

Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут
Запорізького національного університету
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні
Металургійне обладнання

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему «МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРИВОДАХ
КРИВОШИПНИХ ГАРЯЧЕШТАМПУВАЛЬНИХ ПРЕСІВ»

Виконав: магістрант групи В.1332

Вініченко Д.О.

(ПІБ)



(підпис)

спеціальності 133- «Галузеве машинобудування»
(шифр і повна назва)

спеціалізація

(шифр і повна назва)

освітньо-професійна програма

133.00.12 Металургійне обладнання

(шифр і повна назва)

Керівник Шевченко І.А.

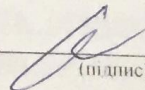
(прізвище та ініціали)



(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Запоріжжя – 2023

Інженерний навчально-науковий інститут
Запорізького національного університету
 (повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

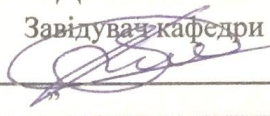
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація _____

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Металургійне обладнання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.О.Власов



 " _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

Вініченко Деніс Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Моделювання динамічних процесів у приводах кривошипних гарячештампувальних пресів

керівник роботи к.т.н., доцент Шевченко І.А.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 09.10.2023 року № 1581-с







2. Термін подання студентом роботи 10.12.23

3. Вихідні дані до роботи: Технологічні вимоги до процесу виробництва на кривошипних гарячештампувальних пресах; ефективність процесу роботи механізму привода кривошипних гарячештампувальних пресів; технічні характеристики механізмів механізму привода кривошипних гарячештампувальних пресів. Інші вихідні дані вибираються магістрантом самостійно на підставі аналізу джерел інформації за темою дослідження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд та аналіз науково-технічних рішень процесів у приводах кривошипних гарячештампувальних пресів; 2. Розрахункова частина кривошипних гарячештампувальних пресів; 3. Дослідницька частина механізмів приводу кривошипних гарячештампувальних пресів; 4. Охорона праці в галузі та техногенна безпека при роботі кривошипних гарячештампувальних пресів у ковальсько-штампувальних цехах.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових складових): Графічний матеріал має бути кількістю не більш 8 одиниць плакатів. На яких розкривається суть магістерської роботи.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Шевченко І.А.		
2	Шевченко І.А.		
3	Шевченко І.А.		


7. Дата видачі завдання _____


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Узгодження і затвердження теми та змісту роботи	01.09-17.09.2023	
2	Збирання матеріалу, опрацювання літературних джерел та нормативних документів	17.09-30.09.2023	
3	Виконання вступу роботи	01.10-05.10.2023	
4	Виконання основної частини роботи та проведення експериментальних досліджень	06.10-19.11.2023	
5	Підготовка висновків	20.11-24.11.2023	
6	Оформлення магістерської роботи	25.11-05.12.2023	
7	Рецензування магістерської роботи	01.12-07.12.2023	
8	Попередній захист роботи	Згідно графіку	
9	Захист роботи у ДЕК	Згідно графіку	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Вініченко Д.О.
(прізвище та ініціали)

Шевченко І.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вініченко Д.О. Моделювання динамічних процесів у приводах кривошипних гарячештампувальних пресів.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник Т.О. Васильченко. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні запорізького національного університету, кафедра «Металургійне обладнання», 2023.

В роботі проведено аналіз стану питання по темі, дослідження впливу конструктивних і технологічних параметрів на динамічні процеси у приводах кривошипних гарячештампувальних пресів.

Ключові слова: ПРЕС, ПРИВОД, КЛИН, ЗУСИЛЛЯ, КГШП, ТЕРТЯ, ВАЖІЛЬ, КРИВОШИП, ШАТУН, МОДЕЛЬ.

ABSTRACT

Vinichenko D.O. Modeling of Dynamic Processes in the Drivers of Crank Hot Stamping Presses.

Qualifying final work for obtaining a master's degree in higher education in specialty 133 – Industrial mechanical engineering, scientific adviser T.O. Vasylychenko. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebnya of Zaporizhzhya National University, Department of Metallurgical Equipment, 2023.

In the work, the analysis of the state of the issue on the topic, the study of the influence of structural and technological parameters on dynamic processes in the drives of crank hot stamping presses is carried out.

Key words: PRESS, DRIVE, WEDGE, EFFORT, KGSHP, FRICTION, LEVER, CRANKSHAFT, CONNECTING ROD, MODEL.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЦЕСІВ У ПРИВОДАХ КРИВОШИПНИХ ГАРЯЧЕШТАМПУВАЛЬНИХ ПРЕСІВ.....	11
1.1 Розвиток та відмінність кривошипних пресів гарячого штампування	11
1.2 Характеристика та як влаштовані кривошипні гарячештампувальні преса (КГШП)	13
1.3 Розповсюдженість КГШП.....	19
1.4 Особливості та переваги штампування на КГШП.....	19
1.5 Продуктивність при роботі КГШП.....	20
1.6 Недоліки КГШП.....	22
1.7 Огляд світових досягнень що до вдосконалення конструкцій, управління і елементів кривошипних гарячештампувальних пресів КГШП.....	22
2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	37
2.1 Особливості устрою та фактори, що впливають на привод кривошипного механізму гарячештампувального преса.....	37
2.2 Заклинювання кривошипно-шатуного механізму.....	40
2.3 Теоретичний аналіз сили, що розклинює, до шатуна.....	44
2.4 Теоретичний аналіз сили, що розклинює, до кривошипу.....	49
2.5 Теоретичний аналіз сили, що розклинює, до важелю.....	52
2.6 Висновки по розділу.....	57
3. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	58
3.1 Мета досліджень.....	58
3.2 Опис лабораторної установки.....	58
3.3 Методика проведення експериментів.....	62

3.4 Визначення величин коефіцієнтів тертя спокою.....	64
4. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	68
4.1 Техніка безпеки та організація робочого місця при штампуванні на КГШП	68
4.2 Пристрої по техніці безпеки ковальсько-штампувального обладнання	69
4.3 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори ковальсько-пресових цехів.....	76
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81
ПЕРЕЛІК ВИКОНАНИХ СЛАЙДІВ.....	83
ДОДАТКИ.....	84

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

P_D	-	активна сила
m_K	-	плече тертя
m_K^u, m_K^f	-	приведені відносні плечі тертя
α	-	робочий кут
R	-	довжина плеча OA
λ	-	коефіцієнт тиску
f	-	коефіцієнт тертя в направляючих
r_A	-	радіус шарніра A
α_3	-	кут заклинювання
P_E	-	сила, що діє в момент заклинювання
μ_n	-	коефіцієнт тертя
k	-	замінник частини формули
K	-	коефіцієнт
$J_i, J_{вкл}$	-	моменти інерції всіх мас, що рухаються і розганяються при включенні муфти мас преса
H_k	-	плече сили
P_{pk}	-	сила на кривошипі
H_p	-	довжина важеля
M_{TO1}, M_{TO2}	-	моменти тертя в опорах I та II кривошипних валів

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво пресів кривошипних було освоєно на початку 50-х. Одним з перших був створений кривошипний горячештамповочний прес (КГШП) зусиллям 15 МН. Надалі гамма була розширена. Даний вид обладнання обробки металу тиском забезпечує високу продуктивність при хорошій якості поковок і низьких експлуатаційних витратах, завдяки високій жорсткості станини і кривошипно-шатунного механізму. Преса оснащені пристроєм для установки заготовки на першу позицію штампа, транспортерами для подачі заготовки і видалення відштампованої поковки, пристосуваннями для установки штампів і заміни штампова вставок, показчиками технологічних зусиль і контролю температури підшипників ковзання, пристроєм технологічного мастила штампів. Устаткування з маркою "НКМЗ" добре зарекомендувало себе в Італії, Франції, Німеччині, Бразилії, Китаї та інших країнах. Преси призначені для гарячого штампування заготовок деталей в цехах масового і великосерійного виробництва.

Проектування машини починається із встановлення її основних технічних параметрів. Основні параметри більшості універсальних ковальсько-пресових машин регламентуються відповідними державними стандартами. Основні параметри визначають експлуатаційні характеристики машини: розміри штампового простору, величину ходу повзуна, кількість ходів, енергію удару

У зв'язку з цим, дослідження та вдосконалення процесів, що відбуваються з КГШП були й залишається актуальним науково-виробничим завданням.

Мета роботи – аналіз умов роботи та дослідження динамічних процесів у приводах кривошипних горячештамповувальних пресів.

Задачі дослідження:

1. Дослідити теоретичні основи процесу роботи кривошипних горячештамповувальних пресів, дослідити їх характеристики та як влаштовані кривошипні горячештамповувальні преса.

2. Провести огляд світових досягнень що до вдосконалення конструкцій, управління і вдосконалення елементів кривошипних гарячештампувальних пресів КГШП.
3. На основі аналізу досліджень виявити основні напрямки щодо підвищення ефективності кривошипних гарячештампувальних пресів.
4. Дослідити та Встановити аналітичні залежності впливання сили, що розклинює, до шатуна, до кривошипа й важеля на ефективність роботи.
5. Встановити шкідливі і небезпечні виробничі чинники на ковальсько-пресовому виробництві.

Предмет дослідження: динамічні процеси у приводах кривошипних гарячештампувальних пресів та їх наслідки.

Об'єкт дослідження: кривошипні гарячештампувальні пресі.

Методи дослідження. При виконанні роботи використано стандартні методики із застосуванням фізичного моделювання, математичного моделювання, сертифікованих приладів та сучасної обчислювальної техніки з пакетом програм для обробки результатів експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведений теоретичний аналіз у другому розділі, дозволяє зробити припущення щодо рівномірного розподілу зазорів у шарнірах механізму

Практичне значення одержаних результатів. Результати проведених дослідження дозволяють використовувати їх методику для поліпшення конструктивних й технологічних параметрів, а також вирішувати проблеми заклинювання або його недопущення у кривошипних гарячештампувальних пресах.

Особистий внесок дослідника. Інформаційною базою дослідження були: нормативно-законодавчі документи; дані, опубліковані у роботах дослідників; аналітичні матеріали науково-дослідних організацій України та інших країн; інформація, розміщена на офіційних сайтах науково-освітніх організацій, що займаються проблемами кривошипних гарячештампувальних пресів.

Пройшов підвищення кваліфікації за дистанційною формою у Львівському науковому форумі та прийняв участь у IX Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика сучасної науки та освіти» в обсязі 15 академічних годин – 0,5 ECTS та отримав Сертифікат № 23-2816 (Додаток Б).

Апробація роботи результатів роботи. Матеріали основних положень магістерської роботи доповідались на IX Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика сучасної науки та освіти» (9-10 листопада 2023 року, м. Львів) (Додаток В).

Відомості про публікації. За матеріалами магістерської роботи опубліковано 1 тези:

1. Вініченко Д. О. Розвиток та відмінність кривошипних пресів гарячого штампування. ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ : МАТЕРІАЛИ ІХ МІЖНАР. НАУКОВО-ПРАКТ. КОНФ., м. Львів, 9–10 листоп. 2023 р. Львів, 2023. С. 52–53. [13]

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальні висновки та рекомендації, список використаних джерел, перелік виконаних креслень і додатків. Робота викладена на 93 сторінках машинописного тексту, містить таблицю 1, 25 рисунка, 61 формула, список посилань з 22 найменувань і 2 додатки.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЦЕСІВ У ПРИВОДАХ КРИВОШИПНИХ ГАРЯЧЕШТАМПУВАЛЬНИХ ПРЕСІВ

1.1 Розвиток та відмінність кривошипних пресів гарячого штампування [13]

Технологія штампування розвивалася на основі технічного прогресу та необхідних потреб виробництва. Початок прориву у використанні цих машин збігається з промисловою революцією 18 століття. У цей час дуже гостро постала потреба у великій кількості дрібних металевих виробів, виготовлених методом кування. Перші преси були полірувальними молотками, що приводилися в рух енергією води, а наступним кроком була заміна енергії води енергією водяної пари.

Класи штампувального обладнання, яке відокремилось у свою гілку від інших пресів, можна навести у схемі представленої на рисунку (Рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Класифікація ковальсько-штампувального обладнання

Основою для створення кривошипних пресів стала поява електродвигуна. Кривошипні преси поділяються на кривошипні преси гарячого кування та кривошипні преси холодного кування.

Робота кривошипних пресів відрізняється від роботи гідравлічних пресів або молоткових пресів, так – деталь приймає потрібну форму лише за один удар, тому на кривошипних пресах можна виготовляти деталі вагою до 100 тон. Головний ж принцип дії кривошипних пресів тому, що вони, в більшості своїй, працюють від електроприводу, в передавальному механізмі якого має

присутній кривошипний механізм, а робочий орган з закріпленим інструментом – це повзун, який виконує основну операцію технологічного процесу. Цей повзун називається головним повзуном, а механізм, який приводить в дію головний повзун – кривошип й кінематичний ланцюг, що їх з'єднує – головний виконуючий механізм [14].

Умовно, кривошипні преси, виходячи зі схеми зображеної на рисунку (Рис. 1.1), можна віднести до третього класу, у яких швидкість ходу робочих частин – до 0,6 м/с, а й також за час робочого ходу вони мають жорстку криву зміни швидкості, форма якої залежить від кінематики приводу [15].

Головну оцінку пресів треба поділяти за чотирма групами показників, а саме [16]:

- 1) прогресивності технологічного процесу, що виконується на машині, та прогресивності її конструкції;
- 2) економічності конструктивних рішень;
- 3) експлуатаційним характеристикам;
- 4) технологічність рішень.

Велику роль у та експлуатації кривошипних пресів відіграє: стандартизація, уніфікація й нормалізація основних вузлів і деталей та технологічних параметрів. Уніфікація конструкцій важлива як для виробників пресів, так саме й для експлуатаційників з ремонтним персоналом. Уніфікація починається з колінчастих валів, бо навіть при різних величинах ходів повзуна дещо змінюються моделі станин і це стосується майже кожного вузла [14].

Преси гарячого штампування є найпоширенішими з кривошипних пресів. Їхнє призначення – це для гарячого об'ємного штампування й штампування видавлюванням. Штампування на пресах гарячого штампування проводиться так само, як і на гідравлічних чи механічних молотах та у багатострумкових штампах, проте продуктивність пресів гарячого штампування з якістю виробів, що отримуються на ньому, виходять значно вище, чим при штампуванні на молотах та штампах. При обробці на пресів гарячого штампування заготовка в кожному струмку обжимається тільки один раз, як зазначалося у цій роботі, у

той час як на молоті для цього потрібно від восьми до десяти ударів. Основним же недоліком роботи пресів гарячого штампування є те, що гарячий метал стикається зі штампом значно довше, чим на молоті, тому штамп під впливом високих температур поступово деформується значно швидше і відповідно – швидше виходить з допустимих технологічних параметрів та розмірів, які необхідно витримати у технологічному процесі [17].

До загальних ж недоліків цих пресів треба віднести: більша вартість та менша універсальність ніж у молотів, а також при роботі бувають випадки заклинювання [17].

Не дивлячись на мінуси, сучасні кривошипні преси гарячого штампування при роботі створюють менший шуму через те, що робота не супроводжується ударами, тому їм не треба дорогих фундаментів [17]. Також вони мають різноманітні прогресивності своїй конструкції та вдосконалені пристрої: встановлення заготовок, подачу заготовок і видалення готових деталей, пристрої для заміни технологічних елементів, а також показники технологічних параметрів, що забезпечують їх хорошу продуктивність і низьку собівартість виготовленої ними продукції [18].

1.2 Характеристика та як влаштовані кривошипні гарячештампвальні преса (КГШП) [11]

Кривошипні гарячештампвальні преси відносяться до кривошипно-шатунним механізмам, у яких обертальний рух колінчастого валу перетворюється в поступальний рух повзуна. Найбільше зусилля механізм кривошипно-шатунний преса розвиває в момент коли повзун перебуває у своєму крайньому робочому положенні.

Повзун кривошипно-шатунного преса має жорсткий графік руху з ходом який дорівнює двом радіусам колінчастого валу, а швидкість руху повзуна не залежить від опору деформуванню заготовки, що штампується, і до початку робочого ходу становить зазвичай від 0,5 до 0,8 м/с, що дає змогу зробити

висновок, що кривошипні преси характеризуються ненаголошеним характером роботи. Також допускають ексцентричне розташування струмків на штампі, що не дозволяє деформувати заготовку в одному струмку за кілька ходів.

На території України експлуатуються та випускалися КГШП з номінальними наступними параметрами:

- а) зусиллям від 6,3 до 80 МН;
- б) довжиною ходу повзуна від 200 до 500 мм;
- в) числом ходів 90-35 в хвилину.

Основними вузлами КДШП і деталями є:

- а) станина;
- б) головний вал;
- в) приводний вал;
- г) повзун;
- д) шатун;
- е) стіл преса;
- ж) муфта включення;
- з) гальмо;
- и) верхній виштовхувач;
- к) нижній виштовхувач;
- л) електродвигун;
- м) система мастила;
- н) система управління.

Розглянемо конструкцію КГШП.

Так, вузли та деталі їх змонтовані на масивній станині, що є замкнутою рамою, на яку передається зусилля від штампування.

Станини пресів розрізняються наступним чином з умови зусилля:

- 1) до 25 МН їх виробляють цільнозварними зі сталевих плит;
- 2) а з більшим, ніж 25 МН – зварнолитими, які складаються з литих основ верхньої траверси, зварених зі стійками з товстого листа і до того ж стягнених чотирма поздовжніми стяжними болтами.

У нижній частині станини, на рівні приймального столу преса, є вікна прямокутної форми, що дають доступ до робочого простору преса. Також є службові вікна для:

- а) подачі заготовок у штамп;
- б) видалення поковок;

та процедур профілактичних, таких як:

- а) здування окалини;
- б) змащення штампів;
- в) установки пристроїв;
- г) що механізують.

Для регулювання закритої висоти штампового простору, у КГШП є особлива конструкція столу, а саме – опорна площа довжини столу в нижній частині преса має нахил – праворуч та ліворуч чи – спереду й назад, з кутом, який дорівнює від 12° до 14° . На цю опору укладається стіл, який має вигляд клину з таким же самим кутом нахилу у зворотний бік, чим забезпечується регулювання столу за висотою та його горизонтальне розташування. З лівого боку столу робиться скіс під кутом від 12° до 16° , де встановлюється регулювальний клин щоб перемістити стіл справа наліво. В середині столу присутній овальний отвір для виходу нижнього виштовхувала, а повзун змонтовано у напрямних станини, що дозволяє його з'єднати з головним валом шатуном, що виконано у вигляді масивної деталі з роз'ємною верхньою кришкою, що не має регулювання по довжині, а повзун подовжений за рахунок вигнутого хобота.

На повзунці та на хоботі з усіх чотирьох сторін є широкі довгі напрямні: так на правому кінці кривошипного валу змонтовано багатодискова пневматична фрикційна муфта для включення. Вона працює наступним чином: при включеній – ведучі та ведені диски розсунуті за допомогою спіральних пружин, а при включенні – натискний диск під впливом стиснутого повітря притискає ведені диски до провідних, так ось і завдяки тертю між ними – кривошипний вал зчіпляється з шестернею і починає обертатися. В цей час

муфта блокована зі стрічковим гальмом преса і таким чином прес може працювати тільки після включення гальма. При умові зупинки преса гальмо приходить в дію тільки після вимикання муфти. Гальмування ж здійснюється через тертя між гальмівним барабаном та стрічкою, що охоплює гальмівний диск. Для гаряче штампувальних пресів ГШП зусиллям рівними чи більш 16-ти МН вже починають застосовувати дискові гальма, що надійніші. В цих гальмах замість стрічки та барабана використовують натискний та гальмівний диски.

Розглянемо кінематичну схему управління КГШП, зображеної на рисунку (Рисунок 1.2) с зусиллям приблизно 63 МН. Електродвигун 11 зі шківом 10, встановлюються на регульованому майданчику та за допомогою стропової передачі обертає маховик 5, який насаджений на лівий кінець приводного валу 21, який розташованого у задньої сторони преса в потужних роз'ємних підшипниках, які в свою чергу зафіксовані у спеціальних припливах.

Маховик, зі своїми розмірами та масою, впливає на процес штампування, так як при його обертанні накопичується енергія, яка при робочому ході повзуна 16 витрачається на деформацію заготовки. Чим більший і важчий маховик і чим більша його швидкість обертання – тим більше зусилля розвиває прес.

На правому кінці приводного валу 21 встановлено шестерню 15, яка знаходиться в зачепленні з веденою шестерню 13, яка в свою чергу, насаджена на правий кінець колінчастого валу 22. Шестерня 13 об'єднана з провідними дисками багатодискової фрикційної муфти й вільно обертається на колінчастому валу з великою шестерню, а провідні диски муфти включення вільно ковзають її веденим диском, що сидять на шліцах колінчастого валу. Вони переміщуються лише вздовж валу. При включенні пресу на робочий хід – стиснене повітря з витратного бака 19, який з'єднаний з балоном 1, за допомогою пульта управління надходить в циліндр 3 і повертає важіль 4, який, в свою чергу, пов'язаний з клапанами розподільного повітря 2. Стиснене повітря через відкриті клапани надходить в циліндр 6 і за допомогою штока

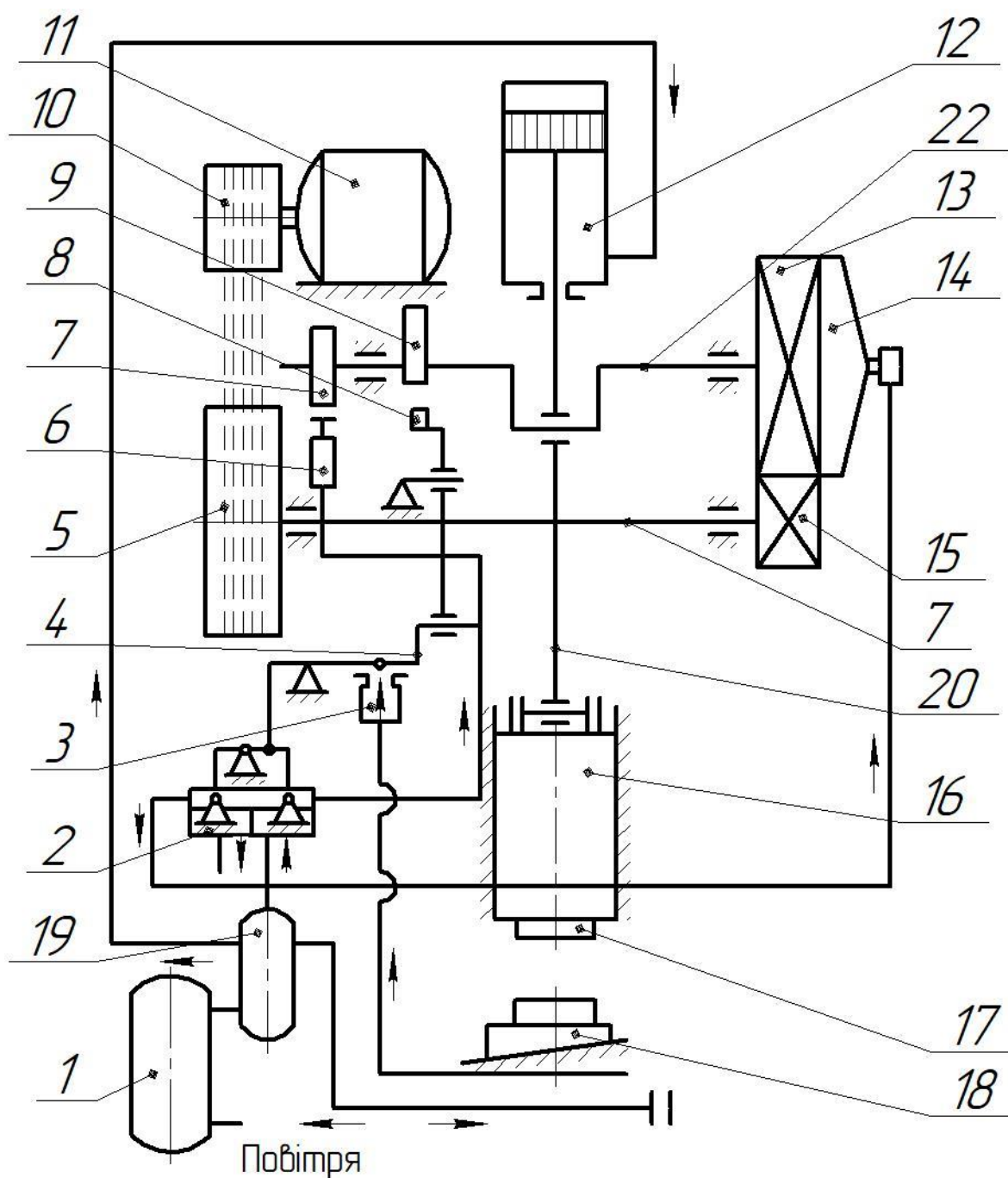
поршня циліндра звільняє гальмівну стрічку від шків 7. За рахунок звільнення гальмівної стрічки, тим самим звільняючи колінчастий вал.

По трубопроводу іншому повітря з розподільного пристрою надходить до фрикційної муфти включення 14 і зсуває ведені диски по шліцах колінчастого валу до тих пір, поки вони не зіткнуться з провідними дисками. Сила зчеплення між дисками дуже велика, саме тому ведені диски починають обертатися разом з великою шестернею 13 то ще починають обертати колінчастий вал 22. Разом з обертанням валу, за допомогою шатуна 20, також починає рухатися вниз повзун преса 16. При обертанні валу, за допомогою шатуна 20 ще відбувається деформація нагрітої заготовки в плиті 18.

При ході повзуна преса до гори ексцентрик 9, який насаджено на лівому кінці колінчастого валу, через ролик 8 з важелем 4 впливає на клапани повітродозподільного пристрою 2. При цьому впливі відбувається випуск повітря з муфти включення разом і з гальмівного циліндра 6. Коли повзун преса надходить у верхнє положення, то стрічка гальма, під дією пружини, щільно охоплює шків гальмівний 7 і зупиняє обертання колінчастого валу. Для того, щоб полегшити та пришвидшити зупинки преса, то ого важкий повзун має врівноважуючи циліндри 12 та поршні, які пов'язані тяглами з повзуном, та при цьому знаходяться під тиском стисненого повітря.

Рух нижнього виштовхувача здійснюється за допомоги ексцентрика 9 через систему важелів. Верхній виштовхувач 17 приводиться в дію від преса шатуна. У своїй більшості, у пресів зусиллям до 40 МН застосовують механічні виштовхувачі, а для пресів більш потужних – нижній виштовхувач має пневматичний чи гідравлічний привід.

- а) Усі КГШП розроблені останні двадцять років с зусиллям від 40 МН та вище мають у себе в конструкції роликовий стіл та механізовану лебідку для встановлення та зняття штампів, а управління КГШП здійснюється педаллю або пусковими кнопками, що забезпечує такі режими роботи преса як: одиночний хід;
- б) безперервні ходи;



в)

- 1 – балон; 2 – клапан розподільника повітря; 3 – циліндр; 4 – важіль;
 5 – маховик; 6 – циліндр; 7 – шків; 8 – ролик; 9 – ексцентрик; 10 – шків;
 11 – електродвигун; 12 – врівноважуючи циліндри; 13 – шестерня; 14 –
 фрикційна муфта включення; 15 – шестерня; 16 – повзун; 17 – виштовхувач;
 18 – плита; 19 – витратний бак; 20 – шатун; 21 – приводний вал;
 22 – колінчастий вал;

Рисунок 1.2 – Кінематична схема управління КГШП

г) поштовхові ходи, які необхідні при налагодженні штампів.

1.3 Розповсюдженість КГШП

Світова практика експлуатації ковальсько-штампувального обладнання показала, що найбільш сучасним й перспективним обладнанням по виготовленню деталей різної конфігурації масою від 30 до 100 кг у будь-яких штампах, таких як відкритих і закритих, є кривошипні гарячештампвальні преси.

Штампуння на цих КГШП можна порівняти з штампуванням на ковальських молотах, що дозволяє:

- а) підвищити продуктивність;
- б) знизити втрати металу;
- в) покращити якість поковок;
- г) збільшити точність поковок;
- д) легше механізувати операції;
- е) швидше автоматизувати штампувальні дії.

Усі обставини, що наведені вище, дуже важливі, особливо при штампуванні поковок з кольорових сплавів, через що на сучасних заводах у побудованих останніми роками великих ковальських цехах КГШП є основним видом ковальського-пресового обладнання.

До таких заводів відноситься й вітчизняний – Токмацький ковальсько-штампувальний завод.

1.4 Особливості та переваги штампування на КГШП

Особливостями штампування на обладнанні КГШП порівняно зі штампуванням на молотах можна віднести, – це:

- а) сталість величини робочого ходу;
- б) сприйняття зусиль, що деформують матеріал;

- в) сама конструкція преса;
- г) невеликі швидкості деформування матеріалу заготовки;
- д) наявність відштовхувальних пристроїв;
- е) надійність направляючих повзуна преса.

До головних переваг же на КГШП при штампуванні:

- 1) висока точність одержуваних поковок;
- 2) висока якість одержуваних поковок;
- 3) висока продуктивність;
- 4) виготовлення видавлюванням поковок;
- 5) поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці при охороні праці та навколишнього середовища.

При штампуванні на КГШП отримується підвищена точність розмірів поковок, які одержуються, порівняно зі штампуванням на ковальських молотах, що полягає в досягненні більш вузької межі допусків та менших величин припусків і напусків при отриманні готової продукції. При роботі КГШП можлива точність поковок, при штампуванні, характеризується допусками плюс-мінус 0,2-0,5 мм, при тому, що на ковальських молотах, при штампуванні, вони плюс-мінус 0,84-1,0 мм.

Наявність у КГШП таких елементів як виштовхувачів у повзунці та столі преса, дозволяє зменшити штампувальні ухили до 1-3°, а іноді й зовсім без них обійтися. Відповідно – при зменшенні величин: напусків, припусків та допусків, підвищується й точність поковок, а також збільшує коефіцієнт вагової точності. Так, у деяких випадках, точне штампування на КГШП дозволяє виготовляти деталі без фінальної обробки різанням.

1.5 Продуктивність при роботі КГШП

Виходячи з попереднього підрозділу та спираючись на загальновідому інформацію з відкритих джерел можна побачити, що – продуктивність при штампуванні на КГШП, у порівнянні зі штампуванням на ковальських молотах,

збільшується приблизно від 20-40 %, до у 2-3 рази. Це можна пояснити тим, що деформація на пресі КГШП в кожному струмку здійснюється за один хід, а на ковальському молоті — за кілька ударів. Тобто – при штампуванні на пресах КГШП – кількість ходів преса завжди дорівнює кількості струмків штампу, та водночас – кількість ходів за хвилину у КГШП приблизно дорівнює кількості ударів еквівалентних ковальських молотів.

Такий параметр як «постійність величини робочого ходу» КГШ преса забезпечує однаковий ступінь обтискання при одній і тій же висоті заготовок для конкретної партії. Сталість швидкостей ходу повзуна, для відповідних кутів повороту колінчастого валу, має однакову швидкість, тому така сталість деформування забезпечує стабільність розмірів та механічних властивостей поковок. Та за вище наданих умов та при правильно вибраному режимі отримується висока якість готової продукції – деталей.

КГШП завдяки наявності своїх виштовхувачів надають можливість здійснювати технологічний процес штампування видавлюванням, завдяки якому можна виготовляти поковки з високими механічними властивостями. Це, в свою чергу, дозволяє виготовляти дуже близькі за формою та розмірами до чистових деталей, поковки, які не вимагають значної обробки різанням торців.

Як і зазначалось у попередніх підрозділах КГШП преси дають змогу забезпечити великі можливості механізації, та автоматизувати подачу заготовок у штамп з подальшою передачею її з струмка в струмок.

При цьому, при роботі цих пресів відсутні струси ґрунту при роботі та їх можна встановлювати у переміщеннях без особливо зміцненого фундаменту та звичайної конструкції будівель.

Ще одним плюсом КГШП є виражена схема нерівномірного всебічного стиснення, яка забезпечує металу при штампуванні видавлюванням – високу пластичність. Через це, тим способом можна виготовляти поковки складної конфігурації з важко деформованих сталей і сплавів.

1.6 Недоліки КГШП

Основні недоліки КГШП:

- 1) менша універсальність КГШП проти молотів;
- 2) висока вартість;
- 3) можливість заклинювання та легка поломки пресів;
- 4) необхідність очищення заготовок від окалини, яка при штампуванні врізається в тіло поковки;
- 5) необхідність більшої кількості струмків у порівнянні з ковальськими молотовими штампами;
- 6) сталість ходу КГШП ускладнює застосування протяжного та підкатного струмків;
- 7) складність пристрою КГШП;
- 8) трудомісткість регулювання КГШП;
- 9) необхідність високої культури розробки технологічного процесу конструювання та виготовлення штампів КГШП.

Хоча й у КГШП висока вартість, якщо порівнювати з ковальськими молотковими, то їх застосування більш економічно доцільне як у великосерійному та й у середньосерійному виробництві. Навіть при сприятливих умов воно доцільне в дрібносерійному виробництві при завантаженні обладнання не менше від 35 до 40 %.

При раціональному використанні КГШП, вони, не зважаючи на свої недоліки, досить ефективні й переважають одностипне обладнання.

1.7 Огляд світових досягнень що до вдосконалення конструкцій, управління і елементів кривошипних гарячештампувальних пресів КГШП

Пропонуються та використовуються на різноманітних металургійних, й не тільки, підприємствах та проектно-конструкторських виробництвах різні типи приводів та конструкцій управління й роботи кривошипних

гарячештампувальних пресів КГШП, а саме було розглянуто такі запропонування у поліпшенні їх конструкції та технологічних параметрів:

- а) запропонування покращення приводу валкової подачі до ексцентрикового чи кривошипного пресу;
- б) покращення пресу з приводним повзунком, повзунком та кривошипом;
- в) поліпшення приводу кривошипного преса;
- г) гальма кривошипного преса;
- д) впровадження двошвидкісного приводу витяжною повзуна кривошипного преса подвійної дії;
- е) запропонування засобу управління приводом повзуна преса з регульованим радіусом кривошипного механізму та привід повзуна преса з регульованим радіусом кривошипного механізму;
- ж) покращення системи і засобу механічного приводу пресу;
- з) механічний прес, адаптований для процесів формування і метод;
- и) запропонування механічного безмуфтовий прес.

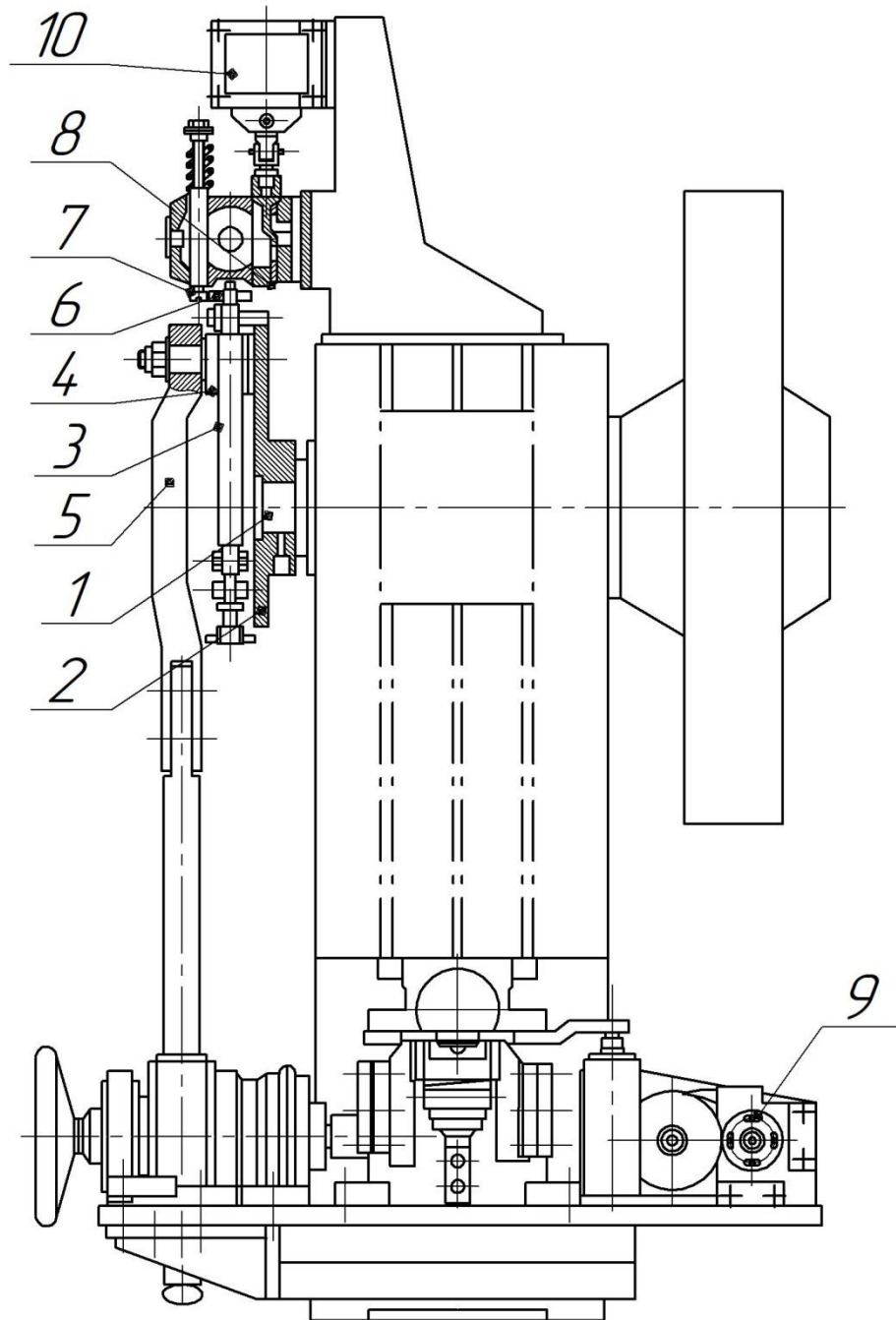
Так, у відомих приводів валкової подачі до ексцентрикових та кривошипних пресів, що містять змонтований на приводному валу преса кривошип – закріплені гвинт з гайкою, де гайка встановлена на гвинті ексцентрично що до осі обертання кривошипа, та жорстко пов'язана з тягою. Це повідомляє рух валкам, що подають. І у відомих приводах гайка закріплена на вінту нерухомо, через що величина ексцентриситету її щодо осі обертання кривошипа, а також крок подачі є постійними.

Конструктори пропонують у своїх дослідженнях привод валкової подачі до ексцентрикового пресу, який дозволяє змінювати крок подачі за один або кілька ходів преса. При чому зміна кроку подачі здійснюється за законом арифметичної прогресії.

Отже, від відомих, цей новий привод відрізняється тим, що він забезпечений механізмом зростання-зменшення кроку подачі, через що повідомляється гайці переміщення уздовж гвинта на необхідний крок, а цей механізм виконаний у вигляді двох пальців які встановлені по обидва боки

гвинта та пов'язаних за допомогою системи управління з механізмом відліку ходів преса.

Як працює цей привод валкової подачі до кривошипного преса (Рисунок 1.3).



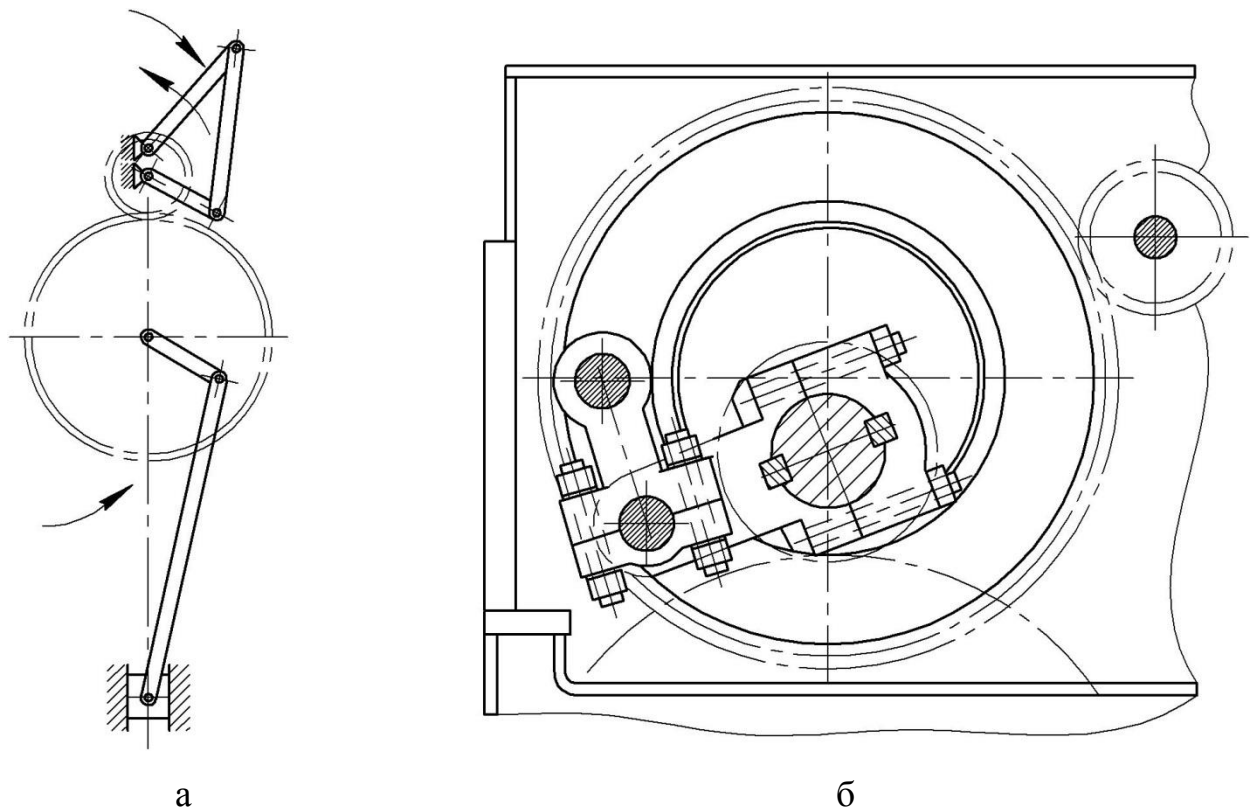
1 – вал; 2 – кривошип; 3 – гвинт; 4 – гайка; 5 – тяга; 6 – шестерня; 7, 8 – пальці;
9 - механізмом відліку ходів; 10 – механізму перекидання пальців

Рисунок 1.3 – Привод валкової подачі к ексцентриковому чи кривошипному пресу

На кінці приводного валу 1 закріплено кривошип 2 з встановленим гвинтом 3, на якому вміщена гайка 4. Ця гайка жорстко пов'язана з тягою 5, що передає рух валкам, що подають. На одному з кінців гвинта жорстко закріплена зірочка шестерня 6, а над гвинтом з обох боків розташовані пальці 7 і 8, які пов'язані з механізмом відліку ходів преса 9 та один із пальців знаходиться в робочому положенні. При повороті валу преса на один оберт, шестерня займає верхнє становище і входить у зачеплення з пальцем, в свою чергу, палець повертає шестерню, а разом із нею і гвинт навколо його осі на задану частину обороту. Гайка ж переміщається вздовж гвинта на відповідний крок і якщо у робочому положенні знаходиться палець 7, то гвинт повертається за годинниковою стрілкою, а гайка піднімається і крок збільшується а якщо ж це робить палець 8, то гайка опускається і тим самим зменшується крок. Положення гайки на гвинті визначається величиною ексцентриситету кривошипа, зі зміною якого змінюється й крок подачі матеріалу. Після заданого числа ходів подається сигнал механізму перекидання пальців 10, тоді палець, що знаходився в робочому положенні, забирається геть, а інший палець стає в робоче положення, та вже після цього, якщо крок подачі зростає то він поступово зменшується до наступного перекидання пальців. [1]

У американському патенті «3869927 «Geared Drag Link-Slider-Crank Press», воно ж в перекладі на українську: «Прес з приводним повзунком, повзунком та кривошипом» запропоновано й розкрито приводний механізм пресування чорнил-повзун-кривошип із зубчастою передачею, який включає повзун, що переміщається по траєкторії між першим і другим положеннями, що визначає хід повзуна [2]. Повзун приводиться в рух за допомогою зубчастої тягової ланки і кривошипного-повзункового механізму, що включає зубчасту кривошипну рукоятку, що має ланку, з'єднане між кривошипом і повзуном, так що обертання кривошипа повідомляє повзуну зворотно-поступальний рух (Рисунок 1.4). Обертання ковзного кривошипу із зубчастою передачею досягається за допомогою механізму тягової ланки, що включає другий кривошип, що обертається з постійною швидкістю, і третій кривошип, що

наводиться другим кривошипом зі змінною швидкістю. Третій кривошип включає шестірню, що знаходиться в приводному зачепленні з повзунковим кривошипом із зубчастою передачею, при цьому обертання другого кривошипа з постійною швидкістю надає обертання зі змінною швидкістю повзунковому кривошипу із зубчастою передачею. Необхідні швидкість ковзання та характеристики руху досягаються за рахунок забезпечення передатного відношення провідної та веденої шестерень механізму, відмінного від 1:1. [2]



а – повзунок; б - повзунок та кривошип

Рисунок 1.4 – Прес з приводним повзунком, повзунком та кривошипом

У іншому американському патенті «3983738 «Crank Press Drive»», воно ж «Привід кривошипного преса» приведено винахід, який призначений для кривошипних пресів (Рисунок 1.5) [3]. Привід, згідно винаходу, містить перший маховик, встановлений на колінчастому валу, який з'єднаний з повзунком і другий маховик, який з'єднаний з колінчастим валом за допомогою зчеплення. Перший маховик обертається за допомогою двигуна, а оберտальна маса

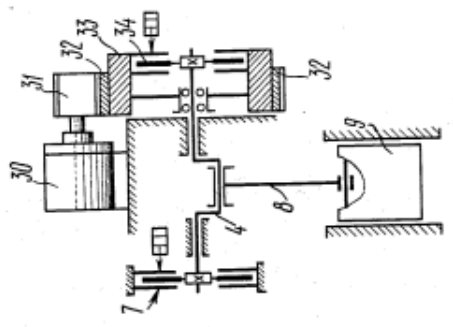
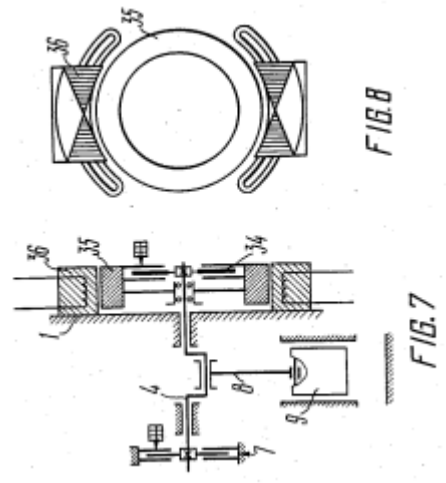
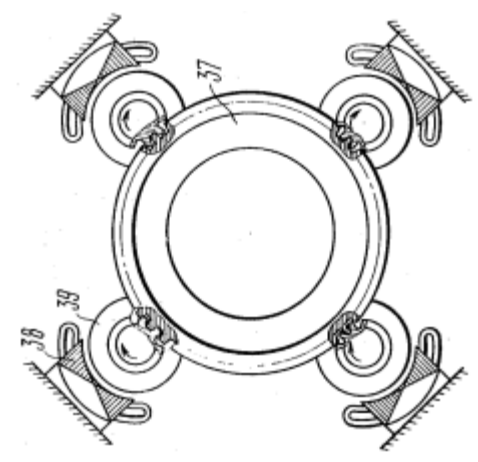
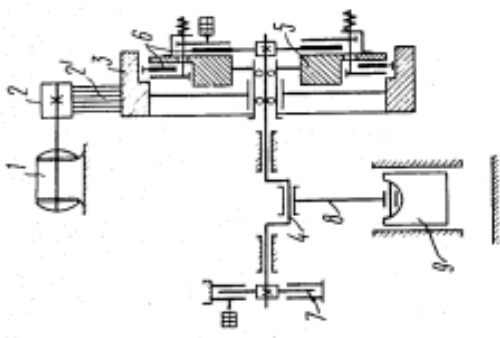
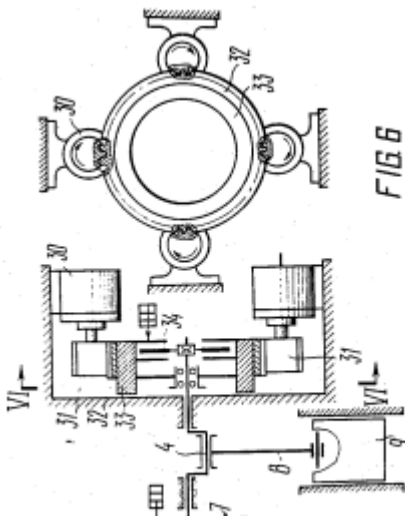
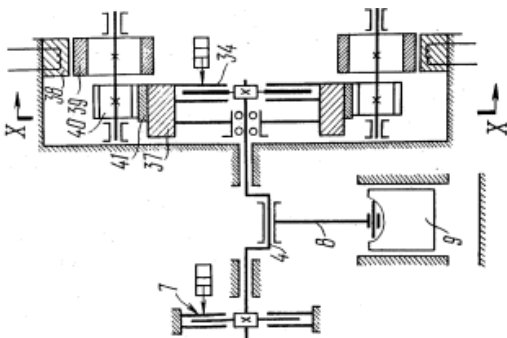


FIG 6

FIG 5

FIG 8

FIG 7

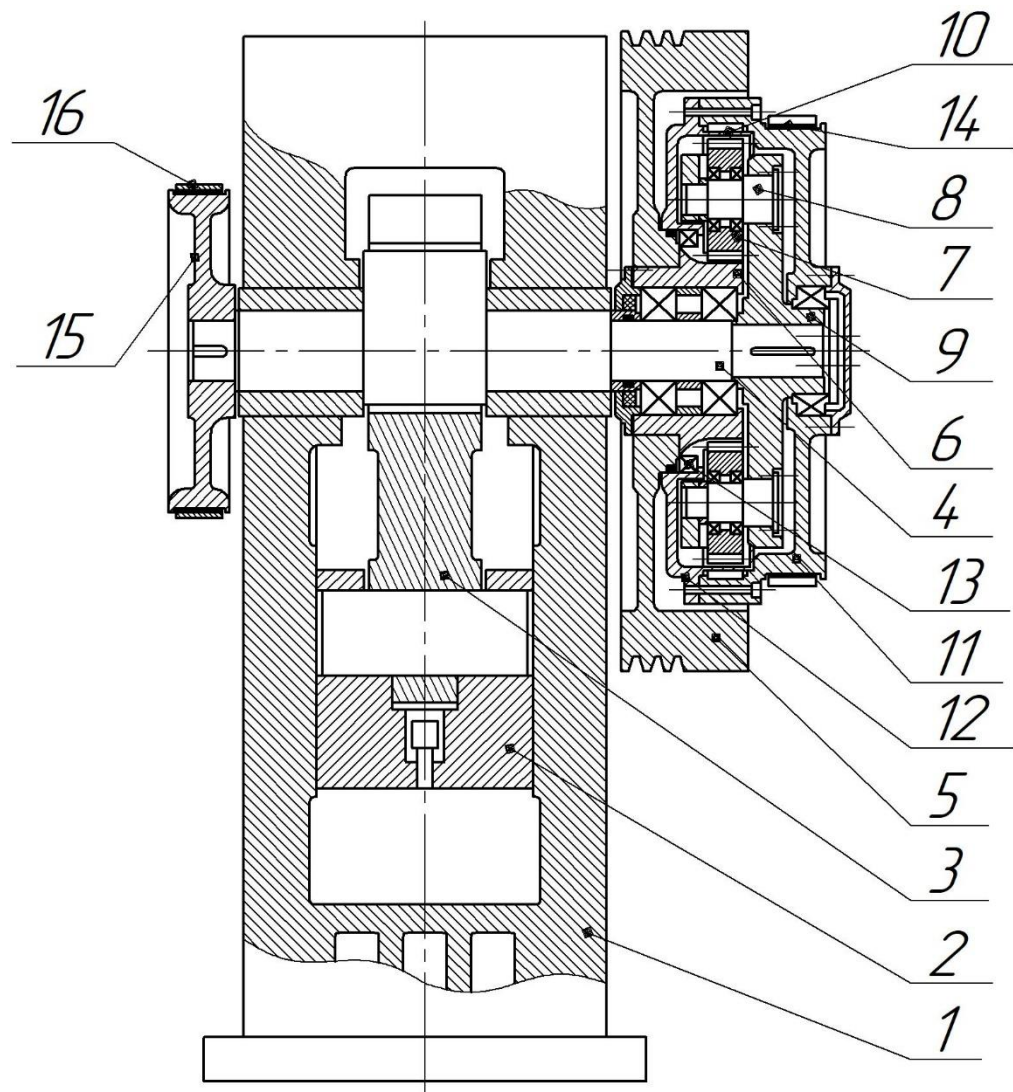
Рисунок 1.5 – Привід кривошипного преса

маховика обрана такою, щоб кінетична енергія маховика, накопичена ним у процесі його розгону, повністю витрачалася їм на виконання технологічної операції та повернення повзуна у вихідне положення. Двигун може бути представлений одним або декількома синхронно працюючими гідравлічними двигунами або електродвигунами, що розташовуються по колу концентрично маховику і з'єднаними з маховиком за допомогою зубчастих передач з однаковим передатним числом. [3]

Є запропонований й впроваджений привод кривошипного преса» [4], що містить шків, який є маховиком та планетарну передачу, яка знаходиться на кривому валу з сателітами, які взаємодіють з центральною передачею і з колесом внутрішньої передачі й контрольованим гальмом. Число передачі такого приводу менше одного, тобто: привод прискорюється і тому вимагає додаткового уповільненого руху передач.

Склад цього пресу (Рисунок 1.6) – з одного боку знаходяться: вал, що використовується для зменшення комбінезони, ваги та збільшення терміну служби, привод, який оснащений барабаном з кришкою, що лежить у підшипниках встановлених на одній стороні на маточини шківів, з іншого; маточина, а також стрічкове гальмо, гальмівна стрічка, яка встановлюється на зовнішній циліндричній поверхні барабана, шків, а центральна передача жорстко взаємопов'язані та встановлені на валу, з можливістю вільного обертання, та передач внутрішнього залучення закріплено всередині барабана. Диск характеризується тим, що для поліпшення змащування внутрішня порожнина барабана виділяється із зовнішнього середовища і наповнена рідкою мастилом. [4]

При поліпшенні гальма кривошипного преса з метою розширення функціональної та енергетичної можливості було розроблено конструкцію, що надається нижче й приведено на рисунку [5]. Розширення функціональності та інше забезпечується тим, що можна автоматично змінити значення подальшого перебігу повзунка, залежно від значення попереднього ходу.



- 1 – вал; 2 – гальмівний диск; 3 – фрикційні вставки; 4 - упорний диск;
 5 – корпус; 6 – натискний диск; 7 – втулка; 8 – комплект пружин; 9 – сухарі;
 10 – поршень; 11 – циліндр; 12 – обгінна муфта; 13 – кронштейн;
 14 – пружини стиснення; 15 – склянки; 16 – поршні; 17 – шатун; 18 – важелі;
 19 – штоки; 20 – гідравлічні демпфери

Рисунок 1.6 – Привод кривошипного преса

Це працює наступним чином: щоб зменшити крутильні коливання у гальмі, в гальмо вводиться муфта випередження, зовнішній затискач якої жорстко з'єднаний з кронштейном, який фіксований на пресі, а затискач внутрішній жорстко пов'язаний з корпусом гальма.

Конструктивно це виглядає наступним чином (Рисунок 1.7).

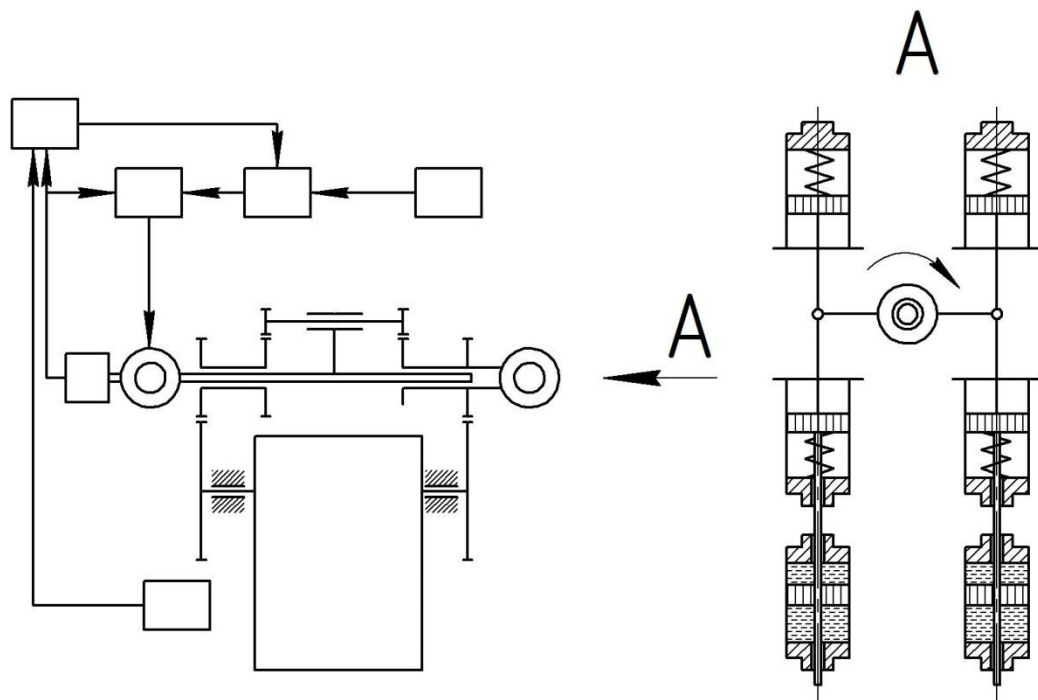


Рисунок 1.7 – Метод управління приводом екіпажу пресу з регульованим радіусом механізму кривизни та приводом ліжечка пресу з регульованим радіусом механізму кривизни

Гальмо містить пов'язаний з валом 1 гальмівний диск 2, а фрикційні вставки 3 з невеликим зазором встановлені у вікнах диска 2, з можливістю переміщення в осьовому напрямку. Упорний диск 4 жорстко пов'язаний з корпусом 5, натискний же диск 6 за допомогою шпигцевого з'єднання пов'язаний з втулкою 7, яка вільно встановлена щодо валу 1. Зусилля притиску тут забезпечується комплектом пружин 8, що змонтовані з попередньою затяжкою і передається це зусилля на натискний диск 6 через сухарі 9, які жорстко пов'язані зі матчиною поршня 10. Поршень встановлено в пневматичний циліндр 11, який жорстко пов'язаний з корпусом 5, а він вже встановлений жорстко у внутрішній обоймі обгінної муфти 12, зовнішня обойма якої жорстко пов'язана з кронштейном 13, а кронштейн нерухливий відносно преса. Гальмівний момент від корпусу через натискний диск і втулку передається на станину преса через пружини стиснення 14, що змонтовано в склянках 15 з невеликим попереднім натягом, склянки же жорстко закріплені на станині преса, а пружини пов'язані з втулкою через поршні 16, шатуни 17 та

важелі 18, ще з поршнями жорстко пов'язані штоки 19 гідравлічних демпферів 20. [5]

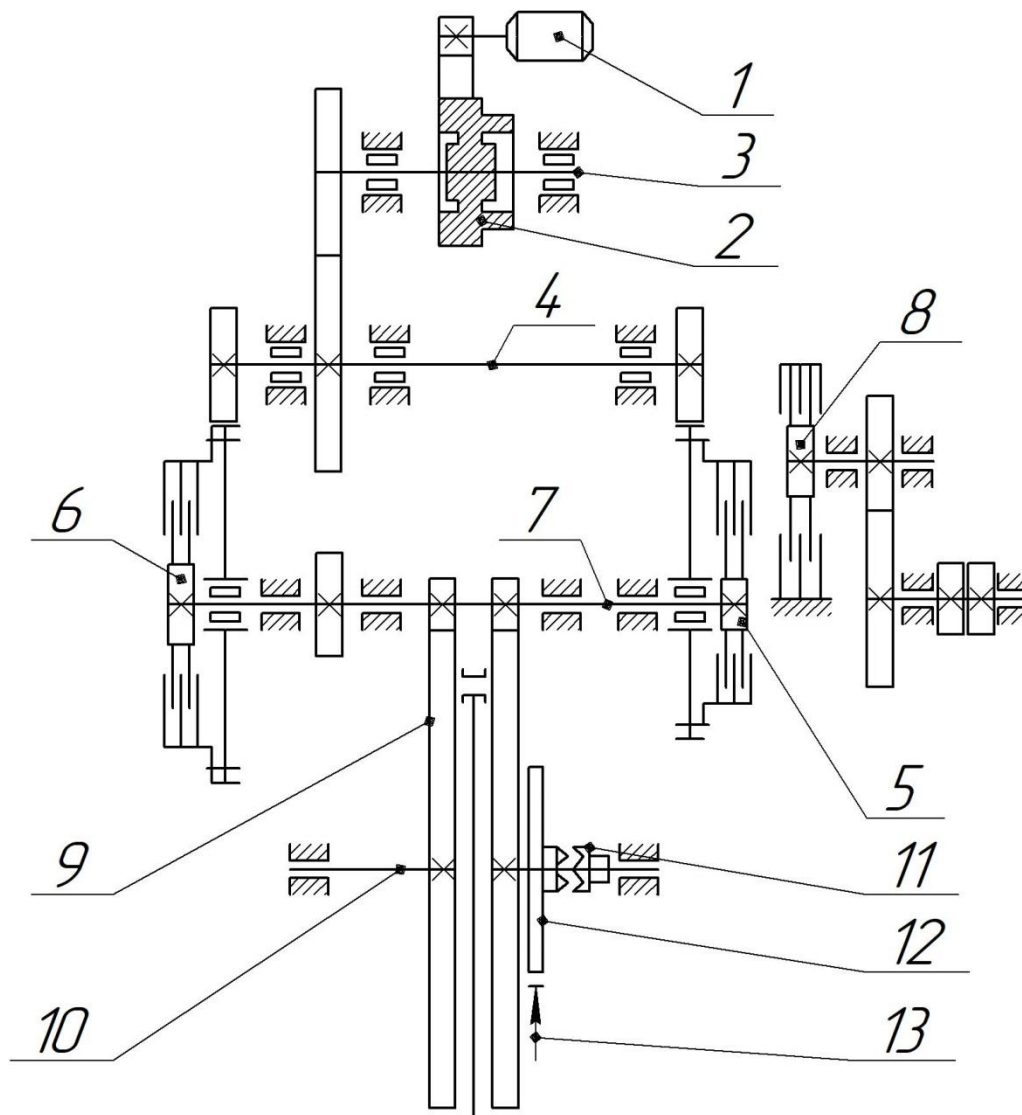
Ще одним досягненням у поліпшенні конструкції гарячештампувальних пресів КГШП є Двошвидкісний привід витяжною повзуна кривошипного преса подвійної дії представлений на рисунку (Рисунок 1.8) [6]. Мета розробки цієї конструкції була – підвищення довговічності та надійності. А досягалося це тим, що привід оснащений можливістю обертання на кривошипному валу з маховиком, жорсткою муфтою зчеплений з кривошипним валом, а також гальмом маховика.

Тобто принцип дії виглядає наступним чином: двошвидкісний привод витяжного повзуна преса подвійної дії, який містить зв'язуючи кривошипний вал з електродвигуном кінематичні ланцюги прискореного і робочого ходів, в кожній з яких змонтована муфта включення з метою підвищення довговічності і надійності, а також оснащена валу маховиком, жорсткою муфтою зчеплення його з кривошипом.

Конструктивно на кресленні це виглядає так. На кресленні наведена кінематична схема приводу. Привід містить електродвигун 1, який пов'язаний ремінної передачею з маховиком 2, що встановлений на валу 3, потім йде проміжний вал 4, що передає оберти на зубчасті колеса муфти 5 швидкого хода, муфти 6 робочого хода й вал 7, який зв'язаний з колесами й з гальмом 8 та зубчатими колесами кривошипно-шатунного механізму 9. На кривошипному валу 10 встановлена жорстка муфта 11, маховик 12 з моментом інерції, що забезпечує зниження швидкості ведених ланок приводу і гальмо 13, пов'язаний з маховиком. [6]

Ще було запропоновано спосіб управління приводом повзуна преса з регульованим радіусом кривошипного механізму та з приводом повзуна преса з регульованим радіусом кривошипного механізму, метою чого є розширення функціональних можливостей преса, що забезпечується автоматичним змінювання величини наступного ходу повзуна залежно від величини попереднього ходу [7]. Механічна складова такої схеми представлено на

рисунку (Рисунок 1.9). Техніко-економічний ефект від впровадження такого способу забезпечується завдяки розширенню функціональних та енергетичних можливостей приводу преса, в порівнянні з базовим пресом.

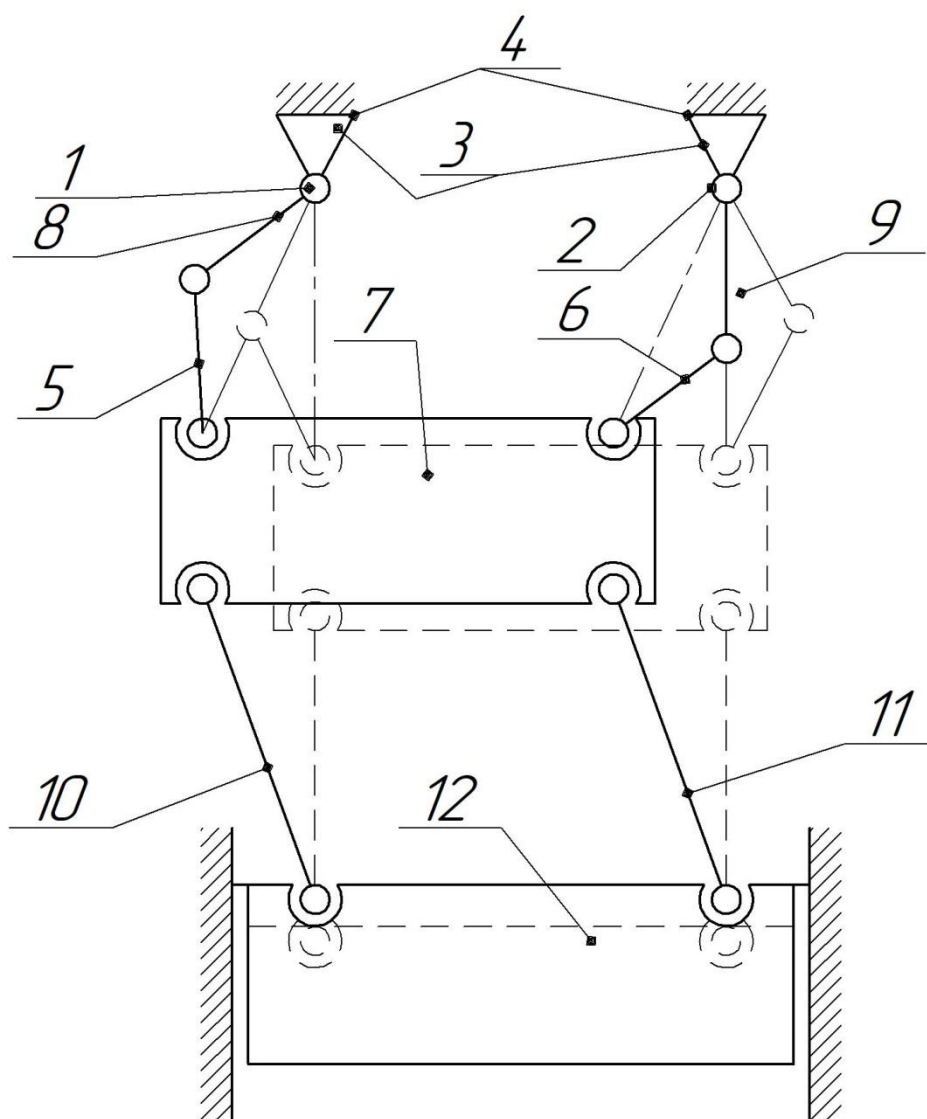


1 – електродвигун; 2 – маховик; 3 – вал; 4 – вал; 5 – муфта швидкого ходу,
6 – муфта робочого ходу; 7 – вал; 8 – гальмо; 9 – кривошипно-шатунний
механізм; 10 – вал; 11 – муфта; 12 – маховик; 13 - гальмо

Рисунок 1.8 – Двошвидкісний привід витяжного повзуна кривошипного преса подвійної дії

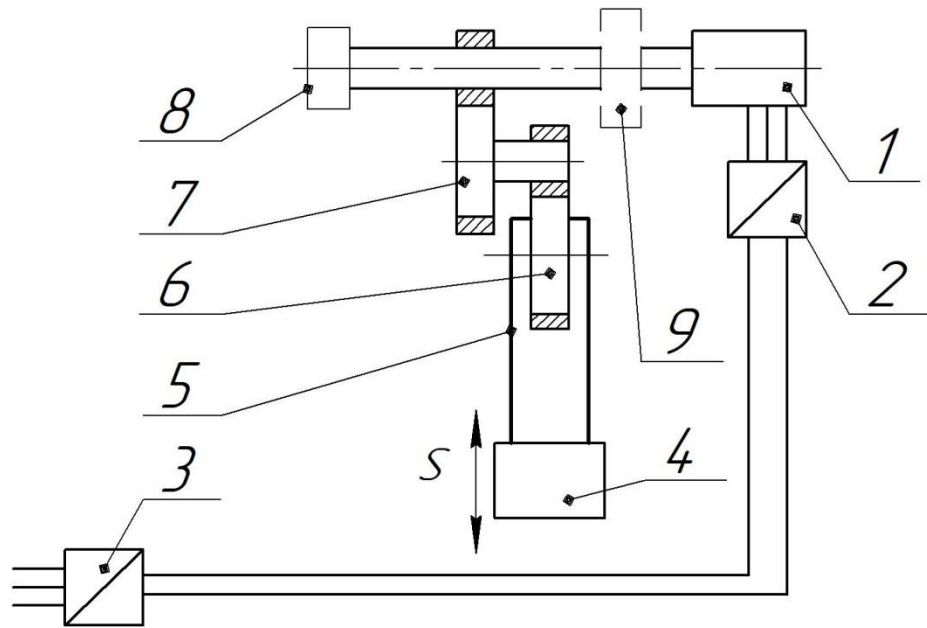
У Європейському союзі отримано патент на винахід «EP 1996394 B1 «Mechanical Press Drive System And Method»», що перекладається як «Система і

спосіб механічного приводу пресу» [8]. Винахід відноситься до механічного пресів, що використовується для пресування, штампування або штампування металевих деталей із заготовок, зокрема, винахід розкриває сутність механічного преса з приводом від електродвигуна з удосконаленою системою управління передачею потужності від приводного двигуна до штовхача преса. Схематично це представлено на рисунку (Рисунок 1.10). [8]



1, 2 – кривошипні вали; 3 – опори; 4 – станина; 5, 6 – ексцентрикові втулки; 7 – траверси; 8, 9 – кривошипи; 10, 11 – шатуни; 12 – повзун

Рисунок 1.9 – Спосіб управління приводом повзуна преса з регульованим радіусом кривошипного механізму та привід повзуна преса з регульованим радіусом кривошипного механізму



- 1 – електродвигун; 2 – привод живлення; 3 – привод керування;
 4 – циліндр; 5 – підсилювач; 6 – механічний засіб; 7 - ексцентрикове
 ведуче колесо; 8 – аварійне гальмо; 9 – коробка передач

Рисунок 1.10 – Система і спосіб механічного приводу пресу

І ще є один патент отриманий у Сполучених штатах «US 8302452 B2 «Mechanical Press Adapted For Forming Processes, And Method»», назва якого перекладається: «Механічний прес, адаптований для процесів формування і метод» [9]. У ньому описується механічний прес, який містить верхню матрицю та нижню матрицю, які пристосовані для формування деталі між ними, а також двигун для переміщення, принаймні однієї з них відносно іншої. Ще є колінчастий вал, з'єднаний з двигуном, і механізм, що перетворює обертовий рух колінчастого валу в лінійний рух матриці. Прес додатково містить гідравлічну камеру, для амортизації або поглинання можливих перевантажень під час формування та пристрій приводу, який змушує щонайменше частину рідини, присутньої в гідравлічній камері, вивільнитися, коли прес знаходиться в нижній мертвій точці, в якому деталь формується між штампами, і змушує принаймні частину зазначеної рідини повертатися в гідравлічну камеру, коли прес залишає нижню мертву точку. Схематично сутність винаходу представлено на рисунку (Рисунок 1.11). [9]

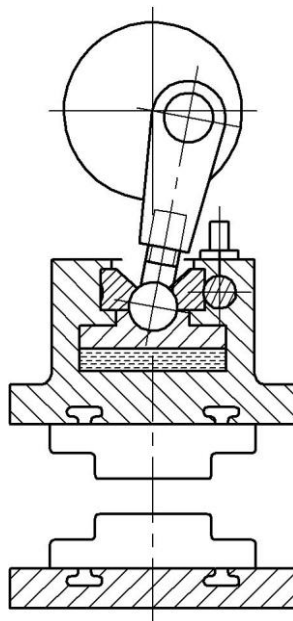
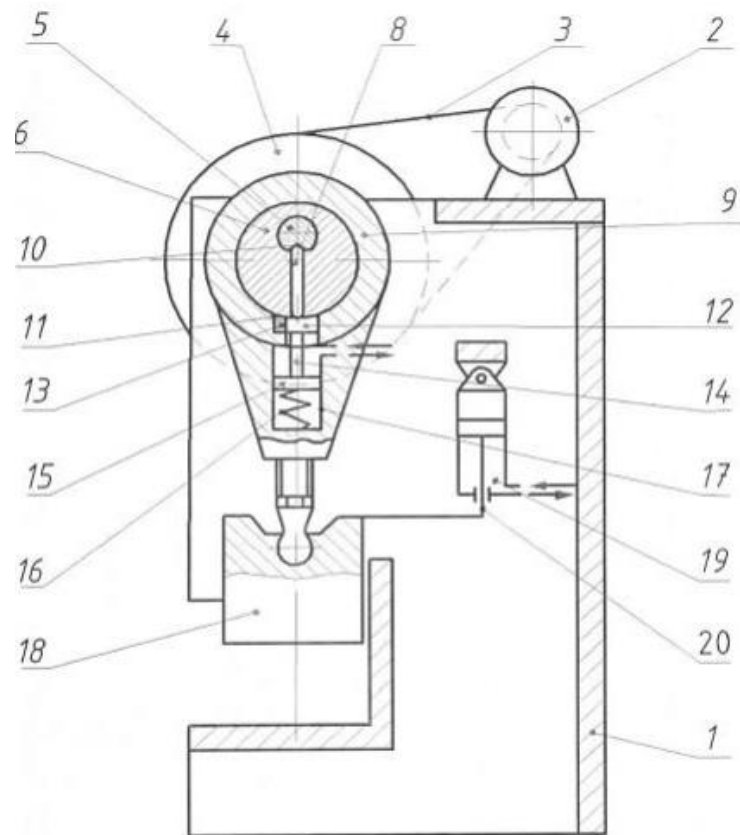


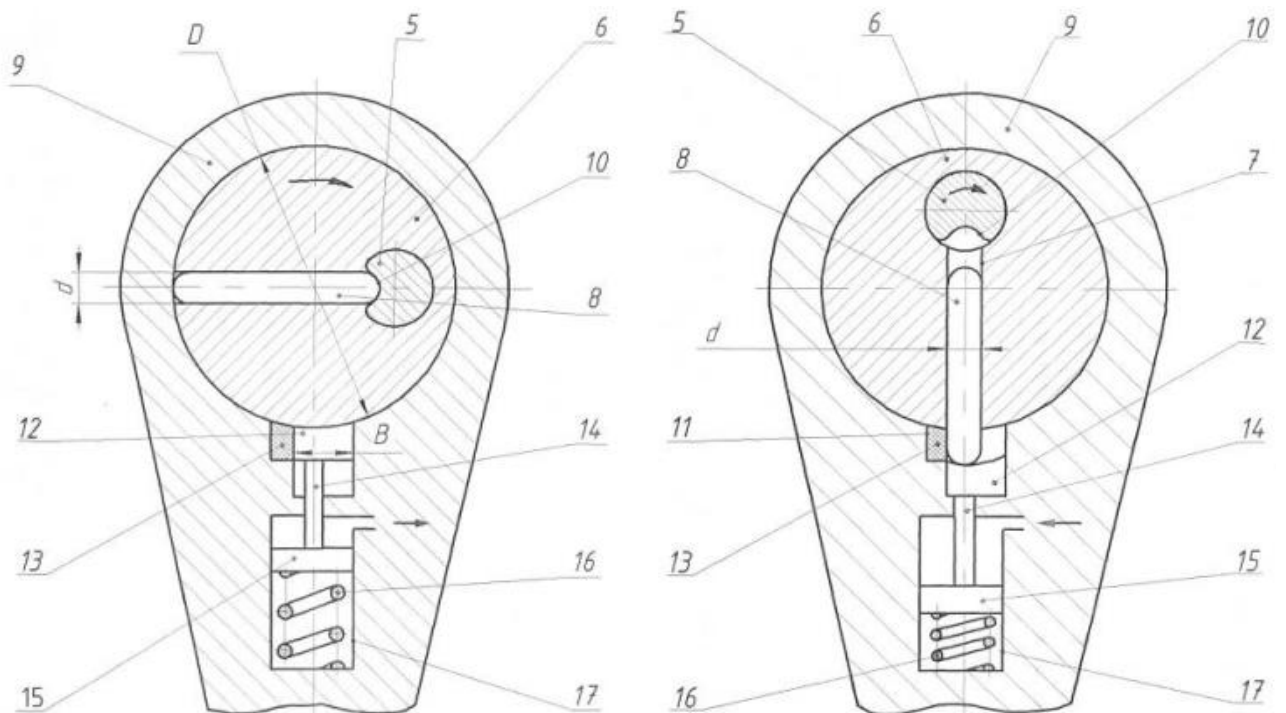
Рисунок 1.11 – Механічний прес, адаптований для процесів формування

В Україні зареєстровано патент на корисну модель: «Патент UA 73557 U «Механічний Безмуфтовий Прес»», який представлено на рисунку (Рисунок 1.12) [10]. В патенті надається інформація на механічний безмуфтовий прес, що складається зі станини, кривошипного валу, який змонтовано у підшипникових опорах станини і зв'язано з електродвигуном за допомогою маховика та гнучкого зв'язку, ексцентрикової втулки, що має ексцентриситет, рівний радіусу кривошипа, яка в свою чергу встановлена охоплюється великою головкою шатуна. В тілі ексцентрикової втулки в радіальному напрямку виконано отвір, напроти якого у зовнішній циліндричній поверхні кривошипа виконано лунку повзуна, розміщеного у вертикальних напрямних станини. Вона з'єднана із шатуном та зрівноважувачем. Ще є засіб вмикання преса, який виглядає як рухомий фіксатор і пересувний упор, який з'єднаний штоком з приводним силовим циліндром та пружиною стиснення. У патенті винахід відрізняється від звичайного тим, що рухомий фіксатор має циліндричну форму зі сферичними торцями та його встановлено в радіальному отворі ексцентрикової втулки із зазором, а лунка, в свою чергу, на поверхні кривошипа виконана у вигляді трьох спряжених заокруглень. Середнє

заокруглення, з них, має радіус, який дорівнює радіусу сферичного торця рухомого фіксатора. [10]



Фіг. 1



Фіг. 2

Фіг. 3

Рисунок 1.12 – Механічний безмуфтовий прес

2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Особливості устрою та фактори, що впливають на привод кривошипного механізму гарячештампувального преса

На рисунку (Рисунок 2.1) наведена типова конструкція гарячештампувального кривошипно-шатунного преса (ГГШП), де показано та видно, що у сучасних пресах застосовують зварні або складові станини. Якщо станини виконані складовими, то частини станини виконуються литими або звареними.

При роботі цих пресів ексцентричне навантаження преса неминуче, тому для цього є передбачені нижні та верхні напрямні повзуна, які суттєво збільшують загальну довжину напрямної бази, а бронзові плоскі напрямні планки, що охоплюють призматичний повзун із чотирьох сторін, регулюють напрямних болтами та клинами.

Привід преса використовується двоступінчастий, з клинопасової і зубчастої передачами, причому на проміжному валу консоль встановлюється маховик, який пов'язаний з валом за допомогою фрикційного запобіжника, а у пресах малих зусиль, де зусилля приблизно до 20-25 МН, застосовують одноступінчастий клинопасовий привід.

Велика кількість ходів із значною масою, що розганяється при включенні муфти та високі технологічні зусилля – обумовлює важкий динамічний режим роботи приводу та виконавчого механізму. Через це у деталях яких з'являються коливальні навантаження.

Для надійності приводу зубчасті колеса та маховик фіксують на валу:

- а) клиновими шпонками:
- б) розпірними конічними кільцями або пресовою посадкою з великим натягом.

При використанні пресової посадки з великим натягом монтаж та демонтаж здійснюють за допомогою подачі рідини високого тиску у спеціальні отвори на валу.

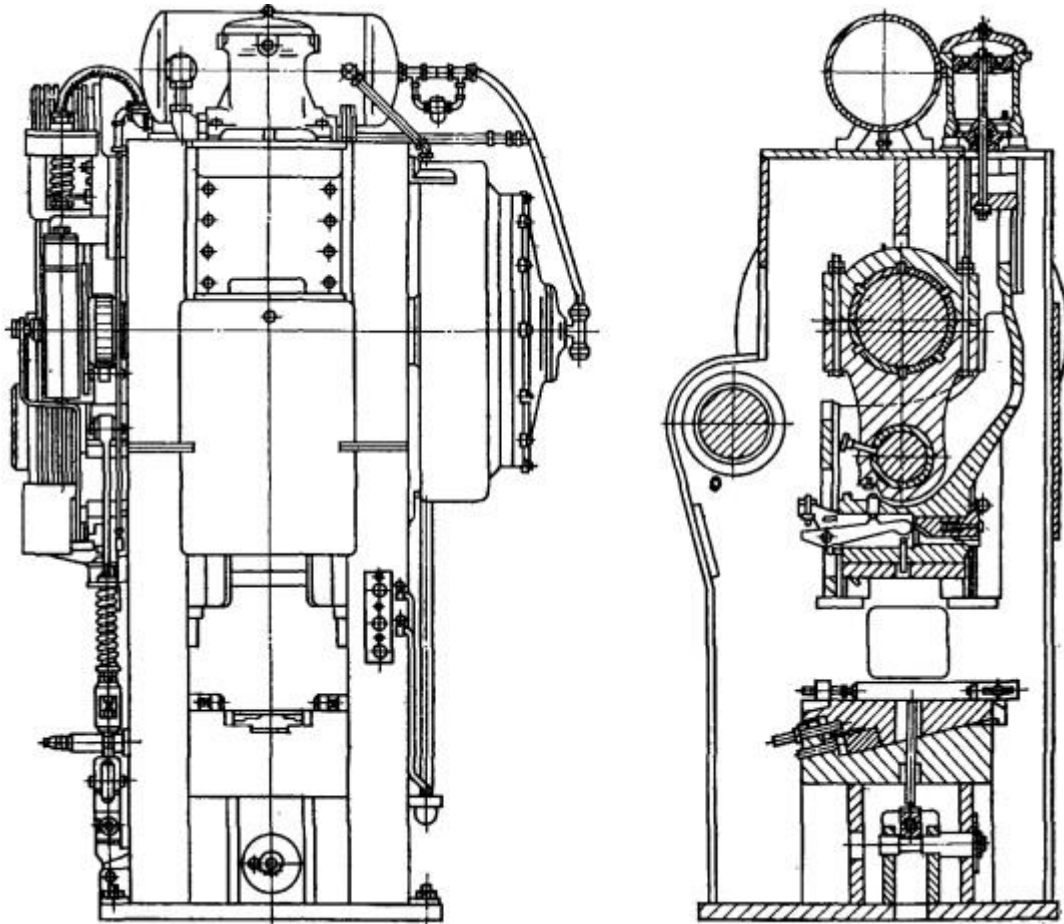


Рисунок 2.1 – Гарячештампувального кривошипно-шатунний прес

Такі елементи приводу, як муфта та гальмо, встановлюються тільки на ексцентриковому валу. Це призводить до зростання габаритів муфти та гальма, але водночас:

- а) сприяє зменшенню зносу обкладок муфти;
- б) знижує можливості заклинювання преса.

При роботі преса, істотні коливання зусилля та витрат енергії призводять до заклинювання преса, яке виходить в результаті вичерпання енергетичного запасу маховика та зупинки повзуна в зоні кутів заклинювання кривошипно-

повзунного механізму, де зусилля при заклинюванні перевищує номінальне приблизно о 2-3 рази.

Для розклинювання використовують конструкції столу-клину (Рисунок 2.2), після деякого остигання поковки в штампі, та виконують ці маніпуляції наступним чином:

- а) відводять поперечний клин;
- б) розвантаження преса здійснюють ударами важкої болванки по виступу.

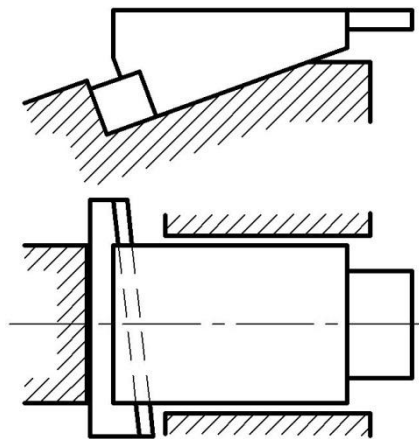


Рисунок 2.2 – Пристрій регулювання штампової висоти клином-столом

Якщо вище наведені операції не призводить до результату, то за допомоги автогенного полум'я доводиться розрізати вставки штамп.

У сучасних пресах для прискорення процесу розклинювання застосовують спеціальні пристрої, наприклад зображене на рисунку (Рисунок 2.3).

Верхні гайки стяжних шпильок станини виконані складовими так, що гайка є як би поршнем в циліндрі, що спирається на станину (Рисунок 2.3). У ступінчастий циліндр за допомогою насоса подається рідина високого тиску, а при виведенні преса з розпору, під дією тиску рідини 50-100 МПа, відбувається одночасне подовження всіх стяжних шпильок, та ще при цьому з-під стику виймають прокладки, які створюють попередній натяг стяжних болтів. Тиск у такому пристрої має бути на 20-30 % вищим, ніж розрахунковий тиск для зусилля затягування.

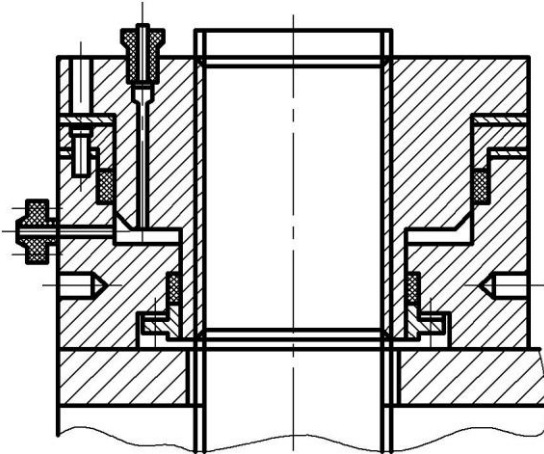


Рисунок 2.3 – Пристрій для розклинювання – гідрогайка

Після зняття надмірного тиску рідини повзун виводять із заклинювання, а потім знову подають рідину під високим тиском. Після того ставлять на місце прокладки і знову знімають тиск.

Такі пристрої, що описано вище, дозволяють зменшити простої пресів та удосконалення цих пресів пристроями, що скорочують час налагодження і вимушених простоїв – досить прибуткове. Більшість сучасних пресів мають у своїй конструкції простої та елементи які суттєво збільшують економічну ефективність їх застосування у цих пресах:

- а) малий привід;
- б) показчики зусилля;
- в) прилади для контролю температури підшипників;
- г) столи для монтажу.

При розрахунку КГШП немає істотної різниці порівняно з розрахунком інших пресів, так – ексцентрикові вали та зубчасті колеса виконують із легованих сталей, але із загальними розрахунками слід проводити розрахунок деформацій станини та деталей кривошипно-повзунного механізму, тому що при необхідно прагнути забезпечити достатню жорсткість преса.

2.2 Заклинювання кривошипно-шатунного механізму

При роботі КГШП виникає таке положення, при якому на повзун діє сила опору, що з'явилася пружною деформацією станини та інших елементів КГШП, що своїми діями перешкоджає переміщенню повзуна. З урахування аналізу балансу елементарних робіт активною силою є сила P_D , момент колінчастому валу дорівнює 0.

Крутний момент на колінчастому валі будуть дорівнювати:

$$M_K = P_D m_K, \quad (2.1)$$

де P_D – активна сила;

m_K – плече тертя.

Якщо у виразі (Формула 2.1) прийняти ліву частину за 0, то буде видно, що повзун, що перебуває під дією пружних сил, не може мимоволі піднятися в верхнє положення.

При цьому, оскільки сила P_D є активною, то перенесемо перший член рівняння в ліву частину і змінимо його знак та отримаємо:

$$P_D m_K^u = P_D m_K^f, \quad (2.2)$$

де m_K^u, m_K^f – приведені відносні плечі тертя.

Після скорочення на P_D та підставивши значення m_K^u, m_K^f , а знак рівності замінивши знаком нерівності, що визначає момент коли рівновагу системи під дією пружних сил і тертя буде порушено, то буде наступне:

$$R \left(\sin \alpha + \left(\frac{\lambda}{2} \right) \sin 2\alpha + \lambda k \cos \alpha \right) \geq f \left((1 + \lambda) r_A + \lambda r_B + r_0 \right), \quad (2.3)$$

де α – робочий кут;

R – довжина плеча OA ;

λ – коефіцієнт тиску;

f – коефіцієнт тертя в направляючих;

r_A – радіус шарніра А (розмір);

r_B – радіус шарніра В (розмір);

r_0 – радіус шарніра (розмір).

При кутах α менших, ніж визначає нерівність, рівновага не завжди буде зберігатися, тобто – для зняття пружних сил в системі необхідно додати певний момент. Граничний кут, що фіксує положення рівноваги, називають кутом заклинювання α_3 (Рисунок 2.4) та він визначається за наступною формулою:

$$\alpha_3^2 - 2 \frac{1 + \lambda}{\lambda k} \alpha_3 - 2 + \frac{2m_K^f}{R\lambda k} = 0, \quad (2.4)$$

де α_3 – кут заклинювання.

Для центрального механізму для центрального механізму це буде виглядати таким чином:

$$\alpha_3 = \frac{m_K^f}{R(1 + \lambda)}. \quad (2.5)$$

Вочевидь, що додатковий момент, який необхідний для зняття пружних сил у системі, визначиться з наступного рівняння:

$$M_E = P_E (m_K^f - m_K^u). \quad (2.6)$$

де P_E – сила, що діє в момент заклинювання.

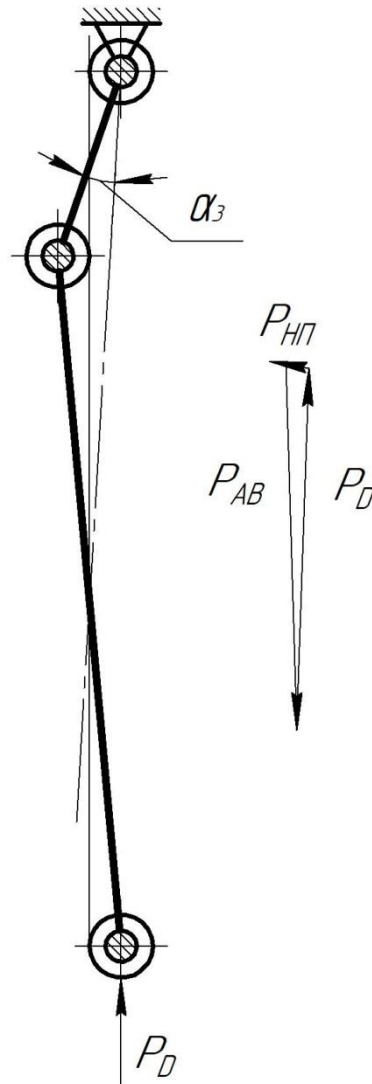


Рисунок 2.4 – Схема сил в механізмі кривошипно-шатуном КГШП

Слід зазначити, що кути заклинювання для центральних і позacentрових механізмів не дуже відрізняються, тому позacentрові механізми не мають якихось суттєвих переваг. Область заклинювання в обох механізмах з одним значенням λ практично збігаються та збільшення λ звужує область заклинювання.

Найбільш ефективний шлях зниження кута заклинювання α_3 полягає у зменшенні коефіцієнта тертя, а саме як варіанти:

- а) подача рідкого мастила;

- б) перехід на підшипники кочення;
- в) зменшення розмірів шарнірів, що допускаються умовами міцності.

2.3 Теоретичний аналіз сили, що розклинює, до шатуна

Проаналізуємо пособу розклинювання силою, що прикладається до кривошипно-шатунного механізму.

Розглянемо умову, коли повзун преса з кривошипом зупинився у крайньому нижньому положенні, Тоді сила заклинювання й момент тертя будуть найбільшими, з чого виходить, що знадобиться і найбільша сила, що розклинює.

Наобхідність визначення на скільки велика ця сила, що розклинює – у визначенні тієї сили, яка створює в кривошипно-шатунному механізмі момент, що перевищує момент тертя у його шарнірах. Розчленуємо кривошипно-шатунний механізм на частини, що зображено на схемі (Рисунок 2.5а,б) за умови рівноваги кожної з них при куті повороту кривошипу, що дорівнює: $\alpha = 0$.

Реакції в шарнірах O , A та B знаходяться по формулам:

$$P_o = \sqrt{x_o^2 + y_o^2} , \quad (2.7)$$

$$P_a = \sqrt{x_a^2 + y_a^2} , \quad (2.8)$$

$$P_b = \sqrt{x_b^2 + y_b^2} , \quad (2.9)$$

де $x_o, y_o, x_a, y_a, x_b, y_b$ – складові по осях x та y реакцій у шарнірах O , A та B .

Моменти тертя у шарнірах O , A та B знаходяться:

$$M_{TO} = \mu_n r_o \sqrt{x_o^2 + y_o^2}, \quad (2.10)$$

$$M_{Ta} = \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + y_a^2}, \quad (2.11)$$

$$M_{Tb} = \mu_n r_b \sqrt{x_b^2 + y_b^2}, \quad (2.12)$$

де μ_n – коефіцієнт тертя.

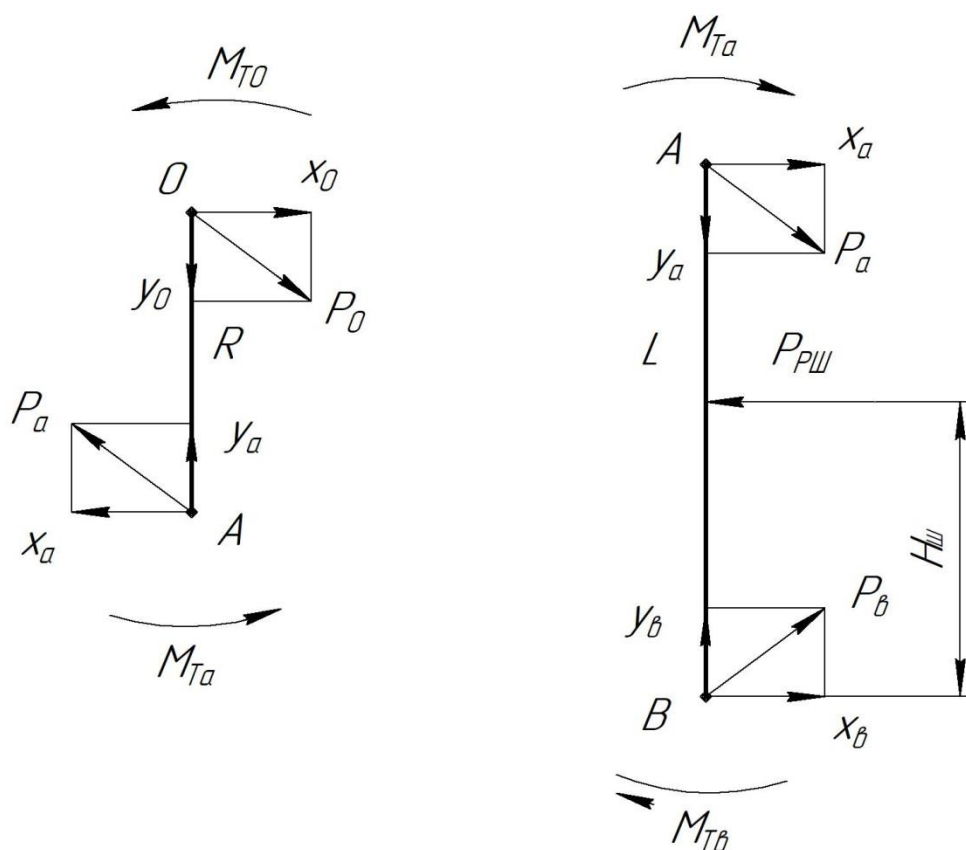


Рисунок 2.5 – Схема сил та моментів, що діють на елементи КШГП при розклинюванні

З умов рівноваги шатуна впливає складові по осях X і Y реакцій в шарнірах O , A і B :

$$Y_a = Y_e = P_3, \quad (2.13)$$

$$P_{pш} = x_a + x_e, \quad (2.14)$$

$$P_{pш}H_{ш} = x_aL + M_{Ta} + M_{Te}. \quad (2.15)$$

З урахуванням моментів тертя у шарнірах формули (Формули 2.7, 2.8, 2.9), останнє рівняння (Формула 2.15) буде такою:

$$P_{pш}H_{ш} = x_aL + \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + P_3^2} + \mu_n r_e \sqrt{(P_{pш} - x_a)^2 + P_3^2}. \quad (2.16)$$

Для визначення величини з формулі (Формула 2.14) розглянемо умови рівноваги кривошипу:

$$x_a = x_o, \quad (2.17)$$

$$y_a = y_o = P_3, \quad (2.18)$$

$$x_a R = M_{To} + M_{Ta}. \quad (2.19)$$

Звідки, рівняння узагальнене буде мати вигляд:

$$x_a R = \mu_n (r_o + r_a) \sqrt{x_a^2 + P_3^2}. \quad (2.20)$$

Виводячи з попереднього рівняння x_a отримаємо:

$$x_a = P_3 \mu_n \frac{r_o + r_a}{\sqrt{R^2 - \mu_n^2 (r_o + r_a)^2}} . \quad (2.21)$$

Вирішуючи рівняння (Формула 2.16) що до $P_{рш}$, отримаємо таке значення:

$$P_{рш} = P_3 l_{ш} + \sqrt{l_{ш}^2 - d_{ш}} . \quad (2.22)$$

У цьому рівнянні $l_{ш}$ та $d_{ш}$:

$$l_{ш} = \frac{H_{ш}(kL + \mu_n r_a \sqrt{1 + k^2}) - \mu_n^2 r_B^2 k}{H_{ш}^2 - \mu_n^2 r_B^2} , \quad (2.23)$$

$$d_{ш} = \frac{(mL + \mu_n r_a \sqrt{1 + k^2})^2 - \mu_n^2 r_B^2 (1 + k^2)}{H_{ш}^2 - \mu_n^2 r_B^2} , \quad (2.24)$$

де k – замінник частини формули:

$$k = \mu_n \frac{r_o + r_a}{\sqrt{R^2 - \mu_n^2 (r_o + r_a)^2}} . \quad (2.25)$$

Після підставлення виразів (Формули 2.23-2.24) у рівняння (Формула 2.22) та з урахуванням не істотно впливаючих на розрахунки величин, можна отримати:

$$P_{рш} = P_3 \frac{mL + \mu_n r_a \sqrt{1 + m^2}}{H_{ш}} . \quad (2.26)$$

Умову рівноваги кривошипну, що представлена у формулі (Формула 2.18) можна записати маючи формули (Формули 2.11-2.12, 2.18, 2.20) наступним чином:

$$x_a R + KM_p = \mu_n (r_o + r_a) \sqrt{x_a^2 + P_3^2}, \quad (2.27)$$

де K – коефіцієнт:

$$K = \frac{1}{0,77} \left[0,59 + 1,41 \frac{J_{вкл}}{J - J_{вкл}} - 1,81 \sqrt{\frac{J_{вкл}}{J - J_{вкл}}} \right]. \quad (2.28)$$

де J і $J_{вкл}$ – моменти інерції всіх мас, що рухаються і розганяються при включенні муфти мас преса.

Вирішуючи умову рівноваги кривошипну (Формула 2.27) що до x_a , то отримуємо наступну формулу:

$$x_a = \frac{\mu_n (r_o + r_a) \sqrt{R^2 P_3^2 + K^2 M_p^2 - \mu_n^2 (r_o + r_a)^2 P_3^2} - K R M_p}{R^2 - \mu_n^2 (r_o + r_a)^2}. \quad (2.29)$$

З формули (Формула 2.29) після рішення (по формуле 4.24), після вирішення рівняння (Формула 2.16) розраховуємо:

$$P'_{pш} = l'_{ш} + \sqrt{(l'_{ш})^2 - d'}. \quad (2.30)$$

$$l'_{ш} = \frac{H_{ш} (x_a L + \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + P_3^2}) - \mu_n^2 r_a^2 x_a}{H_{ш}^2 - \mu_n^2 r_a^2}. \quad (2.31)$$

$$d'_{ш} = \frac{(x_a L + \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + P_3^2})^2 - \mu_n^2 r_a^2 (x_a^2 + P_3^2)}{H_{ш}^2 - \mu_n^2 r_a^2}. \quad (2.32)$$

Формула для определения необходимой силы $P'_{рш}$, прикладываемой к шатуну, в данном случае. Поскольку эти формулы могут быть упрощены, аналогично формулам (4.19), (4.20), (4.21), то получим

Формула визначення необхідної сили $P'_{рш}$, що прикладена до шатуну отримаємо:

$$P'_{рш} = \frac{x_a L + \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + P_3^2}}{H_{ш}}. \quad (2.33)$$

2.4 Теоретичний аналіз сили, що розклинює, до кривошипу

При теоретичному аналізі сили, що розклинює, до кривошипу при $\alpha=0$ аналогічно схемі сил і моментів (Рисунок 2.6) умови рівноваги елементів кривошипно-шатунного механізму:

а) для кривошипа:

$$x_o + x_a = P_{pk}. \quad (2.34)$$

$$y_o + y_a = P_3. \quad (2.35)$$

$$P_{pk} H_k = x_a R + \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + y_a^2} + \mu_n r_o \sqrt{x_o^2 + y_o^2}, \quad (2.36)$$

де H_k – плече сили;

P_{PK} – сила на кривошипі.

б) для шатуна

в)

$$x_a = x_b. \quad (2.37)$$

$$y_a = y_b = P_3. \quad (2.38)$$

$$x_a L = \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + y_a^2} + \mu_n r_b \sqrt{x_b^2 + y_b^2}. \quad (2.39)$$

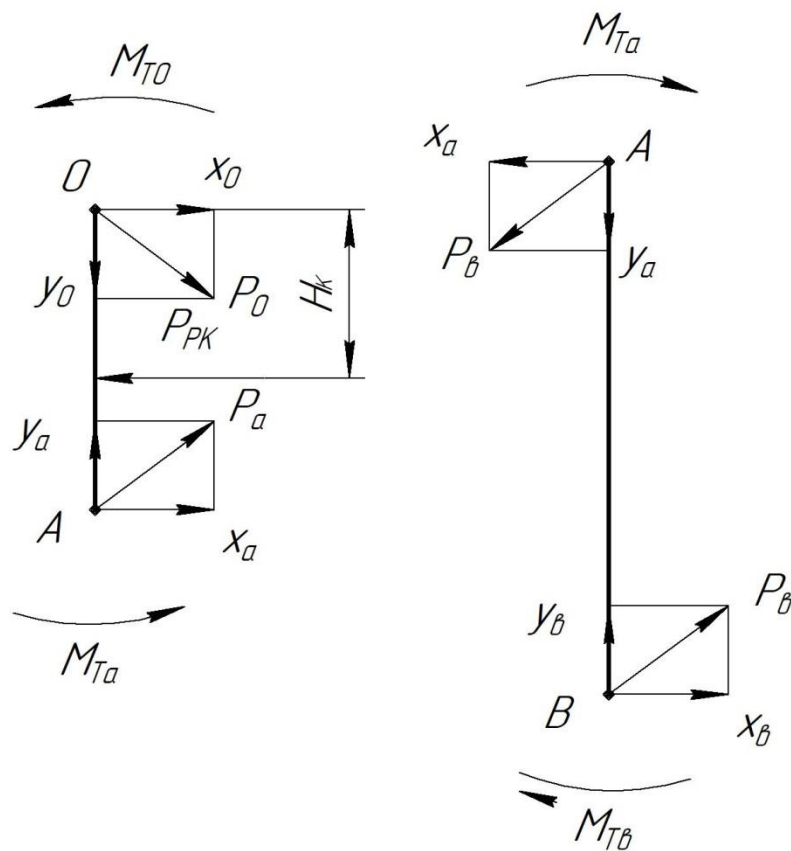


Рисунок 2.6 – Схема сил та моментів, що діють на елементи КШГП при розклинюванні до кривошипу

$$x_a = P_3 n. \quad (2.40)$$

$$n = \mu_n \frac{r_a + r_b}{\sqrt{L^2 - \mu_n^2 (r_a + r_b)^2}}. \quad (2.41)$$

Враховуючи значення x_a , з формули (Формула 2.40), коли вирішені формули (Формули 2.34-2.36), то знаходимо зусилля P_{pk} :

$$P_{pk} = P_3 \left(l_k + \sqrt{l_k^2 - d_k} \right). \quad (2.42)$$

$$l_k = \frac{H_k (nR + \mu_n r_a \sqrt{1+n^2}) - \mu_n^2 r_o^2 n}{H_k^2 - \mu_n^2 r_o^2}. \quad (2.43)$$

$$d_k = \frac{(nR + \mu_n r_a \sqrt{1+n^2})^2 - \mu_n^2 r_o^2 (1+n^2)^2}{H_k^2 - \mu_n^2 r_o^2}. \quad (2.44)$$

Враховуючи, що значення мають вигляд представлений у (Формули 2.45-2.47):

$$\mu_n^2 (r_a + r_b)^2 \ll L^2, \quad (2.45)$$

$$\sqrt{1+n^2} \approx 1, \quad (2.46)$$

$$H_k^2 > \mu_n^2 r_o^2, \quad (2.47)$$

то розрахунковий вираз P_{pk} буде мати наступний вигляд:

$$P_{pk} = P_3 \mu_n \frac{(1+\lambda)r_a + \lambda r_b + r_o}{H_k}. \quad (2.48)$$

Ще розрахункові вирази для сили P_{pk} , що розклинює, що прикладається до кривошипа з одночасним включенням муфти при розігнаному приводі, можуть такі:

умова рівноваги кривошипа (Формула 2.42) тоді буде мати наступний вид:

$$P'_{pk}H_k + KM_p = x_a R + \mu_n r_a \sqrt{x_a^2 + y_a^2} + \mu_n r_o \sqrt{x_o^2 + y_o^2}. \quad (2.49)$$

Вирішуючи відносно P'_{pk} це рівняння, з урахуванням формул (Формули 2.34, 2.40), отримаємо такий вираз з формулами його компонентів:

$$P'_{pk} = P_3 \left(l'_k + \sqrt{l'^2_k - d'^2_k} \right). \quad (2.50)$$

$$l'_k = \frac{H_k (nR + \mu_n r_a \sqrt{1+n^2} - \frac{KM_p}{P_3}) - \mu_n^2 r_o^2 n}{H_k^2 - \mu_n^2 r_o^2}. \quad (2.51)$$

$$d'^2_k = \frac{(nR + \mu_n r_a \sqrt{1+n^2} - \frac{KM_p}{P_3})^2 - \mu_n^2 r_o^2 (1+n^2)}{H_k^2 - \mu_n^2 r_o^2}. \quad (2.52)$$

Спрощена формула P'_{pk} для визначення, що отримується при виведенні формули (Формула 2.48), буде мати наступний вигляд

$$P'_{pk} = \frac{P_3 \mu_n [(1+\lambda)r_a + \lambda r_e + r_o] - KM_p}{H_k}. \quad (2.53)$$

2.5 Теоретичний аналіз сили, що розклинає, до важеля

Через асиметричний додаток сили P_{pp} по відношенню до опор кривошипного, розчленуємо кривошипно-шатунний механізм на частини (Рисунок 2.7) і складемо умову рівності моментів, щодо його осі при $\alpha=0$, де умова представляється в такому вигляді:

$$P_{pp}H_p = x_a R + M_{Ta} + M_{TO_1} + M_{TO_2}, \quad (2.54)$$

де H_p – довжина важеля;

M_{TO_1}, M_{TO_2} – моменти тертя в опорах I та II кривошипних валів.

x_a та M_{Ta} , що входять до рівняння (Формула 2.54), визначаються виходячи з умов рівноваги шатуна для даного випадку. Ці умови аналогічні умовам рівноваги шатуна при додатку сили, що розклинає, до кривошипу – формули (Формули 2.37-2.39), саме тому значення x_a рахується по формулі (Формула 2.40):

$$M_{Ta} = \mu_n r_a P_3 \sqrt{1+n^2}. \quad (2.55)$$

Для визначення M_{TO_1} і M_{TO_2} необхідно знайти вертикальні та горизонтальні складові реакції опор P_{O_1} і P_{O_2} та від дії сил P_3 , x_a і P_{pp} , при $\theta = 0$:

$$y_{O_1} = y_{O_2} = \frac{y_a}{2} = \frac{P_3}{2}; \quad (2.56)$$

$$x_{O_1} = P_{pp} \frac{h_1}{h_2} + \frac{x_a}{2} = P_{pp} \frac{h_1}{h_2} + \frac{P_3 n}{2}; \quad (2.57)$$

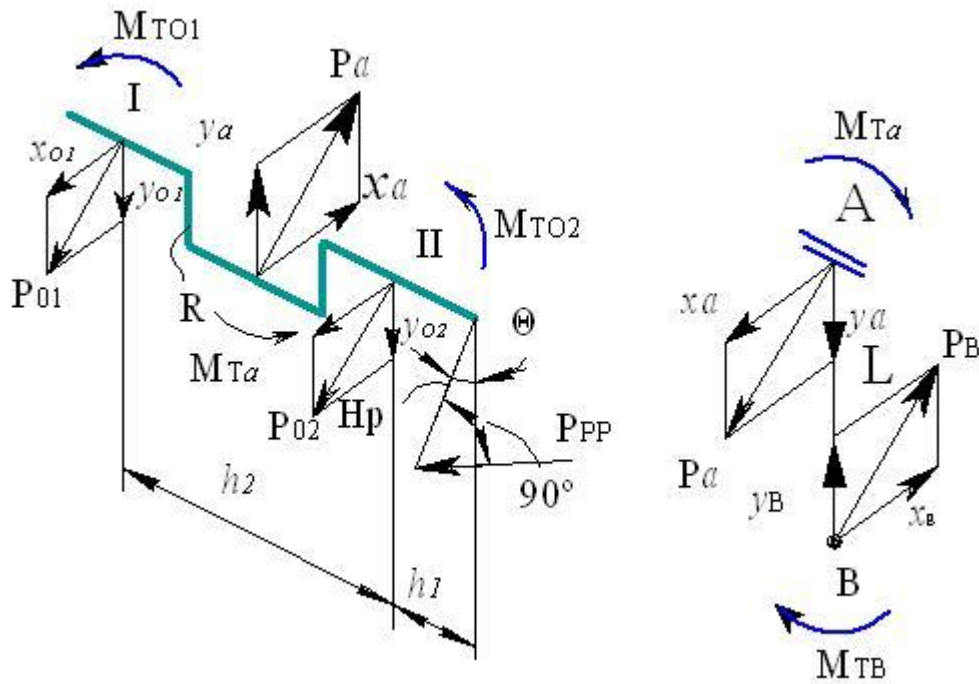


Рисунок 2.7 – Схема сил та моментів, що діють на елементи КШГП при розклинюванні до важеля

$$x_{o2} = P_{pp} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{x_a}{2} = P_{pp} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{P_3 n}{2}, \quad (2.58)$$

де h_1 – найменшу відстань від осі важеля до лінії дії рівнодіючої реакції в найближчому корінному підшипнику ексцентрикового валу;
 h_2 – те саме, між лініями дії рівнодіючих реакцій у корінних підшипниках ексцентрикового валу.

Тоді

$$P_{o1} = \sqrt{\left(P_{pp} \frac{h_1}{h_2} + \frac{P_3 n}{2} \right)^2 + \frac{P_3^2}{4}}. \quad (2.59)$$

$$P_{o2} = \sqrt{\left[P_{pp} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{P_3 n}{2} \right]^2 + \frac{P_3^2}{4}}. \quad (2.60)$$

Тоді

$$M_{TO_1} = \mu_n r_{o_1} \sqrt{\left(P_{pp} \frac{h_1}{h_2} + \frac{P_3 n}{2} \right)^2 + \frac{P_3^2}{4}}; \quad (2.61)$$

$$M_{TO_2} = \mu_n r_{o_2} \sqrt{\left(P_{pp} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{P_3 n}{2} \right)^2 + \frac{P_3^2}{4}}. \quad (2.62)$$

З урахуванням формул попередніх, при $r_{o_1} = r_{o_2}$ рівняння (Формула 2.54) буде мати наступний вигляд:

$$P_{pp} H_p = P_3 \left(nR + \mu_n r_a \sqrt{1 + n^2} \right) + \mu_n r_o \left\{ \sqrt{\left[P_{pp} \frac{h_1}{h_2} + \frac{P_3 n}{2} \right]^2 + \frac{P_3^2}{4}} + \sqrt{\left[P_{pp} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{P_3 n}{2} \right]^2 + \frac{P_3^2}{4}} \right\}. \quad (2.63)$$

Розв'язання рівняння (Формула 2.63) що до значення P_{pp} при відомому H_p , дозволяє визначити необхідну величину сили, що розклинює, тому слід зазначити, що при рішення рівняння (Формула 2.63) доцільно вирішити обернену задачу, а саме – задаючись прийнятними значеннями сили розклинювання P_{pp} треба визначити відповідні довжини важеля H_p , а через отримані рішення вже визначити залежність:

$$H_p = \frac{P_3 \left(nR + \mu_n r_a \sqrt{1 + n^2} \right)}{P_{pp}} +$$

$$+ \frac{\mu_n r_o \left\{ \sqrt{\left[P_{pp} \frac{h_1}{h_2} + \frac{P_3 n}{2} \right]^2 + \frac{P_3^2}{4}} + \sqrt{\left[P_{pp} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{P_3 n}{2} \right]^2 + \frac{P_3^2}{4}} \right\}}{P_{pp}}. \quad (2.64)$$

Вираз (Формула 2.63) набуде вигляду:

$$P_{pp} H_p = P_3 \left(nR + \mu_n r_a \sqrt{1 + n^2} \right) + \mu_n r_o P_3. \quad (2.65)$$

Маючи до уваги, що:

$$\mu_n^2 (r_a + r_b)^2 \ll L^2, \quad (2.66)$$

$$\sqrt{1 + n^2} \approx 1, \quad (2.67)$$

отримаємо наступне:

$$P_{pp} = P_3 \mu_n \frac{(1 + \lambda)r_a + \lambda r_b + r_o}{H_p}. \quad (2.68)$$

У наведеному випадку величина необхідної сили, що розклинює, також може бути зменшена за допомогою приводу, а основні розрахункові формули визначення її величини у разі легко виходять із умови рівності моментів на кривошипному валу:

$$P'_{pp} H_p + K M_p = x_a R + M_{Ta} + M_{TO_1} + M_{TO_2}, \quad (2.69)$$

і будуть:

$$H_p = \frac{P_3 \left(nR + \mu_n r_a \sqrt{1+n^2} \right) - KM_p + \mu_n r_o \sqrt{\left(P'_{pp} \frac{h_1}{h_2} + \frac{P_3 n}{2} \right)^2 + \frac{P_3^2}{4}}}{P'_{pp}} +$$

$$+ \frac{\mu_n r_o \sqrt{\left(P'_{pp} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{P_3 n}{2} \right)^2 + \frac{P_3^2}{4}}}{P'_{pp}}. \quad (4.60)$$

$$P'_{pp} = \frac{P_3 \mu_n [(1 + \lambda) r_a + \lambda r_e + r_o] - KM_p}{H_p}. \quad (4.61)$$

2.6 Висновки по розділу

Теоретичний аналіз, у наведених вище формулах, проведено у припущенні рівномірного розподілу зазорів у шарнірах механізму. Ці вирази встановлюють залежність величини необхідної сили, що розклинює:

- а) від місця докладання сили;
- б) величини сили на повзуни заклиненого преса;
- в) геометричних параметрів кривошипно-шатунного механізму;
- г) коефіцієнта тертя спокою в його шарнірах.

Проаналізувавши формули ми отримали виявив, що для визначення $P_{рш}$, $P_{рк}$, $P_{рр}$ необхідно знати коефіцієнти тертя спокою μ_n у шарнірах кривошипно-шатунного механізму КГШП, також він потрібен також для реалізації інших засобів, які засновані на повороті кривошипних валів або ексцентрикових пальців, що з'єднують шатун із повзуном у заклиненні пресів.

З вище наданого впливає те, що – необхідно експериментальне дослідження даного способу, для перевірки коректності теоретичних викладок,

а також для визначення коефіцієнта тертя спокою в підшипниках кривошипно-шатунного механізму КГШП.

3. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1 Мета досліджень

Метою цих досліджень полягає у визначенні впливу на величину сили, що розклинає, нерівномірності розподілу зазорів у підшипниках КГШП, що дозволить виявити експериментально величини сил, що розклинають.

3.2 Опис лабораторної установки

Експериментальне дослідження проводилося на установці (Рисунок 3.1), що складається з наступних елементів: модель преса (КГШП), експериментальний пристрій для розклинювання і «клинющій» навантажувач.

Подача рідини високого тиску в навантажувач, що заклинює, і навантажувач розклинюючого пристрою здійснювалася насосом. Тиск в мережі навантажувача, що заклинює, фіксувалося по манометру. В процесі експериментів використовувалися зразкові манометри класу 0,5 зі шкалою 16 і 60 МПа (160 і 600 кг/см²).

Для зручності користування модель КГШП і коробка були встановлені та закріплені на спеціальній металевій рамі. На рамі ж встановлювалася і індикаторна стійка, у стрижень якої упирався своїм вимірювальним стрижнем призначений для фіксації часу початку обертання цього валу при розклині жорстко пов'язаний за допомогою двох планок та болтів з ексцентриковим валом моделі та рами. Головним елементом експериментальної установки є модель КГШП, що копіює подібності роботи основних елементів гарячестампувального преса силою 3,3 МН.

Основні складові елементи експериментальної установки:

- а) станина;
- б) ексцентриковий вал;
- в) букси;

- г) бронзові вкладишами;
- д) бронзові кільця;
- е) шатун;
- ж) повзун.



Рисунок 2.3 – Пристрій для розклинювання гідрогайка

Букси кріпляться до станини болтами, клин станини в їх посадкових отворах. Шатун моделі КГШП з одного боку має збільшену бічну поверхню, а з іншого – наскрізний вертикальний паз який дозволяє отримати доступ безпосередньо до ексцентрикового валу., через що така форма шатуна була обумовлена експериментами.

Для визначення положення ексцентрикового валу на одному кінці його жорстко закріплена стрілка, яка спільно зі шкалою на станині утворюють механічний покажчик кута повороту, а інший кінець валу виконаний у вигляді квадрата, на який насаджується важіль, що передає крутний момент.

Для забезпечення концентрації додаткової сили, що розклинює, були задіяні дві спеціальні п'яти, що встановлюються на плунжері навантажувача. Одна з них закінчувалася призмою, що забезпечує додаток сил по лінії, інша – загостреним стрижнем, щоб забезпечити додаток сили у точці. Через ці п'яти, у сукупності з розглянутою вище формою шатуна, забезпечувалося можливість здійснення способів розклинювання силою, що прикладається до шатуна і кривошипу. При цьому місця застосування сили $P_{рш}$ на шатуні були позначені вісьмома профрезерованими канавками, а на валу – чотирма конусними цековками.

Величина сили $P_{рр}$ фіксувалася за зразковими динамометрами: ДС-1, ДС-3 та ДС-5, а необхідна сила заклинювання на повзуні моделі створювалася гідравлічним навантажувачем, чия конструкція аналогічна навантажувачу експериментального пристрою для розклинювання.

Перед початком експериментів було проведено тарування обох навантажувачів з метою отримання відомостей про фактичні сили, що ними розвиваються.

3.3 Методика проведення експериментів

Експериментальне визначення величин сил, що розклинюють, залежно від $H_{ш}$, $H_{к}$, $H_{р}$ проводилося наступним чином, а саме:

- 1) повзун моделі КГШП опускався в крайнє нижнє положення, після чого модель заклинювалася силою P_3 ;
- 2) послідовно за всіма наміченими заздалегідь точками шатуна, важеля або ексцентрика в залежності від пункту експерименту;

- 3) прикладалася сила, що розклинює, яка створювалася навантажувачем пристрою для розклинювання;
- 4) тиск рідини в порожнині навантажувача піднімалося до тих пір, поки не фіксувалося початок обертання ексцентрикового валу з місця;
- 5) тиск скидався і сила прикладалася вже в наступному порядку місці.

Експерименти проводилися за різних сил на повзуні у два етапи:

- а) Спочатку кожен із випадків способу досліджувався при вихідних зазорах у підшипниках кривошипно-шатунного механізму моделі преса (тобто регламентованих закладеною в конструкцію моделі посадкою H8/f9 (A3/X3), вимірювані величини та відповідні їм відносні зазори яких рівні:

- 1) $\Delta o = 0,13\text{мм}$, $\eta o = 0,0023$;
- 2) $\Delta a = 0,125\text{мм}$, $\eta a = 0,00135$;
- 3) $\Delta b = 0,06\text{мм}$, $\eta b = 0,00115$;

- б) величини Δa і Δb були штучно збільшені шляхом переточування бронзових втулок до 0,66 мм і 0,31 мм, що відповідає і набагато перевищує реально можливі в пресах.

Після – експерименти повторювались.

В кожній серії експериментів визначалася величина усередненого коефіцієнта тертя спокою μ_n в опорах кривошипно-шатунного механізму, для цього після кожного заклинювання моделі і після закінчення серії експериментів замірялися сили $Q1$ і $Q2$, які необхідно було прикласти на важелі довжиною для торкання ексцентрикового валу з місця.

За формулою обчислювалася величина коефіцієнта тертя, яка потім використовувалася при визначенні розрахункового значення сили, що розклинює, для умов, що характеризують проведену серію експериментів:

3.4 Результати дослідів

Результати дослідів у графіків представлені на рисунку (Рисунок 3.1)

На ньому позначені експериментальні значення сил $P_{рш}$, $P_{рк}$ та $P_{рр}$ при силі заклинювання моделі $P_3 = 100$ кН.

Лініями на цьому малюнку позначені розрахункові значення сил, що розклинюють, з формул попереднього розділу для експериментально визначених значень $n = 0,118$; $0,115$ та $0,115$. Для кожного випадку докладання сил при вихідних зазорах та $n = 0,121$; $0,119$ та $0,117$ при збільшених зазорах.

Порівняння експериментальних значень розклинюючих сил із розрахунковими показує, що наявність зазорів у підшипниках кривошипно-шатунного механізму моделі та його нерівномірний розподіл по периметру при заклинюванні не призводить до зміни розрахункової схеми моделі порівняно з прийнятою раніше, це через мінімальні величини цих зазорів.

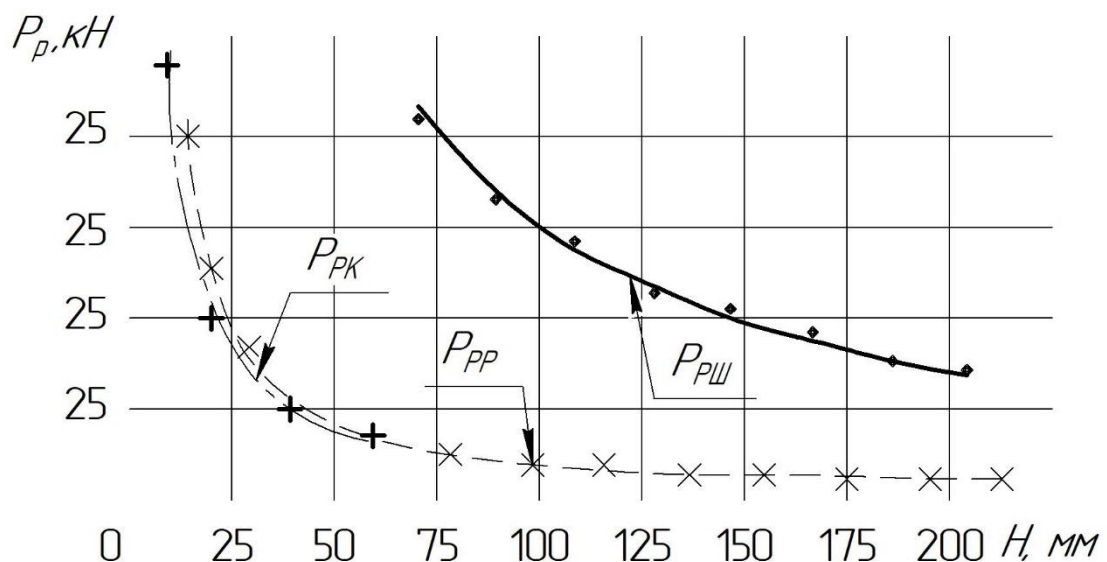


Рисунок 3.3 – Графіки експериментальних та розрахункових величин розклинювальних сил для P_3

Величини відносних зазорів підшипників моделі в процесі:

- першого етапу експериментів були – більшими;
- другого етапу – істотно більшими, ніж реально можливі в кривошипно-шатунних механізмах.

Можна зробити висновок, що відноється до моделі можна справедливо як і для реальної машини.

Отримані раніше формули у попередньому розділі можуть бути використані для розрахунку сил, що розклинують для реальних пресів.

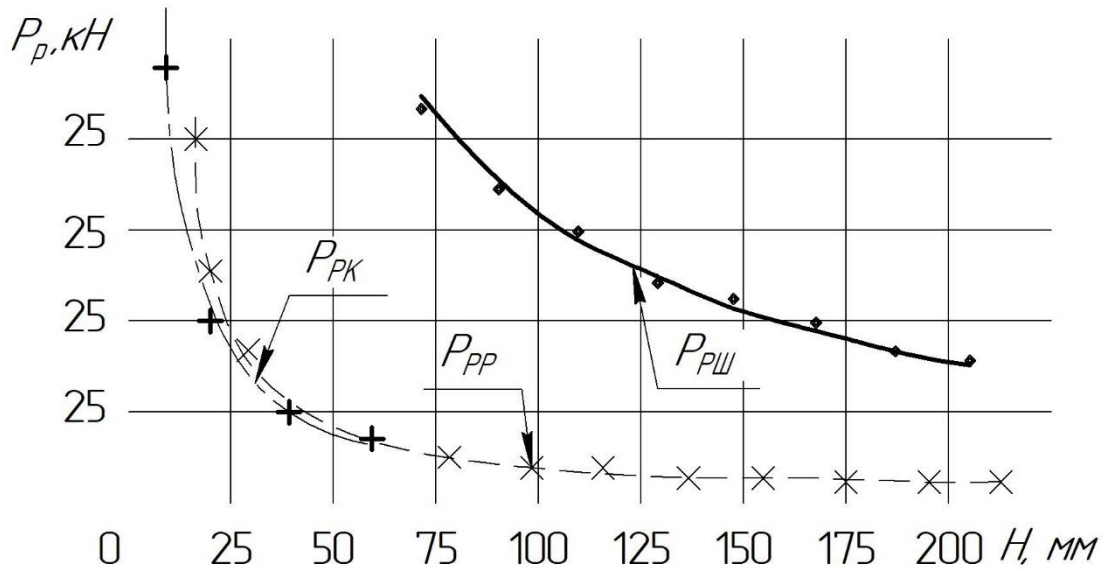


Рисунок 3.3 – Графіки експериментальних та розрахункових величин розклинюючих сил для P_3 при збільшеному зазорі

3.5 Визначення коефіцієнтів тертя спокою

Для визначення коефіцієнту тертя спокою при експериментах з підшипниками, необхідно при видалених прокладках і навантаженні силою P знати величину сили T .

Знаючи P , T , Ln та dn , знаходимо: μ – коефіцієнт тертя спокою.

При експериментах навантаження підшипника діаметром $\varnothing=50$ мм здійснювалося універсальною випробувальною машиною ГМС-50, $\varnothing=100$ та 200мм – машиною ЦДМ-200ПУ. Використання машини ЦДМ-200ПУ, що розвиває силу 2,5МН, зумовило після навантаження підшипника діаметром $\varnothing=200$ мм до $q_{cp} = 120$ МПа зменшення довжини l_n зі 100мм до 50мм. Причому

всі попередні експерименти, при $q_{cp} \leq 120$ МПа, ще раз повторені і результати зіставлені.

Сила T створювалася гідравлічним навантажувачом і замірялася:

- а) на меншому підшипнику зразковими динамометром – ДСЗ;
- б) на середньому – ДС5.

У процесі вимірів застосовувався зразковий манометр зі шкалою 60 МПа, тарування періодично повторювалося. Тиск у навантажувачах створювався за допомогою плунжерного насоса.

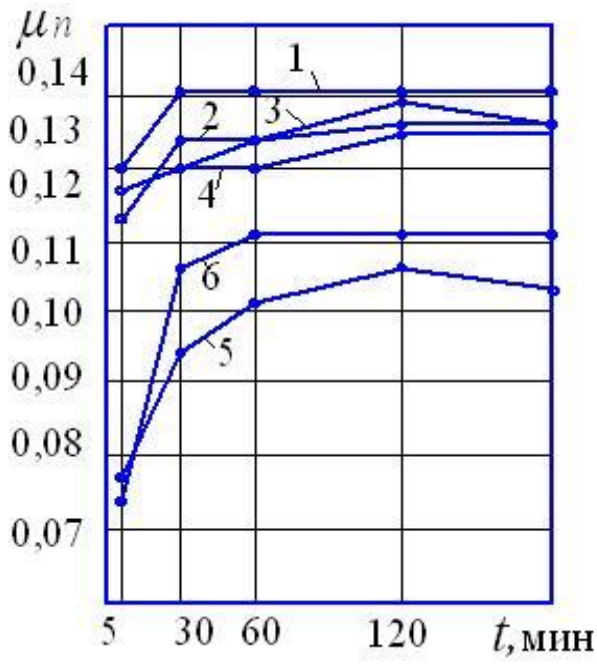
Перед початком основних експериментів щодо визначення величин коефіцієнтів тертя спокою була проведена робота з виявлення найменшого періоду часу нерухомого контакту поверхонь тертя (η_{min}), протягом якого відбувається стабілізація величини μ_n .

Знання цього періоду необхідно, щоб, з одного боку, не отримати занижені величини коефіцієнтів тертя (оскільки з часом величина μ_n збільшується [23]), і щоб, з іншого боку, скоротити час, необхідний для проведення експериментів.

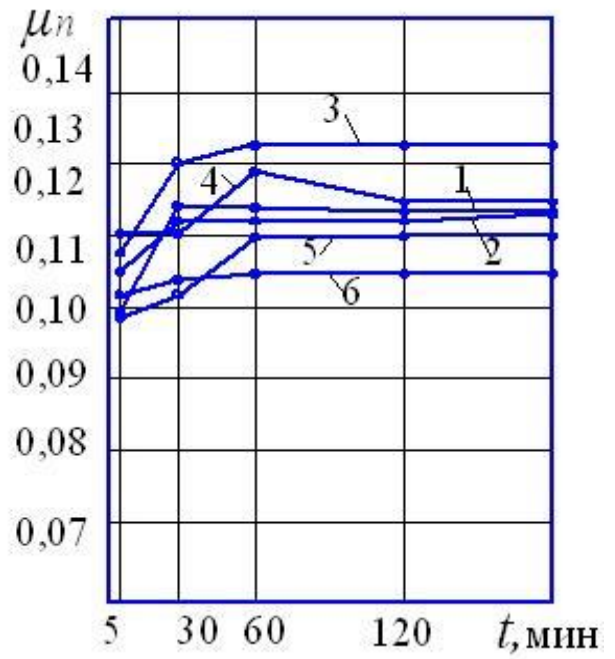
Графіків з результатами досліджень приведені на рисунках (Рисунки 3.4-3.5), де: цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6 позначені графіки, побудовані за результатами, отриманими при навантаженні підшипників: 30, 60, 90, 120, 150 та 180 МПа.

Аналіз отриманих результатів показує наступне: в інтервалі від 5 до 180 хв. коефіцієнт тертя спокою з часом, як при густому, так і рідкому мастилі, як правило, зростає лише в перші 30 хвилин але потім зростання припиняється і величина μ_n залишається постійною, звідси випливає, що – найменшим періодом часу, протягом якого відбувається стабілізація величини коефіцієнта тертя спокою підшипників при густому та рідкому мастилі є період часу – 30 хв.

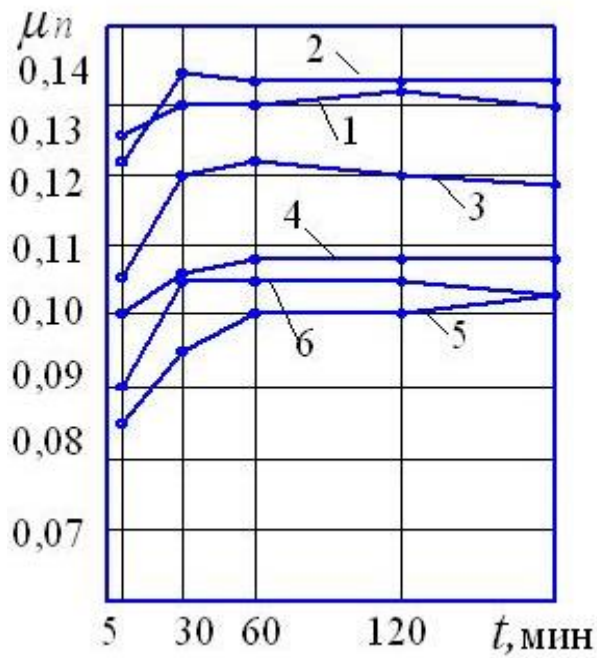
Експерименти з визначення μ_n для кожного типорозміру підшипників проводилися, починаючи з великого пальця, що забезпечує η_{min} .



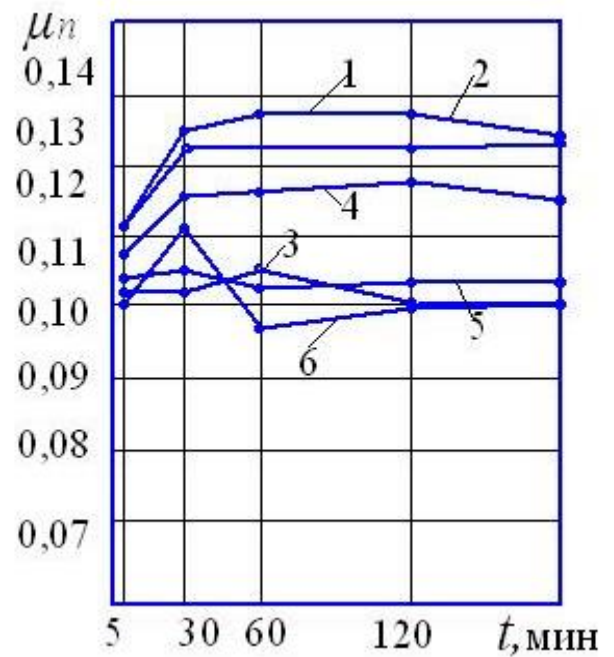
а



б



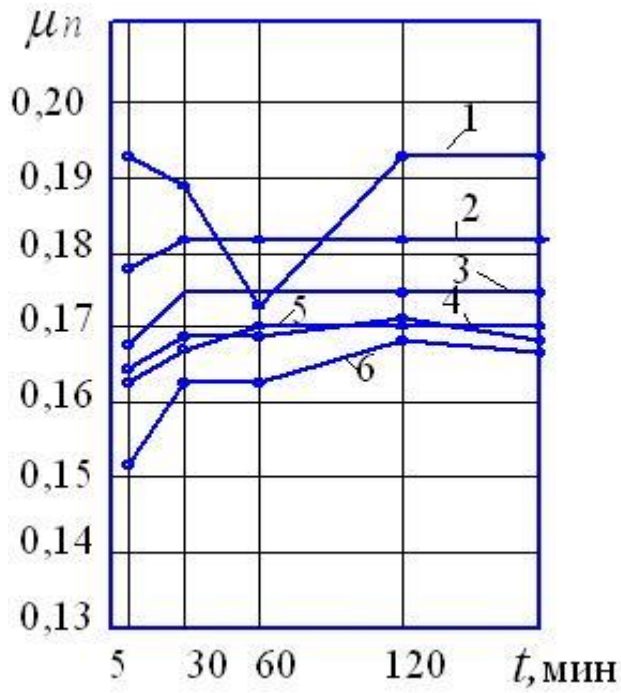
в



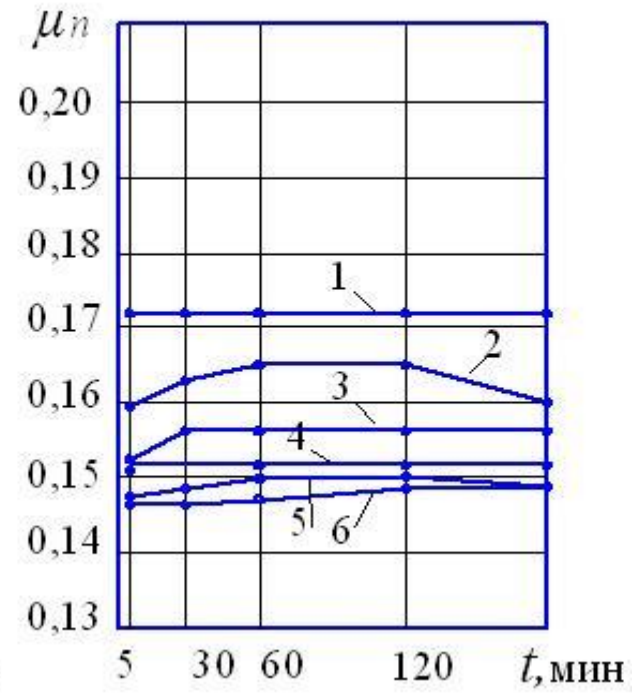
г

а – 50 мм, $\eta=0,0002$; б – 50 мм, $\eta=0,0036$; в – 200 мм, $\eta=0,0002$; г – 200 мм,
 $\eta=0,0035$

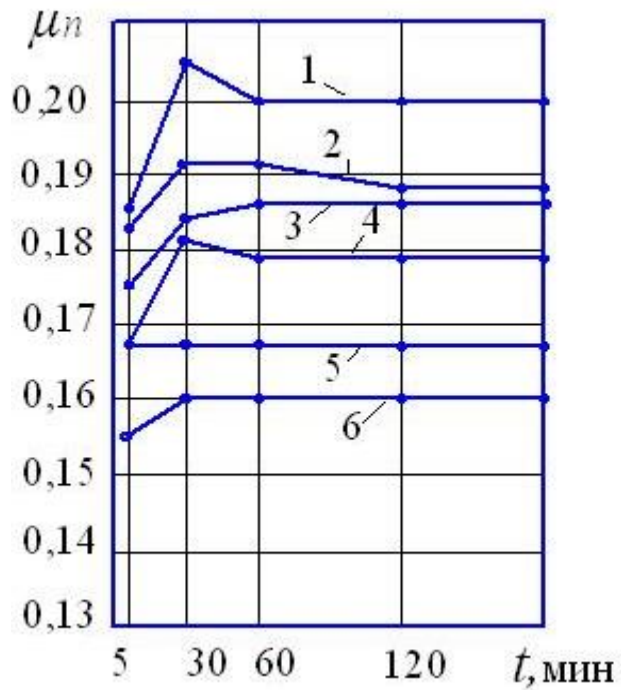
Рисунок 3.4 – Графіки залежностей $\mu_n = f(t)$ підшипників $\varnothing 50$ і 200 мм,
 змащених солідолом



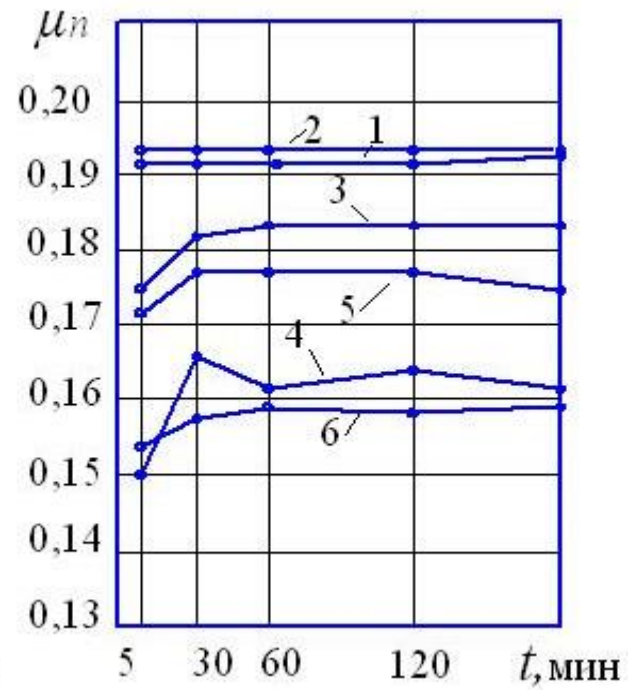
а



б



в



г

а – 50 мм, $\eta=0,0002$; б – 50 мм, $\eta=0,0036$; в – 200 мм, $\eta=0,0002$; г – 200 мм,
 $\eta=0,0035$

Рисунок 3.4 – Графіки залежностей $\mu n = f(t)$ підшипників $\varnothing 50$ і 200 мм,
змащених мастилом И-20

Перед початком кожної серії експериментів поверхні втулки та пальця ретельно очищалися, після цього змащувалися, а тиск, під яким витримувалися підшипники щоразу протягом 30 хвилин, становили: 20, 80, 140 та 200 МПа.

Для кожного пальця підшипника, кожного $q_{сер}$ та кожного виду мастила експеримент повторювався 20–25 разів. Крім цього, було визначено і цілий ряд величин коефіцієнтів μ для інших (проміжних) $q_{сер}$, рівних: 30, 60, 90, 120, 150 і 180 МПа.

Усього було визначено понад 2500 значень μ .

Як видно, число отриманих точок дуже велике і для певного $q_{сер}$ вони часто накладаються або місцями зливаються в одну вертикальну лінію (для прикладу на рис. 4.25 наведено графіки експериментально отриманих μ підшипників \varnothing 50 мм при різних η і мастилi солідолом) і в той же час експерименти показали, що:

- для кожного з чотирьох підшипників одного типорозміру не можна говорити про якусь конкретну постійну величину коефіцієнта тертя спокою, а можна говорити лише про діапазон розкиду величин цих коефіцієнтів;

- причому отримані конкретні точки, що визначають цей діапазон, розподіляються по його площі досить рівномірно (рис. 4.25);

- практично немає різниці між величинами μ , отриманими при дослідженні кожного з чотирьох підшипників одного типорозміру (рис.4.25).

У зв'язку з цим представилося доцільним результати експериментів подати у вигляді графіків, показаних на рис. 4.26.

Зауважимо, що у цих графіках обмежена згори і знизу суцільними лініями площа позначає діапазон отриманих значень μ . При цьому кожен з графіків однаковою мірою відповідає μ для підшипників з η_{min} , η_1 , η_2 та η_{max} того типорозміру, до якого відноситься даний графік.

Аналізуючи наведені графіки, можна назвати таке:

1. Коефіцієнт тертя спокою при густому мастилi менше, ніж при рідкому, переважно, на 15-25%.

2. Як при густому, так і при рідкому мастилі, зі збільшенням тиску в підшипнику в інтервалі від 20 до 200 МПа коефіцієнт тертя спокою зменшується. Інтенсивніше зменшення відбувається в інтервалі від $q_{сер} = 20$ і до 60 МПа і особливо при рідкому мастилі.

При $q_{сер} > 60$ МПа зменшення величини n істотно менше, а при густому мастилі практично відсутня.

3. При збільшенні розмірів підшипника відбувається деяке зменшення μ_n (по верхній і нижній межі всього діапазону), однак, це зменшення настільки незначне, що його можна не враховувати при практичних розрахунках.

Отже, для підшипників ковзання кривошипно-шатунного механізму преса та пристрою для розклинювання (при ідентичності матеріалів та шорсткості поверхні) можна рекомендувати наступні значення коефіцієнтів тертя спокою: при густому мастилі $\mu_n = 0,09 \dots 0,15$, при рідкому $\mu_n = 0,15 \dots 0,20$ або визначати його за наведеними узагальненим графікам.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Техніка безпеки та організація робочого місця при штампуванні на КГШП

Для організації робіт на кожному гаряче штампувальному агрегаті без аварій та травм потрібно розглянути впровадження системи заходів, метою яких є створення безпечних умов праці.

Вимоги до пресового обладнання вимагаються наступні:

- а) експлуатувати обладнання необхідно на тому режимі роботи, який зазначений у технологічному процесі;
- б) на кожному устаткуванні допускається здійснювати тільки операції за призначенням;
- в) пускова педаль ножна повинна мати захисний кожух, що перешкоджає випадковому впливу на неї при падінні будь-яких предметів;
- г) кожен прес повинні мати органи аварійного відключення червоного кольору, розташовані таким чином, щоб забезпечити їхню хорошу видимість та безперешкодний доступ до них;
- д) перемикач режимів роботи преса слід встановлювати в шафі, що замикається.
- е) органи ручного управління повинні мати чіткі та ясні написи відповідно до вимог нормативно-технічної документації;
- ж) усі рухомі або обертові частини, які доступні для випадкового зіткнення з обслуговуючим персоналом повинні мати справні огородження;
- з) на станині та виступаючих частинах обладнання неприпустимі задирки та гострі кути.
- и) електроустаткування пресів – відповідати вимогам чинних стандартів.

Вимоги до засобів нагрівання КГШП:

- а) нагрівальні печі повинні мати теплоізоляцію;
- б) печі опору та індукційні нагрівачі необхідно обладнати блокувальними контактами, що вимикають електроживлення при відкриванні кришок.

Для безпечної роботи робочого та технологічного персоналу необхідно дотримуватись наступних правил що до безпеки: розміщення обладнання, вихідних матеріалів, засобів механізації, готової продукції та інструменту – не повинно становити небезпеки для персоналу та відповідати чинним нормам; а на робочих місцях повинно бути розміщення: тари, інструменту, заготовок.

Персонал допускається до робіт тільки з професійною підготовкою, що відповідає виконуваній роботі та адміністрація зобов'язана проводити перевірку знань з безпеки: первинну і періодичну.

Для виконання своїх робочих обов'язків адміністрація цеху зобов'язана забезпечити робочий персонал: спецодягом, взуттям, рукавицями, окулярами, та шоломом та й найголовнішим – технологічними документаціями.

Вимоги, що пред'являються до інструментів, це – перед тим як приступати до роботи то необхідно перевірити стан інструменту, а саме: ретельним оглядом переконуються у відсутності тріщини, сколів або вибоїн, які могли призвести до руйнування оснастки під час роботи; крім того обов'язково перевірити надійність кріплення інструменту у посадочних місцях обладнання. По нормам безпеки: всі болтові з'єднання для кріплення технологічного оснащення повинні передбачати заходи проти само відвертання, а ручний інструмент повинен періодично оглядатися. Кліщі повинні мати легке обертання в шарнірі ричин, однак великих зазорів у шарнірі не допускається, та: форма, розміри, марки матеріалу кліщів повинні відповідати вимогам стандартів на ручний ковальський інструмент.

4.2 Пристрої по техніці безпеки ковальсько-штампувального обладнання

Пристрої для захисту рук можна поділити на наступні [20]:

- a) що залишають між штамповий простір закритим протягом всього робочого циклу повзуна;

- б) що залишають між штаповий простір відкритим протягом всього робочого циклу (руководсторонювачі, дворучне управління пресом, фото захист);
- в) що залишають міжштаповий простір преса відкритим протягом безпечної частини робочого циклу і при знаходженні повзуна в крайньому верхньому положенні, коли прес вимкнений.

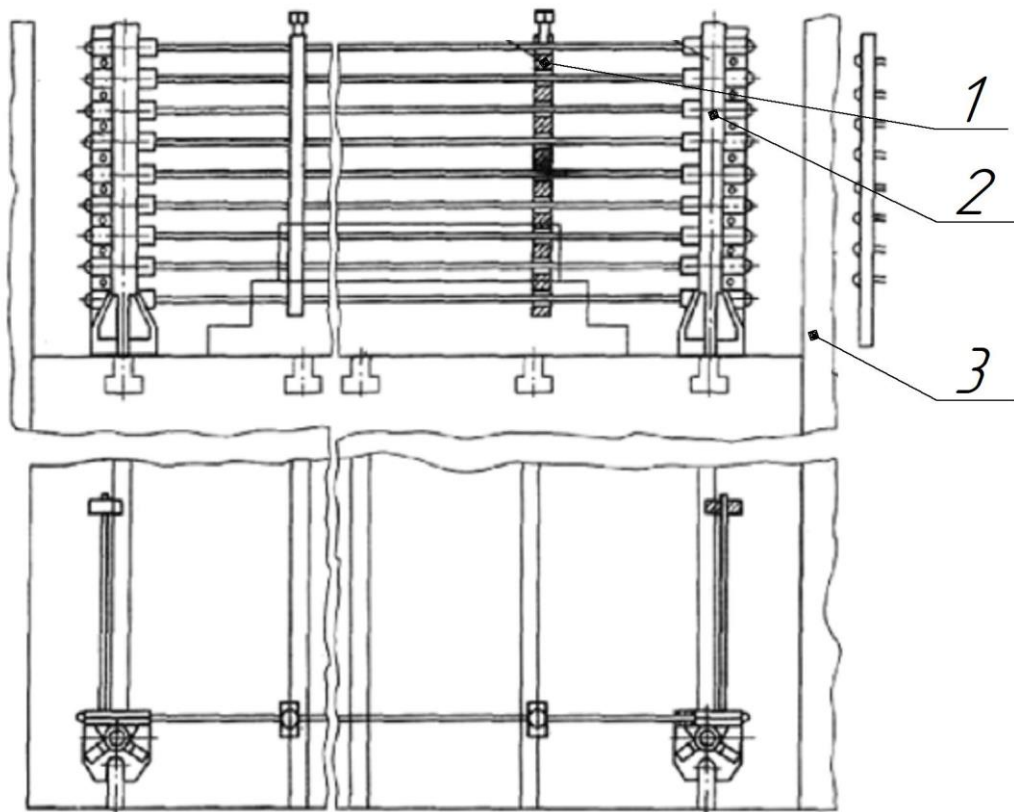
При умові проектуванні КГШП й експлуатації, одним із основних завдань є – забезпечення зручності експлуатації та безпеки обслуговування, тому особлива увага приділена системі огорожі штапового простору та заходам щодо безпеки системи управління, а також створенню майданчиків: ремонту, сходів та інших допоміжних споруд. Штаповий простір КГШП має бути огорожений ґратами, а ґрати застосовують наступні:

- а) нерухомі;
- б) рухомі блокуючі;
- в) рухомі автоматичні.

Нерухомі ґрати встановлюють при умові – коли робітник штампування не виробляє маніпуляцій, тобто – при автоматичній подачі, при штампуванні зі смуг або прутка. Ґрати встановлюють при налагодженні штампів і закріплюють до переналагодження. Форма і розміри нерухомих огорож повинні усувати можливість проникнення рук в небезпечну зону з усіх боків робочого простору, зокрема через верхній край огорожі. Товщина їх повинна забезпечувати достатню міцність ґрат. Щоб уникнути стомлюваності очей при русі повзуна прутки в ґратах розташовують вертикально. На рисунку (Рисунок 4.1). показана схема універсальної нерухомої огорожі небезпечної зони пресів. Нерухому огорожу застосовують для [20]:

- а) виключення можливості введення рук в небезпечну зону при штампуванні смуги, стрічки, листа, окремих заготовок «на провал» і при застосуванні пристроїв для видалення виробів з небезпечної зони;

- б) як захисний пристрій, що закриває небезпечну зону із задньою і бічних сторін за наявності на пресі рухомої огорожі або іншого захисного пристрою;
- в) для закриття небезпечної зони преса або штампу при оснащенні преса пристроями для автоматичної або механічної подачі заготовок в штамп і видалення виробів і відходів за межі небезпечної зони;
- г) для огорожі механізму пристроїв, якщо він представляє небезпеку.

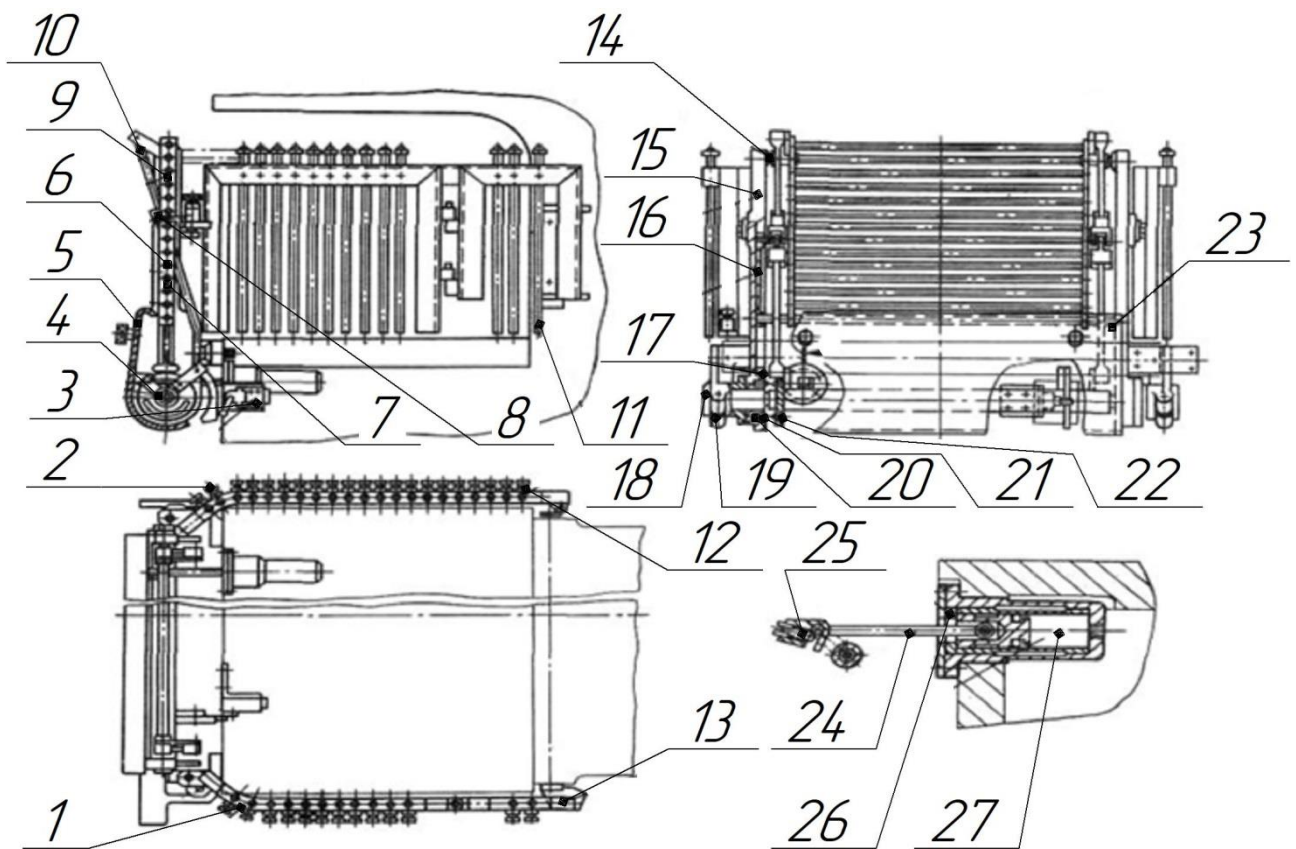


1 – направляючі; 2 – колонки; 3 – під штампова плита преса

Рисунок. 4.1 – Універсальні нерухомі огорожі небезпечної зони закритих КГШП

Рухомі блокуючі ґрати виготовляють з тих же матеріалів, що і нерухомі, а для забезпечення безпеки – при кожному ході повзуна, рухома огорожа має блокуватися з механізмом включення преса або конструктивно пов'язано з кривошипним валом. Залежно від цього рухомі ґрати підрозділяють (Рисунок 4.2):

- а) блокуючі;
б) автоматичні.



- 1 – ґрати, що відкидаються; 2, 18, 23 – гвинт; 3 – кінцевий вимикач;
4 – кривошипний вал; 5 – передня огорожа; 6, 10 – важелі; 7, 9 – нижня і верхня ґрати; 8 – фіксатори; 11 – стержні; 12, 13 – ліві і праві (нерухома) ґрати;
14, 25 – осі; 15, 16 – повзунки; 17 – гумові амортизатори; 19 – кронштейни;
20 – стакани; 21 – пружини; 22 – диск; 24 – шток пневмоциліндра;
26, 27 – циліндри

Рисунок 4.2 – Комбіновані ґрати небезпечної зони КГШП

Рухомі блокуючі ґрати мають спеціальні напрямні або шарніри, на яких їх і закріплюють, та перед кожним ходом ґрати встановлюють у положення, при якому доступ до штампового простору виключається за допомогою кінцевих вимикачів або механічно, тобто – ґрати заблоковані з керуванням преса, при цьому – команду на здійснення роби ходу можна дати лише в тому

випадку, якщо грати опущені. Цей вид грат можна застосовувати на всіх пресах, але їхнє переміщення втомлює робітника, тому роблять, щоб грати опускати пневматичним циліндром, який приводиться в дію з пульта управління. Ці грати при опусканні працюють так: рухаючись по напрямних колонках і перебуваючи в нижньому положенні – замикаються контакти управління електромагнітом золотника муфти, решітки знаходяться у вертикальному положенні паралельно руху, що знижує стомлюваність робітника.

Рухомі автоматичні огорожувальні грати більш зручні та універсальні на відміну від описаних попередніх. Рухомі автоматичні грати рухаються під час ходу повзуна і звільняють та перегороджують у потрібний час доступ у штамповий простір, бо ці грати механічно пов'язані з повзуном, що тим самим забезпечує їх спрацьовування незалежно від можливого порушення зв'язку колінчастого валу з повзуном. Ці грати умовно поділяються на два типи рухомих автоматичних грат:

- а) що захищають;
- б) поворотно-відштовхувальні.

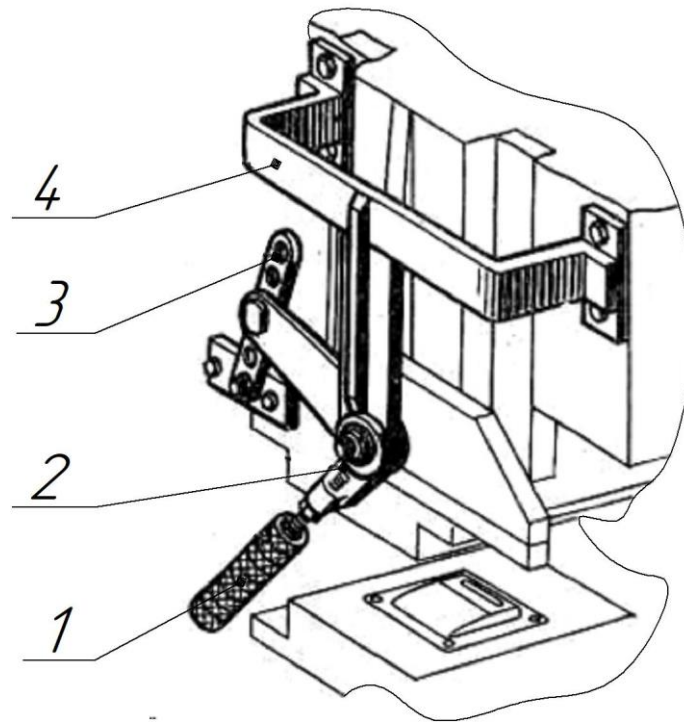
Огорожувальні грати пов'язані з повзуном за допомогою тросів чи важелів, вони опускається або піднімається під час руху повзуна вниз й випереджаючи рух повзуна – перекривають доступ у штамповий простір. Цей тип грат не застосовуються у випадках коли оператор при роботі змушений досить глибоко вводити руки в штамповий простір. При цьому грати, впливаючи на ліктьові суглоби та передпліччя оператора, не можуть запобігти травмуванню, тому у таких випадках застосовують поворотно-відштовхувальні грати. На повзуна укріплений кронштейн, який тягою, пальцями і важелем пов'язаний з гратами, а на осі вільно підвішена рамка з валиком, яка покрита губчастою гумою. За допомогою кронштейнів, на яких підвішена рамка та можна регулювати її положення по висоті залежно від розташування штамп. Тому при ході повзуна вниз – руки робочою фіксуються між валиками рухомих грат і відсуваються від небезпечної зони. Поворотно-відштовхувальні грати, вони ще називаються

руководсторонювачами, застосовують на пресах з числом ходів не більше 25 за хвилину і довжиною ходу повзуна 150 мм. Руководсторонювачі мають бути сконструйовані і налагоджені так, щоб руки були віддалені від небезпечної зони раніше, ніж наступить безпосередня небезпека, а швидкість руху і сила удару не повинні викликати травмування рук відвідним їх важелем (маятником), ну й для пом'якшення удару частина відштовхуючого важеля, що торкається руки при її видаленні з небезпечної зони, має бути обтягнута гумою (Рисунок 4.3) [20].

Ще для огороження штампового простору застосовують фотоелектричні пристрої, які утворюють світлову захисну завісу – для переривання роботи. Промисловість випускає фотоелектронні реле однопроменеве типу РФ-8200, і трипроменеве. Реле утворює завісу шириною 150 мм, причому відстань від приймача до джерела світла може бути до 6 м. Надійна система управління, що запобігає подвійному ходу, забезпечує швидке гальмування і виключає випадкове включення муфти, сприяє безпеці обслуговування преса.

На пресах також передбачають включення обома руками, бо це необхідно для того, щоб зайняти обидві руки оператора з напрямку ходу повзуна та при досягненні ним небезпечної зони, тому для цього в системі управління використовують електронне блокування, яке у разі відпускання кнопок вимикає на куті повороту $90-150^{\circ}$, рахуючись від верхнього положення повзуна – відключає муфту та зупиняє прес. Кнопки дворукого включення повинні бути розміщені один від одного на відстані 0,3 м, щоб унеможливити натискання на них однією рукою, а зусилля натискання на кнопку не повинно перевищувати 4-8 кг.

На пресах для обслуговування з двох боків передбачають 4-8 кнопок управління, щоб можна було зайняти руки двох-чотирьох операторів, тому й кнопки повинні знаходитись у місці, зручному та доступному для використання.



1 – маятник; 2 – двоплечевий важіль; 3 – планка; 4 – кронштейн

Рисунок 4.3 – Руководсторонювач

Для пресів зусиллям понад 2 МН рекомендується використовувати переносний пульт керування. Ручне керування займає руки оператора, що може призвести до зниження продуктивності, тому у зв'язку з цим передбачають педальне управління, причому педаль для зручності користування повинна знаходитися на відстані 80-100 мм від підлоги та мати хід рівний 45-70 мм до моменту спрацьовування з зусиллям натискання 25-35 Н. Для уникання випадкового включення педалі – її зверху огорожують козирком в якому є місце розміщення ноги при відпочинку.

Конструкція преса загалом має відповідати всім вимогам техніки безпеки. Для КГШ одно стоїчних повинні бути обов'язково передбачені огороження, а усі рухомі частини преса, що встановлені нижче 2,5 м над рівнем підлоги – повинні мати суцільні або сітчасті огороження. Огороження, для полегшення огляду деталей, закріплюють в шарнірах чи швидко знімних кріпленнях. Привод преса знаходиться на значній висоті, тому для нею огляду та ремонту є стаціонарні майданчики, ці майданчики мають перила висотою 1 м, які

закриваються знизу суцільними металевими листами висотою не менш 100 мм, щоб уникнути випадкового падіння деталей. Для підйому на майданчик завжди присутні стаціонарні сходи шириною 400-600 мм, що мають на висоті 3 м огорожі у вигляді дуг. Через кожні 6м підйому сходами передбачені майданчики для відпочинку. На рисунку (Рисунок 4.2) показаний двокривошинний прес, що оснащений сходами з огорожами у вигляді дуг, оглядовими майданчиками та переносним пультом керування.

Шум – це проблема для виробництва пов'язаного з КГШП, тому дуже важливим є обмеження шумового випромінювання преса та на даний час допустимий рівень звукового тиску встановлено 85 дБ. Основні джерела шуму:

- а) штамповий простір;
- б) муфта
- в) гальмо (при вихлопі повітря та ударах при замиканні дисків).

З метою зменшення шумового випромінювання забезпечують порожнини станини звукопоглинальною набивкою і покриттями, а також деякі вузли преса звукоізолюючими огорожами або екранами, трубопровід випуску повітря оснащують глушниками. Швидкохідні автомати, що відрізняються підвищеним шумом, встановлюють у повністю в звукоізолюючі кабінки, а пневматичні муфти замінюються гідравлічними.

4.3 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори ковальсько-пресових цехів

Основні небезпечні й шкідливі фактори ковальсько-пресових цехів це:

- а) підвищений рівень шуму і вібрації;
- б) пил і задимленість повітря;
- в) наявність робіт, пов'язаних із систематичними фізичними напруженнями.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори з картою умов праці на робочому місця працівника штампувальника надано у таблиці (Таблиця 4.1)

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого трудового процесу штампувальника

№	Фактори виробничого середовища разом з та трудовим процесом	Норма фактору	Фактичний параметр	Клас шкідливості на небезпечності умов впливу			Тривалість дії фактору на робітника за зміну, %
				I	II	III	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ 2 клас безпеки						
1.1	Сірчана кислота	1	0,05	-	-	-	80
1.2	3 клас безпеки Оксид вуглецю	20	4	-	-	-	80
3	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	2	2,78	1,39	-	-	92
4	Вібрація (3 загальна), дБ	92	94		4		92
5	Шум, дБА	80	105	-	-	25	92
6	Мікроклімат в приміщенні:						
6.1	- температура повітря, °С - в холодний період	13/19	17/20	-	-	-	-
6.2	- в теплий період	15/26	30	-	-	-	80
6.3	- швидкість руху повітря, м/с	0,2-0,5	0,2	-	-	-	-
6.4	- відносна вологість, %	40-60	40	-	-	-	-
6.5	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	900	-	760	-	80
7	Категорія важкості праці	важка, IV помірна					
8	Загальна оцінка умов праці	важкі умови праці					

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведений огляд існуючого обладнання кривошипних гарячештампувальних пресів та аналіз теоретичних та експериментальних досліджень дозволив встановити:

1. Ознайомлення з устаткуванням користувачів кривошипних гарячештампувальних пресів показало та виявило, що одним з найвідповідальнішим вузлом у кривошипних гарячештампувальних пресів є його привод та відповідні органи штампування.
2. При роботі цих пресів ексцентричне навантаження преса неминуче, тому для цього є передбачені нижні та верхні напрямні повзуна, які суттєво збільшують загальну довжину напрямної бази, а бронзові плоскі напрямні планки, що охоплюють призматичний повзун із чотирьох сторін, регулюють напрямних болтами та клинами.
3. Велика кількість ходів із значною масою, що розганяється при включенні муфти та високі технологічні зусилля – обумовлює важкий динамічний режим роботи приводу та виконавчого механізму. Через це у деталях яких з'являються коливальні навантаження.
4. При роботі преса, істотні коливання зусилля та витрат енергії призводять до заклинювання преса, яке виходить в результаті вичерпання енергетичного запасу маховика та зупинки повзуна в зоні кутів заклинювання кривошипно-повзунного механізму, де зусилля при заклинюванні перевищує номінальне приблизно о 2-3 рази.
5. У сучасних пресах для прискорення процесу розклинювання застосовують спеціальні пристрої, такі пристрої, дозволяють зменшити простої пресів та удосконалення цих пресів пристроями, що скорочують час налагодження і вимушених простоїв – досить прибуткове..
6. Проведений теоретичний аналіз у другому розділі, дозволяє зробити припущення щодо рівномірного розподілу зазорів у шарнірах механізму.

Ці вирази встановлюють залежність величини необхідної сили, що розклинює.

7. У третьому розділі проведено експериментальні дослідження мета яких полягає у визначенні впливу на величину сили, що розклинює, нерівномірності розподілу зазорів у підшипниках КГШП, що дозволить виявити величини сил, що розклинюють та сприяє роботі обладнання.
8. Результати роботи можуть бути рекомендовані для впровадження на підприємствам з подібним обладнанням.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Geared Drag Link-Slider-Crank Press : patent 3869927 United States : F16h 21/27. No. US394914A ; applied on 06.09.1973 ; published on 11.03.1975. 16 p.
2. Crank press drive : patent 3983738 United States : F16F15/30. No. 523440 ; applied on 13.11.1974 ; published on 05.10.1976. 11 p.
3. Mechanical Press Drive System And Method : patent EP 1996394 B1 eu : B30B 1/26, B30B 15/14. No. 06744823.3 ; applied on 08.06.2006 ; published on 18.05.2016, Bulletin no. 2016/20. 23 p.
4. Mechanical Press Adapted For Forming Processes, And Method : patent EP 2727714 A2 eu : B30B 1/26. No. 13382392.2 ; applied on 04.10.2013 ; published on 07.05.2014, Bulletin no. 2014/19. 10 p.
5. Механічний Безмуфтовий Прес : пат. UA 73557 U Україна : B30B 15/00. № u 2012 03897 ; заявл. 30.03.2012 ; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18. 7 с.
6. Вініченко Д. О. Розвиток та відмінність кривошипних пресів гарячого штампування. ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ : МАТЕРІАЛИ ІХ МІЖНАР. НАУКОВО-ПРАКТ. КОНФ., м. Львів, 9–10 листоп. 2023 р. Львів, 2023. С. 52–53.
7. Плєснецов Ю. О. КОВАЛЬСЬКО-ШТАМПУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ МЕХАНІЧНІ ПРЕСИ : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2014. 236 с.
8. 1.3 Класифікація ковальсько-штампувального обладнання. Головна | Elib LNTU.
URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/elektro_KShO/page6.html (дата звернення: 09.11.2023).
9. 2.3 Вимоги, що ставлять до ковальсько-штампувальних машин. Головна | Elib LNTU.
URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/elektro_KShO/page7.html (дата звернення: 09.11.2023).
10. Амонс А. В. Технологічне устаткування ливарних, ковальськопресових і термічних цехів : конспект лекцій. Бердянськ : Берд. Машинобуд. Коледж

- Запорізь. Нац. Техн. Ун-Ту, 2016. Т. 2 : Технологічне устаткування ковальсько-пресових цехів. 112 с.
11. NKMZ. NKMZ. URL: <http://nkmz.com/ua/crank-presses-ua/> (date of access: 09.11.2023).
12. Марченко І. Л., Бакланов О. М. Охорона праці в ковальсько-пресовому виробництві : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2009. 208 с.
13. NKMZ. NKMZ. URL: <http://nkmz.com/ua/crank-presses-ua/> (date of access: 11.12.2023).
14. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 1996. 145 с.
15. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи наукових досліджень : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. Т. 1 : Теоретичні дослідження. 195 с.
16. Жук А. Я., Малишев Г. П. Основи технічного діагностування : метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2007. 114 с.
17. Механічне устаткування цехів по виробництву металів та сплавів / А. Я. Жук та ін. Запоріжжя : ЗДІА, 1998. 210 с.
18. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обґрунтування : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Видавничий дім: «Кондор», 2012. Т. 1 : Книга 1. 542 с.
19. Ремонт металургійного обладнання / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид. дім: «Кондор», 2017. 236 с.
20. Технічне обслуговування металургійного обладнання / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид. дім: «Кондор», 2017. 288 с.
21. Ященко І. О. Наказ № 779 від 03.11.2014 Про затвердження Правил охорони праці у Аналітично-правова система ZakonOnline. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/353455___353520 (дата звернення: 10.11.2023).
22. Магістерська робота. Методичні вказівки до підготовки випускної кваліфікаційної роботи магістра для студентів ЗДІА спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”, ОПП – «Металургійне обладнання», рівень

вищої освіти - магістр / Укл.: Огінський Й.К., Таратута К.В., Шевченко І.А.,
Ковязін О.С., Васильченко Т.О.- Запоріжжя, 2018. – 76с.

ПЕРЕЛІК ВИКОНАНИХ КРЕСЛЕНЬ

№	Назва	Формат
1	Титульний аркуш	A4
2	Актуальність теми	A4
3	Мета роботи	A4
4	Огляд та аналіз науково-технічних рішень	A4
5	Огляд та аналіз науково-технічних рішень	A4
6	Огляд та аналіз науково-технічних рішень	A4
7	Огляд та аналіз науково-технічних рішень	A4
8	Розрахункова частина	A4
9	Розрахункова частина	A4
10	Дослідницька частина	A4
11	Охорона праці в галузі та техногенна безпека	A4
12	Загальні висновки та рекомендації	A4
13	Фінальний аркуш	A4

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б



ДОДАТОК В

ЛЬВІВСЬКИЙ НАУКОВИЙ ФОРУМ

МАТЕРІАЛИ

ІХ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ



**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА СУЧАСНОЇ
НАУКИ ТА ОСВІТИ**

9-10 листопада 2023 року

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ.....	45
<i>Вуйко О.М.</i> ВИКОРИСТАННЯ БАКТЕРІАЛЬНИК ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ГОРОХУ ПОСІВНОГО.....	45
СОЦІАЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ.....	48
<i>Жиденко А.В.</i> ДОКУМЕНТАЛЬНИЙ МЕДІАКОНТЕНТ ЯК ДІЄВИЙ ІНСТРУМЕНТ ЖУРНАЛІСТСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	48
ТЕХНІЧНІ НАУКИ.....	50
<i>Андрієнко Є.А.</i> КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	50
<i>Вініченко Д.О.</i> РОЗВИТОК ТА ВІДМІННІСТЬ КРИВОШИПНИХ ПРЕСІВ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ.....	52
<i>Кітов О.А.</i> ТЕНДЕНЦІЇ ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЧНИХ ПРУЖНИХ ЛАНОК НА ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ.....	54
<i>Лук'янюк С.В.</i> ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ДИЗАЙНУ АПАРАТУРИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	57
<i>Поліщук І.В., Субота М.В., Матей А.А.</i> ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИБОРУ ПРОЄКТІВ СФЕРИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я..	59
ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ І СПОРТ.....	61
<i>Богуславський В.В., Рекуненко В.М.</i> ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ПОЛІЦЕЙСЬКИХ НА ПОЧАТКОВОМУ ЕТАПІ НАВЧАННЯ.....	61
<i>Бузук В.</i> ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НАВИЧОК ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ В УЧНІВ МОЛОДШИХ КЛАСІВ.....	63
ФІЛОЛОГІЧНІ НАУКИ.....	67
<i>Барчук С.В.</i> КРЕАТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФРАЗЕОЛОГІЗМІВ У СУЧАСНОМУ АНГЛІЙСЬКОМУ МОВЛЕННІ: АНАЛІЗ ЕМОТИВНОСТІ, ГУМОРУ ТА МОВНОЇ ІНДИВІДУАЛЬНОСТІ.....	67
<i>Лакомська І.В.</i> ОКАЗІОНАЛЬНЕ СЛОВОТВОРЕННЯ: ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ У МЕДІАЗАГОЛОВКАХ.....	70
<i>Поліщук А.А.</i> ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФРАЗЕОЛОГІЗМІВ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ..	73
<i>Поляков Д.А.</i> КЛАСИФІКАЦІЯ ВЕРБАЛЬНИХ ТА НЕВЕРБАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ЕКСПРЕСІВНОСТІ В АНГЛОМОВНИХ ТЕЛЕНОВИНАХ.....	76

Вініченко Д.О.,
магістрант групи 8.1332
Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету

РОЗВИТОК ТА ВІДМІННІСТЬ КРИВОШИПНИХ ПРЕСІВ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ

Технологія штампування розвивалася на основі технічного прогресу та необхідних потреб виробництва. Початок прориву у використанні цих машин збігається з промисловою революцією 18 століття. У цей час дуже гостро постала потреба у великій кількості дрібних металевих виробів, виготовлених методом кування. Перші преси були полірувальними молотками, що приводилися в рух енергією води, а наступним кроком була заміна енергії води енергією водяної пари.

Класи штампувального обладнання, яке відокремилось у свою гілку від інших пресів, можна навести у схемі представленої на рисунку (Рис.1).

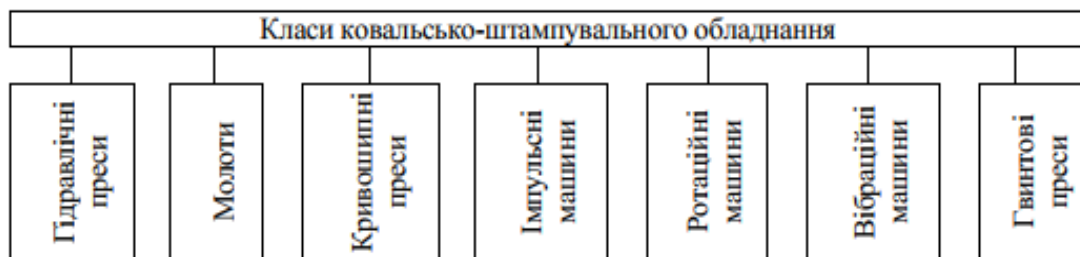


Рис.1 – Класифікація ковальсько-штампувального обладнання

Основою для створення кривошипних пресів стала поява електродвигуна. Кривошипні преси поділяються на кривошипні преси гарячого кування та кривошипні преси холодного кування.

Робота кривошипних пресів відрізняється від роботи гідравлічних пресів або молоткових пресів, так – деталь приймає потрібну форму лише за один удар, тому на кривошипних пресах можна виготовляти деталі вагою до 100 тон. Головний ж принцип дії кривошипних пресів тому, що вони, в більшості своїй, працюють від електроприводу, в передавальному механізмі якого має присутній кривошипний механізм, а робочий орган з закріпленням інструментом – це повзун, який виконує основну операцію технологічного процесу. Цей повзун називається головним повзуном, а механізм, який приводить в дію головний повзун – кривошип й кінематичний ланцюг, що їх з'єднує – головний виконуючий механізм [1].

Умовно, кривошипні преси, виходячи зі схеми зображеної на рисунку 1, можна віднести до третього класу, у яких швидкість ходу робочих частин – до 0,6 м/с, а й також за час робочого ходу вони мають жорстку криву зміни швидкості, форма якої залежить від кінематики приводу [2].

Головну оцінку пресів треба поділяти за чотирма групами показників, а саме [3]:

1) прогресивності технологічного процесу, що виконується на машині, та прогресивності її конструкції;

- 2) економічності конструктивних рішень;
- 3) експлуатаційним характеристикам;
- 4) технологічність рішень.

Велику роль у та експлуатації кривошипних пресів відіграє: стандартизація, уніфікація й нормалізація основних вузлів і деталей та технологічних параметрів. Уніфікація конструкцій важлива як для виробників пресів, так саме й для експлуатаційників з ремонтним персоналом. Уніфікація починається з колінчастих валів, бо навіть при різних величинах ходів повзуна дещо змінюються моделі станин і це стосується майже кожного вузла [1].

Преси гарячого штампування є найпоширенішими з кривошипних пресів. Їхнє призначення – це для гарячого об'ємного штампування й штампування видавлюванням. Штампування на пресах гарячого штампування проводиться так само, як і на гідравлічних чи механічних молотах та у багатострумкових штампах, проте продуктивність пресів гарячого штампування з якістю виробів, що отримуються на ньому, виходять значно вище, чим при штампуванні на молотах та штампах. При обробці на пресів гарячого штампування заготовка в кожному струмку обжимається тільки один раз, як зазначаюся у цій роботі, у той час як на молоті для цього потрібно від восьми до десяти ударів. Основним же недоліком роботи пресів гарячого штампування є те, що гарячий метал стикається зі штампом значно довше, чим на молоті, тому штамп під впливом високих температур поступово деформується значно швидше і відповідно – швидше виходить з допустимих технологічних параметрів та розмірів, які необхідно витримати у технологічному процесі [4].

До загальних ж недоліків цих пресів треба віднести: більша вартість та менша універсальність ніж у молотів, а також при роботі бувають випадки заклинювання [4].

Не дивлячись на мінуси, сучасні кривошипні преси гарячого штампування при роботі створюють менший шуму через те, що робота не супроводжується ударами, тому їм не треба дорогих фундаментів [4]. Також вони мають різноманітні прогресивності своїй конструкції та вдосконалені пристрої: встановлення заготовок, подачу заготовок і видалення готових деталей, пристрої для заміни технологічних елементів, а також показники технологічних параметрів, що забезпечують їх хорошу продуктивність і низьку собівартість виготовленої ними продукції [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Плеснецов Ю. О. КОВАЛЬСЬКО-ШТАМПУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ МЕХАНІЧНІ ПРЕСИ : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2014. 236 с.
2. 1.3 Класифікація ковальсько-штампувального обладнання. Головна | Elib LNTU. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/elektro_KShO/page6.html (дата звернення: 09.11.2023).
3. 2.3 Вимоги, що ставлять до ковальсько-штампувальних машин. Головна | Elib LNTU. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/elektro_KShO/page7.html (дата звернення: 09.11.2023).
4. Амонс А. В. ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ ЛИВАРНИХ, КОВАЛЬСЬКОПРЕСОВИХ І ТЕРМІЧНИХ ЦЕХІВ : курс лекцій. Бердянськ : БЕРД. МАШИНОБУД. КОЛЕДЖ ЗАПОРІЗЬ. НАЦ. ТЕХН. УН-ТУ, 2016. Т. 2 : Технологічне устаткування ковальсько-пресових цехів. 112 с.
5. NKMZ. NKMZ. URL: <http://nkmz.com/ua/crank-presses-ua/> (date of access: 09.11.2023).