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 Визначення енергосилових параметрів листоправильної машини 11х98х1700 при виправленні штаби

Виконав: студент групи 6.1333-с

Солодкий Д. А.
(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 – 2026 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

Солодкого Данила Андрійовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Визначення енергосилових параметрів листоправильної машини 11х98х1700 при виправленні штаби
керівник кваліфікаційної роботи доцент, Ph.D. Гречаний О.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “23“ грудня 2025 року № 1831-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 13 червня 2026 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Машина правильна 11х98х1700 – 1А1; 2. Станина верхня – 2А1; 3. Ролик, що подає – 1А1; 4. Деталювання – 3А4; 5. Фундамент одинадцятироликової листоправильної машини – 1А1; 6. Приміщення посту керування одинадцятироликовою правильною машиною – 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	13.04.2026 – 04.05.2026	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування	05.05.2026 – 10.05.2026	
3	Виконання теоретичної частини проєкту	11.05.2026 – 17.05.2026	
4	Виконання графічної частини проєкту	18.05.2026 – 31.05.2026	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	01.06.2026 – 09.06.2026	
6	Перевірка проєкту консультантами	10.06.2025 – 11.06.2025	
7	Попередній захист проєкту	12.06.2025	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проєкту	Згідно з графіком	

Здобувач _____ Солодкий Д. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Гречаний О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Солодкий Д. А. Визначення енергосилових параметрів листоправильної машини 11х98х1700 при виправленні штаби

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, 2026.

Розглянуто конструкцію листоправильної машини. Запропоновано варіант удосконалення приводу одинадцятироликової листоправильної машини. Визначені енергосилові параметри технологічного процесу виправлення на одинадцятироликовій листоправильній машині. Приділено увагу питанням техногенної безпеки в прокатному виробництві.

Ключові слова: штаба, напруження, листоправильна машина, ролик, момент деформації, фундамент, шумове навантаження

ABSTRACT

Solodkyi D. A. Determination of Energy and Power Parameters of the 11x98x1700 Sheet Straightening Machine when Straightening a Strip

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, 2026.

The design of a sheet straightening machine is considered. A variant of improving the drive of an eleven-sided sheet straightening machine is proposed. The energy-power parameters of the technological process of straightening on an eleven-sided sheet straightening machine are determined. Attention is paid to the issues of technogenic safety in rolling production.

Keywords: staff, stress, sheet straightening machine, roller, deformation moment, foundation, noise load

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Короткий опис технологічного процесу отримання основної продукції цеху 8
1.2 Огляд та аналіз конструктивного виконання обладнання для виправлення штаби та листа 15
1.3 Огляд та аналіз конструкції одинадцятироликової правильної машини типу 11х98х1700 26
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 31
2.1 Визначення зусилля, що діє на ролики при виправленні штаби 31
2.2 Визначення енергосилових параметрів правильної машини та вибір електродвигуна приводу 38
2.3 Вибір муфти 43
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 46
3.1 Послідовність монтажних робіт приводної частини правильної машини 46
3.2 Розробка фундаменту одинадцятироликової правильної машини та методу її закріплення на фундаменті 49
3.3 Розрахунок змащення роздавальної двопотокової шестеренної кліті одинадцятироликової правильної машини 57
3.4 Вказівки по технічному догляду, обслуговуванню й змащенню 63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 65
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів дільниці агрегату поперечного різання при виправленні холоднокатаної штаби цеху холодної прокатки 65
4.2 Розробка заходів зменшення шумового навантаження на опереатора ділянки поперечного різання штаби 69

4.3 Забезпечення техногенної безпеки на дільниці агрегату поперечного різання штаби 72
4.3.1 Заходи з протипожежної безпеки 72
4.3.2 Організація умов з безпечного виконання ремонтних робіт 74
4.3.3 Ймовірність виникнення аварійних ситуацій та заходи щодо їхнього запобігання 76
Висновки 79
Список використаної літератури 80
ДОДАТКИ 84

ВСТУП

Сучасний розвиток металургійної промисловості характеризується підвищеними вимогами до якості листового прокату, зокрема до його геометричної точності, рівності та відсутності внутрішніх напружень. Одним із ключових етапів забезпечення цих показників є процес виправлення штаби, який здійснюється на листоправильних машинах. Ефективність роботи такого обладнання безпосередньо залежить від правильного визначення його енергосилових параметрів, що впливають як на якість готової продукції, так і на надійність та довговічність самої машини.

Листоправильні машини працюють в умовах значних статичних і динамічних навантажень, що виникають у процесі багаторазового згинання металу. При цьому важливим є забезпечення раціонального співвідношення між прикладеними зусиллями, моментами та енергетичними витратами, оскільки їх надлишок призводить до перевантаження елементів конструкції, а недостатність – до погіршення якості виправлення. У зв’язку з цим актуальним є проведення точних інженерних розрахунків, які дозволяють визначити оптимальні режими роботи обладнання.

Для виконання поставлених завдань необхідно вирішити такі основні задачі: проаналізувати процес виправлення металу, дослідити особливості конструкції машини, виконати розрахунок силових та енергетичних параметрів, а також оцінити вплив отриманих результатів на ефективність роботи обладнання.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 93 сторінки, на яких 13 рисунків, 6 таблиць, 9 додатків. Бібліографічний список має 39 найменувань літературних джерел.

Об'єкт проєктування – обладнання листоправильної машини.

Мета роботи – Визначення енергосилових параметрів при виправленні штаби.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Короткий опис технологічного процесу отримання основної продукції цеху

Цех холодної прокатки призначений для отримання тонколистової сталі та жерсті з вихідного товстолистового прокату, який надходить із складів цеху гарячої прокатки у вигляді рулонів [1]. Спочатку рулони спрямовуються до травильного відділення, де з їхньої поверхні шляхом хімічної обробки видаляється окалина, що утворилася під час гарячої деформації. Після очищення металу матеріал подається на наступну стадію – прокатку [2].

Процес холодної прокатки реалізується у прокатному відділенні із застосуванням різних типів станів, зокрема безперервних та реверсивного стану. На безперервних станах деформація металу здійснюється у кілька проходів із почерговою зміною напрямку руху штаби, тоді як реверсивний стан забезпечує безперервну прокатку в одному напрямку, що підвищує продуктивність і стабільність процесу [3].

Після завершення прокатки метал надходить до термічного відділення, де проходить відпал у методичних печах. Цей вид термічної обробки спрямований на усунення залишкових напружень, які виникають у металі внаслідок інтенсивної пластичної деформації. Процес реалізується шляхом нагрівання рулонів (для низьковуглецевих сталей) до температури 650÷720 °С із подальшим витримуванням за заданим температурним режимом. Технологічно, такий відпал є рекристалізаційним, оскільки забезпечує формування нової рівноважної зернистої структури металу [4].

Керування режимами нагрівання здійснюється автоматизовано: для кожної печі задається індивідуальний температурний графік з відповідними режимами відпалювання для кожної окремо взятої партії металу. Після завершення нагрівання рулони охолоджуються до температури навколишнього середовища.

Наступним етапом є дресирування (тонке обтиснення) у спеціальному

відділенні. На дресирувальних станах проводиться незначна додаткова прокатка (з обтисненням приблизно 1–3 %), метою якої є покращення геометричної точності, усунення дефектів поверхні (таких як хвилястість або роздутості) та «вирівнювання» механічних властивостей і структури металу після відпалу [5].

Після завершення всіх технологічних операцій готові рулони спрямовуються на склад готової продукції або подаються на агрегати поперечного різання, де здійснюється їх поділ на листи заданих розмірів. Спрощена схема вантажопотоків у межах цеху відображена на рисунку 1.1.

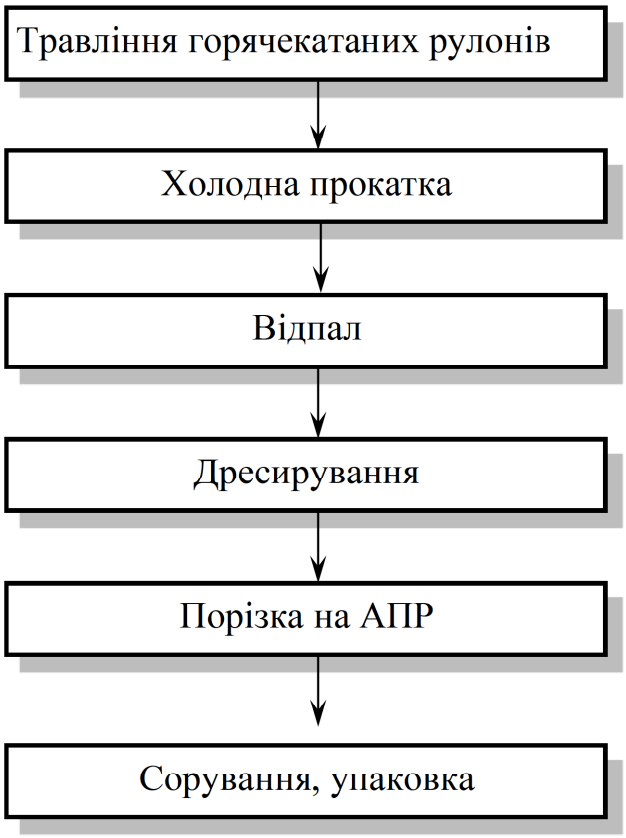


Рисунок 1.1 – Вантажопотоки цеху холодної

Вихідною сировиною для виготовлення холоднокатаних штаб і листового прокату є гарячекатана штаба товщиною 1,8–4,0 мм, яка надходить до цеху холодної прокатки у вигляді рулонів. Кінцевим результатом є готова продукцію у вигляді листів і штаб товщиною 0,3÷3,0 мм та шириною до 2350 мм. Матеріалом слугують вуглецеві сталі звичайної та підвищеної якості, а також

низьколеговані сталі. Деяка частина виробів додатково вкривається антикорозійними покриттями – цинковими, алюмінієвими, полімерними тощо, що суттєво підвищує їхні експлуатаційні властивості.

Поверхня гарячекатаного прокату, який надходить на обробку, зазвичай вкрита окалиною – шаром оксидів заліза, що утворюється під час високотемпературної обробки. Проведення холодної прокатки без попереднього очищення призводить до вдавлювання цієї окалини в метал, що значно погіршує якість поверхні готової продукції. Окрім цього, більш висока твердість оксидного шару по відношенню поверхні прокатного валка сприяє інтенсивному їхньому зношуванню.

На практиці застосовують декілька способів очищення поверхні, а саме хімічний і механічний. Хімічний метод полягає у розчиненні оксидів у кислотних розчинах і відомий як травлення. Механічні методи передбачають руйнування окалини за рахунок пластичної деформації металу або її видалення шляхом дробоструменевої обробки. Як правило ці підходи комбінують: механічне очищення використовується як підготовчий етап, тоді як основне видалення окалини здійснюється травленням.

Окалина, що формується на поверхні гарячекатаних вуглецевих сталей, має багатошарову будову. Внутрішній шар, безпосередньо прилеглий до металу, складається переважно з вюститу (FeO) і займає близько 92–95% загальної товщини окалини. Зовнішній шар представлений магнетитом (Fe_3O_4), частка якого становить приблизно 5–8%. Інколи, в залежності від перетікання процесу охолодження поверхні штаби, може утворюватися тонкий додатковий шар гематиту (Fe_2O_3). Найменш стійким до хімічного впливу є шар вюститу, який завдяки своїй пористій структурі та відносно низькій міцності найшвидше піддається травленню.

В багато чому продуктивність процесу травлення залежить від концентрації кислотного розчину та його температури. Вибір оптимальних параметрів цих величин (таблиця 1.1) є важливою умовою забезпечення високої якості очищення поверхні та стабільності технологічного процесу.

Таблиця 1.1 – Оптимальні значення параметрів при травленні

Марка кислоти	Оптимальна концентрація ,%	Оптимальна теемпература кислотного розчину,^{0}C
Сірчана (H_2SO_4)	19÷24	75–90
Соляна (HCL)	17÷27	60–80

Під час травлення гарячекатаного прокату виділяється водень, який, з одного боку, сприяє відшаруванню та видаленню окалини, а з іншого – проникає в метал, знижуючи його пластичність. Це небажане явище відоме як воднева (травильна) крихкість.

Для перешкоджанню негативного впливу водню та зменшення активізації впливу кислот на метал до складу травильних розчинів вводять спеціальні добавки – інгібітори. Вони адсорбуються на поверхні металу, формуючи тонку захисну плівку, яка перешкоджає його розчиненню, при цьому не знижуючи інтенсивності видалення оксидів. Додатково інгібітори сприяють утворенню піни на поверхні розчину, що зменшує випаровування кислот і покращує санітарно-гігієнічні умови у виробничому приміщенні. Для сірчанокислотного травлення застосовують інгібітори типу С-5У та ПАВ-446, тоді як для солянокислотного – інгібітор ТДА.

На сучасному етапі розвитку технологій солянокислотне травлення поступово витісняє сірчанокислотне, що пояснюється низкою переваг. Соляна кислота характеризується вищою хімічною активністю, особливо щодо оксидів заліза, що дозволяє скоротити тривалість процесу очищення. Вона також забезпечує кращу якість поверхні після травління, зменшує інтенсивність виділення водню і, відповідно, ризик виникнення водневої крихкості. Важливою перевагою є також легкість видалення залишків кислоти під час промивання. Солі, що утворюються в процесі травлення, легко піддаються термічному розкладанню з утворенням хлороводню та оксидів заліза, які можуть бути повторно використані: хлороводень – для регенерації кислоти, а оксиди – у

порошковій металургії та інших галузях.

В умовах сучасного виробництва травлення гарячекатаної штаби здійснюється на безперервних травильних агрегатах. Після очищення і нанесення захисного мастильного шару рулони подаються на стани холодної прокатки.

Технологічний процес прокатки починається з подачі рулонів на розмотувач за допомогою ланцюгових транспортерів. Завдяки відгиначу кінець штаби захоплюється тягнучими роликами, які подають її до робочих валків кліті. Після проходження через кліті з заданим обтисненням штабаа намотується на барабан моталки. Початкові операції виконуються на зниженій (заправній) швидкості 0,5÷2,0 м/с. Після намотування декількох витків швидкість прокатки підвищують до номінальної. Наприкінці процесу швидкість знову зменшується. У разі прокатки зварених рулонів ділянки зварних швів також обробляються на знижених швидкостях [6].

Сумарне обтиснення при холодній прокатці вуглецевих і низьколегованих сталей зазвичай становить 50–80 %. Розподіл обтиснень між клітями або проходами значно впливає на точність розмірів, навантаження на обладнання та продуктивність. Поширеним є варіант із поступовим зменшенням відносних обтиснень від першої кліті до останньої, що дозволяє вирівняти силові та енергетичні параметри процесу. Інший підхід передбачає невелике обтиснення на першій кліті для вирівнювання товщини штаби. Також використовуються схеми з приблизно однаковими обтисненнями по всіх клітях [7].

Холодна прокатка виконується із застосуванням натягу штаби, який створюється за рахунок різниці швидкостей обертання валків. Натяг зменшує контактний тиск металу на валки та покращує рівність штаби, однак його надмірні значення можуть призвести до розривів. Зазвичай питомий натяг становить 0,2÷0,5 від межі текучості металу (з урахуванням наклепу), а між останньою кліттю і моталкою – близько 0,1 для запобігання надмірному ущільненню рулонів.

Для усунення негативного впливу наклепу на структуру виконують

технологічний процес відпалювання, що дозволяє відновити пластичні властивості металу в штабі після прокатки. Відпал здійснюється у ковпакових або безперервних печах і включає три стадії: нагрівання, витримку та охолодження. Загальна тривалість процесу може становити 40÷80 годин залежно від параметрів матеріалу та рулонів.

Після термічної обробки виконується дресирування – прокатка з малим обтисненням (0,8÷1,5 %), яка покращує якість поверхні і запобігає виникненню дефекту типу «апельсинової кірки» під час подальшого штампування. Дресирування формує необхідний мікрорельєф поверхні та стабілізує механічні властивості металу [8]. Процес здійснюється з використанням натягів і, як правило, із застосуванням технологічного мастила, що знижує навантаження на валки та очищує поверхню штаби. У ряді випадків дресирування є завершальною операцією, після якої продукція може бути відвантажена споживачеві. Проте найчастіше рулони додатково обробляються на агрегатах поздовжнього та поперечного різання відповідно до вимог замовника.

Суттєва частина холоднокатаного прокату піддається нанесенню захисних покриттів. Найпоширенішим є цинкування, яке здійснюється гарячим методом або електролітичним способом [9]. Товщина покриття при гарячому цинкуванні може досягати 0,05 мм, тоді як при електролітичному – до 0,01 мм. Сучасні агрегати гарячого безперервного оцинкування забезпечують комплексну обробку, включаючи очищення, термообробку, нанесення покриття, пасивацію та змотування продукції, з продуктивністю до 500 тис. т на рік.

Окрім металевих покриттів, застосовуються полімерні, які наносяться у вигляді плівок (наприклад, полівінілхлоридних) товщиною 0,2÷0,4 мм. Процес включає підготовку поверхні, нанесення клею, приклеювання плівки, термічну обробку та формування декоративного рельєфу. Такий матеріал, відомий як металопласт, широко використовується в різних галузях промисловості. Продуктивність відповідних ліній може досягати 100÷120 тис. т на рік. Загальну ілюстративну схему технологічного процесу цеху холодної прокатки наведено на рисунку 1.2.

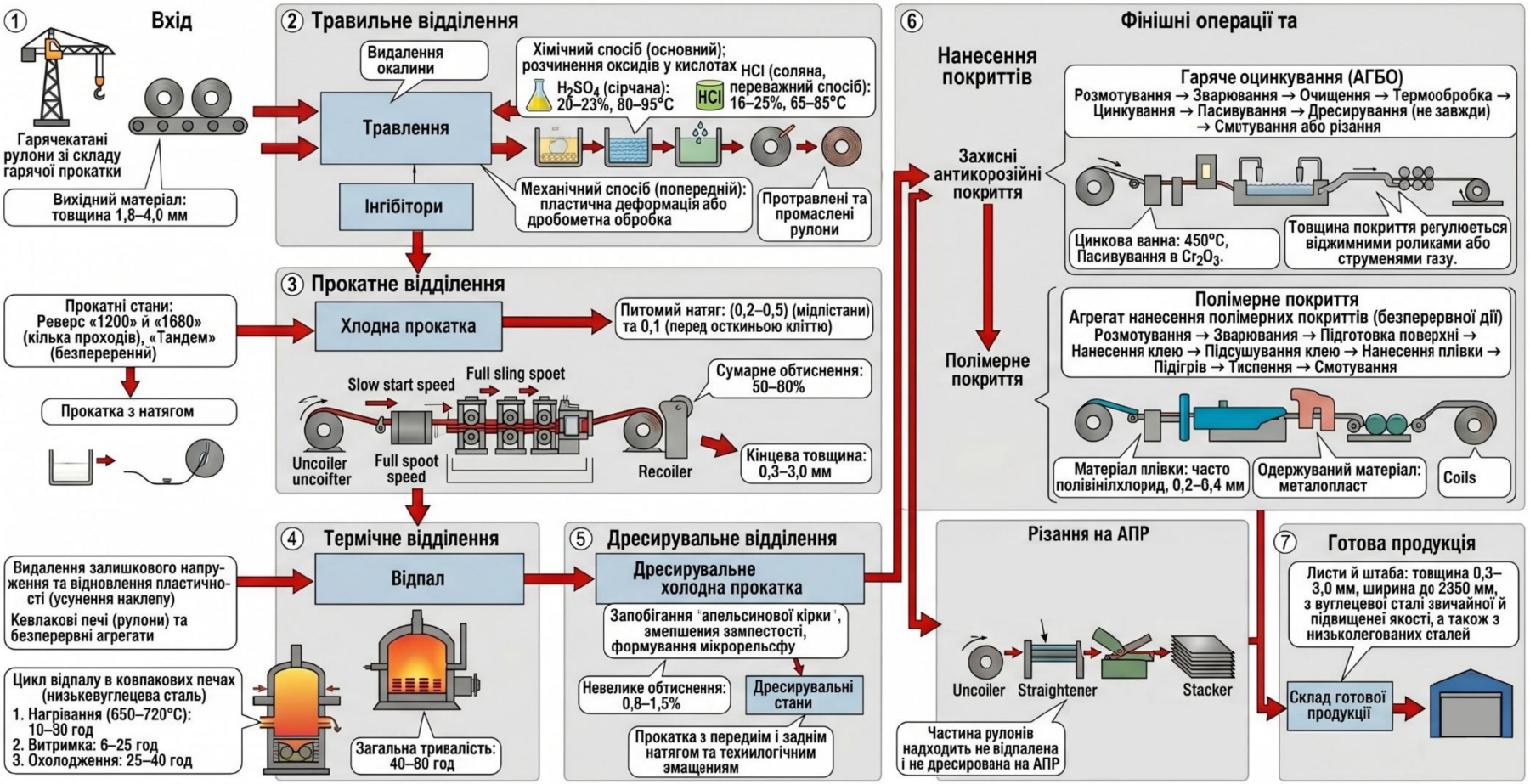


Рисунок 1.2 – Ілюстративна схема технологічного процесу цеху холодної прокатки

1.2 Огляд та аналіз конструктивного виконання обладнання для виправлення штаби та листа

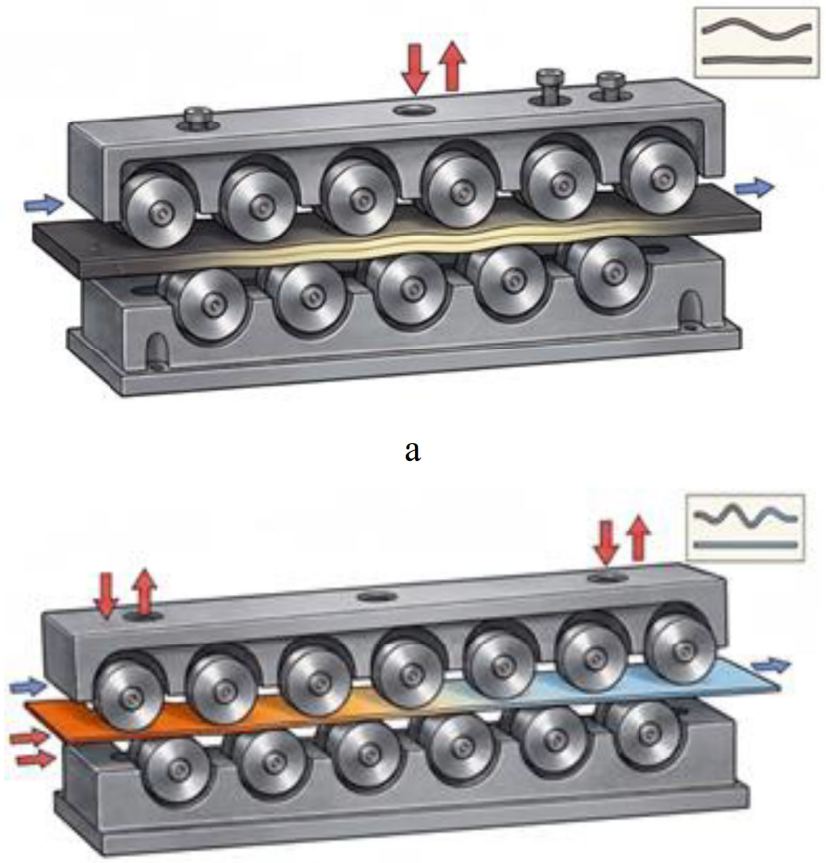
Багатороликові листоправильні машини, що застосовуються для усунення дефектів форми листового прокату та штаби, класифікуються за схемою розташування робочих роликів на два основні типи: з паралельним і похилим їх розміщенням. Кожен із зазначених типів має свої конструктивні особливості та раціональну область застосування.

Машини з паралельним розташуванням роликів використовуються переважно для правлення товстолистового металу (зазвичай товщиною понад 12 мм), а також можуть застосовуватися для попереднього вирівнювання тонших листів. У таких машинах деформація металу відбувається відносно рівномірно під дією всіх роликів, що забезпечує стабільний, але менш гнучкий режим виправлення [10].

Натомість машини з похилим розташуванням роликів призначені головним чином для обробки тонколистового прокату та штаби (товщиною до 4 мм). Їх принцип роботи базується на створенні змінного прогину за довжиною зони правлення: найбільша деформація виникає на початкових роликах, після чого вона поступово зменшується в напрямку виходу металу з машини. Такий характер навантаження дозволяє ефективніше усувати дефекти типу хвилястості та коробкуватості, та забезпечити більш якісне виправлення порівняно з машинами з паралельним розташуванням роликів [5].

Важливими конструктивними параметрами листоправильних машин є діаметр роликів та крок між ними. Саме ці параметри визначають як ефективність процесу правлення, так і рівень навантаження на елементи машини. Збільшення діаметра роликів і відстані між ними призводить до зниження точності виправлення, оскільки зменшується інтенсивність пластичної деформації. У той же час надмірне зменшення цих параметрів викликає значне зростання контактних навантажень, що ускладнює конструкцію машини та

знижує її надійність.



а

б

Рисунок 1.3 – Ілюстративна модель багатороликових листоправильних машин: а – з паралельним розташуванням роликів, б – з похилим розташуванням роликів

На сьогоднішній день відсутня універсальна аналітична методика точного визначення оптимальних значень діаметра та кроку роликів, тому їх вибір здійснюється переважно на основі експериментальних і довідкових даних. Як правило, крок між роликами приймається приблизно на 10 % більшим за їх діаметр, що забезпечує раціональне поєднання жорсткості системи та якості обробки.

Суттєвий вплив на точність правлення має також кількість роликів у машині. Зі збільшенням їх числа підвищується рівномірність деформації та,

відповідно, якість виправлення. Для обробки листів товщиною понад 4 мм зазвичай застосовують машини з 9÷11 роликами, тоді як для тонколистового прокату їх кількість збільшують до 13÷17. У випадках, коли пред'являються підвищені вимоги до якості поверхні та геометрії, кількість роликів може досягати 19÷29.

Швидкісні режими роботи листоправильних машин визначаються як технологічними вимогами, так і продуктивністю обладнання. Для тонких листів (0,5÷4 мм) швидкість правлення зазвичай знаходиться в межах 0,5÷6 м/с. При обробці товстолистового прокату (4÷30 мм) швидкість істотно знижується: при холодному правленні вона становить приблизно 0,1÷0,5 м/с, тоді як при гарячому – може досягати 0,3÷1,0 м/с.

Якість виправлення значною мірою залежить не лише від кінематичних і геометричних параметрів машини, а й від стану робочих поверхонь роликів. Зношування роликів, особливо при холодному правленні, обумовлюється високими контактними напруженнями, які виникають у зоні контакту з металом. Для їх оцінки застосовується теорія контактної міцності, зокрема залежності, отримані на основі теорії Герца [11]. При цьому максимальні контактні напруження не повинні перевищувати подвійного значення межі плинності матеріалу, що обробляється, що дозволяє уникнути передчасного руйнування поверхні роликів і погіршення якості продукції.

З метою підвищення жорсткості конструкції та забезпечення стабільності геометричних параметрів під час роботи, робочі ролики встановлюються з опорою на допоміжні (опорні) ролики. Діаметр останніх, як правило, не менший за діаметр робочих роликів, що дозволяє ефективно сприймати навантаження та зменшувати прогини. Довжина бочки робочих роликів визначається максимальною шириною листового прокату, тоді як параметри опорних роликів встановлюються з урахуванням їх кількості та схеми розміщення.

Матеріал роликів підбирається з урахуванням умов експлуатації. Для виготовлення робочих і опорних роликів використовують високоякісні леговані сталі, такі як 9Х, ШХ15, 12ХН2А, які характеризуються високою міцністю,

твердістю та зносостійкістю. Поверхні роликів піддаються термічній обробці – загартуванню струмами промислової або високої частоти до твердості HRC 55÷65. У випадку гарячого правлення застосовують ролики з середньовуглецевих сталей із додатковим наплавленням зносостійких покриттів.

На рисунку 1.4 показана роликова листоправильна машина 50х2600 мм конструкції, в якій верхня траверса переміщується паралельно. Машина призначена для холодного і гарячого виправлення товстих листів шириною до 2600 мм і товщиною 25-50 мм при межі плинності матеріалу листів відповідно 48 год - 120 МПа.

У машині передбачено п'ять приводних робочих роликів 2 діаметром 400 мм (два середні вгорі і три внизу): крайні ролики 4 (верхні) діаметром 450 мм. З огляду на те, що основне їхнє функціональне призначення горизонтальне спрямування металу та усунення загальної кривизни листа. Ці ролики переміщуються незалежно у вертикальному напрямку за допомогою натискних гвинтів, з ручним приводом натискних гайок. Для зменшення прогину робочих роликів до них попередньо притискають опорні ролики 3 діаметром 650 мм. Всі ролики встановлені в опорах на самовстановлюваних сферичних роликопідшипниках.

Верхні ролики розташовані у верхній – рухомій – траверсі, а нижні – у нижній траверсі 5, що спирається на фундамент. У нижній траверсі по кутах змонтовані чотири жорсткі колони 6 діаметром 320 мм; вгорі вони спираються на траверсу своїми заплічниками, внизу колони з'єднані з траверсою гайками. Завдяки гарячій затяжці гайок у площині стику заплічників 7 з траверсою попередньо створені напруження стиснення, тому при розтягуванні колон зусиллям правки щільність стику заплічників з траверсою зберігається, що необхідно для забезпечення жорсткості всього з'єднання та підвищення точності правки. Для встановлення необхідного розчину між робочими роликами верхня траверса переміщається паралельно по вертикалі за допомогою черв'ячних передач 8, 9, встановлених на кінцях колон і приводних від електродвигуна 10 потужністю 22 кВт і частотою обертання 690 $хв^{-1}$ швидкість переміщення 20

мм/хв. При цьому нижня гайка-ступиця 11 приводиться від черв'яка і за допомогою проміжного кільця 12 з зубчастим внутрішнім зачепленням передає обертання верхній гайці 13. Верхня гайка, обертаючись і переміщаючись вгору (вниз) різьбленням втулки, піднімає (опускає) траверсу з роликами. Таким чином, різьбове черв'ячне колесо (маточина) і не сприймає зусиль від маси траверси.

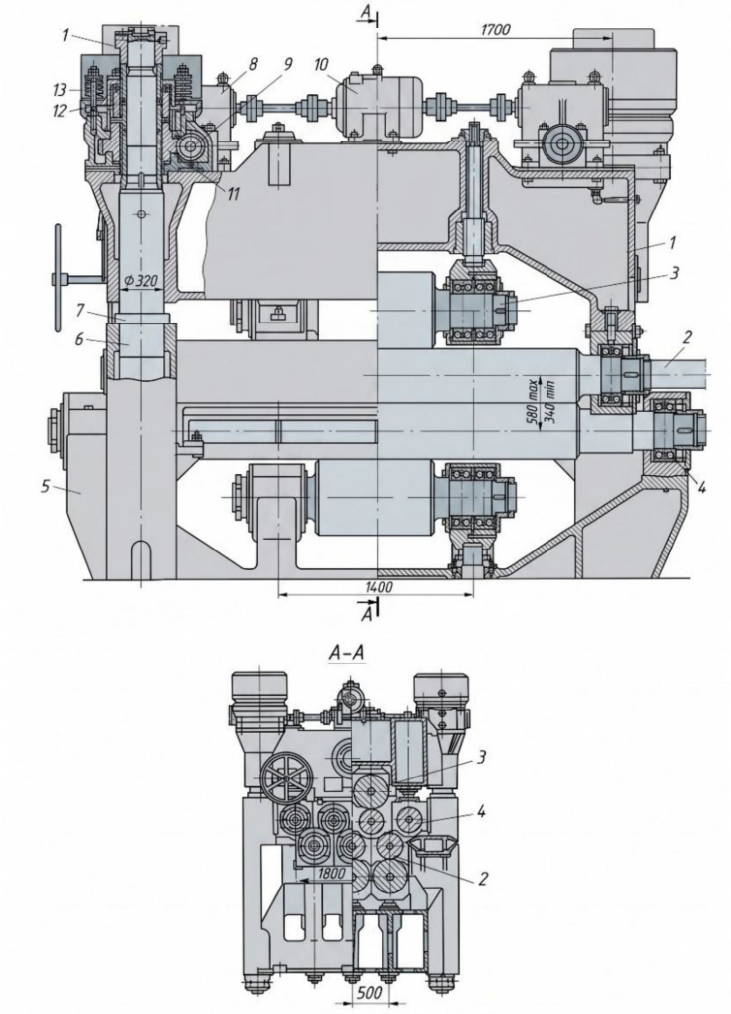


Рисунок 1.4 – Ілюстративна модель 7-роликової листоправильної машини 50х2600 для гарячої правки товстих листів з верхньою траверсою, що переміщується паралельно (позиції наведено в тексті)

Робочі ролики рухаються п'ятьма універсальними шпинделями, з'єднаними з комбінованим редуктором – шестеренною-кліттю. Шестеренна кліть приводиться від електродвигуна постійного струму потужністю 100 кВт і частотою обертання 475/950 хв $^{-1}$. Швидкість роликів (швидкість правлення)

0,4÷0,8 м/с. Перевагою цієї машини є те, що верхня траверса разом із приводом її переміщення може бути легко знята за допомогою крана, що спрощує ремонт машини та зміну роликів. У деяких листоправильних машинах аналогічної конструкції для регулювання підтискання опорних роликів замість натискних гвинтів застосовані клинові пристрої.

На рисунку 1.5 показано правильну машину, призначену для виправлення товстих листів після їх термообробки: товщина листів 12÷32 мм, ширина до 2600 мм, межа плинності матеріалу листів до 650 МПа. Як і описана вище, ця машина має чотири колони: нижня частина станини складається з двох стійок 1, з'єднаних внизу траверсою 2 і вгорі стяжками 3. У стійках станини шляхом гарячої затяжки нижніх гайок 4 попередньо створені напруження стиснення для зменшення результуючої деформації станини при розтягуванні колони. На стійці зверху встановлені дві траверси 5 закріплені на колонах гайками 6, що спираються на сферичні шайби.

Для збільшення жорсткості машини та підвищення якості редагування застосовані опорні ролики (валки) великого діаметру. Нижні два опорні ролики 7 діаметром 930 мм встановлені в подушках на чотирирядних конічних рвальницях і можуть переміщатися по вертикалі за допомогою гвинтів, що приводяться від електродвигуна; при прогинанні цих роликів їх подушки мають можливість самоустановки на сферичних підп'ятниках натискних гвинтів.

Три нижні робочі ролики 8 і 9 мають різні діаметри: крайні 368 мм і середній 538 мм. Ролики 8 обертаються у вальницях ковзання, що встановлені у подушках, розташованих у пазах опорних роликів; середній ролик 9 не має вальниць, він встановлений у западині, що утворюється бочками двох крайніх робочих роликів.

У верхньому ряду встановлені чотири робочі ролики 10 і 11 різного діаметра: крайні 490 мм і середні 445 мм. Крайні ролики встановлені в подушках на чотирирядних конічних вальницях і можуть переміщатися по вертикалі за допомогою натискних пристроїв від електродвигуна 12. При цьому подушки мають пружинне врівноважування. Середні робочі ролики з кожного боку

встановлені у загальній подушці на вальницях ковзання та спираються на верхній опорний ролик 13 великого діаметру(1600 мм). Верхні ролики притискаються до опорного за допомогою штирів, які внизу спираються на стійки станини через тарілчасті пружини.

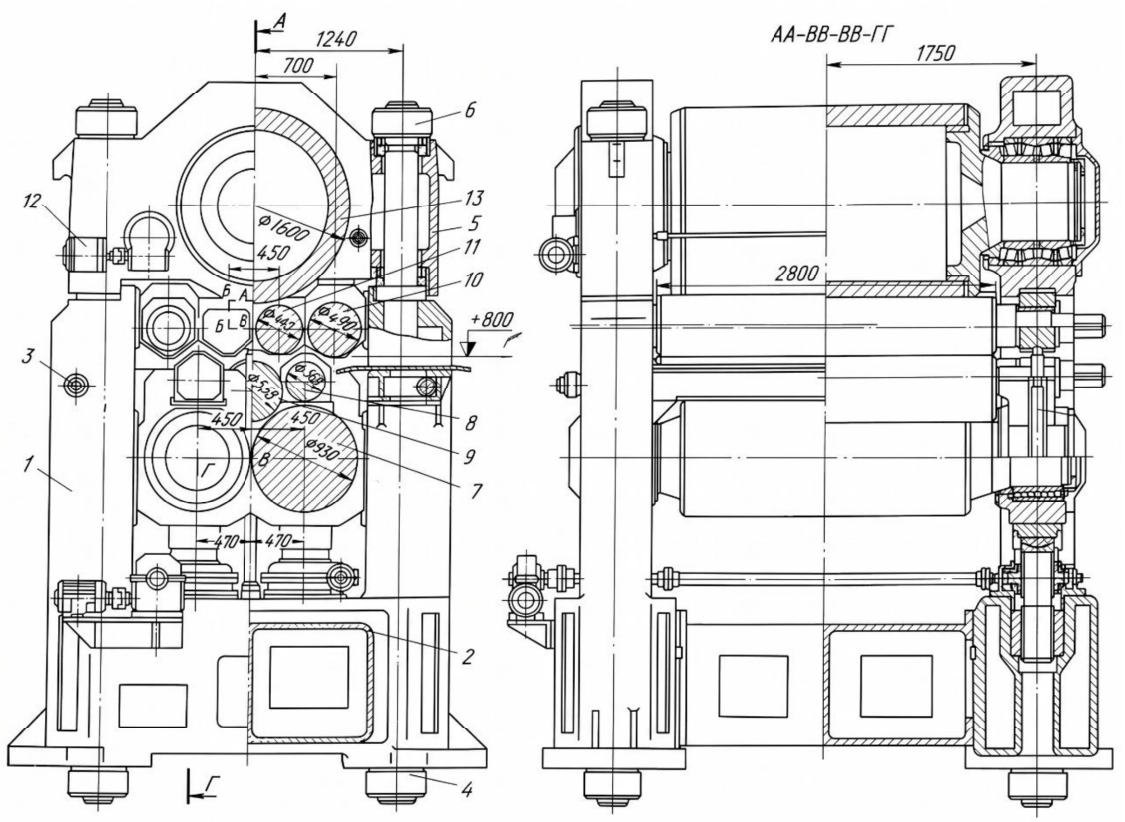


Рисунок 1.5 – Листоправильна машина для виправлення термооброблених товстих листів конструкції 32х2600 (позиції наведено в тексті)

Верхній опорний ролик (валок) 13 встановлений на чотирирядних конічних вальницях, розташованих у розточках верхніх траверс 5. Ролик має велику жорсткість. Для зменшення його маси він зроблений порожнистим. Конструктивно ролик складається з гільзи, до якої електрошлаковим зварюванням приварені цапфи. Крок нижніх опорних роликів більше двох кроків робочих роликів, що створює більшу стійкість системи роликів. Усі сім роликів приводяться від двох електродвигунів через комбінований редуктор та універсальні шпинделі.

Перевагою цієї правильної машини є велика жорсткість усієї конструкції завдяки застосуванню опорних роликів та їх опор великого діаметру, а також масивних станин, траверс та колон; все це дозволило підвищити допустимі зусилля на ролики при правці і тим самим розширити діапазон листів, що виправляються, по товщині. У порівнянні з машиною, що має тільки паралельне переміщення верхньої траверси з роликами (рис. 1.4), на цій машині можливе регулювання положення верхніх роликів і нижніх опорних роликів за допомогою механізованих пристроїв з приводом електродвигунів, завдяки чому підвищується якість правки.

На рис. 1.6 показана робоча кліть листоправильної машини з паралельно переміщуємою траверсою конструкції Старокраматорського машинобудівного заводу (СКМЗ).

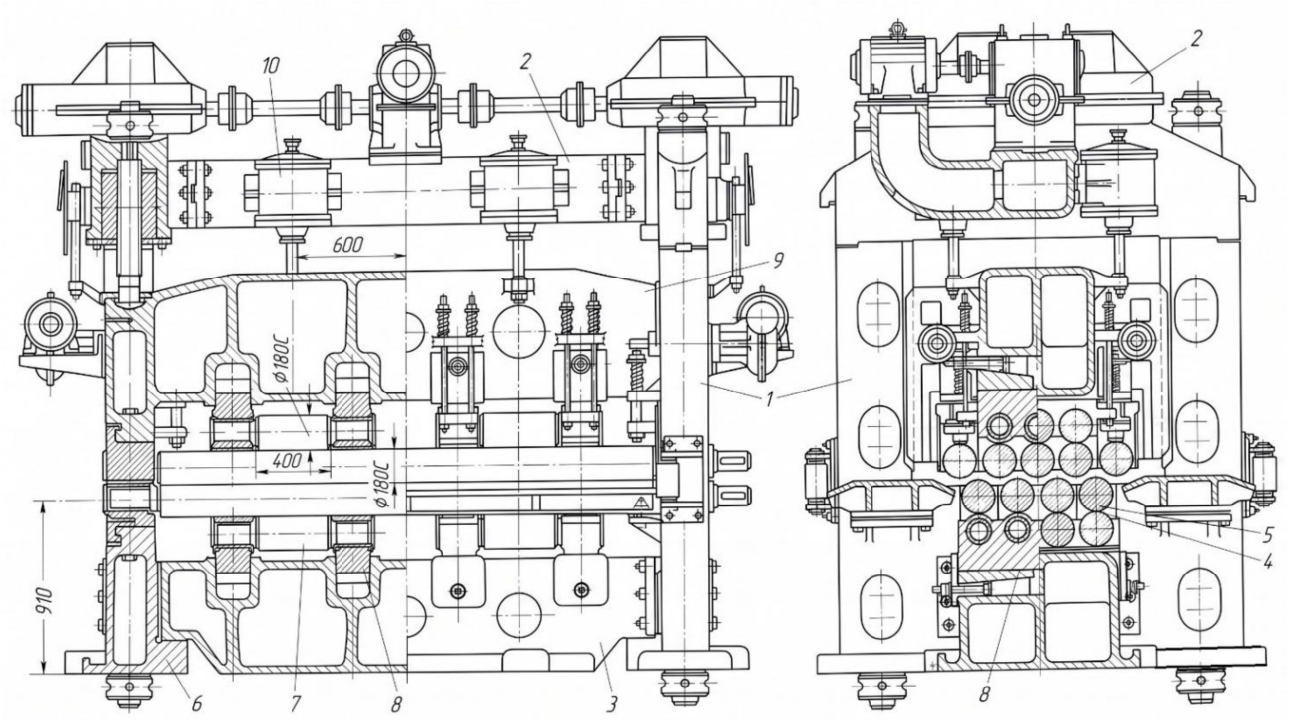


Рисунок 1.6 – Дев’ятироликова правильна машина з верхньою траверсою що переміщується паралельно конструкції СКМЗ (позиції наведено в тексті)

Станина 1 складається з двох частин, які з'єднані балками 2 зверху і 3 внизу. Подушки 4 з вальницями нижніх робочих валків 5 встановлені безпосередньо в станині. Вальниці 6 нижніх опорних роликів 7 змонтовані в

кишенях нижньої траверси 3. Прогин робочих роликів регулюється клиновими пристроями 8. Рухлива траверса 9 підвішена до поперечної балки 2 за допомогою чотирьох пневматичних циліндрів 10. До траверси кріпляться подушки верхнього ряду робочих роликів і своїми кінцями вона входить у напрямні вікна станини. Верхні опорні ролики мають клинові пристрої, аналогічні нижнім. Налаштування робочих роликів здійснюється при паралельному переміщенні траверси натискними гвинтами, що мають привод електродвигуна потужністю 7,5 кВт і частотою обертання 900 $хв^{-1}$ через черв'ячні редуктори. Для забезпечення більш надійного завдання листа в машину (а також щоб уникнути вигину при його виході) крайні (передній і задній) верхні ролики мають незалежне вертикальне переміщення від двох електродвигунів потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 885 $хв^{-1}$. Таке конструктивне рішення вимагає розміщення опорних роликів безпосередньо над робочими.

В окрему групу виділені листоправильні машини, в яких процес виправлення листа відбувається розтягненням. Правку розтягуванням застосовують для сталевих листів та листів із кольорових металів (наприклад, дюралюмінію), які важко правити на роликових машинах. При правці розтягуванням у матеріалі листа необхідно створити напруження, рівні межі плинності $\sigma_т$, тому до аркуша необхідно докласти зусилля, що розтягує, рівне $P = \sigma_т F$, де $F = bh$ – площа перерізу листа.

Для виправлення листів розтягуванням застосовують розтяжні гідравлічні машини із затискачами кінців листа двох типів: механічним та гідравлічним.

На рисунку 1.7 показана листоправильна розтяжна машина. Машина призначена для виправлення розтягуванням товстих листів дюралюмінію (4÷12 мм) шириною до 2700 мм і довжиною 2÷10 м; максимальне зусилля розтягування 10 МН.

Зварена (з товстих листів) станина 1 складається з кількох частин, з'єднаних між собою болтами у гарячому стані. Станина встановлена на фундаментні балки двома опорами (з яких одна, права, рухлива). Задня (права) головка 2 при розтягуванні листа нерухома. Попередньо залежно від довжини

листа вона встановлюється на станині та закріплюється пальцями (фіксаторами), що входять у гнізда (отвори) у станині; переміщення головки та її фіксація здійснюються за допомогою задніх допоміжних гідроциліндрів 3.

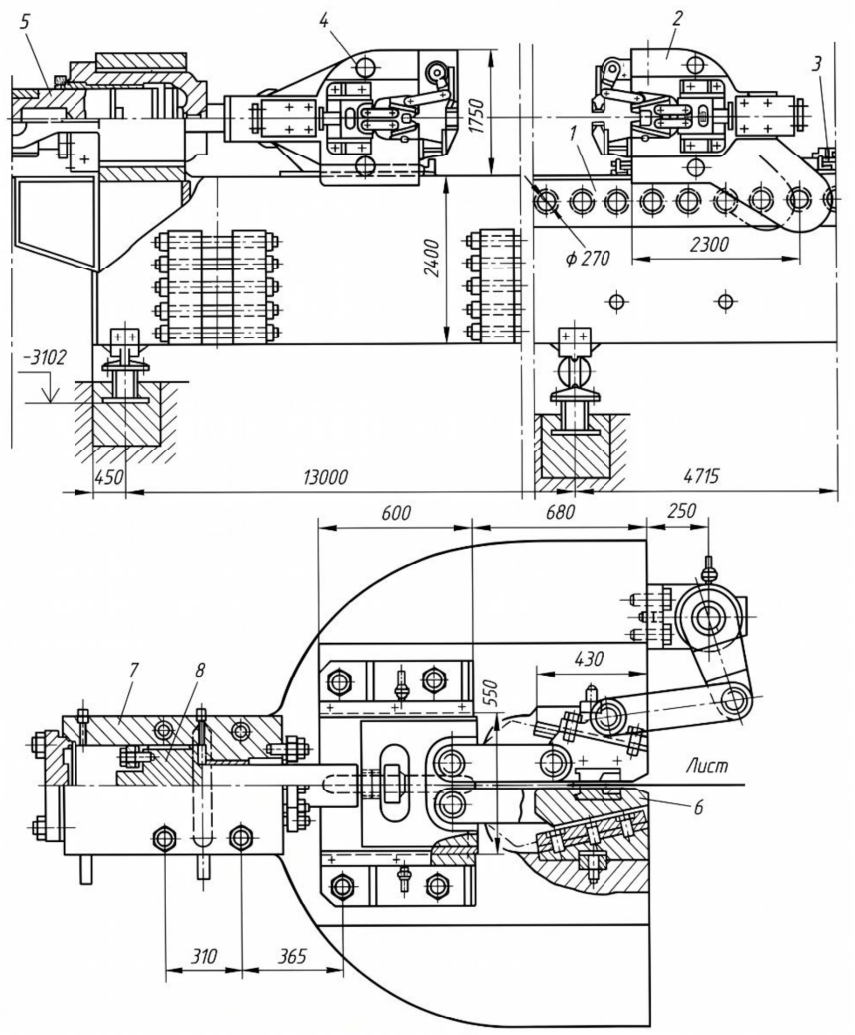


Рисунок 1.7 – Листоправильна розтяжна машина зусиллям 10 МН із гідравлічними затискачами листа (позиції наведено в тексті)

Передня (ліва) затискна головка 4, яка здійснює розтягування листа, з'єднана тягами з траверсою плунжері 5 робочого циліндра. Хід плунжера та головки 850 мм, тиск олії в циліндрі до 16,5 МПа, швидкість переміщення плунжера 10 м/с (під час роботи двох насосів).

У затискних головках (передній та задній) розташовані клинові механізми

(а = 12°). Затискні губки 6 зближуються (затискають лист) і розходяться за допомогою шарнірного приводу від двох гідроциліндрів 7, розташованих на боках затискної головки. Гідроциліндри створюють лише попереднє затискання листа в губках. Остаточне затискання відбувається при розтягуванні листа в результаті самозаклинювання губок між похилими площинами клинового пристрою. Розклинювання (віджимання) губок здійснюється зворотним ходом плунжера 8. Подача листів-заготовок до машини і заправка їх в затискні головки здійснюються за допомогою механізованих візків.

Перевага правки розтягуванням перед правкою знакозмінним вигином полягає в тому, що вона дозволяє більшою мірою усунути коробоватість поверхні листів завдяки можливості досягнення великої пластичної деформації по всій ширині (1-4 %) без слідів (подряпин) на поверхні, тому правильно-розтяжні машини знаходять широке застосування для правки листів з малопластичних високоміцнихих матеріалів на кшталт титану та ін.

Недоліки редагування на розтяжній машині:

1) прикладання певних точкових зусиль при затисканні кінців листа в рифлених сталевих загартованих губках викликає локальні концентрації напружень, псування поверхонь по кінцях і обриви кінців;

2) поштучна установка та правка листів не дозволяють застосовувати розтяжні машини в потокових технологічних лініях.

З метою усунення цих недоліків створені нові розтяжні машини, в яких:

а) замість рифлених сталевих губок застосовані гладкі текстолітові пластини, затискання листа в яких здійснюється за допомогою гідрофрикційного пристрою. Також під губку встановлюють еластичні камери, в які подається рідина під тиском, що створює рівномірне питоме зусилля, що не перевищує 10 % від межі плинності матеріалу листа та дозволяє запобігати псуванню поверхні кінців листа;

б) між затискними головками машини встановлено кілька роликів. Таке конструктивне рішення дозволяє забезпечити значну стійкість листа при правці та правити розтягуванням не тільки листи, а й довгі штаби з рулону (шляхом

послідовного «перехоплення» ділянок штаби, що проходить через щілини в затискних головках за допомогою роликів, що подають).

Варто зауважити, що для виправлення листів з нержавіючої сталі з межею міцності до 1000 МПа (товщина 1,5-5 мм, ширина до 2500 мм, довжина до 6 м) на комбінаті «Запоріжсталь» успішно застосовують правильно-розтяжну машину зусиллям 10 МН, конструкція якої подібна до наведеної на рисунку 1.7. Суттєвою відмінністю є те, що на відміну від механізму самозатягування, в конструкції, що використовується на виробництві, утримання кінців листа організовано плоскими (нерифленими) сталевими губками клинового механізму (а = 9°), що має примусове переміщення від потужних гідроциліндрів.

1.3 Огляд та аналіз конструкції одинадцятироликової правильної машини типу 11х98х1700

Основна функція одинадцятироликової машини (рис.1.8 та 1.9) – виправлення холоднокатаної штаби номінальною товщиною h=0,4÷2,5 та шириною в межах від 800 мм до 1550 мм. Вона усуває такі дефекти, як:

- загальна поздовжня та поперечна кривизна;
- хвилястість країв;
- «коробкуватість» (опуклості);
- знімає внутрішні напруження в металі.

Конструктивно машина складається з двох литих станин, з'єднаних стяжними болтами. Нижня траверса – нерухома, в якій змонтовано 6 нижніх роликів. У верхній, рухомій траверсі траверса встановлено 5 верхніх роликів. Вона переміщується по напрямних станини за допомогою чотирьох гвинтів.

Завдяки розташуванню роликів у шаховому порядку забезпечується оптимальна кількість перегинів для якісної правки холоднокатаної штаби «середньої» товщини.

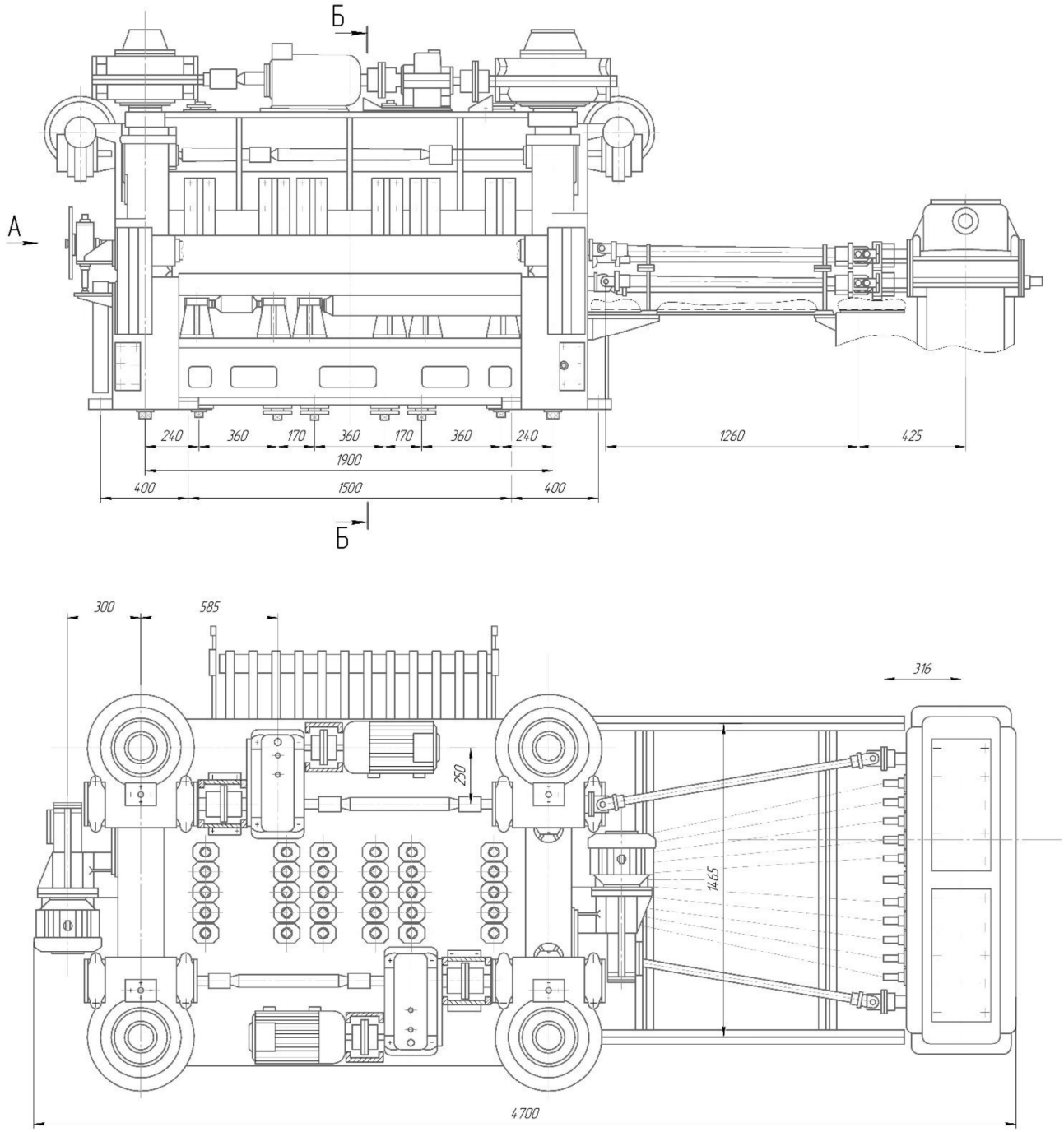


Рисунок 1.8 – Габаритне креслення одинадцятироликової правильної машини

Оскільки робочі ролики мають відносно невеликий діаметр (98 мм) при значній довжині (понад 1700 мм), вони можуть прогинатися під навантаженням.

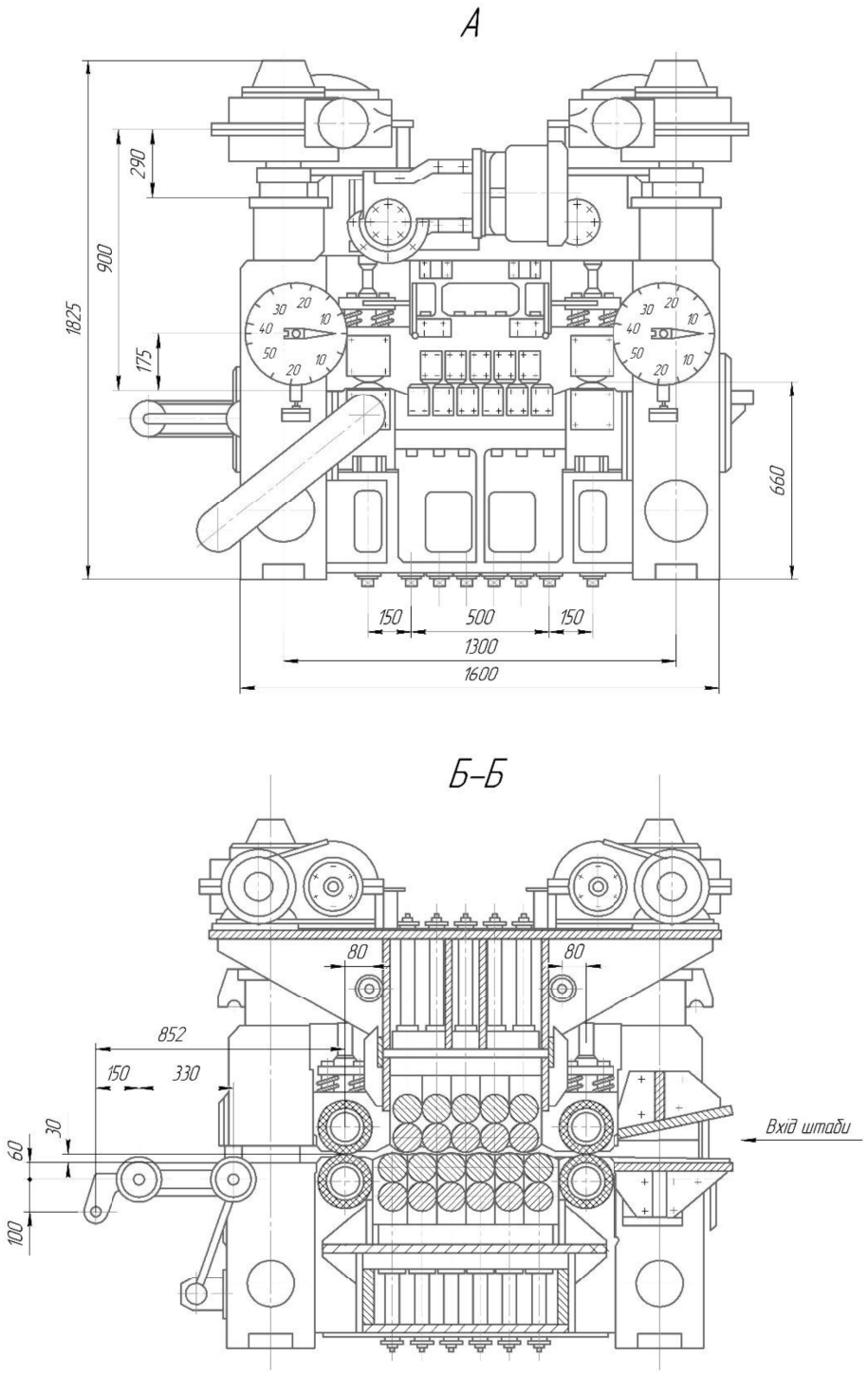


Рисунок 1.9 – Поперечний переріз одинадцятироликовохї правильної машини

Для компенсації можливих прогинів робочих роликів над ними встановлено додаткові опорні ролики. Загальний привод правильної машини здійснюється від електродвигуна через редуктор та шестеренну кліть. Обертальний момент від шестеренної кліті до кожного з 11 роликів передається

через універсальні шпинделі. Це дозволяє верхнім роликам обертатися навіть при зміні положення верхньої траверси по висоті. Для правки штаби різної товщини верхня траверса регулюється за висотою. Для цього натискні гвинти приводяться в дію від окремого електродвигуна через черв'ячні пари, що дозволяє виключати перекоси верхньої траверси та компенсувати різнотовщинність штаби, а також регулювати величину нахилу траверси. Технічна характеристика одинадцятироликової правильної машини наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики правильної машини

№	Найменування	Величини
1	Крок між осями роликів, мм	100
2	Ролики робочі:	
	– кількість, шт	11
	– діаметр, мм	98
	– довжина бочки, мм	1700
3	Ролики опорні:	
	– кількість, шт	33
	– діаметр, мм	98
	– довжина бочки, мм	160
4	Хід верхніх робочих роликів від загальної дотичної:	
	– вгору, мм	30
	– вниз, мм	10
5	Ролики що подають:	
	– кількість, шт	4
	– діаметр, мм	180
	– довжина бочки,	1700
	– номінальне зусилля, кН	3
6	Розкриття вхідних роликів (тих що подають штабу), мм	60
7	Крутний момент приводу правильної машини, кН м	3,14
8	Зрівноважування верхньої станини	пружинне

Однією із причин частих простоїв технологічної лінії агрегату поперечного різання на якому відбувається різання штаби на окремі листи в цілому є часті ремонти приводу правильної машини. Це в першу чергу викликано недосконалою конструкцією опорних роликів. Розширення асортименту готової продукції призвело до підвищення продуктивності лінії в цілому і як наслідок збільшення, навантаження властиво на привод правильної машини. Також через високі навантаження на привод машини часто виходить із ладу шестеренна кліть. Окрім значного зношування роликів, як правило робочих, по всій ширині бочки, має місце недолік системи подачі змащення у вальниці робочих і опорних роликів. Так як це змащення попадає на штабу при роботі машини й порушує безпосередньо сам процес виправлення. Дану проблему можна вирішити зміною системи подачі змащення в опорні ролики, а саме використати закладну систему подачі, що практично виключає влучення змащення на штабу під час роботи машини.

Проаналізувавши вищенаведені недоліки приводу правильної машини, в якості модернізації пропонується виконати наступні конструктивні зміни в шестеренній клітті виконати заміну косозубого евольвентного зачеплення на зачеплення Новікова, яке має більшу навантажувальну здатність. Таке рішення також дозволить зберегти міжосьову відстань й не виникне потреби в суттєвій зміні компоновки приводної частини. Збільшення діаметра валів-шестерень дозволить значно підвищити їхню надійність. В якості запобіжного пристрою замість проміжної муфти (МП) із зірочкою використати втулково-пальцеву зі зрізними пальцями та гумовими втулками (МПВП), що дозволить запобігти перевантаженням привода.

В майбутній перспективі для прискорення виконання ремонтних робіт варто розглянути касетний метод зміни роликів. Касетна збірка роликів також дозволить значно збільшити навантажувальну здатність, забезпечити більш плавний рух роботи механізму, що в цілому сприятливо позначиться на роботі всього механізму та забезпечить безаварійність роботи й збільшить міжремонтний період.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення зусилля, що діє на ролики при виправленні штаби

Для вибору електродвигуна правильної машини визначимо технологічні зусилля на кожному робочому ролику за наступними даними:

– товщина штаби $h = 0{,}4 \div 2{,}5$ мм;

– ширина штаби $b = 800 \div 1550$ мм;

– швидкість руху штаби $V = 0{,}166 \ldots 1$ м / сек;

– діаметр робочих роликів $D = 98$ мм;

– крок між роликів одного ряду $t = 100$мм;

– довжина бочки роликів $\ell = 1700$ мм;

– діаметр опорних роликів $D_0 = 98$ мм;

– довжина бочки опорних роликів $\ell_0 = 160$ мм;

– межа плинності матеріалу штаби σ_s=27÷130 кг/мм^2=270÷1300Н/мм^2.

Для одержання прямолінійної (гладкої) штаби, що мала до виправлення хвилястість і місцеву коробоватість на поверхні, знакозмінний поперечний вигин її між роликами повинен зменшуватися від другого ролика до передостаннього.

Приймаємо, що максимальне значення коефіцієнта проникнення пластичної деформації в штабі під другим роликом (рис. 2.1):

$$K_2 = 0{,}75 \div 0{,}26 = 0{,}7$$

Приймаємо максимальну товщину штаби $h = 2{,}5$ мм.

Визначимо момент пружного вигину по формулі [12]:

$$M_y = \sigma_s \frac{bh^2}{6} \qquad (2.1)$$

$$M_y = 500\frac{1550 \cdot 2{,}5^2}{6} = 807{,}3\ кН \cdot мм = 0{,}807 кН \cdot м$$

де $\sigma_s = 500\ Н/мм^2$ – межа плинності середньостатистичного типорозміру штаби, що оброблюється;

$b = 1550$ мм – максимальна ширина штаби, що виправляється на машині.

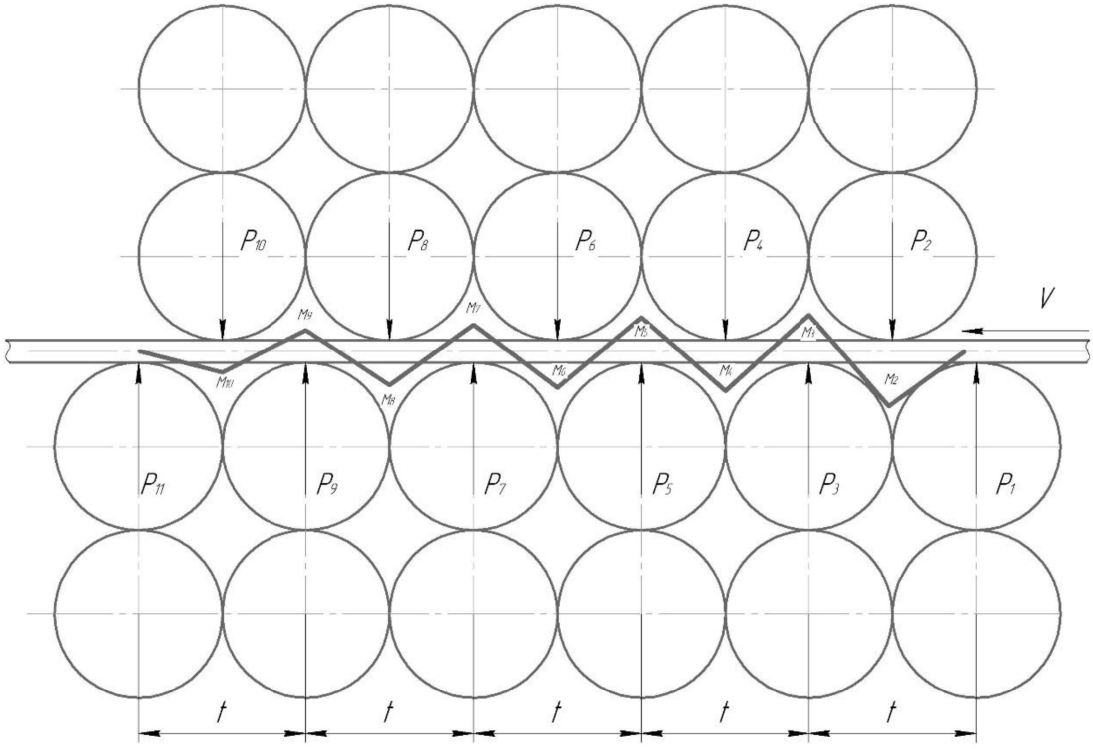


Рисунок 2.1 – Схема до визначення технологічного зусилля, що діє на кожен робочий ролик

Визначаємо значення коефіцієнтів проникнення пластичної деформації K_n [13] і коефіцієнт пружного-пластичного вигину $K'_{упі}$ під роликами по формулах:

$$K_{ni} = KL_2\left(1 - \frac{i-2}{n-3}\right); \qquad (2.2)$$

$$K'_{упі} = K_{ni}\left(1 - \frac{K_{ni}}{2}\right); \qquad (2.3)$$

де K_2 – максимальне значення K_n під другим роликом;

n – число роликів у машині;

і – порядковий номер роликів;

$$K_{n2} = 0{,}7\left(1 - \frac{2-2}{11-3}\right) = 0{,}7;$$

$$K_{n3} = 0{,}7\left(1 - \frac{3-2}{11-3}\right) = 0{,}613;$$

$$K_{n4} = 0{,}7\left(1 - \frac{4-2}{11-3}\right) = 0{,}525;$$

$$K_{n5} = 0{,}7\left(1 - \frac{5-2}{11-3}\right) = 0{,}438;$$

$$K_{n6} = 0{,}7\left(1 - \frac{6-2}{11-3}\right) = 0{,}35;$$

$$K_{n7} = 0{,}7\left(1 - \frac{7-2}{11-3}\right) = 0{,}263;$$

$$K_{n8} = 0{,}7\left(1 - \frac{8-2}{11-3}\right) = 0{,}175;$$

$$K_{n9} = 0{,}7\left(1 - \frac{9-2}{11-3}\right) = 0{,}088;$$

$$К_{п10} = 0,7\left(1 - \frac{10-2}{11-3}\right) = 0;$$

$$К'_{уп2} = 0,7\left(1 - \frac{0,7}{2}\right) = 0,455;$$

$$К'_{уп3} = 0,613\left(1 - \frac{0,613}{2}\right) = 0,425;$$

$$К'_{уп4} = 0,525\left(1 - \frac{0,525}{2}\right) = 0,387;$$

$$К'_{уп5} = 0,438\left(1 - \frac{0,438}{2}\right) = 0,342;$$

$$К'_{уп6} = 0,35\left(1 - \frac{0,35}{2}\right) = 0,289;$$

$$К'_{уп7} = 0,263\left(1 - \frac{0,263}{2}\right) = 0,228;$$

$$К'_{уп8} = 0,175\left(1 - \frac{0,175}{2}\right) = 0,16;$$

$$К'_{уп9} = 0,088\left(1 - \frac{0,088}{2}\right) = 0,084.$$

Визначаємо пружно-пластичний згинальний момент при вигині штаби одним і-тим роликом:

$$M_{yni} = M_y\left(1 + K'_{yni}\right); \quad (2.4)$$

$$M_{ул2} = 0{,}807\left(1 + 0{,}455\right) = 1{,}174\ кН \cdot м;$$

$$M_{ул3} = 0{,}807\left(1 + 0{,}425\right) = 1{,}15\ кН \cdot м;$$

$$M_{ул4} = 0{,}807\left(1 + 0{,}387\right) = 1{,}12\ кН \cdot м;$$

$$M_{ул5} = 0{,}807\left(1 + 0{,}342\right) = 1{,}083\ кН \cdot м;$$

$$M_{ул6} = 0{,}807\left(1 + 0{,}289\right) = 1{,}04\ кН \cdot м;$$

$$M_{ул7} = 0{,}807\left(1 + 0{,}228\right) = 0{,}991\ кН \cdot м;$$

$$M_{ул8} = 0{,}807\left(1 + 0{,}16\right) = 0{,}936\ кН \cdot м;$$

$$M_{ул9} = 0{,}807\left(1 + 0{,}084\right) = 0{,}875\ кН \cdot м.$$

Визначаємо зусилля на ролики при виправленні штаби. Підставляючи рівняння моментів послідовно для перетинів 2, 3, 4...(n–1), n, одержимо:

$$P_1 \frac{t}{2} = M_2; \quad (2.5)$$

$$P_1 t - P_2 \frac{t}{2} = -M_3; \quad (2.6)$$

$$P_1 \frac{3}{2} t - P_2 t + P_3 \frac{t}{2} = M_4; \quad (2.7)$$

$$P_1 2t - P_2 \frac{3}{2}t + P_3 t - P_4 \frac{t}{2} = -M_5 \text{ і т.д.} \quad (2.8)$$

$$P_1 = \frac{t}{2} M_2; \quad (2.9)$$

$$P_2 = \frac{2}{t}(M_3 + 2M_2); \quad (2.10)$$

$$P_3 = \frac{2}{t}(M_4 + 2M_3 + M_2); \quad (2.11)$$

$$P_4 = \frac{2}{t}(M_5 + 2M_4 + M_3); \quad (2.12)$$

$$P_5 = \frac{2}{t}(M_6 + 2M_5 + M_4); \quad (2.13)$$

$$P_i = \frac{2}{t}(M_i + 1 + 2M_i + M_{i-1}); \quad (2.14)$$

$$P_{n-1} = \frac{2}{t}(0 + 2M_{n-1} + M_{n-2}); \quad (2.15)$$

$$P_n = \frac{2}{t}(0 + 0 + M_{n-1}); \quad (2.16)$$

Моменти M_1 і M_{11} дорівнюють нулю, тому що під першим й останнім роликами немає деформації штаби, тоді:

$$P_1 = \frac{2}{0{,}1} \cdot 1{,}174 = 23{,}48 \text{ кН};$$

$$P_2 = \frac{2}{0,1}(1,15 + 2 \cdot 1,174) = 69,96 \text{ кН};$$

$$P_3 = \frac{2}{0,1}(1,12 + 2 \cdot 1,15 + 1,174) = 91,88 \text{ кН};$$

$$P_4 = \frac{2}{0,1}(1,083 + 2 \cdot 1,12) + 1,15 = 89,46 \text{ кН};$$

$$P_5 = \frac{2}{0,1}(1,04 + 2 \cdot 1,083 + 1,12) = 86,52 \text{ кН};$$

$$P_6 = \frac{2}{0,1}(0,991 + 2 \cdot 1,04 + 1,083) = 83,08 \text{ кН};$$

$$P_7 = \frac{2}{0,1}(0,936 + 2 \cdot 0,991 + 1,04) = 79,16 \text{ кН};$$

$$P_8 = \frac{2}{0,1}(0,875 + 2 \cdot 0,936 + 0,991) = 74,76 \text{ кН};$$

$$P_9 = \frac{2}{0,1}(0 + 2 \cdot 0,875 + 0,936) = 53,72 \text{ кН};$$

$$P_{10} = \frac{2}{0,1}(0 + 0 + 0,875) = 17,5 \text{ кН};$$

Сумарний тиск на всі верхні й нижні ролики:

$$P = \sum_{1}^{n} P_i = \frac{8}{t}\left(M_2 + M_3 + M_4 + \ldots + M_{n-2} + M_{n-1}\right) =$$
$$= 23{,}48 + 69{,}96 + 91{,}88 + 89{,}46 + 86{,}52 + 83{,}08 +$$
$$+ 79{,}16 + 74{,}76 + 53{,}72 + 17{,}5 = \quad (2.17)$$
$$= 669{,}5 \text{ кН}$$

Сумарне зусилля на всі ролики $P = 669{,}5$ кН, максимальне зусилля на третій ролик $P_3 = 91{,}88$ кН.

Зусилля на верхні й нижні ролики:

$$P_b = P_н = \frac{P}{2} = \frac{669{,}5}{2} = 334{,}75 \text{ кН}$$

Отримані дані дозволяють виконати розрахунок необхідного сумарного крутного моменту, і відповідно обрати електродвигун приводу правильної машини.

2.2 Визначення енергосилових параметрів правильної машини та вибір електродвигуна приводу

Визначаємо у відповідності зі значеннями K_n, значення крутного моменту на роликах, необхідного для пластичного вигину штаби $M_{деф}$ [8]:

$$M_{деф\,i} = \frac{\sigma^2}{4E} bhD\left(\frac{K_n^2}{1 - K_n}\right); \quad (2.18)$$

$$M_{деф2} = \frac{500^2}{4 \cdot 2{,}15 \cdot 10^5} \cdot 1550 \cdot 2{,}5 \cdot 98\left(\frac{0{,}7^2}{1 - 0{,}7}\right) = 180{,}32 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{деф3} = 110,4\left(\frac{0,613^2}{1-0,613}\right) = 107,2 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{деф4} = 110,4\left(\frac{0,525^2}{1-0,525}\right) = 64,06 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{деф5} = 110,4\left(\frac{0,438^2}{1-0,438}\right) = 37,69 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{деф6} = 110,4\left(\frac{0,35^2}{1-0,35}\right) = 20,8 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{деф7} = 110,4\left(\frac{0,263^2}{1-0,263}\right) = 10,36 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{деф8} = 110,4\left(\frac{0,175^2}{1-0,175}\right) = 4,1 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{деф} = 110,4\left(\frac{0,088^2}{1-0,088}\right) = 0,937 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$\sum M_{деф} = 425,5 \text{ кН} \cdot \text{мм}$$

Приймаємо коефіцієнт тертя для роликових вальниць $\mu = 0,005$, середній діаметр вальниці $d = 65$ мм, плече тертя-кочення роликів по штабі m=0,8 мм.

Визначаємо моменти тертя у вальницях і моменти тертя-кочення по штабі для кожного ролика, навантаженого зусиллям P_i:

$$M_{тр} = P\mu\frac{d}{2}; \quad (2.19)$$

$$M_{кач} = P \cdot m; \quad (2.20)$$

$$M_{тр1} = 23{,}48 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 3{,}82 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр2} = 69{,}96 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 11{,}4 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр3} = 91{,}88 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 14{,}93 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр4} = 89{,}46 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 14{,}54 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр5} = 86{,}52 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 14{,}06 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр6} = 83{,}08 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 13{,}5 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр7} = 79{,}16 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 12{,}86 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр8} = 74{,}76 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 12{,}15 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр9} = 53{,}72 \cdot 0{,}005\frac{65}{2} = 2{,}84 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$\sum M_{тр} = 108{,}83 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач1} = 23,48 \cdot 0,8 = 18,78 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач2} = 69,96 \cdot 0,8 = 55,968 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач3} = 91,88 \cdot 0,8 = 73,5 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач4} = 89,46 \cdot 0,8 = 71,57 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач5} = 86,52 \cdot 0,8 = 69,22 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач6} = 83,08 \cdot 0,8 = 66,46 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач7} = 79,16 \cdot 0,8 = 63,33 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач8} = 74,76 \cdot 0,8 = 59,8 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач9} = 53,72 \cdot 0,8 = 42,98 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M_{кач10} = 17,5 \cdot 0,8 = 14 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$\sum M_{кач} = 535,61 \text{ кН} \cdot \text{мм}$$

Максимальний крутний момент для обертання всіх роликів:

$$M_{кр} = 425,5 + 108,83 + 535,61 = 1069,9 \text{ кН} \cdot \text{мм} \qquad (2.21)$$

Визначаємо коефіцієнт корисної дії робочої кліті правильної машини (без обліку втрат у приводі) по формулі [14]:

$$\eta = \frac{M_{деф}}{M_{деф} + M_{тр}} = \frac{425,5}{1069,9} = 0,398, \qquad (2.22)$$

Тобто втрати на тертя становлять близько 60% і тільки 40% витрачається на властиво виправлення штаби.

Визначаємо потужність виправлення (обертання всіх роликів). Для штаби h=2,5 мм, швидкість виправлення V=1 м/сек, кутова швидкість роликів

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{1}{0,049} = 20,4 \text{ рад/сек}; \qquad (2.23)$$

$$N_{пр} = M\omega = 1,0699 \cdot 20,4 = 21,83 \frac{кН \cdot м}{сек} = 21,83 \text{ кВт}; \qquad (2.24)$$

Для привода роликів правильної машини встановлена роздавальна двухпототокова шестерінна кліть (i=1) і двухступінчатий редуктор. Приймаємо $\eta = 0,94$ й $\eta_р = 0,96$; $\eta = 0,94 \cdot 0,96 = 0,9$.

Тоді потужність електродвигуна складе [15]:

$$N_{дв} = \frac{N_{пр}}{\eta} = \frac{21,83}{0,9} = 24 \text{ кВт} \qquad (2.25)$$

Згідно отриманих значень вибираємо двигун типу 4А180М4У3, номінальною потужністю Р=30 кВт, номінальна частота обертів n=1470 хв$^{-1}$, мережа напругою U=380 В [16].

2.3 Вибір муфти

Муфти служать для поздовжнього з'єднання двох деталей машин, зв'язаних загальним обертовим рухом. Крім того муфти використовуються як попереджувальні засоби, для уникнення перевантажень.

Для з'єднання тихохідного вала редуктора й вала шестеренної кліті, в якості модернізації, використовуємо муфту МПВП (втулково-пальцева з гумовими втулками).

Вихідними даними для розрахунку є передавана потужність $P_д$=24 кВт; номінальна частота обертів n=1470 хв$^{-1}$, та номінальний момент електродвигуна $T_н$=197 Нм; матеріал пальців – ст 45; допустиме напруження $[\sigma_F]$=90 МПа.

Визначимо номінальний момент, що має передаватися муфтою:

$$T = T_н \cdot U_р \cdot \eta_р; \qquad (2.27)$$

де $T_Н$ – номінальний момент на валу двигуна;

$U_Р$ – передаточне число редуктора, $U_Р$ =2,8;

η – ККД редуктора, η =0,96;

Підставивши числові значення у вираження (2.27) одержимо:

$$T=5730\cdot2,8\cdot0,96=530Нм.$$

Розрахунковий момент:

$$T_Р = T_М = K_1 \cdot K_2 \cdot T; \qquad (2.28)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності й механізму,

K_2 – коефіцієнт, що враховує режим роботи;

Приймаємо K_1=1,3 , K_2 =1,1

Підставивши числові значення у вираження (2.57) і одержимо:

$$T_Р=T_М=1,3\cdot1,1\cdot530=757,9Нм.$$

З огляду на можливі перевантаження та зміну асортименту обираємо по довіднику муфту пружну втулково пальцеву типу МПВП–10 (рис. 2.2), що може передавати найбільший момент $T_{р\ мах}$=2000 Нм; $n_{мах}$=1900 об/хв; діаметр валів d=95 мм. Параметри муфти: z=10 – число пальців; $d_п$=16 мм – діаметр пальців [17].

Зусилля, що діэ по колу радіусом R=200 мм:

$$F=\frac{T_р}{R};\qquad(2.29)$$

Підставивши числові значення у вираження (2.29) одержимо:

$$F=\frac{2000}{0,2}=10\ кН$$

Напруження вигину пальців при навантажені муфти моментом $T_р$:

$$\sigma_F=\frac{F\cdot l_2}{2\cdot z\cdot W}<[\sigma_F]\qquad(2.30)$$

де W – момент опору вигину для перетину пальця:

$$W=0,1\cdot d_п^3, мм^3\qquad(2.31)$$

$$W=0,1\cdot16^3=409,6\ мм^3$$

Тоді

$$\sigma_F = \frac{110100 \cdot 55}{2 \cdot 10 \cdot 409{,}6} = 33 \text{ МПа} < [\sigma_F] = 90 \text{ МПа}$$

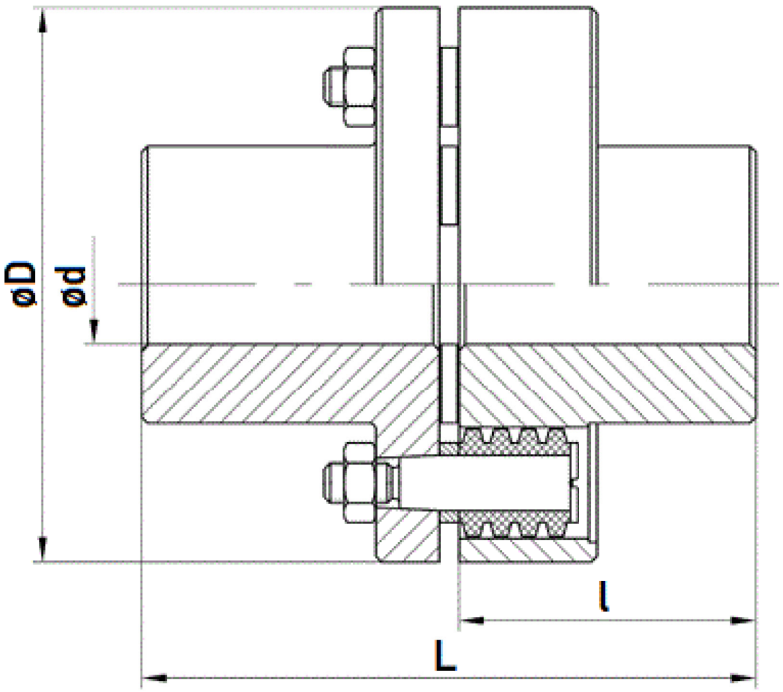


Рисунок 2.2 – Конструкція пружної втулково-пальцевої муфти типу МПВП-10 [17]

Тиск між пальцями й пружними гумовими втулками:

$$q = \frac{T_p}{z \cdot R \cdot l_5 \cdot d_п}, \text{ МПа,} \qquad (2.32)$$

$$q = \frac{2000 \cdot 10^3}{10 \cdot 200 \cdot 63 \cdot 16} = 0{,}99 \text{ МПа} < [q] = 3 \text{ МПа}$$

Умова виконується, що вказує на те, що муфту обрано відповідно до вимог технологічного процесу.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Послідовність монтажних робіт приводної частини правильної машини

Привод роликів одинадцятироликової правильної машини реалізовано за допомогою роздавальної двопотокової шестеренної кліті та редуктора, який через муфтові з'єднання передає крутний момент від електродвигуна.

Ремонт привідної частини правильної машини поділяється на два взаємопов'язані етапи. Перший етап передбачає безпосередню заміну передавальних вузлів – шестеренної кліті та редуктора. У випадках, коли ці елементи вичерпали свій нормативний ресурс або зазнали аварійного пошкодження, їх демонтують і замінюють на заздалегідь відновлені та підготовлені до експлуатації агрегати. За необхідності одночасно здійснюється і заміна електродвигуна.

Другий етап полягає у відновленні демонтованих передавальних механізмів. Такі роботи виконуються в умовах ремонтного цеху і включають діагностику, ремонт або повну заміну зношених і пошкоджених деталей із подальшим відновленням працездатності вузлів.

Періодичність заміни передавальних механізмів визначається, головним чином, технічним станом зубчастих передач, від якого залежить ресурс роботи редуктора. Значно рідше причиною заміни стають раптові відмови або аварійні поломки [18].

Відповідно до вимог технічної експлуатації, огляд і ремонт привода правильної машини мають проводитися щонайменше один раз на місяць. Окрім того, втручання необхідне у разі заміни правильних роликів, ослаблення їх посадки на валах редуктора або виявлення поперечних тріщин у валах [19].

Характерною особливістю виконання робіт із заміни шестеренної кліті та редуктора є підвищені вимоги до організації процесу. Вони включають ретельну підготовку інструменту й допоміжних пристроїв, а також обережне та точне

виконання операцій під час викочування і встановлення механізмів, їх транспортування та передачі в ремонт. Недотримання цих вимог може призвести до пошкодження фундаменту привода машини, що суттєво ускладнить подальші відновлювальні роботи. Саме тому керування лебідкою під час виконання таких операцій повинно доручатися лише кваліфікованому та належним чином проінструктованому персоналу. Підготовчі роботи перед початком демонтажу наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Підготовчі роботи до заміни передавальних механізмів одинидцятироликової правильної машини

Заходи	Виконавець
Зупинка листоправильної машини	ЦХП
Від'єднання електропроводки	ЦХП
Установка електрозварювального апарата	ЦХП
Підключення й відключення електрозварювального апарата	ЦХП
Перевірка масла в гідросистемі	ЦХП
Перевірка роботи мостових кранів	ЦХП
Організувати присутність електрика й слюсара по кранам на період підйому й опускання передаточних механізмів	ЦХП
Підготовка пристосувань і оснащення	ЦРВО
Від'єднання мастилопроводів від редуктора	ЦХП
Розболтити редуктор з рами	ЦХП
Роз'єднати редуктор та електродвигун	ЦХП

Демонтаж редуктора з електровізка типу ЕК-2, а також його повторне встановлення після заміни на приводі правильної машини, виконуються із застосуванням електромостового крана відповідно до чинних вимог техніки безпеки. Монтаж і демонтаж електродвигуна, з’єднувальних муфт та інших

допоміжних елементів здійснюються за допомогою електротельферів вантажопідйомністю до 3 т із суворим дотриманням регламентованих інструкцій.

Операції підйому, переміщення та укладання вантажів проводяться згідно з технологічними інструкціями, схемами вантажопотоків і стропування. При цьому машиніст крана діє відповідно до власних посадових інструкцій. Стропування і подача сигналів покладаються на підкранового працівника – найбільш кваліфікованого слюсаря, який має посвідчення стропальника. Він займає безпечну позицію, що забезпечує одночасний візуальний контроль як за крановим машиністом, так і за вантажем. Інші працівники, які також мають відповідну кваліфікацію, виконують допоміжні операції під його керівництвом, дотримуючись правил безпечної роботи в зоні дії крана.

Електротранспорт для подальшого переміщення редуктора розміщується безпосередньо на проїзній частині, а транспортування здійснюється на відстань, як правило, не більше 10÷15 м від місця виконання робіт.

Перед початком заміни редуктора всі учасники процесу, включаючи машиніста крана та ремонтний персонал, повинні бути ознайомлені з діючою технологічною картою виконання робіт.

Типова послідовність операцій заміни редуктора включає такі етапи. Спочатку послаблюють кріплення підбуксових планок, підводять під них спеціальні підставки, після чого демонтують болти, залишаючи планки на опорах із зазором не менше 50 мм між буксою та виступаючою частиною планки. Далі букси осей фіксують до кришок редуктора за допомогою дроту, запобігаючи їх провертанню. Після цього виконують підготовку муфтового з’єднання для демонтажу електродвигуна.

Наступним кроком є від’єднання розпірних тяг від букс редуктора; при цьому болти тимчасово встановлюють на місце. Редуктор стропують за монтажні гаки із застосуванням стропа вантажопідйомністю 1 т довжиною 3–4 м, пропускаючи канат через гаки та фіксуючи петлі на гаку тельфера. Після цього агрегат піднімають і переміщують на електрокар ЕК-2 для транспортування в

механічний цех. Після завершення операції строп повністю знімають.

Встановлення відремонтованого редуктора виконується у зворотній послідовності: його стропують, піднімають з електрокара та монтують на раму привода, точно виставляючи на комплект підкладок. Тим самим стропом здійснюється монтаж електродвигуна. Після встановлення двигуна його з'єднують з редуктором через муфту, після чого монтують і закріплюють гальмівний механізм, залишаючи його в розгальмованому стані.

На завершальному етапі видаляють дріт, яким фіксувалися букси, а також прибирають використаний інструмент і оснащення, приводячи робоче місце у безпечний стан.

3.2 Розробка фундаменту одинадцятироликової правильної машини та методу її закріплення на фундаменті

У випадку монтажу технологічного обладнання фундаменти виконують не тільки суто опорну функцію, а представляють собою ключовий елемент, що забезпечує стабільність і надійність роботи всієї машини [20]. Їх основне призначення полягає в сприйнятті та передачі навантажень від обладнання на ґрунт із допустимими деформаціями. Вони повинні витримувати як статичні (власна маса агрегату), так і динамічні навантаження (вібрації, удари, змінні сили), характерні для металургійних машин, наприклад прокатних станів або правильно-роликових агрегатів [21].

Крім того, фундамент забезпечує:

- точне просторове положення обладнання;
- зменшення вібрацій і коливань;
- рівномірний розподіл навантаження на основу;
- довговічність і безпечну експлуатацію агрегату.

Особливо важливо це для обладнання з великими динамічними навантаженнями, де неправильний фундамент може призвести до

розбалансування, прискореного зносу або навіть аварій.

Тип фундаменту обирається залежно від маси обладнання, характеру навантажень та властивостей ґрунту [22].

Масивні (суцільні) фундаменти – це найбільш поширений варіант для важкого обладнання. Виконуються у вигляді монолітного бетонного або залізобетонного блоку. Застосовуються для:

- прокатних станів;
- редукторів великої потужності;
- ковальсько-пресового обладнання.

Відзначаються високою жорсткістю та здатністю гасити вібрації.

Рамні фундаменти мають вигляд просторової рами з балок і колон. Використовуються там, де потрібно зменшити масу конструкції або забезпечити доступ до обладнання знизу.

Плитні фундаменти представляють собою суцільну залізобетонну плиту. Використовуються при слабких ґрунтах для рівномірного розподілу навантаження.

Пальові фундаменти застосовуються у випадках слабких або нестійких ґрунтів. Навантаження передається на більш глибокі, міцні шари через палі.

Вібропоглинаючі (ізольовані) фундаменти Оснащуються спеціальними демпфуючими елементами (гумові прокладки, пружини). Використовуються для обладнання з високими динамічними навантаженнями.

Важливим фактором для забезпечення точної та безпечної роботи технологічного обладнання є надійне його закріплення на фундаменті після виконання монтажних робіт. Розрізняють наступні види кріплення технологічного обладнання до фундаментів [23]:

1. Анкерне кріплення – найбільш поширений спосіб, при якому використовуються анкерні болти, які закладаються в фундамент під час бетонування або встановлюються пізніше.

Найбільш розповсюджені способи створення анкерного закріплення:

- закладні анкери (встановлюються до бетонування);

- знімні (знімно-закладні);
- хімічні анкери (на основі спеціальних смол).

2. Кріплення через фундаментні плити (станини). Обладнання встановлюється на металеві плити або рами, які вже закріплені до фундаменту анкерними болтами. Це спрощує монтаж і демонтаж.

3. Підливка (гравітаційне закріплення). Після встановлення і вивірки обладнання зазор між основою машини та фундаментом заповнюється цементним розчином або спеціальними сумішами. Це забезпечує щільний контакт і рівномірний розподіл навантаження.

4. Кріплення з використанням клинів і регулювальних прокладок. Застосовується для точної установки обладнання по рівню. Після вирівнювання положення елементи фіксуються анкерними болтами і підливаються розчином.

5. Безанкерне кріплення (через силу тяжіння і тертя). Використовується для легкого або малонавантаженого обладнання, але в металургії застосовується рідко через високі навантаження.

Правильний вибір типу фундаменту та способу кріплення забезпечує точність роботи, знижує вібрації, підвищує ресурс машин і запобігає аваріям. У сучасних умовах особлива увага приділяється комбінованим рішенням, які поєднують жорсткість, надійність і віброзахист.

Згідно рекомендацій в технічній літературі [24, 25] для монтажу однієї тони технологічного обладнання на фундаментній основі варто обирати від трьох до п’яти кубічних метрів готового бетону. Таким чином, якщо за відлікову точку взяти вагу устаткування вузла робочої кліті правильної машини рівною $G_{об}$=5,6 т, тоді орієнтовний обсяг фундаменту складе $V_{Ф} = 4{,}5 \cdot 5{,}6 = 25{,}2\ м^3$. За умови, що щільність бетону складає $\gamma = 2{,}1\ т/м^3$ загальну масу фундаменту можна визначити як:

$$G_{ф} = V_{Ф.} \cdot \gamma = 25{,}2 \cdot 2{,}1 = 52{,}92 т = 52920\ кг \qquad (3.1)$$

Загальні габарити робочої кліті правильної машини в плані складають: a = 2650 мм, b = 2350 мм, тоді згідно розрахункової схеми (рис.3.1) розміри фундаменту складуть:

$$a' = a + 2n_1, \tag{3.2}$$

$$a'' = a' + 2n_2, \tag{3.3}$$

$$b' = b + 2n_1, \tag{3.4}$$

$$b'' = b' + 2n_2, \tag{3.5}$$

де n_1 = 500 мм – величина технологічного збільшення розміру фундаменту;

n_2 =600 мм – величина технологічногозбільшення розміру фундаменту;

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

Підставивши значення у вираження 3.2–3.5, одержимо:

$$a' = 2650 + 2 \cdot 500 = 3650 \text{ мм},$$

$$a'' = 3650 + 2 \cdot 600 = 4850 \text{ мм},$$

$$b' = 2350 + 2 \cdot 500 = 3350 \text{ мм},$$

$$b'' = 3350 + 2 \cdot 600 = 4550 \text{ мм}.$$

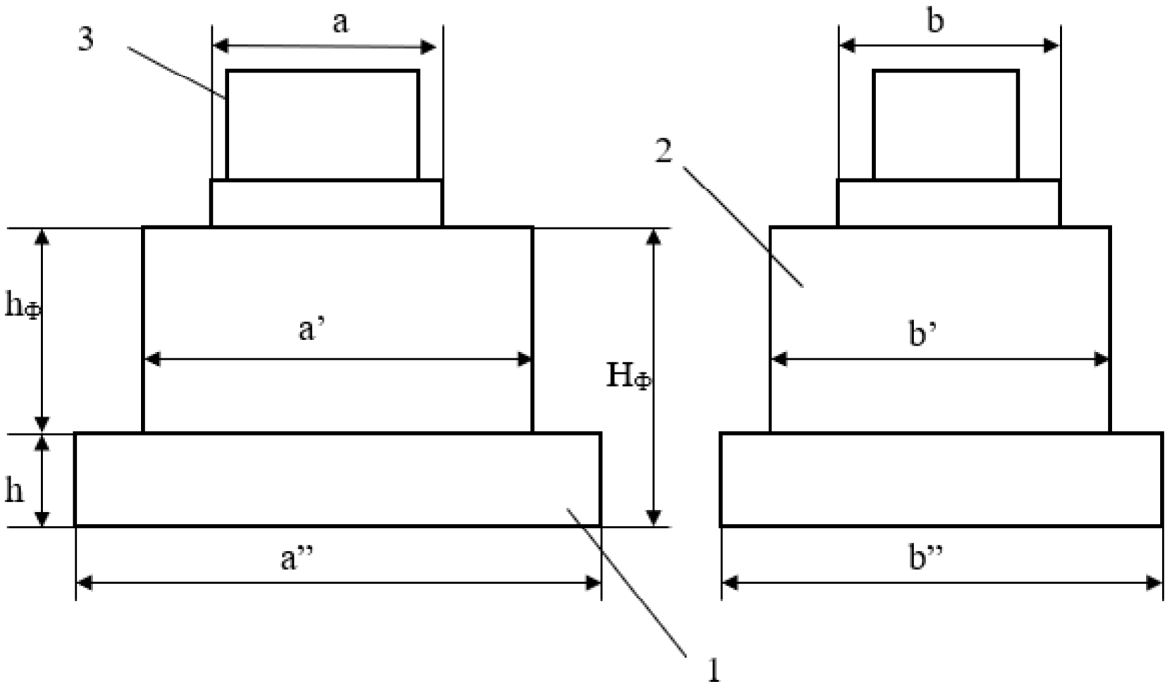


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку фундаменту робочої кліті правильної машини: 1 – підошва; 2 – властиво сам фундамент; 3 – устаткування робочої кліті правильної машини

Визначимо тиск на ґрунт, який створює устаткування [26]:

$$\rho = \frac{G_{об} + G_{ф}}{a''\cdot b''} \le [\rho], \qquad (3.6)$$

де $G_{об}$ =5600 кг – вага устаткування;

$G_{ф}$ =52920 кг – маса фундаменту визначена за значенням об’єму;

a'', b'' – розміри фундаменту, 485 см, 455 см відповідно;

[ρ]=2 кг/см^2 – тиск, що враховує специфіку ґрунтів Запорізької області [27].

Підставивши значення у вираз 3.6, одержимо:

$$\rho = \frac{5600 + 52920}{485 \cdot 455} = 0{,}26 \text{ кг/см}^2 < [\rho] = 2 \text{ кг/см}^2.$$

Висота фундаменту:

$$V_ф = a''\cdot b''\cdot H_ф \cdot \frac{1}{5} + a'\cdot b'\cdot H_ф \cdot \frac{4}{5}, \qquad (3.7)$$

де a', a", b', b" – розміри фундаменту в плані (рис. 3.1), м

$$V_ф = 4{,}85 \cdot 4{,}55 \cdot H_ф \cdot \frac{1}{5} + 3{,}65 \cdot 3{,}35 \cdot H_ф \cdot \frac{4}{5} = 14{,}2\,H_ф .$$

Таким чином при відомому об'ємі бетону, можна визначити загальну висоту фундаменту:

$$H_ф = \frac{25{,}2}{14{,}2} = 1{,}77 \text{ м}.$$

Приймаємо $H_Ф$=2 м

Висота підошви фундаменту:

$$h_п = \frac{1}{5} \cdot H_ф , \qquad (3.8)$$

$$h_п = \frac{2}{5} = 0{,}4 \text{ м},$$

Висота властиво фундаменту:

$$h_ф = H_ф - h_п , \qquad (3.9)$$

$$h_ф = 2 - 0{,}4 = 1{,}6 \text{ м}.$$

Виходячи з даного розрахунку, можна зробити висновок, що для встановлення фундаменту під обладнання буде потрібно 8,8 м^3 бетону марки Б-50 й 19,6 м^3 бетону марки Б-200, та враховуючи те, що фундамент під правильну машину має складний форму в перетині, то можливе змінення габаритів фундаменту стосовно розрахункових.

Розрахункову схему до вибору анкерних болтів наведено на рисунку 3.2.

Анкерні болти вибираються з умови:

$$К_у = \frac{М_{Відн}}{М_{Пер}} \geq 1{,}4, \qquad (3.10)$$

де $К_у$ – коефіцієнт стійкості, $К_у$=1,4;

$М_{Пер}$ – перекидаючий момент;

$М_{Відн}$ – момент, що відновлює.

тоді

$$М_{Відн} = 1{,}4 \cdot М_{Пер}$$

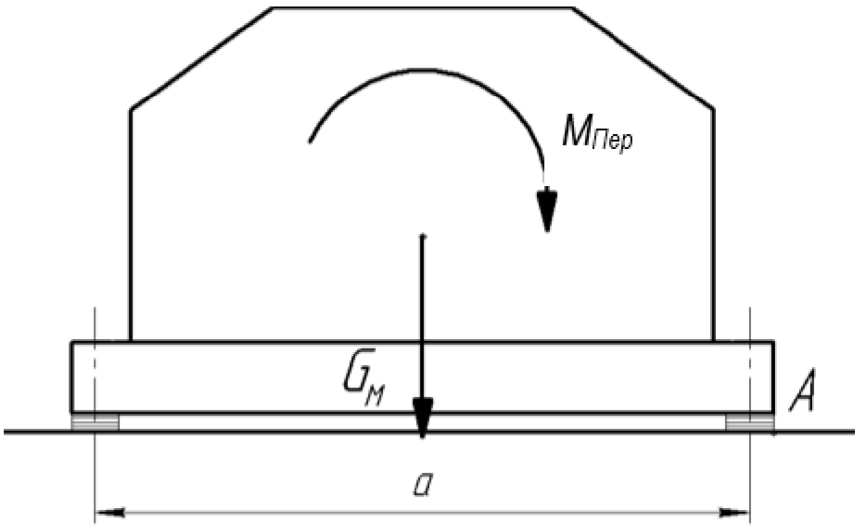


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку закріплення робочої кліті правильної машини анкерними болтами

$$M_{Відн} = (G_{ОБ}) \cdot 0{,}5 \cdot a_{Б} + Q_{Б} \cdot a_{Б} \cdot n_{РЯД}, \quad (3.11)$$

де $G_{об}$ – вага встановленого обладнання, $G_{об}$=5,6 т=55 кН;

a – відстань між анкерними болтами, a=1,6 м;

$Q_{б}$ – зусилля розтягання болта;

$n_{ряд}$ =2 – кількість кріпильних елементів з одного боку кліті.

$$M_{опр} = P_{пр} \cdot h, \quad (3.12)$$

де $P_{пр}$ – технологічне навантаження (зусилля правлення);

h – плечі прикладання технологічного навантаження.

$$Q_{Б} = \frac{1{,}4 \cdot P_{ПР} \cdot h - G_{ОБ} \cdot 0{,}5 \cdot a_{Б}}{a_{Б} \cdot n_{РЯД}}, \quad (3.13)$$

$$Q_{Б} = \frac{1{,}4 \cdot 120 \cdot 1{,}71 - 55 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}6}{1{,}6 \cdot 2} = 76\text{кН}.$$

Визначимо діаметри анкерних болтів з умови:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{Б}}{\pi \cdot [\sigma]}}, \quad (3.14)$$

де $Q_{Б}$ – зусилля затягування анкерного болта, $Q_{Б}$=76 кН;

[σ]=120 МПа – допустиме напруження на розтягнення болта.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 76000}{3{,}14 \cdot 120}} = 32{,}4 \text{ мм}.$$

Такому діаметру по внутрішнім западинам різьблення за найближчим типорозміром в бік збільшення відповідає болт М42.

Остаточно приймаємо анкерний болт М42 з параметрами: крок різблення t=1,5 мм; діаметр западин різблення d_1=40,160 мм; середній діаметр різблення d_2=41,026 мм.

3.3 Розрахунок змащення роздавальної двопотокової шестеренної кліті одинадцятироликової правильної машини

Основна функція змащування полягає у створенні між контактуючими поверхнями шару мастильного матеріалу, який зменшує безпосередній контакт металу з металом.

Передусім, змащування суттєво знижує тертя між рухомими деталями. Це дозволяє зменшити втрати енергії, підвищити коефіцієнт корисної дії механізмів і забезпечити плавність їх роботи. Одночасно з цим зменшується інтенсивність зношування поверхонь, що безпосередньо впливає на збільшення ресурсу вузлів і агрегатів.

Важливою функцією мастильних матеріалів є відведення тепла із зони контакту. Під час роботи механізмів, особливо в умовах високих навантажень (як у редукторах, вальницяхх, прокатному обладнанні), виділяється значна кількість тепла. Мастило сприяє його розсіюванню, запобігаючи перегріву та деформації деталей.

Крім того, змащування виконує захисну функцію. Мастильна плівка оберігає поверхні від корозії, окислення та впливу агресивних середовищ. Це особливо актуально для металургійного обладнання, яке працює в умовах підвищеної вологості, температури та запиленості.

Ще одним важливим аспектом є очищення поверхонь тертя. Потік мастила змиває частинки зносу, пил і інші забруднення, виносячи їх із зони контакту. Це запобігає абразивному зношуванню та підвищує надійність роботи механізмів.

Для забезпечення безперебійної роботи вузлів тертя як правило застосовують три види змащення:

– рідке (мінеральні масла);

– пластичне;

– сухе (покриття й спеціальні мастильні матеріали).

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

При проєктуванні централізованої системи рідкого змащення першорядне значення має правильне визначення основних параметрів, а саме кількості мастила для змащення, отже: продуктивність системи, перетин трубопроводів, потужність двигуна для насоса, площі фільтруючої поверхні фільтрів, ємності резервуарів, потужності нагрівача масла, необхідної поверхні охолодження маслоохолоджувача.

При роботі металургійного обладнання найважливішу роль грає своєчасне і якісне змащування частин, що труться. Розглянемо основні види мастил і їх роль при роботі обладнання. Для організації системи змащування технологічного обладнання в прокатному виробництві, як правило, використовуються індустріальні масла.

До індустріальних масел відносяться: І-5А, І-8А, І-12А, І-20Аа, І-30А, І-40А, І-50А, а також ІГП-18, ІГП-30, ІГП-38, ІТД-220 [28]. Індустріальні масла – нафтові масла, використовувані в промисловості і побуті для змащування механізмів (машин, приладів і т. п.). Для їхнього виробництва застосовують бакинські, ембенскі, східні і ін. види нафти. Також вони іноді містять як добавки рослинні масла, наприклад касторове, гірчичне, суріпне, а також противоокисні, загущуючі, антикорозійні і ін. присадки, поліпшуючі експлуатаційні властивості масел. Асортимент постійно змінюється і поповнюється новими марками,

зокрема велику роль починають грати синтетичні масла, наприклад силіконові, поліефірні, фторвуглецеві і тому подібне.

Призначення індустріальних масел – забезпечити зниження тертя і зносу деталей металоріжучих верстатів, пресів, прокатних станів і іншого промислового обладнання.

Одночасно індустріальні масла повинні:

– відводити тепло від вузлів тертя;
– захищати деталі від корозії;
– очищати поверхні тертя від забруднення;
– бути ущільнюючим засобом;
– не допускати утворення піни при контакті з повітрям;
– запобігати утворенню стійких емульсій з водою або бути здатними емульгувати;
– добре фільтруватися через елементи, що фільтрують;
– бути нетоксичними;
– не мати неприємного запаху.

Вихідні дані:

– потужність передана шестеренною кліттю N=288 кВт;
– крутний момент на тихохідному валу M_{max}=7861 Нм;
– число обертів вала n_1=178 $хв^{-1}$;
– передаточне число шестеренної кліті i=1.
– діаметр шестерні d_1=186 мм.

Визначимо лінійну швидкість шестерні:

$$V_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{60} = \frac{0{,}186 \cdot 3{,}14 \cdot 178}{60} = 1{,}73 \text{ м/с} \qquad (3.15)$$

Ширина зубів колеса (сумарна еквівалентна ширина зубців, виходячи с того, що в зачеплені 13 пар коліс, ширина колеса 200 мм):

$$B = 13 \cdot 200 = 2600\text{мм} = 260\text{см}.$$

Визначимо тиск на одиницю довжини зуба:

$$q = \frac{102N}{V \cdot B}, \tag{3.16}$$

де $N = 288$ кВт – передана потужність;

V – окружна швидкість, м/с;

B – ширина зубчастого колеса.

Таким чином:

$$q = \frac{102 \cdot 288}{1{,}73 \cdot 260} = 63{,}3\ \text{кН/м}$$

Для вибору мастильного матеріалу використовуємо формулу:

$$^{0}\text{ВУ}_{50} = \frac{q \cdot m}{20}, \tag{3.17}$$

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

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

$$^{0}\text{ВУ}^{1}_{50} = \frac{65{,}3 \cdot 1{,}6}{20} = 5{,}22.$$

$$\nu = {}^{0}\text{ВУ}^{1}_{50} \cdot 7{,}4 = 5{,}22 \cdot 7{,}54 = 40\ \text{мм}^2/\text{с}.$$

У результаті розрахунків вибираємо мастило ІГП-18 за DIN 51524-2 з параметрами [29]:

В'язкість кінематична при 40^0С	32 мм^2/с
Індекс в'язкості	95
Кислотне число, мг КОН / г	0.8
Температура спалаху у відкритому тиглі, ˚С	216
Температура застигання, ˚С	-15

Кількість тепла, що виділяється у вузлах тертя:

$$Q_1 = 860(1-\eta)N \cdot 4{,}1868\text{, кДж/год} \qquad (3.18)$$

де η=0,647 – ККД шестеренної кліті;

N=288 кВт – передаваєма потужність.

Підставивши значення у вираз 3.18, одержимо:

$$Q_1 = 860(1-0{,}647) \cdot 288 \cdot 4{,}1868 = 366000 \text{ кДж / год}$$

Кількість тепла, що може бути відведене від вузлів тертя в навколишній простір визначаємо за формулою:

$$Q_2 = k(t_м - t_в)A \qquad (3.19)$$

де $k = 35$ кДж/(м^2 · град · год) – коефіцієнт теплопередачі;

$t_м = 50$ ˚С – температура масла;

$t_в = 25$ ˚С – температура повітря навколишнього середовища;

$A = 7{,}35$ м^2 – площа поверхні теплообміну з навколишнім середовищем.

Підставивши значення у вираження 3.19, одержимо:

$$Q_2 = 35 \cdot (50 - 25) \cdot 7{,}35 = 6431 \text{ кДж/год}$$

Оскільки $Q_1 = 366000 \text{кДж/год} > Q_2 = 3431 \text{кДж/год}$, значить все тепло, яке утворюється в вузлах тертя не може бути відведено у навколишнє середовище шляхом теплопередачі, тому мастило необхідно подавати в зону контакту примусово. Використання циркуляційної системи змащення дозволить відвести надлишок тепла,

Визначимо продуктивність станції рідкого змащення з урахуванням теплообміну шестеренної кліті із зовнішнім середовищем, дм^3/год:

$$P = \frac{Q_1 - Q_2}{c \cdot \gamma \cdot \Delta t_м \cdot \xi} \qquad (3.20)$$

де $c = 2$ кДж/(кг · град) – питома теплоємність масла;

$\gamma = 0{,}92$ кг/дм^3 – щільність масла;

$\Delta t_м = 12\ ^\circ C$ – допустиме розрахункове підвищення температури мастила;

$\xi = 0{,}7$ – коефіцієнт враховуючий неповне використання масла для охолодження.

Підставивши значення у вираз 3.20, одержимо:

$$P = \frac{366000 - 6431}{2 \cdot 0{,}92 \cdot 12 \cdot 0{,}7} = 23264 \text{ дм}^3/\text{год} = 387 \text{ дм}^3/\text{хв}.$$

З огляду на можливу інтенсифікацію роботи устаткування, приймаємо шестеренний насос Г11-40А з продуктивністю 400 л/хв.

3.4 Вказівки по технічному догляду, обслуговуванню й змащенню

Керування листоправильною машиною має виконуватися з пульта керування оператором. Настроювання виконується вручну з боку обслуговування при непрацюючій установці.

При виправленні штаби необхідно робити настроювання на кожну задану товщину. Під час виправлення необхідно стежити за правильним завданням штаби, не допускаючи її перекосу й заклинювання.

У випадку, якщо заклинювання штаби відбудеться, необхідно швидко зупинити установку, підняти верхні ролики правильної машини, усунути неполадки й знову зробити настроювання роликів.

Потрібно регулярно робити перевірку стану поверхні тягнучих роликів правильної машини.

Необхідно періодично перевіряти кріплення деталей механізмів і вузлів, у міру необхідності робити підтяжку кріплення.

Періодично, не рідше двох разів у зміну перевіряти роботу підшипникових вузлів, температура яких не повинна перевищувати 50...60°С при температурі навколишнього середовища 20°С.

Необхідно стежити за подачею циркуляційного змащення до точок що змазуються.

Не допускати течі мастила на фундамент, тому що це приводить до його руйнування.

Не допускається виправлення штаби з параметрами, що виходять за зазначені в паспорті.

Не допускається заповнення мастилоуловлюючих канавок повстю або іншими ущільнюючими матеріалами, що приводить до підвищених витоків масла.

У перші два три місяці роботи установки варто робити виправлення мінімальних товщин по сортаменту, поступово збільшуючи товщину. Це необхідно для кращого накочення механізмів.

При перешліфовці діаметра роликів правильної машини варто вводити коректування в шкалу довжин.

Однією з головних умов тривалого терміну служби установки є своєчасне змащення. В установці застосована рідка циркуляційна, заливна, густа централізована й заставна змащення. Можливі несправності листоправильної машини й рекомендації з їхнього усунення наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Рекомендації з усунення можливих несправностей 11–ти роликової правильної машини

№	Місце й види несправності	Можливі причини несправності	Способи усуненія.
1	Неякісне виправлення	Не зроблене настроювання роликів правильної машини на задану товщину й характеристику матеріалу	Зробити настроювання машини
2	Нанесення дефектів на поверхню листа, наявність підгинань, подряпин, пошарувань	Налипання алюмінію на поверхню бочки валка або його зношування	Очистити поверхню роликів від налиплого алюмінію або зробити перевалку валків
		Відсутність синхронізації руху ножів і штаби в момент різання	Відрегулювати синхронізацію швидкості руху рами ножиців і штаби в момент різання
3	Нагрівання підшипникових вузлів	Відсутність змащення або перевантаження через неправильне настроювання на товщину	Перевірити наявність змащення в підшипниках. Зробити перенастроювання роликів правильної машини.
4	Відведення штаби убік	Не паралельність верхніх і нижніх роликів	Викликати завод–виготовлювач для усунення дефектів

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів дільниці агрегату поперечного різання при виправленні холоднокатаної штаби цеху холодної прокатки

Виробнича дільниця, на якій встановлено агрегат поперечного різання, у складі цеху холодної прокатки характеризується наявністю комплексу технологічного обладнання (розмотувачі, правильні машини, ножиці поперечного різання, транспортувальні рольганги, укладальники), робота якого супроводжується впливом низки небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Їх системний аналіз є необхідною умовою забезпечення безпечних умов праці та зниження виробничого травматизму.

Основну небезпеку на дільниці становлять рухомі частини обладнання, які відносяться до небезпечних факторів механічного вливу. До них належать:

- обертові валки правильної машини;
- ножі поперечних ножиць;
- ролики рольгангів;
- приводи та передавальні механізми.

Існує ризик захоплення одягу або частин тіла працівника між рухомими елементами, що може створити передумови отримання травм різного характеру важкості. Особливо небезпечними є зони різання, де відбувається миттєве прикладання значних зусиль. Також небезпеку становить можливість відскоку або неконтрольованого переміщення штаби при її подачі чи різанні.

Холоднокатана штаба має гострі крайки та може мати внутрішні напруження. Це створює такі ризики:

- порізи рук і відкритих ділянок тіла;
- раптове розпрямлення або скручування металу при різанні;
- падіння листів або пачок металу під час укладання.

Особливо небезпечними є операції транспортування та штабелювання, де

можливе зміщення або обвалення металопродукції.

До шкідливих факторів фізичної групи належать:

- Підвищений рівень шуму. Робота ножиць, редукторів, електродвигунів і рольгангів супроводжується значним шумовим навантаженням, що може призводити до зниження слуху та підвищеної втомлюваності персоналу.
- Вібрація. Передається через обладнання та підлогу, негативно впливає на опорно-руховий апарат і нервову систему працівників.
- Пил та аерозолі. Утворюються внаслідок зносу металу, окалини та мастильних матеріалів.
- Недостатня або нерівномірна освітленість. Ускладнює візуальний контроль якості різання та підвищує ризик травматизму.

Особливо небезпечними є зони обслуговування електрошаф та приводів. Обладнання агрегату працює від електроприводів, що створює ризик ураження електричним струмом у випадках:

- пошкодження ізоляції кабелів;
- порушення правил експлуатації електрообладнання;
- відсутності або несправності заземлення.

На дільниці використовуються мастильні матеріали та гідравлічні рідини, які з огляду на природу їхнього походження, можуть бути джерелом займання. До факторів ризику належать:

- витоки мастил;
- перегрів обладнання;
- іскроутворення при механічних пошкодженнях або коротких замиканнях.

Робота оператора агрегату пов’язана з:

- необхідністю постійного контролю технологічного процесу;
- високою відповідальністю за безпечність роботи обладнання;
- монотонністю операцій при тривалій зміні.

Це може призводити до перевтоми, зниження концентрації уваги та

підвищення ймовірності помилок.

У виробничих приміщеннях можливі відхилення параметрів мікроклімату, такі як знижена або підвищена температура повітря, підвищена вологість, протяги.

Ці фактори впливають на самопочуття працівників та їх працездатність. В таблиці 4.1 приведена оцінка виробничих факторів працівників дільниці.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого й трудового процесу на дільниці агрегату поперечного різання.

Фактори	Нормативне значення, ГДК, ГДУ	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактору % у зміну
			1 ступ.	2 ступ	3 ступ.	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3						
1 клас небезпеки						
Ангідрид хромовий	0,01	0,014	1,4			83,1
2 клас небезпеки						
Марганцю оксиди (дезінтегр)	0,3	0,56	1,87			83,1
3-4 клас небезпеки						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,5			83,1
Азоту діоксид	2,0	4,0	2			83,1
Ангідрид сірчистий	10,0	13,5	1,35			83,1
II. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	4	11,3			7,3	83,1
III. Шум, дБ	80	94			14	100
IV. Мікроклімат у приміщенні (теплий період року)						
- температура повітря, °С	27	38			11	92,5
V. Робоча поза						
Важкість праці		IIa		серед.		
Напруженість праці				помір.		
Кількість факторів			5	1	3	

Дільниця агрегату поперечного різання при виправленні холоднокатаної штаби характеризується комплексною дією механічних, фізичних, електричних та організаційних небезпечних і шкідливих факторів. Найбільшу загрозу становлять рухомі частини обладнання, зона різання та операції з транспортування металу. Для забезпечення безпечних умов праці необхідне впровадження технічних засобів захисту, удосконалення організації робочих місць, в комбінації використання засобів індивідуального захисту та посиленного контролю роботоздатного стану обладнання.

Гігієнічна оцінка умов праці, виконана відповідно до технологічної карти аналізу впливу виробничих факторів (табл. 4.2), свідчить про те, що умови та характер праці на даному робочому місці належать до III класу 2 ступеня шкідливості. Це означає, що при виконанні своїх безпосередніх виробничих обов’язків працівник піддається впливу факторів, рівні яких перевищують гігієнічні нормативи та можуть спричиняти стійкі функціональні зміни в організмі, підвищувати ризик розвитку професійних захворювань, а також негативно впливати на загальний стан здоров’я при тривалій дії.

Оцінка технічної організації робочого місця показує, що воно загалом відповідає вимогам чинного технологічного регламенту та проєкту організації праці. Обладнання, інструмент та засоби механізації знаходяться у працездатному стані, технологічні процеси виконуються відповідно до встановлених норм, а організація робочого простору забезпечує можливість виконання виробничих завдань у заданому режимі. Водночас наявність шкідливих виробничих факторів свідчить про необхідність подальшого вдосконалення умов праці направленого на мінімізацію їхнього впливу на здоров’я робітників.

Згідно з результатами атестації робочого місця (табл. 4.1), встановлено наявність комплексу виробничих факторів різного ступеня шкідливості [30]: п’ять факторів віднесено до 1 ступеня, один фактор – до 2 ступеня та три фактори – до 3 ступеня. Така структура свідчить про багатофакторний характер

негативного впливу виробничого середовища на працівника, що посилює загальний рівень професійного ризику.

На підставі отриманих даних робоче місце класифікується як таке, що характеризується шкідливими та важкими умовами праці. Воно підпадає під дію Списку №2 (пункт 2) – виробництво, роботи, професії, посади і показники, що дають право на пільгове пенсійне забезпечення. У зв'язку з цим працівник (прокатчик) має право на оформлення пенсії за віком на пільгових умовах.

Крім того, законодавством передбачено низку компенсацій та пільг за роботу в таких умовах. Зокрема, працівникові надається додаткова щорічна відпустка тривалістю 7 календарних днів, встановлюється підвищена оплата праці у вигляді надбавки до 24% тарифної ставки, а також забезпечується видача молока (безкоштовна) або рівноцінних харчових продуктів у обсязі 0,5 літра за зміну як засіб профілактики шкідливого впливу виробничих факторів.

Таким чином, проведена оцінка підтверджує необхідність системного підходу до покращення умов праці, включаючи технічні, санітарно-гігієнічні та організаційні заходи, спрямовані на зниження рівня шкідливих факторів і підвищення безпеки працівників.

4.2 Розробка заходів зменшення шумового навантаження на опереатора ділянки поперечного різання штаби

Умови роботи в прокатному виробництві характеризуються підвищеним рівнем шуму, який формується внаслідок роботи електроприводів, редукторів, роликів, деформації металу та ударних навантажень. Тривалий вплив такого шуму може призводити до розвитку професійних захворювань [31], зокрема приглухуватості, порушень нервової системи, підвищеної втомлюваності та зниження концентрації уваги [32, 33]. У цеху холодної прокатки металургійного комбінату виникають шуми різних рівнів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Рівень шуму в цеху

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

Використання звукоізольованих кабін дозволяє суттєво зменшити рівень звукового тиску, що безпосередньо діє на оператора. Завдяки використанню спеціальних звукопоглинальних матеріалів і герметичних конструкцій рівень шуму всередині кабіни може бути знижений до нормативних значень або наближений до них. Це створює більш комфортні та безпечні умови праці, зменшує психофізіологічне навантаження на працівника та сприяє підтриманню його працездатності протягом усієї зміни [34].

Крім того, зниження шумового впливу позитивно позначається на якості виконання виробничих операцій. Оператор, який працює в умовах зниженого шуму, краще сприймає інформацію, швидше реагує на зміну технологічних параметрів і аварійні сигнали, що підвищує загальний рівень безпеки виробництва. Це особливо важливо для процесів прокатки та правки металу, де точність і своєчасність керуючих дій мають вирішальне значення.

Звукоізольовані кабіни також виконують функцію комплексного захисту, оскільки, окрім шуму, вони можуть частково знижувати вплив пилу, температурних коливань та інших шкідливих виробничих факторів. Оснащення кабін системами вентиляції, кондиціонування та віброізоляції додатково покращує мікроклімат і зменшує загальне навантаження на організм працівника.

Отже, впровадження звукоізольованих кабін керування є важливим елементом підвищення рівня охорони праці в прокатному виробництві. Воно не лише знижує ризик розвитку професійних захворювань, але й сприяє

підвищенню продуктивності праці, якості продукції та загальної безпеки технологічного процесу.

Виконаємо розрахунок засобів підвищення звукоізоляції кабіни опереатора за наступними вихіднимм даними:

- октавний рівень звукової потужності на робочому місці $L_ш = 94$ дБА;
- припустимий рівень звукової потужності у кабінах $L_{доп} = 75$ дБА;
- площа передньої стінки кабіни $S_{общ} = 9$ м^2;
- кількість вікон $n = 3$ шт;
- площа одного вікна $S_i = 1$ м^2.

Необхідне зниження шуму визначаємо по формулі:

$$R_{каб\,тр} = L_{щ} - L_{доп} = 94 - 75 = 19 \text{ дБА}, \qquad (4.1)$$

Шумоізоляцію визначаємо по формулі:

$$R_{тр} = L_{ш} - 10 \cdot \lg B \cdot к + 10 \cdot \lg \rho_i - L_{доп} + 10 \cdot \lg n \ , \qquad (4.2)$$

де $B_к$ – постійне приміщення кабіни, м^2;

ρ_i – площа і-того елемента кабіни, м^2;

n – кількість однакових елементів.

$$B_к = S_{общ} \cdot \frac{\alpha}{\alpha - 1} = 9 \cdot \frac{0{,}1}{1 - 0{,}1} = 1 \text{ м}^2 ;$$

де $\alpha = 0{,}1$ – коефіцієнт звукопоглинання поверхні, що огороджує, приміщення.

Підставляючи в (4.2) одержимо:

$$R_{тр} = 94 - 10 \cdot \lg 1 + 10 \cdot \lg 1 - 75 + 10 \cdot \lg 3 = 25 \text{ дБА} .$$

Знаходимо необхідну середню звукоізоляцію:

$$R_{ср} = 10 \cdot \lg\left(\frac{S_{общ}}{\sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0,1 \cdot R_i}}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{9}{3 \cdot 10^{-0,1 \cdot 16}}\right) = 16 \text{ дБА}, \quad (4.3)$$

Звукоізоляція кожного з елементів:

$$R_{тр\,i} = R_{ср} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_i}{S_{об}}\right) + 10 \cdot \lg n = 16 + 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{9}\right) + 10 \cdot \lg 3 = 11,2 \text{ дБА}.$$

Таким чином буде доцільно застосувати тришарову віконну конструкцію, з силікатним склом товщиною 3 мм.

Перевірочний розрахунки очікуваного зниження шуму кабіною $R_{каб}$:

$$R_{каб} = R_с + 2 \cdot 10 \cdot \lg B_к - 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^{n} I_i = 16 + 3 \cdot 10 \cdot \lg 3 - 10 \cdot \lg 1 = 30,3 \text{ дБА},$$

що більше необхідного зниження (21 дБА), отже обрана конструкція відповідає поставленим вимогам, щодо зниження шумового навантаження на оператора.

4.3 Забезпечення техногенної безпеки на дільниці агрегату поперечного різання штаби

4.3.1 Заходи з протипожежної безпеки

Умови роботи прокатного цеху, і зокрема дільниці агрегату поперечного різання штаби характеризуються наявністю нагрітого металу, а також використанням мастильних матеріалів у процесі промаслювання листа. Це визначає підвищені вимоги до організації протипожежного захисту. Відповідно

до чинних норм пожежної безпеки [35], дана дільниця належить до категорії Г за пожежонебезпекою, що включає виробництва, де застосовуються негорючі матеріали у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, а також горючі речовини, які використовуються як паливо або підлягають утилізації шляхом спалювання.

Будівля цеху, в якому розміщений агрегат поперечного різання, відноситься до III ступеня вогнестійкості. Це означає, що основні несучі та огороджувальні конструкції виконані з негорючих матеріалів, таких як бетон, залізобетон, а також природні або штучні кам'яні матеріали із застосуванням негорючих листових і плитних елементів. Така конструктивна схема забезпечує достатній рівень стійкості будівлі до впливу високих температур і поширення пожежі, однак не виключає необхідності впровадження ефективних організаційних і технічних заходів пожежної безпеки.

До комплексу первинних засобів пожежогасіння, що використовуються на підприємстві, входять різні типи вогнегасників, а також пожежний інвентар. Зокрема, на дільниці передбачено застосування покривал із негорючого теплоізоляційного матеріалу для локалізації осередків займання, ящиків із піском для засипання горючих рідин, бочок із водою, пожежних відер та совкових лопат. Додатково використовуються допоміжні інструменти – багри, ломи, сокири, які дозволяють оперативно розбирати конструкції або усувати перешкоди під час ліквідації пожежі [36].

Цех обладнаний внутрішнім протипожежним водопроводом, що включає пожежні крани з рукавами та стволами. Це забезпечує можливість швидкого подавання води безпосередньо до осередку займання, що є особливо важливим при загораннях, пов'язаних із технологічним обладнанням або залишками мастильних матеріалів.

Для ліквідації пожеж на дільниці використовуються різні типи вогнегасників залежно від характеру можливого займання. Пінні вогнегасники типу ВП-5 ефективні при гасінні горючих рідин, зокрема мастил, які застосовуються в процесі обробки металу. Водночас вуглекислотні вогнегасники

типів ВВ-2, ВВ-5 та ВВ-8 доцільно використовувати для гасіння електрообладнання, що перебуває під напругою, а також при локальних загораннях без пошкодження чутливих елементів обладнання. Крім того, на дільниці застосовуються пересувні пінні вогнегасники (одно- та двобалонні типи ВП-1 і ВП-2), які дозволяють ефективно ліквідовувати пожежі на більшій площі.

Важливим елементом протипожежного захисту є також організаційні заходи: регулярний контроль технічного стану обладнання, своєчасне очищення робочих зон від залишків мастил і відходів, дотримання правил експлуатації нагрітого металу, а також проведення інструктажів і навчання персоналу діям у разі виникнення пожежі. Сукупність зазначених заходів дозволяє суттєво знизити ризик виникнення пожежонебезпечних ситуацій і забезпечити безпечні умови праці на дільниці.

4.3.2 Організація умов з безпечного виконання ремонтних робіт

Організація безпечного виконання ремонтних робіт на дільниці агрегату поперечного різання штаби передбачає комплексне впровадження технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних заходів, які спрямовані на мінімізацію впливу шкідливих і небезпечних факторів виробництва. До таких факторів належать підвищені температури, наявність відкритих нагрітих поверхонь, іскри, окалина, пил, мастильні матеріали, а також ризик механічних травм під час розбирання та монтажу обладнання.

Одним із ключових напрямів забезпечення безпеки є обов’язкове використання засобів індивідуального захисту. Працівники, які виконують ремонтні роботи, повинні бути забезпечені спеціальним одягом, взуттям, засобами захисту рук, голови, органів зору та дихання відповідно до характеру виконуваних робіт [37].

Для захисту від впливу високих температур, відкритого полум’я, іскор, що утворюються під час різання або шліфування металу, а також від окалини й бризок розплавленого металу застосовується спеціальний одяг, виготовлений із

вогнестійких матеріалів, зокрема сукна. Такий одяг має підвищену термостійкість, не підтримує горіння та забезпечує надійний бар'єр між шкірою працівника і джерелами теплового впливу.

Захист органів дихання здійснюється за допомогою респіраторів, зокрема типу «Тополь», які ефективно затримують пилові частинки, аерозолі та інші шкідливі домішки, що можуть утворюватися під час виконання ремонтних операцій. Їх використання є особливо важливим у замкнених або недостатньо вентильованих зонах.

Спеціальне взуття відіграє важливу роль у попередженні травматизму. Воно повинно мати підсилену підошву та захисний підносок, для забезпечення захисту від падіння важких предметів, механічних пошкоджень, впливу високих температур, а також від вологи, пилу та агресивних речовин. Крім того, антиковзкі властивості підошви знижують ризик падіння на забруднених або змащених поверхнях.

Для захисту рук під час виконання ремонтних робіт застосовуються сукняні та брезентові рукавиці, які запобігають порізам, опікам і стиранню шкіри. Вони також зменшують вплив вібрації та контакту з гарячими або шорсткими поверхнями.

З метою захисту органів зору та шкіри обличчя використовуються наголовні та універсальні захисні щитки. Вони ефективно оберігають очі від іскор, пилу, окалини та дрібних частинок металу, а також захищають обличчя від теплового випромінювання і можливих механічних ушкоджень.

Одним з основних елементів безпечної організації ремонтних робіт є суворе дотримання працівниками вимог інструкцій з охорони праці. Кожен працівник повинен пройти відповідний інструктаж, знати потенційні небезпеки та володіти навичками безпечного виконання робіт, а також діями у разі виникнення аварійних ситуацій.

Усі механізми та агрегати, що підлягають ремонту, повинні бути обладнані системами звукової або світлової сигналізації, які попереджають про їх запуск або зміну режиму роботи. Перед початком ремонтних робіт необхідно

виконувати заходи з безпечного відключення обладнання (блокування, вивішування попереджувальних плакатів, відключення від джерел енергії).

На входах до виробничих приміщень і безпосередньо на робочих місцях розміщуються попереджувальні, заборонні та приписувальні знаки безпеки, які інформують про наявні ризики та регламентують поведінку персоналу. Усі електроустановки повинні бути надійно закриті, заземлені та мати чітке маркування, що містить інформацію про напругу, небезпеку ураження електричним струмом та порядок дій у разі аварії.

Додатково доцільно передбачити організацію безпечних проходів і робочих зон, регулярне прибирання місць виконання робіт від мастил і відходів, контроль справності інструменту та підйомно-транспортних засобів. Комплексне виконання зазначених заходів забезпечує належний рівень безпеки праці під час проведення ремонтних робіт і значно знижує ймовірність виникнення травм та аварійних ситуацій.

4.3.3 Ймовірність виникнення аварійних ситуацій та заходи щодо їхнього запобігання

Оперативна частина ПЛА (плану ліквідації аварій) і ПЛАС (плану ліквідації аварій) формується з урахуванням не лише типових аварій, але й потенційних порушень штатних режимів функціонування обладнання та інженерних систем [38]. До таких порушень відносяться перебої або повне відключення електропостачання, зупинка вентиляційних систем, відсутність освітлення, припинення подачі технологічних середовищ (сировини, газу, води, пари), а також порушення параметрів технологічного процесу. Окрему увагу приділяють можливим відмовам пилоочисних і газоочисних установок, пошкодженням комунікацій, а також ризикам загоряння, що можуть виникати внаслідок витоків газу, іскроутворення або впливу вторинних проявів атмосферних розрядів (блискавки).

Залежно від масштабів і наслідків, аварії класифікуються за трьома

рівнями [39]. Аварії рівня А обмежуються межами окремої виробничої дільниці, відділення або цеху та не виходять за межі структурного підрозділу підприємства. Аварії рівня Б характеризуються поширенням небезпечних факторів за межі окремого підрозділу і охоплюють територію всього підприємства. Найбільш небезпечними є аварії рівня В, при яких наслідки виходять за межі підприємства, створюючи загрозу для населення прилеглих територій, інших виробничих об'єктів і навколишнього середовища.

Аналіз причин виникнення аварійних ситуацій свідчить, що вони можуть бути як технічного, так і організаційного характеру. До основних причин належать некоректне налаштування агрегатів і механізмів, порушення встановленої технології прокатки, транспортування та змотування штаби, незадовільний технічний стан електричного й механічного обладнання, а також недотримання правил його експлуатації. Важливим фактором ризику є людський чинник – недостатня кваліфікація персоналу, помилки в керуванні обладнанням, неуважність або ігнорування вимог інструкцій.

Найбільш частими відмовами на дільниці є вихід з ладу електричних приводів, редукторів, підшипникових вузлів, систем керування та автоматики. Водночас існує ймовірність виникнення аварій через зовнішні причини, що не залежать безпосередньо від дій персоналу, зокрема через перебої в енергопостачанні, порушення водопостачання або інші збої в роботі інфраструктурних систем підприємства.

Наслідки аварійних ситуацій можуть бути суттєвими як з виробничої, так і з безпекової точки зору. До них належать порушення виробничого процесу та зрив виконання планових завдань, підвищення ризику травмування персоналу, а також каскадні відмови обладнання, що призводять до додаткових матеріальних втрат і ускладнюють відновлення нормальної роботи дільниці.

З метою зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій необхідно реалізовувати комплекс превентивних заходів. Насамперед це суворе дотримання технологічних регламентів і параметрів виробничого процесу, що забезпечує стабільну роботу обладнання. Важливе значення має організація

систематичного технічного обслуговування, проведення планово-попереджувальних ремонтів і своєчасна діагностика стану вузлів і агрегатів.

Не менш важливим є підвищення рівня професійної підготовки персоналу, регулярне проведення інструктажів і навчань з питань охорони праці та дій у разі аварій. Працівники повинні чітко знати алгоритми реагування на позаштатні ситуації, включаючи порядок зупинки обладнання, оповіщення відповідальних осіб і використання засобів локалізації аварій.

Додатково доцільно впроваджувати сучасні системи контролю та автоматичного захисту, що дозволяють своєчасно виявляти відхилення від нормальних режимів роботи й запобігати розвитку аварій. Важливими є також заходи з резервування критично важливих систем (електроживлення, водопостачання), підтримання належного стану вентиляції та газоочисного обладнання.

Комплексне виконання зазначених організаційних і технічних заходів забезпечує підвищення надійності роботи дільниці, зменшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій і мінімізує їх можливі наслідки.

Висновки

1. Листо- та штабоправильні машини, подібно до більшості металургійного обладнання, функціонують в умовах інтенсивних змінних і ударних навантажень. Це обумовлює підвищені вимоги до його надійності, ресурсу роботи та стійкості до зношування, а отже, проблема зменшення динамічних впливів набуває особливої актуальності. Ефективне розв'язання цієї задачі можливе лише за умови системного підходу.
2. Проведені розрахунки на міцність і стійкість найбільш навантажених вузлів одинадцятироликової правильної машини підтверджують, що конструкція в цілому характеризується достатньо високим рівнем працездатності, надійності та запасу міцності. Це свідчить про можливість подальшої експлуатації обладнання за умови оптимізації конструктивних параметрів вузлів і механізмів.
3. Додатково доцільним є застосування спеціальних демпфувальних пристроїв і конструктивних рішень, спрямованих на поглинання коливань і зменшення пікових навантажень, що в комплексі забезпечує підвищення довговічності та експлуатаційної надійності машини.
4. З метою забезпечення ефективного своєчасного виконання ремонтних робіт, доцільно керуватися рекомендаціями, наведеними в розділі 3, що дозволить оптимізувати організацію технічного обслуговування, підвищити ресурс роботи обладнання та мінімізувати ризики простоїв.
5. Для зменшення впливу шумового навантаження на обслуговуючий персонал рекомендовано використання звукоізольованих кабін, описаних в розділі 4.
6. Розроблений проєкт модернізації може бути рекомендований до впровадження при удосконаленні конструкції правильної машини, а також на інших агрегатах металургійної промисловості з аналогічними умовами експлуатації.

Список використаної літератури

1. Ніколаєв В. О. Обтискне та сортове виробництво прокату: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА. 2015. 128 с.
2. Прищип М. Г. Обладнання прокатних цехів : навч. посіб для студентів ЗДІА металург. спец. ден. та заоч. форм навчання / ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 115 с.
3. Ніколаєв, В. О., Бондаренко Ю. В. Сучасний стан прокатного виробництва : навч. посіб. Ч. 1 Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 196 с.
4. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: навч. посіб. Суми: Вид-во СумДУ, 2008. 212 с.
5. Ніколаєв В. О. Теорія і технологія точної прокатки штаб: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2017. 100 с.
6. ТІ 250-П.ХЛ-05-2005 Технологічна інструкція "Прокатка штаби на безперервному тонколистовому стані холодної прокатки «1680». Запоріжжя : ПАТ "Запоріжсталь". 52 с.
7. Тонколистова сталь : монографія / Ю. С. Пройдак та ін. Дніпро : НМетАУ, 2018. 311 с.
8. Ніколаєв В., Мазур В. Виробництво плоского прокату. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 320 с.
9. Якименко Г. Я., Артеменко В. М., Лещенко С. А. Технічна електрохімія. Ч. 3. Гальванічні виробництва : gідручник, видання 2-ге, перероб. й доп. Харків: НТУ “ХПІ”, 2025. – 225 с.
10. Середа Б. П., Проценко В. М. Виготовлення спеціальних видів прокату: навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 88 с.
11. Доброносов Ю. К. Механічне обладнання металургійних заводів (устаткування прокатних цехів): методичні вказівки. Краматорськ: ДДМА, 2019. 50с.
12. Писаренко О.Г. Опір матеріалів : З основами пружності й пластичності: У 2 ч., 5 кн. Київ : Вища шк., 1995. Т. 4 : Приклади і задачі. 463 с.

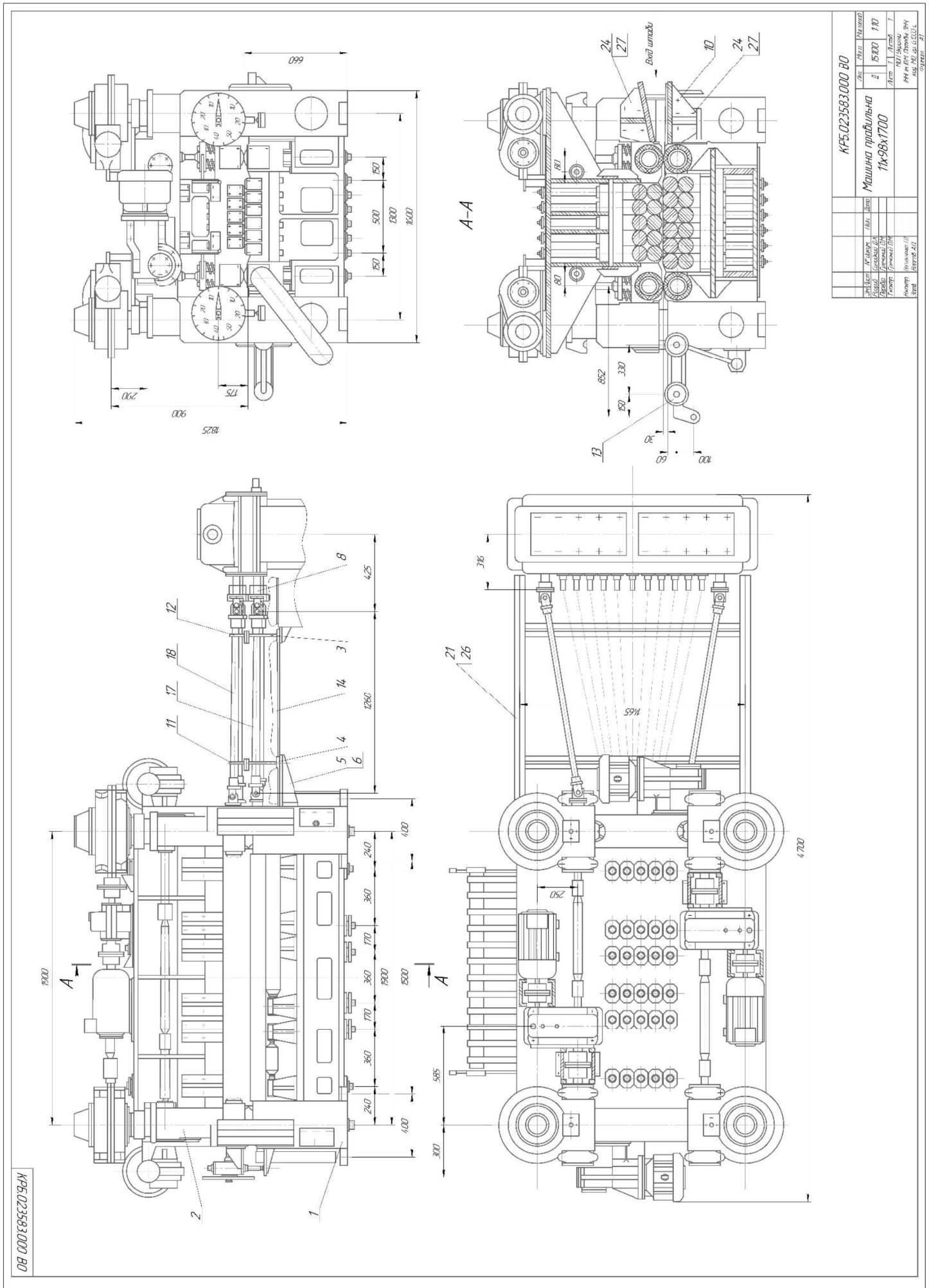
13. Колосов Д.Л., Кіба В.Я. Опір матеріалів у прикладах та завданнях: навч. посібник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка», 2021. 106 с.
14. Стрелец В. В. Деталі машин і основи конструювання. Суми : Сум. держ. ун–т, 2022. 150 с.
15. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
16. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
17. Муфта втулково-пальцева, МУВП-10: продаж, ціна у Запоріжжі. Муфти мпвп та комплектуючі до них від "ТОВ "ЛІДЕР ІНЖИНІРІНГ"" - 1505584244. *"ТОВ "ЛІДЕР ІНЖИНІРІНГ"" - контакти, товари, послуги, ціни*. URL: https://leader-engineering.com.ua/ua/p1505584244-mufta-uprugaya-vtulochno.html (дата звернення: 18.04.2026).
18. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 236 с.
19. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 288 с.
20. Фундамент одна з найважливіших частин будівлі. Статті компанії «ПП Будпостач: газобетон и газоблок по оптовій ціні». *"ПП Будпостач: газобетон и газоблок по оптовій ціні" - контакти, товари, послуги, ціни*. URL: https://pp-budpostach.com.ua/ua/a68962-fundament-odna-vazhnejshih.html (дата звернення: 19.04.2026).
21. Корнієнко М.В. Основи і фундаменти: навч. посіб. К.: КНУБА. 2009. 150 с.
22. Бабич Є.М., Крусь Ю.О. Механіка грунтів, основи та фундаменти: підручник. Рівне: Вид-во РДТУ, 2001. 367 с. ISBN: 966-7447-19-7
23. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування, технологія влаштування : навч. посіб. / Л. М. Шутенко та ін. Х. : ХНАМГ, 2010.

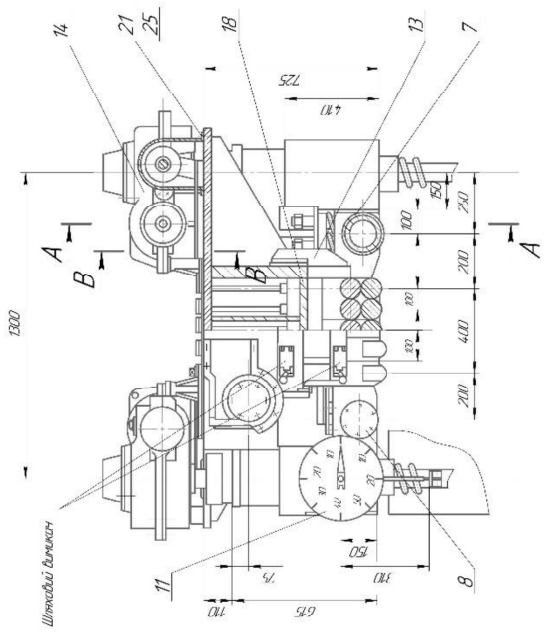
204 с. ISBN: 978-966-695-169-3

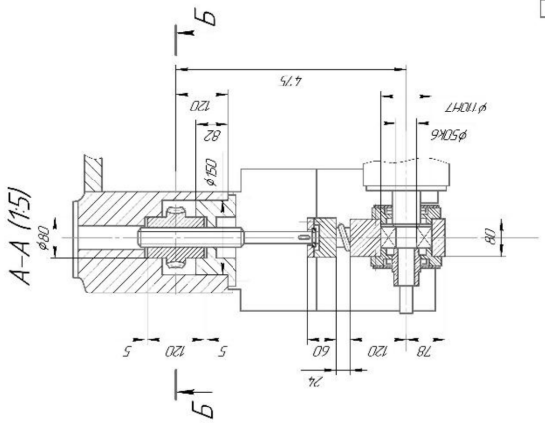
24. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=78687 (дата звернення: 19.04.2026);
25. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2018. 382 с.
26. Шашенко О.М., Пустовойтенко В.П., Хозяйкіна Н.В. Механіка ґрунтів К.: Новий друк, 2009. 200 с. ISBN 971-966-8527-57-9
27. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти : підручник. Видання друге перероблене і доповнене. / М. Л. Зоценко та ін. Полтава : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2003. 560 с. ISBN: 5-11-003835-X
28. Масло індустріальне І-8а: продаж, ціна у Києві. Промислові оливи від "ТПК «Орион»" - 20225652. *"ТПК «Орион»" - контакти, товари, послуги, ціни*. URL: https://tpk-orion.uaprom.net/ua/p20225652-industrialnoe-maslo.html (дата звернення: 19.04.2026).
29. Індустріально-гідравлічне масло ІГП-18 iso vg 32 промобладнання. *НК ЛОК - якісні технічні оливи та мастила в Києві зі складу або під замовлення*. URL: https://arlanda.com.ua/product/maslo-igp-18-i-g-s-32-1/ (дата звернення: 19.04.2026).
30. Методичні рекомендації для проведення атестації робочих місць за умовами праці. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=52872 (дата звернення: 20.04.2026).
31. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.

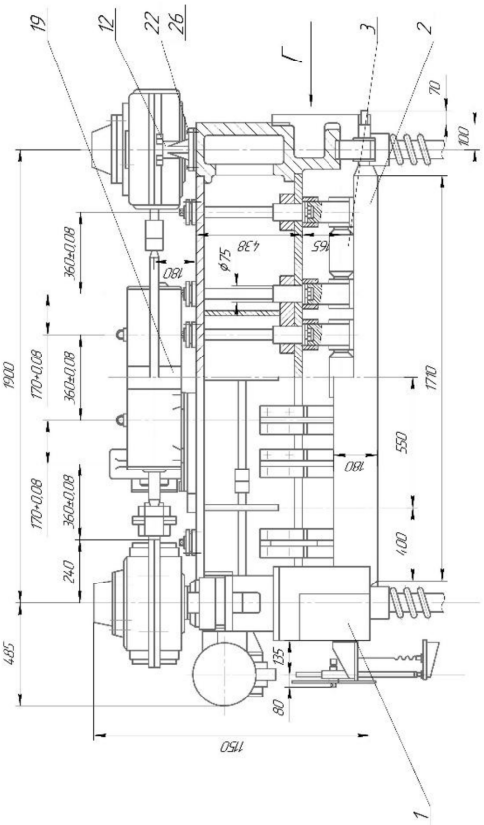
32. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
33. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
34. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. К: Основа, 2009. 360 с.
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. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
37. НПАОП 0.00–4.01–08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. 2008. Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc–page?id_doc=28566
38. Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К: Ельга, Ніка-центр, 2003. 280 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.

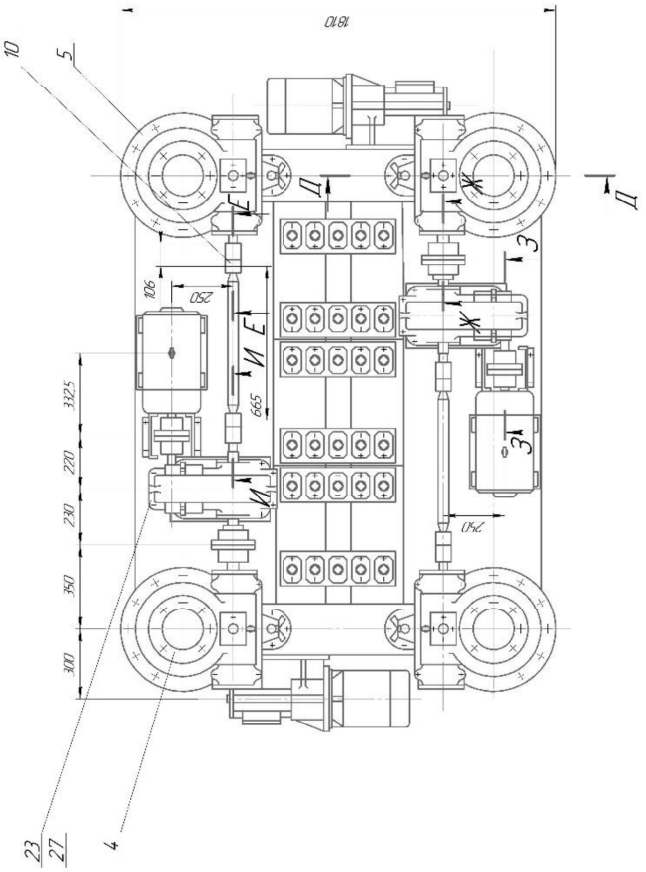
ДОДАТКИ


КРБ.023583000 ВО
Машина правильная
11х98х1700
Вид штоды
А-А
660
1825
900
290
175
150
500
1300
1000
1465
4700
1000
1500
425
1260
240
360
170
360
170
360
240
100
100
595
300
250
316
852
300
150
80
810
30
60
100
13
24
27
10
21
26
12
18
17
11
8
3
14
4
5
6
1
2
А
А
Лит.
Масса
Масштаб
15000
1:10
Лист 1 Листов 1
ВНИИ им. Отто Шмидта
Каф. МО, ДС и СДМ
Копировал
Формат А1



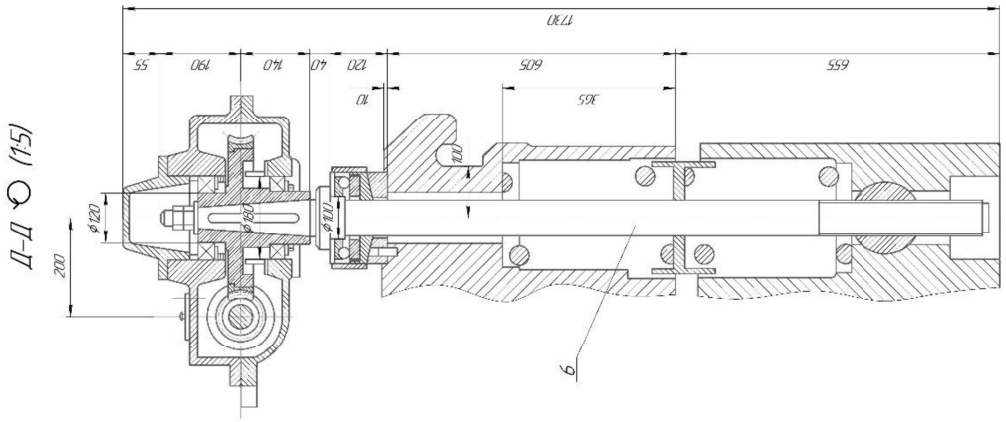


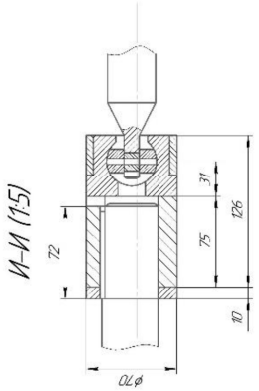


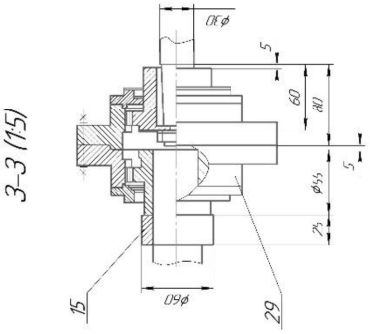


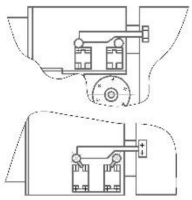
КР5.023583.200 СК

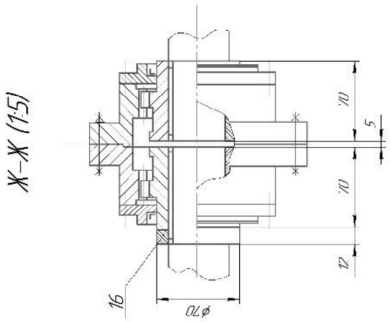
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стадия	Масса	Масштаб	
Разраб.		Сапожков Д.А.						
Пров.		Грачёнков О.Н.			Стопина верхняя		1:10	
Т.контр.						Лист 1	Листов 2	
Н.контр.						ЮУрГУ, Челябинск, 2014		
Утв.		Волгина А.Г.				Каф. ПМ, гр. ФТ-511		

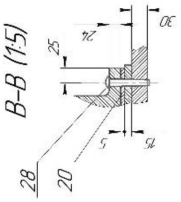


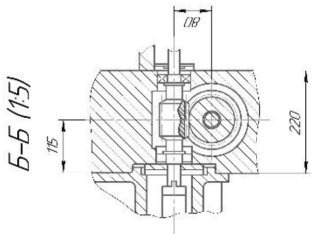


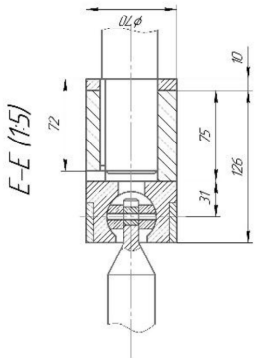






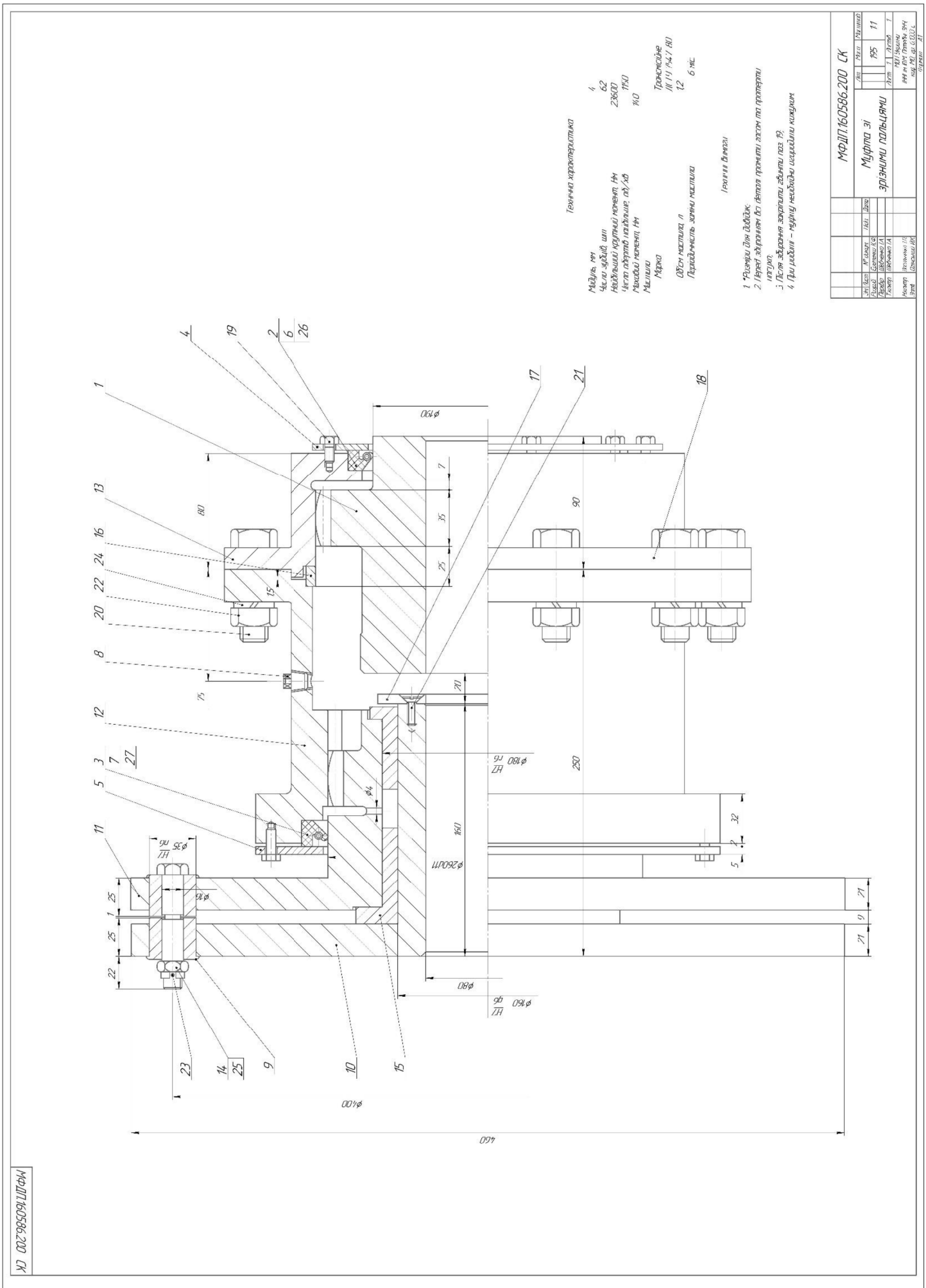




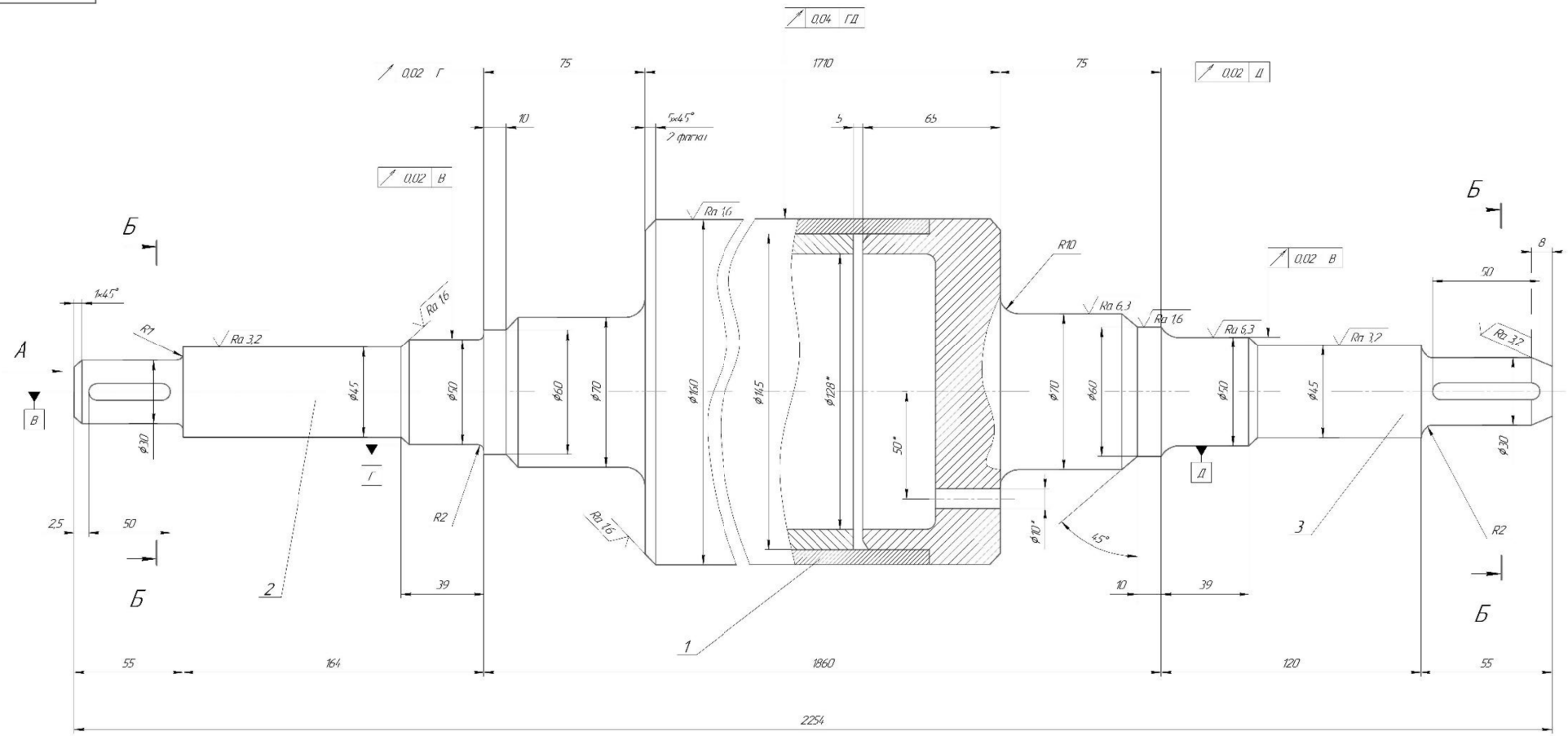


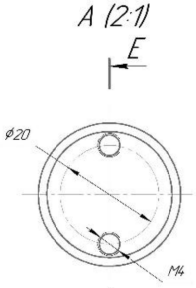
КРБ.023583.200 СК

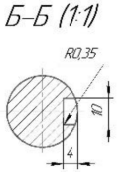
КРБ.023583.200 СК

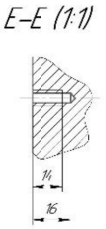

МФДП.160586.200 СК
Муфта зі зрізними полицями
Технічні характеристики
Модуль, мм 4
Число зубців, шт 62
Найбільший крутний момент, Нм 23600
Частота обертань найбільше, об/хв 1150
Маховий момент, Нм 110
Матеріал
Марка Трансформ
ДЕСН масштаб п /// 111 744 1 180
Періодичність заміни мастила 12
6 міс
Умовні символи
1 *Розміри для довідок.
2 Перед збиранням без деталі промити гасом та протерти ганчір'ям.
3 Після збирання зарізати зубчасту поз 19.
4 При роботі – мастить необхідно шестерні кожухом
460
ø400
ø260Л11
ø190
ø180
ø160
ø80
ø35
ø16
ø4
90
280
80
32
21
9
22
25
1
2
5
7
35
25
15
75
10
23
14
25
9
10
15
17
21
18
1
13
16
24
22
20
8
12
3
7
27
5
11
4
19
2
6
26

КРБ.023583.210 СК







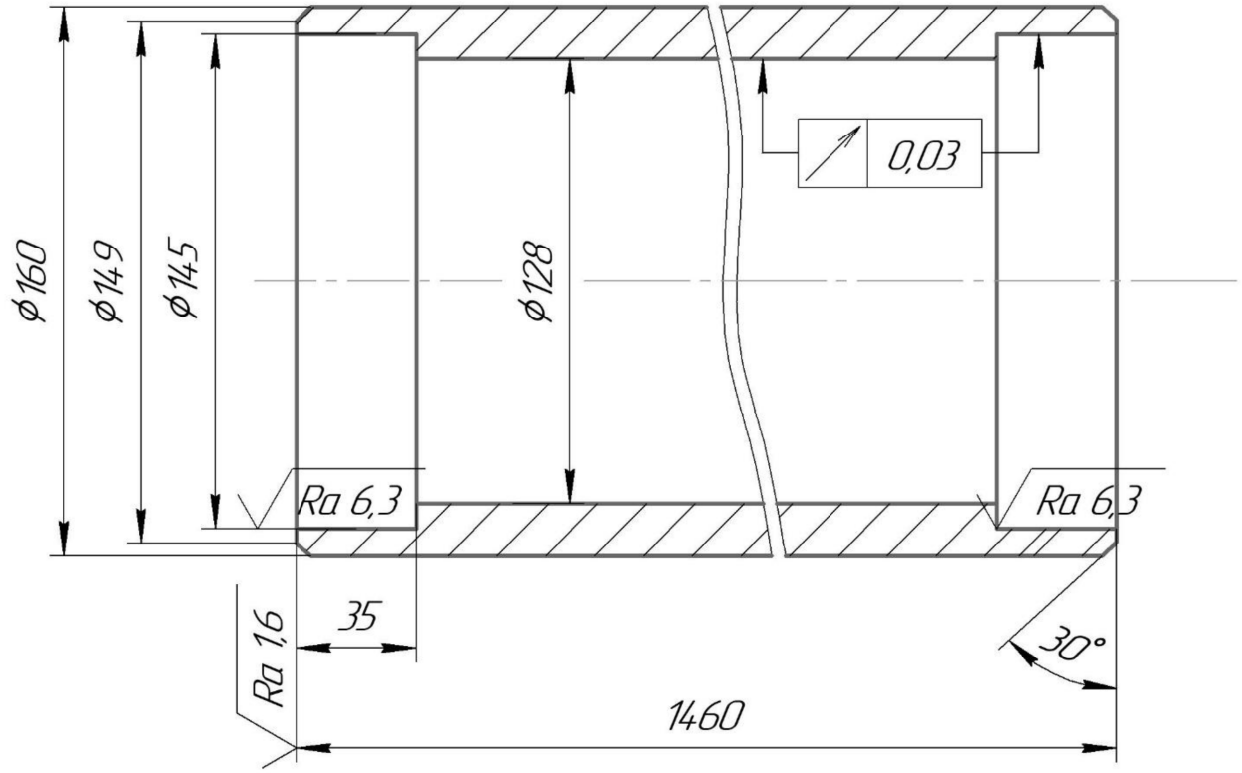


1. Зварювання виконати електродом типу Е46-У.
2. Технічні вимоги по зварних конструкціях по ЛГТ 24.94.0.011.
3. Після зварювання деталь відпустити.
4. Перекос шпонкових пазів відносно осі В не більше 0,025 мм, зміщення – не більше 0,08 мм.
5. Невказані граничні відхилення розмірів валів h14, отворів H14, ±IT14/2, інших ±.
6. Овальність и конусовидність поверхонь Г та Д не більше 0,01 мм.
7. * Розміри для довідок.

						КРБ.023583.210 СК		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Гончаренко П.А.			Ролик, що подає	Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.		Гончаренко П.М.				Б	132	1:2
Т.контр.		Гончаренко П.М.				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр.		Башмачний Т.О.				ПДАТ Українська		
Затв.		Власов А.О.			Сталь 30ХГСА	ім. Ю.М. Потебні 31.01		
						кат. М.О. дт. 6.1999 г.		
						Формат А1		

КРБ.023583.211

Ra 6,3 (√)

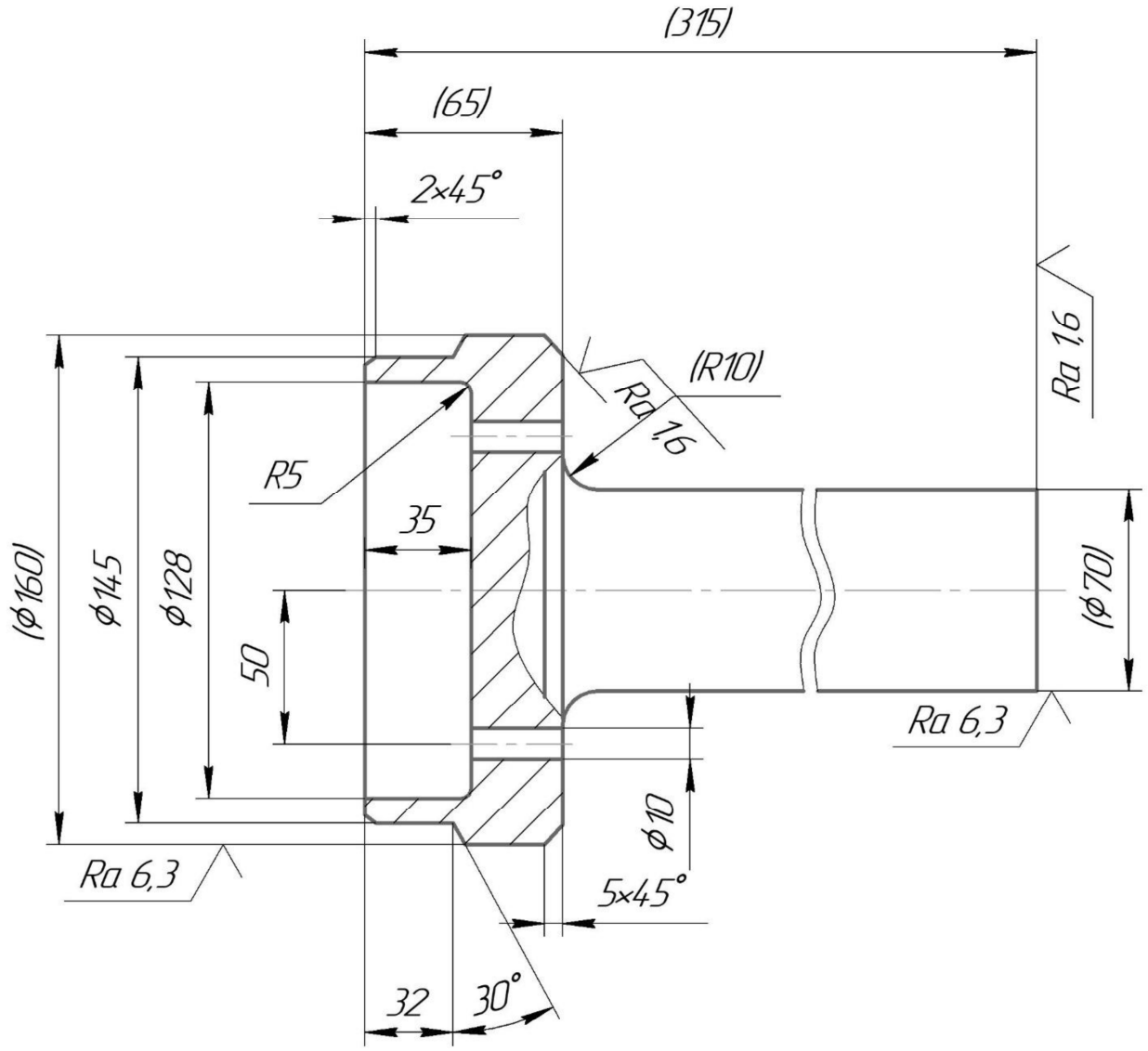


1. Невказані граничні відхиленняя розмірів валів h14, отворів H14, інших $\pm \frac{IT14}{2}$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	КРБ.023583.211			
Розроб.		Солодкий Д.А.			Труба	Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.		Гречаний О.М.				Н	92	1:2
Т.контр.		Гречаний О.М.				Лист 1	Листів 1	
Н.контр.		Васильченко Т.О.			Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71	МОН України ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1333 с		
Затв.		Власов А.О.				Формат А4		

КРБ.023583.212

Ra 6,3 (√)



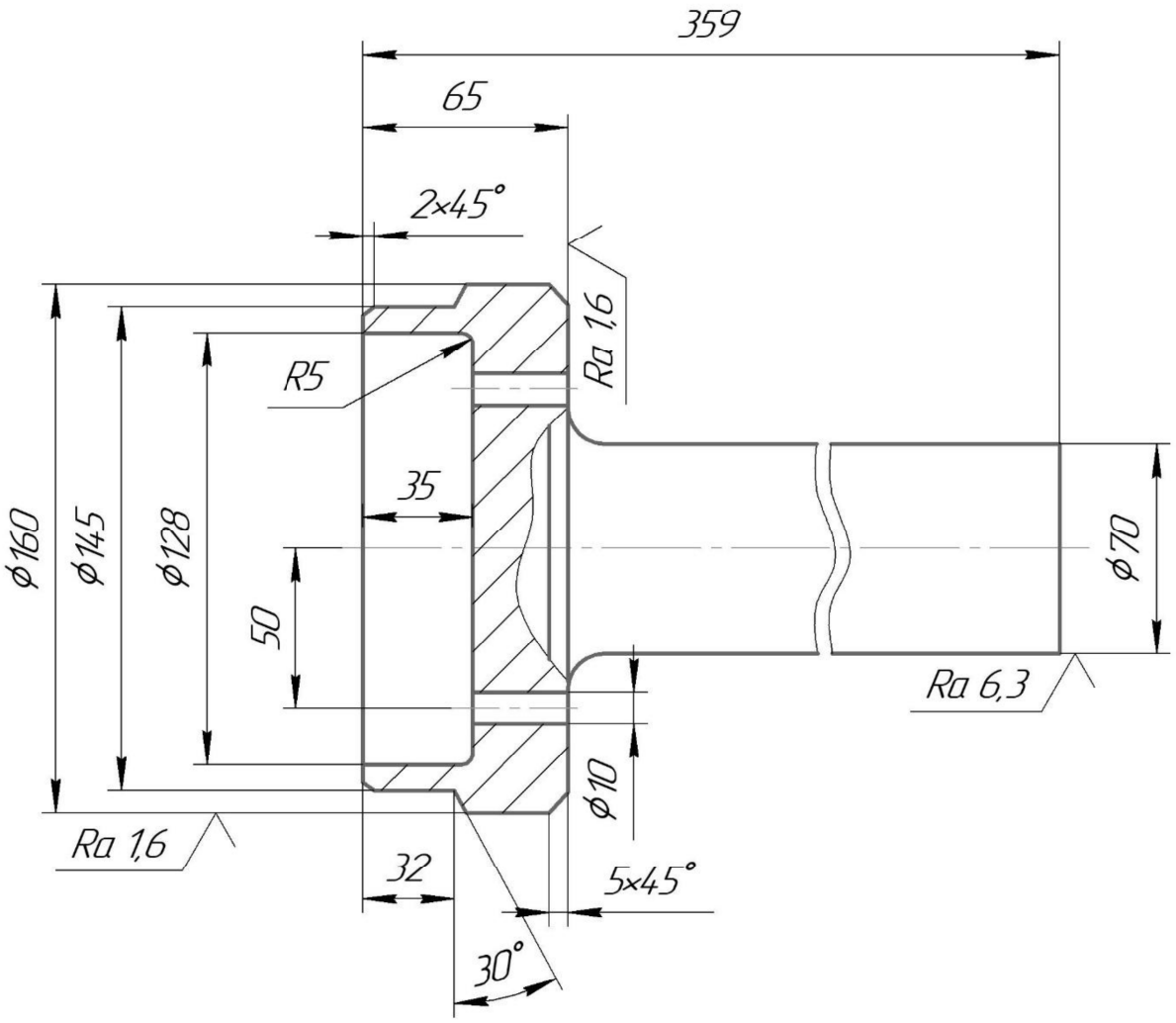
1. Невказані граничні відхилення розмірів валів h14, отворів H14, інших ± IT14/2

					КРБ.023583.212		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Цапфа ліва	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Солодкий Д.А.				Д	12	1:2
Перевір.		Гречаний О.М.						
Т.контр.		Гречаний О.М.				Лист 1	Листів 1	
Н.контр.		Васильченко Т.О.			Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71	МОН України ІНКІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1333 с		
Затв.		Власов А.О.						

Формат А4

КРБ.023583.213

Ra 6,3

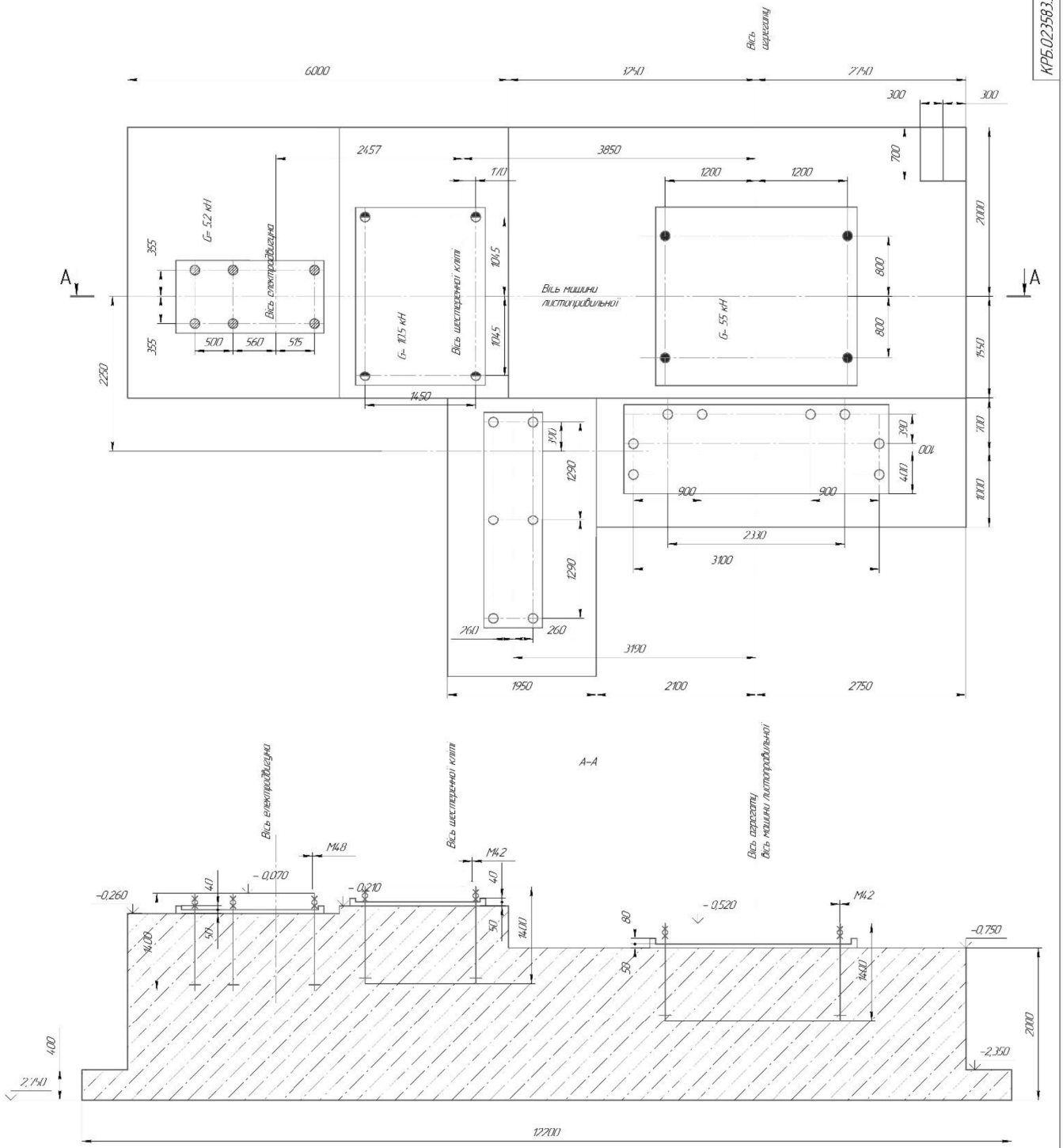


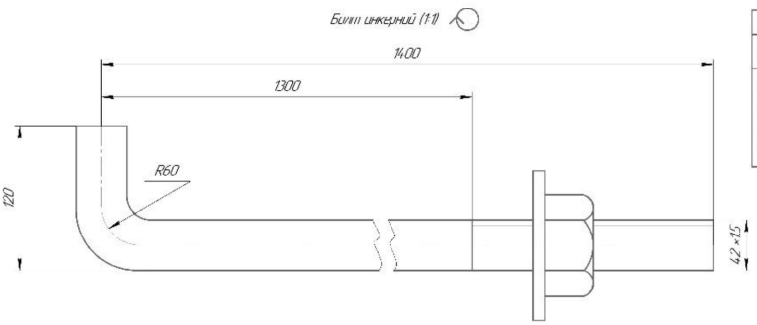
1. НВ 174...207
2. Невказані граничні відхилення розмірів валів h14, отворів H14, інших $\pm \frac{IT14}{2}$.

					КРБ.023583.213		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Цапфа права	Літ.	Маса / Масштаб
Розроб.		Солодкий Д.А.				Д	13,9 / 1:2
Перевір.		Гречаний О.М.				Лист 1	Листів 1
Т.контр.		Гречаний О.М.					
Н.контр.		Васильченко Т.О.			Сталь 30ХГСА	МОН України ІНМІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1333 с	
Затв.		Власов А.О.					

Формат А4

КРБ.023583.300 МК





Найменування	Позначення	Кількість	Довжина, мм	Умовне позначення
Болт анкерний під робочу клть	М42	4	1400	
Болт анкерний під редуктор та шестеренну клть	М42	4	1400	
Болт анкерний під електродвигун	М48	4	1400	

					КРБ.023583.300 МК		
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Глотов І.А.			Фундамент одноопорної листопрокатної машини	Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.	Грачов О.М.				Д	153600	1:25
Т.контр.	Грачов О.М.				Арк. 1	Аркушів 1	
Н.контр.	Затовчан І.І.			Бетон Б150	МДМУ Україна ІММ ім. ІЛМ Потебні ЗМ4 кнр МІ зд. Б.І.Ш.І.Ь.		
Затв.	Ніколів А.Б.				Формат А1		