

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ЖИТНИК

Артем Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання дільниці виробництва виливниць Ливарно-механічного заводу ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація пресу для згинання бандажів виливниць

(повна назва теми)

за матеріалами

Дільниці виробництва виливниць, Ливарно-механічного заводу ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

асистент

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Засельська Т. О.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 23 січня 2026 р № 9

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)


ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІГМ



(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 20 » жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Житник Артем Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра

Механічне обладнання ділянки виробництва виливниць Ливарно-механічного заводу ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація пресу для згинання бандажів виливниць

керівник кваліфікаційної роботи магістра Засельська Т. О., асистент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» жовтня 2025 р. № 723-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва ділянки виробництва виливниць Ливарно-механічного заводу. Конструкція та технічна характеристика пресу для згинання бандажів виливниць, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;


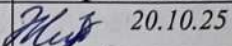
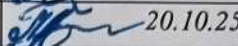
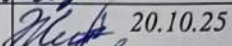

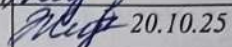
4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

4 аркуші формату А1 складальних креслеників: прес для згинання бандажів виливниць 2 листи, стіл, постіль; аркуш А1 деталей: траверса та поперечина.

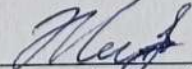
6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Засельська Т. О., ас.	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Засельська Т. О., ас.	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Засельська Т. О., ас.	 20.10.25	 20.10.25


7. Дата видачі завдання 21 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналітична частина	21.11.2025	вик.
2	Основна частина	15.12.2025	вик.
3	Організація безпечного виробництва	22.12.2025	вик.
4	Оформлення пояснювальної записки	26.12.2025	вик.
5	Виконання графічної частини	12.01.2026	вик.
6	Подання роботи до кафедри	15.01.2026	вик.
7	Захист роботи в ЕК	26-31.01.2026	вик.

Здобувач (ка) 
(підпис)

Житник А.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи 
(підпис)

Засельська Т. О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка випускної кваліфікаційної роботи магістра:

82 стор., 25 рис., 12 табл., 23 інформаційних джерела.

Об'єктом випускної кваліфікаційної роботи є прес для згинання бандажів виливниць.

Метою роботи є підвищення надійності функціонування пресу, покращення його експлуатаційних характеристик та зниження витрат на ремонт і технічне обслуговування. Це планується досягти завдяки підвищенню надійності гідроприводу, скороченню простоїв обладнання під час ремонту та збільшенню міжремонтного ресурсу його роботи.

У межах проєкту розроблено гідравлічну схему привода з повним набором елементів, визначено необхідну потужність електродвигуна і режим його роботи, виконано розрахунок та проєктування гідравлічного циліндра. Також враховано високі вимоги до надійності пресу, що застосовується для згинання бандажів виливниць.

Розглянуто організацію ремонтних робіт на підприємстві, методи монтажу, контролю деталей та вузлів пресу під час ремонту й монтажних операцій. Окремо запропоновано заходи з організації безпечного виробництва при роботі, обслуговуванні та ремонті обладнання.

Запропонована модернізація пресу сприятиме покращенню експлуатаційних показників, збільшенню міжремонтних інтервалів та скороченню часу, необхідного на технічне обслуговування. Очікуваний економічний ефект пов'язаний із зменшенням тривалості простоїв та часу на ремонт гідравлічного привода, що забезпечить приріст чистого прибутку підприємства протягом року.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БАНДАЖ, ВИЛИВНИЦЯ, ПРЕС, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД, ЛИВАРНИЙ, МЕТАЛ, ПРОТИВАГИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Характеристика ливарно-механічного заводу ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»	8
1.2 Призначення і область застосування пресу для згинання бандажів виливниць	12
1.3 Технічна характеристика машини.	14
1.4 Опис конструкції машини.	15
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків.	20
1.6 Формування мети та задач для її досягнення.	22
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	23
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	23
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	28
2.3 Опис конструкції модернізованого преса для згинання бандажів виливниць	30
2.4 Аналітичні розрахунки	33
2.4.1 Визначення вихідних даних для розрахунків	33
2.4.2 Розрахунок потужності гідроприводу преса	37
2.4.3 Силовий і кінематичний аналіз	38
2.4.4 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми	39
2.4.5 Розрахунки на міцність	46
2.5 Монтаж, ремонт, змащення.	58
2.5.1 Розробка фундаменту	58
2.5.2 Технологічна карта монтажу	61
2.5.3 Заходи з технічного обслуговування	63
2.5.4 Методи відновлення деталей	66
2.5.5 Вибір форми і методів проведення ремонтів	66
2.5.6 Вибір системи змащування	69
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	73
3.1 Особливості ремонтних робіт з погляду на безпеку праці.	73
3.2 Засоби індивідуального захисту	74
3.3 Санітарно-побутові приміщення і пристрої	76
3.4 Пожежна профілактика	78
ВИСНОВКИ	80
Список використаних джерел	81

ВСТУП

Ливарно-механічний завод (ЛМЗ) є одним із найбільших машинобудівних підприємств України. До його структури входить комплекс виробництв, що охоплюють основні машинобудівні процеси: ливарне, ковальсько-пресове, термічне, зварювально-наплавочне, механообробне, слюсарно-складальне, а також виготовлення гумово-технічних виробів і механо-ремонтні підрозділи.

Історія заводу починається з 1933 року, коли під час будівництва металургійного комплексу «Криворіжсталь» було створено ремонтно-механічний цех №1. У 2018 році ЛМЗ став самостійним підприємством у складі міжнародної корпорації «ArcelorMittal».

Наразі ЛМЗ функціонує як сучасний ремонтний комплекс із високим рівнем технологічного розвитку, механізації та автоматизації виробництва. Підрозділи заводу забезпечують проведення поточних і капітальних ремонтів механічного обладнання підприємств корпорації «ArcelorMittal», виготовлення запасних частин і змінного обладнання, а також ремонт і відновлення деталей та агрегатів. Крім того, завод займається проектуванням і виробництвом нестандартного обладнання.

Протягом останніх років підприємство розширює співпрацю з партнерами в Україні та за її межами, пропонуючи виготовлення та обробку металів за наданою технічною документацією або з власними конструкторськими розробками.

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика Ливарно-механічного заводу ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»

Після завершення плавки у сталеплавильному агрегаті (печі) розплавлений метал випускають у сталерозливний ківш, а потім з нього розливають у виливниці. Під час твердіння рідкої сталі утворюються литі заготовки — злитки, які згодом піддають обробці тиском (прокатці).

Переважну частину сталі, виплавленої в усіх сталеплавильних агрегатах, розливають саме на злитки; лише близько 2% іде на фасонне литво. Рідку сталь заливають у виливниці для отримання злитків, призначених для подальшого технологічного переділу.

Цех виробництва виливниць є допоміжним підрозділом та входить до складу Управління головного механіка. Основна його продукція — виготовлення виливниць.

У цьому ж цеху встановлений прес для згинання бандажів, які використовують для подовження строку служби виливниць. Бандаж захищає стінки виливниці під час заливки сталі з ковша — він запобігає утворенню бризок розплавленого металу при ударі струменя об піддон.

Бандажі, виготовлені для кожного типу виливниць, укладають усередину виливниці, встановленої на піддоні. Під час заливки гарячий метал розплавляє бандаж, не порушуючи однорідності злитка; навпаки, структура покращується — зменшується утворення плівки на поверхні нижньої частини злитка, яка виникає через розбризування металу при ударі струменя об піддон. Це позитивно впливає на якість металу під час подальшої обробки злитка тиском.

До складу ЛМЗ входить 7 виробничих цехів, які дозволяють виготовляти продукцію зі сталі, чавуну та кольорових сплавів, починаючи від виплавки та закінчуючи готовими виробами. Основна продукція наведена на рис.1. [1].

Виливок до 48 тон	Металоконструкції до 50 тон	Кувально-штампувальні роботи до 5 тон
Механічну обробку деталей до 100 тон	Термічну обробку деталей до 45 тон	Згинальні роботи металевих листів завтовшки 110 мм
Термообробку зварних швів завтовшки листа до 60 мм	Біметалеве наплавлення від 4 до 15 мм	Запит на виготовлення продукції

Рис. 1.1. Продукція ливарно-механічного заводу

Ливарні та допоміжні цехи промислових підприємств відіграють ключову роль у забезпеченні виробничих процесів, виготовленні литва різних видів та форм, а також у створенні металоконструкцій та змінного обладнання. Нижче подано стислу характеристику основних цехів підприємства, їхнє призначення, структуру та матеріально-технічні можливості.

Цех виробництва виливниць (ЦВВ)

Цех виробництва виливниць (ЦВВ), заснований у 1959 році і призначений для забезпечення сталевиробничих підрозділів змінним обладнанням — виливницями та піддонами. До основних його ділянок належать формувальна, сумішоприготувальна, кокільно-заливальна, обрубна, а також механослужба, енергослужба та електрослужба.

Фасонно-сталеливарний цех, створений у 1970 році, спеціалізується на виготовленні фасонного сталевого лиття. Він включає низку виробничих ділянок: модельну, сумішоприготувальну, дільницю виробництва стрижнів, ручного та машинного формування, вибивання литва, плавлення електросталі в електропечах, а також вогнетривну, термообрубну та служби механічного,

енергетичного й електричного забезпечення. Основна продукція цеху охоплює широкий асортимент: броні дробарок, молотні кулі, шлаковозні чаші, засипні апарати доменних печей, холодильні плити, стінки ковшів екскаваторів, колеса, плити грохотів, щелепи грейферів, бандажі та напіввінці.

Фасонно-чавуноливарний цех (ФЧЛЦ), заснований у 1934 році, виконує виробництво чавунного та кольорового лиття, забезпечуючи підприємство різноманітними литими деталями, змінним обладнанням і запасними частинами. Його матеріально-технічна база включає індукційні та електричні печі, сушильні барабани, вантажопідіймальні крани, верстати для метало- та деревообробки, сумішоприготувальні бігуни, електровізки та конвеєри. Основні виробничі ділянки охоплюють модельну, сумішоприготувальну, площадки виробництва чавуну й спеціальних сплавів, формування та вибивки, виготовлення стрижнів, обрубки, плавлення металів і сплавів, а також електро- й механослужби.

Цех металокопиркцій (ЦМК), заснований у 1938 році, спеціалізується на виготовленні та ремонті металокопиркцій. Він оснащений електромостовими та козловими кранами, машинами термічної й плазмової різки, гільйотинними ножицями для різання листового та профільного металопрокату, листозгинальним устаткуванням для виготовлення циліндричних заготовок, гідравлічними, кривошипними та перфораційними пресами, а також комплексом обладнання для всіх видів зварювальних робіт і термічної обробки великих деталей. До основних дільниць цеху належать склад металопрокату з під'їздом залізничного транспорту, дільниця підготовки виробництва, заготівельна та складально-зварювальна дільниця, а також підрозділи утримання й ремонту механічного та електричного обладнання. Продукція ЦМК — це зварні металокопиркції та вузли масою від 1 кг до 50 тонн, які використовуються для поточних і капітальних ремонтів обладнання та у виробничих процесах підприємства [2,3].

Ремонтно-механічні цехи підприємства утворюють важливу частину виробничої інфраструктури, забезпечуючи виготовлення змінного обладнання, запасних частин, а також ремонт вузлів і агрегатів металургійного та гірничо-

збагачувального устаткування. Кожен з ремонтно-механічних цехів має свою спеціалізацію, технічні можливості та номенклатуру продукції, що дозволяє ефективно підтримувати та відновлювати роботу різних переділів виробництва.

Ремонтно-механічний цех № 1, заснований у 1933 році, спеціалізується на виготовленні запасних частин і ремонті обладнання агломераційного, доменного, конверторного, вогнетривно-вапняного, копрового та прокатного виробництв. У цеху проводиться відновлення та зміцнення поверхонь деталей методом наплавлення, а також термічна обробка. Особливе місце в роботі РМЦ № 1 займає виготовлення та ремонт кранового обладнання для металургійних підприємств. Цех має ковальську дільницю, де виготовляють поковки та штамповки масою від 2 кг до 7 тон. Оснащення включає електромостові крани вантажопідймальністю до 50 тон, електровізки, термічні електропечі, верстати та ковальсько-пресове обладнання. Основні ділянки цеху охоплюють ковальську, ділянки універсальних та унікальних верстатів, ремонтно-складальну, клепальну, дільницю заливки олов'янистих сплавів, інструментальну, термічну та підготовки виробництва. Продукція РМЦ № 1 включає поковки, штамповки, зубчасті колеса, зірочки, грейфери, деталі доменних засипних апаратів, ротори аглоексгаустерів, ковші чавуновозів, редуктори, станини дробарок, кранові колеса, канатні барабани, броні дробарок, черв'ячні вали, конусно-зубчасті колеса та інше обладнання.

Ремонтно-механічний цех № 2, заснований у 1968 році, вирізняється наявністю унікального обладнання, що дозволяє обробляти великогабаритні деталі діаметром до 5 метрів, довжиною до 16 метрів та вагою до 50 тон. Основним завданням цеху є виготовлення змінного обладнання та запасних частин, а також ремонт ключових агрегатів обтискного й прокатного переділів металургійного виробництва. Окрім цього, цех виготовляє та ремонтує деталі для гірничо-збагачувального обладнання. У його структурі функціонують дільниці унікальних і універсальних верстатів, утримання й ремонту механічного та електричного устаткування, дільниця підготовки виробництва, дільниця верстатів із ЧПУ, ремонтно-складальна та інструментальна дільниці.

Ремонтно-монтажний цех № 3, створений у 1979 році, спеціалізується на виготовленні й ремонті обладнання для доменного та агломераційного виробництв. Серед основних напрямів діяльності — виготовлення повітряних фурм для доменних печей, ремонт і виготовлення лотків безпідігрівного завантаження, ремонт клапанів гарячого дуття, скипів і штанг засипних апаратів, виготовлення змійовиків для холодильних плит. Цех також виконує наплавку біметалічних листів товщиною 10–20 мм та деталей вагою до 32 тон, виготовляє гумотехнічні вироби й має залізничне сполучення для транспортування великогабаритних конструкцій. Основна продукція цеху включає грохоти гарячого й холодного агломерату, гуркоти коксу й агломерату, коксові дробарки, ремонт чавуновозних і сталерозливних ковшів, ковші екскаваторів, грейфери та траверси вантажопідйомністю до 200 тонн.

У сукупності ремонтно-механічні цехи забезпечують повний цикл виготовлення, обробки, ремонту та відновлення обладнання, необхідного для стабільної та ефективної роботи металургійного виробництва.

Загалом цехи ЛМЗ становлять основу виробничої інфраструктури підприємства, забезпечуючи виготовлення виливниць, сталевого та чавунного лиття, а також різноманітних металоконструкцій. Кожен з них виконує спеціалізовані функції й має власні технологічні потужності, що дозволяє підприємству підтримувати стабільний виробничий цикл і виготовляти продукцію широкого призначення [3].

1.2 Призначення і область застосування пресу для згинання бандажів виливниць

Ділянка виробництва бандажів виливниць є спеціалізованим підрозділом, що забезпечує виготовлення бандажів, які застосовуються для захисту внутрішніх стінок виливниць під час заливання рідкої сталі. Саме у виливниці надходить розплавлена сталь для формування злитків, призначених для подальшого технологічного переділу [2,4].

Виливниці зазвичай виготовляють із чавуну, отриманого у вагранці або безпосередньо з доменної печі, оскільки цей матеріал є економічно вигідним, має добрі ливарні властивості та мінімально деформується під час нагрівання. Форма й розміри виливниці визначають конфігурацію та масу злитка і залежать від типу майбутньої продукції (прокатні чи ковальсько-пресові злитки), призначення (наприклад, квадратні злитки для сортової заготовки), характеристик прокатних станів, ступеня розкисленості сталі, способу розливання та вимог до однорідності металу. Великі злитки підвищують продуктивність обтискових станів, однак можуть погіршувати якість металу через інтенсивні ліквідаційні процеси під час тривалого охолодження.

Ділянка виробництва бандажів працює в складі цеху, оснащеного різноманітним механічним та вантажопідіймальним обладнанням. До технічних засобів належать консольні та мостові електрокрани вантажопідйомністю від 3 до 20 тонн з різними прольотами, магнітно-грейферні крани, валкові дробарки продуктивністю 20 м³/год, пластинчасті живильники завдовжки 6–13,7 м, елеватори висотою 19,5 м, вибивні решітки вантажопідйомністю 10 і 20 тонн, холості рольганги та полігональні сита продуктивністю 10 м³/год.

Для приготування та змішування формувальних матеріалів використовуються тарільчасті живильники, бункерні естакади об'ємом 15 м³, бункери для шихти на 5 секцій по 12 м³, кульовий млин продуктивністю 75 кг/год, глином'ялки та ливарні змішувачі місткістю 2 м³. У роботі також задіяні стрижньові й формувальні машини, тигельні горни, а також чавуновози вантажопідйомністю 180 тонн.

Ключовим обладнанням ділянки є прес для гнуття бандажів виливниць вантажопідйомністю 100 тонн, оснащений електродвигуном потужністю 15 кВт. Він працює з матрицями радіусом 162,5 та 235 мм і дозволяє виготовляти бандажі із заготовок розміром 126×32×4500 мм, а також скоби (жеребейки) габаритами 178×40(50)×4(5) мм.

Таким чином, ділянка виробництва бандажів забезпечує виготовлення важливого елемента виливниці, що підвищує її довговічність і сприяє формуванню якісних злитків для подальшого металургійного переділу.

1.3 Технічна характеристика машини.

Основні технічні параметри преса наведено в таблиці 1.1. [2,4].

Таблиця 1.1

Технічні параметри

Прес для згинання бандажів виливниць:	
1 Гідроциліндр	
хід, мм	250
діаметр плунжера, мм	140
маса, кг	69,1
вантажопідйомність, т	100
2 Маслобак	
об'єм бака, л	500
3 Насос подачі мастила	
подача, л/хв	25
тиск нагнітання, МПа	20
маса, кг	150
4 Електродвигун	
потужність, кВт	15
частота обертання, об/хв	1500
напруга, В	380
5 Резервуар	
об'єм бака, л	100
6 Насос перекачування мастила	
подача, л/хв.	5,2
тиск нагнітання, МПа	6,3
маса, кг	8
Радіус використовуваних матриць для виготовлення	
бандажів виливниць, мм	162,5; 235
Розміри заготовки для бандажа, мм	126×32×4500
Розміри заготовки для скоби (жеребейки), мм	178×40(50)×4(5)

1.4 Опис конструкції машини.

На рисунках 1.2 та 1.3 наведено конструкцію преса, призначеного для згинання бандажів виливниць.

Стіл 2 являє собою зварну рамну конструкцію з роликами, які фіксують заготовку у потрібному положенні під час роботи. На поверхні стола змонтовано плунжерний гідроциліндр 1 з примусовим поверненням плунжера у вихідне положення, а також установлена матриця діаметром 325 мм.

Поперечина 3 (рис. 1.2) виконана як збірний вузол, що включає траверсу 2 із закріпленими на ній двома касетами 3 (див. рис. 1.3). Притискання поперечини до штока гідроциліндра здійснюється противагою 5 (рис. 1.3).

Противага 5 складається з конрваги 6, який з'єднаний тросом 8 із поперечиною 3; трос проходить через підтримувальний ролик 7 (рис. 1.2).

Для згинання бандажів іншого типорозміру використовується змінна матриця 7 діаметром 470 мм, яка встановлюється поверх матриці діаметром 325 мм.

Окрім виготовлення бандажів, прес також застосовується для згинання скоб (жеребеєк) [4].

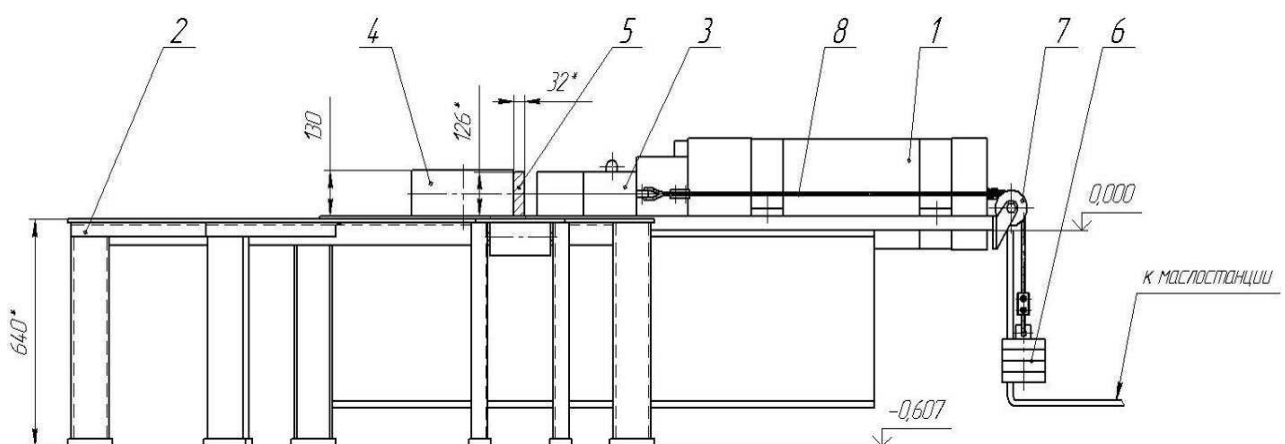


Рис. 1.2. Прес для згинання бандажів виливниць

1 – гідроциліндр; 2 – стіл; 3 – поперечина; 4 – матриця; 5 – бандаж;
6 – конрвага; 7 – ролик; 8 – трос.

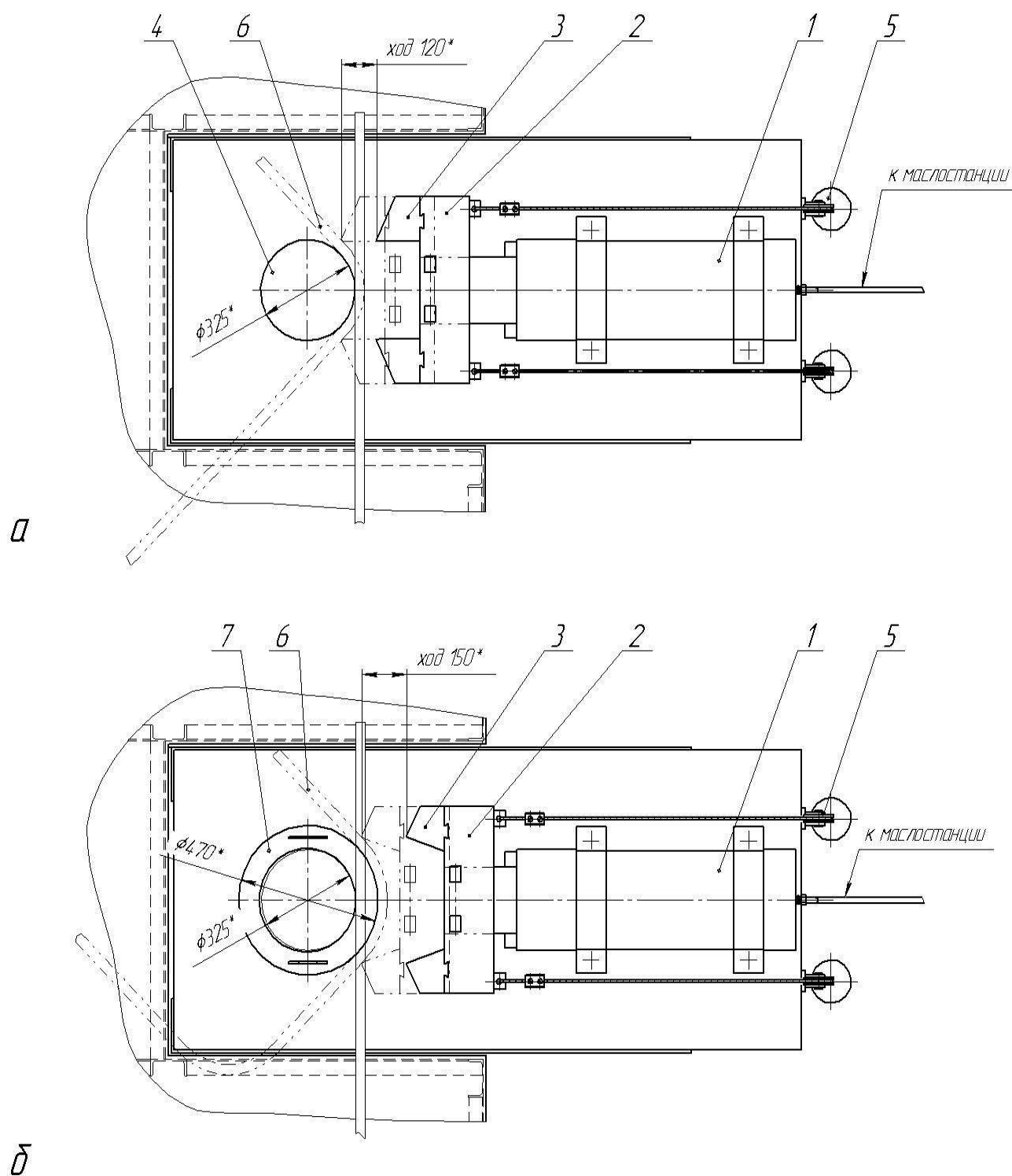


Рис. 1.3. Прес для згинання бандажів виливниць (вид зверху)
 а – використання матриці $\text{Ø}325$ мм; б – використання матриці $\text{Ø}470$ мм
 1 – гідро циліндр; 2 – траверса; 3 – касета; 4 – матриця $\text{Ø}325$ мм;
 5 – противага; 6 – бандаж; 7 – матриця $\text{Ø}470$ мм

Робота преса для згинання бандажів виливниць відбувається за наступною послідовністю.

Спочатку на ролики столу встановлюють попередньо розмічену згідно з кресленнями заготовку бандажної смуги. Орієнтувальну мітку смуги поєднують із відповідною міткою на матриці. Після цього вмикають маслостанцію та відкривають магістральний вентиль, що приводить у дію гідроциліндр. Відбувається згинання смуги до потрібного радіуса, а правильність виконання контролюється за мітками на поверхні столу.

Після завершення згинання магістральний вентиль закривають, і плунжер під дією противаги повертається у вихідне положення. У цей момент робоча рідина з циліндра самопливом надходить у резервуар, розміщений під підлогою. Далі заготовку зміщують до наступної мітки та повторюють процес. Готовий бандаж знімається зі столу і передається на дільницю автоматичного зварювання.

Для виготовлення бандажів іншого типорозміру (радіус 235 мм) заздалегідь встановлюють змінну матрицю діаметром 470 мм, після чого гнучка виконується за тим самим алгоритмом.

Якщо потрібно здійснити згинання скоб (жеребеєк), на прес додатково монтують спеціальну матрицю та пуансон, що кріпиться до поперечини. Заготовку встановлюють у матрицю та виконують згинання. Готовий виріб автоматично випадає у короб, розташований у вирізі стола, після чого короб витягують по завершенні серії операцій.

Гідравлічна схема керування пресом представлена (рис. 1.4), основні елементи і їх технічні параметри наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Елементи гідравлічної схеми

№ на схемі	Назва елемента	Характеристика / Призначення
1	Маслобак	Об'єм 500 л; резервуар для робочої рідини гідросистеми.
2	Аксіально-поршневий насос	Робочий тиск 20 МПа; забезпечує подачу масла в систему.
3	Електродвигун насоса	Потужність 15 кВт; частота обертання 1500 об/хв.
4	Контрольний манометр	Вимірювання та контроль тиску в системі.
5	Магістральний вентиль	Відкриває або перекриває подачу масла до гідроциліндра.
6	Гідроклапан тиску	Підтримує номінальний тиск 20 МПа, забезпечує перепуск масла в режимі холостого ходу.
7	Робочий гідроциліндр	Виконує силову роботу зі згинання заготовки; приводиться в дію потоком масла.
8	Нижній резервуар для збору масла	Приймає рідину, що зливається з гідроциліндра під час зворотного ходу.
9	Шестерінчастий насос	Перекачує масло з резервуара назад у маслобак.
10	Електродвигун насоса перекачування	Потужність 4 кВт; частота обертання 1500 об/хв.
11	Зливний фільтр	Очищає масло перед поверненням у маслобак.
12	Противага	Забезпечують примусовий зворотний хід плунжера гідроциліндра.

У початковому стані магістральний вентиль 5 закритий, масло, яке подає насос 2, проходить через гідроклапан тиску 6 і повертається в резервуар 8. Клапан 6 підтримує необхідний тиск у системі (20 МПа), а його величина контролюється манометром 4.

Під час відкриття магістрального вентиля в роботу вступає гідроциліндр 7. Повернення плунжера здійснюється за рахунок противага 12, завдяки чому масло витісняється до нижнього резервуара. Далі шестерінчастий насос 9 перекачує робочу рідину назад у маслобак, пропускаючи її через фільтр 11 для очищення.

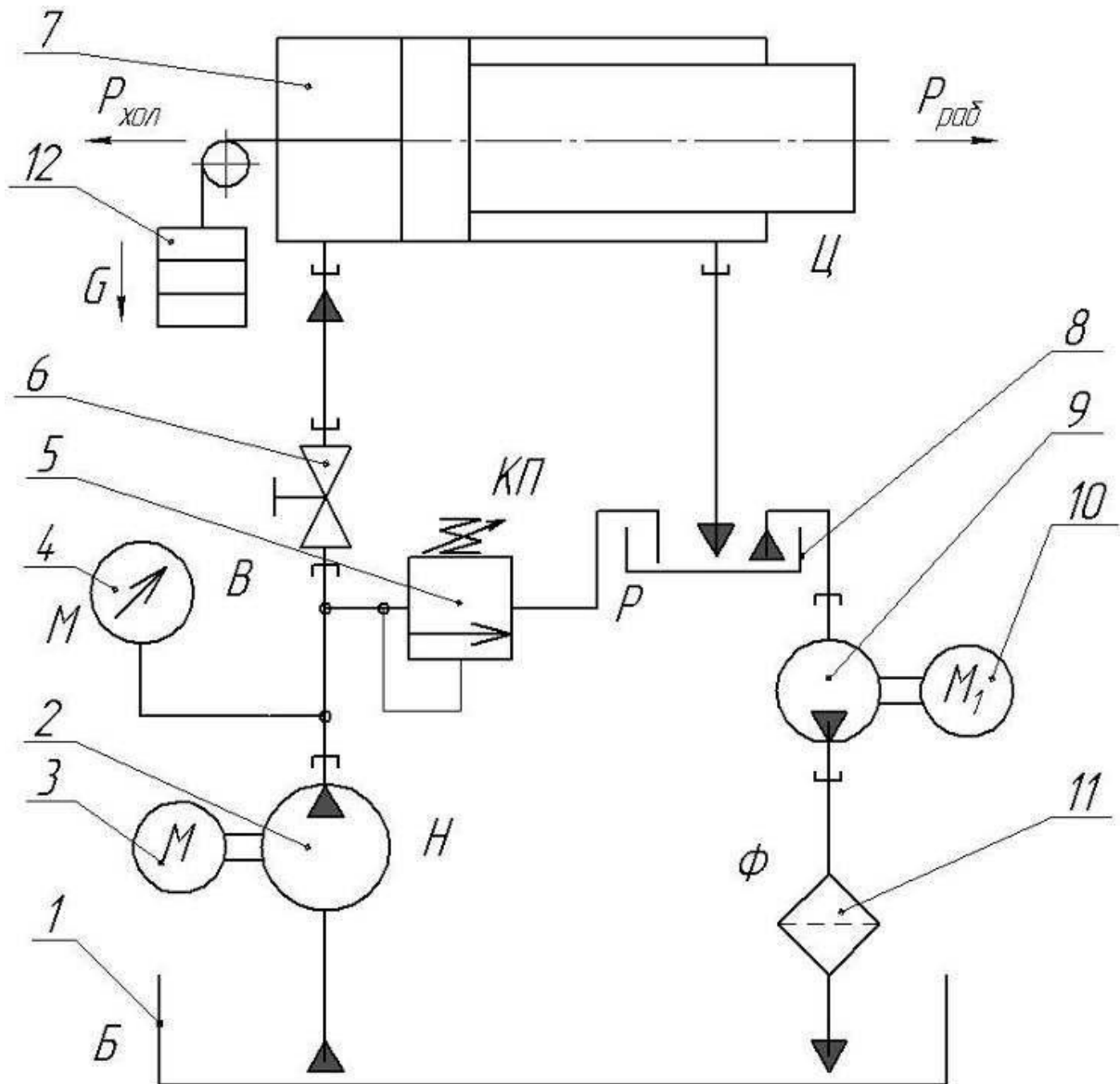


Рис. 1.4. Гідравлічна схема пресу для згинання бандажів

1 – бак; 2, 9 - насоси 3, 10 – електродвигуни; 4 – манометр;
5 – запобіжний клапан; 6 – вентиль; 7 – гідроциліндр; 8 – резервуар;
11 – фільтр; 12 – противага

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків.

Реальне завантаження в перебігу року складає близько 3440 години. Протягом доби робота преса складає 12 годин. Прес працює в двозмінному режимі, між змінами проводяться зупинки на профілактичне обслуговування [5].

Найбільш відповідальні деталі піддаються дії динамічних навантажень (кінцева фаза притиснення бандажа до матриці).

Виписка з агрегатного журналу по аварійній заміні деталей і вузлів преса для згинання бандажів виливниць і їх причини виходу з ладу.

Вихід з ладу аксально-поршневого насоса маслостанції нагнітання. Природний знос ущільнень поршнів насоса. Заміна ущільнень.

Знос поверхні касет на 25%, унаслідок сил тертя касет об бандажі. Відновлення поверхні касет методом наплавлення.

Не працює насос перекачування масла. Забруднення зливного фільтру - унаслідок попадання абразивних частинок і пилу в резервуар з маслом. Очищення фільтру.

Знос поверхні касет на 40%, унаслідок сил тертя касет об бандажі. Заміна касет.

Знос струмка ролика противаги на 15%, унаслідок сил тертя троса противаги. Заміна ролика.

Знос троса противаги на 15%, природний знос. Заміна троса.

Гідроциліндр не розвиває необхідного зусилля для вигину бандажа. Знос ущільнень плунжера гідроциліндра унаслідок попадання абразивних частинок в масло. Заміна ущільнень.

Забруднення зливного фільтру - унаслідок попадання абразивних частинок і пилу в резервуар з маслом. Заміна фільтру. Проаналізувавши приведені вище недоліки, робимо вивід, що значна кількість поломок преса доводиться на гідропривід преса.

Основними недоліками преса для згинання бандажів виливниць є низка технічних та експлуатаційних проблем, що впливають на його ефективність і надійність.

По-перше, прес має надто складну та малофункціональну гідравлічну систему, у якій використовується значна кількість додаткового обладнання — окремий насос для перекачування масла, допоміжний резервуар і електродвигун.

По-друге, повернення плунжера в початкове положення здійснюється за допомогою противаги, що ускладнює роботу механізму, збільшує інерційність та створює додаткові навантаження на вузли.

Серед експлуатаційних недоліків варто відзначити:

- швидкий знос гумових ущільнень через недостатню фільтрацію масла та потрапляння абразивних домішок;
- інтенсивне стирання касет, що формують бандаж, унаслідок впливу значних сил тертя;
- підвищену витрату масла, зумовлену використанням великих відкритих ємностей (500 л і 100 л), які контактують з навколишнім середовищем, забруднюються та потребують частих замін робочої рідини;
- надмірну металоємність гідроциліндра та маслоприводу, що мають завеликі габарити порівняно з фактичними умовами роботи й навантаженнями.

Крім того, управління пресом здійснюється вручну за допомогою вентиля, розташованого на відстані від робочої зони. Це потребує залучення окремого оператора і знижує зручність та оперативність керування.

Суттєвими є й часові втрати під час проведення ремонту — складна кінематична структура гідроприводу та наявність додаткового обладнання ускладнюють розбирання, збирання та технічне обслуговування системи.

Усі ці недоліки разом істотно зменшують ефективність роботи преса та підвищують експлуатаційні витрати.

1.6 Формування мети та задач для її досягнення.

Існуюча конструкція преса для згинання бандажів виливниць має ряд недоліків, зазначених вище, що приводять до частих ремонтів, втраті часу на їх проведення, а також перевитрату масла і як наслідок збільшення засобів на ремонтні роботи.

Мета роботи полягає в підвищенні надійності роботи преса, поліпшенні його експлуатаційних характеристик, а також у зменшенні витрат на ремонт і технічне обслуговування шляхом підвищення надійності гідропривода, скорочення часу простоїв під час ремонту та збільшення міжремонтних інтервалів роботи гідросистеми.

Задачі: провести літературно-патентний огляд, проаналізувати існуючі технічні рішення на основі яких покращити гідравлічну схему привода з повним набором необхідних елементів, провести необхідні розрахунки. Розглянути організацію ремонтних робіт, а саме методи монтажу та контролю стану деталей і вузлів механізмів під час ремонту та встановлення преса. Запропонувати заходи з організації безпечного виробництва під час експлуатації, технічного обслуговування та ремонту обладнання.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

US7080589B2, Сполучені Штати, Ульріх Бойле, ВТМ Согр, 25 липня 2006 р. [6].

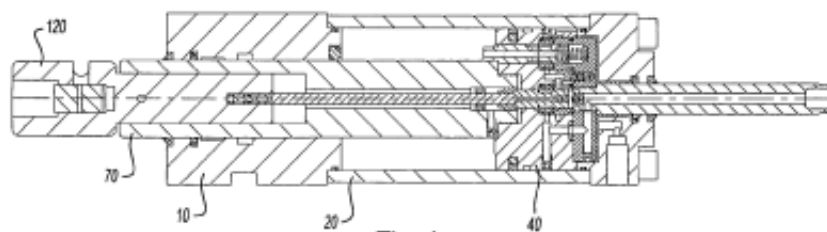
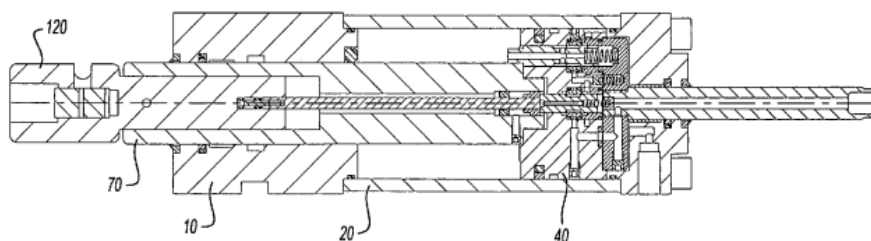


Fig-1a

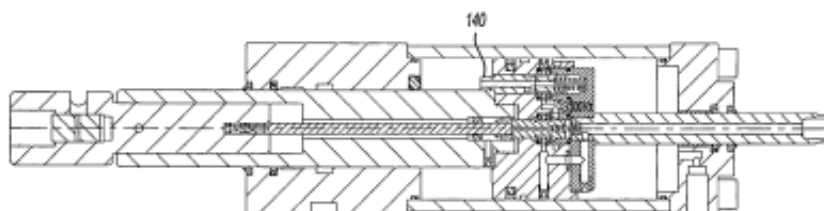


Fig-1b

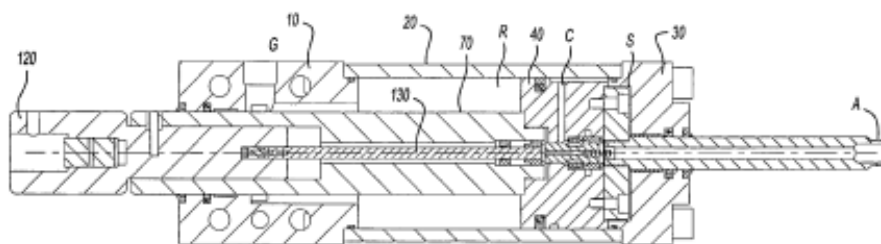
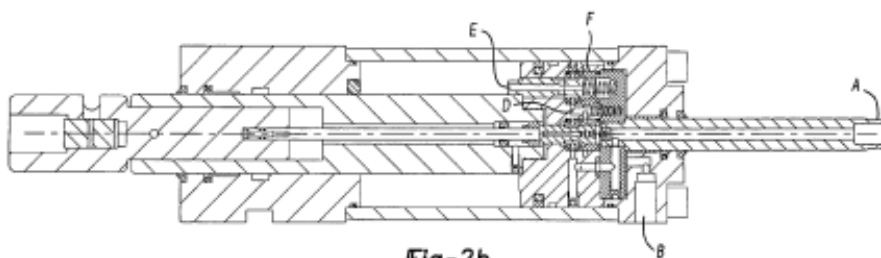
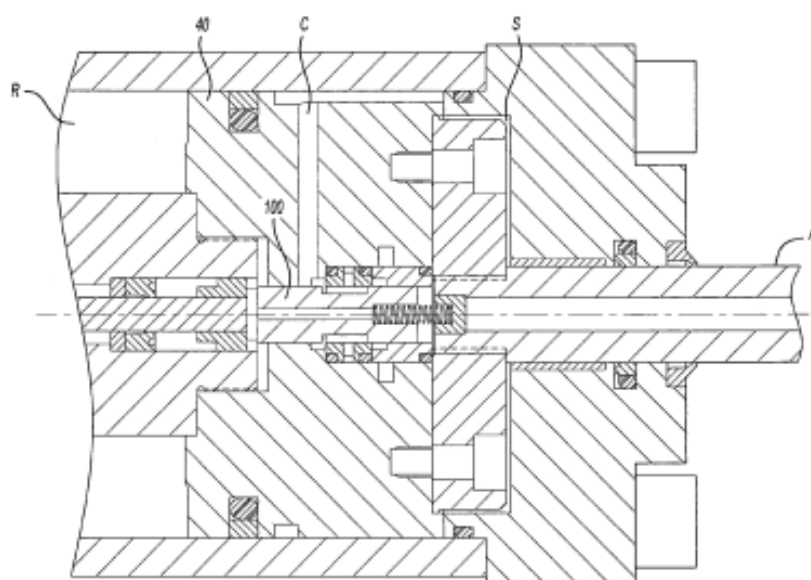
**Fig-2a****Fig-2b****Fig-3**

Рис.2.1. Гідравлічний циліндр

На рисунку 2.1. показано різні робочі положення гідравлічного циліндра. Положення **a** відповідає початковому стану. У положенні **b** зображено стан закриття, за якого на запланованому шляху руху висунутого штока поршня циліндра виникає перешкода. Положення **c** ілюструє гідравлічний циліндр після завершення повного робочого ходу з повністю висунутим штоком поршня.

Робота гідравлічного циліндра відповідно до винаходу пояснюється за допомогою креслень. Розташування компонентів гідравлічного циліндра, показаних на рисунку fig 1a, 2a і 2b, а також на fig. 3, відповідає початковому

положенню (положення а). У цьому стані поршень 40 розташований у крайньому правому положенні в частково зображеному корпусі циліндра 10.

Поршень 40 з'єднаний зі штоком поршня 70 і може осьово переміщуватися всередині корпусу циліндра 10. Усередині штока поршня 70 розміщений елемент приймання інструмента 120, який здатний зміщуватися в осьовому напрямку на незначну відстань. До цього елемента приєднаний запірний шток 140, який, своєю чергою, може входити в контакт із першою клапанною заслінкою 100, розташованою в поршні 40.

З метою спрощення розуміння винаходу елементи, що не є критично важливими для пояснення принципу роботи, хоча й мають позиційні позначення на кресленнях, детально не розглядаються.

Винахід також передбачає гідравлічно-механічну систему автоматичного вимкнення, у якій робоча рідина гідравлічного циліндра використовується не лише для створення зусилля, але й для забезпечення функціонування цієї системи. Система автоматичного вимкнення оснащена першою та другою клапанними заслінками, розміщеними всередині корпусу, які у разі появи перешкоди на шляху висування штока поршня обмежують переміщення поршня ще до досягнення ним заздалегідь визначеного положення шляхом відведення робочої рідини з області поршня.

Європейське патентне відомство, EP1793050A3, Майкл Штукке, Олівер Швенккраус, Ганс-Петер Лавернь, Томас Ціттербарт, Liebherr Hydraulikbagger GmbH 2011-08-03 [7].

Винахід належить до гідравлічного циліндра (10), оснащеного поршнем (12) зі штоком поршня (14), до якого під'єднані дві гідравлічні лінії (16, 18) з керувальним клапаном (22). Відповідно до винаходу принаймні в одній із гідравлічних ліній (18) передбачено перемикальний дросельний клапан (30), який може переводитися з положення вільного протікання гідравлічної рідини в положення дроселювання, у якому клапан виконує функцію обмеження потоку.

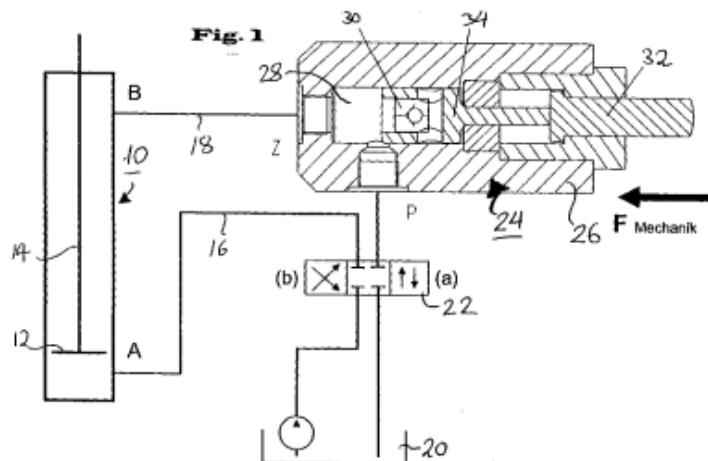


Рис.2.2. Гідравлічна схема

Літературний огляд проводився за літературними джерелами технічної бібліотеки підприємства ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» і технічній документації, що знаходиться в архівах цехів підприємства [8-10].

Силовий циліндр.

Пропонується силовий циліндр (рис. 2.3) в якому консольно встановлені дві взаємно ущільнені робочі гільзи і центральний стрижень, що створюючий з поверхнею внутрішньої гільзи робочу камеру, відрізняється тим, що з метою забезпечення можливості виконання двостороннього робочого руху, стрижень виконаний ступінчастим з двома ділянками різного діаметру, меншим з яких спільно з внутрішньою поверхнею зовнішньої гільзи утворена друга робоча камера в торці якої жорстко закріплений кінець стрижня.

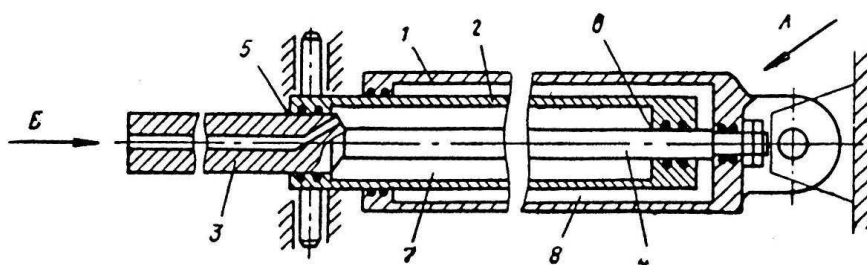


Рис. 2.3. Силовий циліндр

- 1 - зовнішня робоча гільза; 2 - внутрішня робоча гільза; 3 - стрижень;
 4 - стрижень; 5 - опора ущільнювача; 6 - опора ущільнювача;
 7 - робоча камера №1; 8 - робоча камера №2

Гідравлічний циліндр (див. рис. 2.4), в корпусі якого розміщено два поршні з штоками, що проходять через торцеві кришки корпусу, причому один з штоків прикріплений нерухомо до зовнішнього елемента і виконаний з крізним каналом, що сполучає загальну поршневу порожнину з гідросистемою, що відрізняється тим що з метою підвищення надійності конструкції в нерухомо прикріпленому до зовнішнього елемента в штоку виконаний додатковий канал що сполучає його штокову порожнину з гідросистемою, при цьому штокові порожнини сполучені між собою трубопроводом.

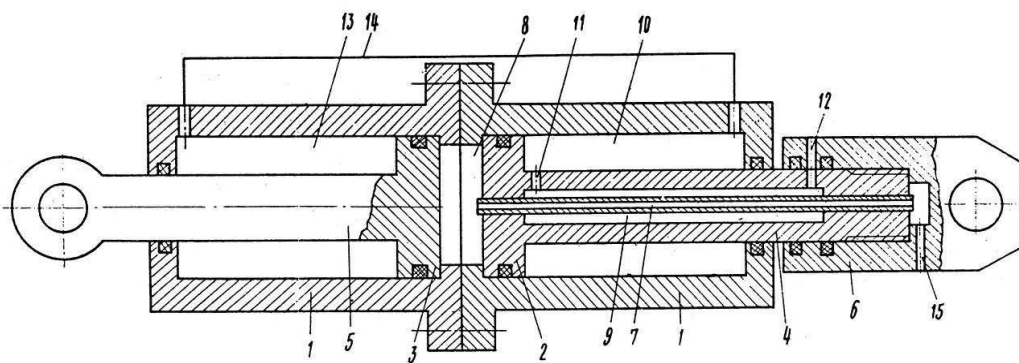


Рис. 2.4. Гідравлічний циліндр

- 1 - корпус; 2 - поршень; 3 - поршень; 4 - шток; 5 - шток; 6 - проушина;
 7 - крізний канал; 8 - поршнева порожнина; 9 - додатковий канал;
 10 - штокова порожнина; 11 - канал; 12 - канал; 13 - штокова порожнина;
 14 - трубопровід.

Гідроциліндр (рис. 2.5) з поршнем що фіксується при допомозі заздалегідь напружених елементів корпусу і розфіксуванням при подачі робочого тиску, що відрізняється тим, що з метою зменшення габаритів і підвищення надійності поршень виконаний у вигляді стакана пов'язаного з штоком за допомогою пружного елемента і забезпеченого каналом, що повідомляє обмежену кільцями ущільнювачів порожнина між робочою поверхнею поршня і заздалегідь напруженою стінкою циліндра з магістраллю робочої рідини.

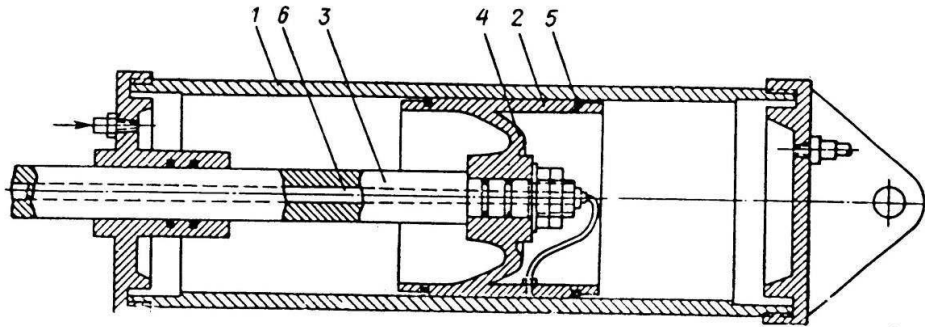


Рис. 2.5. Гідроциліндр

1 - циліндр, 2 - поршень, 3 - шток, 4 - пружний елемент,
5 – ущільнюючі пальці, 6 – канал

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

Існуюча конструкція преса для згинання бандажів виливниць має низку суттєвих недоліків, які призводять до частих ремонтів, простоїв обладнання, перевитрати гідравлічного масла та, як наслідок, збільшення витрат на ремонтні роботи.

З метою усунення зазначених недоліків пропонується замінити наявну конструкцію преса шляхом модернізації його гідравлічної схеми та заміни плунжерного гідроциліндра на гідроциліндр двосторонньої дії. Запропоновані зміни дозволять підвищити стабільність роботи преса за рахунок спрощення гідравлічної системи та застосування гідроциліндра двосторонньої дії. Крім того, передбачається зменшення впливу сил тертя на поперечину під час згинання бандажів шляхом заміни тертя ковзання (касета — бандаж) на тертя кочення (ролик — бандаж), що сприятиме збільшенню міжремонтного періоду та загального ресурсу обладнання.

Перехід від ручної схеми керування пресом до електричної системи керування забезпечить підвищення рівня безпеки виконання робіт, а також дозволить скоротити кількість обслуговуючого персоналу.

Запропонована модернізація преса для згинання бандажів виливниць дає змогу:

- спростити гідравлічну схему;

- скоротити кількість гідравлічного обладнання;
- зменшити дію сил тертя на поперечину під час згинання бандажів;
- знизити витрати гідравлічного масла;
- зменшити металоємність конструкції;
- відмовитися від використання контрвантажів;
- спростити керування процесом згинання бандажів.

До основних переваг запропонованої модернізації преса належать:

- зручність в обслуговуванні та ремонті;
- підвищення надійності роботи обладнання;
- скорочення часу технічного обслуговування.

Очікуваний економічний ефект від модернізації преса для згинання бандажів виливниць передбачається отримати за двома основними напрямками:

1. Покращення експлуатаційних характеристик роботи преса.
2. Зменшення витрат на ремонт і технічне обслуговування.

На підставі аналізу недоліків роботи базового преса для згинання бандажів виливниць, причин їх виникнення, а також з урахуванням результатів літературно-патентного огляду й досвіду інших підприємств, пропонується замінити існуючу конструкцію преса для згинання бандажів виливниць (див. рис. 2.6–2.9).

Чинна гідравлічна схема приводу преса є складною та передбачає використання додаткового обладнання, зокрема плунжерного гідроциліндра з примусовим поверненням плунжера в початкове положення за допомогою контрвагів і зливом масла в резервуар.

З метою вибору найбільш раціональної конструкції преса та покращення його роботи пропонується реалізувати такі заходи:

1. Замінити плунжерний гідроциліндр із примусовим поверненням плунжера контрвагами на гідроциліндр двосторонньої дії та замінити механічний привід на гідравлічний.
2. Модифікувати схему гідроприводу з використанням мінімально необхідної кількості гідравлічного обладнання.

3. Замінити поперечину (траверсу з касетою) на поперечину з роликами, забезпечивши перехід від тертя ковзання до тертя кочення.
4. Змінити систему керування гідроприводом, застосувавши електричну схему керування з кнопковим управлінням.

2.3 Опис конструкції модернізованого преса для згинання бандажів виливниць

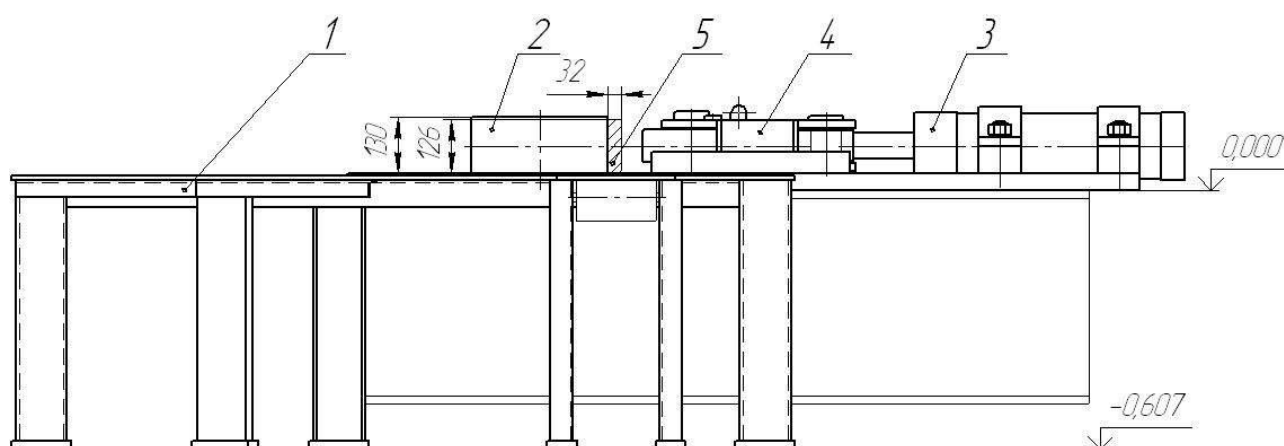
Конструкція преса складається з таких основних вузлів: стіл 1, матриця 2, гідроциліндр 3, поперечина 4, бандаж 5 (див. рис. 2.6), маслостанція 4 (див. рис. 2.7), постіль 2, а також ролик 6 (див. рис. 2.6).

Стіл 1 (див. рис. 2.8) виконаний у вигляді зварної рамної конструкції, на якій встановлена матриця діаметром 325 мм та закріплені ролики. Він призначений для фіксації заготовки в необхідному положенні під час процесу згинання. На столі змонтовано постіль 2, до якої кріпиться гідроциліндр 4. Поперечина 5 (див. рис. 2.6) є збірною конструкцією, що складається з траверси 2 з двома роликами 6, закріпленими на ній. Матриця діаметром 470 мм (позиція 7) є змінним елементом і встановлюється на матрицю діаметром 325 мм для забезпечення можливості згинання бандажів іншого типорозміру. Крім того, прес може використовуватися для згинання скоб (жеребейок). Застосування матриці Ø470 мм для згинання бандажів іншого типу показано на рис. 2.8.

Робота преса для згинання бандажів виливниць здійснюється у такій послідовності:

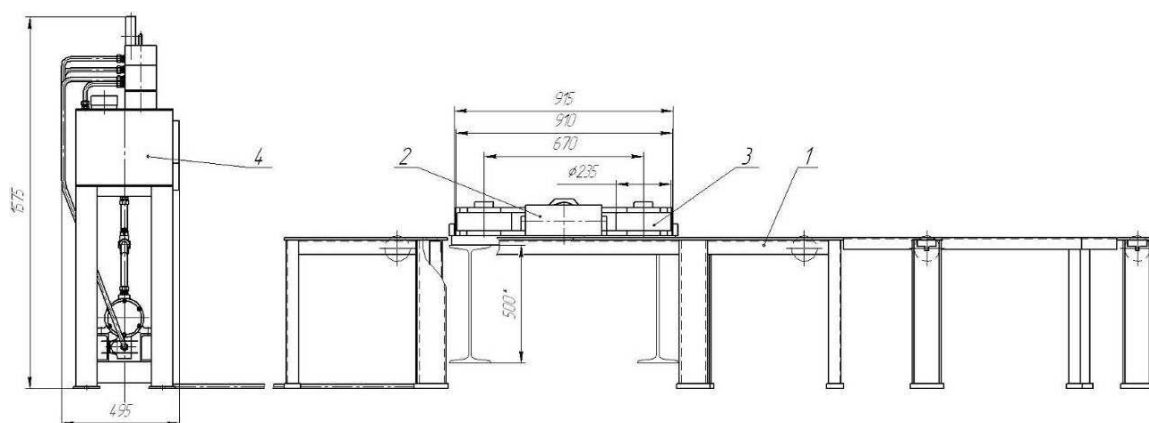
- на ролики столу преса встановлюється заздалегідь розмічена відповідно до креслень заготовка бандажної смуги;
- мітка на смузі суміщується з міткою на матриці;
- вмикається маслостанція, після чого гідроциліндр приводиться в дію натисканням кнопки «Вперед», у результаті чого виконується згинання смуги на заданий радіус, контроль здійснюється за мітками на столі;
- натисканням кнопки «Зворотний хід» шток гідроциліндра повертається у початкове положення, а зупинка забезпечується кінцевим вимикачем;

- заготовка переміщується до наступної мітки, після чого операція згинання повторюється;
- готовий бандаж знімається з преса та передається на ділянку автоматичного зварювання.



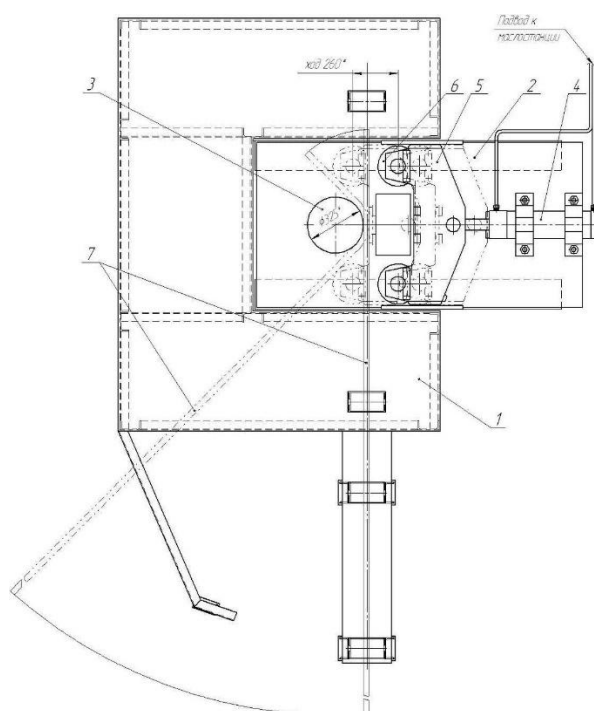
**Рис. 2.6. Модернізований прес для згинання бандажів виливниць
(вид збоку)**

1 - стіл; 2 - матриця $\text{Ø}325$ мм; 3 - гідроциліндр; 4 - поперечина; 5 - бандаж.



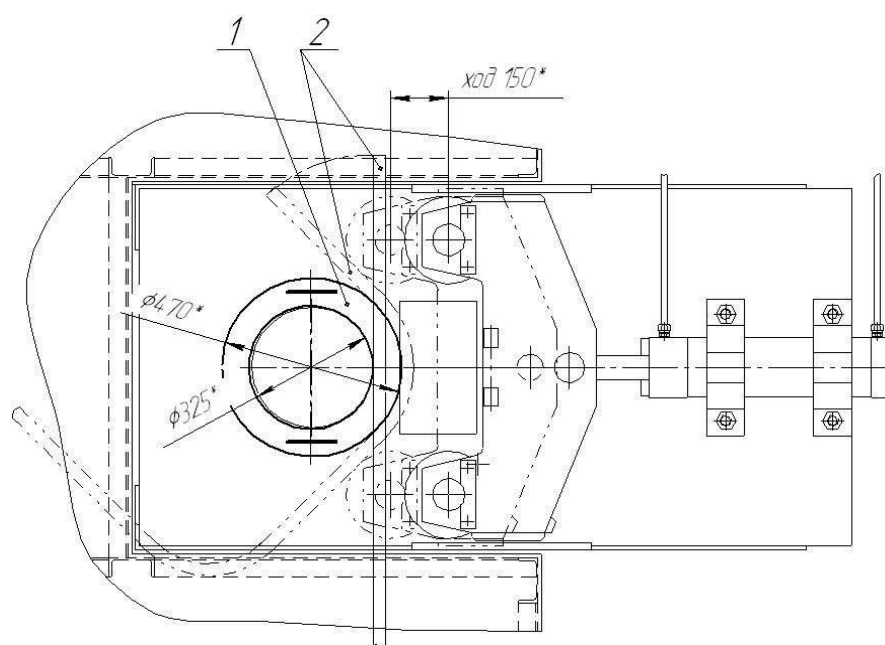
**Рис. 2.7. Модернізований прес для згинання бандажів виливниць
(вид спереду)**

1 – стіл; 2 – матриця $\text{Ø}325$ мм; 3 – ролик; 4 – масло станція



**Рис. 2.8. Модернізований прес для гибки бандажів виливниць
(вид зверху)**

1 – стіл; 2 – постіль; 3 – матриця $\text{Ø}325$ мм; 4 – гідроциліндр;
5 – поперечина; 6 – ролик; 7 – бандаж



**Рис. 2.9. Модернізований прес для згинання бандажів виливниць
(вид зверху)**

1 – матриця $\text{Ø}470$ мм; 2 – бандаж

Для згинання бандажа іншого типорозміру ($R=235$ мм) заздалегідь проводиться установка матриці $\varnothing 470$ мм. Операція згинання проводиться аналогічно описаній вище.

Для можливості згинання скоб (жербеєк) проводиться установка додаткової матриці і пуансона, який кріпиться до поперечини;

- у матрицю вставляється заготовка скоби і проводиться згинання;
- готовий виріб випадає в отвір столу преса в заздалегідь встановлений короб;
- після закінчення згинання скоб короб витягується з під преса.

2.4 Аналітичні розрахунки

2.4.1 Визначення вихідних даних для розрахунків

Початкові дані для розрахунків [4,5]:

Час руху штока вперед, с	до 6
Швидкість руху штока циліндра, м/хв	до 3
Радіус використовуваних матриць	
для виготовлення бандажів виливниць, мм	160; 235
Розмірів заготовки для бандажа, мм	126×32×4500
Розміри бандажів, мм:	
для виливниці типу КС-8П	1210±10×1070±10
внутрішній радіус, мм	235 (4 рад)
для виливниці типу С-9	1055±10×955±10
внутрішній радіус, мм	160 (4 рад)
для виливниці типу МКС і МС	1245±10×1155±10
внутрішній радіус, мм	235 (4 рад)
Швидкість гнучкі, хв	2,53
Матеріал заготовки сталь 09Г2С ГОСТ 1928189.	
$\sigma_T = 350$ МПа - межа текучості	

$[\sigma]_{из} = 200 \text{ МПа}$ - напруга вигину, що допускається.

Продуктивність, шт./год

12-15

Розрахункові дані визначаються зі схеми згинання бандажів (див. рис.2.10, 2.11).

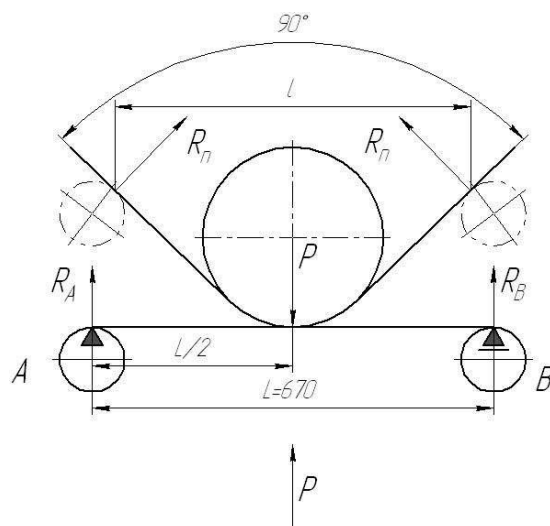


Рис. 2.10. Розрахункова схема згинання бандажа

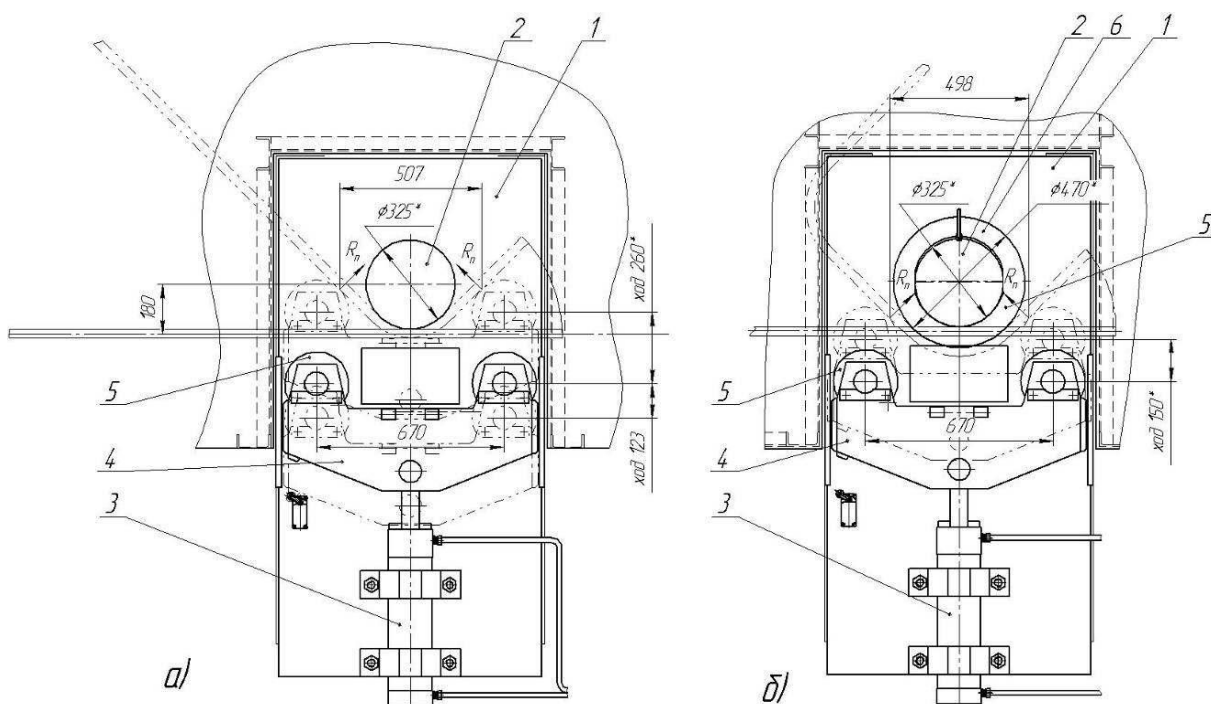


Рис. 2.11. Схема згинання бандажа

а) використання матриці $\text{Ø}320 \text{ мм}$; б) використання матриці $\text{Ø}470 \text{ мм}$

1 – постіль; 2 – матриця $\text{Ø}320 \text{ мм}$; 3 – гідро циліндр; 4 – поперечина;
5 – ролик; 6 – матриця $\text{Ø}470 \text{ мм}$

Умова міцності перетину бандажа під дією вигинаючого моменту

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M}{W} \leq [\sigma]_{\text{из}} \quad (2.1)$$

де M - момент, що вигинає, Нм;

W - момент опору перетину, м³;

$[\sigma]_{\text{из}}$ - напруга вигину матеріалу, що допускається.

Момент, що вигинає, з формули (2.1)

$$M \geq [\sigma]_{\text{из}} \cdot W = 200 \cdot 10^6 \cdot 2,15 \cdot 10^{-5} = 4300,8 \text{ Нм} \quad (2.2)$$

де $[\sigma]_{\text{из}} = 200$ МПа - напруга вигину, що допускається, для сталі 09Г2С ГОСТ 1928189 [11].

Момент опору перетину бандажа

$$W = \frac{ab^2}{6} = \frac{0,126 \cdot 0,032^2}{6} = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (2.3)$$

де $a = 0,126$ м - ширина бандажа;

$b = 0,032$ м - товщина бандажа.

Визначимо необхідне зусилля для вигину бандажа. Момент, що вигинає [12].

$$M = \frac{PL}{4} \quad (2.4)$$

де M - момент, що вигинає, Нм;

P - зусилля сприймане бандажем, Н;

L - відстань між опорами (роліками), м.

Звідки

$$P = \frac{4M}{L} = \frac{4 \cdot 4300,8}{0,67} = 25676,4 \text{ Н} \quad (2.5)$$

де $M = 4300,8 \text{ Нм}$ - вигинаючий момент, необхідний для вигину бандажа (див. формулу 2.2);

$L = 0,67 \text{ м}$ - відстань між опорами (роliками).

З урахуванням того, що дія вигинаючого моменту відбувається по дотичній у момент вигину бандажа навколо матриці, то розрахуємо дію тах вигинаючого моменту в кінцевій фазі вигину бандажа.

$$P = \frac{4M}{L} = \frac{4 \cdot 4300,8}{0,498} = 34544,6 \text{ Н}$$

де $L = 0,498 \text{ м}$ - відстань між опорами (роliками) в кінцевій фазі вигину бандажа.

Визначимо необхідний тиск подачі насоса для вигину бандажа з формули [12]

$$P = \frac{\pi D^2}{4} \rho \quad (2.6)$$

де $P = 34544,6 \text{ Н}$ - зусилля сприймане бандажем;

$\pi = 3,14$;

$D = 125 \text{ мм}$ - діаметр поршня;

ρ - тиск нагнітається насосом, МПа.

Звідки тиск нагнітається насосом

$$\rho = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 34544,6}{3,14 \cdot 125^2} = 2,81 \text{ МПа}$$

2.4.2 Розрахунок потужності гідроприводу преса

Визначимо потужність насоса маслостанції [13]

$$N = \frac{PQ}{60} = \frac{16 \cdot 34}{60} = 9,1 \text{ кВт} \quad (2.7)$$

де $P = 16$ МПа - робочий тиск;

$Q = 34$ л/хв - витрата рідини;

60 - коефіцієнт перекладу потужності вираженої МПа/хв в кВт.

Для нормальної роботи маслостанції вибираємо:

Електродвигун тип – 4АМУ 132М4

потужність, кВт	11
частота обертання, об/хв	1500
вага, кг	83,5

Насос тип Н403У

подача, л/хв, (с)	34, (0,57)
номінальний тиск, МПа	22

Розрахунок необхідної кількості масла того, що поступає в гідроциліндр.

Визначимо об'єм бака гідростанції [13]. Мінімальна ємність бака визначається зміною ємності агрегатів гідравлічної системи в процесі роботи.

$$V = V_{\text{гц}} + V_{\text{тр}} + V_t + V_z \quad (2.8)$$

де $V_{\text{гц}}$ - об'єм масла гідроциліндра в поршневій порожнині, л;

$V_{\text{тр}}$ - об'єм масла в гідросистемі, обумовлений температурним її розширенням, л;

V_t - об'єм масла в трубопроводах гідросистеми, л;

V_z - запас масла для компенсації витоків, л.

Об'єм масла гідро циліндра

$$V_{г.ц} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 0,125^2}{4} \cdot 0,4 = 0,0049 \text{ м}^3 = 4,9 \text{ л} \quad (2.9)$$

де $\pi = 3,14$;

$d = 0,125 \text{ м}$;

$h = s = 0,4 \text{ м}$ - хід циліндра.

Для спрощеного розрахунку ємність бака вибирають рівною 23 кратна продуктивність насоса [6].

$$V = 3 \cdot Q = 3 \cdot 34 = 102 \text{ л} \quad (2.10)$$

де $Q = 34 \text{ л/мін}$ - продуктивність насоса.

Згідно стандартного ряду об'ємів гидробаків, приймаємо $Q = 100 \text{ л}$.

2.4.3 Силовий і кінематичний аналіз

Основними частинами гідроприводу є (див. рис. 2.12): маслобак 1 ємністю 100 л; радіально-поршневий насос 2, $p = 32 \text{ МПа}$; електродвигун 3, $N = 10 \text{ кВт}$, $n = 1500 \text{ об/хв}$; вентиль 4; контрольний манометр 5; запобіжний клапан 6; розподільник 7; гідроциліндр 8; фільтр зливний 9.

У початковому положенні при включеному електродвигуні 3, масло подається насосом 2 розподільником 7 зливається в маслобак 1. Підтримка номінального тиску в гідросистемі в 16 МПа забезпечується клапаном тиску 6, контроль тиску здійснюється за допомогою манометра 5.

Включенням електромагніту розподільника 7 приводиться в рух гідроциліндр 8. Включення проводиться натисненням кнопки.

При сливі масла в маслобак, масло проходить через фільтр 9

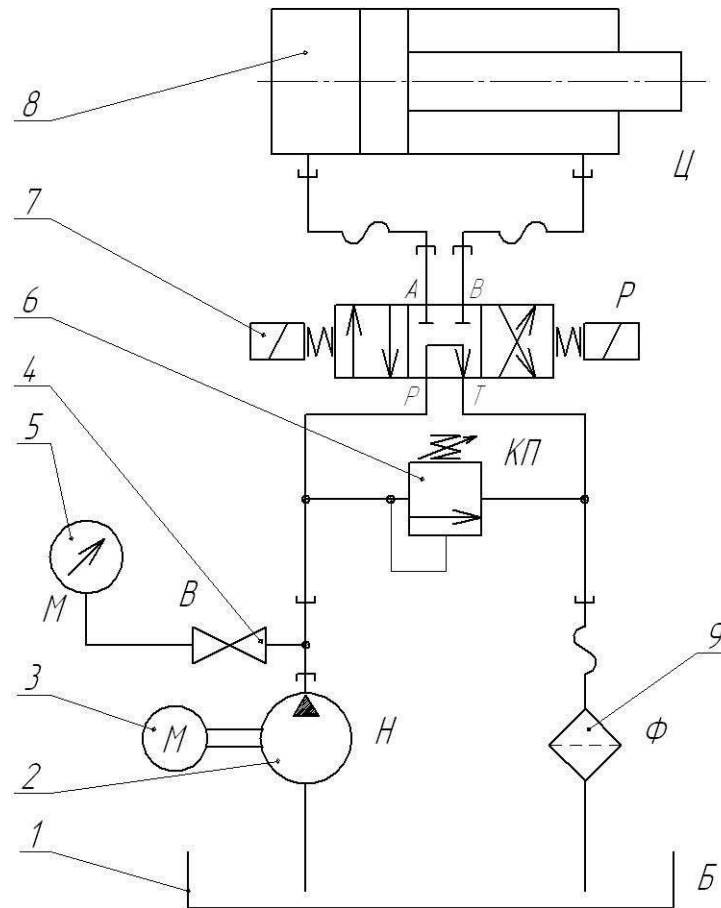


Рис. 2.12. Гідравлічна схема модернізованого пресу для гнучки бандажів:

- 1 – маслобак; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – вентиль; 5 – манометр;
6 – запобіжний клапан; 7 – розподільник; 8 – гідроциліндр; 9 – фільтр.

2.4.4 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми

Розрахунок циліндра

Силовий аналіз механізму - преса для гнучкі бандажів полягає у визначенні номінального зусилля циліндра. Для цього необхідно визначити оптимальні розміри гідроциліндра і номінальний тиск маслостанції.

Циліндр виготовлений із сталі напругу матеріалу циліндра, що допускається, знаходимо з виразу [12].

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} \quad (2.11)$$

де σ_T – межа текучості, МПа;

$n \geq 2,5$ запас міцності по межі текучості;

Номинальне зусилля, що розвивається циліндром

$$P_H = \pi k_B^2 \cdot \rho \quad (2.12)$$

Оптимальний тиск

$$P_{\text{опт}} = \frac{[\sigma]}{2\sqrt{3}} = 0,29[\sigma] \quad (2.13)$$

де $[\sigma] = 80$ МПа - для сталі 45 ГОСТ 454371.

$$P_{\text{опт}} = 0,29 \cdot 80 = 23,2 \text{ МПа} \quad (2.14)$$

При виборі тиску робочої рідини потрібно мати на увазі, що при наближенні p до значення $p_{\text{опт}}$ (починаючи з якогось тиску) має місце незначне зменшення розмірів циліндра при підвищенні тиску [13]. Тому часто приймають

$$p = (0,70 - 0,75) \cdot p_{\text{опт}} = 0,7 \cdot 0,23,2 = 16,2 \quad (2.15)$$

Зважаючи на те, що стандартне устаткування маслостанцій, гідроапаратура, трубопроводи в більшості випадків виготовляються на номінальний тиск 16, 20 і 32 МПа, а також враховуючи принципи взаємозамінюваності, уніфікації і ремонтпридатності устаткування, застосування, що виключають, і конструювання унікальних вузлів гідрообладнання пов'язаних з підвищеним тиском вибираємо стандартне значення тиску масла маслостанціями, що розвивається, по ГОСТ 645068 $p=16$ МПа.

Визначимо внутрішній радіус гільзи циліндра по формулі

$$r_B = \sqrt{\frac{P}{\pi p}} = \sqrt{\frac{196250}{3,14 \cdot 23,2}} = 62,5 \text{ мм} \quad (2.16)$$

Набутого значення відповідає стандартному ряду розмірів [14].

Визначимо номінальне зусилля циліндра по формулі (2.12).

$$P_H = \pi r_B^2 \cdot p = 3,14 \cdot 62,5^2 \cdot 16 = 196250 \text{ Н}$$

Умова працездатності циліндра преса

$$\begin{aligned} P_H &\geq P \\ 196250 \text{ Н} &> 34544,6 \text{ Н} \end{aligned} \quad (2.17)$$

умова виконується.

Якщо на циліндр діє тільки внутрішній тиск p , то в стінках його виникають напруги:

Радіальні

$$\sigma_r = \frac{pr_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \cdot \left(1 - \frac{r_H^2}{r^2}\right) = \frac{16 \cdot 62,5^2}{77,5^2 - 62,5^2} \cdot \left(1 - \frac{77,5^2}{62,5^2}\right) = -16 \text{ МПа} \quad (2.18)$$

тангенціальні

$$\sigma_r = \frac{pr_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \cdot \left(1 + \frac{r_H^2}{r^2}\right) = \frac{16 \cdot 62,5^2}{77,5^2 - 62,5^2} \cdot \left(1 + \frac{77,5^2}{62,5^2}\right) = 75,5 \text{ МПа} \quad (2.19)$$

осьові від впливу дна

$$\sigma_r = \frac{pr_B^2}{r_H^2 - r_B^2} = \frac{16 \cdot 62,5^2}{77,5^2 - 62,5^2} = 29,8 \text{ МПа} \quad (2.20)$$

$$\text{де } \sigma_t > \sigma_z > \sigma_r. \quad (2.21)$$

Найбільша напруга виникає на внутрішній поверхні гільзи циліндра ($r=r_B$).
По енергетичній теорії міцності еквівалентна напруга визначається виразом

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(\sigma_t - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_t)^2} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(75,5 - 29,8)^2 + (29,8 + 16)^2 + (-16 - 75,5)^2} = 56 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.22)$$

Максимальна напруга буде на внутрішній стінці

$$\sigma \frac{\sqrt{3}r_H^2}{r_H^2 - r_B^2} \frac{\sqrt{3} \cdot 77,5^2}{77,5^2 - 62,5^2} \text{ МПа} \quad (2.23)$$

max

Запас міцності стінки гільзи циліндра по межі текучості знаходимо з виразу (2.15)

$$n = \frac{\sigma_T}{[\sigma]} = \frac{450}{80} = 5,6 \quad (2.24)$$

де $\sigma_T=450$ МПа – межа текучості.

За експериментальними даними при конструюванні пресів запас міцності по межі текучості $n \geq 2,5$ [11].

$$5,6 \geq 2,5. \quad (2.25)$$

Умова виконується. Визначимо швидкість руху штока гідроциліндра [5].

$$v = \frac{s}{t} = \frac{260}{6} = 43,3 \text{ мм/с} = 0,0433 \text{ м/с} \quad (2.26)$$

де $s = 260$ мм - робочий хід штока циліндра;

$t \approx 6$ с - час руху штока вперед (по умові). Швидкість руху штока гідроциліндра.

$$v = 1000 \cdot \frac{Q}{F} \quad (2.27)$$

де 1000 - коефіцієнт перекладу подачі вираженої мм/с в м/с.

Q - подача масла до гідроциліндра, л/с;

$F = \pi r^2$ - площа поршня, мм²

$$F = \pi r^2 = 3,14 \cdot 62,5^2 = 12265,6 \text{ мм}^2 \quad (2.28)$$

де $\pi = 3,14$

$r = 62,5$ мм – внутрішній радіус циліндру (з формули 2.14)

Звідки подача масла до гідроциліндра

$$Q = \frac{v \cdot F}{1000} = \frac{0,0433 \cdot 12265,6}{1000} = 0,53 \text{ л/с} \quad (2.29)$$

де 1000 - коефіцієнт перекладу подачі вираженої мм/с в л/с;

$v = 0,0433$ м/с - швидкість руху штока циліндра;

$F = 12265,6$ мм² - площа поршня.

Подача маслостанції

$$Q = 0,53 \cdot 60 = 31,8 \text{ л/хв.} \quad (2.30)$$

де 60 - коефіцієнт перекладу подачі вираженої л/с в л/мін. Згідно паспортних даних насосів приймаємо найближче значення подачі $Q = 34$ (0,57) л/хв (с) (насос Н403У).

Уточнюємо час руху поршня вперед

$$v = 1000 \cdot \frac{Q}{F} = 1000 \cdot \frac{0,57}{12265,6} = 0,0465 \text{ м/с}$$

де 1000 - коефіцієнт перекладу подачі вираженої мм/с в л/с;

$Q = 0,57$ с - подача насоса;

$F = 12265,6 \text{ мм}^2$ - площа поршня.

Час руху штока (з формули 2.26)

$$t = \frac{s}{v} = \frac{260}{0,0465 \cdot 10^3} = 5,6 \text{ с} \quad (2.31)$$

де $s = 260$ мм - робочий хід штока циліндра;

$v = 0,0465$ м/с - швидкість руху штока циліндра.

Підбір гідроциліндра проводимо з номенклатури постачань здійснюваних на ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг».

Вибираємо: гідроциліндр Т12563400 (Румунія)

Діаметр поршня, мм	125
Діаметр штока, мм	63
Хід поршня, мм	400
Номінальний тиск, МПа	16
Маса, кг	53,3

Вибираємо насос радіально-поршневий Н403У 125/35 ТУ 4141-0221621-22-93 [15].

Подача масла, л/хв	34
Номінальний тиск, МПа	32
Робочий об'єм, см ³	25
Частота обертання, об/хв	1500
Габаритні розміри L×B×H, мм	375×372×203
Маса, кг	48

Масло МГ-30 ТУ 38.1015079 для гідрообладнання і устаткування гідроприводів.

Температурний діапазон, °С	-30...+190
В'язкість кінематична кв. м/с, при 50°С	25·10 ⁻⁷ ...29·10 ⁻⁷
при 15°С	4·10 ⁻⁴

Знаючи величину потоку масла, що проходить через трубопровід, визначимо внутрішній діаметр круглого трубопроводу.

$$d_{mp} = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{v}} = 4,6 \sqrt{\frac{34}{4}} = 13,4 \text{ мм} \quad (2.32)$$

де $Q = 34$ л/мін - подача маслостанції;

$v = 4$ м/с - значення швидкості, що рекомендується, при $p = 16$ МПа.

Мінімально допустима товщина стінки трубопроводу [11]

$$\delta = \frac{d_{mp}}{2\left(\frac{\sigma}{p}-1\right)} = \frac{13,4}{2\left(\frac{140}{16}-1\right)} = 0,86 \text{ мм} \quad (2.33)$$

де $d_{mp} = 13,4$ мм - внутрішній діаметр круглого трубопроводу;

$\sigma = 140$ МПа - напруга, що допускається, на розрив для сталі 20 ГОСТ 105088.

$p = 16$ МПа - тиску передаємо трубопроводом.

Вибираємо: труба $d_n \times s = 14 \times 2$ ГОСТ 873475 [15].

2.4.5 Розрахунки на міцність

Розрахунок елементів кріплення гідроциліндра.

В процесі роботи циліндра на нього діють значні зусилля (рис. 2.13).

Сума зрушуючих сил F_A F_B в передній і задній опорах рівно зусиллю P , що діє на шток циліндра, а сила R , що розтягує гвинти передньої опори; може визначатися з рівняння суми моментів щодо точки А [12]:

$$M_A = P_h - Rl = 0$$

$$R = P \frac{h}{l} = 196250 \frac{0,063}{0,28} = 44156,3 \text{ Н} \quad (2.34)$$

де $P = 196250$ Н - зусилля розвивається циліндром;

$h = 0,063$ м - відстань від точки закріплення опори до осі циліндра;

$l = 0,28$ м - відстань між точками закріплення опор.

Перевірочний розрахунок болта кріплення циліндра (див. рис. 2.14):

перевірка на зріз [12]

$$\tau_{cp} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{cp} = \frac{196250}{3768 \cdot 10^{-3}} = 52,1 \text{ МПа} \quad (2.35)$$

де $P = (S_A + S_B) = 196250$ Н - навантаження, що діє на шпильку;

F - площа перетину шпильки, м²;

$[\tau]_{cp} = 90$ МПа - напруга, що допускається, при зрізі для сталі 35 ГОСТ 105088.

Площа перетину, що зрізається

$$F = \pi d \cdot b = 3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,04 = 3768 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (2.36)$$

де $\pi = 3,14$;

$d = 0,03 \text{ м}$ - діаметр шпильки (з креслення рис. 2.14);

$b = 0,04 \text{ м}$ - найменша ширина деталі, що сполучається (з креслення див. рис. 2.15).

Умова міцності

$$\tau_{\text{ср}} < [\tau]_{\text{ср}}; \quad (2.37)$$

$52,1 \text{ МПа} < 90 \text{ МПа}$

умова виконується.

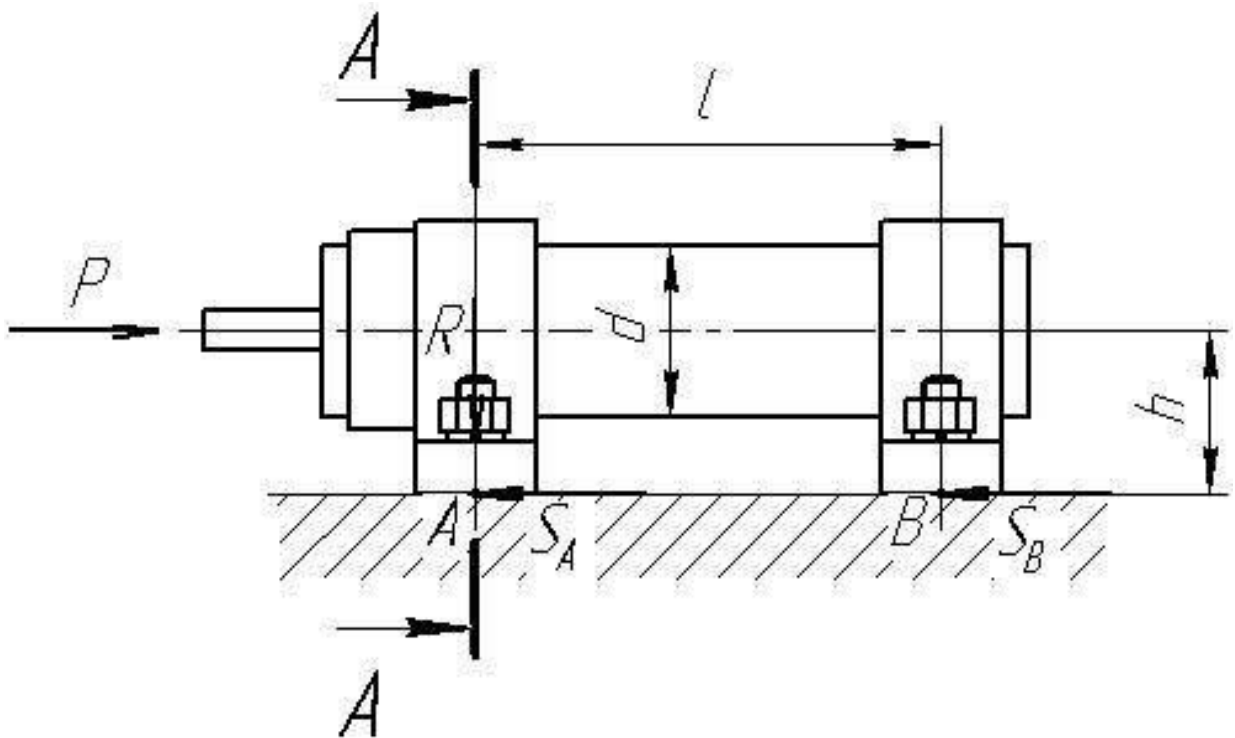


Рис. 2.13. Зусилля діючі на гідроциліндр

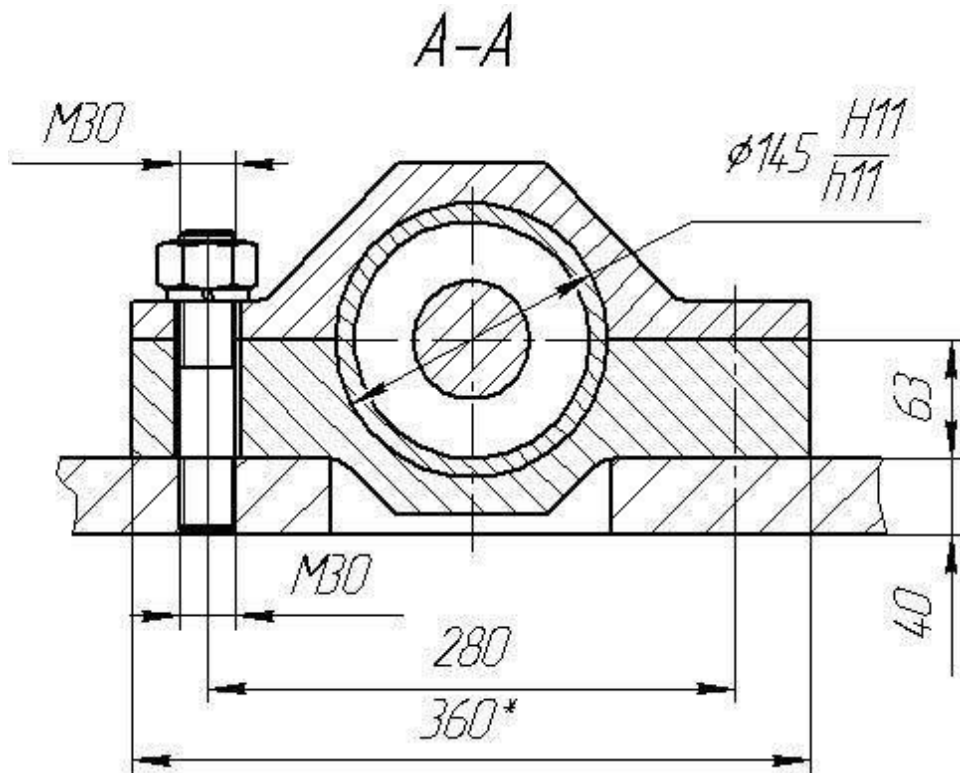


Рис. 2.14. Кріплення гідроциліндра к постелі
(січення А-А на рис.2.13)

Перевірка на розтягування [12]

$$\sigma_p = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_p = \frac{44156,3}{2826 \cdot 10^{-3}} = 15,6 \text{ МПа} \quad (2.38)$$

де $P = R = 44156,3 \text{ Н}$ - навантаження, що діє на шпильку;

F - площа перетину шпильки, м^2 (по формулі 2.3);

$[\sigma]_p = 150 \text{ МПа}$ - напруга, що допускається, при розтягуванні для сталі 35 ГОСТ 105088.

$$F = \pi r^2 = 3,14 \cdot 30^2 = 2826 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (2.39)$$

де $\pi = 3,14$;

$r = 0,03 \text{ м}$ - радіус шпильки (з креслення рис. 2.12).

Умова міцності

$$\sigma_p \leq [\sigma]_p; \quad (2.40)$$

$15,6 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}$

умова виконується.

Перевірочний розрахунок кріплення циліндра на зріз і зім'яття.

Перевірку виконуємо в небезпечному перетині А-А див. рис. 2.15

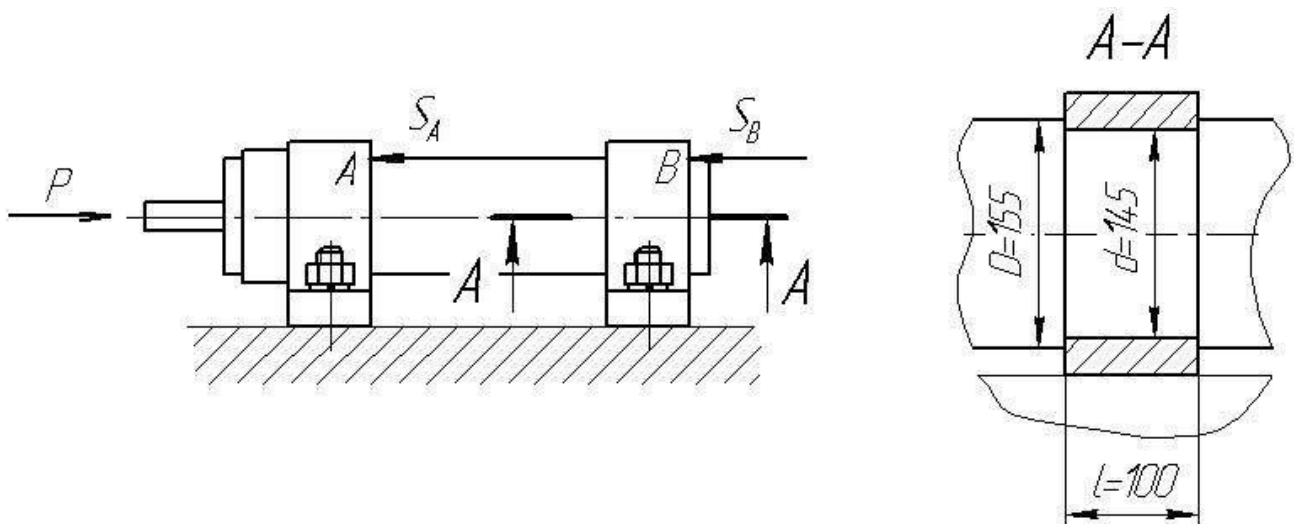


Рис. 2.15. Схема кріплення гідроциліндра

Перевірка на зім'яття

$$\sigma_{\bar{n}i} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\bar{n}i} = \frac{196250}{16504,6 \cdot 10^{-3}} = 11,9 \text{ МПа} \quad (2.41)$$

де $P = 196250 \text{ Н}$ - навантаження, що діє на кріплення;

F - площа перетину кріплення, м^2 (по формулі 2.39);

$[\sigma]_{\text{см}} = 220 \text{ МПа}$ - напруга, що допускається, при тому, що зім'яло для сталі 35 ГОСТ 105088 [11].

$$F = \pi r^2 = 3,14 \cdot 0,0725^2 = 16504,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

де $\pi = 3,14$;

$r = 0,0725 \text{ м}$ - радіус проточки в небезпечному перетині;

Умова міцності

$$\sigma_{\bar{n}i} \leq [\sigma]_{\bar{n}i} \quad (2.42)$$

$11,9 \text{ МПа} < 220 \text{ МПа}$

умова виконується.

Перевірка на зріз (по формулі 2.35)

$$\tau_{\text{сп}} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{\text{сп}} = \frac{196250}{45530 \cdot 10^{-3}} = 4,3 \text{ МПа}$$

де $P = 196250 \text{ Н}$ - навантаження, що діє на кріплення;

F - площа перетину кріплення, м^2 ;

$[\tau]_{\text{сп}} = 90 \text{ МПа}$ - напруга, що допускається, при зрізі.

$$F = \pi d \cdot b = 3,14 \cdot 0,145 \cdot 0,1 = 45530 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

де $\pi = 3,14$;

$d = 0,145$ м- діаметр кріплення;

$b = 0,1$ м- ширина кріплення;

$[\tau]_{\text{ср}} = 90$ МПа - напруга, що допускається, при зрізі.

Умова міцності

$\tau_{\text{ср}} < [\tau]_{\text{ср}}$;

$4,3$ МПа $<$ 90 МПа

умова виконується.

Перевірка направляючого циліндра, в якому встановлений і кріпиться гідроциліндр, на умову міцності при розтягуванні (по формулі 2.38).

$$\sigma_p = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_p = \frac{196250}{6594 \cdot 10^{-3}} = 29,7 \text{ МПа}$$

де $P = 196250$ Н - навантаження, що діє на внутрішню порожнину циліндра;

F - площа перетину циліндра, м^2 ;

$[\sigma]_p = 74$ МПа - напруга, що допускається, при розтягуванні для сталі 35Л ГОСТ 97775 [11].

$$F = \pi(R^2 - r^2) = 3,14 \cdot (0,0775^2 - 0,0625^2) = 6594 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

де $\pi = 3,14$;

$R = 0,0775$ м- зовнішній радіус циліндра (з креслення);

$r = 0,0625$ м- внутрішній радіус циліндра (з креслення).

$\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma]_{\text{см}}$;

$5,1$ МПа $<$ 75 МПа

умова виконується.

Виконаємо перевірочний розрахунок осі кріплення проушини штока до поперечини на вигин і зріз, а вилку поперечини на зім'яття.

Перевірка осі на зріз (по формулі 2.34)

$$\tau_{cp} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{cp} = \frac{196250 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 0,035^2} = 51 \text{ МПа} \quad (2.43)$$

де $P = 196250 \text{ Н}$ - навантаження, що діє на вісь (штовхаюче зусилля штока);

$F = \pi r^2$ - площа перетину осі, м^2 ;

де $\pi = 3,14$;

$r = 0,035 \text{ м}$ - радіус осі;

$[\tau]_{cp} = 85 \text{ МПа}$ - напруга, що допускається, при зрізі для сталі 45 ГОСТ 105088 [11].

$\tau_{cp} < [\tau]_{cp}$;

$51 \text{ МПа} < 85 \text{ МПа}$

умова виконується.

Перевірка осі на вигин.

Визначимо з умови рівноваги реакції опор:

$$R_A = R_B = 0,5 \cdot ql = 0,5 \cdot \frac{2803,6}{70} \cdot 70 = 1401,8 \text{ Н} \quad (2.44)$$

де q - розподілене навантаження, що діє на вісь;

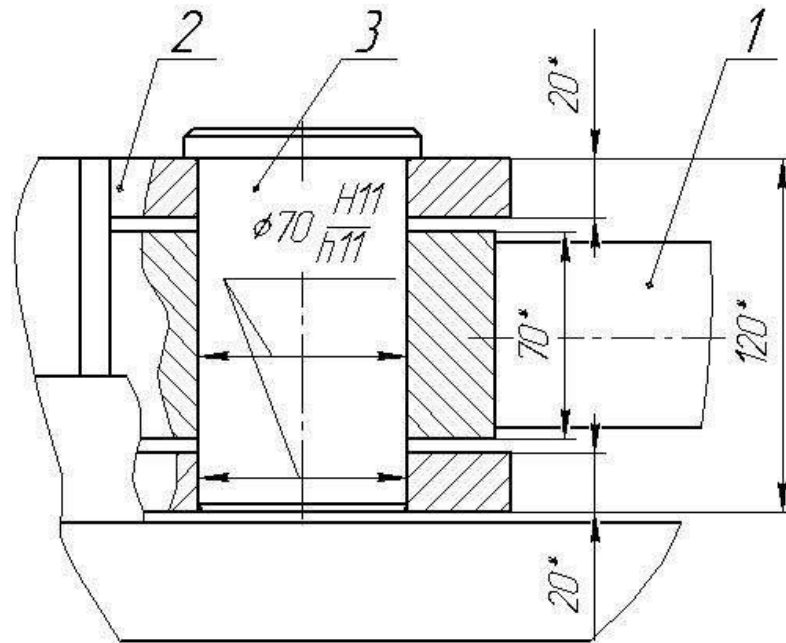


Рис. 2.16. Кріплення штоку гідроциліндра до поперечини

1 – шток гідроциліндру; 2 – вилка поперечина; 3 – вісь

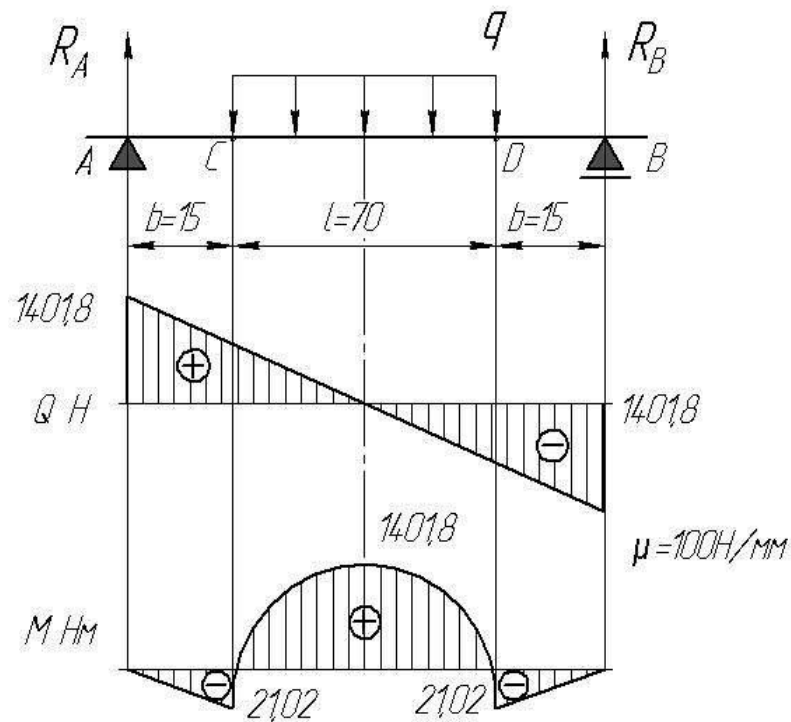


Рис. 2.17. Схема сил навантаження вісі, епюри поперечних сил і вигинаючі моментів

$$q = \frac{P}{l} = \frac{196250}{70} = 2803,6 \text{ Н/мм} \quad (2.45)$$

де $P = 196250 \text{ Н}$ - навантаження створюване гідроциліндром;
 $l = 70 \text{ мм}$ - відстань між точками додатку навантаження на вісь.
 Найбільший момент, що вигинає, складе

$$M_{\max} = \frac{q}{8}(l^2 - 4b^2) = \frac{2803,6}{8} \cdot (70^2 - 4 \cdot 15^2) = 1401800 \text{ Нмм} = 1401,8 \text{ Нм} \quad (2.46)$$

де $b = 15 \text{ мм}$ - відстань від проушини штока циліндра до середини вуха вилки поперечини.

Момент, що вигинає, в т. B, C

$$M = R \cdot b = 1401,8 \cdot 15 = 21027 \text{ Нмм} = 21,02 \text{ Нм} \quad (2.47)$$

де $R = R_A = R_B = 1401,8 \text{ Н}$ - реакції опор в т. A і т. B ;

$b = 15 \text{ мм}$ - відстань від проушини штока циліндра до середини вуха вилки поперечини.

Будуємо епюру поперечних сил Q і моментів M

Перевіримо на міцність перетину осі під дією вигинаючого моменту по формулі.

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\max}}{W} \text{ МПа} \quad (2.48)$$

$$W = \frac{1401,8 \cdot 10^{-6}}{3,365 \cdot 10^{-5}} = 41,6$$

де $M_{\max} = 1401,8 \text{ Нм}$ - момент, що вигинає;

W - момент опору перетину, м^3 ;

$[\sigma]_{\text{из}} = 240 \text{ МПа}$ - напруга вигину, що допускається, для сталі 45 [11].

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,070^3}{32} = 3,365 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (2.49)$$

де $\pi = 3,14$;

$d = 0,07$ мм- діаметр осі ролика.

Умова міцності

$$\sigma_{\text{из}} \leq [\sigma]_{\text{из}}; \quad (2.50)$$

41,6 МПа < 240 МПа

умова виконується

Перевірка вилки поперечини на те, що зім'яло

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\text{см}} = \frac{196250 \cdot 10^{-6}}{0,070 \cdot (0,020 + 0,020)} = 70,1 \text{ МПа}$$

де $P = 196250$ Н - навантаження, що діє на вісь (штовхаюче зусилля штока);

$F = ds$ - площа перетину вилки поперечини в місцях контакту з віссю, мм²;

де $d = 0,07$ м- діаметр осі;

$s = 0,02$ м- товщина вуха вилки провушини;

$[\sigma]_{\text{см}} = 210$ МПа - напруга, що допускається, при тому, що зім'яло для сталі

45 ГОСТ 105088.

Умова міцності

$$\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma]_{\text{см}};$$

70,1 МПа < 210 МПа

умова виконується.

Розрахунок міцності роликів поперечини.

Ролики поперечини випробовують навантаження під дією сил гідроциліндра направлених на вигин бандажа.

Реакції в опорах

$$A = B = \frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \cdot 34544,6 = 17272,3 \text{ Н} \quad (2.51)$$

де $P = 34544,6 \text{ Н}$ - навантаження, що сприймається підшипником при вигині бандажа (формула 2.5).

Вибір підшипників.

Підшипники кочення це стандартні вироби і при проектуванні машин і механізмів їх не розраховують, а вибирають по умовних формулах.

Метод розрахунку по динамічній вантажопідйомності C (по заданому ресурсу або довговічності).

Заздалегідь вибираємо підшипник роликівий радіальний з коротким циліндровим роликом 92616 ГОСТ 832875, з наступними паспортними даними:

$$C = 275000 \text{ Н}; C_o = 200000 \text{ Н}; n_{\text{пр}} = 3800 \text{ хв}^{-1};$$

Умова підбору:

$$C_{sa} \leq C; n \leq n_{\text{ід}} \quad (2.52)$$

де C_{sa} - скоректована розрахункова динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

$C = 275000 \text{ Н}$ - паспортна динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

$n \approx 10 \text{ хв}^{-1}$ - частота обертання валу або корпусу;

$n_{\text{пр}} = 3800 \text{ хв}^{-1}$ - гранична частота обертання підшипника.

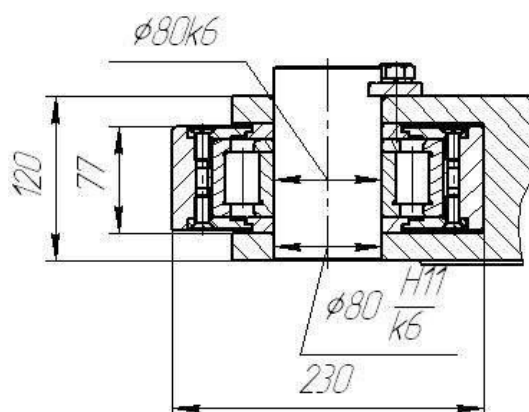


Рис. 2.18. Поперечний розріз ролика поперечини

Розрахункова скоректована довговічність (ресурс) підшипника в годиннику визначаються по формулі:

$$L_{sah} = a_1 a_{23} \frac{10^6}{60 \cdot n} n \left(\frac{C}{P} \right)^P \quad (2.53)$$

тоді умова вибору підшипника $L_{sah} \geq L_{sah}$, або $n \leq n_{пр}$.

де C - паспортна динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

P - еквівалентне динамічне навантаження, Н;

p - показник ступеня, для роликових підшипників $p = 10/3$;

n - частота обертання зовнішнього або внутрішнього кільця, хв.⁻¹;

L_{sah} - задана (базова) довговічність (ресурс) підшипника в годинах;

$n_{пр}$ - гранична частота обертання підшипника, хв.⁻¹;

a_1 - коефіцієнт надійності, що коректує;

a_{23} - коефіцієнт матеріалу і мастила, що коректує.

Замість індексу s в позначенні ресурсу і динамічної вантажопідйомності записують цифру $s = 100-S$

де S - надійність підшипника (приводиться в довіднику). Більшість підшипників випускають з надійністю 90%, тоді L_{10a} або L_{10ah} .

Для загальноприйнятої 90% надійності, при звичайній якості стали і умовах мастила, що забезпечують розділення контактуючих робочих поверхонь, що коректують коефіцієнти $a_1 = 1$; $a_{23} = 0,5$ (звичайні умови застосування [11]).

Задана довговічність підшипників L_{sah} , визначається довговічністю устаткуванню. Призначаємо з урахуванням капітальних ремонтів ресурс роботи преса повинен бути не менше 10000 год.

Приймаємо $L_{sah} = 10000$ год. Для радіальних підшипників кочення еквівалентне динамічне навантаження визначається по формулі:

$$\text{при } \frac{F_a}{VF_a} < eP = (XVF_r + YF_a)K_6K_T \quad (2.54)$$

$$P = (1 \cdot 1,2 \cdot 17272,3) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 26115,7 \text{ Н}$$

де $F_r = 98125 \text{ Н}$ - найбільше радіальне навантаження;

$F_a = 0$ - найбільше осьове навантаження відсутнє;

$X = 1$ - коефіцієнт радіального навантаження;

$Y = 0$ - коефіцієнт осьового навантаження відсутній;

$V = 1,2$ - коефіцієнт обертання кільця, при обертанні зовнішнього кільця;

$K_6 = 1,2$ - коефіцієнт безпеки, що враховує характер навантаження;

$K_m = 1,05$ - температурний коефіцієнт.

Тоді

$$L_{sah} = a_1 a_{23} \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^p = 1 \cdot 0,5 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1000} \cdot \left(\frac{275000}{26115,7} \right)^{3,33} = 21160 \text{ год} > 10000 \text{ год}$$

Вибраний підшипник придатний.

Основні розміри підшипника 92616 ГОСТ 832875 $d = 80 \text{ мм}$; $D = 230 \text{ мм}$; $b = 58 \text{ мм}$; $r = 3,5 \text{ мм}$.

2.5 Монтаж, ремонт, змащення.

2.5.1 Розробка фундаменту

Фундамент призначений для зручного розміщення обладнання, його надійного закріплення та передавання всіх навантажень на основу. Він повинен відзначатися високою міцністю, стійкістю й довговічністю; осідання, деформації та вібрації фундаменту є неприпустимими [16].

Залежно від застосовуваних матеріалів фундаменти поділяють на бетонні та залізобетонні зі сталеву арматурою. Для металургійного обладнання переважно використовують залізобетонні фундаменти. У їх виготовленні в основному застосовують цементні бетони, які за щільністю класифікують на особливо важкі (понад 2500 кг/м^3), важкі ($1800\text{--}2500 \text{ кг/м}^3$), легкі ($500\text{--}1800 \text{ кг/м}^3$) та особливо легкі (менше 500 кг/м^3). Для фундаментів зазвичай застосовують важкий бетон як найбільш поширений і придатний за експлуатаційними характеристиками. Міцність бетону визначається його маркою; наприклад, бетон марки М200 має межу міцності на стиск 20 МПа .

За ступенем збірності фундаменти поділяють на монолітні, збірно-монолітні та збірні, а за компоновкою обладнання — на індивідуальні та групові. Відповідальні заставні елементи та фундаментні болти захищають від корозії органосилікатним покриттям ВН-30, яке зберігає свої властивості в температурному діапазоні від -60 до $+300$ °С.

Розміри та контури фундаменту в плані відповідають габаритам столу преса для згинання бандажів виливниць. Основа преса укладається на наявні двотаврові балки на відмітці $+0,960$ і закріплюється зварюванням, тоді як стіл розміщується на відмітці $+0,250$ (див. рис. 2.19).

Прес установлюється в існуючому приміщенні ЦПВ, де вже наявна бетонна основа. Оскільки маса преса не перевищує 100 кН, а відношення довжини складальних одиниць l до висоти їх перерізу h не перевищує значення $l/h = 8$, відповідно до рекомендацій [17] приймається установка преса на потовщену бетонну стрічку, влаштовану на підлозі наявного приміщення.

Відхилення розмірів фундаменту, що допускаються, від проектних розмірів:

- основні відхилення фундаменту по довжині і ширині в плані ± 30 мм;
- відмітки поверхні фундаменту по висоті - 30 мм;
- координат фундаментних ботів по осях в плані ± 5 мм;
- відмітки по висоті торців болтів ± 20 мм.

Для упору до підлоги передбачаємо установку заставних елементів у вигляді фундаментних болтів. Це необхідно в таких випадках:

- за умовами техніки безпеки;
- для забезпечення спільної роботи столу з фундаментом;
- при динамічних навантаженнях від зворотно-поступального переміщення частин машини.

Болти також запобігають від випадкового зсуву столу.

Стіл встановлюється на бетонну стрічку фундаменту. Монтажники зобов'язані простежити за тим, щоб до бетонування фундаменту було перевірено розташування заставних частин; опалубка була очищена від бруду, сміття і

сторонніх предметів. Відповідальні заставні деталі, фундаментні болти захищають від корозії органосилікатним складом ВН-30, що зберігає свої властивості від -60 до $+300^{\circ}\text{C}$.

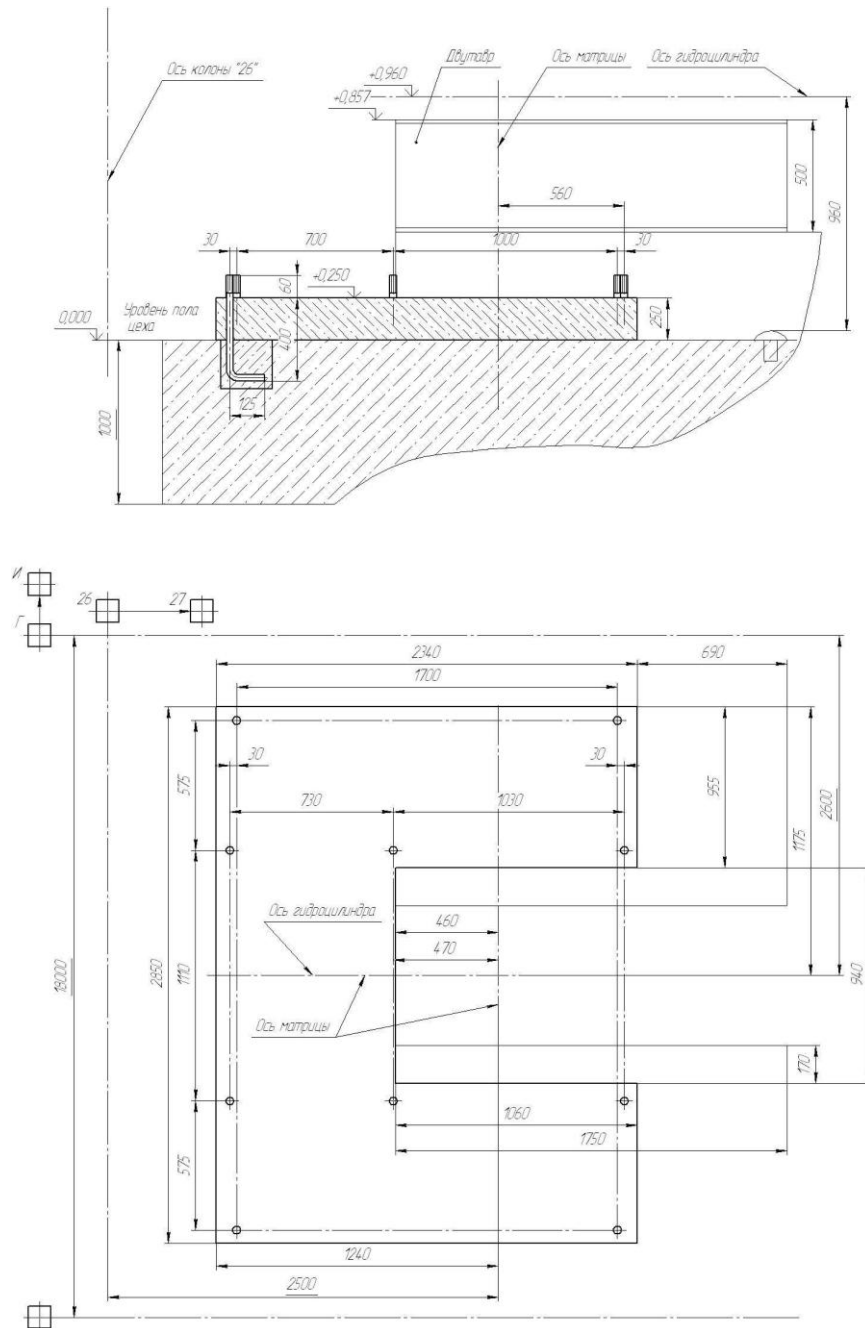
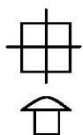


Рис. 2.19. Схема фундаменту преса



- КОЛОНИ;

2.5.2 Технологічна карта монтажу

Монтаж бази виконується на наявні двутаврові балки. Положення бази перевіряється рівнем, який укладається на поверхню ліжка у кількох точках та у взаємно перпендикулярних напрямках. Контроль вертикальності осі матриці здійснюється за допомогою схилю [16].

На базу встановлюється постіль, на яке монтується гідроциліндр із подальшим кріпленням скобами. Точність його встановлення перевіряється будівельним рівнем.

Перевірка правильності встановлення підшипників у ролики траверси проводиться за допомогою щупа, яким визначається необхідний зазор та виявляється можливий перекид.

Монтаж столу виконується на фундаментні болти з використанням регулювальних прокладок. Контроль положення столу по висоті та в горизонтальній площині здійснюється нівеліром, при цьому за базу приймається база преса, встановлене на двутаврах. Після вивіряння стіл остаточно закріплюється на фундаментних болтах.

Після завершення повного монтажу машини необхідно провести випробування роботи всіх механізмів у холостому режимі, а потім виконати випробування під навантаженням.

Перелік матеріалів та інструментів, необхідних для монтажу, наведено в таблиці 2.1.

Склад монтажного обладнання, інвентарю подано в таблиці 2.2.

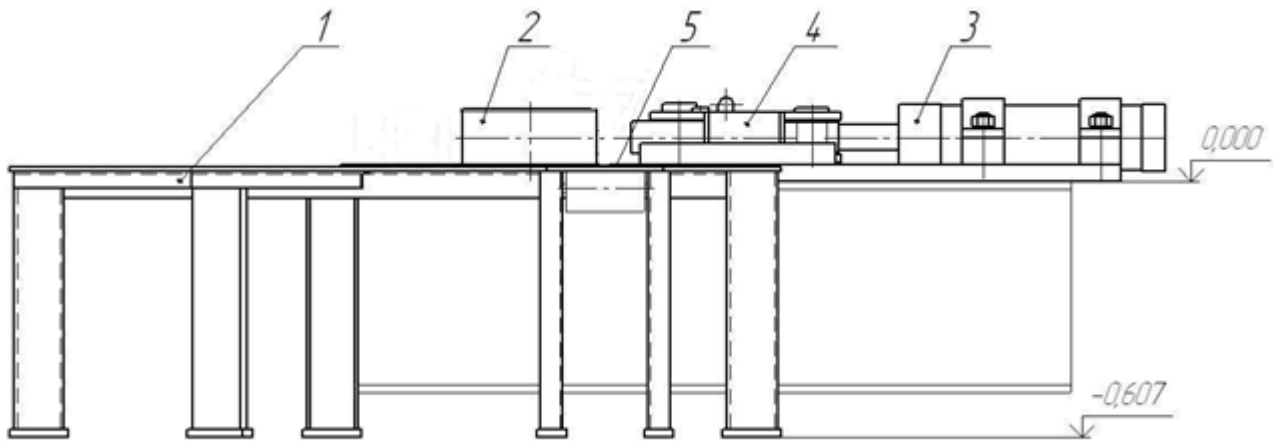
Технологічна карта монтажу преса наведена в табл.2.3

Монтажне креслення див. рис. 2.20

Таблиця 2.1

Відомість необхідних для монтажу матеріалів

№ п/п	Найменування	Призначення	Кількість
1	Масило УНІОЛ-2 (ГОСТ 23510-79)	Для підшипників роликів	0,5 кг
2	Дрантя	Для протирання обладнання	1 кг



№ поз	Найменування
1	Стіл
2	Матриця
3	Гідроциліндр
4	Поперечина з роликами
5	Постіль

Рис. 2.20. Монтажне креслення.

2.5.3 Заходи з технічного обслуговування

З метою забезпечення стабільної працездатності преса для гнуття бандажів виливниць пропонується впровадити комплекс технічних та організаційних заходів [17].

Технічне обслуговування преса передбачає систематичний контроль роботи його вузлів і механізмів, регулярне поповнення та заміну мастильних матеріалів у зонах тертя, а також виконання поточного ремонту окремих вузлів і преса в цілому.

Під час змінного обслуговування експлуатаційний і ремонтний персонал зобов'язаний:

- підтримувати обладнання та робоче місце в належному санітарному стані;
- виконувати змащування вузлів тертя мастильними матеріалами встановленої марки відповідно до регламенту;
- контролювати безперервність подачі масла до гідроциліндра;

- перевіряти справність трубопроводів і запірної арматури маслопровідних магістралей;
- здійснювати контроль кріплення кришок підшипників, оседержателів та інших деталей і вузлів, за потреби підтягувати різьбові з'єднання;
- постійно спостерігати за роботою механізмів протягом зміни, контролюючи показники контрольно-вимірювальних приладів;
- виконувати нагляд і догляд за підшипниками, гідроциліндром і різьбовими з'єднаннями відповідно до правил експлуатації типових деталей;
- стежити за наявністю, справністю та надійністю кріплення захисних огорож;
- перевіряти роботу шляхових і кінцевих вимикачів, а також систем сигналізації;
- усувати виявлені несправності та відхилення в роботі обладнання.

Експлуатаційний персонал повинен виконувати ремонтні роботи з усунення несправностей, що виникають у процесі роботи закріпленого за ним обладнання. Для цього персонал має пройти відповідне навчання з другої професії (слюсар з ремонту обладнання) та бути забезпеченим необхідним інструментом.

У разі раптового виникнення аварійної ситуації, яка може призвести до виходу обладнання з ладу або створює загрозу життю та здоров'ю персоналу, працівник, що виявив таку ситуацію, зобов'язаний негайно повідомити керівника агрегату та керівництво зміни.

Для забезпечення своєчасної зупинки обладнання та вжиття заходів щодо відновлення його працездатності і гарантування безпеки персоналу на підприємстві повинен бути розроблений і затверджений головним інженером перелік можливих аварійних ситуацій.

Інженерно-технічний персонал зобов'язаний періодично контролювати технічний стан обладнання відповідно до графіка, затвердженого головним

механіком (інженером) підприємства. Огляд обладнання проводиться з такою періодичністю:

- начальником (або заступником) цеху та його помічником з обладнання — не рідше одного разу на місяць;
- механіком цеху — не рідше двох разів на місяць;
- майстром — не рідше одного разу на тиждень.

З метою вдосконалення організаційних і технологічних заходів, спрямованих на підтримання преса в справному стані, пропонується:

- обов'язково проводити навчання для всіх працівників (технологічного та ремонтного персоналу) з ознайомленням з конструкцією преса для гнуття бандажів виливниць, принципами його роботи та вимогами з охорони праці;
- організувати курси підвищення кваліфікації для персоналу, безпосередньо задіяного в обслуговуванні преса;
- інженерно-технічним працівникам, відповідальним за підготовку та проведення ремонтів, своєчасно і в повному обсязі оформляти заявки на виготовлення та закупівлю запасних частин, приділяючи особливу увагу контролю їх виготовлення, приймання та зберігання;
- для підвищення рівня контролю за роботою преса на ділянці ремонту запровадити оперативний журнал, у якому щоденно фіксувати показники роботи обладнання, виявлені несправності, строки проведення технічного і профілактичного обслуговування із зазначенням найменування та кількості замінених вузлів і деталей;
- з метою збільшення ресурсу преса, подовження міжремонтних інтервалів та зниження витрат часу і коштів на ремонт застосовувати сучасні технології відновлення, виготовляти запасні частини з зносостійких матеріалів і використовувати довговічні комплектуючі сучасного зразка.

2.5.4 Методи відновлення деталей

Відновлення контактних поверхонь стінок гідроциліндра здійснюється методом наплавлення нового металу. Як наплавний матеріал застосовують спеціальні електроди зернистого типу (сталініт) та литого типу (сармайт), які забезпечують не лише відновлення геометричних розмірів деталей, а й підвищення їх зносостійкості [17].

Перед виконанням наплавлення поверхню деталі очищають і захищають, після чого здійснюють попередній нагрів до температури 600–700 °С. На підготовлену поверхню наносять шар бури товщиною 0,2–0,3 мм, а далі — шар наплавного сплаву завтовшки 3–5 мм. Після завершення наплавлення деталь піддають повільному та рівномірному охолодженню.

Рекомендується виконувати наплавлення не більш ніж у три шари, при цьому товщина кожного шару не повинна перевищувати 1,5 мм. Для окремих деталей гранично допустимий знос може перевищувати 5 мм.

Наплавлення поршнів клапанів повинно бути відрегульоване таким чином, щоб на ходових колесах механізмів пересування крана, візка та горизонтального редуктора приводу механізму виштовхування забезпечувався повний хід поршня живильника. Для інших підшипників хід поршневих клапанів налаштовується на неповний хід, величина якого визначається конкретними умовами експлуатації преса.

2.5.5 Вибір форми і методів проведення ремонтів

Основним завданням ремонтного господарства цеху є забезпечення безперервної та надійної роботи обладнання за мінімальних витрат матеріальних і трудових ресурсів.

Ремонтне господарство цеху здійснює експлуатацію, технічний догляд і ремонт обладнання. З урахуванням тризмінного режиму роботи цеху ремонтна служба поділяється на денний та змінний (черговий) персонал.

Денний ремонтний персонал виконує виготовлення запасних частин, окремих деталей і складальних одиниць, а також бере участь у планово-профілактичних оглядах обладнання.

Черговий змінний персонал забезпечує постійний нагляд за технічним станом обладнання протягом зміни та оперативно усуває виявлені несправності й поломки. При цьому за кожним черговим слюсарем закріплюється визначена група обладнання, за справність якої він несе персональну відповідальність у межах своєї зміни.

Робота ремонтного персоналу в зміні організовується та координується бригадиром змінних слюсарів. Загальне керівництво механічною службою цеху здійснюють заступник начальника цеху з механічного обладнання та механік цеху.

Ремонт обладнання в цеху виробництва виливниць виконується відповідно до затвердженого графіка. Підготовчі роботи розпочинаються завчасно і включають визначення обсягів ремонту та потреби в запасних частинах і матеріалах.

Підготовка до ремонту здійснюється у два етапи. На першому етапі дрібні деталі простої конфігурації виготовляються силами механічної майстерні цеху. Для виготовлення складних деталей і вузлів оформлюються заявки-замовлення до служби головного механіка підприємства. На другому етапі складаються оперативні або мережеві графіки ремонту залежно від складності та обсягу робіт. При цьому передбачається зниження трудомісткості та скорочення строків ремонту шляхом застосування повузлового або агрегатного методу ремонту, а також механізації та централізації ремонтних робіт.

Застосування прогресивних методів ремонту визначає раціональні міжремонтні періоди, які встановлюються на основі виробничого досвіду та нормативних строків служби зношуваних вузлів і деталей. Після закінчення встановлених строків подальша експлуатація обладнання призводить до інтенсивного зносу і можливого виходу з ладу механізмів. Водночас основним

недоліком планових ремонтів залишаються порушення графіків їх виконання, що спричиняє збільшення міжремонтних інтервалів.

Підвищення ефективності використання основних виробничих фондів є одним із ключових завдань загальної проблеми зростання ефективності суспільного виробництва. Досвід провідних металургійних підприємств свідчить, що подовження міжремонтних періодів досягається насамперед за рахунок кваліфікованого технічного обслуговування, своєчасної заміни швидкозношуваних деталей, раціональної організації ремонтного господарства та неухильного дотримання вимог експлуатаційної документації.

Для забезпечення ефективного обслуговування обладнання необхідно виявляти та усувати основні причини передчасного виходу з ладу деталей і вузлів, зокрема:

- порушення взаємного розташування деталей і вузлів унаслідок ослаблення шпонкових, болтових та інших з'єднань;
- недотримання режимів змащування, використання невідповідних мастильних матеріалів, їх нестача або повна відсутність;
- неправильне визначення строків служби вузлів і деталей.

Міжзмінні простої, як правило, використовуються для виконання робіт із усунення зазначених причин зносу та відмов обладнання.

Основними напрямками скорочення витрат на ремонтні роботи та збільшення міжремонтних періодів є:

- централізація і механізація ремонтів металургійного обладнання;
- застосування повузлового методу ремонту;
- використання термічної обробки деталей;
- підвищення кваліфікації ремонтного персоналу та опанування ним суміжних професій;
- виконання капітальних ремонтів за розосередженими графіками.

Застосування повузлового методу ремонту дозволяє суттєво скоротити тривалість ремонтів і ефективно використовувати технологічні паузи для відновлення агрегатів. Термічна обробка деталей забезпечує збільшення їх ресурсу більш ніж у два рази. Скорочення часу ремонтів також досягається за рахунок підвищення професійного рівня та кваліфікації ремонтного персоналу.

2.5.6 Вибір системи змащування

Однією з ключових умов надійної експлуатації механізмів обладнання протягом усього міжремонтного періоду є суворе дотримання встановленої періодичності змащувальних операцій та використання мастильних матеріалів відповідного типу. Стан мастила підлягає обов'язковій перевірці під час кожного технічного обслуговування і ремонту машини [18].

Для забезпечення стабільної роботи вузлів тертя металургійного обладнання застосовують три основні види мастильних матеріалів: рідкі (мінеральні масла), густі (консистентні мастила) та сухі (спеціальні покриття і змащувальні склади).

У гідроциліндрах як робоче середовище використовується масло, яке одночасно виконує функції рідкого мастильного матеріалу.

Рідке мастило забезпечує зниження коефіцієнта тертя, охолодження контактних поверхонь, захист від корозії, а також видалення продуктів зносу й абразивних частинок, що надходять у вузли тертя з повітря виробничих приміщень. Його застосовують у випадках, коли:

1. у вузлах створюються умови рідинного або напіврідинного тертя;
2. забезпечено надійне ущільнення або воно не потрібне через розміщення вузлів у герметичних корпусах;
3. необхідне примусове відведення тепла або промивання для видалення продуктів зносу та виробничого пилу.

У роликах траверси преса використовуються підшипники кочення, для змащування яких застосовується густе мастило.

Густі мастильні матеріали знижують коефіцієнт тертя та частково захищають поверхні, що труться, від корозії. Їх доцільно застосовувати у вузлах, тепло від яких повністю відводиться в навколишнє середовище, а також у підшипниках за умов малої кутової швидкості обертання вала ($n < 50$ об/хв) або при неповному оберті.

Закладне мастило є ефективним для вузлів тертя машин з короткочасним режимом роботи, зокрема у пересувних механізмах і підшипниках роликів.

Консистентні мастила являють собою мінеральні масла, загущені різними добавками, такими як органічні, синтетичні або металеві мила, а також парафін, церезин і петролатум.

В'язкість мастильних масел обернено пропорційна температурі, що має важливе експлуатаційне значення. Зміни температурного режиму під час роботи обладнання призводять до коливань в'язкості мастила та впливають на інтенсивність зносу деталей.

Перелік змащувального обладнання, найменування мастильних матеріалів і способи їх нанесення наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Змащувальне устаткування

№ п/п	Найменування змащувального вузла	Найменування змащувального матеріалу і № стандарту	Спосіб нанесення мастила	Періодичність перевірки і заміни мастила
1	Гідроциліндр	МГ-30 ТУ 38.10150-79	Централізовано	Щомісячно. Заміна 1 раз в рік.
2	Ролики траверси	УНИОЛ-2М2 ТУ38.5901243-92	Закладна	Щомісячно. Заміна 1 раз в 3 міс.
3	Ролики направляючі	УНИОЛ-2М2 ТУ38.5901243-92	Закладна	Щомісячно. Заміна 1 раз в 3 міс.

З метою забезпечення стабільної працездатності контактних поверхонь, зменшення інтенсивності зносу деталей та подовження строку їх служби всі вузли тертя повинні постійно перебувати у змащеному стані з використанням відповідних мастильних матеріалів [18].

Особливу увагу необхідно приділяти своєчасності змащування, оскільки порушення встановлених термінів негативно впливає на довговічність деталей, що труться.

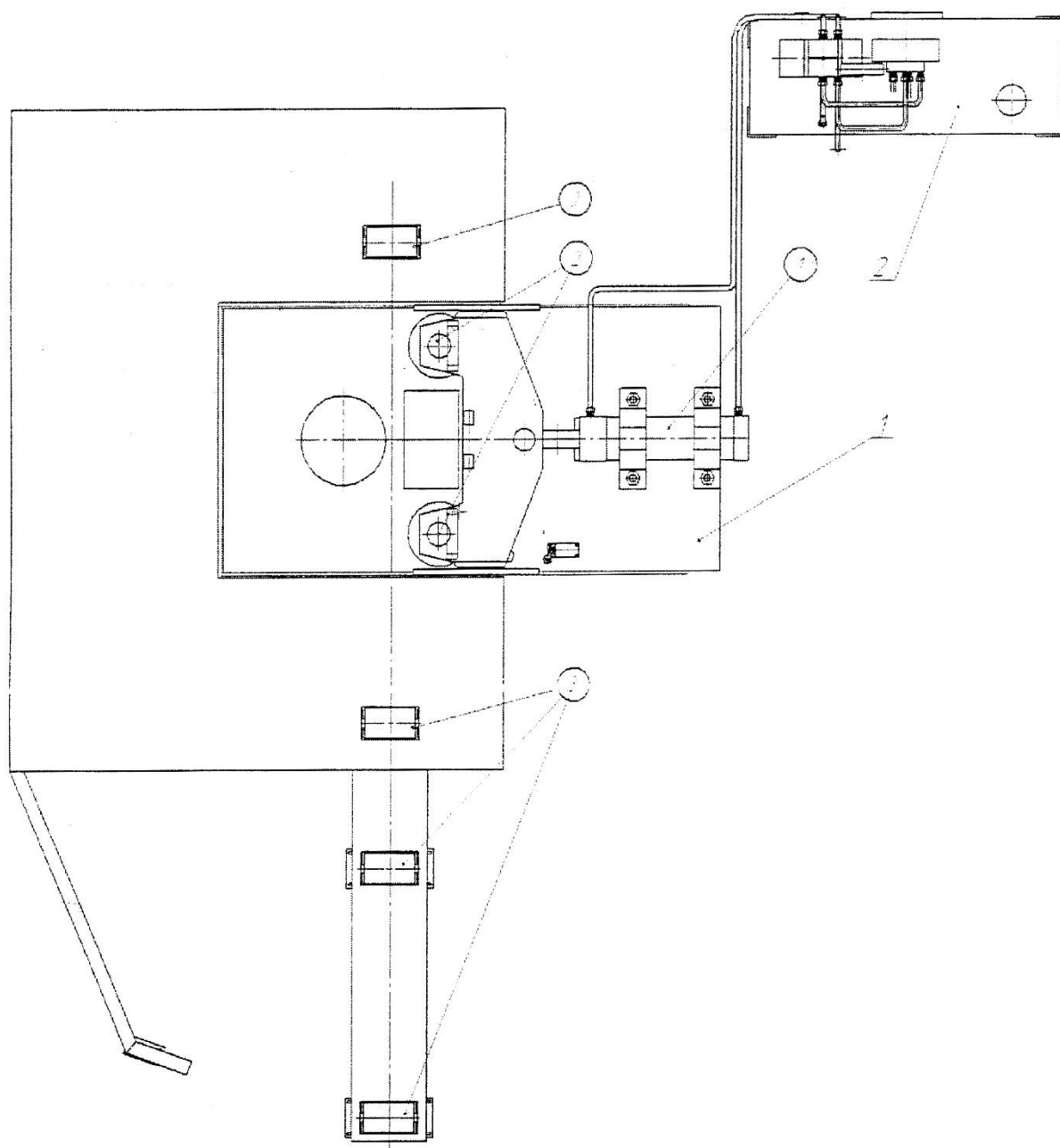
Для механізмів преса для згинання бандажів виливниць розробляється карта змащування, попередньо складається схема розташування точок змащування (див. рис. 2.21).

З метою реалізації зазначених вимог формується карта змащування, яка містить повний обсяг інформації щодо організації та виконання змащувальних робіт, включаючи схему розміщення точок змащування та відомості про порядок, періодичність і способи проведення змащування (див. табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Карта змащування

Номери точок	Найменування агрегату або складової частини	Число точок на один агрегат	Вказівки по виконанню операцій змащування
1	Гідроциліндр	1	При поточному ремонті Т ₂ 1 раз на рік
4	Ролики траверси	2	При поточному ремонті Т ₂ 1 раз в 3 місяці
5	Ролики направляючі	8	При поточному ремонті Т ₂ 1 раз в 3 місяці



**Рис.2.21. Точки змащування механізмів пресу для згинання бандажів
виливниць (вид зверху):**

I – прес; II – маслостанція

Точки змащування вузлів: 1 – гідроциліндр; 2 – ролики траверси;

3 – ролики направляючі

3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Особливості ремонтних робіт з погляду на безпеку праці.

Під час монтажу механізму монтажний персонал виконує роботи підвищеної небезпеки, до яких належать такелажні операції (зокрема вантажно-розвантажувальні та транспортні роботи), а також робота з ручним механізованим інструментом. До виконання таких робіт допускаються працівники віком не менше 18 років, які пройшли попередній медичний огляд, навчання з безпечних методів і прийомів виконання робіт та інструктаж з надання першої домедичної допомоги [19,20].

Електромонтери, електрослюсарі та інші працівники, задіяні в ремонті, налагодженні й випробуванні електропроводки та допоміжних пристроїв класифікатора, повинні мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III. Персонал, який здійснює експлуатаційне обслуговування класифікатора, зобов'язаний знати вимоги електробезпеки та правила надання першої допомоги при ураженні електричним струмом; цьому персоналу присвоюється кваліфікаційна група I.

Таблиця 3.1.

Розподіл відповідальності під час монтажних і ремонтних робіт

Відповідальна особа	Зона відповідальності
Механік цеху (особа, що видає наряд-допуск)	Забезпечення безпечного виконання робіт; дотримання вимог і заходів, зазначених у наряді-допуску; призначення особи, що допускає персонал до роботи; визначення інженерно-технічного працівника, відповідального за оповіщення персоналу та його виведення в безпечну зону в разі виникнення небезпеки
Особа, відповідальна за виконання наряду-допуску	Відключення обладнання від джерел живлення та виконання заземлення; встановлення заглушок на технологічних комунікаціях; огороження зони монтажу й ремонту від діючого обладнання та комунікацій; встановлення сигнальних знаків і попереджувальних плакатів
Працівники служб технічного забезпечення	Повне та правильне виконання всіх організаційних і технічних заходів, передбачених для безпечного виконання монтажних і ремонтних робіт

Виконавець робіт (керівник робіт)	Проведення цільового інструктажу персоналу; контроль дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки; забезпечення правильного використання засобів індивідуального захисту; контроль справності інструменту, пристроїв і технологічного оснащення
Заступник начальника цеху з обладнання / начальник дільниці / майстер	Організаційний і виробничий контроль за ходом робіт; забезпечення виконання встановлених вимог безпеки та технологічної дисципліни

3.2 Засоби індивідуального захисту

Всі робітники на роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також на роботах, пов'язаних із забрудненням або виконують роботу в небагатодійних температурних умовах, мають право на безкоштовне отримання: спецодягу, спецвзуття і інших засобів індивідуального захисту [19,20].

Згідно «Типових галузевих норм» робітники забезпечуються ЗІЗ.

- Усі працівники, що обслуговують або виконують роботи на гідравлічному пресі, повинні бути забезпечені справними та сертифікованими засобами індивідуального захисту, відповідними до специфіки виконуваних операцій.
- Використання ЗІЗ обов'язкове протягом всього часу роботи з пресом, включаючи монтаж, налаштування, технічне обслуговування, ремонт та випробування обладнання.
- Засоби індивідуального захисту повинні регулярно перевірятися на справність, очищуватися і замінюватися у разі зношення або пошкодження.
- Забороняється приступати до роботи на гідравлічному пресі без повного комплексу необхідних засобів індивідуального захисту.
- Особлива увага приділяється захисту від високого тиску робочої рідини, можливих витоків масла та контактів із рухомими елементами гідравлічної системи.

Таблиця 3.2.

Засоби індивідуального захисту

Вид небезпеки	Засіб індивідуального захисту	Сфера застосування / Призначення
Механічні травми (удари, защемлення, падіння деталей)	Захисна каска	Захист голови при роботі біля рухомих частин преса та при монтажі вузлів
Механічні травми рук (порізи, стискання)	Захисні рукавиці (шкіряні або спеціальні комбіновані)	Робота з важкими деталями, монтаж та обслуговування преса
Механічні травми стоп	Захисне взуття з металевим носком	Пересування біля преса, робота з важкими заготовками
Контакт з маслом та робочою рідиною	Маслостійкі рукавиці, спецодяг	Запобігання подразнення шкіри та опікам при роботі з гідравлічною рідиною
Летючі частинки, стружка, бризки	Захисні окуляри або лицевий щиток	Захист очей та обличчя при технічному обслуговуванні, чистці та ремонті
Високий рівень шуму	Протишумні навушники або вкладиші	Робота під час роботи преса на виробничій ділянці
Підвищена вібрація	Антивібраційні рукавиці	Робота з ручними вібраційними інструментами при обслуговуванні преса
Підвищена запиленість та аерозолі	Респіратор або захисна маска	Роботи в зоні пилу, очищення та змащування механізмів
Електрична небезпека	Діелектричні рукавиці та взуття; ізолюючі килимки	Роботи з електричною частиною гідравлічного преса, випробування електропроводки
Робота на висоті або біля рухомих вузлів	Запобіжний пояс, страхувальні пристрої	Монтажні та ремонтні роботи на підвищенні або над гідравлічним пресом
Витік високого тиску робочої рідини	Захисний фартух, рукавиці, окуляри	Обслуговування гідравлічної системи, запобігання травмам від гідравлічного удару

3.3 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Загальні вимоги до санітарно-побутових приміщень і пристроїв [20]:

- Всі працівники повинні мати доступ до санітарно-побутових приміщень: туалетів, душових, умивальників, кімнат відпочинку та шаф для спецодягу і ЗІЗ.
- Приміщення повинні бути чистими, сухими, освітленими та провітрюваними.
- Душові та умивальники мають забезпечуватися гарячою і холодною водою, миючими засобами та рушниками.
- Шафи для спецодягу та ЗІЗ повинні бути сухими та організованими для зручного користування.
- Сміття та використані матеріали повинні збиратися у спеціальні контейнери, які регулярно спорожняються.
- Повинна бути аптечка та, за потреби, медичний пункт для надання першої допомоги.
- Приміщення повинні бути легко доступними, а підходи до них – вільними від перешкод.
- Стан санітарно-побутових приміщень та обладнання має регулярно перевірятися.
- Працівники повинні знати правила користування приміщеннями, дотримання гігієни та безпечного поводження з відходами.

Санітарно-побутові приміщення, а також пристрої та обладнання для забезпечення санітарно-побутових умов наведено в таблицях 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3.

Санітарно-побутові приміщення

Приміщення	Призначення	Основні вимоги
Вбиральні та туалети	Задоволення фізіологічних потреб персоналу	Обладнані у відповідності з нормами санітарії, чисті, з регулярним прибиранням і належним водопостачанням
Мийні та душові	Особиста гігієна працівників після зміни або роботи з мастильними матеріалами	Забезпечені гарячою і холодною водою, миючими засобами, рушниками або одноразовими серветками
Робочі кімнати та кімнати відпочинку	Перерви, прийом їжі, відновлення сил	Вентильовані, освітлені, з меблями для сидіння, стійкі до забруднень мастильними речовинами
Шкафи для спецодягу та ЗІЗ	Зберігання робочого одягу та засобів індивідуального захисту	Сухі, провітрювані, з чіткою організацією зберігання для кожного працівника

Таблиця 3.4.

Пристрої та обладнання для забезпечення санітарно-побутових умов

Пристрій / обладнання	Призначення
Ванни та умивальники	Миття рук та обличчя після роботи з мастильними матеріалами та технікою
Вентиляційні системи	Видалення забрудненого повітря, запилення та випарів мастильних матеріалів із приміщень
Сушарки для рук і рушники	Забезпечення гігієни після миття
Санітарні шафи	Зберігання чистого спецодягу та ЗІЗ
Контейнери для відходів	Збирання сміття, мастильних серветок та інших відходів із виробничої зони
Медичний пункт / аптечка	Надання першої медичної допомоги при нещасних випадках на виробництві

3.4 Пожежна профілактика

Загальні положення пожежної профілактики

1. **Ризики пожежі:** Робота з гідравлічними пресами пов'язана з можливістю загоряння через використання мастил, гідравлічних рідин та інших легкозаймистих матеріалів. Нагрівальні елементи, іскри або відкритий вогонь у зоні преса можуть призвести до пожежі.
2. **Знання правил пожежної безпеки:** Кожен працівник повинен знати основні правила пожежної безпеки, порядок дій у разі виникнення пожежі, місцезнаходження пожежного обладнання та шляхи евакуації.
3. **Контроль за обладнанням:** Необхідно стежити за справністю гідравлічних шлангів, з'єднань та ущільнень преса, щоб уникнути витoku робочих рідин, які можуть спричинити займання.
4. **Утримання робочої зони в чистоті:** Робоче місце повинно бути чистим і прибраним – слід видаляти стружку, ганчірки, пакувальні матеріали та інші легкозаймисті предмети, які можуть стати джерелом пожежі.
5. **Обмеження джерел запалювання:** Куріння, робота з відкритим вогнем або нагрівальними приладами у зоні преса категорично забороняється.
6. **Наявність пожежних засобів:** У зоні роботи з пресами обов'язково повинні знаходитися первинні засоби пожежогасіння – вогнегасники, вогнегасні ковдри або піна для локалізації вогню.
7. **Підготовка персоналу:** Працівники повинні проходити інструктажі з пожежної безпеки та регулярно повторювати знання щодо дій у надзвичайних ситуаціях, використання вогнегасників та евакуації.
8. **План дій при пожежі:** На підприємстві має бути чіткий план дій, який включає негайне зупинення обладнання, оповіщення керівництва, використання первинних засобів пожежогасіння та евакуацію персоналу [21].

Таблиця 3.5

Профілактичні заходи

Заходи	Опис
Контроль стану обладнання	Регулярно перевіряти гідравлічні шланги, з'єднання та ущільнення на наявність витоків масла.
Утримання робочої зони у чистоті	Видаляти зайві матеріали, ганчірки, стружку та інші легкозаймисті відходи.
Використання ЗІЗ і спецодягу	При роботі з маслами та мастилами використовувати спеціальний одяг і рукавиці, щоб уникнути контакту з вогненебезпечними речовинами.
Обмеження джерел запалювання	Забороняється куріння, робота з відкритим вогнем або нагрівальними приладами поблизу преса та мастильних матеріалів.
Наявність первинних засобів пожежогасіння	Вогнегасники (порошкові, вуглекислотні), ковдри, піна для локалізації пожеж повинні бути розміщені поруч із пресами.
Регулярне навчання персоналу	Працівники повинні проходити інструктажі з пожежної безпеки, знати шляхи евакуації та правила використання вогнегасників.
План евакуації та сигналізація	Чітко позначені виходи, евакуаційні маршрути та пожежні сигналізації повинні бути доступні всім працівникам.

ВИСНОВКИ

Існуюча конструкція преса для згинання бандажів виливниць має низку недоліків, основні проблеми пов'язані зі складною розгалуженою гідравлічною схемою, що спричиняє перевитрату масла та підвищує витрати на обслуговування і ремонт обладнання.

Запропоновано модернізацію преса шляхом спрощення гідравлічної схеми та заміни плунжерного гідроциліндра на гідроциліндр двосторонньої дії. Така зміна дозволить:

- Підвищити стабільність роботи преса за рахунок спрощення гідравлічної системи;
- Знизити дію сил тертя на поперечину при згинанні бандажів, замінивши тертя ковзання (касета об бандаж) на тертя качення (ролик об бандаж);
- Збільшити міжремонтний період і безаварійну роботу преса;
- Підвищити безпеку робіт за рахунок переходу від ручного управління магістральним вентилям до електричного управління кнопками;
- Скоротити кількість обслуговуючого персоналу.

Очікуваний економічний ефект від модернізації передбачає два напрямки:

1. Поліпшення експлуатаційних характеристик преса;
2. Зменшення витрат на ремонт та обслуговування.

Проведено необхідні розрахунки, що підтверджують правильність обраних конструктивних рішень: гідроциліндр підібраний оптимально, а маслостанція забезпечує необхідний тиск для згинання бандажу.

Таким чином, заміна існуючої конструкції преса на гідроциліндр двосторонньої дії з електричним управлінням кнопками дозволяє:

1. Підвищити стабільність роботи преса, усунувши складну гідравлічну схему та додаткове обладнання;
2. Знизити інтенсивний знос елементів поперечини завдяки переходу від тертя ковзання до тертя качення;
3. Подовжити міжремонтний період і безаварійний час роботи;
4. Зменшити металоємність конструкції.

Список використаних джерел

1. Каталог «Криворіжсталь» - 70 років - 70 кроків у майбутнє; 2004 рік - 15с.
2. Офіційний сайт ТОВ «Ливарно-механічний завод» <https://lmz-kr.com.ua/>
3. Офіційний сайт ПАТ «АМКР» <https://ukraine.arcelormittal.com/>
4. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с.
5. «Агрегатний журнал» та «Журнал прийому-здачі зміни».
6. US7080589B2, Сполучені Штати, Ульріх Бойле, ВТМ Corp, 25 липня 2006 р. <https://patents.google.com/patent/US7080589B2/en>
7. Європейське патентне відомство, EP1793050A3, Майкл Штукке, Олівер Швенккраус, Ганс-Петер Лавернь, Томас Ціттербарт, Liebherr Hydraulikbagger GmbH 2011-08-03 <https://patents.google.com/patent/EP1793050A3/en>
8. Технічне обслуговування металургійного обладнання / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. — 288 с.
9. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
10. Пелевін Л. Є. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: підручник для студ. вищ. техн. навч. закл. / Л. Є. Пелевін, Д. О. Міщук, В. П. Рашківський, Є. В. Горбатюк, Г. О. Аржаєв, В. Ф. Красніков. – К.: КНУБА, 2015. – 340 с.
11. В.П. Танай, М.І. Гармаш та ін.. Довідник практичного механіка, - Кривий Ріг, 2001, - 328с.
12. Зінченко В.І., Мамаєв Л.М., Постольник Ю.С., Основи інженерної механіки: Навч. посібник. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004. – 444с.
13. Мандрус В.І., Лещій Н.П., Звягін В.М. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків. Львів: Світ, 2005. 180 с.

- 14.ГОСТ 2.780-68 «Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей».
- 15.ГОСТ 2.781-96 «Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические, пневматические, устройства управления и приборы контрольно – измерительные».
- 16.Монтаж металургійного обладнання: Навчальний посіб. / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. - 330 с.
- 17.Ремонт металургійного обладнання. Навчальний посібник./Желябіна Н.К., Жук А.Я., Малишев Г.П.Київ. Кондор. 2018.—234с.
- 18.Теорія і практика змащування металургійних машин. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.090218 – Механічне обладнання /Максименко О.П., Перемітько В.В., Самохвал В.М. – Дніпропетровськ: «Системні технології», 2006р. – 172 с.
- 19.Єсмаханов Ж.А., Мельнік С.С., Сьомін М.М., Настанова з охорони праці та промислової безпеки ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»/ Кривий Ріг, 2021. - 58с. <https://ukraine.arcelormittal.com/corporate-responsibility/health-and-safety>.
- 20.В.О. Шеремет, О.И. Каракаш, В.Ф. Марунчак та ін. Охорона праці на гірничо - металургійному підприємстві,: Навчальний посібник. - Ч.У: Ремонтно-механічний комплекс. - Дніпропетровськ: ПП «Ліра», 2004. - 332с.
- 21.В.П. Кириленко, О.І. Каракаш, С.І. Теслюк., Довідник з охорони праці та пожежної безпеки: навчальний посібник / Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2008 – 868 с.
- 22.І.В. Засельський, М.І. Шепеленко/ Методичний посібник про організацію та зміст кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого та другого рівнів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»/ ДУЕТ, Кривий Ріг, 2021, 30с.
- 23.Вимоги з оформлення письмових робіт/НМР ДУЕТ, Кривий Ріг, 2020, 53с. <https://www.duet.edu.ua/uploads/normbase/263/vimog.pdf>

ЗГОДА

здобувача вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

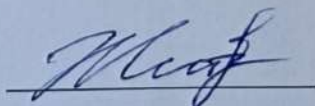
Я, *Житник Артем Геннадійович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна робота магістра «*Механічне обладнання ділянки виробництва виливниць Ливарно-механічного заводу ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»*. Модернізація пресу для згинання бандажів виливниць» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилення на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований, що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений.

15.01.2026



Житник А. Г.
(ініціали, прізвище, власноруч)