

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра "Машинобудування, мехатроніки і робототехніки"

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри ММР

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

«_____» червня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**«Проект робочого механізму холодновисаджувального
однопозиційного двохударного автомата з суцільною
матрицею»**

**«The project of the working mechanism of a cold landing
single-position two-impact automatic machine with a
continuous matrix»**

КРБ.ПМ.24.28.000.00.00.00 КР

Виконав здобувач вищої освіти
4-го курсу, групи ПМ(ОТ)-20
спеціальності 131

«Прикладна механіка»,

_____ Пугач А. Г.

Керівник роботи

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

Рецензент

канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

№ ст.	Зона	Формат	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Άίεοι αίδαοῦ σααεῦίá</u>		
				<u>Çáííáí ðíçðíáεáíá</u>		
	À4			Çaaaáííý íá äèíεíííá		
				íðíáεðóááííý	1	
	À4			Áííðáοῦ	1	
	À4	ÊĐÁ.íì.24.28.000.00.00.00	íç	ííýñíááεῦίá çáí'εñεá	1	
				<u>Άίεοι αίδαοῦ íí ñεεááεῦίεì</u>		
				<u>íáεíεöýì</u>		
				<u>Çáííáí ðíçðíáεáíá</u>		
	À4	ÊĐÁ.íì.24.28.300.00.00.00		Ááðííàð	1	
	À1	ÊĐÁ.íì.24.28.300.00.00.00	Áç	Áεä çáááεῦίεé	1	
	À4	ÊĐÁ.íì.24.28.301.00.00.00		Éóεá÷εíáεé ááε	1	
	À1	ÊĐÁ.íì.24.28.301.00.00.00	ÑÊ	Ñεεáááεῦίεé εðáñεáíεé	1	
				<u>Άίεοι αίδαοῦ íí ááðáεῦίì</u>		
				<u>Çáííáí ðíçðíáεáíá</u>		
	À2	ÊĐÁ.íì.24.28.301.02.00.00		Øáñðáðíý éíí³÷íá	1	
	À2	ÊĐÁ.íì.24.28.301.03.00.00		Êíðíóñ	1	

					ÊĐÁ.íì.24.28.000.00.00.00 Áí		
Ζμ.	Αρκ.	№ докум.	Πίδικ	Δατα			
Ροζροβιε	Πυγач				Λίτερα	Αρκυш	Αρκυшів
Περεβίριε	Сіса					1	1
Н. контр.					ΌΓ00		
Ζατвердие	Гречка				ãð. íì (í ð)-20		

Íðíáεð ðíáí÷íáí í áðáíçí ó
 ðíéíáííáεñááεðááεῦίíáí
 íáíííçεðéííáí ááíð óááðííáí
 ááðííáðà ç ñóöεῦίííá í áððεóáñ
 Ááíííου íðíáεðó

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: Механіко-технологічний

Кафедра: «Машинобудування, мехатроніка і робототехніка»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ММР

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій Гречка

09 квітня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Пугач Андрій Григорович**

1. Тема роботи: «Проект робочого механізму холодновисаджувального однопозиційного двохударного автомата з суцільною матрицею».
2. Керівник роботи: Сіса Олег Федорович, к. т. н., доцент.
3. Строк подання роботи до захисту: 17 червня 2024 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.
Мета: Проектування робочого механізму холодновисаджувального однопозиційного двохударного автомата з суцільною матрицею.
Завдання: Зробити загальну частину проекту, виконати кінематичний розрахунок основного робочого механізму, виконати кінетостатичний розрахунок, силовий розрахунок, енергетичний розрахунок, визначити тиск на напрямні повзуна, зробити опис системи змащення.
5. Консультант по роботі, із зазначенням розділу роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури	08.04.2024 р.	
2	Зробити загальну частину проекту	22.04.2024 р.	
3	Виконати кінематичний розрахунок основного робочого механізму	29.04.2024 р.	
4	Виконати кінетостатичний розрахунок	6.05.2024 р.	
5	Виконати силовий розрахунок	13.05.2024 р.	
6	Визначити тиск на напрямні повзуна	20.05.2024 р.	
5	Зробити опис системи змащення	27.05.2024 р.	
6	Написання першого варіанта тексту, подання його на ознайомлення керівникові	3.06.2024 р.	
7	Усунення недоліків, написання останнього варіанта тексту	10.06.2024 р.	
8	Оформлення презентації роботи	12.06.2024 р.	
9	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	20.06.2024 р.	
10	Зовнішнє рецензування	20.06.2024 р.	
11	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії	21.06.2024 р.	

Дата видачі завдання
09 квітня 2024 р.

Підпис керівника

_____ Олег СІСА

Завдання прийнято до виконання
09 квітня 2024 р.

Підпис здобувача

_____ Андрій Пугач

Анотація

Андрій ПУГАЧ. Проект робочого механізму холодновисаджувального однопозиційного двохударного автомата з суцільною матрицею. Кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «бакалавр», прикладна механіка: ЦНТУ, м. Кропивницький, 2024. – 44 с. Матеріали презентації – 4 слайда.

Метою роботи є проектування робочого механізму холодновисаджувального однопозиційного двох ударного автомата з суцільною матрицею. Автомат холодновисаджувальний – це сучасне обладнання, призначене для виробництва деталей методом холодного висаджування. Цей процес дозволяє отримувати високоякісні і точні вироби з різних матеріалів, включаючи сталь, алюміній, мідь та інші. Принцип роботи автомата холодновисаджувального заснований на застосуванні великої сили для висаджування заготовки в готову деталь. Автомат холодновисаджувального типу забезпечує високу точність виготовлення деталей, що особливо важливо для прецизійних і складних конструкцій. Чим більше ударів, тим складніші форми деталей можна висаджувати на такому автоматі.

Зроблений кінематичний розрахунок основного робочого механізму, дозволяє визначити параметри основного робочого механізму, також переміщення, швидкість та прискорення. Енергосилові параметри штампування дозволяють визначити навантаження на кривошипно-шатунний механізм. Під дією сил на повзун виникають сили притиску повзуна до напрямних. На підставі теоретичних і моніторингових досліджень були розроблені способи, які дозволяють встановити і обмежити перевантаження силових параметрів головного механізму.

Ключові слова: холодно-висаджувальний автомат, видавлювання, обладнання, пуансон, матриця.

Annotation

Andrii PUGACH. The project of the working mechanism of a cold landing single-position two-impact automatic machine with a continuous matrix. Qualification work for the educational degree "bachelor", applied mechanics: CNTU, Kropyvnytskyi, 2024. - 44 p. Presentation materials - 4 il.

The purpose of the work is to design the working mechanism of a cold landing single-position two-impact machine with a continuous matrix. The automatic cold pressing machine is a modern equipment designed for the production of parts by the method of cold pressing. This process makes it possible to obtain high-quality and precise products from various materials, including steel, aluminum, copper and others. The principle of operation of the automatic cold presser is based on the application of a large force to press the workpiece into the finished part. The automatic cold-setting type ensures high precision in the production of parts, which is especially important for precise and complex structures. The more strokes, the more complex forms of parts can be planted on such a machine.

The kinematic calculation of the main working mechanism was made, which allows determining the parameters of the main working mechanism, as well as displacement, speed and acceleration. The power parameters of stamping allow you to determine the load on the crank mechanism. Under the action of forces on the slider, there are forces of compression of the slider against the guides. On the basis of theoretical and monitoring studies, methods were developed that allow to establish and limit the overloading of power parameters of the main mechanism.

Keywords: cold-dropping machine, extrusion, equipment, punch, matrix.

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра "Машинобудування, мехатроніки і робототехніки"

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри ММР

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

«___» червня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**«Проект робочого механізму холодновисаджувального
однопозиційного двохударного автомата з суцільною
матрицею»**

**«The project of the working mechanism of a cold landing
single-position two-impact automatic machine with a
continuous matrix»**

КРБ.ПМ.24.28.000.00.00.00 КР

Виконав здобувач вищої освіти
4-го курсу, групи ПМ(ОТ)-20
спеціальності 131

«Прикладна механіка»,

_____ Пугч А. Г.

Керівник роботи

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

ЗМІСТ

	Вступ	9
1.	РОЗДІЛ 1 Загальна частина проекту	13
	1.1. Технічна характеристика автомата	13
	1.2. Кінематична схема автомата	14
	1.3. Опис основних вузлів автомата та їх роботи	15
	1.4. Призначення автомата	16
	1.5. Визначення основного деформуючого зусилля	16
2.	РОЗДІЛ 2 Кінематичний розрахунок основного робочого механізму	19
	2.1. Визначення параметрів основного робочого механізму	19
	2.2. Розрахунок переміщення, швидкості та прискорення повзуна	19
	2.3. Побудова графіків переміщення, швидкості та прискорення повзуна	22
3.	РОЗДІЛ 3 Кінетостатичний розрахунок	24
4.	РОЗДІЛ 4 Силовий розрахунок	26
5.	РОЗДІЛ 5 Енергетичний розрахунок	30
6.	РОЗДІЛ 6 Визначення тиску на напрямні повзуна	33
7.	РОЗДІЛ 7 Опис системи змащення	38
ВИСНОВКИ.....		39
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ		40
ДОДАТКИ		42
	Додаток А Специфікація «Кулачковий вал».....	43
	А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик	43
	А.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик	44

ВСТУП

Широке застосування в різних галузях промисловості знаходять холодновисаджувальні автомати [1,2,3,8,9] завдяки високій ефективності виробництва на такому устаткуванні. Одним з основних напрямів використання холодновисаджувальних автоматів є виробництво кріпильних виробів – болти, гвинти, гайки, шурупи, заклепки і інше стандартне кріплення. Завдяки високій точності і продуктивності такі верстати дозволяють випускати продукцію вищої якості при мінімальній собівартості. Видатним споживачем холодновисаджувальних автоматів є автомобільна і сільськогосподарська промисловість. На такому устаткуванні роблять різноманітні деталі для двигунів, трансмісій, ходової частини автомобілів. При цьому як імпортні, так і вітчизняні автовиробники активно оснащують свої підприємства холодновисаджувальними автоматами із-за їх надійності і можливостей.

Технологічний процес холодного об'ємного штампування [11,12,16] на холодновисаджувальному автоматі складається з формоутворюючих (осадження, висадка, редукування, видавлювання пряме, видавлювання зворотне, накатування) і розділових операцій (пробивка, обрізка, підрізка). Залежно від форми, розмірів, механічних властивостей кінцевої деталі операції можуть повторюватися по позиціях, застосовуватися в комбінації (наприклад, редукування + висаджування), або бути відсутніми. Висаджування деталей здійснюється шляхом формування холодної деформації матеріалу без застосування нагріву. Для цього використовується спеціальне обладнання, яке дозволяє високоточно і одночасно деформувати деталь в декількох напрямках.

Автомат холодновисаджувальний – це сучасне обладнання [9,10,14], призначене для виробництва деталей методом холодного висаджування. Цей процес дозволяє отримувати високоякісні і точні вироби з різних матеріалів,

включаючи сталь, алюміній, мідь та інші. Принцип роботи автомата холодновисаджувального [1,3,7,8] заснований на застосуванні великої сили для висаджування заготовки в готову деталь. У процесі роботи автомата, заготовка потрапляє в спеціальний матричний блок, де під дією осьової сили відбувається пластичне деформування матеріалу і формується деталь із заданими параметрами. Основні переваги автоматів холодновисадочного типу включають високу точність розмірів і форми деталі, відсутність стружки і браку, економію сировини і енергії, а також можливість виготовлення складних геометричних форм і підвищеної стійкості деталей. Залежно від вимог виробництва і конкретних завдань, автомати холодновисаджувального типу можуть бути оснащені додатковим обладнанням, таким як системи контролю якості, автоматичне завантаження і розвантаження, системи мастила і охолодження, що дозволяє домогтися ще більшої ефективності і автоматизації процесу.

Автомат холодновисаджувальний має ряд переваг в порівнянні з іншими методами висаджування. По-перше, відсутність нагріву дозволяє уникнути деформацій і змін механічних властивостей деталей. Крім того, такий автомат володіє високою продуктивністю і швидкістю роботи, дозволяючи значно скоротити час виготовлення деталей. Особливість автомата холодновисаджувального типу також полягає в тому, що він дозволяє здійснювати складні геометричні операції, такі як висаджування шліців, канавок, зубів та інших елементів на поверхні деталей. Завдяки гнучким налаштуванням і можливості програмування, автомат може виконувати різні операції висаджування в автоматичному режимі. Крім того, автомат холодновисаджувального типу забезпечує високу точність виготовлення деталей, що особливо важливо для прецизійних і складних конструкцій. Він дозволяє домогтися однакових розмірів і форми деталей, а також забезпечує високу якість поверхні. В цілому, автомат холодновисаджувального типу є універсальним і ефективним інструментом

для виробництва різних деталей. Його переваги в точності, швидкості і гнучкості роботи роблять його незамінним в багатьох галузях промисловості.

Технічні характеристики автоматів холодновисаджувальних можуть варіюватися в залежності від конкретної моделі обладнання. Автомати холодновисаджувальні мають високу продуктивність, яка вимірюється в кількості деталей, що виготовляються за певний проміжок часу. Продуктивність залежить від типу обладнання, його налаштувань і характеристик матеріалу, використовуваного для виготовлення. Діаметр вихідного дроту зазвичай становить від 0,5 до 30 мм. Найбільш поширене застосування автоматів для прутків діаметром 4-20 мм. При цьому матеріал заготовки може бути досить жорстким, в тому числі з високоміцних і нержавіючих сталей. Продуктивність сучасних холодновисадочних автоматів досягає 200-300 деталей на хвилину. Швидкість висаджування [4,5] залежить від складності форми виробу, кількості операцій та інших факторів. Точність виготовлення деталей на таких верстатах дуже висока, допуски за розмірами можуть становити $\pm (0,02-0,05)$ мм. Це досягається за рахунок застосування високоточних напрямних, механізмів виштовхування та інших конструктивних рішень провідних виробників обладнання для холодного висаджування.

За кількістю ударів пуансона розрізняють холодновисадочні автомати трьох основних типів – одноударні, двоударні, триударні. Чим більше ударів, тим складніші форми деталей можна висаджувати на такому автоматі. Наприклад, дво- і триударні агрегати дозволяють отримувати деталі з наскрізними отворами. Конструктивно до складу холодновисадочного автомата входять такі основні вузли і механізми – пристрій подачі прутка з роликами, механізм відрізання заготовок заданої довжини, пуансон і матриці для формування деталей, повзун з напрямними для переміщення пуансонів, маніпулятор для перенесення заготовки в матрицю, механізм виштовхування готових деталей.

Принцип дії і конструкція двохударного однопозиційного автомата полягає в тому, що деталі формуються в одній матриці (на одній позиції) послідовно двома, попередньою і остаточною, головками (пуансонами). Таким чином, лише після другого удару повністю формоутворюється деталь. На автоматах з цільною матрицею можливо одночасно разом з висаджуванням проводити одинарне редукування частини стрижня (під накатку різьби), а так само виконувати пряме або зворотне видавлювання, формувати виступи, виїмки. На автоматах з роз'ємною матрицею можливо здійснювати одночасно з висаджуванням операції розплющування і гнуття стрижня заготовки, видавлювання поздовжніх канавок, зворотне видавлювання, редукування в пуансоні. В одних конструкція автоматів блок пуансонів переміщається у вертикальному напрямку за допомогою кулака, в інших - блок пуансонів здійснює гойдальний рух. Двохударні однопозиційні автомати широко використовуються для виготовлення заклепок, гвинтів з плоским або хрестоподібним шліцем, напівкруглою, потайною або напівпотайною головкою, шурупів, саморізів і подібним їм деталям.

Вартість холодновисадочних автоматів досить висока і може варіюватися від десятків до сотень тисяч доларів в залежності від моделі, комплектації та додаткових опцій. Однак, незважаючи на значні початкові вкладення, холодновисадочні автомати окупаються за 1-2 роки за рахунок різкого зростання продуктивності і зниження собівартості продукції. Впровадження такого обладнання дозволяє скоротити витрати на виробництво кріпильних деталей на 20-40% порівняно з токарною обробкою або холодним штампуванням на КГПП.

З вище сказаного виходе мета роботи – проектування робочого механізму холодновисаджувального однопозиційного двохударного автомата з суцільною матрицею.

Розділ 1

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

1.1. Технічна характеристика автомата

Нижче наводиться технічна характеристика холодновисаджувального однопозиційного двохударного автомата з суцільною матрицею.

Найбільший діаметр стрижня виробу, мм	4
Номінальне зусилля, тс	16
Довжина стрижня виробу, мм:	
- найбільша	30
- найменша	6
Найбільша довжина заготовки, мм	32
Число ходів висаджувального повзуна за хвилину:	
- найбільше	600
- найменше	400
Хід висаджувального повзуна, мм	50
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	6
Струм живлючої мережі:	
- струм	змінний
- частота, Гц	50
- напруга, В	380
Габаритні розміри, мм:	
- в плані	2160 × 915
- висота над рівнем підлоги	1190
Маса, т	2,2

1.2. Кінематична схема автомата

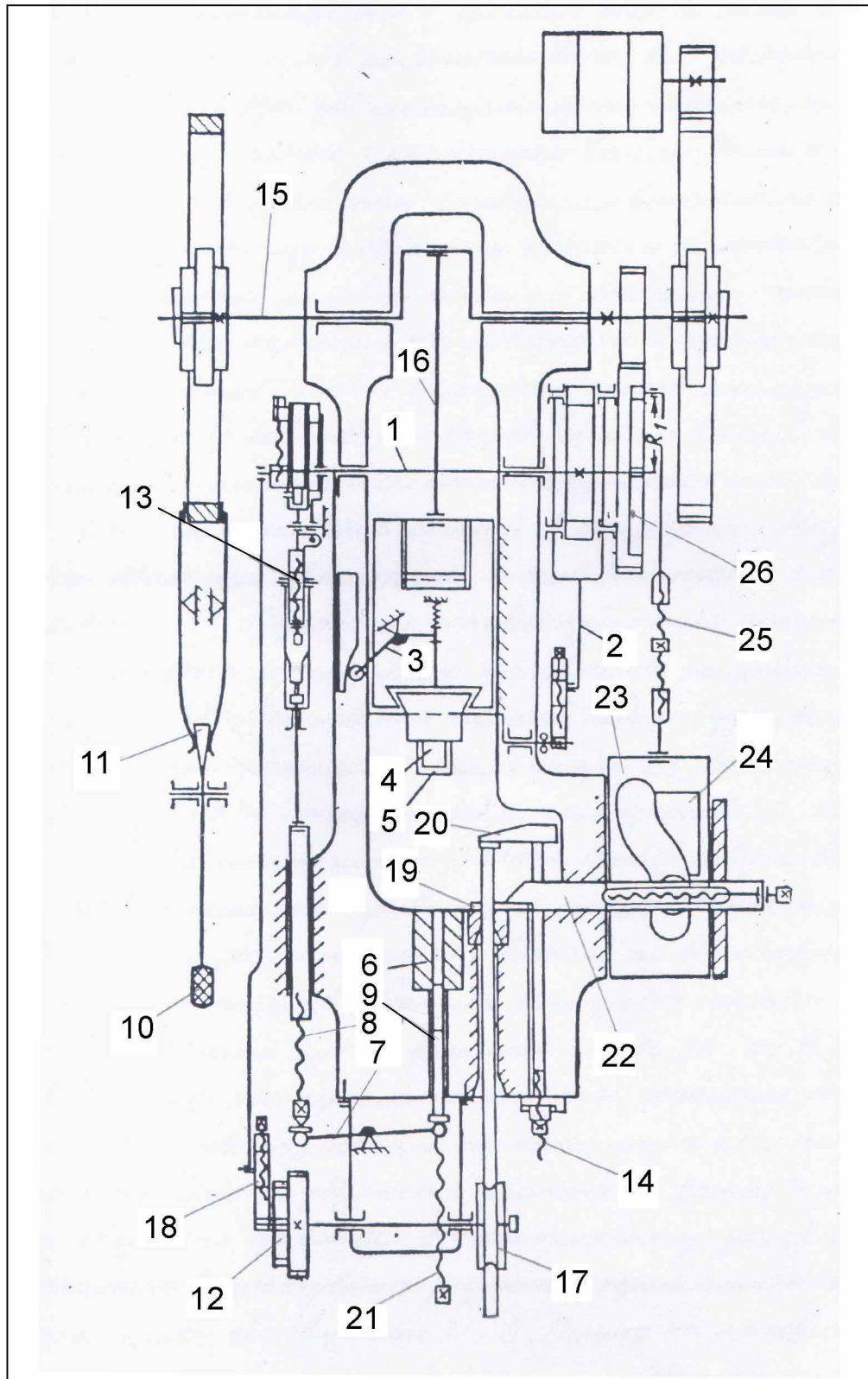


Рисунок 1.1 – Кінематична схема однопозиційного двохударного
холодновисаджувального автомата

1.3. Опис основних вузлів автомата та їх роботи

Кінематична схема двохударного автомата схожа зі схемою одноударного [9, с. 24]. Їх відмінність полягає в наступному. Введено розподільний вал 1, кількість обертів якого у 2 рази менша за число обертів колінчастого вала. Від розподільного вала приводяться в рух усі механізми автомата, крім механізму висаджування, пов'язаного з колінчастим валом. Також є механізм 2 переміщення пуансонної головки, що виконана по схемі кулачкового механізму з двобічним зв'язком, і механізм 3 фіксування пуансонної головки в крайніх верхньому і нижньому положеннях. При першому ході висаджувального повзуна вперед висаджування конічної головки виконується заготівельним пуансоном 4. При другому ході повзуна вперед на лінію висаджування встановлюється чистовий пуансон 5. Після висаджування повзун відходить назад і деталь виштовхується із матриці 6.

Більшість механізмів однакові в одноударних і двох ударних автоматах. Механізм автоматичної подачі виконується з однією парою роликів 17. Періодичне однобічне обертання роликів, що подають, здійснюється за допомогою храпового або роликового обгінного пристрою 12. Регулювання величини (довжини) подачі виконується за допомогою переміщення каменя куліси 28. Зворотно-поступальний рух ножа 19 здійснюється від плоских кулачків 24, закріплених на повзуні 23 механізму відрізування. Привод повзуна виконується за схемою дезаксіального кривошипно-шатунного механізму. Регулювання часу роботи механізму відрізування по відношенню до роботи інших механізмів автомата виконується шляхом встановлення на той чи інший кут кривошипної пайби 26. Час встановлення ножа в задньому або передньому положенні регулюється довжиною шатуна 25. Осьове регулювання ножевого штока 22 і ножа виконується гвинтом. Упор 20 регулюється гвинтом 14. Важіль 7 механізму виштовхування приводиться від розподільного валу 1. Механізм

виштовхування регулюється переміщенням каменю 13 куліси, що качається, або гвинтами 21 та 8. Гальмо на маховик передбачається на усіх холодно-висаджувальних автоматах, причому виконується воно звичайно колодочного типу від педалі. При натисканні на педаль 10 клин 11 переміщується ліворуч, повертаючи у різні боки колодки, що охоплюють обід маховика.

1.4. Призначення автомата

Холодновисадочний однопозиційний двоударний автомат з суцільною матрицею призначено для висаджування деталей різних типорозмірів: заклепок, напівфабрикатів гвинтів та болтів, осей тощо. На цьому автоматі можна отримувати вироби з найбільшим діаметром стрижня 4 мм, з довжиною стрижня в межах від 6 мм до 30 мм.

1.5. Визначення основного деформуючого зусилля

1.5.1. Зусилля відрізування

Зусилля відрізування P_p розраховуємо за формулою (1.1) [1]:

$$P_p = v_\tau \cdot F = 400 \cdot 12,56 = 5024 \text{ Н} \approx 5 \text{ кН}, \quad (1.1)$$

де v_τ - коефіцієнт, який відбиває вплив факторів, діючих на P_p (1.2):

$$v_\tau = (0,7 \div 0,8) \cdot \sigma_s = 0,8 \cdot 500 - 400 = 400 \text{ МПа}, \quad (1.2)$$

де σ_s – межа міцності матеріалу. $\sigma_s = 500 \text{ МПа}$;

F – площа поперечного перерізу заготовки, мм^2

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} = 12,56 \text{ мм}^2;$$

D – діаметр заготовки. $D = 4$ мм.

1.5.2. Зусилля на технологічних переходах

Базуючись на експериментальні значення, що наведені в роботі [16], визначаємо зусилля на технологічних переходах:

- попереднє висаджування. Отримуємо зрізаний конус з розмірами: $d = 4$ мм – діаметр стрижня; $D = 7,51$ мм – найбільший діаметр конуса; $h = 2,4$ мм – висота конусоподібної головки. Зусилля висаджування $P_{п. в.} = 10,8$ тс [16, с. 302];

- остаточне висаджування. Зусилля висаджування $P_{о. в.} = 12,5$ тс [16, с. 302].

1.5.3. Сумарне зусилля деформування:

$$\sum P = P_p + P_{о.в.} = 0,5 + 12,5 = 13,0 \text{ тс} = 130 \text{ кН.}$$

Таким чином, в якості основного деформуючого зусилля приймаємо номінальне зусилля автомата, яке дорівнює 160 кН.

Далі будуємо графік змінення зусилля висаджування в функції від ходу повзуна на рисунку 1.2 [9, с. 163] та графік жорсткості на рисунку 1.3.

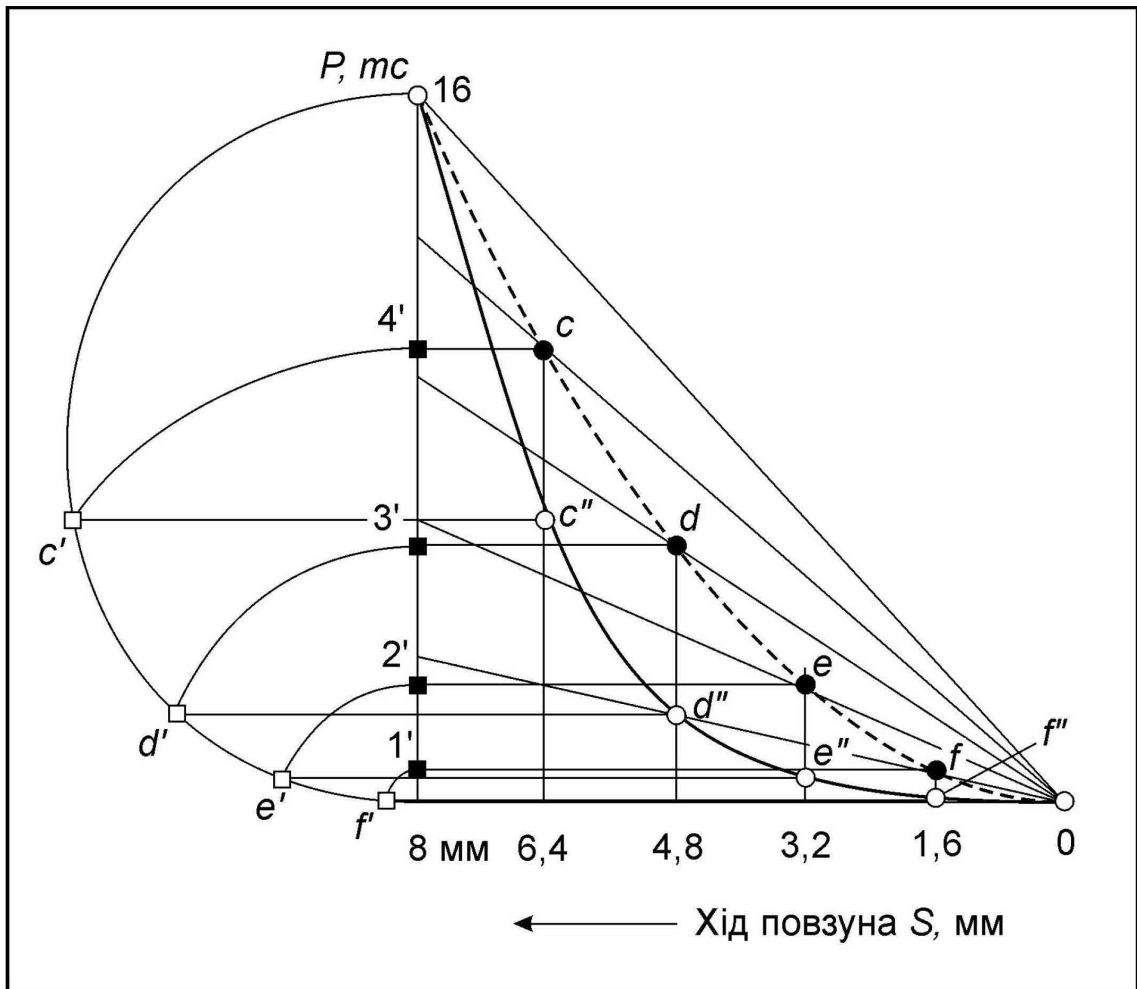


Рисунок 1.2 – Графік змінення зусилля висаджування
 $(\mu_S = 0,08 [мм]/мм$ та $\mu_P = 0,145 [мм]/мм)$

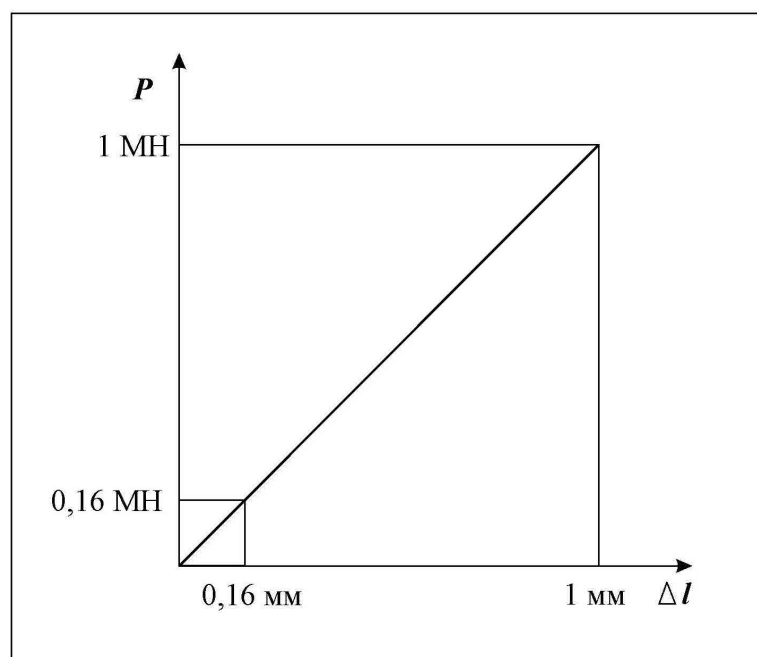


Рисунок 1.3 – Графік жорсткості

2. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО РОБОЧОГО МЕХАНІЗМУ

2.1. Визначення основних параметрів основного робочого механізму (ОРМ).

Схема ОРМ даного холодновисаджувального автомата є аксіальною. Відповідно до цього, а також згідно даних креслення, визначаємо основні параметри ОРМ:

- радіус кривошипа $R = 25$ мм;
- довжина шатуна $L = 175$ мм;
- коефіцієнт довжини шатуна $\lambda = \frac{R}{L} = 0,14$.

2.2. Розрахунок переміщення, швидкості та прискорення повзуна.

У холодновисаджувального автомата, який має центральний кривошипно-шатунний механізм, переміщення повзуна розраховують за формулою (1.3) [9, с. 186]:

$$S = R \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right]. \quad (1.3)$$

Швидкість повзуна розраховують за залежністю (1.4) [9, с. 186]:

$$V = \omega R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right), \quad (1.4)$$

де α - кут повороту ведучого кривошипа, град.;

ω - кутова швидкість обертання ведучого кривошипа, с^{-1}

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_x}{30} = \frac{3,14 \cdot 600}{30} = 62,8 \text{ с}^{-1};$$

n_x – кількість подвійних ходів повзуна у хвилину; $n_x = 600$ ход/хв.

Прискорення повзуна знаходимо із виразу (1.5) [9, с. 186]:

$$j = -\omega^2 R (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha). \quad (1.5)$$

При $\alpha = 10^\circ$:

$$S = 25 \left[(1 - 0,984) + \frac{0,14}{2} (1 - 0,939) \right] = 0,4325 \text{ мм};$$

$$V = 62,8 \cdot 25 \left(0,174 + \frac{0,14}{2} \cdot 0,342 \right) = 310,215 \text{ мм/с};$$

$$j = -62,8^2 \cdot 25 (0,985 + 0,14 \cdot 0,939) = -11069,12 \text{ мм/с}^2.$$

Розрахунок переміщення швидкості та прискорення повзуна при кутах повороту головного вала від 0° до 180° через кожні 10° виконувався за допомогою програмованого мікрокалькулятора. Результати розрахунку зведено до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Залежність переміщення, швидкості та прискорення повзуна від кута повороту головного валу

α , град.	S , мм	V , м/с	J , мм/с ²
0	0	0	-112399,44
10	0,43,26	310,2156	-110069,09
20	1,7124	607,6139	-103223,99
30	3,7869	880,1762	-92288,36
40	5,5719	1117,4069	-77925, 87
50	9,9573	1310,9203	-60979,35
60	13,8125	1454,8361	-42396,28
70	17,9998	1545,9598	-23147,77
80	22,3560	1583,7362	-4150,02
90	26,75	1570	13803,44
100	31,2384	1508,5601	30092,01
110	35,0958	1404,6751	44295,87
120	38,8125	1264,4837	56199,72
130	42,0966	1094,4594	65773,23
140	44,8742	900,9462	73131, 98
150	47,0881	689,8238	78484,92
160	48,6970	466,3293	82075,89
170	49,6729	235,0396	84127,11
180	50	0	84792,56

2.3. Побудова графіків переміщення, швидкості та прискорення повзуна.

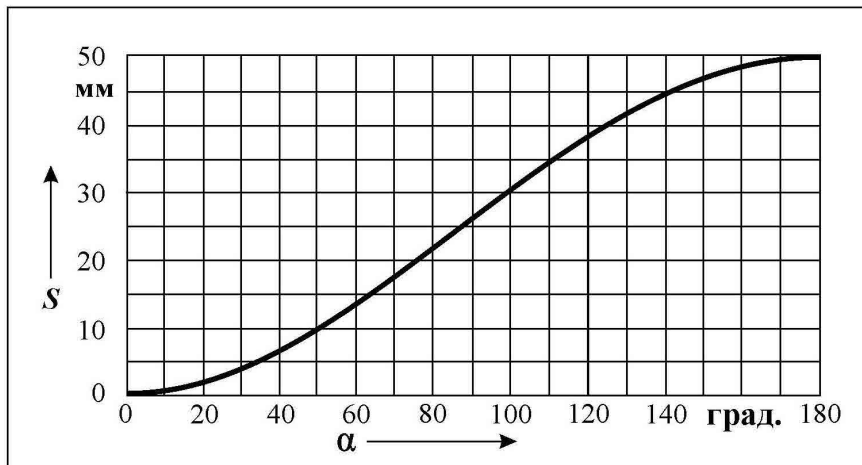


Рисунок 2.1 – Графік переміщення повзуна ($\mu_s = 1,4$ [мм]/мм; $\mu_\alpha = 0,8$ град./мм)

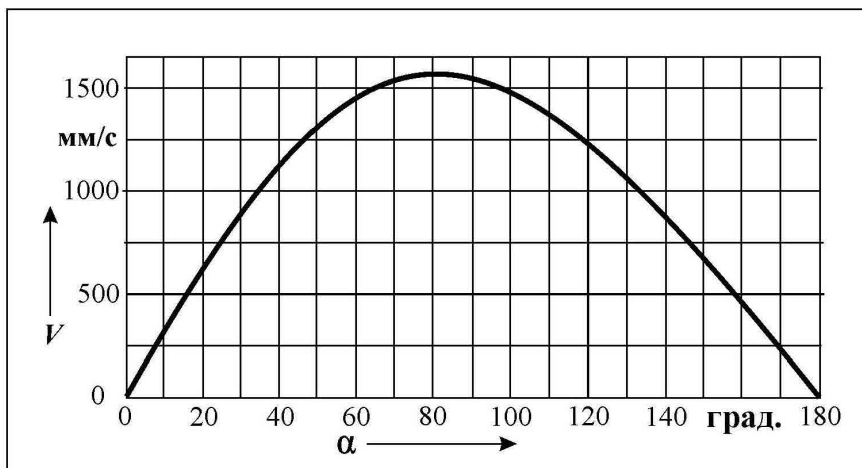


Рисунок 2.2 – Графік швидкості повзуна ($\mu_v = 22,61$ [мм/с]/мм; $\mu_\alpha = 0,8$ град./мм)

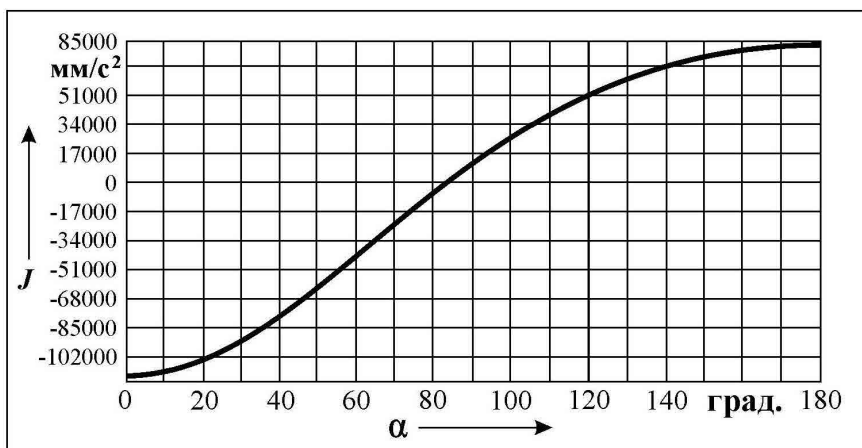


Рисунок 2.3 – Графік прискорення повзуна ($\mu_j = 2809,99$ [мм/с²]/мм; $\mu_\alpha = 0,8$ град./мм)

Екстремальний кут повороту головного вала:

$$\alpha_e = \arccos \left[\frac{1}{4\lambda} \left(\sqrt{1+8\lambda^2} - 1 \right) \right] = \arccos \left[\frac{1}{4 \cdot 0,14} \left(\sqrt{1+8 \cdot 0,14^2} - 1 \right) \right] =$$
$$= \arccos 0,0174 = 89^\circ 60'.$$

Максимальна швидкість повзуна:

$$V_{\max} = \omega \cdot R = 62,8 \cdot 25 = 17570 \text{ мм/с.}$$

Розділ 3

3. КІНЕТОСТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Розрахунок необхідний для визначення сил інерції, які виникають при роботі автомата. Його виконуємо методом динамічного розташування мас. Для розрахунку використовуємо програму для програмованого мікрокалькулятора. В результаті розрахунку отримуємо результати, які зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати кінетостатичного розрахунку

α , град.	$P_{ин. z}$ кН	$P_{ин. x}$ кН	$P_{ин. y}$ кН	$m_{поступ.}$ кг	$m_{оберт.}$ кг	$m_{ш.}$ кг
0	22,18	19,78	10,05	16,38	22,31	17,25
3	20,91	18,34	10,05	19,38	22,31	17,25
6	19,49	16,69	10,05	22,37	22,31	17,25
9	17,95	14,88	10,05	25,38	22,31	17,25
12	16,35	12,89	10,05	28,38	22,31	17,25
15	14,73	10,77	10,05	31,38	22,31	17,25
18	13,18	8,52	10,05	34,38	22,31	17,25
21	11,80	6,18	10,05	37,38	22,31	17,25
24	10,74	3,78	10,05	40,38	22,31	17,25
27	10,14	1,33	10,05	43,38	22,31	17,25
30	10,11	1,13	10,05	46,38	22,31	17,25

За результатами розрахунку будемо графіки залежностей $P_{ин. z} = f(\alpha)$ та $P_{ин. x} = f(\alpha)$, рисунок 3.1.

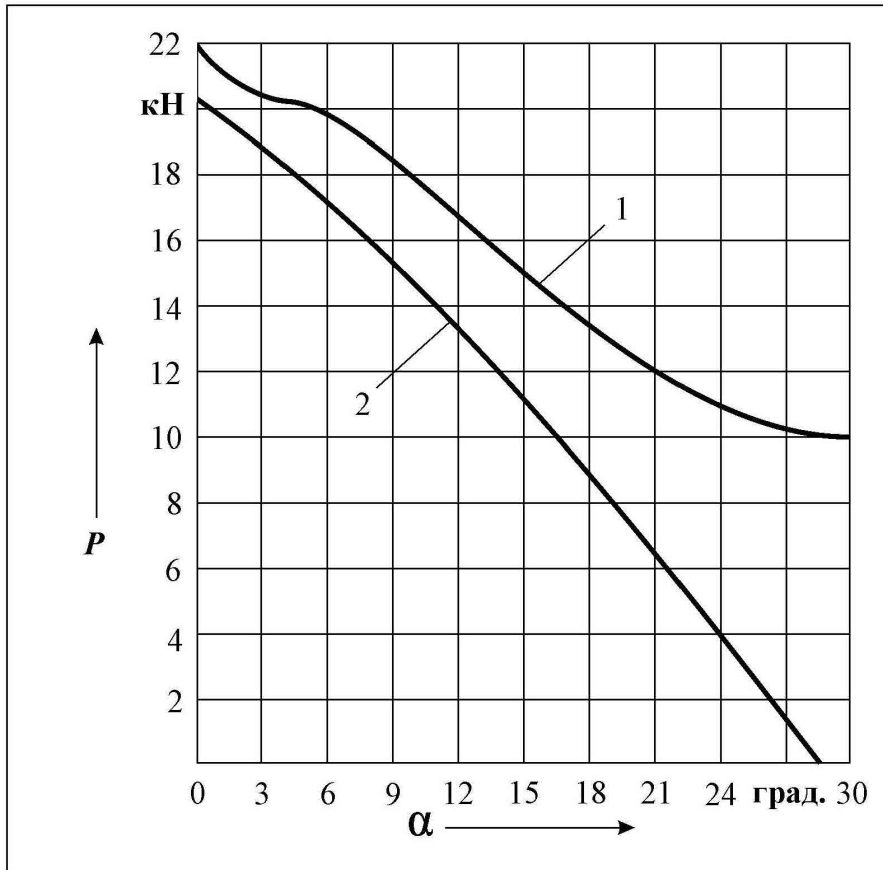


Рисунок 3.1 – Графіки залежностей: 1 - $P_{in} = f(\alpha)$; 2 - $P_{in, x} = f(\alpha)$
 ($\mu_P = 0,2$ кН/мм; $\mu_\alpha = 0,3$ град./мм)

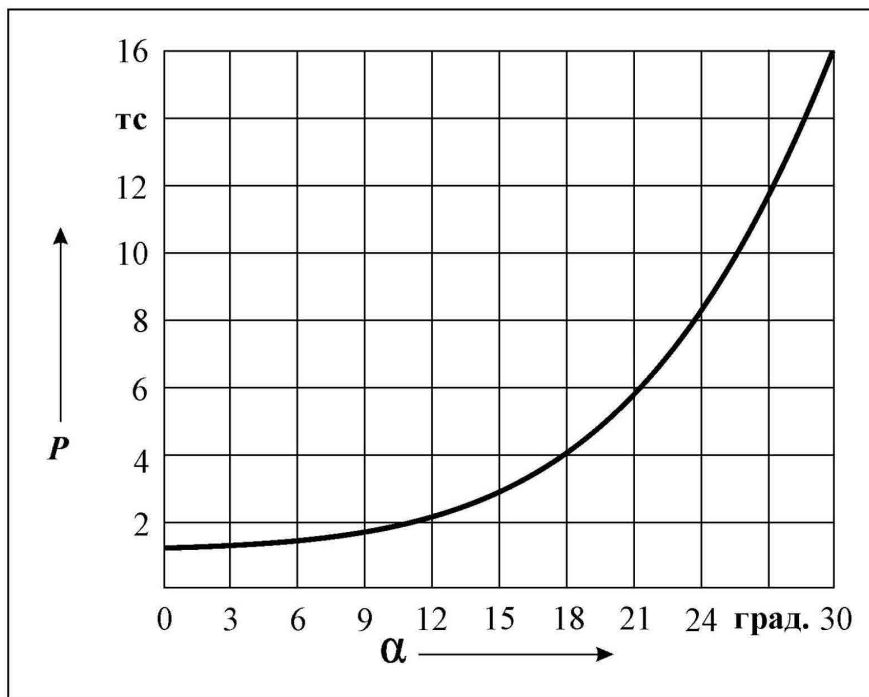


Рисунок 3.2 – Графік залежності $P_{in} = f(\alpha)$ ($\mu_P = 1,45$ кН/мм; $\mu_\alpha = 0,3$ град./мм)

4. СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Приведене плече сили знаходять як суму приведених пліч тертя та ідеального плеча (4.1)

$$m_k = m_k^f + m_k^i. \quad (4.1)$$

Ідеальне приведенне відносне плече сили знаходимо за формулою (4.2)

$$m_k^i = R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right). \quad (4.2)$$

Відносне плече тертя дорівнює (4.3)

$$m_k^f = 0,5 f [(1 + \lambda) d_A + \lambda d_B + d_o], \quad (4.3)$$

де: f – коефіцієнт тертя; $f = 0,06$;

d_A – діаметр шатунної шийки; $d_A = 95$ мм;

d_B – діаметр малої головки шатуна; $d_B = 50$ мм;

d_o – діаметр опорної шийки; $d_o = 80$ мм.

Тоді:

$$m_k^f = 0,5 \cdot 0,06 [(1 + 0,14) \cdot 95 + 0,14 \cdot 50 + 80] = 5,859 \text{ мм.}$$

Для розрахунку приведенного плеча сили m_k використовуємо програму для ПМК [17, с.10]. Результати зведено до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність зведеного плеча сили та зусиль, припустимих міцністю головного вала

α , град.	m_{κ} , мм	P_{σ}^{B-B} , Н
0	5,859	503176
3	7,350	467358
6	8,836	436409
9	10,311	409495
12	11,769	385962
15	13,204	365286
18	14,613	347049
21	15,989	330908
24	17,328	316584
27	18,625	303846
30	19,875	292500
33	21,074	282384

За результатами розрахунку будемо графік залежності приведенного плеча сили від кута повороту головного вала (рис. 4.1).

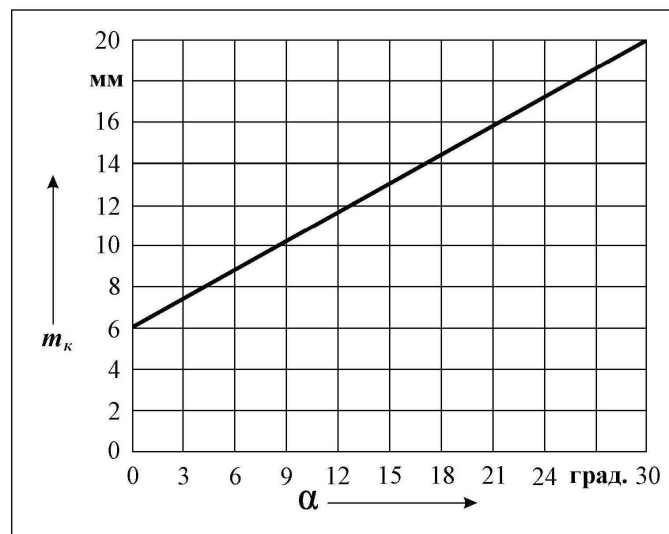


Рисунок 4.1 – Графік залежності зведеного плеча сили від кута повороту головного вала ($\mu_{\kappa} = 0,2$ мм/мм)

Зусилля на повзуні, що припустимі міцністю перерізу В-В одноколінчастого вала [18, с. 356] визначаємо за формулою (4.4)

$$P_{\delta}^{B-B} = \frac{0,2 \cdot d_o^3 \cdot \sigma_{-1u}}{n \cdot k_e \cdot \sqrt{\Phi_{\tau}^g (m_k + 0,17d_o)}}, \quad (4.4)$$

де: σ_{-1u} – межа витривалості при згинанні гладкого зразка при знакозмінному циклі; $\sigma_{-1u} = 280$ МПа;

n – коефіцієнт запасу міцності; $n = 1,5 \div 2$;

k_e – еквівалентного навантаження; $k_e = 1$;

Φ_{τ}^g – константа міцності у перерізі В-В; $\Phi_{\tau}^g = 2,8$.

Розрахунок проводимо за допомогою програми для ПМК [17, с. 16]. Результати зводимо до таблиці 4.1 та будуємо графік залежності $P_{\delta}^{B-B} = f(\alpha)$ рисунок 4.2.

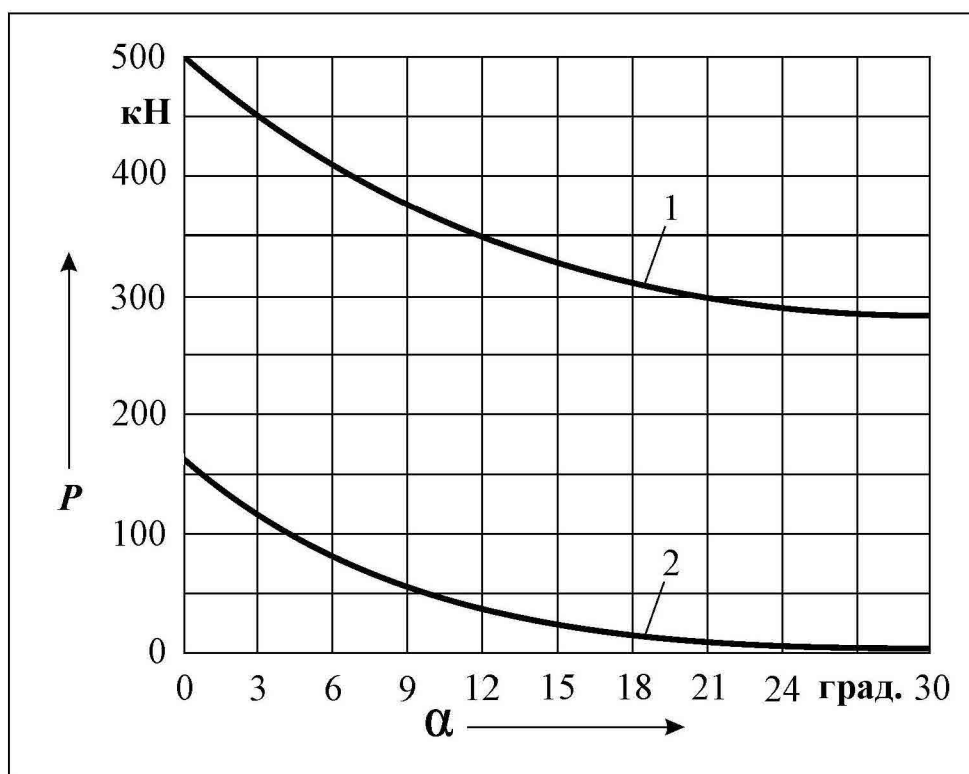


Рисунок 4.2 – Графіки залежностей фактичного та теоретичного зусилля від кута повороту: 1 - $P_{\phi} = f(\alpha)$; 2 - $P_m = f(\alpha)$

В даному розрахунку нас цікавить зусилля, яке виникає при значеннях кута повороту у межах $0 < \alpha < \alpha_n$, де α_n – номінальний кут, тобто кут, при якому починається саме деформація заготовки. Для холодновисаджувальних автоматів $\alpha_n = 30^\circ$. Отже, розрахунок (див. таблицю 4.1) виконано до значінь при $\alpha = 33^\circ$ (див. рис. 4.1). На рисунку 4.2 наведено два графіка $P_m = f(\alpha)$ та $[P_\phi = f(\alpha)] = [P_\delta^{B-B} = f(\alpha)] - [P_{in} = f(\alpha)]$.

5. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Час циклу визначаємо за формулою (5.1)

$$t_{\text{ц}} = \frac{60}{p \cdot n} = \frac{60}{1 \cdot 600} = 0,1 \text{ с}, \quad (5.1)$$

де: p – коефіцієнт використання числа ходів; $p = 1$;

n – номінальне число ходів повзуна за хвилину; $n = 600$.

Загальна витрата енергії за цикл, що приведена до вала двигуна:

$$A_{\text{ц}} = A_{\delta} + A_x,$$

де: A_{δ} – корисна робота пластичного деформування, Дж:

$$A_{\delta} = \kappa_{\text{то}} \cdot P_n \cdot S = 0,02 \cdot 160 \cdot 50 = 160 \text{ Дж};$$

$\kappa_{\text{то}}$ – коефіцієнт повноти технологічної операції; $\kappa_{\text{то}} = 0,02$;

P_n – номінальне зусилля автомата; $P_n = 160 \text{ кН}$;

A_x – витрата енергії за час холостого ходу [13, с. 131]:

$$A_x = B \cdot P_n^{3/2} = 400 \cdot 0,16^{3/2} = 400 \cdot 0,064 = 256 \text{ Дж}.$$

Тоді $A_{\text{ц}} = 160 + 256 = 416 \text{ Дж}.$

Розрахункова потужність електродвигуна:

$$N_p = \frac{\kappa \cdot A_{\text{ц}}}{1000 \cdot t_{\text{ц}}} = \frac{1,6 \cdot 416}{1000 \cdot 0,1} = 6,66 \text{ кВт},$$

де κ – коефіцієнт запасу потужності електродвигуна; $\kappa = 1,6$.

Вибираємо двигун трохи більшою потужністю моделі 4A132S4УЗ, номінальною потужністю $P_n = 7,5$ кВт.

Коефіцієнт нерівномірності обертання маховика:

$$\delta = 2 \cdot \varepsilon \cdot \kappa \cdot (S + S_y) = 2 \cdot 0,95 \cdot 1,6 \cdot (0,02 + 0,01) = 0,09 \text{ ,}$$

де ε – коефіцієнт, який залежить від співвідношення між номінальним і критичним ковзанням; $\varepsilon = 0,95$;

S – ковзання електродвигуна; $S = 0,02$;

S_y – пружне проковзування пасів клинопасової передачі; $S_y = 0,01$.

Сумарний момент інерції привода, що приведений до вала маховика:

$$I = \kappa_\phi \frac{A_\delta}{\omega_m^2 \cdot \delta} \text{ ,}$$

де κ_ϕ – коефіцієнт, який враховує форму графіка навантаження:

$$\kappa_\phi = 1 - \frac{\alpha_n}{360} = 1 - \frac{30}{360} = 0,92 \text{ ;}$$

ω_m – кутова швидкість маховика; $\omega_m = 6,28 \text{ с}^{-1}$.

Тоді

$$I = 0,92 \cdot \frac{160}{6,28^2 \cdot 0,09} = 41,47 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції маховика:

$$I_m = 0,98 \cdot I = 0,98 \cdot 41,47 = 40,64 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Припустимий час розгону маховика при першому запуску електродвигуна:

$$t_p = \frac{1,2 \cdot I_M \cdot n_M^2}{100000 \cdot N_H} = \frac{1,2 \cdot 40,54 \cdot 600^2}{100000 \cdot 7,5} = 15,96 \text{ с,}$$

де n_M – частота обертання маховика; $n_M = 600$ об./хв.

Оскільки отримане значення $t_p < [t_p]$, залишаємо вибраний двигун.

Окружна швидкість маховика:

$$V_M = \frac{\pi \cdot D_{об} \cdot n_M}{60000} = \frac{3,14 \cdot 480 \cdot 600}{60000} = 15,1 \text{ м/с,}$$

де $D_{об}$ – зовнішній діаметр обода маховика; $D_{об} = 480$ мм.

Матеріал маховика: чавун СЧ25, оскільки $V_M < 25$ м/с.

За даними графіків на рисунку 3.2 та 4.1 будуюмо графік обертового моменту рисунок 5.1.

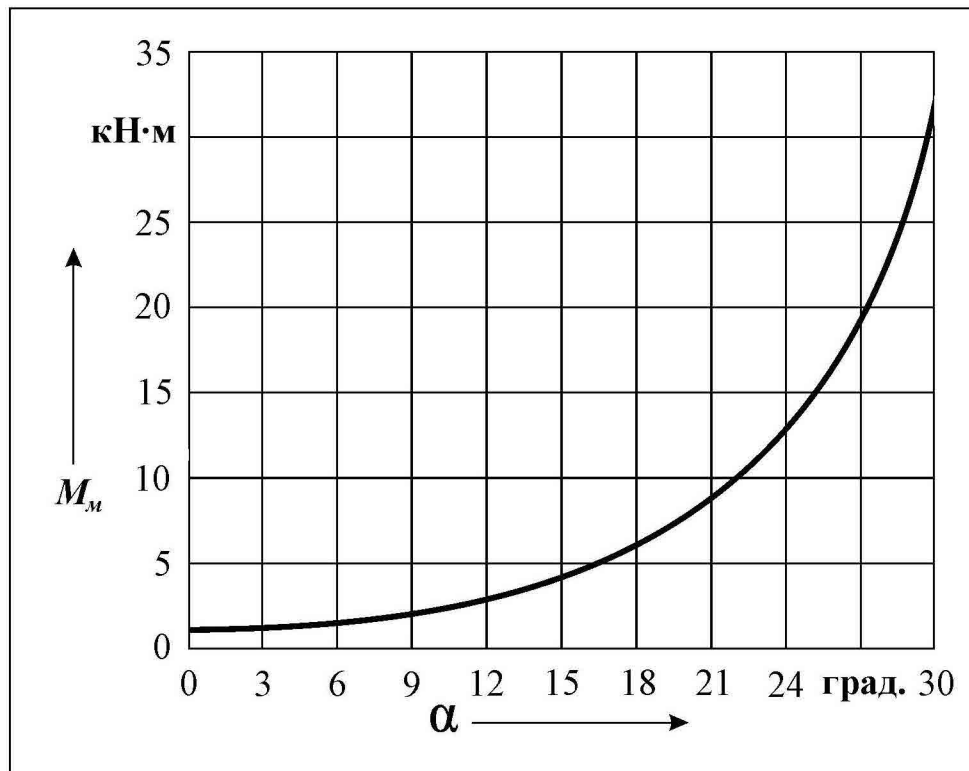


Рисунок 5.1 – Графік обертового моменту $M_M = f(\alpha)$

$$(\mu_{M\alpha} = 0,25 \text{ [кН·м]/мм; } \mu_\alpha = 0,3 \text{ град./мм)}$$

6. ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ НА НАПРЯМНІ ПОВЗУНА

Питомий тиск на напрямні повзуна на рисунку 6.1 визначаємо за формулою (6.1):

$$P_n = \frac{N}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2}, \quad (6.1)$$

де: N – сила, що прикладена до повзуна в центрі тяжіння напрямних

$$N = G + P_D \cdot \text{tg}(\beta + \gamma);$$

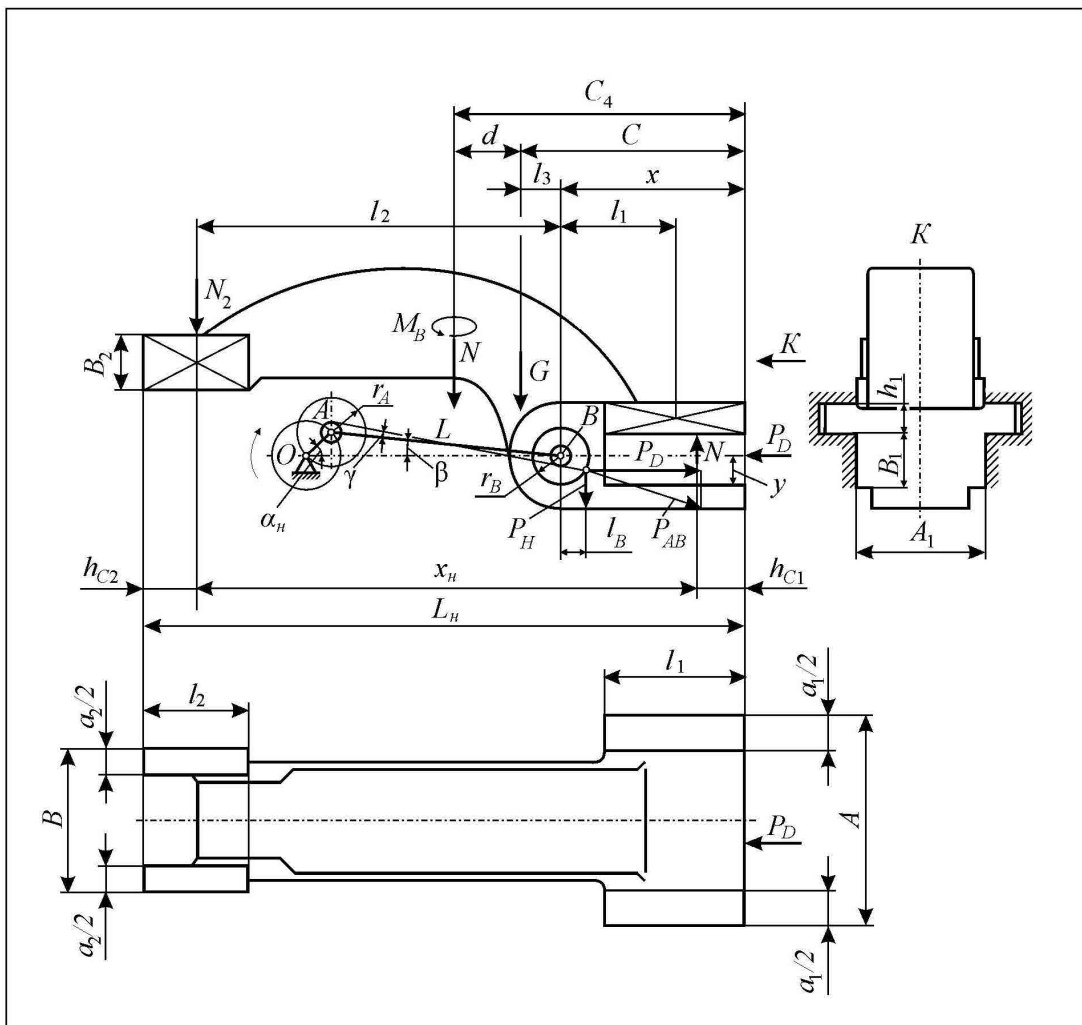


Рисунок 6.1 – Схема дії сил на повзун з хоботом

G – вага повзуна; $G = 11$ кН;

P_D – зусилля деформування; $P_D = 160$ кН;

β, γ - кути (див. рисунок 6.1); $\beta = 7^\circ 53'$, $\gamma = 7^\circ 32'$.

Тоді:

$$N = 11 + 166 \cdot \operatorname{tg} 15,24^\circ = 11 + 160 \cdot 0,275 = 55 \text{ кН};$$

a_1, a_2 – відстані (див. рисунок 6.1); $a_1 = 64$ мм, $a_2 = 72$ мм;

L_1, L_2 – відстані (див. рисунок 6.1); $L_1 = 125$ мм, $L_2 = 200$ мм.

Тоді:

$$P_n = \frac{55}{72 \cdot 200 + 64 \cdot 125} = 0,00246 \text{ кН/мм}^2.$$

Момент, що перекидає, у вертикальній площині (6.2):

$$M_B = P_n(C_n - x + l_B) + (P_D - P_n) \cdot (l_B - y) + 6d, \quad (6.2)$$

де: C_n – відстань центру тяжіння напрямних площин від передньої торцевої площини повзуна

$$C_n = \frac{2a_2L_2L_n - a_2L_2^2 + a_1L_1^2}{2(a_1L_1 + a_2L_2)} = \frac{2 \cdot 64 \cdot 125 \cdot 655 - 64 \cdot 125^2 + 72 \cdot 200^2}{2(72 \cdot 200 + 64 \cdot 125)} = 275,9 \text{ мм};$$

$x = 240$ мм;

$l_B = 23$ мм.

Тоді:

$$M_B = 160000 \cdot (276 - 240 + 23) = 9440 \text{ кН} \cdot \text{мм}.$$

Величина вертикальних реакцій на напрямних від моменту, що перекидає (6.3):

$$N_{MB} = \frac{M_B}{x_H}, \quad (6.3)$$

де: x_H – відстань між точками прикладання сил N_1 та N_2

$$x_H = L_H - \frac{L_1}{3} \cdot \frac{(1+2\kappa_1)}{(1+\kappa_1)} - \frac{L_2}{3} \cdot \frac{(1+2\kappa_2)}{(1+\kappa_2)},$$

$$\kappa_1 = \frac{C_H - L_1}{C_H} = \frac{276 - 200}{276} = 0,28;$$

$$\kappa_2 = \frac{L_H - C_H - L_2}{L_H - C_H} = \frac{655 - 276 - 125}{655 - 276} = 0,67;$$

$$x_H = 655 - \frac{200}{3} \cdot \frac{(1+2 \cdot 0,28)}{(1+0,28)} - \frac{125}{3} \cdot \frac{(1+2 \cdot 0,67)}{(1+0,67)} = 515,37 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$N_{MB} = \frac{9440}{515,37} = 18,32 \text{ кН.}$$

Найбільший питомий тиск на основних напрямних від моменту M_B (6.4):

$$p_{1M} = \frac{2N_{MB}}{a_1(1+\kappa_1)L_1} = \frac{2 \cdot 18,32}{72 \cdot (1+0,28) \cdot 200} = 0,00199 \text{ кН/мм}^2. \quad (6.4)$$

Найбільший питомий тиск на додаткових напрямних від моменту M_B (6.5):

$$p_{2M} = \frac{2N_{MB}}{a_2(1+\kappa_2)L_2} = \frac{2 \cdot 18,32}{64 \cdot (1+0,67) \cdot 125} = 0,00274 \text{ кН/мм}^2. \quad (6.5)$$

Сумарні питомі тиски на горизонтальних напрямних:

$$p_{1max} = p_H \pm p_{1M} = 0,00246 \pm 0,00199 \text{ МПа};$$

$$p_{2max} = p_H \pm p_{2M} = 0,00246 \pm 0,00274 \text{ МПа}.$$

Приймаємо матеріал напрямних планок: сталеві, термооброблені.

7. ОПИС СИСТЕМИ ЗМАЩЕННЯ

Надійність та довговічність роботи рухомих частин преса, що труться, залежить від їх змащення. Знос деталей, що труться, викликаний нестачею або відсутністю змащення, веде до різкого збільшення зазорів з'єднаннях, збільшенню опору руху і, в результаті, до погіршення роботи машини та зниженню точності оброблених деталей.

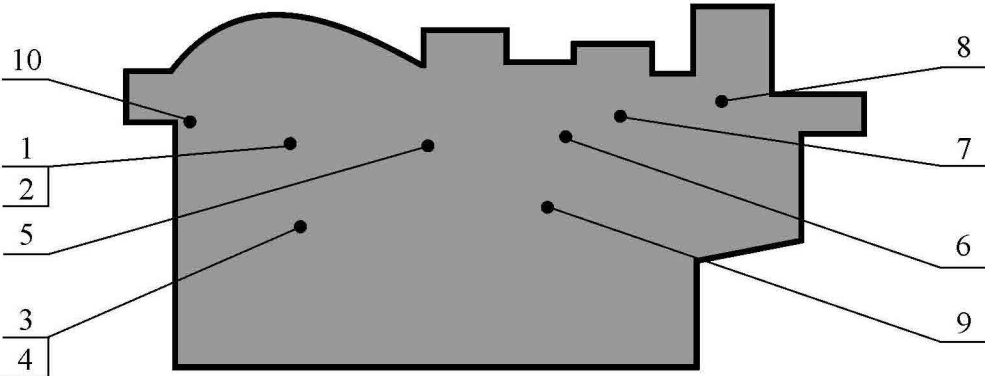
При створенні централізованої системи змащення в реальній машині завжди залишається визначена кількість пар, що труться, які потребують індивідуального змащення. Для періодичного індивідуального змащення зубчастих передач, підшипників кочення маховика, підшипників привода командоапарату, механізмів регулювання закритої висоти та інших елементів, що труться, застосовують консистентні мастила. Змащення здійснюють ручним шприцом через кулькові маслянки. Періодичність змащення залежить від умов роботи вузла.

Автоматизовані системи циркуляційного рідкого змащення створюють в основному одномагістральними, послідовної дії з електричним приводом. Застосування живильників послідовної дії дає можливість контролювати роботу системи. У випадку блокування однієї із точок, вся система зупиняється. Системи такого типу на базі станцій СЦС застосовують при зусиллях машини більше 1,6 кН. Станції розрізняються за продуктивністю (3-18 хв.), ємністю резервуара 250-1000 л та розвивають робочий тиск до 7 МПа. Станція працює в безперервному режимі, що звільнює систему від пульта керування. Через забірний фільтр насосом рідке мінеральне мастило всмоктується із резервуара, крізь зворотний клапан нагнітається в напірну магістраль до живильників, від них до точок змащення. Для підтримання постійного тиску, а також для запобігання перевантаження змащувальної системи, встановлено запобіжний клапан. Реверсивний золотник з ручним керуванням призначений для відключення фільтра тонкого очищення під час

роботи станції з метою заміни в ньому фільтроелемента. Тиск мастила в системі вимірюється манометром і контролюється автоматично (реле тиску). Витрата мастила регулюється дроселем та контролюється датчиком. Мастило із системи через зливний фільтр з магнітним патроном вертається в резервуар станції. Його рівень контролює реле рівня.

До переваг централізованих послідовних систем, окрім централізованого контролю, слід віднести їх широку універсальність, що допускає використання будь-яких видів змащення і широкий діапазон подач. Крім того, вони можуть використовуватися в проточних та циркуляційних системах. Недоліками їх є складність і висока вартість самих живильників, складність монтажу на машині, неможливість подачі мастила менше $0,05 \text{ см}^3$ за цикл, велика витрата труб. Співставлення систем густого й рідкого змащення дозволяє зробити висновок, що застосування автоматизованих імпульсних та автоматизованих централізованих систем періодичної та безперервної дії на сучасному ковальсько-пресовому обладнанні є найбільш доцільним.

Таблиця 6.1 – Точкова схема змащення автомата



№ точки	Назва вузла	Тип системи змащення	Вид мастила
1	Підшипники головного валу	Індивідуальне	Солідол УС-1
2	Велика головка шатуна	Циркуляційне	И-20А
3	Розподільчий вал	Циркуляційне	И-20А
4	Підшипники розподільчого валу	Індивідуальне	Солідол УС-1
5	Мала головка шатуна	Циркуляційне	И-20А
6	Блок матриць	Циркуляційне	И-20А
7	Блок пуансонів	Циркуляційне	И-20А
8	Механізм подачі	Циркуляційне	И-20А
9	Механізм переміщення пуансонів	Циркуляційне	И-20А
10	Напрямні повзуна	Індивідуальне	Солідол УС-1

ВИСНОВКИ

1. Було зроблено патентний пошук і опрацьована навчальна та наукова література, що дало змогу встановити особливості і недоліки холодновисаджувального однопозиційного двохударного автомата з суцільною матрицею.

2. Зроблена загальна частина – технічна характеристика автомата, кінематична схема автомата, опис основних вузлів автомата та їх робота, призначення автомата, визначення основного деформуючого зусилля.

3. Виконано кінематичний розрахунок основного робочого механізму – визначення параметрів основного робочого механізму, розрахунок переміщення, швидкості та прискорення, побудовані графіки переміщення, швидкості та прискорення, а в якості основного деформуючого зусилля приймаємо номінальне зусилля автомата, яке дорівнює 160 кН.

4. Виконано кинетостатичний розрахунок.

5. Зроблено силовий розрахунок, де енергосилові параметри штампування дозволяють визначити навантаження на кривошипно-шатунний механізм.

6. Прораховано енергетичний розрахунок.

7. Визначено тиск на напрямні повзуна, де сумарний питомий тиск на горизонтальних напрямних $p_{2max} = p_n \pm p_{2m} = 0,00246 \pm 0,00274$ МПа.

8. Описано систему змащення, яка дозволяє забезпечити надійну роботу автомата..

9. За результатами розрахунків було спроектовано кулачковий вал холодновисаджувального однопозиційного двохударного автомата з суцільною матрицею.

10. На підставі теоретичних і моніторингових досліджень були розроблені способи , які дозволяють встановити і обмежити перевантаження силових параметрів головного механізму.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. высш. учеб.заведений // М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.
2. Metal forming handbook / SCHULER GmbH. Springer Berlin Heidelberg, 1998. 563 p. DOI: 10.1007/978-3-642-58857-0.
3. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для вузов / Под ред. Л.И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 560 е.: ил.
4. Явтушенко О.В. Проектування та розрахунок кривошипних пресів нвч. Посібник / О.В. Явтушенко. – Запоріжжя: Вид-во ЗНТУ, 2006. – 301 с.
5. Явтушенко О.В. Проектування та розрахунок кривошипних пресів. Курсове проектування: навч. Посібник / О.В. Явтушенко, А.В. Глебенко, Т.О. Васильченко. – Запоріжжя: Вид-во ЗНТУ, 2012. – 436 с.
6. Гельберг, Б. Т. Ремонт промислового устаткування : підручник / Б. Т. Гельберг, Г. Д. Пекелін. – К. : Техника, 1992. – 349 с.
7. Линц, В. П. Кузнечно-прессовое оборудование и его наладка : учебник / В. П. Линц, Л. Ю. Максимов. – М. : Высш. школа, 1988. – 256 с. – ISBN 5-06-001139-9.
8. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для машиностроительных вузов / А. Н. Банкетов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 576 с.
9. Навроцкий Г. А. Кузнечно-штамповочные автоматы. – М.: Машиностроение, 1965. – 434 с.
10. Миропольский Ю.А., Токарев И.К., Фазлулин Э.М., Гриш Л.Б. Повышение надежности и производительности многопозиционных автоматов для холодной объемной штамповки. М.: НИИмаш, 1980. – 50 с.

11. Бунатян Г.В., Скуднов В.А., Хыбемяги А.И. Холодное выдавливание деталей формующей технологической оснастки. – М.: Машиностроение, 1998. – 182 с.: ил.

12. Auslegung der Werkzeuge und Entwicklung der Formteile für Mehrmatrizen-Kaltumformer. National Machinery Co. Tiffin, Ohio, 1996. – 320 s. (На немецком языке).

13. Методичні вказівки до проведення практичних занять з курсу «Ковальсько-штампувальне обладнання» із застосуванням обчислювальної техніки» / Уклад. В. С. Запорожченко. – Кіровоград: КІСГМ, 1998. – 38 с.

14. Кривошипные кузнечно-прессовые машины / В. И. Власов, А. Я. Борзыкин, И. К. Букин-Батырев и др. Под ред. В. И. Власова. – Машиностроение, 1982. – 424 с.

15. Автоматическое управление процессами штамповки / А. Я. Шаптала, И. А. Старостин. – Машиностроение, 1969. – 232 с

16. Холодная объёмная штамповка: справочник./ Под ред. Г. А. Навроцкого. – М., Машиностроение, 1973. – 496 с.

17. Методические указания к проведению программ расчёта деталей кузнечно-прессового оборудования на микрокалькуляторах и ЭВМ / Сост. В. С. Запорожченко, Крышкин Б. Б., Позняков С. Н. – Кіровоград: КИСХМ, 1987. – 60 с.

18. Живов Л. И., Овчинников А. Г. Кузнечно-штаповочное оборудование. Прессы. – К.: Вища школа, 1981. – 376 с.

Додатки

ДОДАТОК А

Специфікація «Кулачковий вал»

А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
			КРБ.ПМ.24.28.30100.00.00 СК	Складальний кресленик		
				<u>Деталі</u>		
		1	КРБ.ПМ.24.28.30101.00.00	Вал	1	
12		2	КРБ.ПМ.24.28.30102.00.00	Шестерня кінчна	2	
12		3	КРБ.ПМ.24.28.30103.00.00	Корпус	1	
		4	КРБ.ПМ.24.28.30104.00.00	Упор	1	L = 30 мм
		5	КРБ.ПМ.24.28.30105.00.00	Кулачок	1	
		6	КРБ.ПМ.24.28.30106.00.00	Упор	1	L = 95 мм
		7	КРБ.ПМ.24.28.30107.00.00	Кришка підшипника 1	1	
		8	КРБ.ПМ.24.28.30108.00.00	Корпус	1	
		9	КРБ.ПМ.24.28.30109.00.00	Ексцентрик	1	
		10	КРБ.ПМ.24.28.30110.00.00	Ексцентрик	1	
		11	КРБ.ПМ.24.28.30111.00.00	Корпус	1	
		12	КРБ.ПМ.24.28.30112.00.00	Упор	1	
		13	КРБ.ПМ.24.28.30113.00.00	Шайба	2	
		14	КРБ.ПМ.24.28.30114.00.00	Кришка підшипника 2	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болти по ГОСТ 7798-70		
		19		M8x20	4	
				Гвинти по ГОСТ		
				M10x10	2	
				M10x16	2	
			КРБ.ПМ.24.28.30100.00.00			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Разроб.	Луцач				Лист	Аркуш
Перев.	Сіса					2
Н.контр.					ЦНТУ	
Затв.	Гречка				гр. ПМ(ОТ)-20	
Формат А4						

