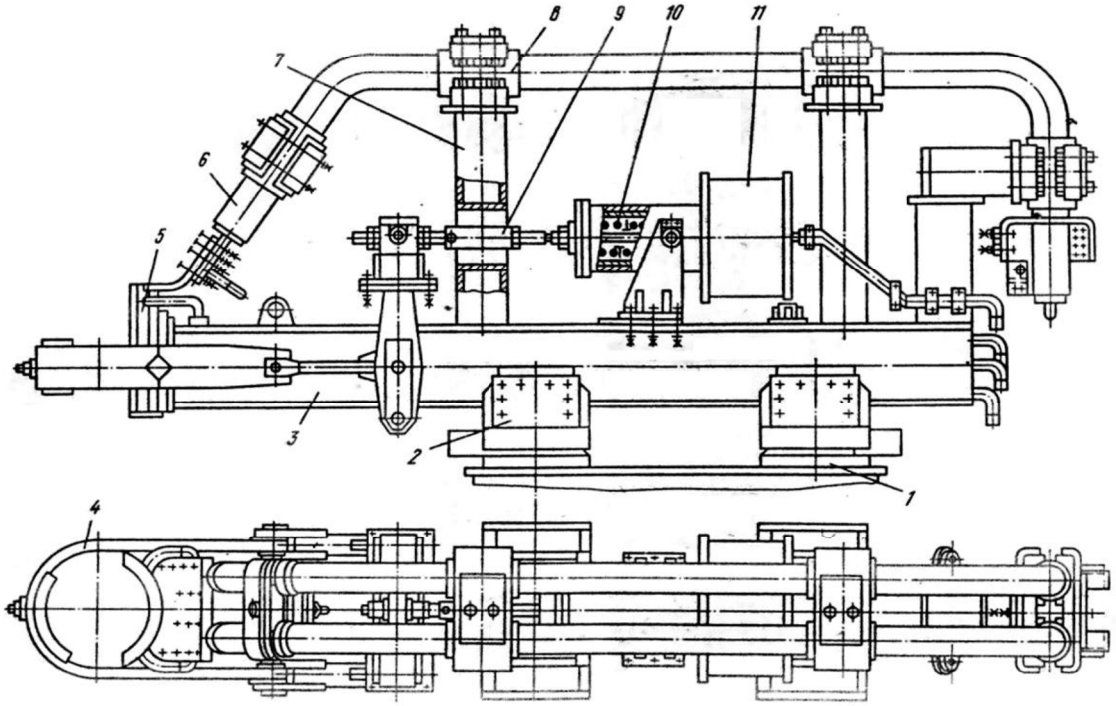


Рисунок 1.4 – Електродотримач: 1 – опора; 2 – плита; 3 – рукав; 4 – притискнутий хомут; 5 – голівка; 6 – водоохолоджувальна трубошина; 7 – стійка; 8 – вкладиш; 9 – тяга; 10 – пружина; 11 – гідравлічний циліндр.

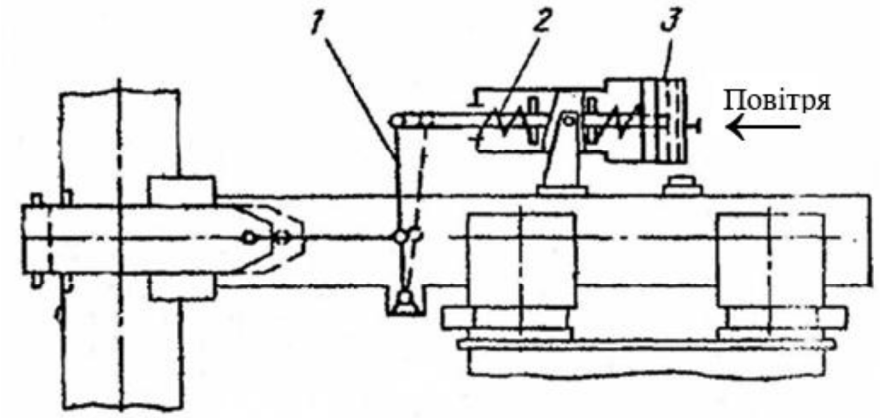


Рисунок 1.5 – Кінематична схема механізму затиску електродів: 1 – система важелів і тяг; 2 – пружина; 3 – гідроциліндр.

Механізми переміщення електродів (МПЕ), що застосовуються в дугових сталеплавильних печах, виконують роль виконавчих пристроїв у складі системи автоматичного регулювання подачі електричної потужності в піч.

Серед різновидів таких механізмів особливої уваги заслуговують системи з гідравлічним приводом. Вони відзначаються компактністю, малою масою та високою швидкодією, що обумовлено низькою інерційністю рухомих елементів і високим рівнем силового навантаження. До основних переваг гідравлічного приводу належать: відсутність механічних зазорів і запізнень у роботі, плавне й безступінчасте регулювання швидкості руху, стабільність і рівномірність переміщення, а також висока надійність у запобіганні перевантаженням і механічним пошкодженням електрода. Додатковими перевагами є простота обслуговування та експлуатації.

Гідравлічні приводи, зображені на рисунку 1.6, переважно застосовуються в конструкціях механізмів із рухомою колонною частиною, забезпечуючи точне й оперативне регулювання положення електродів у процесі плавки.

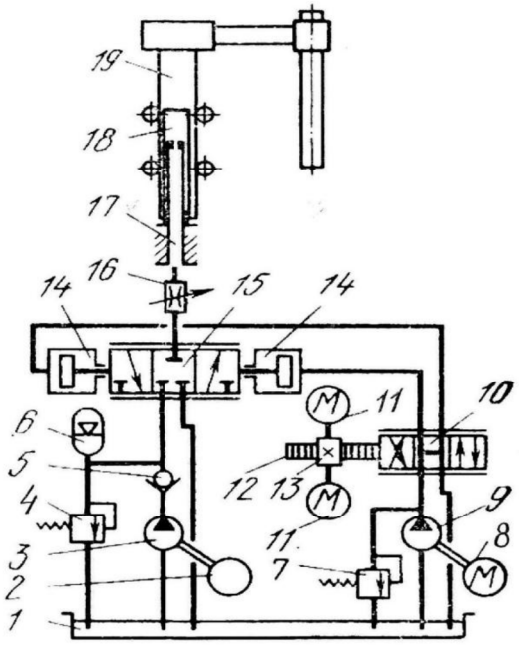


Рисунок 1.6 – Схема механізму переміщення електрода з гідравлічним приводом: 2,8 – електродвигун; 3,9 – насос; 4,7 – запобіжний клапан; 5 – зворотний клапан; 6 – акумулятор; 10,15 – золотник; 11 – два керуючих двигуна; 12 – зубчаста рейка; 13 – шестірня; 14 – циліндри; 16 – дросель; 17 – порожній шток; 18 – гідроциліндр; 19 – рухлива колона.

Гідроциліндр 18 жорстко встановлюється всередині рухомої колони 19, тоді як його шток 17 залишається нерухомо зафіксованим. Робоча рідина подається до слідкуючого золотника 15 із маслобака за допомогою насоса 3, що приводиться в дію асинхронним електродвигуном 2. Подача здійснюється через зворотний клапан 5 або, за потреби, від гідроакумулятора 6 під тиском, який задається запобіжним клапаном 4 (зазвичай у межах 6÷6,3 МПа).

Золотник 15 з'єднаний із внутрішнім каналом штока 17 та дроселем 16, через які рідина надходить у порожнину гідроциліндра 18. Напрямок і швидкість переміщення рухомої колони з електродом залежать від величини й напрямку зміщення золотника 15 відносно нейтрального положення. При подачі рідини в порожнину гідроциліндра електрод піднімається, при з'єднанні зі зливальною лінією – опускається.

Положення слідкуючого золотника 15 контролюється за допомогою тиску в керуючих циліндрах 14, які живляться від системи управління з робочим тиском 1÷1,2 МПа. Ця система включає насос 9 з електроприводом (електродвигун 8), запобіжний клапан 7, керуючий золотник 10, що жорстко з'єднаний із зубчастою рейкою 12, а також шестірню 13, на яку діють два керуючих електродвигуни 11.

Електродвигуни 11 формують обертальні моменти відповідно до вхідних сигналів, пропорційних струму та напрузі електричної дуги в одній із фаз печі. У режимі номінальної дуги ці моменти врівноважені, тому шестірня 13 і рейка 12 залишаються нерухомими, золотники 10 і 15 утримуються в нейтральному положенні, і переміщення електрода не відбувається. Якщо в електричному колі виникає розбаланс, один з електродвигунів створює переважаючий момент, внаслідок чого шестірня 13 обертається, переміщуючи рейку 12 із золотником 10. Це спричиняє зміщення золотника 15, який відкриває доступ рідини до гідроциліндра 18, викликаючи підйом або опускання електрода.

Пропускна спроможність гідросистеми для одного гідроциліндра становить 150–200 літрів за хвилину.

Швидкість переміщення електродів на діючих електропечах становить 0,6-

3,0 м/хв. Для підвищення ефективності швидкодіючих регуляторів, застосування яких дозволяє скоротити тривалість плавлення й зменшити випадки поломок електродів, слід збільшити швидкість переміщення електродів при автоматичніому керуванні вниз до 2 м/хв і нагору до 4 м/хв, забезпечивши при цьому швидкість переміщення електродів на ручному керуванні до 6 м/хв.

Механізм нахилу (рис.1.7) забезпечує нахил печі, необхідний для зливу металу й скачування шлаків. Механізм складається з колиски й двох пов'язаних з нею гідроциліндрів. Колиска перекочується по двом фундаментним балкам 9 і може кріпитися до них (наприклад, при капітальному ремонті) чотирма стяжками 8. Фундаментні балки 9 змонтовані на залізобетонних підставах. Для запобігання прослизання колиски по фундаментних балках при нахилі печі, до опорних поверхонь дуг сегментів приварені шипи 7, що входять у відповідні їм отвори у фундаментних балках. Циліндри 2, що здійснюють нахил печі, закріплені на фундаменті за допомогою шарнірних опор 1, а штоки циліндрів закріплені на колисці через шарнірні з'єднання 4. Штоки циліндрів і з'єднання 4 захищені від високотемпературних впливів екранами 3.

Нахил печі можливий тільки при відсутності фіксації (з допомогу фіксатора) вертикального положення печі й тільки у випадку, коли звід опущений на її корпус. Для контролю й електричного блокування нахилу (регулювання швидкості нахилу) на фундаментній балці 9 змонтовано п'ять кінцевих вимикачів.

Процес плавки в ДСП складається із трьох основних технологічних періодів: плавлення твердої шихти, окиснення (кипіння) ванни і її розкислення (відбудовний період). Розплавлювання становить близько 2/3 тривалості всієї плавки, у цей період витрачається 70-80 % електроенергії, споживаної на плавку.

Пуск печі відбувається при включених авторегуляторах трьох фаз і піднятих електродах. Під впливом автоматичних регуляторів електроди починають опускатися, і після зіткнення електродів із шихтою запалюється дуга.

У перший період плавлення в невеликому обсязі під електродами виділяється потужність, вимірювана тисячами кіловат. У шихті утворюються

"колодязі", у які опускаються електроди. Обвал стінок цих колодязів викликає часті поштовхи струму й короткі замикання, у результаті чого виникають різкі коливання потужності. Так триває доти, поки колодязі не досягнуть дна, а електроди своєї щонайнижчої точки. Після цього відбувається розплавлювання навколишньої шихти.

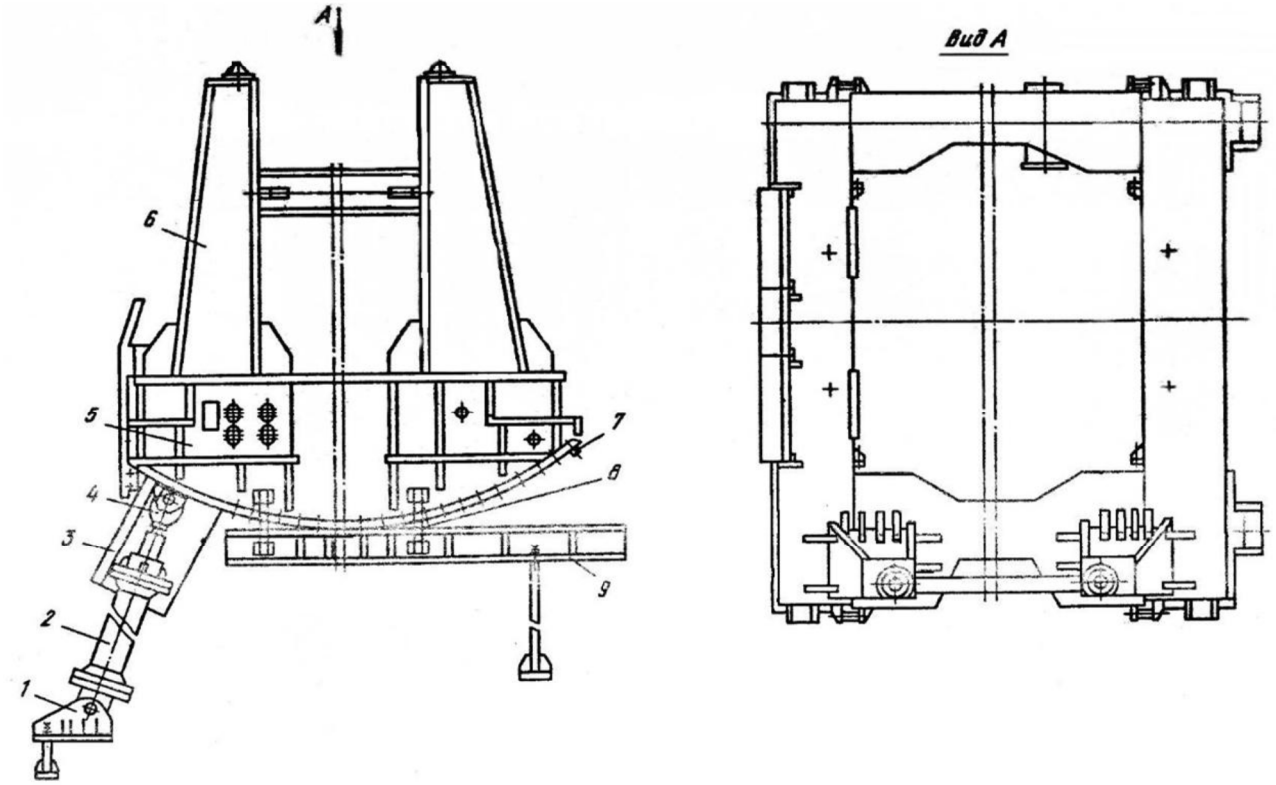


Рисунок 1.7 – Механізм нахилу електропечі: 1 – шарнірні опори; 2 – циліндри; 3 – екран; 4 – з'єднання; 5 – колиска; 6 – тумби; 7 – шипи; 8 – стяжки; 9 – фундаментні балки.

У цей період відбувається випаровування частини компонентів шихти, поглинанням металом газів з атмосфери (в основному азоту й водню). Для скорочення тривалості періоду розплавлювання необхідно вводити в піч максимально можливу електричну потужність, що відповідає економічно доцільному електричному режиму.

Період закінчення плавлення є нетривалим і характеризується тим, що основна частина шихти вже розплавилася й залишилися тільки невеликі її залишки на укосах, а також тим, що електричні дуги горять, відкрито,

випромінюючи значну кількість енергії на футеровку стін і склепіння печі. У цей період плавки необхідно знижувати потужність і величину напруги печі.

У період окиснення споживана потужність іде в основному на заповнення частини теплових утрат, нагрівши метал і протікання фізико-хімічних процесів. У цей період плавки знижується вміст фосфору в металі до заданих меж (до 0.02 %), проводиться кипіння металевої вани для видалення неметалічних включень і розчинених у металі водню й азоту, нагрівається метал до температури, рівної або трохи перевищуючої температуру випуску. При цьому весь метал повинен бути рівномірно прогрітий.

Після одержання результатів експрес-аналізу першої проби в піч дають порціями прожарену залізну руду й через кілька хвилин скачують шлаки, з якими видаляється фосфор.

Уведення кисню для окиснення вуглецю, фосфору й інших елементів викликає енергійне кипіння металу. Реакція окиснення вуглецю й марганцю є екзотермічною (з виділенням тепла).

У відновний період плавки вся маса металу розплавлена; відбувається видалення сірки, розкислення сталі і шлаків, доведення хімскладу до заданого аналізом для сталей даної марки, нагрівши метал до температури, що забезпечує якісне розливання сталі.

Відкриті дуги створюють тяжкі умови роботи для футеровки печі, тому потужність і напруги знижують. Температуру металу до кінця відновного періоду контролюють термопарою, а коректують зміною потужності, що вводиться.

При досягненні необхідної температури металу і одержання результатів хіманализу, метал готовий до випуску з печі.

Метал випускають із печі в ківш, який перевозиться розливним краном у місця, де зібрані форми-викивниці для виливки зливків або до зливковозу установки " УПК" при необхідності подальшого доведення металу в ковші.

Для інтенсифікації процесу виробництва сталі, під час плавки в піч уводять кисень. Застосування кисню сприяє значному скороченню тривалості плавки,

поліпшенню якості сталі. Кисень застосовують як для прискорення періоду плавлення шляхом "підрізування" шихти, так і для прискорення окисного періоду продувки вани металу.

Виділення максимальної кількості газів з температурою 1200-1500 °С, що містять окис вуглецю, пил та інші шкідливі компоненти, відбувається в період продувки вани киснем, а також при подачі в піч порошкоподібних матеріалів, при цьому обсяг газів пилу, що утримуються в них, перевищує середні показники в 3-5 раз.

Сучасні великотоннажні печі оснащуються системами відведення технологічних газів з печі – газоочищеннями [10].

На витрату електроенергії при виплавці металу в дуговій сталеплавильній печі впливає цілий ряд факторів: якість шихти, вага завалки, кількість підвалок, тривалість міжплавочних та внутрішньоплавочних простоїв, робота газоочищень, використання кисню, дотримання технологічних інструкцій, робота печі на установку " УПК" і т.п.

1.3 Аналіз конструктивних недоліків сталевозу установки піч-ківш та пропозиції щодо їхнього усунення

В останні роки усе ширше застосовується метод підвищення якості сталі обробкою її в розливних ковшах інертними газами (аргоном, азотом й ін.), особливо в комплексі з наступним захистом струменя при розливанні, з одночасною обробкою синтетичними шлаками, обробкою у вакуумі й розкисленням рідкісноземельними елементами. Організація обробки рідкої сталі аргоном вимагає рішення досить складних технологічних питань внепічного рафінування. До них відносяться: розробка технології виготовлення пористих вогнетривких фурм, створення пристроїв для їхньої установки в кладку ковшів, конструювання системи подачі аргону від ємностей до пористих фурм й ін.

Рафінуюча дія аргону базується на його здатності знижувати парціальний тиск газів у зоні реакцій, а також циркуляцією металу в обсязі ковша, що виникає

при продувці аргоном і сприяє видаленням газів і виносу неметалічних включень.

Продувку аргоном роблять у спеціально обладнаних ковшах через пористі вставки в дні ковша. Подачу аргону плавно регулюють вентилями залежно від інтенсивності переміщення металу в ковші так, щоб не було оголення металу від шлаків. Час продувки залежно від температури металу й стану стопорної котушки становить 6÷11 хв. Витрата аргону при звичайній продувці – близько 1 $м^3$/т.

Продувка металу аргоном при атмосферному тиску приводить до дегазації металу. Значний ступінь дегазації досягається тільки при дуже високій витраті аргону. При цьому відбувається інтенсивний барботаж металу, що викликає необхідність робити продувку в ковші збільшеної ємності з більшою відстанню від поверхні металу до краю ковша, щоб уникнути виплесків.

Сталерозливні ковші виконують у вигляді усіченого конуса зі сферичним днищем. По конструктивному виконанню ковші бувають клепаними й зварними.

У цей час клепані ковші поступово заміняють зварними, оскільки в результаті зниження маси металевого кожуха представляється можливим при цьому збільшити їхню місткість на 10-12%. Збільшення місткості ковшів дає можливість підвищити продуктивність електросталеплавильних печей на 5-6% без збільшення вантажопідйомності розливних кранів. Вартість виготовлення зварних ковшів нижче, а по міцності вони не поступаються клепаним.

Сталерозливний ковш (рис. 1.8) складається з корпуса 8, до якого прикріплені два сегменти 13 із цапфами 14 і два кільця твердості 12. Корпус усередині футерують вогнетривкою кладкою 6. Для розливання сталі в днище ковша є отвір, у яке вставляють склянку 10 для випуску сталі, що закриває пробкою 9 стопорного пристрою. Для нахилу ковша при зливі шлаків через носок 1 служить кантовочна скоба 11, що захоплюється гаком допоміжного підйому розливного крана.

Стопорний пристрій, призначений для відкривання й закривання склянки,

складається зі стрижня 7 з надягнутими на нього вогнетривкими кільцями, качани 2, направляючої 3 і штанги 4, пов'язаної з вилкою. Направляюча 3 шарнірно закріплена на кронштейні, а штанга переміщається в ній за допомогою важільного піднімального механізму 5, керованого вручну.

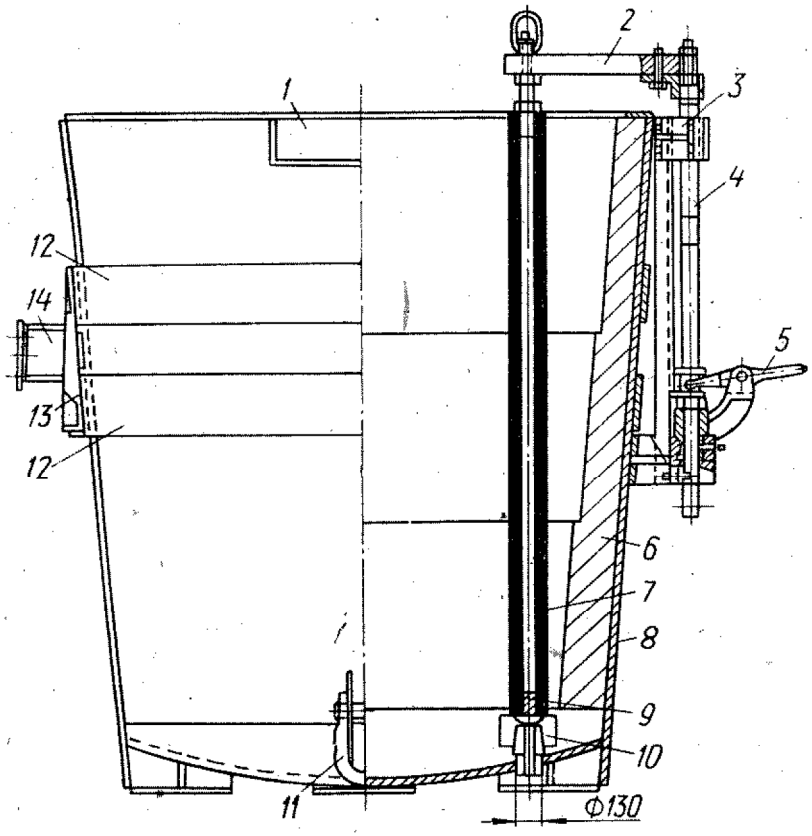


Рисунок 1.8 – Сталерозливний ківш установки піч-ківш

Дистанційне керування стопором підвищує надійність його роботи й звільняє розливника від необхідності перебування поблизу ковша, забезпечує безпеку роботи й полегшує працю.

При проєктуванні нових і модернізації існуючих систем автоматизації дугових електропечей варто застосовувати системи приводів, які дозволили б:

1) бути надійними в роботі, зручними при ремонті й нагляді;

2) забезпечувати мінімальне й стабільне тертя у всіх елементах системи;

3) забезпечувати максимальний твердий кінематичний зв'язок двигуна з передавальними механізмами, що виключає вплив піддатливості ланок на якість процсу рсгулювання;

4) повинні мати мінімальні зазори в кінематичному ланцюзі;

5) мати максимально можливий ККД і мінімальне розходження статичних моментів навантаження при роботі, що дозволяє знизити потужність регульованого двигуна й істотно поліпшити динамічні властивості системи регулювання;

6) мати швидкий розгін і гальмуванням;

7) мати максимально можливу (при дотриманні стійкості регулювання) швидкість підйому переміщення механізмів при автоматичному й ручному керуваннях.

Модернізацію механізму переміщення сталевозу установки піч-ківш пропонується виконати в такий спосіб: установити допоміжній привод на приводні колеса (рис.1.9).

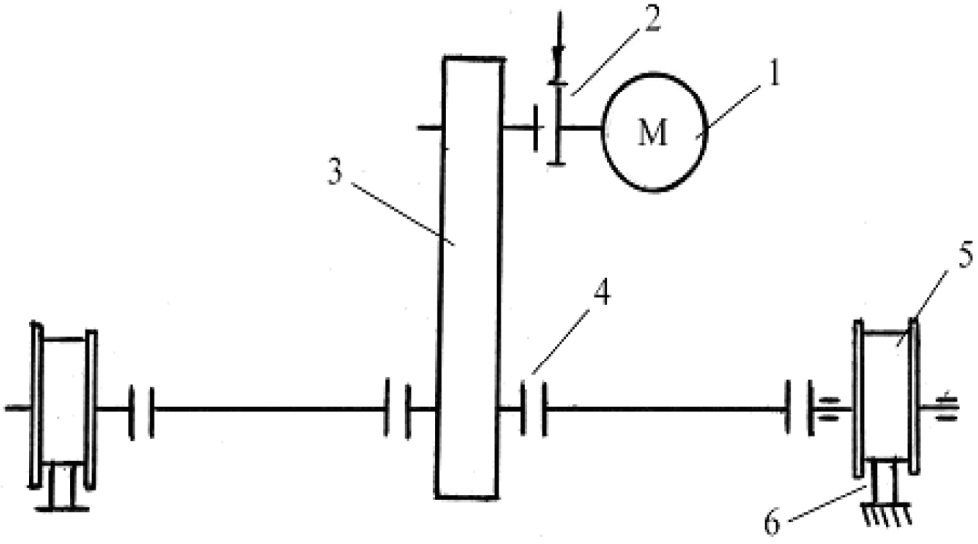


Рисунок 1.9 – Механізм пересування візка сталевоза: 1 – електродвигун; 2 – гальмо; 3 – вертикальний редуктор типу ВКУ; 4 – муфта й проміжний вал; 5 – ходові колеса; 6 – рейка.

Для передачі крутного моменту від електродвигуна на приводні колеса використати вертикальний редуктор типу ВК. Для з'єднання цих деталей між собою використати зубчасті муфти. Саме таке розташування вузлів і деталей можна використати для досягнення використання стандартних виробів, що зменшить вартість установки й спростить ремонт й експлуатацію механізму.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок опору пересування сталевозу та вибір електродвигуна

Для вибору електродвигуна скористаємося основним технологічними даними роботи сталевозу, наданими представниками цеху:

- маса печі ковша з металом m_0=218 т;
- маса візка $m_т = 31{,}43$ т
- швидкість пересування $V_т = 0{,}2$ м/с;
- режим роботи важкий.

Вибираємо механізм переміщення установки піч-ківш із індивідуальним приводом на ходові колеса (рис. 1.9), в якій електродвигун 1 через муфту 2 з'єднаний з вертикальним редуктором 3 типу ВКУ. Вихідний вал редуктора з муфтами 4 і проміжними валами з'єднаний з ходовими колісьми 5, які переміщаються по рейках 6.

Найбільше навантаження на одне колесо [11]:

$$F = m_0 \cdot g / Z_K , \qquad (2.1)$$

де m_0 – маса печі ковша з металом, m_0=218 т;

Z_K – кількість коліс візка; приймаємо $Z_K = 4$.

$$F = 218 \cdot 9{,}81 / 4 = 534\,кН$$

Обираємо при заданій швидкості пересування $V_т = 0{,}2$ м/с і важкому режимі роботи колесо 840/Р120: діаметр $D_K = 840$ мм, що допускає навантаження $F_K = 605$ кН, тип рейки Р120. В якості опор колеса використовуємо вальниці № 3644 із внутрішнім діаметром $d = 220$ мм; діаметр реборд $D_1 = 920$ мм.

Опір пересуванню з номінальним вантажем [12]:

$$W_C = m_0 \cdot g \cdot \left(\frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_K} \cdot k_p + \alpha \right), \qquad (2.2)$$

де m_0 – маса печі ковша з металом, m_0=218 т;

f – коефіцієнт, що враховує тертя у вальницях колеса, f =0,015;

μ – коефіцієнт, що враховує тертя-качення колеса по рейкам;

k_p – коефіцієнт, що враховує тертя реборд об рейку, k_p =2,5 при підшипниках кочення;

α – ухил шляху, α = 0,003;

d – діаметр цапфи колеса, d =220 мм.

$$W_C = 218 \cdot 9{,}81 \cdot \left(\frac{0{,}015 \cdot 220 + 2 \cdot 0{,}7}{840} \cdot 2{,}5 + 0{,}003 \right) = 36{,}3\,кН;$$

Статична потужність привода [13]:

$$P' = W_C \cdot V_T / \eta, \qquad (2.3)$$

де W_C – опір пересуванню з номінальним вантажем, W_C =36,3 кН;

$V_т$ – швидкість пересування, $V_т$ =0,2 м/с;

η – ККД механізму пересування; приймаємо η=0,8.

$$P' = 36{,}3 \cdot 0{,}2 / 0{,}8 = 9 \text{ кВт}.$$

В зв’язку з тим, що під час виконання виробничих завдань, можливі нестандартні ситуації, які призводять до додаткових навантажень, приймемо коефіцієнт додаткового навантаження ψ=1,2 [14].

$$P' = 9 \cdot 1{,}2 = 10{,}9 \text{ кВт}.$$

Вибираємо двигун МТКН-312-8: номінальна потужність при ПВ = 40%, $P_{ä} = 11$ кВт, частота обертання $n_{ä} = 700$ хв$^{-1}$, максимальний (пусковий) момент $T_{ä} = 430$ Нм, момент інерції ротора $J_{р} = 0{,}318$ $кг \cdot м^2$, потужність при ПВ=25% $P_{25} = 13$ кВт, діаметр вала $d_1 = 50$, висота центрів $h = 180$ мм [15].

Частота обертання ходових коліс [16]:

$$n_K = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot V_T}{\pi \cdot D_K}, \qquad (2.4)$$

де $V_Т$– швидкість пересування, $V_т = 0{,}2$ м/с;

$D_К$ – діаметр ходового колеса, $D_К = 840$ мм.

$$n_K = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0{,}2}{3{,}14 \cdot 840} = 4{,}55 \text{ хв}^{-1}$$

Передатне відношення привода:

$$i = n_д / n_K, \qquad (2.5)$$

де $n_Д$ – частота обертання електродвигуна, $n_д$=700 хв$^{-1}$;

$n_К$ – частота обертання колеса, $n_к$ =4,55 хв$^{-1}$.

$$i = 700 / 4{,}55 = 153{,}84.$$

Мінімально можлива сумарна міжосьова відстань редуктора:

$$a'_{\Sigma} = 0{,}5 \cdot D_1 + h + 100 = 0{,}5 \cdot 920 + 180 + 100 = 740 \, мм;$$

Вибираємо редуктор ВКУ– 950: передавальна потужність $P_р = 13$ кВт при важкому режимі роботи, частота обертання $n_р = 750$ хв$^{-1}$ передаточне число $U_р = 145,75$, діаметр вхідного вала $d = 50$ мм, діаметр вихідного вала $d_1 = 95$ мм.

Фактична швидкість пересування:

$$V_{TФ} = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_д}{60 \cdot U_p}, \qquad (2.6)$$

де $D_к$ – діаметр ходового колеса, $D_к = 840$ мм;

$n_Д$ – частота обертання електродвигуна, $n_ä = 700$ хв$^{-1}$;

$U_р$ – передаточне число редуктора, $U_р = 145,75$.

$$V_{TФ} = \frac{3,14 \cdot 0,840 \cdot 700}{60 \cdot 145,75} = 0,211$$

Відхилення в 5,5 % фактичної швидкості від заданої знаходиться вмежах допустимого, такми чином обрані електродвигун та редуктор задовольняють виробничі потреби.

2.2 Вибір та перевірка на відповідність стандартних елементів приводу сталевозу

Муфту на швидкохідному валу обираємо за номінальним моментом на приводному валу:

$$T_H = 9550 \cdot P_д / n_д \qquad (2.7)$$

де $P_Д$- потужність електродвигуна, $P_Д$=11 кВт;

$n_Д$ – частота обертання електродвигуна, $n_ä = 700$ хв$^{-1}$.

$$T_H = 9550 \cdot 11 / 700 = 150\, H \cdot м$$

Розрахунковий момент:

$$T_M^{`} = k_1 \cdot k_2 \cdot T_H, \qquad (2.8)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності механізму;

k_2 – коефіцієнт, що враховує режим роботи.

$$T_M^{`} = 1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 150 = 235\, H \cdot м;$$

Вибираємо муфту МЗП 2: номінальний момент $T_м = 700$ Нм, момент інерції $J_{M_1} = 0{,}061\ кг \cdot м^2$, діаметр отворів $d = 50$ і $d_1 = 50$ мм [17].

Муфту на тихохідному валу обираємо за розрахунковим моментом:

$$T_M^{`} = k_1 \cdot k_2 \cdot T, \qquad (2.9)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності механізму;

k_2 – коефіцієнт, що враховує режим роботи;

T – момент на тихохідному на валу редуктора:

$$T = T_H \cdot U_p \cdot \eta_p, \qquad (2.10)$$

де $\eta_р$ – ККД редуктора; приймаємо $\eta_р = 0{,}8$;

$U_р$ – передаточне число редуктора;

$T_Н$ – номінальний момент на приводному валу, $T_Н$ =150 Нм.

$$T = 150 \cdot 145{,}75 \cdot 0{,}8 = 17490\, H \cdot м;$$

$$T_M^{`} = k_1 \cdot k_2 \cdot T = 1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 17490 = 27300\, H \cdot м;$$

Обираємо муфту МЗП–9: $T_М = 30000$ Нм, $J_{М_2} = 12{,}62$ кг $\cdot$ м^2, $d = 160$, $d_1 = 190$ мм [17].

Для вибора гальма розрахуємо прискорення сталевозу при русі візка без вантажу:

$$a_T = \left[\frac{Z_ї}{Z} \cdot \left(\frac{\varphi}{1{,}2} - f \cdot \frac{d}{D_К} \right) + (2 \cdot \mu + f \cdot d) \frac{1}{D_К} \right] \cdot g, \qquad (2.11)$$

де $Z_ї$ – число приводних коліс, $Z_ї$ =2;

φ – коефіцієнт зчеплення ходових коліс із рейками; при $Z_ї = 2$, $\varphi = 0.15$;

f – коефіцієнт тертя в опорах колеса, $f = 0{,}015$;

μ – коефіцієнт тертя катання колеса по рейці, $\mu = 0.7$ мм при $D_К = 840$ мм і рейці із плоскою головкою;

d – діаметр цапфи колеса, $d = 220$ мм.

$D_К$ – діаметр ходового колеса, $D_К = 840$ мм.

$$a_T = \left[\frac{2}{4} \cdot \left(\frac{0{,}15}{1{,}2} - 0{,}015 \cdot \frac{220}{840} \right) + (2 \cdot 0{,}7 + 0{,}015 \cdot 220) \cdot \frac{1}{840} \right] \cdot 9{,}81 = 0{,}664 м / с^2$$

Максимально припустиме технологічне прискорення візка з вантажем і без вантажу 0,2 м/с^2. Для досягнення цього необхідно використати пусковий опір

ланцюга ротора для зниження частоти обертання ротора, у зв'язку із чим зменшиться швидкість пересування й сила інерції візка сталевоза.

Приймаємо $a_T = 0{,}2 м/с^2$.

Час гальмування:

$$t_T = V_{TФ} / a_T = 0{,}211 / 0{,}2 = 1{,}05\ с$$

Сила опору руху порожнього візка під час гальмування:

$$F_0^T = m_T \cdot \left[(2 \cdot \mu + f \cdot d) \frac{1}{D_K} - \alpha \right] \cdot g, \qquad (2.12)$$

де $m_т$ – маса візка сталевоза, $m_т$=31,43 т;

f – коефіцієнт, що враховує тертя в опорах (вальницях) колеса;

μ – коефіцієнт, що враховує процес тертя-ккочення колес по рейкам;

d – посадковий (цапфи) діаметр колеса;

$D_к$ – робочий діаметр колеса;

α – коефіцієнт, що враховує нахил шляху.

$$F_0^T = 31{,}43 \cdot \left[(2 \cdot 0{,}7 + 0{,}015 \cdot 220) \cdot \frac{1}{840} - 0{,}003 \right] \cdot 9{,}81 = 0{,}8 кН$$

Гальмовий момент гальмування, коли сталевоз рухається без вантажу:

$$T_T' = \delta \cdot \left(J_p + J_{M_1} \right) \cdot \frac{n_д}{9{,}55 \cdot t_T} + 9{,}55 \cdot m_T \cdot \frac{V_{TФ}^2}{n_д \cdot t_T} \cdot \eta - F_0^T \cdot \frac{D_K}{2 \cdot U_p} \cdot \eta, \qquad (2.13)$$

де δ – поправочний коефіцієнт на інерцію мас, що обертаються повільніше за двигун;

$J_Р$ – момент (інерції) ротора;

$J_{М_1}$ – момент (інерції) муфти;

$n_Д$ – кількість обертів електродвигуна;

t – час зупинки сталевоза;

$m_Т$ – маса, порожнього, візка сталевоза;

$V_{ТФ}$ – технологічна швидкість пересування сталевозу;

$F_0^Т$ – сила опору руху порожнього візка під час гальмування;

$D_К$ – робочий діаметр колеса;

$\eta_р$ – ККД редуктора; приймаємо $\eta_р = 0{,}8$.

$$T_T^{'} = 1.25 \cdot (0{,}318 + 0{,}061) \cdot \frac{700}{9{,}55 \cdot 1{,}05} + 9{,}55 \cdot 31{,}43 \cdot \frac{0{,}211^2}{700 \cdot 1{,}05} \cdot 0{,}8 -$$

$$- 0{,}8 \cdot \frac{840}{2 \cdot 145{,}75} \cdot 0{,}8 = 33\ Н \cdot м;$$

Вибираємо гальмо ТКТ – 300 з гальмовим моментом $Т_Т = 240$ Н · м, яке варто відрегулювати до $Т_Т^{`}$ =33 Нм [18].

Довжина шляху гальмування, що рекомендується:

$$S = V^2 / k = 0{,}211^2 / 1{,}5 = 0{,}03\ м;$$

де $V = V_{ТФ} = 0{,}211$ м/с.

Фактична довжина шляху гальмування:

$$S_Ф = 0.5 \cdot V_{ТФ} \cdot t_T = 0{,}5 \cdot 0{,}211 \cdot 0{,}32 = 0{,}033\ м;$$

Що відповідає вимогам технологічного процесу

Навантаження на одне колесо:

$$F_K = 534\,кН;$$

Розрахункове навантаження:

$$F_p = k_1 \cdot \gamma_1 \cdot F_k, \qquad (2.14)$$

де k_1 – коефіцієнт режиму роботи, $k_1 = 1{,}2$;

γ_1 – коефіцієнт, що враховує змінність навантаження.

$$F_p = 1{,}2 \cdot 0{,}8 \cdot 534 = 512\,кН;$$

Напруження зминання:

$$\sigma_{см} = 0{,}418 \cdot \sqrt{\frac{F_p \cdot E_{np}}{b \cdot R_k}} < [\sigma_{см}], \qquad (2.15)$$

$$\sigma_{ñì} = 0{,}418 \cdot \sqrt{\frac{512 \cdot 10^3 \cdot 2.1 \cdot 10^5}{120 \cdot 500}} = 560 \text{ МПа} < [\sigma_{див}] - 850 \text{ МПа}$$

Частота обертання ходових коліс:

$$n_К = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot V_Т}{\pi \cdot D_К} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0{,}211}{3{,}14 \cdot 840} = 4{,}8 \quad хв^{-1},$$

Вальниці опор:

$$C' = F \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} < C, \qquad (2.16)$$

де L_h – термін служби вальниці; $L_h = 8000$ год;

С – гранично припустиме динамічне навантаження на вальницю, С=1960 кН.

$$C' = 512 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 4{,}8 \cdot 16000}{10^6}} = 852 \text{ кН} < C = 1960 \text{кН}.$$

Таким чином необхідна динамічна вантажопідйомність вальниць забезпечується, що підтверджує привильне рішення щодо вибору в якості опори колеса вальниці типу 3644 [19].

2.3 Перевірка електродвигуна на перевантаження

Максимально припустиме прискорення при пуску:

$$a_П = \left[\frac{Z_П}{Z} \cdot \left(\frac{\varphi}{K_\varphi} + \frac{f \cdot d}{D_K}\right) - \left(2 \cdot \mu + f \cdot d\right)\frac{K_p}{D_K}\right] \cdot g, \qquad (2.17)$$

де K_φ – мінімально припустиме значення коефіцієнта запасу зчеплення;

$$a_П = \left[\frac{2}{4} \cdot \left(\frac{0{,}15}{1{,}2} + \frac{0{,}015 \cdot 220}{840}\right) - \left(2 \cdot 0{,}7 + 0{,}015 \cdot 220\right) \cdot \frac{2}{840}\right] \cdot 9{,}81 = 0{,}522 \, м/с^2;$$

Приймаємо $a_П = 0{,}2 м/с^2$.

Найменший час пуску:

$$\left[t_П\right] = V_{1Ф}/a_n = 0{,}211/0.2 = 1{,}05 \text{ с}.$$

Середній пусковий момент двигуна:

$$T_{Пср} = 0{,}5 \cdot \left(T_{д} + \psi_{\min} \cdot T_{H}\right), \qquad (2.18)$$

де $\psi_{\min}$ – мінімальна кратність пускового моменту;

$T_{д}$ – максимальний (пусковий) момент двигуна, $T_{д}$ =430 Н · м;

T_{H} – номінальний момент на приводному валу, T_{H}=150 Нм.

$$T_{Пср} = 0{,}5 \cdot \left(430 + 1{,}2 \cdot 150\right) = 305\, Н \cdot м;$$

Опір пересуванню при роботі без вантажу:

$$F_0 = m_T \cdot \left(2 \cdot \mu + f \cdot d\right) \frac{K_p}{D_K} \cdot g, \qquad (2.19)$$

$$F_0 = 31{,}43 \cdot \left(2 \cdot 0{,}7 + 0{,}015 \cdot 220\right) \cdot \frac{2}{840} \cdot 9{,}81 = 3{,}45\, кН$$

Статичний момент при роботі без вантажу:

$$T_C = F_0 \cdot \frac{D_K}{2 \cdot U_P \cdot \eta}, \qquad (2.20)$$

$$T_C = 3{,}45 \cdot \frac{840}{2 \cdot 145{,}75 \cdot 0{,}85} = 11{,}6\, Н \cdot м;$$

Момент інерції обертових мас привода [20]:

$$J = J_p + J_{M_1} = 0{,}318 + 0{,}061 = 0{,}379\, кг \cdot м^2;$$

Фактичний час пуску при роботі без вантажу:

$$t_{П} = \frac{\delta \cdot J \cdot n_{д}}{9{,}55 \cdot \left(T_{Пср} - T_{C}\right)} + \frac{9{,}55 \cdot m_{T} \cdot V_{TФ}^{2}}{\left(T_{Пср} - T_{C}\right) \cdot n_{д} \cdot \eta}, \qquad (2.21)$$

$$t_{П} = \frac{1{,}25 \cdot 0{,}379 \cdot 700}{9{,}55 \cdot (305 - 11{,}6)} + \frac{9{,}55 \cdot 31{,}43 \cdot 0{,}211^{2} \cdot 10^{3}}{(305 - 11{,}6) \cdot 700 \cdot 0{,}8} = 0{,}2\ c$$

Фактичне прискорення при пуску й роботі без вантажу:

$$a_{Ф} = V_{TФ} / t_{П} = 0{,}211 / 0{,}2 = 1{,}05\ \text{м/с}^2.$$

Фактичний запас зчеплення приводних коліс із рейками при роботі без вантажу

$$K_{СЦ} = \frac{\phi}{\frac{Z}{Z_{П}} \cdot \left[\frac{a_{Ф}}{g} + (2 \cdot \mu + f \cdot d) \cdot \frac{K_{р}}{D_{К}}\right] - f \cdot \frac{d}{D_{К}}}, \qquad (2.22)$$

$$K_{СЦ} = \frac{0{,}15}{\frac{4}{2} \cdot \left[\frac{0{,}2}{9{,}81} + (2 \cdot 0{,}7 + 0{,}015 \cdot 220) \cdot \frac{2}{840}\right] - 0{,}015 \cdot \frac{220}{840}} = 2{,}53$$

Що більше мінімально припустимого $K_{СЦ}=2{,}53>[K_{СЦ}]=1{,}2$.

Для оцінки теплового навантаження на двигун визначимо статичний момент на його валу за умов номінального навантаження:

$$T_{1} = \frac{W_{C} \cdot D_{K}}{2 \cdot U_{p} \cdot \eta}, \qquad (2.23)$$

$$T_1 = \frac{29 \cdot 840}{2 \cdot 145{,}75 \cdot 0{,}85} = 98 \text{ Н·м}$$

Коефіцієнт перевантаження двигуна:

$$\alpha = T_1 / T_H \ , \qquad (2.24)$$

$$\alpha = 98 / 150 = 0{,}65$$

Перевантажувальна здатність двигуна:

$$\lambda = T_\partial / T_H \ , \qquad (2.25)$$

$$\lambda = 430 / 150 = 2{,}86$$

Момент інерції мас, що рухаються, наведений до вала двигуна [21]:

$$J = \delta \cdot \left(J_p + J_{M_1} \right) + 91{,}2 \cdot \frac{m_0 \cdot V_{TФ}^2}{n_\partial^2 \cdot \eta}, \qquad (2.26)$$

де δ – коефіцієнт, що враховує вплив інерційних моментів елементів механізму, які обертаються з меншою швидкістю, ніж двигун;

$J_Р$ – інерціний момент ротора;

$J_{М_1}$ – момент інерції муфти, $J_{М_1} = 0{,}061$ кг·м^2;

$n_Д$ – число обертів електродвигуна;

t – час зупинки сталевозу, t=1,05 с;

m_0 – маса установки піч-ківш, m_0=218 т;

$V_{ТФ}$-фактична швидкість пересування, $V_{ТФ}$=0,211 м/с^2

$\eta_р$ – ККД редуктора; приймаємо $\eta_р = 0{,}8$.

$$J = 1{,}25 \cdot (0{,}318 + 0{,}061) + 91{,}2 \cdot \frac{218 \cdot 0{,}211^2}{700^2 \cdot 0{,}8} = 0{,}47 \text{ кг·м}^2$$

Час пуску

$$t_П = t_П^{відн} \cdot \frac{J \cdot n_д}{9{,}55 \cdot T_Н}, \quad (2.27)$$

де $t_n^{відн}$ – відносний час пуску; приймаємо при:

$$T_{пуск} = \lambda \cdot T_H = 2{,}86 \cdot 150 = 430 \text{ й } \alpha = 0{,}65, \; t_п^{відн} = 1{,}2 \text{с}.$$

$$t_П = 1{,}2 \cdot \frac{0{,}379 \cdot 700}{9{,}55 \cdot 150} = 0{,}22$$

Середній час робочої операції:

$$t_р = S_1 / V_{ТФ}, \quad (2.28)$$

де S_1 – середній шлях пересування візка.

$$t_р = 5 / 0{,}211 = 23{,}7 \text{ с}$$

Розрахунковий коефіцієнт:

$$\beta = t_П / t_р ., \quad (2.29)$$

$$\beta = t_{П} / t_{p} = 0{,}22 / 23{,}7 = 0{,}01$$

Еквівалентна по нагріванню потужність при ПВ = 25%

$$P_{E25} = k_{25} \cdot \gamma \cdot W_C \cdot V_{TФ} / \eta, \qquad (2.30)$$

де k_{25} – коефіцієнт, який враховує відносну тривалість увімкнення при тяжкому (Т) режимі роботи

γ – коефіцієнт урахування пускових навантажень при розрахунку еквівалентної потужності; приймаємо значення 0,003.

$$P_{E25} = 1 \cdot 1 \cdot 36{,}3 \cdot 0{,}211 / 0{,}8 = 9{,}57 \text{ кВт}$$

Таким чином обраний електродвигун відповідає вимогам технологічного процесу

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Технічне обслуговування приводу сталевоза

Головною метою діагностування є підвищення надійності та ресурсу контрольованого об'єкта шляхом виявлення на ранніх стадіях дефектів і несправностей і причин їх виникнення, так як це дозволяє попередити або усунути їх розвиток і тим самим виключити відмови і аварії обладнання, що призводять до негативних наслідків. Технічне діагностування передбачає визначення технічного стану об'єктів без їх розбирання, тобто без втрат часу і коштів на розбирання і виявлення несправностей. Це вкрай важливо, оскільки за відсутності діагностування пошук несправностей, як показує практика, може займати в середньому до 50% загального часу ремонтних робіт. Тим більше, що діагностування дозволяє уникнути незаплановані простої обладнання та остаточні втрати ремонтопридатності відповідальних вузлів і деталей.

Застосування діагностики дає змогу отримати вичерпну інформацію про технічний стан обладнання, що, у свою чергу, дозволяє оптимально налаштовувати його робочі режими для досягнення необхідної продуктивності за мінімальних витрат ресурсів.

У результаті діагностування створює умови для істотного підвищення коефіцієнта використання устаткування завдяки скороченню часу на його технічне обслуговування та ремонт, зменшення витрат на експлуатацію і виключення аварійних ситуацій. Крім використання при експлуатації, технічне діагностування знаходить широке застосування в машинобудуванні на стадії створення устаткування, що дозволяє істотно скоротити цей процес і значно зменшити витрати на створення нової техніки. А в серійному виробництві воно на стадії вихідного контролю створює можливості достовірно встановлювати технічний стан виготовленого обладнання та його відповідність технічним умовам і проектно–технологічній документації.

Забезпечення високої надійності та безпеки конструкції починається, як правило, задовго до пуску її в експлуатацію. При цьому виконують розрахунки, випробування, проєктно-конструкторські та інші роботи, пов'язані зі створенням машини. І лише на другій стадії – стадії експлуатації починають діяти заходи щодо контролю її стану, оцінка поточного та визначення реального залишкового ресурсів [22, 23].

Спираючись на все вищемказане прийняте рішення виконати розрахунок системи змащення редуктора приводу сталевоза, яка повинна забезпечити надійність експлуатації редуктора ВКУ–950, зрозуміло за умови своєчасного обслуговування. Також згідно запропонованої модернізації в розділі 1.3 розробити схему кріплення редуктора ВКУ–950 до рами сталевоза, для забезпечення надійного закріплення, а також коректної експлуатації. Для якісного та безпечного монтажу обладанняня виконати вибір такелажного обладнання з розрахунком стропів.

3.2 Обгрунтування і розрахунок системи змащення редуктора приводу механізму переміщення сталевоза

Рідинні мастильні матеріали відіграють ключову роль у забезпеченні надійної роботи тертьових вузлів. Вони знижують коефіцієнт тертя, виконують функцію охолодження, запобігають корозійному руйнуванню поверхонь, а також видаляють з робочої зони абразивні частинки та продукти зношування.

Залежно від способу подачі мастила до зони контакту, рідинне змащення класифікується на кілька типів:

– індивідуальне змащення — здійснюється вручну за допомогою шприців або маслянок, персоналом, відповідальним за обслуговування обладнання.

– картерне змащення — реалізується шляхом часткового занурення елементів механізму у резервуар (картер), заповнений мастильним матеріалом.

– циркуляційне змащення — забезпечується спеціальною маслостанцією, яка подає мастило під тиском безпосередньо в зону тертя, забезпечуючи його безперервну циркуляцію.

– аерозольне змащення — ґрунтується на подачі мастильної речовини у вигляді дрібнодисперсного туману, створеного шляхом змішування мастила з повітрям і подальшого введення цієї суміші у вузол тертя під тиском [24].

У випадку застосування картерної системи змащення важливо дотримуватись певних технічних обмежень. Основною умовою є контроль лінійної швидкості обертового елемента (наприклад, зубчастого колеса редуктора), зануреного в мастило. Ця швидкість не повинна перевищувати 10 м/с, тобто повинна виконуватись умова Vk < 10 м/с :

$$V_k = \pi d n_k/60 = 3{,}14 \cdot 0{,}42 \cdot 233/60 = 5{,}12 \text{ м/с} \quad (3.1)$$

де V_k – лінійна швидкість колеса занурюємого в картер;

$d = 0{,}57$ м – діаметр колеса, що занурюється в картер;

n_k – кількість обертів колеса, що занурюється в картер.

$$N_k = n_{дв}/I = 700/3 = 233 \text{ об/хв} \quad (3.2)$$

де $n_{дв}$=700 об/хв – кількість обертів двигуна;

i = 3 – передаточне відношення першої ступені редуктора.

$$5{,}12 < 10 \text{ м/с}$$

Першу умову виконано.

Друга умова полягає в тому, що тепловиділення в зоні тертя (Q_1) не повинно перевищувати можливості системи охолодження щодо відведення тепла в навколишнє середовище (Q_2), тобто має виконуватись нерівність $Q_1 < Q_2$:

$$Q_1 = 860(1 - \eta)\cdot N \cdot 4{,}1868 \cdot K_3 \quad (кДж/год), \tag{3.3}$$

де η =0,97– ККД редуктора;

N =11 кВт – передана потужність;

Кз = 0,033 – коефіцієнт, що враховує час роботи редуктора:

Коефіцієнт розраховується з урахуванням часу роботи редуктора на годину. Оскільки сталевоз працює 2 хвилини в годину => $к_3$=2/60 = 0.033, тоді:

$$Q_1 = 860\cdot (1 - 0{,}97) \cdot 11 \cdot 4{,}1868 \cdot 0{,}033 = 39 \text{ (кДж/год)}.$$

Кількість тепла, яке може бути відведено в зовнішнє середовище:

$$Q_2 = к\ (t_M - t_n) \cdot A \text{ (кДж/год)}, \tag{3.4}$$

де к – коефіцієнт, який приймають від 31,3 до 62.8 (кДж/(м^2 ·град.);

t_M – допустима температура мастила;

t_n – температура повітря;

А – площа поверхні охолодження, м^2.

$$Q_2 = 31{,}3\cdot(50 - 20)\cdot 4{,}6 = 4319{,}4 \text{(кДж/год)}$$

$$39 < 4319{,}4$$

Другу умову виконано.

Наступним етапом розрахунку є визначення кінематичної в'язкості

мастила:

$$°ВУ_{50}^{min} = \frac{q \cdot m}{20}, \quad (3.5)$$

де q – навантаження на одиницю довжини зуба, кН/м

$$q = \frac{1000 \cdot N}{V \cdot B} = \frac{1000 \cdot 11}{5{,}12 \cdot 320} = 6{,}71\ кН/м \quad (3.6)$$

де N – потужність кВт;

V – швидкість, м/с;

B – ширина зуба, мм.

m – коефіцієнт, який залежить від швидкості обертання колеса:

m = 1.6 V<8 м/с; m = 1.2 V=8 – 10 м/с;

$$0\ ВУ_{50}^{min} = \frac{6{,}71 \cdot 1{,}6}{20} = 0{,}54$$

Вибираємо індустріальне масло І-12.

Кількість масла, яке необхідно залити в картер обчислюється через умову занурення зуба і через передаваєму потужності:

$$G = (h_1 + h_2)F_0,\ дм^3\ (літр) \quad (3.7)$$

де h_1 – відстань від дна картера до зуба, яке забезпечує змазування (рис.3.1):

$$h_1 = 2/3\ h_{зуба} = 2/3 \cdot (2{,}25 \cdot m) = 2/3 \cdot (2{,}25 \cdot 5) = 7{,}5\ мм. \quad (3.8)$$

де m =5 мм – модуль зачеплення швидкохідної ступені.

h_2 – глибина занурення зуба (рис.3.1):

$$h_2 = a_{wпр} + d_1/2 + (C - d_1/2 - h_{CT}) + (a_{wпр} - d/2) \quad (3.9)$$

$$h_2 = 300 + 570/2 + (385 - 570/2 - 30) + (300 - 420/2) = 745 \text{ мм};$$

F_0 – площа картера.

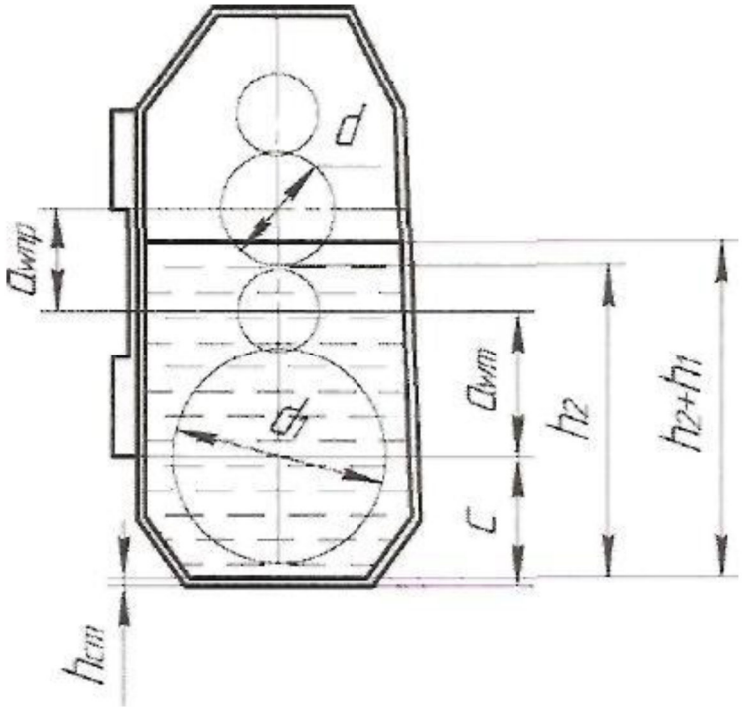


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку картерної системи рідинного змащення редуктора приводу механізму переміщення сталевозу: $a_{wпр}$ = 300 мм – міжосьова відстань проміжної ступені редуктора; a_{WT} = 400 мм – міжосьова відстань тихохідної ступені редуктора; d= 420 мм – діаметр зубчастого колеса швидкохідної ступені; d_1= 570 мм – діаметр зубчастого колеса тихохідної ступені; C= 385 мм – габаритний розмір; $h_{ст}$ = 30 мм – товщина стінки редуктора.

Тоді необхідна кількість мастила:

$$G = (745+7,5)\cdot 5.547\cdot 10^2 = 40,2 \text{ дм}^3 \text{ (літр)}$$

Або за умови передаваємої потужності:

$$G = (0,3…0,5) \cdot N=(0,3…0,5) \cdot 11= 3,3…5,5 \text{ дм}^3 \text{ (літр)}, \quad (3.10)$$

де N– передаваєма потужність.

Вибираємо більше із двох значень: G = 40,2 дм^3 (літр).

3.3 Розрахунок кріплення редуктора приводу механізму переміщення сталевоза

Для розрахунку діаметра болтів кріплення редуктора складаємо формулу сил, що діють на верхні болти, що знаходяться на найбільшому віддаленні від центру обертання. Сили діючі на кріплення редуктора показані на рисунку 3.2 [25]:

$$Q_o \cdot a – M – G \cdot c = 0 \quad (3.11)$$

де Q_0 – зусилля попереднього затягування болтів;

a – плече дії зусилля Q_o;

M – крутний момент редуктора на тихохідному валу при прямому русі сталевоза;

G – вага редуктора;

C – плече на якому діє перекидаючий сила від ваги редуктора.

$$M = 9550 \cdot N \cdot i/n$$

де N – потужність двигуна приводу сталевоза;

n – кількість оборотів двигуна;

i – передаточне число редуктора сталевоза.

$$M = 9550 \cdot (11/700) \cdot 145{,}75 = 21872{,}9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

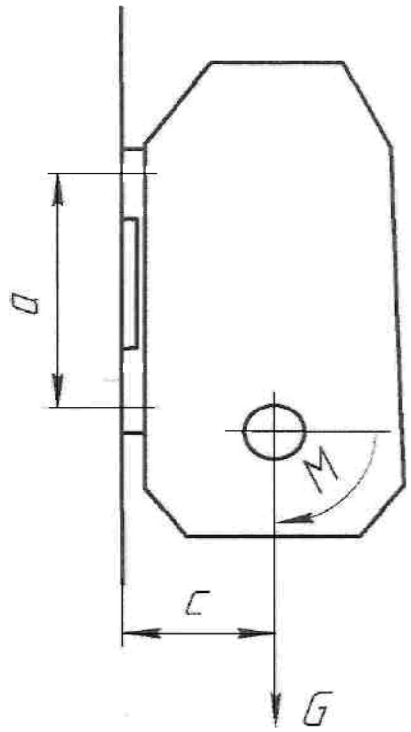


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку кріплення редуктора

$$Q_0 \cdot a = -1{,}4 \cdot M + 1{,}4 \cdot G \cdot c \Rightarrow Q_0 = \frac{1{,}4 \cdot M + 1{,}4 \cdot G \cdot c}{a} = \\ = \frac{1{,}4 \cdot 21872{,}9 + 1{,}4 \cdot 15{,}53 \cdot 0{,}32}{0{,}81} = 37813{,}6 \; kH \qquad (3.12)$$

$$Q_б = Q_0 / n_р = 37813{,}6/2 = 18906{,}8 \text{ кН},$$

де $Q_б$ – зусилля затяжки одного болта;

$n_р$ – кількість рядів кріплення болтів;

Перевірка умови нерозкриття стику: $F_{ТР} > G$.

$$Q_0 \cdot f = v \cdot G \;\Rightarrow\; Q_0 = v \cdot G / f = 1{,}6 \cdot 15{,}53/0{,}3 = 82{,}83 \text{ кН}, \qquad (3.13)$$

де v – коефіцієнт запасу нерозкриття стику;

f = 0,3 – коефіцієнт тертя.

Сила, що діє на болт:

$$F_б = 1,3 \cdot Q_б = 1,3 \cdot 18906,8 = 24578,84 \text{ кН}.$$

Діаметр болта розраховуємо по формулі:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_б}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 24578,84}{3,14 \cdot 140}} = 14,96 \text{ мм}, \quad (3.14)$$

де d – мінімальний діаметр болта;

$[\sigma]$ = 140 МПа –напруження, що допускається.

З конструктивних міркувань та з огляду на відповідальність конструкції, для збільшення надійності експлуатації приймаємо болт М30.

3.4 Такелажні засоби і пристосування

До такелажного обладнання та допоміжних пристроїв належать сталеві канати (звичайні й звиті), ланцюги, стропи, траверси, захвати, блоки, поліспасти, талі, лебідки та домкрати.

Стропи – це відрізки канатів або ланцюгів, з'єднані в кільце чи обладнані спеціальними елементами кріплення, які забезпечують швидке, надійне й безпечне закріплення вантажу. Кількість гілок стропа, які використовуються для підвішування вантажу, визначається на основі його маси та діаметра каната.

Для створення петель або з'єднання кінців канатів застосовують різноманітні затискачі та стиски. Як правило, використовують щонайменше три затискачі, які розміщуються на відстані не менш як шість діаметрів каната один

від одного. Затягування гайок на всіх стрижнях затискачів слід виконувати з однаковим зусиллям за допомогою динамометричного ключа. При цьому канат має стискатись до поперечного перерізу, що дорівнює приблизно 60% від його початкового діаметра.

Кінці канатів зазвичай закріплюють через коуш – металеву вставку, яка виконує функцію захисту каната від деформації та розшарування при перегинах, а також слугує елементом для зачеплення за гак. Коуші виготовляють штампуванням з листового металу або литтям із чавуну.

Затискачі повинні встановлюватися таким чином, щоб гайки були спрямовані в бік робочої частини каната. Це гарантує збереження прямолінійності робочої гілки, а вільний кінець буде надійніше затиснутий, що зменшує ймовірність його вислизання.

Для натягування сталевих канатів під час такелажних робіт використовуються гвинтові стяжки (іноді звані фаркопами). Такі стяжки являють собою рамну конструкцію з двома гвинтами — з правим і лівим нарізом. При обертанні рами відбувається зближення або розсування гвинтів, що забезпечує точне регулювання натягу каната [26, 27].

Виконаємо розрахунок стропів для монтажу рами сталевоза за схемою наведеною на рисунку 3.3

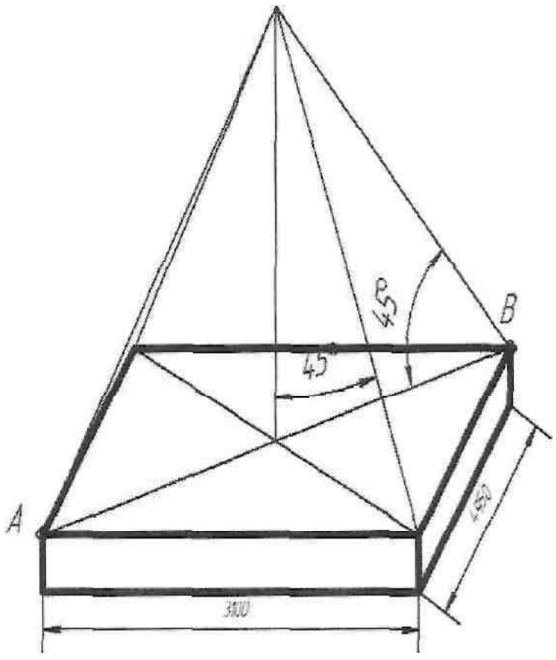


Рис. 3.3 – Схема строповки рами сталевоза

Мінімальна довжина стропа:

$$l = \frac{AB}{2 \cdot \cos\alpha} = \frac{4950}{2 \cdot \cos 45°} = 3500\ мм, \qquad (3.15)$$

де АВ – відстань між точками закріплення гілок стропа на вантажі.

$$\alpha = \frac{180° - \gamma}{2} = \frac{180 - 90}{2},$$

α – кут між стропами та площиною вантажу.

Зусилля в канаті:

$$S = \frac{G \cdot k_n}{n \cdot \sin\alpha} = \frac{25499 \cdot 1{,}4}{4 \cdot \sin 45°} = 12621{,}36\ H, \qquad (3.16)$$

$$P = S \cdot k = 12621{,}36 \cdot 6 = 75728{,}16\ H.$$

Вибираємо канат подвійного звивання типу ЛК–РО конструкції 6х36 (1 +7 +7 / 7 +14) + о.с. маркувальної групи 1570 МПа діаметром d = 15,0 мм ([Р]=104500 Н).

Діаметр стискачів:

$$d_{ст}=(0{,}8...1{,}l)d_K=(0{,}8...1{,}l)\cdot 15 = 12...\ 16{,}5\ мм \qquad (3.17)$$

Приймаємо діаметр стискача $d_{ст}$ =15 мм.

$$n_{ст}=\frac{S}{2\cdot f\cdot N}=\frac{12621{,}36}{2\cdot 0{,}7\cdot 11304}=1{,}1 \qquad (3.18)$$

де $n_{ст}$ – мінімальна кількість стисків;

N – нормальне зусилля, що створюється одним стиском;

f=0,7…0,8 – коефіцієнт тертя;

$$N = [\sigma] \cdot A = [\sigma] \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 100 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 15^2}{4} = 11304 \ H, \qquad (3.19)$$

де А – площа перерізу стисків.

$[\sigma] = (0{,}7...0{,}8) \cdot \sigma_{0,1} = (0{,}7...0{,}8) \cdot 140 = 98...112 \ МН/м^2$ – максимальне напруження;

$\sigma_{0,1} = 140 \ МН/м^2$ – умовна межа пружності.

Приймаємо: $[\sigma] = 100 \ МН/м^2$.

Щоб уникнути вислизання кінця каната і перекосу стискача при навантаженні, а також для збільшення надійності експлуатації, приймаємо згідно рекомендацій $n_{ст}$ =3.

Стропування переднього кожуха сталевоза виконується за схемою, наведеною на рисунку 3.4.

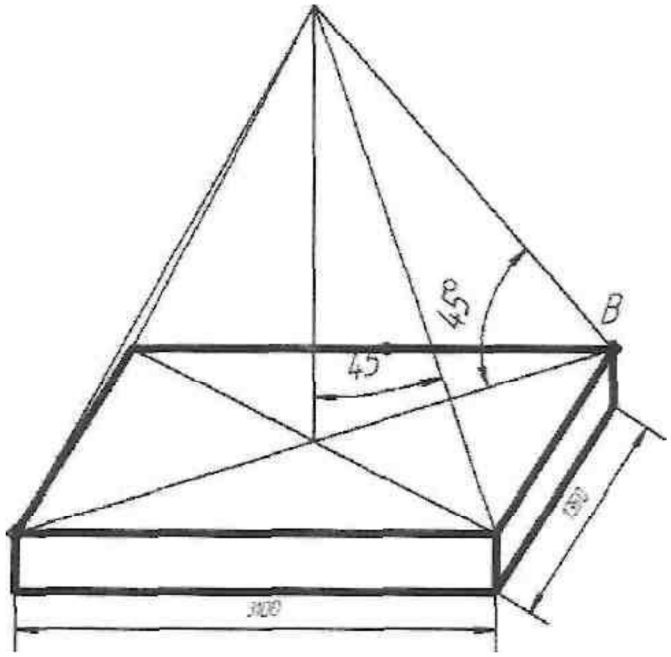


Рисунок 3.4 – Схема строповки переднього кожуха сталевоза

Мінімальна довжина стропа для стропування переднього кожуха сталевоза:

$$l = \frac{AB}{2 \cdot \cos\alpha} = \frac{1350}{2 \cdot \cos 45°} = 964 \ мм,$$

де АВ – відстань між точками закріплення гілок стропа на вантажі.

$$\alpha = \frac{180° - \gamma}{2} = \frac{180 - 90}{2},$$

α – кут між стропами та площиною вантажу.

Зусилля в канаті:

$$S = \frac{G \cdot k_n}{n \cdot \sin\alpha} = \frac{2602 \cdot 1{,}4}{4 \cdot \sin 45°} = 1251 \ H$$

$$P = S \cdot k = 1251 \cdot 6 = 7506 \ H.$$

Вибираємо канат подвійного звивання типу ТЛК конструкції 6х37(1+6+15+15)+1о.с. маркувальної групи 1770 МПа діаметром d = 5,8 мм ([Р]=18150 Н).

Діаметр стискачів:

$$d_{ст}=(0{,}8...1{,}1)d_K=(0{,}8...1{,}1)\cdot 5{,}8 = 4{,}64...6{,}38 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр стискачів $d_{ст}$ =6 мм.

$$n_{ст}=\frac{S}{2 \cdot f \cdot N}=\frac{1663{,}5}{2 \cdot 0{,}7 \cdot 2289}=0{,}52 \ ,$$

де $n_{ст}$ – мінімальна кількість стисків;

N – нормальне зусилля, створюване одним стисків;

f=0,7…0,8 – коефіцієнт тертя;

$$N = [\sigma] \cdot A = [\sigma] \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 100 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 5{,}4^2}{4} = 2289 \ H,$$

де А – площа перерізу стисків.

$[\sigma] = (0{,}7...0{,}8) \cdot \sigma_{0{,}1} = (0{,}7...0{,}8) \cdot 140 = 98...112 \ МН/м^2$ – максимальне напруження;

$\sigma_{0{,}1} = 140 \ МН/м^2$ – умовна межа пружності. Приймаємо: $[\sigma] = 100 \ МН/м^2$.

По аналогії з вибором стискачів для стропу при монтажі рами сталевозу приймаємо згідно рекомендацій $n_{ст}$ =3.

Стропування заднього кожуха сталевоза виконується згідно схеми наведеної на рисунку 3.5

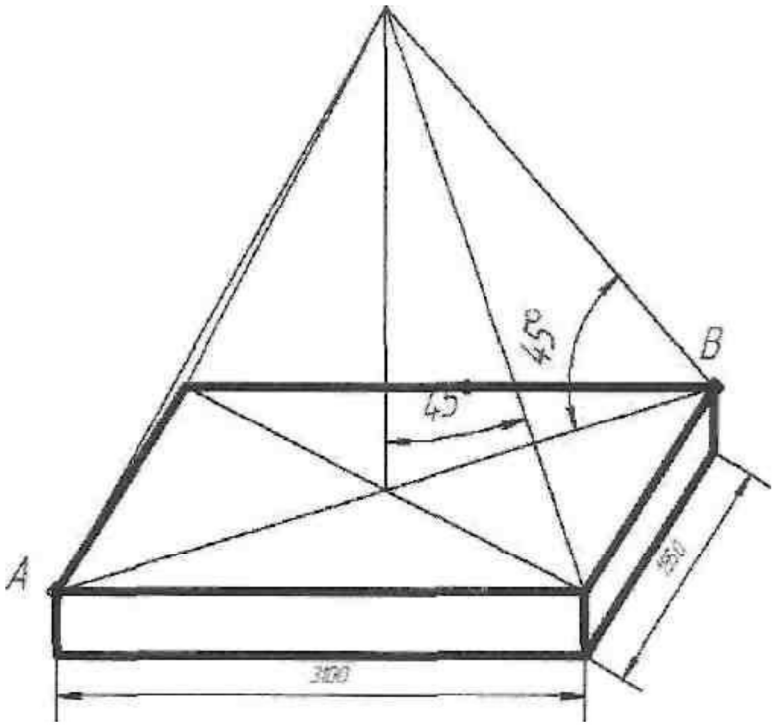


Рисунок 3.5 – Схема строповки заднього кожуха сталевоза

Мінімальна довжина стропа строповки заднього кожуха сталевоза згідно схеми строповки (рис.3.5):

$$l = \frac{AB}{2 \cdot \cos\alpha} = \frac{1550}{2 \cdot \cos 45°} = 1107 \text{ мм},$$

де АВ – відстань між точками закріплення гілок стропа на вантажі.

$$\alpha = \frac{180° - \gamma}{2} = \frac{180 - 90}{2},$$

α – кут між стропами та площиною вантажу.

Зусилля в канаті:

$$S = \frac{G \cdot k_n}{n \cdot \sin\alpha} = \frac{3327 \cdot 1{,}4}{4 \cdot \sin 45°} = 1663{,}5 \text{ Н}$$

$$P = S \cdot k = 1663{,}5 \cdot 6 = 9981 \text{ Н}.$$

Вибираємо канат подвійного звивання типу ТЛК конструкції 6х37(1+6+15+15)+1о.с. маркувальної групи 1770 МПа діаметром d = 5,8 мм ([Р]=18150 Н).

З огляду на те, що вага переднього кожуха не значно відрізняється від ваги заднього кожуха кількість стискачів приймаємо згідно рекомендацій $n_{ст}$ =3.

Таким чином для монтажу рами сталевозу обираємо строп довжиною 4 м, зі сталевого канату діаметром 15 мм, формування монтажних петель виконуємо коушами з листової сталі з кожної сторони стропа із закріпленням мінімум трьома стискачами. Для монтажу переднього та заднього кожухів сталевозу використовуємо півтораметровими стропами зі сталевого канату стандартним діаметром 5,8 мм, формування монтажних петель виконуємо коушами з листової сталі з кожної сторони стропа із закріпленням мінімум трьома стискачами.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1. Визначення механізації й автоматизації процесів сталеливарного виробництва

Технологічний процес у сталеплавильному цеху №2 (СПЦ-2), оснащеному двома дуговими сталеплавильними печами типу ДСП-50 та установками типу «піч-ківш», відноситься до третьої групи за класифікацією шкідливих виробничих процесів. Праця основних спеціалістів, зокрема сталеварів, горнових, шихтувальників, слюсарів-ремонтників та електрогазозварників, характеризується високим ступенем фізичного навантаження й професійного напруження [28].

Для зниження трудомісткості операцій у виробництві активно впроваджуються засоби механізації та автоматизації. Оцінити рівень механізації праці можна, розрахувавши частку механізованих операцій у загальному обсязі трудових витрат за такою формулою:

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\%, \tag{4.1}$$

де B – рівень механізації праці, %;

M – сумарні витрати механізованої праці, людино-години;

R – сумарні витрати ручної праці, людино-години.

Наприклад, для слюсаря-ремонтника протягом однієї зміни M = 4 год., R = 4 год.

Отже:

$$B = \frac{4}{4 + 4} \cdot 100\% = 50\%$$

Розрахункові дані щодо інших професій наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Визначення ступеня механізації праці по робочих ділянки

№ п/п	Професія робітників	Кіл-ть	Кількість відпрацьованих людино-годин за добу			% мех. роботи	% руч. роботи
			Вручну	За допо-могою машин	Усьо-го		
1	Електрогазоз-варник	1	6*1=6	2*1=2	8	25	75
2	Слюсар ремонтник	4	4,5*4=18	3,5*4=14	332	43,7	56,25
3	Оператор установки піч-ківш	1	7,5.1=7.5	0,5*1=0,5	8	93,75	6,25

З таблиці 4.1 можна зробити висновок, що:

- електрогазозварник має 25% механізованої і 75% ручної праці;

- слюсар ремонтник – 43,75% механізованої, 56,25% ручної праці;

- оператор установки піч-ківш – 93,75% механізованої, 6,25% ручної праці.

Тобто праця електрогазозварника відноситься до ручної, слюсаря до змішаної, а оператора –до механізованої.

4.2 Аналіз потенційно-небезпечних і шкідливих факторів

Умови праці в електросталеплавильному цеху характеризуються дією цілого комплексу несприятливих факторів виробничого середовища, що впливають на численні робочі місця. Серед основних – підвищена температура повітря, інтенсивне інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання, запиленість та забруднення повітря токсичними речовинами, а також наявність електромагнітних полів.

Виконання окремих виробничих операцій супроводжується значними фізичними навантаженнями. На автоматизованих ділянках працівники зосереджені на обслуговуванні пультів керування, що потребує високої

концентрації уваги. На окремих постах спостерігається значний рівень шумового навантаження.

Особливо несприятливими є умови в холодну пору року та в перехідні сезони, коли у цехах виникають різкі перепади температур і потоки гарячого або холодного повітря, які негативно впливають на самопочуття працівників.

Підвищена запиленість повітря переважно спостерігається в зонах шихтування та плавлення. Під час ремонтних робіт додатково утворюється пил із вогнетривких матеріалів, який може містити від 65 до 97 % сполук кремнію, зокрема до 70 % діоксиду кремнію. Такий пил є потенційно небезпечним для органів дихання і може спричиняти розвиток силікозу. Основні джерела пилу – збивання, завантаження, транспортування футерівки, ремонт ковшів та склепінь печей. Його концентрація у повітрі, як правило, становить 25÷40 мг/м³.

До основних джерел шуму належать потоки технологічних газів при їх подачі у комунікації, вдмухуванні в піч, рух кранів, транспортерів, локомотивів тощо. Рівень шуму на окремих робочих місцях може сягати 90 дБА, що перевищує допустимі санітарні норми.

Вібраційне навантаження фіксується у кабінах операторів кранів, а також при виконанні таких робіт, як зачищення металу та низка інших механічних операцій.

Серед основних шкідливих чинників, що супроводжують процеси підготовки шихти, плавлення, випуску та розливання сталі, можна виділити:

– газоподібні викиди;

– теплове випромінювання;

– надмірно сухе повітря;

– інтенсивний шум (табл. 4.2).

Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища, наведених у таблиці, дозволяє зробити наступний висновок про умови праці оператора:

1 Оцінка технічного й організаційного рівня

Відповідає технологічному регламенту й проекту організації праці на робочому місці.

Таблиця 4.2 – Оцінка факторів виробничого й трудового процесу. Професія: оператор установки піч-ківш

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас: шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шкідливі хімічні речовини, мг\м^3:						
	1 клас небезпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,07			7 р	90
	Марганцю оксид	0,05	0,39			7,8 р	
	2 клас небезпеки						90
	Сірководень	10	10,8	1,08 р			
	3 клас небезпеки						
	Азоту диоксид	2,0	0,55	0,27			90
	Вуглецю оксид	20,0	5,0	0,25			
3	Шум, дБА	80	104			24	90
5	Мікроклімат у приміщенні (теплий період):						
	- температура, ^{0}С;	27	39			12	85
	- швидкість руху повітря, м/с;	0,7	0,71	0,01			
	- відносна вологість повітря, %;	50	39				
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	140	4200			4200	85
6	Важкість й напруженість праці	категорія робіт – важка, напружена					
7	Кількість факторів			4		5	

2 Атестація робочого місця

Робоче місце має в наявності 4 фактори 1 ступеня, 5 факторів 3 ступені. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо тяжкими умовами праці, що відповідає показникам списку № 1 пункту1. Відповідно до гігієнічної класифікації праці оператору дається 30 днів додаткової відпустки, надбавка до зарплати – 12 % і виділяється молоко.

4.3. Об'ємно-планувальні рішення з виробничої санітарії

4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель електросталеплавильного цеху та облаштування санітарно-побутових приміщень

Загальні принципи об’ємно-планувальних рішень для будівель електросталеплавильних цехів формуються з урахуванням необхідності ефективного природного відведення надлишкового тепла. Саме тому основне технологічне обладнання – плавильні та нагрівальні агрегати, а також ділянки розливання й охолодження металу – розміщується в одноповерхових будівлях без міжповерхових перекриттів. Покрівлі таких будівель оснащуються поздовжніми аераційними ліхтарями, які не задуваються вітром, що забезпечує постійний повітрообмін і природну вентиляцію [29].

Стіни цеху мають гладке облицювання, що запобігає накопиченню пилу та полегшує прибирання. У проєкті передбачається механізоване очищення поверхонь – шляхом змивання водою або пневматичної очистки. В цехах, де застосовується вологе прибирання підлоги, передбачені вологостійкі та неслизькі покриття. Для забезпечення ефективного стоку води ухил підлоги має бути не менше 0,02. На основних магістральних проходах він не повинен перевищувати 0,04, а в службових – не більше 0,1. Рейки, прокладені по підлозі, розміщуються врівень із її поверхнею, а стічні канали обладнані щільно закритими кришками.

Розташування сталеплавильного цеху на виробничій території забезпечує

ефективне провітрювання. Для надходження зовнішнього повітря бічні стіни будівлі оснащені вентиляційними фрамугами по всій довжині з обох боків і на різних рівнях. Верхні фрамуги відкриваються в холодну пору року, а нижні – в теплу, що дозволяє регулювати температурний режим залежно від сезону.

Вентиляційна система цеху повинна підтримувати оптимальні параметри мікроклімату: температуру, вологість, швидкість руху повітря, а також концентрацію шкідливих речовин у межах встановлених санітарних норм.

При проєктуванні взаємного розташування будівель та окремих виробничих підрозділів враховується логіка технологічного процесу та напрямки вантажопотоків. Розміщення виробництва у єдиній будівлі або на одній території без перетину або зустрічних потоків має важливе гігієнічне значення та сприяє зниженню ризику виробничого травматизму.

Цех розташований з підвітряного боку відносно житлової забудови, а також відносно виробничих та адміністративно-побутових об’єктів, які не є джерелами шкідливих викидів у навколишнє середовище. Такий підхід до планування відповідає вимогам санітарного зонування та сприяє зниженню впливу шкідливих факторів на суміжні території.

У проєкті передбачено облаштування санітарно-побутових приміщень відповідно до нормативів [30]. До їх складу входять гардеробні для зберігання особистого й робочого одягу, умивальні, душові, туалети, медичний пункт та інші допоміжні приміщення.

Висота поверхів становить 3,3 м (від рівня підлоги до підлоги). Зберігання одягу організовано закритим способом – у персональних шафах. Приміщення для знепилення робочого одягу розміщені поруч із гардеробними для зручності та ефективної організації побутових процесів. Умивальні обладнані в окремих приміщеннях, що межують із гардеробами.

Крім того, в цеху передбачено встановлення додаткових умивальників із душовими сітками та підведенням гарячої води, згідно з вимогами [30].

4.3.2 Опалення й вентиляція

Найважливіше значення для нормальної життєдіяльності людини має наявність чистого повітря необхідного хімічного складу й оптимальної температури, вологість і швидкість руху. Ці параметри регламентуються ДСТУ, НПАОП, БН1П, СН «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги. Повітря робочої зони» й «Санітарні норми проектування промислових підприємств».

На підтримку цих параметрів відповідно до нормативних документів спрямовані заходи щодо опалення, і вентиляції.

Опалення основних виробничих приміщень передбачається повітряне, сполучене із припливною вентиляцією. Приплив здійснюється великими установками, розташованих групами. У місцях, де умови формування струменя дозволяють створити необхідні температурні умови й рухливість повітря в робочій зоні й у місць можливих пило виділень (0,15-0,3 м/с), застосовують струминну подачу повітря. У приміщеннях невеликої висоти з більшою кількістю встаткування, роздача повітря здійснюється повітророзподільними насадками безпосередньо в робочу зону.

Вентиляції в цеху здійснюється за допомогою великих централізованих установок. Приплив повітря в цех здійснюється десятьма припливними системами. Крім того, для поліпшення мікроклімату на робочих місцях сталеварів передбачена подача повітря двома (по числу електродугових печей) душуючими установками з обробкою повітря на типових кондиціонерах. Продуктивність кожної душуючої установки 15000 $м^3$/год. Роздача повітря проводиться через перфоровані повітряводи на висоті близько 3метрів від підлоги [31].

Розрахунок загального повітрообміну по тепловиділеннях ведеться відповідно до відомої методики і зводиться до визначення надлишків теплоти й розрахунку кількості повітря на її асиміляцію [32].

Кількість необхідного припливного повітря визначається по формулі:

$$L_{пр} = \frac{Q - C_в\left(t_{р.з} - t_{пр}\right)}{C_в\left(t_{ух} - t_{пр}\right)} + L_{м.о}, м^3/с, \quad (4.2)$$

де Q – надлишок явної теплоти в приміщенні, Q = 4200 Вт/м^2;

$L_{м.об}$ – кількість повітря, що видаляється з робочої зони місцевою витяжкою , $L_{м.про}$ = 17 м^3/с;

Св – теплоємність повітря, Св = 1,005кДж/(м^3*^{0}С);

$t_{р.з.}$ – температура робочої зони, $t_{р.з.}$ = 39^{0}С;

$t_{пр.}$ – температура припливного повітря, $t_{пр.}$ = 27^{0}С;

$t_{ух}$ – температура повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, ^{0}С.

Температура повітря, що видаляється, $t_в$ визначають по формулі:

$$t_в = \frac{t_{р.з.} - (1-m)\cdot t_{пр}}{m}, ^0С \quad (4.3)$$

де m – коефіцієнт, обумовлений залежно від відношення площі, займаної тепловиділяючим устаткуванням до площі цеху, m–0,4:

$$t_в = \frac{39-(1-0,4)\cdot 27}{0,4} = 57^0С$$

Таким чином, необхідна кількість повітря, що надходить у цех, становить:

$$L_{пр} = \frac{4200-1,005(39-27)}{1,005\cdot(57-27)} + 17 = 155,9 \text{ м}^3/с$$

Таким чином заплановані та описані вище засоби забезпечення вентиляції відповідають необхідним технічним умовам для забезпечення відповідних метеорелогічних умов роботи робітникам цеху.

4.3.3 Організація освітлення виробничого процесу

Раціонально організоване освітлення є одним із ключових чинників створення безпечних і комфортних умов праці. Недостатній рівень освітленості ускладнює виконання виробничих операцій, знижує ефективність роботи, а також може спричинити підвищену втомлюваність, зниження зору та зростання ризику виробничого травматизму.

Освітлення в цехах реалізується за допомогою природного та штучного світла.

Природне освітлення забезпечується через світлові прорізи у бокових стінах (бічне освітлення), через світлові ліхтарі в покрівлі (верхнє освітлення) або шляхом поєднання обох способів — так зване комбіноване освітлення.

Відповідно до чинних нормативних документів, зокрема «Вказівок щодо проєктування електричного освітлення виробничих будівель», освітленість виробничих приміщень і робочих поверхонь під час штатної роботи освітлювальних систем повинна відповідати мінімальним нормативним значенням, наведеним у таблиці 4.3.

Аварійне освітлення у всіх випадках становить мінімум 0,3 лк, а коефіцієнт запасу дорівнює 1,7 . При виборі рішень по освітленню основне значення мають наступні фактори:

1. Відсутність точних зорових робіт і вкрай несприятливі умови середовища спричиняються вибір як джерела світла винятково лампи накалювання або газорозрядні. Люмінесцентні лампи застосовуються тільки в ізольованих електроприміщеннях.

2. У місцях зручних для обслуговування при великій кількості пилу встановлюють пилонепроникні світильники типу СХ і ПВЛП.

3. Аварійне освітлення передбачається практично у всіх виробничих і прохідних приміщеннях через небезпеку знаходження в них у темряві.

4. Для забезпечення можливості виробництва ремонтних робіт й огляду внутрішніх порожнин застосовують переносне освітлення.

Таблиця 4.3 – Карта освітленості для електросталеплавильного цеху [33]

Найменування відділення, ділянки, робочого місця й допоміжних приміщень	Розряд зорової роботи	Освітленість, (лк) і коефіцієнт запасу					
		При люмінесцентних лампах			При лампах нагромадження		
		Система комбіно-ваного освітлення	Система загального освітлення	Коефіцієнт запасу	Система комб. освітлення	Система загально-го освітлення	Коеф. запасу
Пічний і розливний проліт	VII	150	150	1,8	–	50	1,5
Вертикальна поверхня печей	VII	150	150	1,8	–	50	1,5
Пульти керування установками піч-ківш	IV	1000	300	1,5	500	150	1,3

Основний показник природного висвітлення це коефіцієнт КЕО – відношення освітленості, створюваної в деякій крапці заданої площини усередині приміщення ($E_в$), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, створюваної світлом повністю відкритого обрію ($E_н$)

$$e = \frac{E_в}{E_н} \cdot 100, \% \qquad (4.4)$$

де e – КЕО, обумовлене з урахуванням характеру зорової роботи. Для V розряду зорової роботи (мала точність)за довідковими даними приймаємо e = 3 % (III пояс світлового клімату).

Нормовані значення КЕО ($e_Н$) для інших світлових поясів визначається по формулі:

$$e_н = e \cdot m \cdot c, \% \qquad (4.5)$$

де е – значення КЕО для III світлового пояса;

m = (0, 8...1,2) – коефіцієнт світлового клімату;

с = (0,65...0,1) – коефіцієнт сонячності клімату, для Запоріжжя (IV світловий пояс) приймаємо m = 0,875, з = 0,85.Тоді

$$e_н = 0{,}03 \cdot 0{,}875 \cdot 0{,}85 = 0{,}023\,\%$$

У багатьох випадках застосовують комбіноване освітлення. При комбінованому освітленні забезпечуються високі рівні освітленості на робочих поверхнях, у тому числі на вертикальних і похилих, досягається освітлення внутрішніх поверхонь оброблюваних виробів.

Штучне освітлення варто передбачати для всіх приміщень, будинків, а також ділянок відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей і руху транспорту.

Для освітлення виробничих приміщень цеху, як правило, застосовуються газорозрядні лампи низького й високого тиску (люмінесцентних і дугові ртутні лампи), та LED прожектори.

Необхідний світловий потік лампи кожного світильника:

$$F = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \qquad (4.6)$$

де Е – найменша освітленість, лк;

k коефіцієпт запасу;

S – освітлювана площа приміщення, м^2;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, для люмінесцентних ламп приймають z = 1,1;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

N – кількість світильників.

Значення п визначається залежно від індексу приміщення, що визначається:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \tag{4.7}$$

де А и В – довжина й ширина приміщення, м;

h – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, м

Розглянемо машинний зал електропечі: А=30 м; В=20 м, з висотою підвісу світильників над розрахунковою поверхнею h=4 м:

$$i = \frac{20 \cdot 30}{4 \cdot (20 + 30)} = 3{,}0$$

Тоді коефіцієнт використання, тобто відносна частка потоку лампи, що падає на поверхню S, дорівнює 78% (0,78).

Визначаємо кількість світильників:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{n \cdot \Phi_л \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 2 \cdot 600 \cdot 1{,}1}{1 \cdot 35000 \cdot 0{,}78} = 7{,}2 \tag{4.8}$$

де Е – найменша освітленість (для газорозрядних ламп у сталеплавильних цехах Е = 150 лк);

k – коефіцієнт запасу освітленості, k=2;

S – освітлена площа приміщення, S=600м^2;

z коефіцієнт мінімальної освітленості, (для люмінесцентних ламп приймають z = 1,1);

n – число ламп у світильнику, n=1;

$\Phi_л$ – світловий потік лампи типу ДРЛ 700 дорівнює 35000 лм.

Приймаємо 7 світильників типу «Астра-32» з однією лампою типу ДРЛ 700 в кожному світильнику потужністю 700 В, або з LED лампами потужностю 350 Вт.

4.4 Заходи із впровадження пожежної безпеки

Цех за показниками пожежонебезпеки відноситься до категорії Г, оскільки в технологічному процесі використовуються негорючі речовини у розігрітому стані.

Адміністративна будівля, що належить до складу цеху, класифікується як така, що має III ступінь вогнестійкості відповідно до ДБН В.1.1-7:2002. Несучі та огороджувальні конструкції споруд виконані з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону чи залізобетону, з використанням листових і плитних негорючих облицювань.

Межі вогнестійкості основних конструкцій становлять:

- несучі конструкції та сходові клітки – 60 хв.;
- самонесучі конструкції – 30 хв;
- зовнішні несучі елементи – 15 хв.;
- внутрішні несучі конструкції – 15 хв.;
- колони – 60 хв.;
- сходові марші, площадки, щаблі, балки – 30 хв.;
- плити перекриттів, настили та інші несучі конструктивні елементи – 45 хв.

Первинні засоби пожежогасіння, наявні у цеху:

- порошкові вогнегасники ВП-10 — 5 шт.;
- вуглекислотні вогнегасники ВВ-2 — 14 шт.;
- вогнегасники піноутворюючі ВПП-1Д — 8 шт.;
- пожежний інвентар: протипожежне покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу, ящики з піском, бочки з водою, відра, совкові лопати, багри, ломи, сокири тощо [34].

Цех обладнаний внутрішнім протипожежним водопроводом із пожежними кранами та рукавами, розміщеними відповідно до норм [35].

На території цеху категорично заборонено:

- загороджувати або захаращувати під'їзні шляхи, проходи до будівель, джерел водопостачання та пожежних гідрантів;
- самовільно відключати ділянки протипожежного водогону, внутрішні крани або знижувати тиск у мережі;
- допускати до виконання вогневих робіт осіб, які не пройшли обов'язковий протипожежний інструктаж;
- використовувати воду з пожежних водойм або вогнегасники не з метою локалізації поженого осередку;
- застосовувати вогонь у якості джерела світла для визначення поломок обладнання та протікань трубопроводів.

4.5 Заходи щодо покращення екологічних показників сталеливарного цеху. Розрахунок витяжного зонту установки піч-ківш

Забезпечення сприятливих метеорологічних і екологічних умов на робочих місцях цеху є комплексним завданням, що вирішується у кількох основних напрямах [36, 37]:

- раціональне планування та розміщення технологічного обладнання для мінімізації зон підвищеного теплового та шумового навантаження;
- застосування систем водяного розпилення для зменшення пилових викидів під час роботи плавильних агрегатів;
- впровадження ефективних заходів акустичного захисту (звукоізоляційні огородження, шумозахисні кожухи на агрегатах);
- підвищення герметичності вузлів і елементів, що є джерелами шкідливих викидів у повітряне середовище.

Робота обладнання супроводжується значними тепловими викидами та газоутворенням. Під час рафінування сталі концентрація пилу в газовому потоці

відносно низька, однак висока температура та обсяг газів вимагають організованого їх відведення.

Для уловлювання неорганізованих виділень передбачено встановлення витяжних аераційних парасоль, розміщених під покрівлею цеху. Конструкція витяжної парасолі розділена на два незалежних сектори, що дозволяє працювати в режимі 50% потужності під час випуску шлаку чи сталі. Обидва сектори одночасно функціонують лише в періоди подачі кисню в металургійну ванну або під час завалки печі.

Для підвищення ефективності аспіраційної системи рекомендовано фізично ізолювати грубний проліт від суміжних зон – це дозволяє локалізувати шумові та пилові навантаження, запобігти перетоку шкідливих домішок із шихтового прольоту.

Запроєктована аспіраційна система працює в автоматичному режимі регулювання залежно від поточних технологічних параметрів. Зважаючи на те, що одночасна робота обох печей трапляється рідко, доцільно об’єднувати по дві печі в одну загальну систему аспірації, що дозволяє оптимізувати її роботу та зменшити енергоспоживання [38, 39].

Визначимо продуктивність парасолі над піччю. Розрахунок ведеться на окисний режим – подача у ванну кисню через робоче вікно.

Вихідні дані:

- ємність печі-ківша Q=50 т;
- діаметр D=2,0м;
- площа перетину патрубків на склепінні печі f=0,8 м^2;
- коефіцієнт витрати отвору μ=0,5;
- тиск у печі під час подачі кисню ΔP=4 кгс/м^2(0,4 МПа).

Для вловлювання газів, що виділяються, над установкою піч-ківш встановлений парасолю діаметром 3м. Зонт має активну щілину по периметру шириною 0,3 м, а також проріз над електродами діаметром 1,0 м.

Сумарна площа щілини в парасолі 2,6 м^2.

Визначаємо швидкість вихідних з печі газів з t=1500^{0}C при Y = 0,182 кг/м^3:

$$U = \sqrt{\Delta P 2g/\gamma}, \quad (4.9)$$

$$U = \sqrt{4 \cdot 2.9{,}8 / 0.182} = 4{,}6 \text{м/с}$$

Кількість газів, виділяємих з дугової печі

$$Q = 4{,}6.0{,}8 \cdot 3600 = 13248 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Приймаючи швидкість в активній щілині парасолі трохи більше швидкості вихідних з печі газів (5 м/с), визначимо витрати газо-повітряної суміші:

$$Qc = 2{,}6 \cdot 5 \cdot 3600 = 47000 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Проведемо розрахунок зонта для вловлювання неорганізованих викидів над установкою піч-ківш. Витрата викидів тут становить 1400-1500 м^3/год.

Площа розрахункового перетину визначимо з формули:

$$L = 3600FV, \quad (4.10)$$

де L – обсяг повітря, що видаляється через парасолю, м^3/год;

V – середня швидкість газів у розрахунковому перетині парасолі, м/с (для парасоль, відкритих с всіх чотирьох сторін, ця швидкість дорівнює 1,0÷1,2 м/с).

$$F = L/3600V = 1500/(3600 \cdot 1{,}1) = 0{,}95 \text{ м}^2$$

$$d_{отв} = 1{,}1 \text{ м},$$

де $d_{отв}$ – діаметр прийомного отвору парасолі;

k – коефіцієнт підсмоктування повітря k = (2..3).

При розробці конструкцій парасоль рекомендується усмоктувальний перетин приймати геометрично подібним поверхні джерела шкідливих виділень. Для круглої парасолі діаметр усмоктувального перетину визначають по формулі, м:

$$D = D_0 + 0{,}8h, \qquad (4.11)$$

де D_0 – діаметр устаткування, що перекриває, приймаємо D_0 = 2,5м;

h – відстань від устаткування, що перекриває, до прийомного отвору парасолі, приймаємо h = 1,0м.

$$D = 2{,}5 + 0{,}8 \cdot 1{,}0 = 3{,}3\text{м}.$$

Кут розкриття парасолі – не більше 60 °С. При цьому забезпечується рівномірність усмоктування по всьому перетину. Для зменшення бокових втрат повітря варто передбачати бокові навіси (рис.4.1).

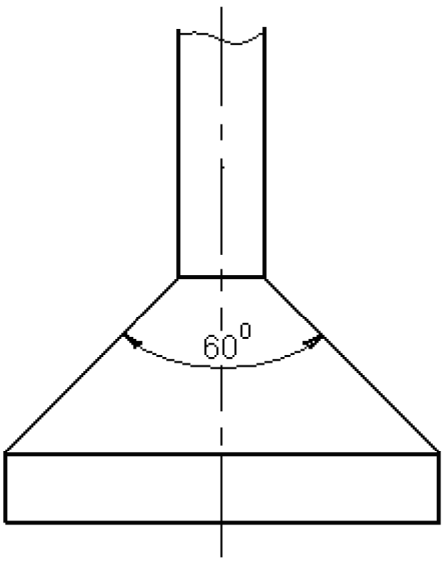


Рисунок 4.1 – Витяжна парасоля для неорганізованих викидів установки піч-ківш

Приймаємо димосос марки СТД-4005 двосторонньої дії з окружною швидкістю 2,9 м/с, частотою обертання 270 об/хв. і ККД =0,75.

Висновки

1. Ознайомлення з технологією виплавки сталі в сталеплавильному цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь» вказує на, що одним із проблемних місць є недосконала конструкція приводу сталевозу установки піч-ковш.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для транспортування сталі для доведення її методами позапічної обробки на установці піч-ковш використовуються спеціальні ковші встановлені на сталевозах, які мають ті ж самі недоліки, що й сталевоз ПрАТ «Дніпроспецсталь».
3. За результатами запропонованого конструктивного удосконалення приводу переміщення сталевозу можливе зменшення аварійних простоїв обладнання пов’язаних з непередбачуваним виходом з ладу сталевоза, а також збільшення терміну служби сталевозу до капітального ремонту.
4. Виконано розрахунок найбільш навантажених деталей і вузлів, який вказує на високу роботоспроможність запропонованого приводного вузла та підтверджує правильність обраних рішень.
5. Для забезпечення необхідних показників роботи удосконаленого сталевозу варто враховувати вимоги щодо монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для покращення умов праці основного та допоміжного робочого персоналу необхідно дотримуватися заходів, які наведено в розділі 4.
6. Згідно аналізу умов експлуатації сталевозу виконано розрахунок та обрано основні елементи приводу механізму переміщення сталевозу.
7. Результати роботи можуть бути використані не тільки на ПрАТ «Дніпроспецсталь», але й на інших підприємствах де використовується аналогічне технологічне обладнання.

Список використаної літератури

1. Сталеплавильне виробництво – Виробництво та виробничі потужності – Компанія – Дніпроспецсталь. *Дніпроспецсталь*. URL: http://www.dss–ua.com/ukr/company/production/steel–making–production/ (дата звернення: 14.05.2025).
2. Toulouevski Y. N., Zinurov I. Y. Modern Steelmaking in Electric Arc Furnaces: History and Development. *Innovation in Electric Arc Furnaces*. Berlin, Heidelberg, 2013. P. 1–24. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36273-6_1
3. Toulouevski Y. N., Zinurov I. Y. Electric Arc Furnace as Thermoenergetical Unit. *Innovation in Electric Arc Furnaces*. Berlin, IIeidelberg, 2013. P. 25–31. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36273-6_2
4. Ltd. R. E. F. Electric furnaces. Journal of Scientific Instruments. 1959. Vol. 36, no. 1. P. 53–54. URL: https://doi.org/10.1088/0950-7671/36/1/429
5. Miller R. K. Electric Arc Furnaces. *Industrial Robot Handbook*. Boston, MA, 1989. P. 494–497. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6608-9_50
6. Timoshenko S., Gubynskyi M. Енергоефективні рішення подового електроду дугової сталеплавильної печі постійного струму. *International scientific and technical conference Information technologies in metallurgy and machine building*. 2020. С. 67–72. URL: https://doi.org/10.34185/10.34185/1991-7848.itmm.2020.01.008
7. Toulouevski Y. N., Zinurov I. Y. Innovation in Electric Arc Furnaces. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2010. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-03802-0 (date of access: 19.05.2025).
8. Oltrogge A. R. Large electric arc furnaces. *JOM*. 1966. Vol. 18, no. 12. P. 1289–1292. URL: https://doi.org/10.1007/bf03378515
9. Власов А. О., Зданевич С. В. Удосконалення механічної системи електродотримача для зменшення вібрації електрода. *Наука та прогрес*

транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2018, 4, стр. 68-80.

10. Жук А. Я., Таратута К. В., Гречаний О. М. Обладнання для виробництва металів та сплавів: метод. вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2016, 67 с.
11. Поліщук Л. К., Слабкий А. В. Підйомно-транспортні машини та механізми. Вінниця : ВНТУ, 2015. 722 с.
12. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин / В. С. Бондарєв та ін. К. : Вища шк., 2009. 734 с.
13. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини : навч. посіб. Ніжин : Ніж. агротехн. ін-т ПУБіПУ, Вид. ІДУ ім. Гоголя, 2020. 150 с.
14. Толстушко Н. О. Підйомно-транспортні машини. Луцьк : Луц. НТУ, 2017. 72 с.
15. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
16. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини : підручник. Старобільськ : ЛНУ ім. Тараса Шевченка, 2018. 277 с.
17. Зубчасті Муфти в Дніпрі від компанії "ООО "НПП ДРМЗ"". *"ООО "НПП ДРМЗ"" - контакти, товари, послуги, ціни*. URL: https://drmz.prom.ua/ua/g17420220-mufty-zubchatye (дата звернення: 19.05.2025).
18. Гальмо колодкове ТКГ ТКГ-160, 200, 300, 400, 500 та рама до гальма ТКГ: продаж, ціна у Дніпрі. Запасні частини та комплектуючі до кранового обладнання від "ЕЛЕКТРОЛОГІСТИК" - 2010780274. *"ЕЛЕКТРОЛОГІСТИК" - контакти, товари, послуги, ціни*. URL: https://elektrologistik.com.ua/ua/p2010780274-galmo-kolodkove-tkt.html (дата звернення: 19.05.2025).

19. Каталог підшипників | Підбір підшипників - ТД ІРБІС. *ТОВ ТД ИРБИС*. URL: https://www.irbis.ua/catalog/podshipniki (дата звернення: 19.05.2025).
20. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : підручник. Київ : Наук. думка, 2002. 660 с.
21. Червоний Б.І. Теорія механізмів і машин: Курс лекцій. Рівне: НУВГП, 2006. 216 с.
22. Жук А.Я., Малишев Г. П. Основи технічного диагностування: навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2007, 114 с.
23. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ: Кондор, 2017. 236 с.
24. Максименко О.П., Перемітько В.В., Самохвал В.М. Теорія і практика змащування металургійних машин: навч. посіб. Дніпропетровськ: «Системні технології», 2006, 172 с.
25. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 374 с.
26. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 288 с.
27. Білоус О.І. Складання, монтаж, діагностика та ремонт обладнання: метод. вказівки. Кам'янське: ДДТУ, 2024. 44 с.
28. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
29. ДСП 3.3.1.038–99. Підприємства чорної металургії. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
30. ДБН В.2.2–28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Чинний від 2011–10–01. Вид. офіц.
31. ДСТУ EN 12097:2022. Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових повітроводів для полегшення обслуговування систем повітроводів. На заміну EN 12097:2006, IDT ; чинний від 2024–09–01.

Вид. офіц. 2024.

32. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
33. ДБН В.2.5–28–2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: http://www.gorsvet.kiev.ua/wp–content/uploads/2016/08/ДБН–В.2.5–28–2006.pdf.
34. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272–93 ; чинний від 2007–07–01. Вид. офіц.
35. ДБН В.1.1–7:2016.Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1–7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об’єктів%20будівни.pdf.
36. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. К: Основа, 2009. 360 с.
37. НПАОП 27.0–1.01–08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.
38. Охорона праці в галузі (для спеціальності «Металургія чорних металів») : навчальний посібник / В. П. Полєтаєв, О. А. Крюковська / під ред. д.т.н., проф. А. П. Огурцова. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2015. 363 с.
39. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 16 с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
			КР.022042.200	Креслення загального виду		
				Складальні одиниці		
		1		Балка передня	1	
		2		Тралея	1	
		3		Рама	1	
		4		Кожух передній	1	
		5		Кожух задній	1	
		6	КР.022042.210 ВЗ	Привод сталевоза	1	
		7	КР.022042.220 ВЗ	Колесо приводне	2	
		8		Колесо холосте	2	
		9		Скребок	2	
				Стандарні вироби		
		10		Болт М20 ДСТ 7798–70	28	
		11		Болт М24 ДСТ 7798–70	6	
		12		Болт М24 ДСТ 7798–70	16	
		13		Болт М36 ДСТ 7798–70	16	
		14		Гайка М36 ДСТ 5918–73	16	
		15		Гайка М20 ДСТ 5918–73	12	
		16		Гайка М24 ДСТ 5918–73	16	
		17		Шайба 20 ДСТ 11371–71	40	
		18		Шайба 24 ДСТ 11371–71	54	
		19		Шайба 36 ДСТ 11371–71	32	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гарус Д.В.		
Пров.		Гречаний О.М.		
Н.контр.		Васильченко Т.О.		
Утв.		Власов А.О.		

КР.022042.200

Сталевоз

Лит.	Лист	Листов
Н		1

МОН України
ІНМІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ,
каф. МО, гр. 6.1332 с

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
			КР.02204.2.210 ВЗ	Креслення загального виду		
				Складальні одиниці		
		1		Рама	1	
		2		Вал-вставка	1	
		3		Вузол ходового колеса	4	
				Стандартні вироби		
		4		Редуктор ВКУ-950	1	
		5		Електродвигун МТКН 312-8, 11 кВт	1	
		6		Гальмо ТКТ-300	1	
		7		Муфта МЗП-2	1	
		8		Муфта МЗП-9	2	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гарус Д.В.		
Пров.		Гречаний О.М.		
Н.контр.		Васильченко Т.О.		
Утв.		Власов А.О.		

КР.02204.2.210

Привод сталевоза

Лит.	Лист	Листов
н	1	1

МОН України
ІНХІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ,
каф. МО, гр. 6.1332 с

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
			КР.02204.2.220	Креслення загального виду		
				Деталі		
		1		Кришка вальниці	2	
		2		Втулка	4	
		3		Кришка вальниці	2	
		4		Кільце	2	
		5		Кільце	1	
		6		Вал	1	
		7		Кришка	1	
		8		Кришка	2	
		9		Стопорне кільце	1	
		10		Кришка	1	
		11		Кільце	1	
		12		Шпонка	1	
				Стандартні вироби		
		13		Вальниця 3365 ДСТ 7872-89	2	
		14		Гвинт М10×20 ДСТ 17473-72	6	
		15		Гвинт М20×50 ДСТ 17473-72	8	
		16		Шайба 20 ДСТ 11371-73	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гарус Д.В.		
Пров.		Гречаний О.М.		
Н.контр.		Васильченко Т.О.		
Утв.		Власов А.О.		

КР.02204.2.220

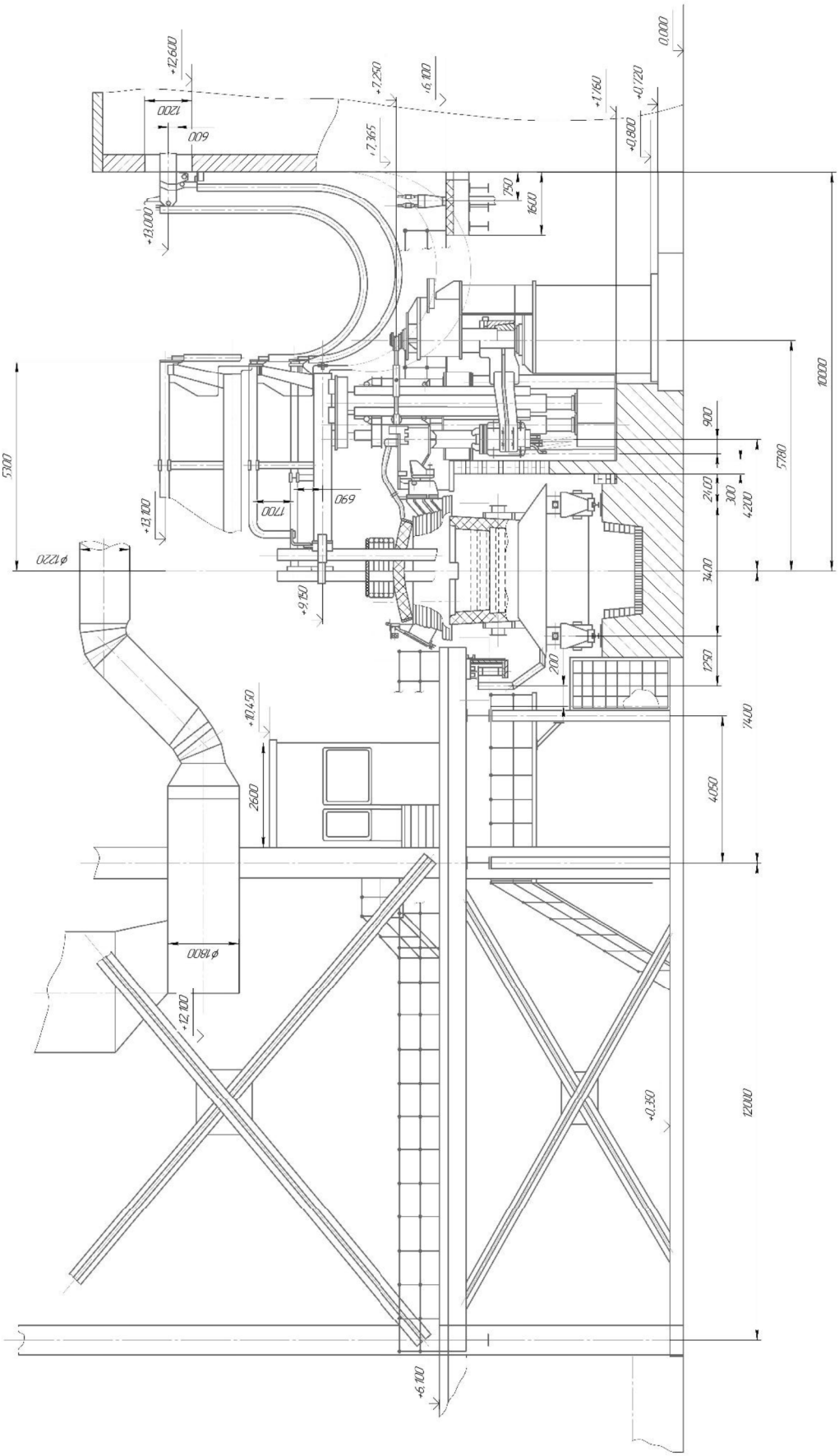
Колесо приводне

Лит.	Лист	Листов
Н		1

МОН України
ІНМІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ,
каф. МО, гр. 6.1332 с

Копировал

Формат А4



КР.022204.2.100 ВЗ

Установка піч-ковш

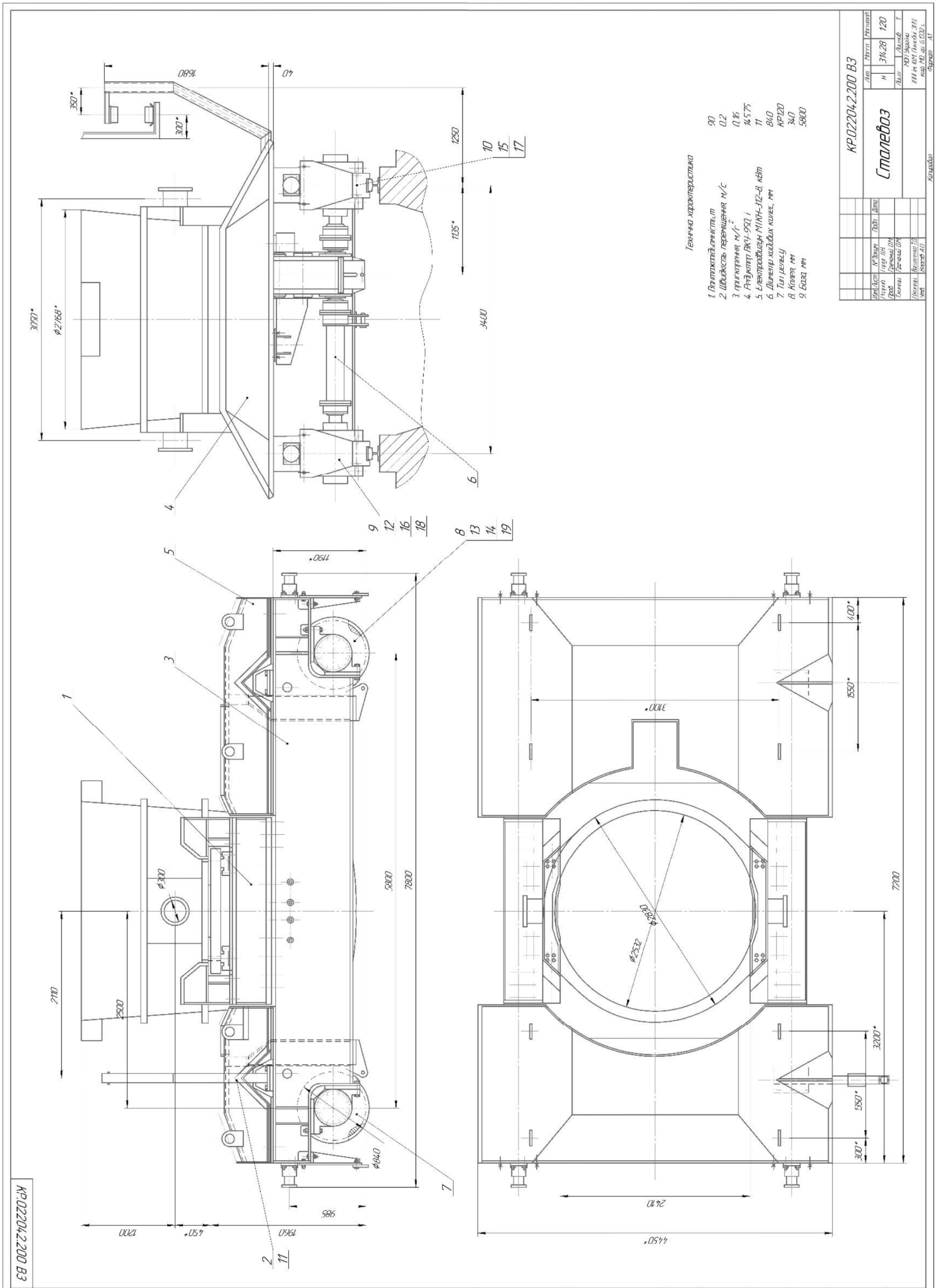
Масштаб 1:50 | Маса 520.000 | Листів 150

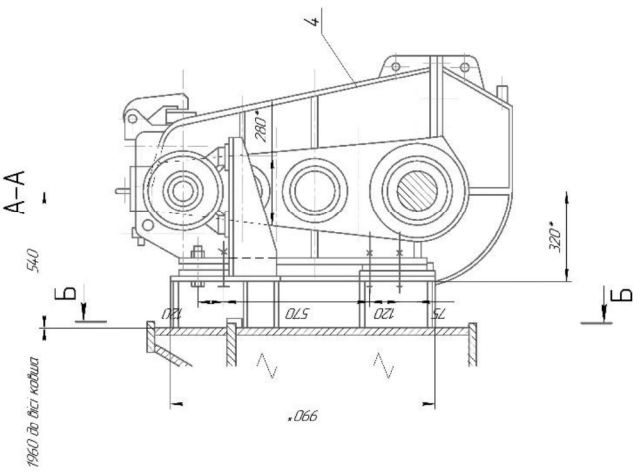
Аркуш 1

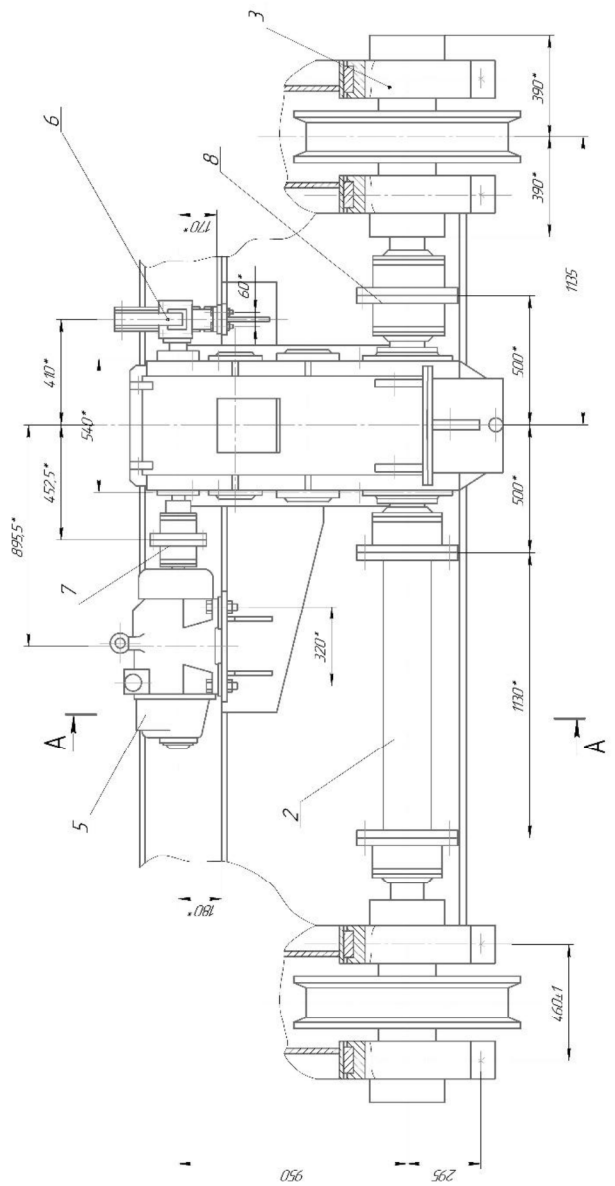
Копіював

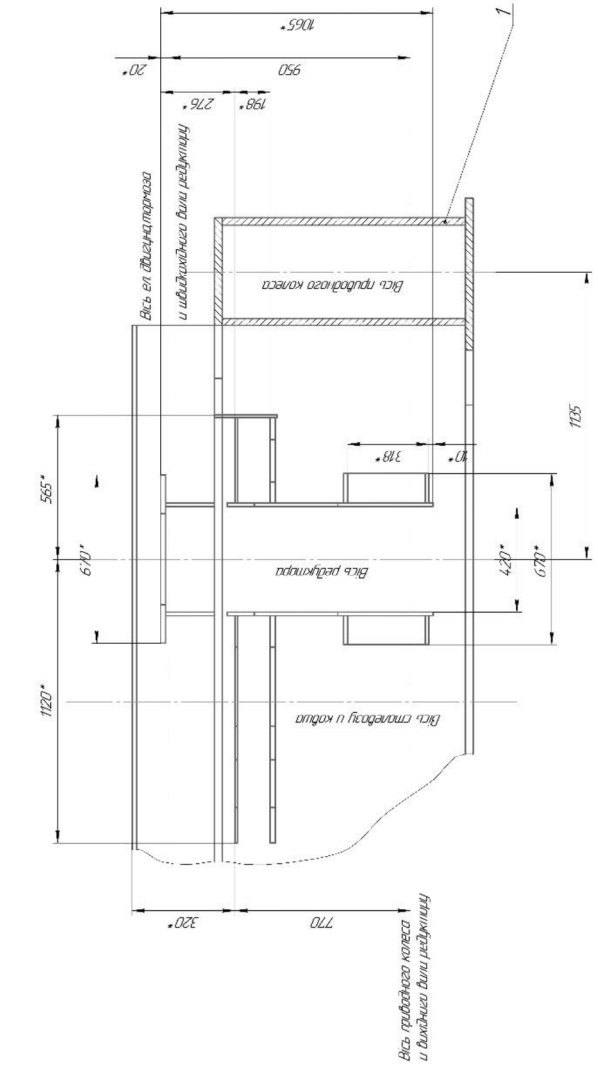
Формат А1

КР.022204.2.100 ВЗ


КР.022204.2200 ВЗ
Столевоз
Техническая характеристика
1. Производительность, т/ч 90
2. Скорость перемещения м/с 0,2
3. Грузоподъемность т/с 0,16
4. Редуктор РКУ-950 i 14575
5. Электродвигатель МТКН-312-8 кВт 11
6. Диаметр ходовых колес, мм 840
7. Тип цепи 2Б КР120
8. Ширина мм 340
9. База мм 5800
КР022204.2200 ВЗ





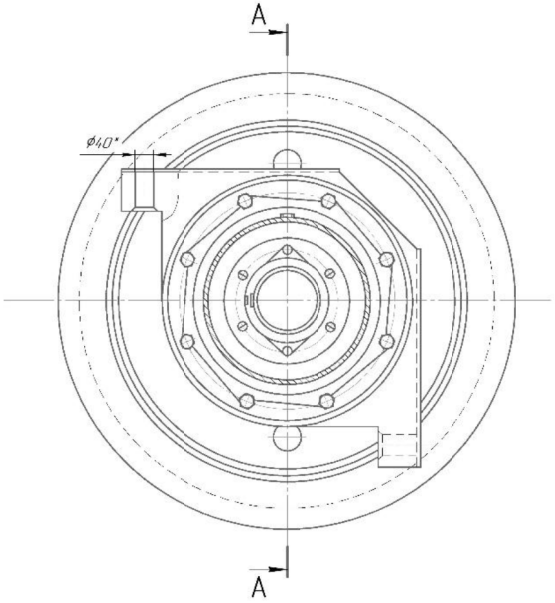


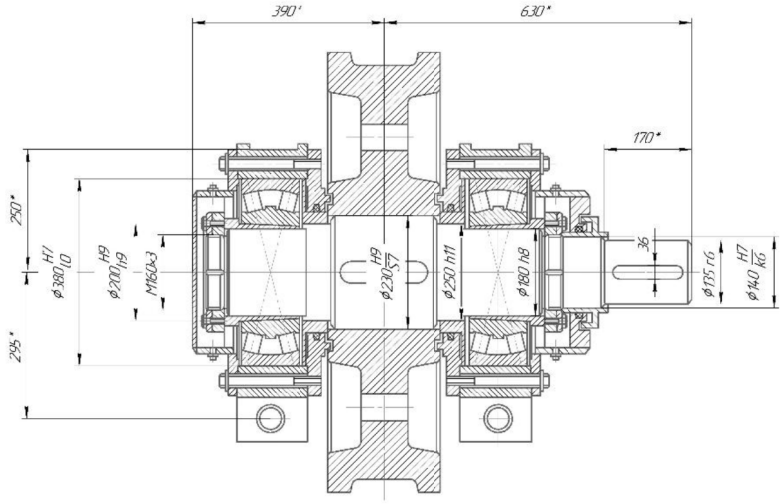
* Размеры для справок

							КР022042210 ВЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.		Гаврилов Д.М.					Привод столевоза	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Гаврилов Д.М.						И	2545	1:10
Т.контр.		Гаврилов Д.М.						Лист	Листов	1
Н.контр.		Богатырев Т.Л.						НМАПиАвтомех, ЭМТ, каф. МДиАТ, гр. СТ32-1		
Утв.		Жаров А.Ю.						Формат А1		

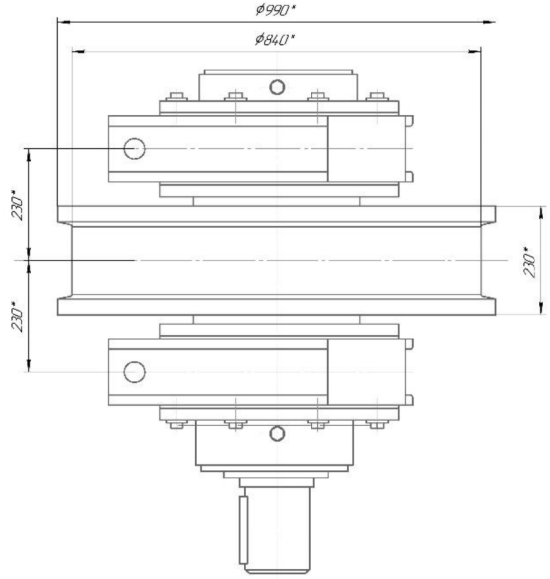
Копировал

КР022042210 ВЗ





А–А



*Розміри для довідок

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв.№ дубл.	Підп. і дата	Перв. примен.	Справ.№	Довід. примен.

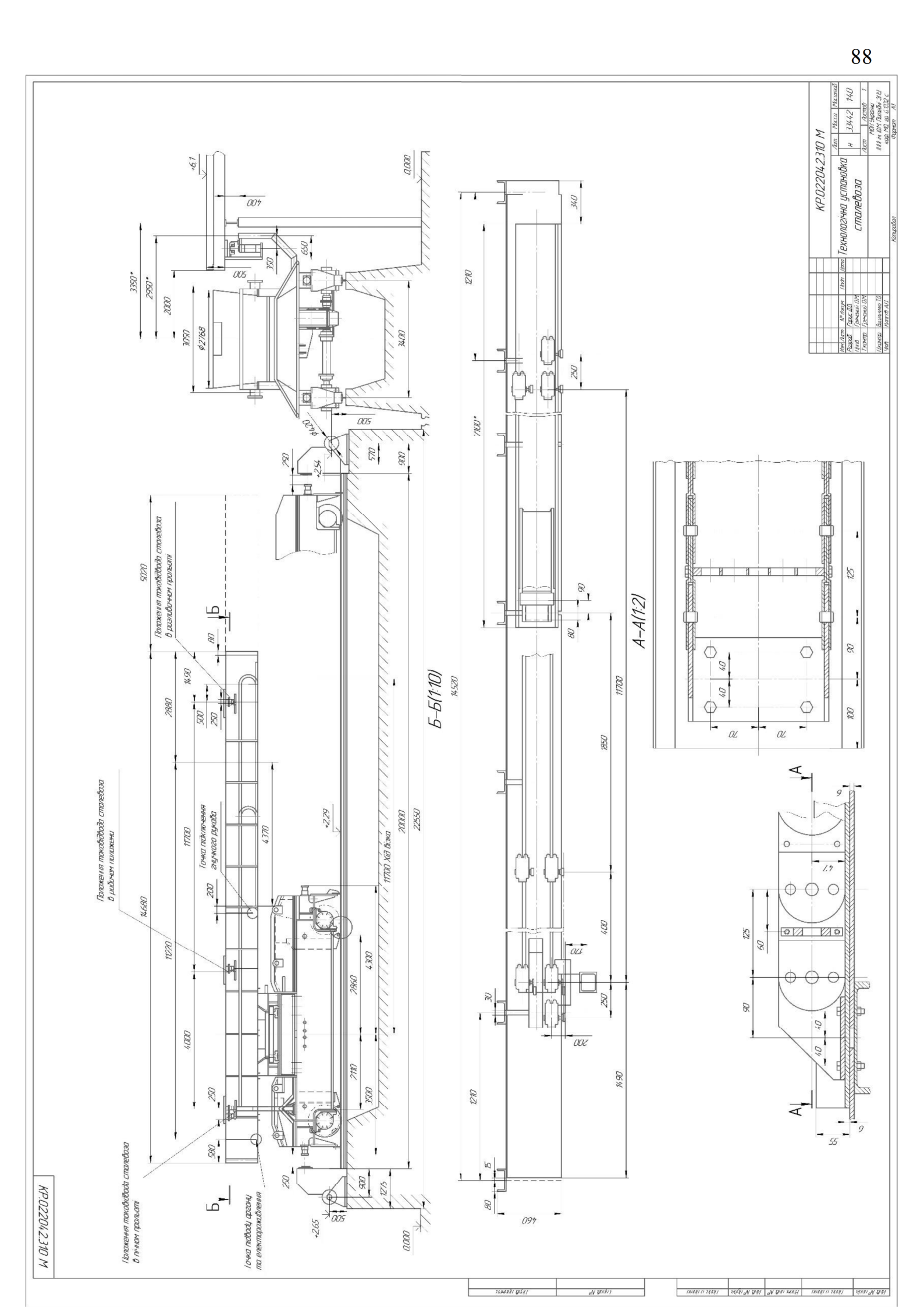
Змін.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	КР.022042.220 ВЗ
Розроб.		Гаврик І.Н.			Колесо приводне
Перев.		Грабчевський О.М.			
Т.контр.		Грабчевський О.М.			
Н.контр.		Васильченко Т.В.			
Затв.		Новосад А.О.			

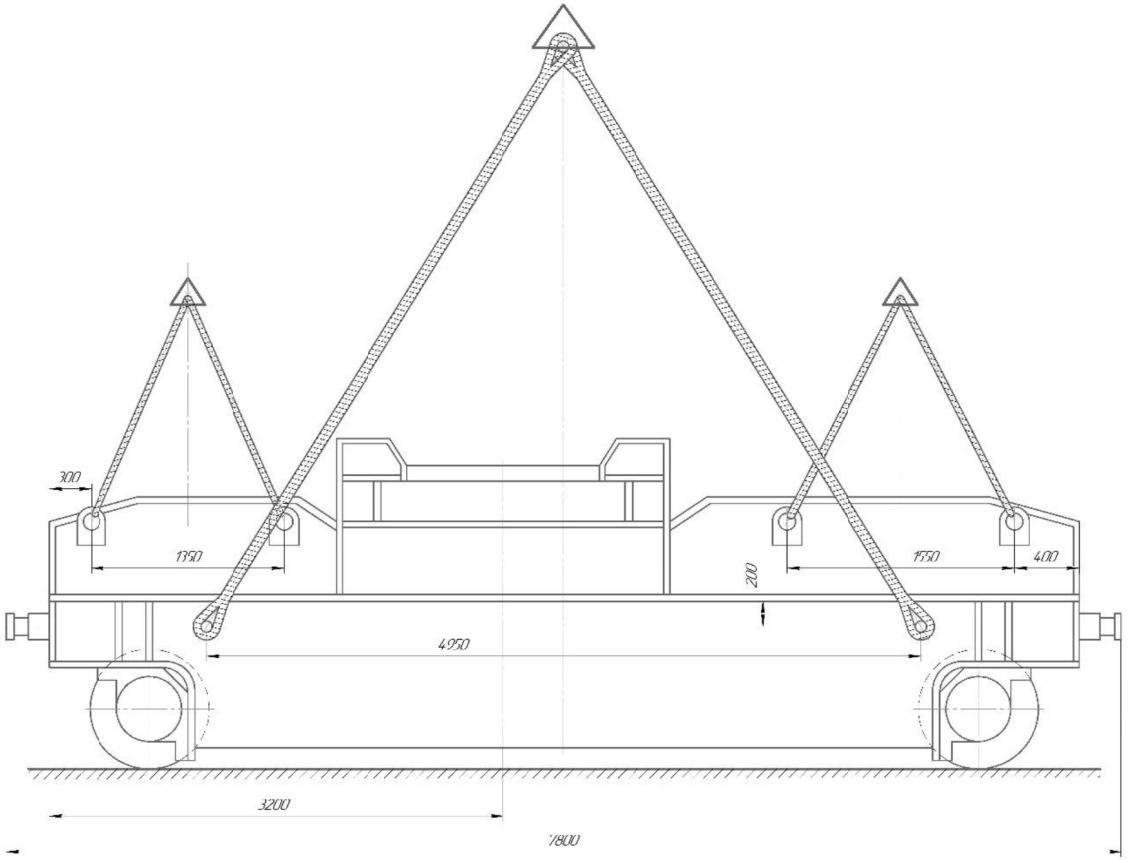
Літ.	Маса	Масштаб
Н	1420	1:5
Аркуш	Аркушів	1

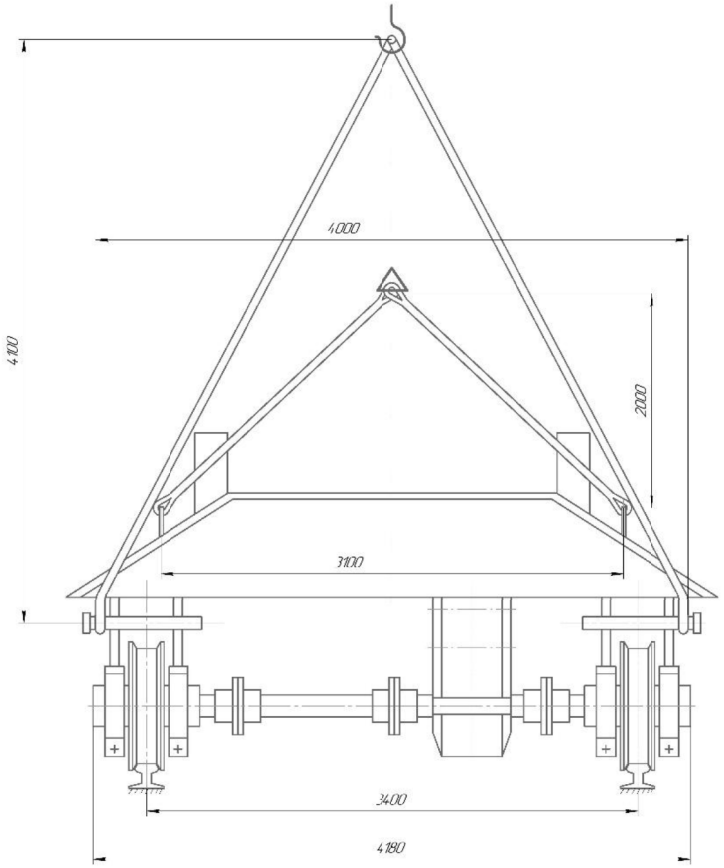
НТУ України
ВНВ ім. Ю.М. Іванченка-Зейля
кафедра МО гр. 6.1332 с.

Копіював

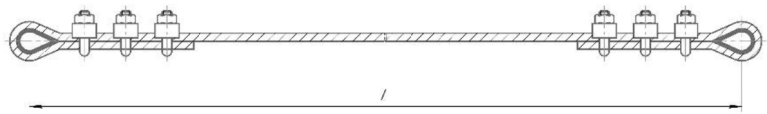
Формат А1


КР.022042310 М
Технологічна установка столовідсо
Положення тяговідсувача столовідсо в нижньому положенні
Положення тяговідсувача столовідсо в робочому положенні
Положення тяговідсувача столовідсо в верхньому положенні
Точка підключення енучкового рукава
Точка підводу органів та електроживлення
Б–Б(1:10)
А–А(1:2)
Б
А

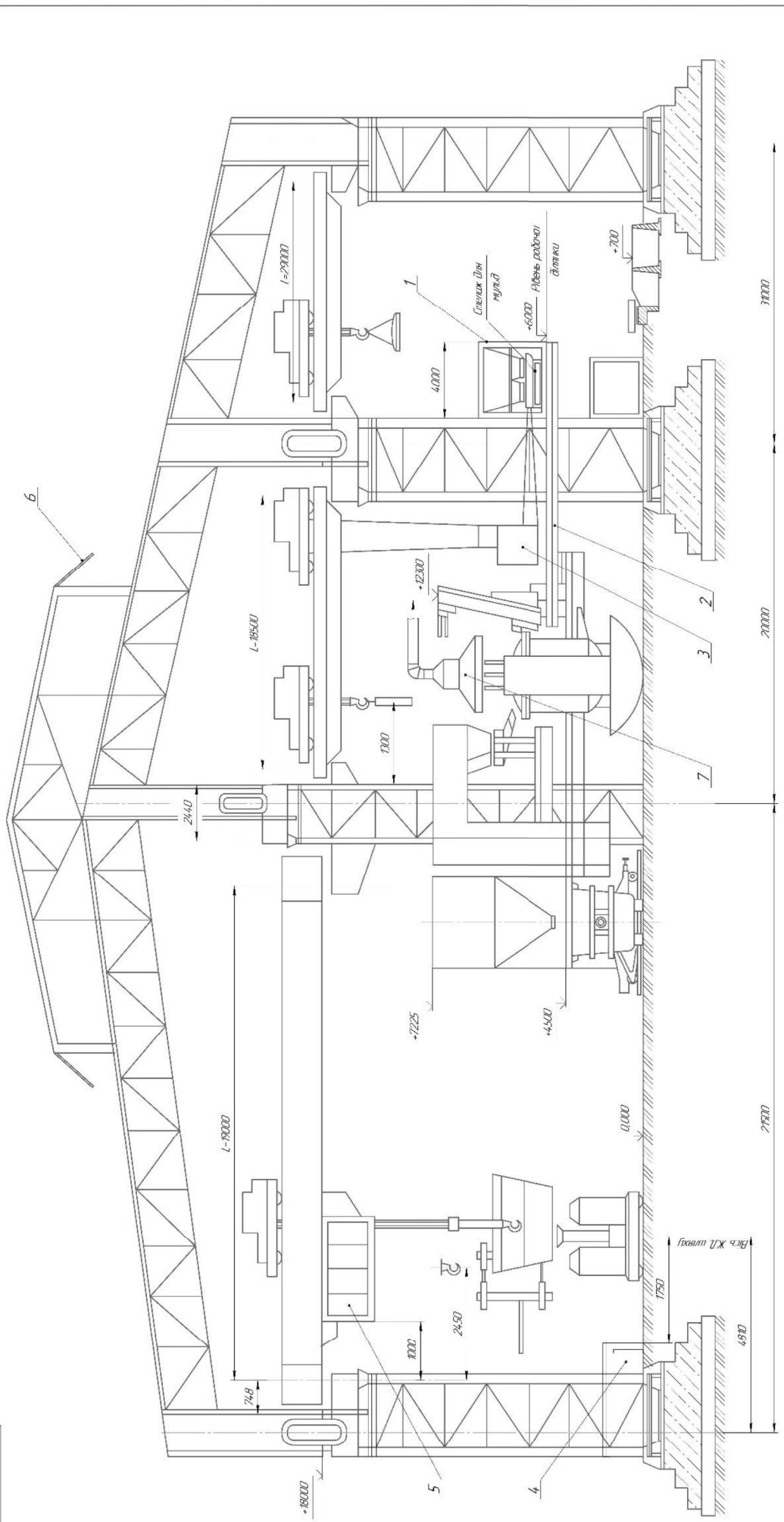




№п/п	Найменування	Примітка
1	Сталевоз	314,28 кг.
2	Кожух передній	260,2 кг.
3	Кожух задній	33,27 кг.
4	Сталевоз без кожухів	254,99 кг.
5	Стропи ТЛК d=5,8 мм	(P)=181,50 Н
6	Стропи ЛК-РО d=15 мм	(P)=104,500 Н
7	Круг d=80 мм, l=800 мм	Сталь 45



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КР.022042.320		
Разраб.		Гарус Л.Н.			Схема строповки сталевоза	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Гречаний О.М.				Н	102520	1:20
Т.контр.		Гречаний О.М.				Лист 1	Листов 1	
Н.контр.		Ротачевська Т.В.				МІЛІ Україна		
Утв.		Ніколаєв А.О.				ВПЦ ім. КІПМ і Технічне ЗРП		
						наказ МОН від 6.11.92 г.		
Копировал					Формат А1			



Наименование	Кол.	Примечание
1 Оборудование	1	
2 Работа автокрана	1	
3 Кабина машиниста электрического крана	1	
4 Разливочный ковш	1	
5 Ковш машинисто разливочного крана	1	
6 Автор витяжки	1	
7 Витяжка пароходов	1	

КР.022042400 ОП

Установления витяжки пароходов

Лит. Масса Масштаб: 1:200

Разработал Проверил Н.контр. Утвердил

Копировал Формат А1

КР022042400 ОП