

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Удосконалення напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Шифр, назва

Освітня програма «Робототехнічні та мехатронні системи галузі»

Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 4 курсу
група РМ-21-1


Підпис

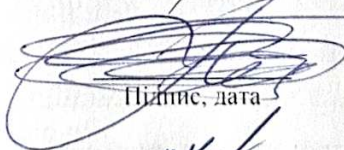
В. О. Котенко
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

А. К. Кармаліта
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

О. Г. Тимошук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:


Підпис, дата

В. С. Неймак
Ініціали, прізвище

Зав. кафедри МАЕЕС

02 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр


Галузь знань 13 Механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Шифр і назва

Освітня програма Робототехнічні та мехатронні системи галузі
Шифр і назва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС


02.06.2025

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Котенко Вадим Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Удосконалення напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття

керівник роботи Кармаліта Анатолій Костянтинович, к.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 2 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи характеристики напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття

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

Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи. 2. Розробка напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття. 3. Розрахунки приводу і підбір крокового двигуна координатного пристрою. Висновки. Перелік джерел посилань.

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

1. Машини для шиття шкіри (ДО, А1). 2. Безшовний напівавтомат (ВЗ, А1). 3. Безшовний напівавтомат (К2, А1). 4-5. Координатний пристрій (СК, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

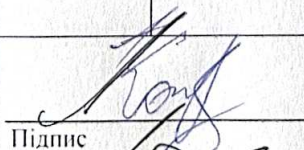
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

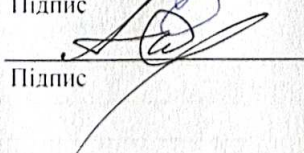
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз технічної літератури		
2. Розробка напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття		
3. Розрахунки напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття		
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу		

Студент


Підпис

Керівник роботи


Підпис

В.О. Котенко
Ініціали, прізвище

А.К. Кармаліта
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»


1. Прізвище, ім'я та по батькові Котенко Вадим Олександрович

2. Тема бакалаврської роботи Удосконалення напівавтомату для з'єднання деталей вер-
ху взуття

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 54

5. Фізична суть процесу з'єднання матеріалів ультразвуковим зварюванням полягає у дії періодичних високочастотних механічних впливів на полімерний матеріал, який піддається процесу синусоїдальної деформації. Вітчизняна промисловість випускала деякі види швейних ультразвукових машин, але можливості використання мікропроцесорного управління дозволяють розробляти напівавтомати для ультразвукового зварювання, де кінематика виконавчих інструментів задається програмним забезпеченням. За рахунок цього вдасться збільшити технологічні можливості напівавтомата і підвищити продуктивність праці. В бакалаврській роботі здійснюється удосконалення напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики бакалаврської роботи, а саме процес і способи зварювання та обладнання для з'єднання і обробки деталей верху взуття за допомогою ультразвуку. В другому здійснюється розробка напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття. В третьому розділі проведено розрахунки напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття.

Підпис студента 

" 2 " 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 2 від "25" 06 2025 р.

Оцінка проекту ЕК 3,0 / E

Рекомендації ЕК _____

Особливі відмітки _____

Технічний секретар 

" 25 " 06 2025 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	6
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи.....	8
1.1 Процес зварювання.....	8
1.2 Способи зварювання.....	10
1.3 Ультразвуковий спосіб зварювання.....	12
1.4 Обладнання для з'єднання і обробки деталей верху взуття за допомогою ультразвуку.....	14
Висновки до першого розділу	16
2 Розробка напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття.....	17
2.1 Опис конструктивної схеми безшовного напівавтомата	17
2.2 Розробка кінематичної схеми напівавтомата.....	18
2.3 Опис технологічної схеми напівавтомата	22
2.4 Опис циклограми напівавтомата.....	23
2.5 Основні технічні характеристики напівавтомата	24
Висновки до другого розділу.....	25
3 Розрахунки напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття	26
3.1 Розрахунок приводу і підбір крокового двигуна координатного пристрою	26
3.2 Розрахунок приводу механізму пуансона.....	35
3.3 Розрахунок технологічних режимів.....	38
3.4 Розрахунок продуктивності напівавтомата.....	39
3.5 Розрахунок конструкції деталей та аналіз розмірів	41

БРМА 25.00.00.000 ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення напівавтомату для з'єднання деталей верху взуття	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Котенко В. О.						4	54
Перевір.		Кармалита А. К.							
Реценз.									
Н. Контр.		Тимошук О. Г.							
Затверд.		Неймак В. С.						ХНУ гр. РМ-21-1	

Висновки до третього розділу	50
Висновки	52
Перелік джерел посилань	53

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ВСТУП

Зварювання – це процес з'єднання деталей зі штучних і синтетичних матеріалів після нагрівання контактуючих поверхонь до в'язкого стану з низьким тиском на них. Дифузія кінців і сегментів макромолекул ланцюга з однієї зварюваної поверхні на іншу при зварюванні забезпечує зв'язок, міцність якої в оптимальних умовах може наближатися до міцності зчеплення зварюваних матеріалів. Зварюють не тільки плівки і штучні шкіри з плівковим покриттям, але і тканини, що містять термопластичні волокна. Слід зазначити, що температура плавлення полімеру часто близька до температури його розкладання і що при нагріванні полімер може окислюватися, тому зварювати необхідно інтенсивно і швидко.

Існує два основних методи зварювання, засновані на передачі тепла матеріалу від теплоносіїв і на перетворенні енергії в теплоту всередині самого матеріалу. Перший спосіб включає контактне, газове і підігріте адитивне зварювання, другий – зварювання високочастотними струмами (ЗВС), радіаційним, ультразвуковим, фрикційним і ядерним. В даний час для зварювання деталей у взуттєвому виробництві та виробництві шкіргалантереї в основному використовуються високочастотний і контактний-термічний способи, а в швейному виробництві – ультразвукові.

Фізична суть процесу з'єднання матеріалів ультразвуковим зварюванням полягає у дії періодичних високочастотних механічних впливів на полімерний матеріал, який піддається процесу синусоїдальної деформації. Механічна дія ультразвуку на полімерний матеріал призводить до нагрівання останнього, розм'якшення його і переведення в в'язкий стан, що створює необхідні умови для з'єднання деталей. Безпосередній вплив вібраційного інструменту на матеріал сприяє більш інтенсивному процесу з'єднання зразків.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як буде видно з оглядової частини, вітчизняна промисловість випускала деякі види швейних ультразвукових машин, але можливості використання мікропроцесорного управління дозволяють розробляти напівавтомати для ультразвукового зварювання, де кінематика виконавчих інструментів задається програмним забезпеченням. За рахунок цього вдається збільшити технологічні можливості напівавтомата і підвищити продуктивність праці.

В даній дипломній роботі необхідно розробити конструктивну, кінематичну схему безшовного напівавтомата, спроектувати механізм пуансона, супроводити конструктивну частину необхідними розрахунками: розрахунком швидкості транспортного механізму магнітостриктора, розрахунком швидкісного режиму ударного механізму, розрахунком для визначення часу зварювання.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Процес зварювання

Зварювання – це спосіб з'єднання складників з термопластичних матеріалів. Воно знайшло широке застосування в різноманітних секторах виробництва через активне використання синтетичних та штучних матеріалів [1-3].

Сумки, плащі, папки, дамські сумочки, обкладинки для документів, гаманці, паски, портмоне, футляри для гребінців, окулярів, ключів виготовляються методом зварювання.

Під час зварювання деталей зі штучної шкіри та плівкових матеріалів, на відміну від клейового чи ниткоподібного з'єднання, не потрібні ані клеї, ані нитки. Матеріали залишаються цілісними, оскільки немає отворів, які обов'язково виникають при з'єднанні різьбленням. Також, на відміну від склеювання, відсутня потреба у попередній підготовці поверхонь.

Процес зварювання термопластів передбачає нагрівання поверхонь, що стикаються, до розм'якшення та їх з'єднання під незначним тиском. Внаслідок цього відбувається дифузія кінців та сегментів макромолекулярних ланцюгів з однієї зварюваної частини на іншу, що веде до формування міцного з'єднання, міцність якого за оптимальних умов може бути близькою до міцності самого матеріалу.

Крім того, під час зварювання штучної шкіри, окрім дифузії у однорідному середовищі, спостерігається дифузійне проникнення полімеру в прилегле середовище (тобто, в пухку структуру штучної шкіри), що утворює своєрідні "заклепки" та "муфти". Завдяки цьому міцність з'єднання зварюваних деталей зростає у 2-3 рази.

Зварювання використовують не тільки для плівок та штучних шкір з

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плівковим шаром, але й для тканин, до складу яких входять термопластичні волокна, такі як капрон, лавсан та нітрон [4]. Це суттєво розширює сферу застосування процесу зварювання у виробництві різноманітних виробів зі шкіри.

Доведено можливість ультразвукового зварювання штучної шкіри з поліуретановим покриттям [5].

Особливо привабливим є штампування деталей із одночасним з'єднанням кількох шарів (наприклад, верху та підкладки) та оплавленням країв. Такий спосіб може бути застосований для виробництва заготовок верху взуттєвих ремінців, устілок, біжутерії (бантів та пряжок) тощо. [6-9].

Для зварювання характерні певні специфіки, зумовлені структурою термопластичних матеріалів. Насамперед, термопласти не демонструють чітко визначеної температури плавлення через полідисперсність – наявність макромолекул різної довжини, а значить, і різної молекулярної маси. Як наслідок, термопластичний полімер плавиться в температурному інтервалі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Температури плавлення полімерів

Термопласт	Температура плавлення, °С
Поліетилен	121,1-190,5
Полістиролу	104,4-148,8
Полівініловий спирт	148,5-204,8
ПВХ	126,6-204,4
Поліхлоропрен	107,2-176,6
Ацетилцелюлоза	204,4-260,0
Поліхлортрифторетилен	212,7-232,4

Бачимо, що температурний спектр широкий, і це треба враховувати в

реальних умовах.

Нерідко температура плавлення полімеру дуже близька до температури його руйнування. Більше того, полімер може окислюватися при нагріванні. Отже, режими зварювання мають вирізнятися високою інтенсивністю та короткочасністю.

1.2 Способи зварювання

Методи зварювання термопластичних матеріалів можливо поділити на два основні класи:

- ті, що базуються на підведенні тепла до матеріалу від зовнішніх теплоносіїв;
- ті, що ґрунтуються на перетворенні енергії на тепло безпосередньо в товщі самого матеріалу [1, 2].

Класифікація способів зварювання термопластичних матеріалів.

1. Контактним або конвективним об'ємом:

- контактено-теплова;
- газова;
- нагрітою присадкою.

2. Перетворення енергії в тепло:

- високочастотна;
- радіаційна;
- ультразвукова;
- фракційна;
- ядерна.

Для з'єднання деталей у виробництві взуття та шкіряних виробів сьогодні застосовуються високочастотні, контактено-термічні та ультразвукові технології.

Високочастотне зварювання передбачає автоматичний нагрів

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термопластику по всій товщі матеріалу, що дає можливість за лічені секунди досягти значних температурних показників в середині з'єднань. Це критично важливо, зокрема, у виробництві взуття, підошва якого складається з різноманітних шарів, зокрема й з не термостійких.

Контактне термічне зварювання, яке здійснюється за допомогою пресів, знаходить широке застосування під час виготовлення взуттєвих заготовок, а також при виробництві футлярів і сумок. Інші методи зварювання на сьогоднішній день не мають значного розповсюдження у галузі взуттєвої та шкіряної промисловості.

Схема контактено-термічного способу зварювання продемонстрована на рисунку 1.1. Матеріали, які необхідно з'єднати 1, розташовують на нерухомій плиті 3 преса. Одна або обидві плити преса оснащені електричними нагрівачами. Під час опускання верхньої плити 2 преса створюється тиск на шов та досягається необхідна температура зварювання. Відбувається зварювання внутрішніх поверхонь матеріалів.

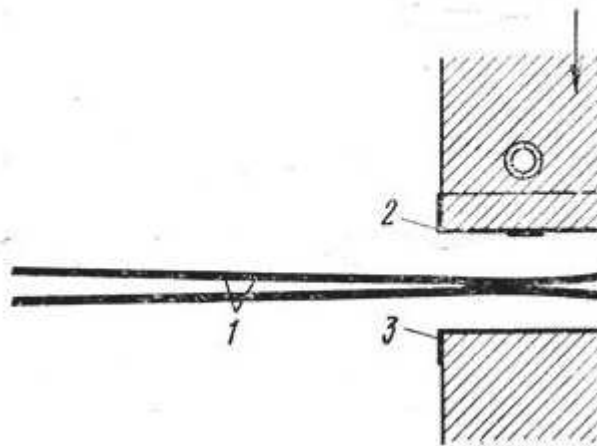


Рисунок 1.1 – Схема контактено-термічного способу зварювання

Особливість контактеного термічного зварювання в тому, що тепло ззовні потрапляє у місце з'єднання крізь матеріал, який зварюють. Через те, що термопластичні матеріали погано проводять тепло, зрозуміло, що таке зварювання можна застосовувати, коли один з матеріалів, що зварюються,

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надзвичайно тонкий. Через це даний метод широко використовують при виробництві виробів з полімерних плівок (поліетилену, полівінілхлориду та інших).

1.3 Ультразвуковий спосіб зварювання

Наразі, легка промисловість в Україні стикається з нагальною потребою зменшення вартості виготовленої продукції, нарощування масштабів виробництва та оновлення наявного технічного устаткування.

Однією з недавніх інновацій, яка здобула активне застосування в текстильному виробництві, є ультразвукове зварювання термопластичних матеріалів з синтетичних полімерів. Ультразвукове зварювання дає змогу виробляти високоякісні вироби, що виділяються привабливим дизайном і покращеними тактико-технічними властивостями.

Наразі широка палітра та технологічний рівень ультразвукового зварювального устаткування дають нам змогу виробляти різноманітні конфігурації якісних з'єднань швів, що переважають за міцністю та герметичністю традиційні різьбові та адгезивні способи з'єднання матеріалів.

Ультразвукові методики широко застосовуються в машинобудуванні, зокрема для точкового зварювання полімерних матеріалів. Харчова промисловість використовує їх для ультразвукового різання. Металургія послуговується ними для процесів дегазації, а хімічна промисловість - для прискорення процесів приготування різноманітних сумішей.

Незважаючи на значний поступ у застосуванні ультразвукових технологій, легка промисловість відчутно відстає від інших галузей. Вона зосереджується, переважно, на виробництві спортивного, медичного та технічного одягу. У виробництві взуття ультразвукове зварювання наразі взагалі не практикується.

Ультразвукове зварювання (УЗЗ) характеризується кількома

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевагами, серед яких слід виділити:

1) можливість зварювання на поверхнях, забруднених різноманітними речовинами, оскільки усі сторонні частинки видаляються із зони шва внаслідок зсувних вібрацій.

2) локальне виділення тепла у зоні зварювання, що унеможливорює перегрів пластику, як це часто буває при зварюванні нагрітими інструментами, нагрітими газами тощо;

3) можливість отримання нероз'ємного міцного з'єднання під час зварювання твердих пластмас на значній відстані від точки введення ультразвукової енергії;

4) здатність здійснювати з'єднання у важкодоступних зонах, не потребуючи використання другого електрода;

5) УЗЗ – технологія, що не шкодить навколишньому середовищу;

6) якщо потрібен ультразвуковий контроль, матеріал швидко досягає температури зварювання (час нагрівання вимірюється секундами та їх частками).

Варто підкреслити, що ультразвукове зварювання застосовується виключно до термопластичних матеріалів (термопластиків).

Суть даного методу зварювання полягає в перетворенні механічних високочастотних коливань, з діапазоном частот від 15 до 50 кГц, в теплову енергію. Теплова енергія, яка виділяється в процесі, сприяє розм'якшенню поверхонь, що зварюються, формуючи зварений шов, а прикладений тиск забезпечує щільне з'єднання внутрішніх шарів матеріалу. Проте, нагрівання термопластиків під час зварювання обмежується їх температурою розкладання, що знаходиться в межах від 140 до 240 °С.

Апарати для ультразвукового зварювання полімерів класифікуються як машини для точкового зварювання, контурного зварювання, пресового зварювання, швового та швово-ступеневого зварювання. Використовуються як портативні пристрої, скажімо, ручні пістолети для точкового зварювання з

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

невеликою потужністю, приблизно 300 Вт, так і стаціонарні зварювальні апарати з діапазоном потужності від 500 Вт до 5 кВт [1].

1.4 Обладнання для з'єднання і обробки деталей верху взуття за допомогою ультразвуку

Основними вузлами ультразвукових установок для з'єднання деталей з полімерних матеріалів є ультразвуковий перетворювач з концентратором, ультразвуковий генератор, пластина, на якій розташовані деталі, що з'єднуються, і затискний пристрій.

Завод «ЗШМ» випустив два види обладнання для ультразвукового зварювання, що забезпечило виключення прилягання і стягування при виготовленні виробів з тканин, що містять високу частку поліефірних і поліамідних волокон. Для зварювання тканин використовується ультразвук з частотою коливань $t=22$ Гц. Обидва типи обладнання мають уніфікований генератор з вихідною потужністю $P=1,6$ кВт.

Ультразвукова швейна машина БШМ-2 є прохідною машиною, розробленою на базі головки машини класу 1022М і виконує пунктирну строчку. Рух матеріалу здійснюється за допомогою нижнього двигуна матеріалу. Ультразвукова енергія подається в імпульсному режимі. Максимальна швидкість переміщення матеріалу становить 12,0 м/хв. Крок зварного шва становить 3,0... 10,0 мм. Швидкість обертання головного валу 30с^{-1} , сила зварювання 5... 100Н. Оброблювана тканина подається рейковим двигуном по концентратору, який разом з магнітостриктором являє собою акустичну збірку 1 (рисунок 1.2), що живиться малогабаритним напівпровідниковим генератором 2. У головці 3 машини є лапка 4 і шток 5, який здійснює зворотно-поступальний рух і періодично притискає тканину до кінця двоступеневого концентратора.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

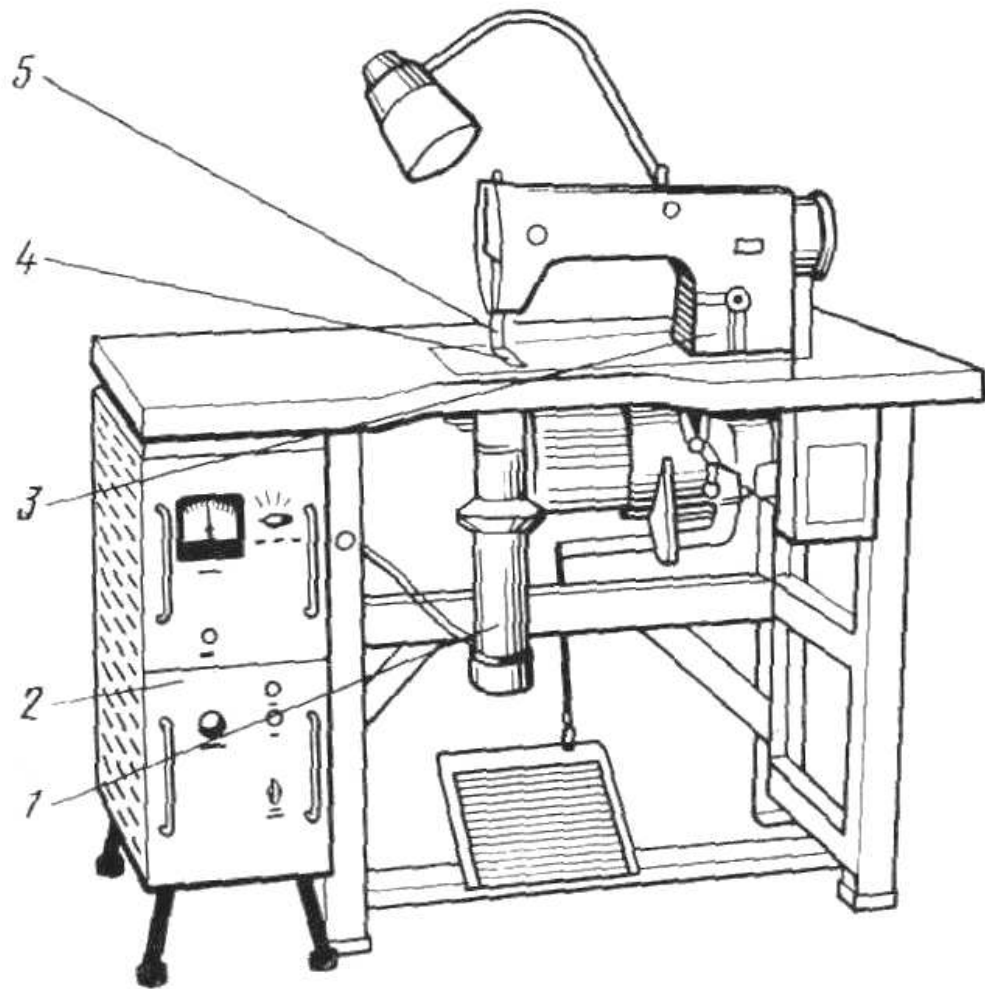


Рисунок 1.2 – Конструкція ультразвукової швейної машини БШМ-2

Прес ультразвуковий УПУ-1 - машина, призначена для виготовлення петель і закріпок на виробках з тканин і трикотажних полотен, що містять 100% поліамідних і поліефірних волокон. Нарізка петель здійснюється за рахунок регульованого елемента, розташованого в пуансоні і дозволяє наскрізно плавити матеріал. Розміри зварювальної секції складають 2×2... 40×8 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

15

Висновки до першого розділу

Розглянуто процес та способи зварювання, особливо ультразвуковий спосіб.

Проведено огляд обладнання для з'єднання і обробки деталей верху взуття за допомогою ультразвуку, наведена її класифікація.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						16
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРОБКА НАПІВАВТОМАТУ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХУ ВЗУТТЯ

2.1 Опис конструктивної схеми безшовного напівавтомата

Ключовим в конструкції пристрою є механізм перфоратора і механізм транспортування магніостриктора. Види руху, які повинні отримувати обидва інструменти, показані на рисунку 2.1, де вказані положення: 1 – пуансон, 2 – магніостриктор. Обертальний рух пуансона необхідно для отримання більш точної імітації прошивки нитками.

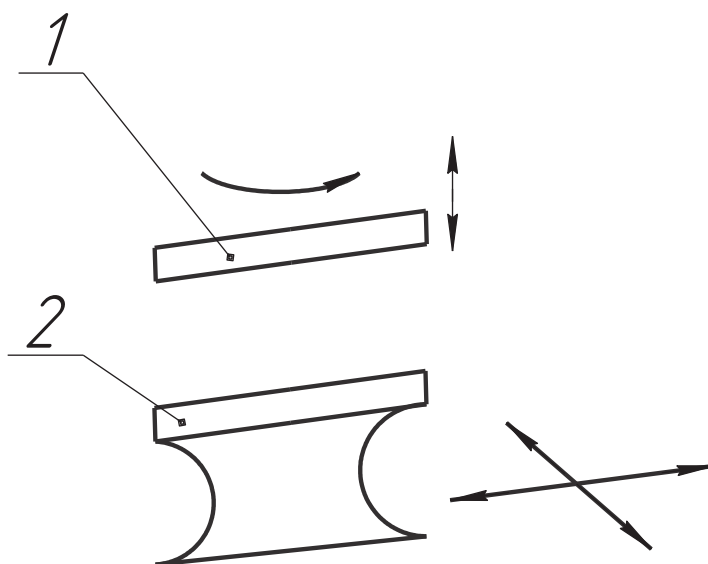


Рисунок 2.1 – Схема взаємодії робочих елементів пристрою

На рисунку 2.2 показана структурна схема безшовного напівавтомата, де вказані позиції: 1 – блок живлення, 2 – блок управління, 3 – генератор, 4 – блок водяного охолодження, 5 – автоматизований двигун Limi Stop Z, 6 – мікропроцесор, 7 – координатний пристрій, 8 – хвилевід, 9 – магніострикційний перетворювач, 10 – механізм обертання пуансона, 11 – датчик положення пуансона, 12 – датчик положення головного валу.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

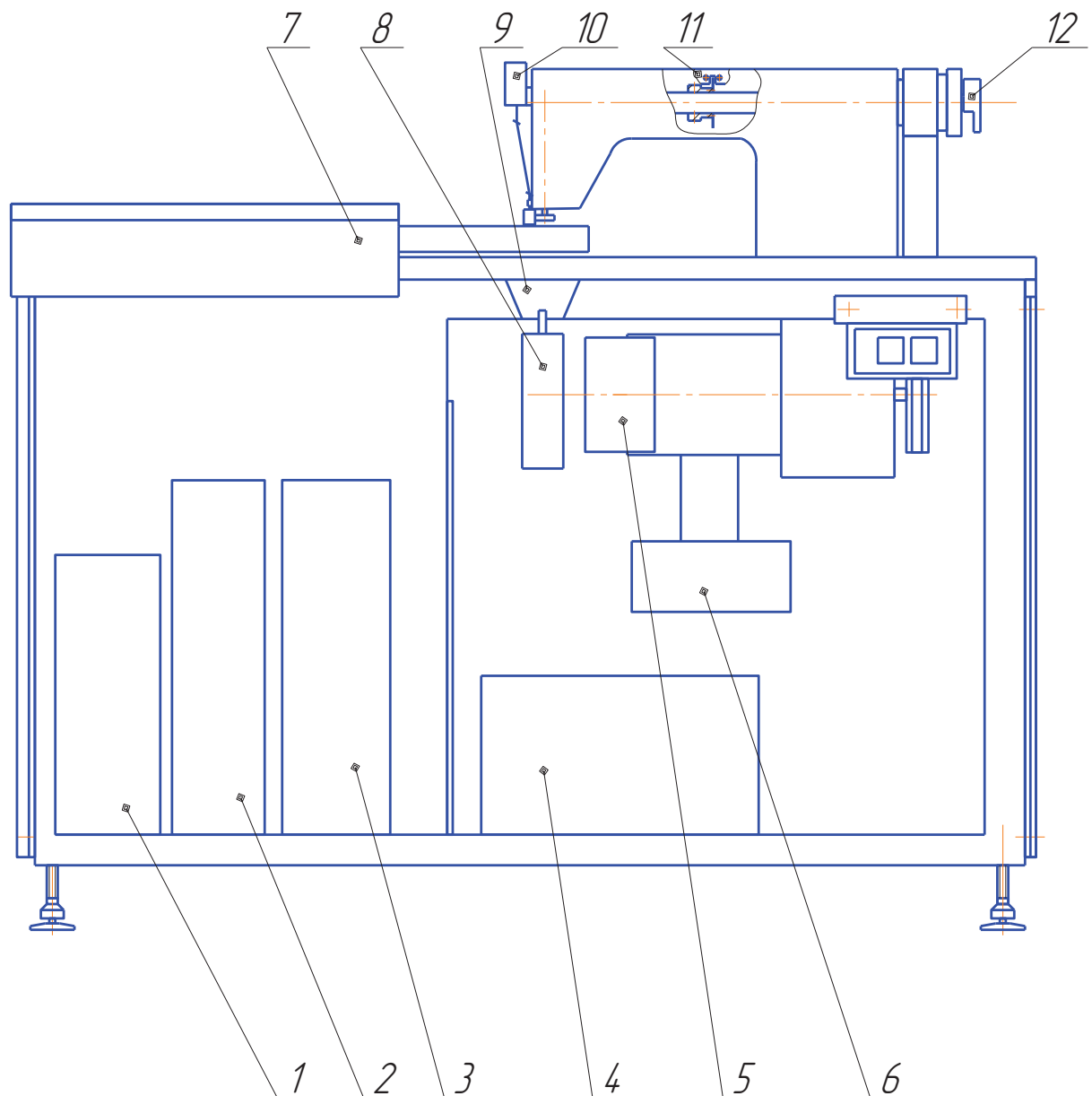


Рисунок 2.2 – Структурна схема безшовного напівавтомата

2.2 Розробка кінематичної схеми напівавтомата

Кінематична схема координатного пристрою магніостриктора напівавтомата показана на рисунку 2.3.

Координатний пристрій забезпечує переміщення каретки магніостриктора в двох взаємно перпендикулярних напрямках за заданою програмою. Каретка приводиться в рух кроковим двигуном ДШІ-200-3.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

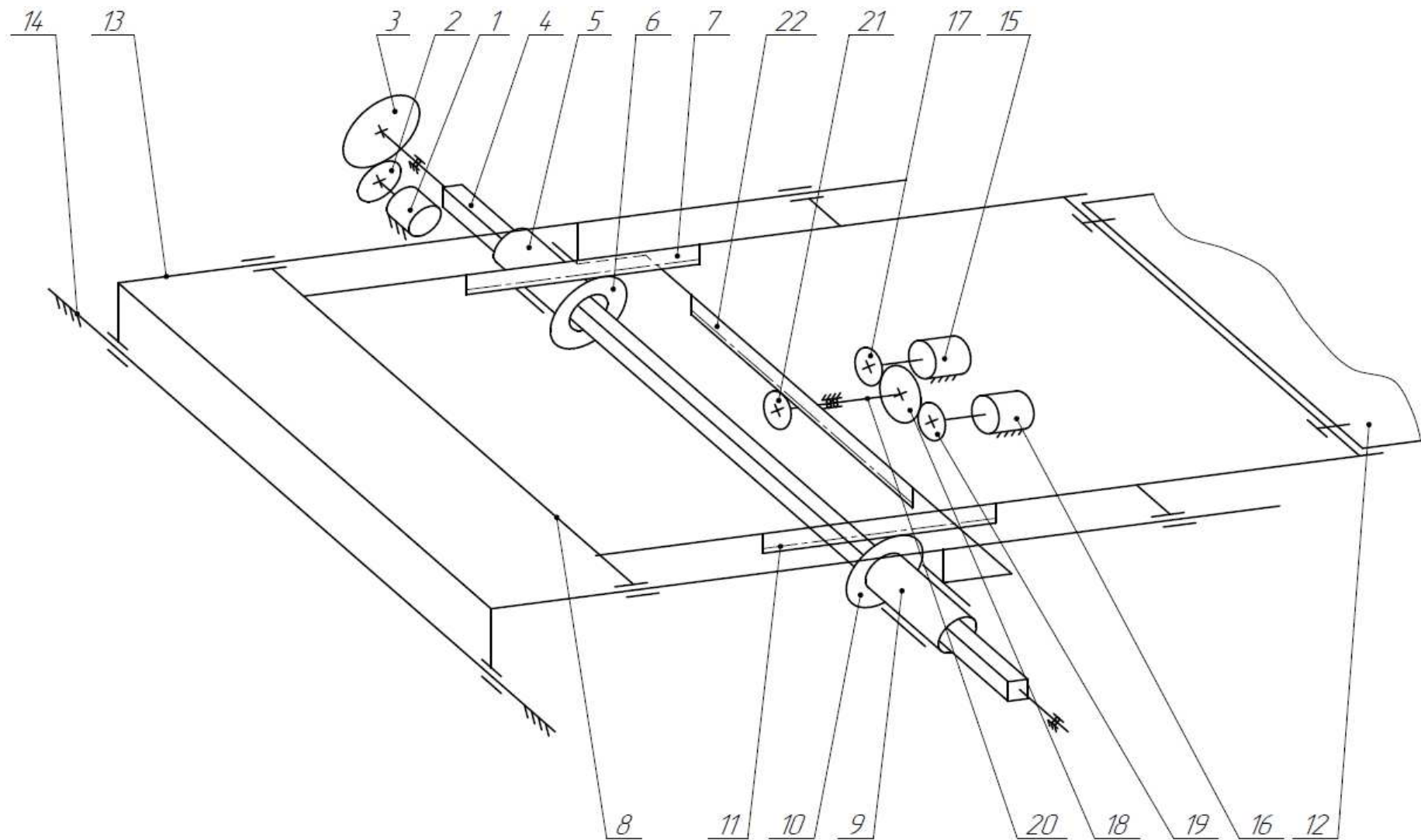


Рисунок 2.3 – Кінематична схема координатного пристрою магнітостриктора напівавтомата

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Шліфувальні деталі завантажуються в касету 12. Деталі розміщуються в гніздах проміжних пластин, контури яких ідентичні контурам деталей і затискаються між верхньою і нижньою пластинами за допомогою струбцин.

Привід касети по координаті Х здійснюється наступним чином: від крокового двигуна 1 через зубчасту передачу 2-3 крутний момент передається на вал 4. Вал 4 закріплений в підшипникових опорах на рамі координатного пристрою. Втулки 5 і 9 мають можливість переміщатися по валу 4. Однак повертатися щодо нього вони не можуть, так як отвори втулок мають квадратну форму. Шестерні 6 і 10 жорстко закріплені на втулок.

Так, крутний момент передається від валу 4 на втулки 5 і 9 і шестерні 6 і 10. Шестерні знаходяться в постійному зачепленні зі стійками 7 і 11, закріпленими на каретці. Через зубчасто-рейкову передачу каретка отримує рух уздовж осі Х.

Привід каретки по координаті Y більш навантажений. Так як поступальний рух робить більшу масу. Тому вона здійснюється за допомогою двох крокових двигунів.

Від крокових двигунів 15 і 16, що приводяться в рух, крутний момент передається на шестерню 18 через шестерні 17 і 19. Далі через проміжний вал 20 крутний момент передається на шестерню 21, яка входить в зачеплення з зубчастою рейкою 22. Рейка 22 закріплена на кружечці 13 і має можливість переміщатися з її допомогою по координаті Y.

Так як каретка 8 не має можливості переміщатися по крейцкопфу в координаті Y, то вона рухається в цьому напрямку разом з крейцкопшем.

Так, траверса 13, втулки 5 і 9 з шестернями 6 і 10, каретка 8 зі стійками 7, 11 і касета 12 переміщаються по координаті Y зі стійкою 22.

Кінематична схема приводу перфоратора показана на рисунку 2.4.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

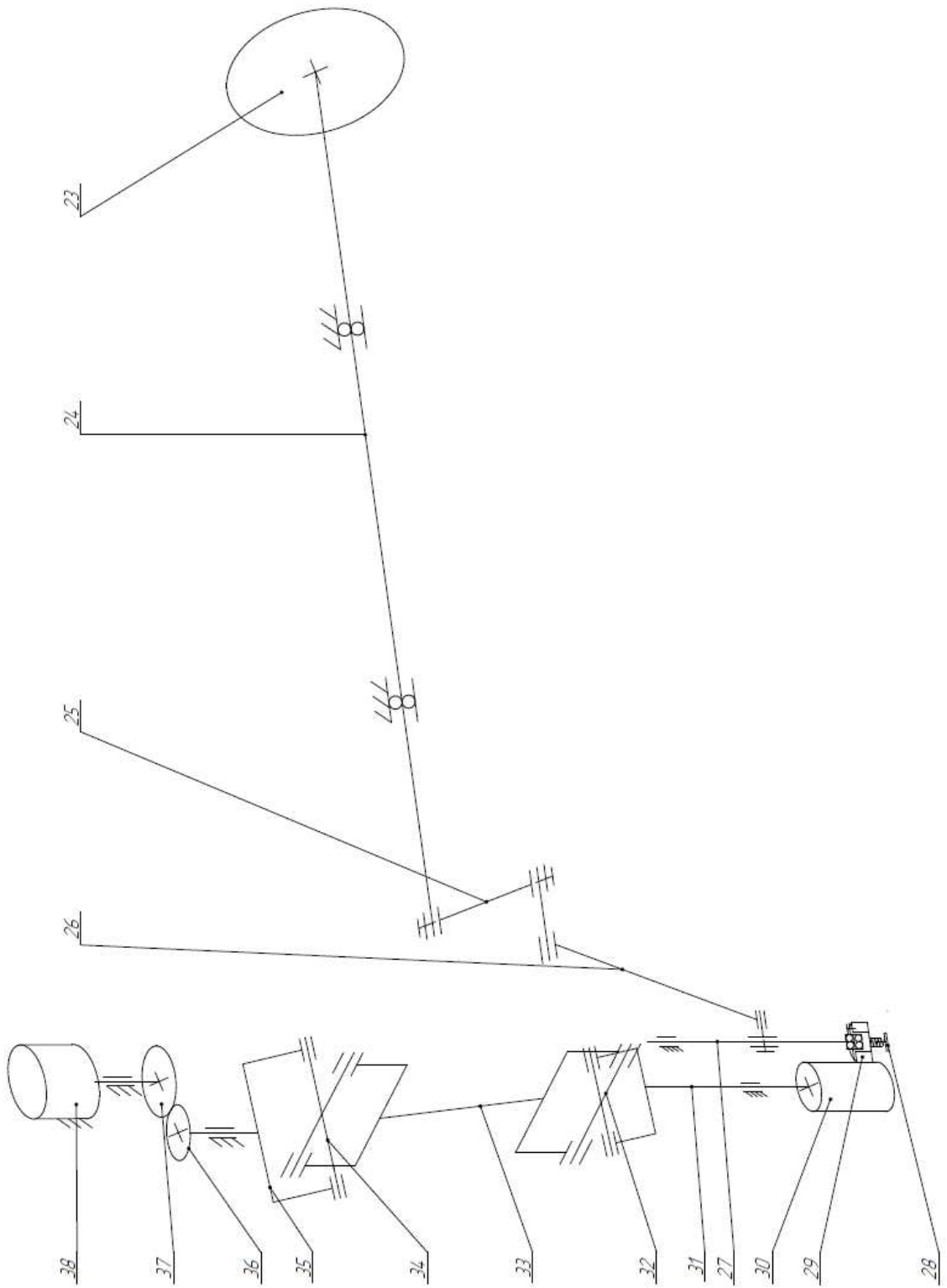


Рисунок 2.4 – Кінематична схема ударного механізму

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Пуансон 28 отримує зворотно-поступальний рух через кривошипно-шпунтовий механізм (кривошип 25, шатун 26, санчат 27) від головного вала 24. Обертальний рух пуансона 28 здійснюється за рахунок крокового двигуна 38. Шестерня 38 входить в зачеплення з шестернею 37, на валу якої знаходиться вилка 35 шарніра 34. При цьому шестерня 29 служить направляючою для санчат 27, з'єднання шестерні з пуансоном забезпечується пружиною 31. Шарніри 32 і 34 з'єднуються за допомогою ролика 33. На валу вилки 31 закріплена шестерня 30, яка входить в зачеплення з шестернею 29, що передає рух на пуансон. Щоб забезпечити необхідний час витримки, пуансон підпружинюють.

2.3 Опис технологічної схеми напівавтомата

Виконавчими інструментами при формуванні ультразвукового шва при зварюванні матеріалів 2 (рисунок 2.5) є пуансон 1, який отримує вертикальний зворотно-поступальний рух від головного вала головки і обертальний рух від крокового двигуна, і магнітостриктор 3, який отримує рух в двох декартових координатах від декількох крокових двигунів.

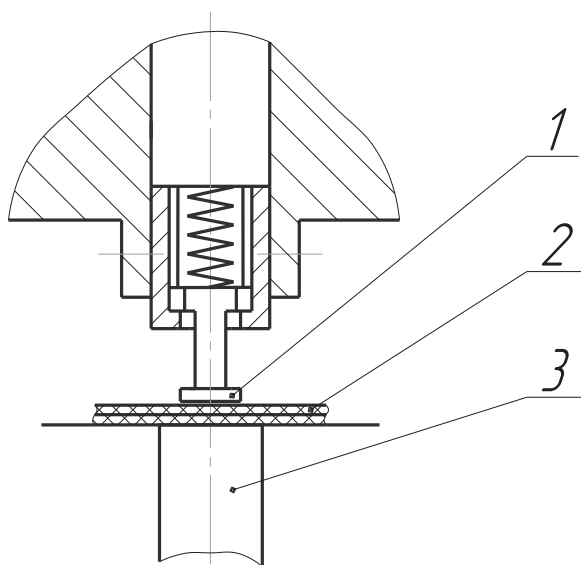


Рисунок 2.5 – Технологічна схема формування ультразвукового шва

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.4 Опис циклограми напівавтомата

Проектування циклограма буде виконуватися для стібка, зазначеного на рисунку 2.6: ширина шва 4 мм, відстань між швами 2 мм, кількість швів 23, довжина кривої 137 мм.

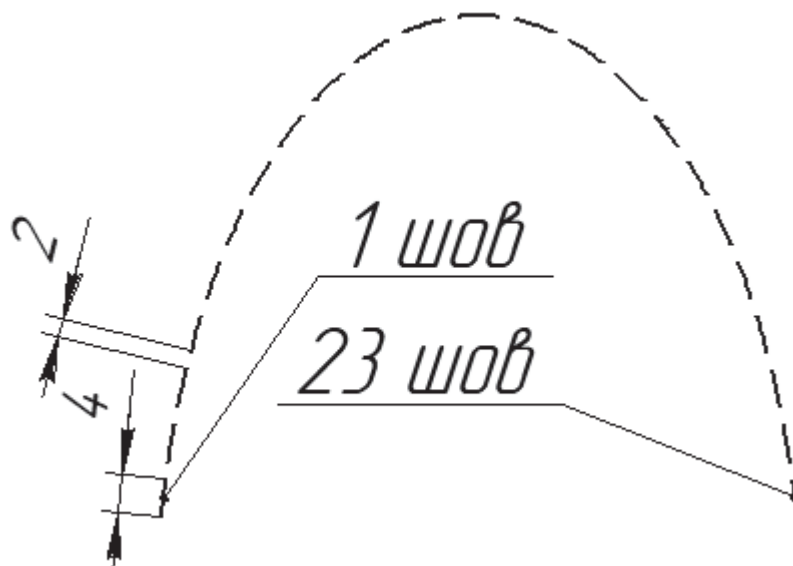


Рисунок 2.6 – Зварний шов

У здійсненні даного зварного шва задіяні такі механізми:

- 1) вертикальні рухи пуансона;
- 2) обертання пуансона;
- 3) координатний пристрій магніострикційного перетворювача в двох координатах.

Для цієї лінії (на 1 шов, так як робота механізмів однакова на всьому перетині) складемо циклограму роботи механізмів безшовної напівавтоматичної машини, показану на рисунку 2.7.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		






Кут повороту головного валу п/а		110°	250°
Механізм вертикальних переміщень пуансона (пуансон в контакті з матеріалом)			
Кут повороту головного валу п/а		60°	300°
Механізм обертання пуансона (пуансон за межами контакту з матеріалом)			
Кут повороту головного валу п/а		60°	300°
Координатний пристрій (переміщення по координатам)	координата X		
	координата Y		

Рисунок 2.7 – Циклограма роботи безшовного напівавтомата

2.5 Основні технічні характеристики напівавтомата

Основні технічні характеристики безшовного напівавтомата зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Технічна характеристика безшовного напівавтомата

Найменування та одиниця виміру	Значення
Продуктивність, м/год	600
Частота обертання головного валу, об/хв	до 500
Ширина зварного шва, мм	2... 5
Тип шва	в залежності від форми пуансона (рисунок 2.8)
Крок стібків, мм	3... 10
Зусилля зварювання, Н	5-100

Генератор ультразвуковий УЗГЗ-1,0/22	
Вихідна потужність, кВт	1,0
Робоча частота, кГц	22±1,65
Перетворювач магнітострикційний ПМС-1	
Споживана потужність, кВт	1,0
Робоча частота, кГц	22
Крокові двигуни	ДШП 200-3
Габаритні розміри, мм	1060×700×1060
Вага, кг	170

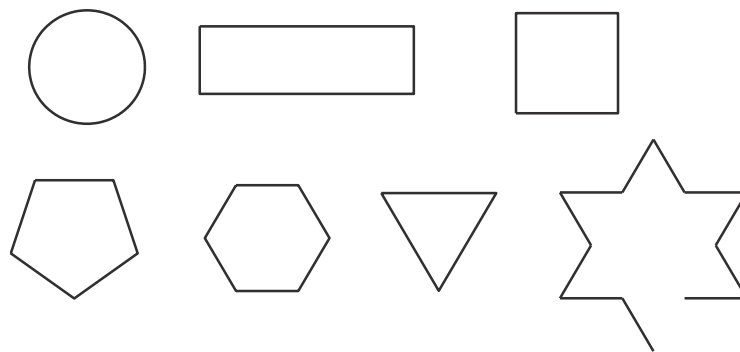


Рисунок 2.8 – Варіанти конструкції перфоратора

Висновки до другого розділу

Були розроблені кінематична схема координатного пристрою, кінематична схема обертання пуансона, структурна схема напівавтомата та проведено опис конструктивної, технологічної схеми, циклограми напівавтомата.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ НАПІВАВТОМАТУ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХУ ВЗУТТЯ

3.1 Розрахунок приводу і підбір крокового двигуна координатного пристрою

Найбільш навантаженою координатою є координата Y (рисунок 2.3). Тому розрахунок проводиться за цією координатою, схема розрахунку для якої представлена на рисунку 3.1.

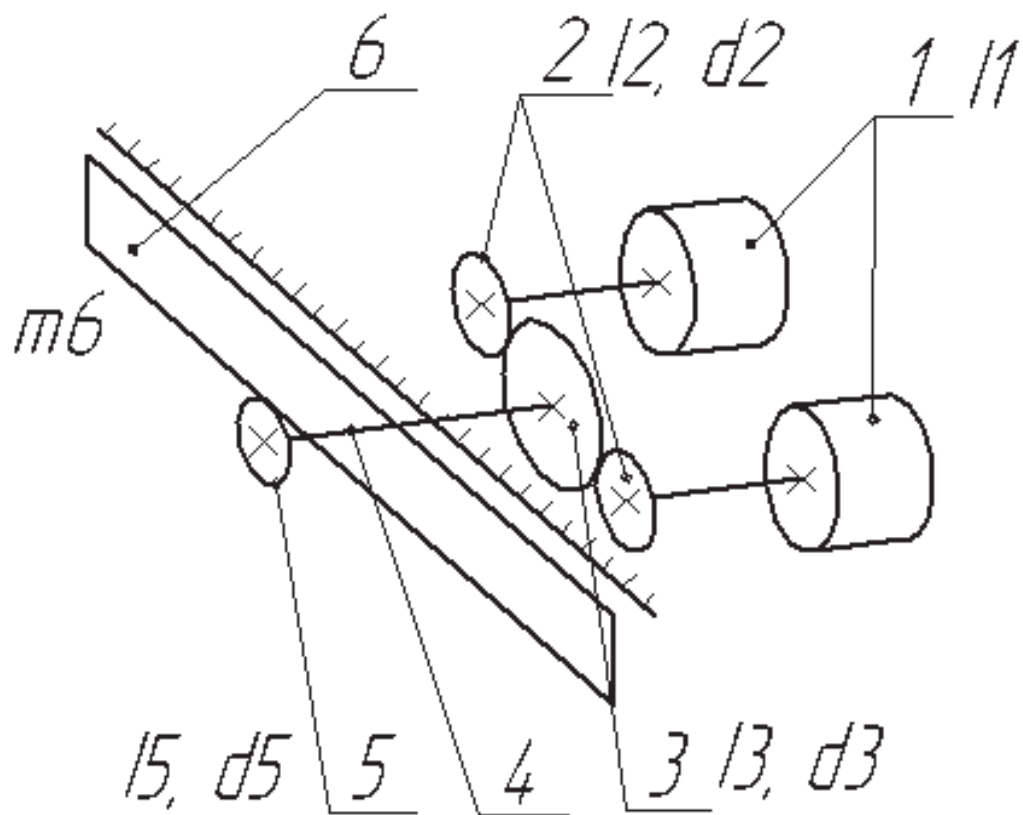


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема для проектування приводу координатного пристрою

Вихідні дані:

Момент інерції ротора крокового двигуна: $I_1 = 20 \times 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Діаметр і товщина зубчастої шестерні 2: $d_2 = 20 \text{ мм}$, $h_2 = 8 \text{ мм}$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

26

Діаметр і товщина шестерні 3: $d_3 = 120$ мм, $h_3 = 8$ мм.

Діаметр отвору в зубчастому колесі 3: $d_{3\text{отв}} = 14$ мм.

Діаметр і довжина валу 4: $d_4 = 10$ мм, $L_4 = 113$ мм.

Діаметр і товщина шестерні 5: $d_5 = 48$ мм, $h_5 = 10$ мм.

Число зубів шестерні 2 і шестерні 3: $z_2 = 20$; $z_3 = 120$.

Зменшена вага: $m_6 = 5$ кг.

Сила опору каретки: $R_c = 3$ N.

Щільність матеріалу, з якого виготовлені елементи: $\rho = 7800$ кг/м³.

Визначення моменту інерції ланок зводиться до валу двигуна.

Визначаємо момент інерції зубчастої шестерні 2 за формулою:

$$I_2 = \frac{m_2 \cdot R_2^2}{2}, \quad (3.1)$$

де m_2 – маса зубчастої шестерні 2;

R_2 – радіус зубчастої шестерні 2.

У свою чергу:

$$m_2 = \rho \cdot V_2, \quad (3.2)$$

де V_2 – об'єм шестерні 2.

$$V_2 = \pi \cdot R_2^{2 \cdot h_2}. \quad (3.3)$$

Тоді:

$$I_2 = \frac{\rho \cdot \pi \cdot R_2^{2 \cdot h_2} R_2^2}{2} = \frac{7800 \cdot 3,14 \cdot 0,012 \cdot 0,008 \cdot 0,012}{2} = 0,98 \cdot 10^{-7} \text{ кг} \cdot \text{м}^3.$$

Визначення моменту інерції зубчастого колеса 3 за формулою:

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_3 = I_3^1 - I_{3\text{отв}}, \quad (3.4)$$

де I_3^1 - момент інерції шестерні 3 без отвору;

$I_{3\text{отв}}$ - момент інерції отвору в шестерні 3.

$$I_3 = \frac{7800 \cdot 3,14 \cdot 0,06^{2 \cdot 0,008 \cdot 0,062}}{2} - \frac{7800 \cdot 3,14 \cdot 0,0072 \cdot 0,008 \cdot 0,0072}{2} = 1,27 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^3.$$

Визначення моменту інерції валу 4 і шестерні 5:

$$I_4 = \frac{7800 \cdot 3,14 \cdot 0,007^{2 \cdot 0,008 \cdot 0,062}}{2} = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^3.$$

$$I_5 = \frac{7800 \cdot 3,14 \cdot 0,24^{2 \cdot 0,01 \cdot 0,0242}}{2} - \frac{7800 \cdot 3,14 \cdot 0,0052}{2} = 4,06 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^3.$$

Визначення загального передавального числа:

$$U_{\text{заг}} = U_1 \cdot U_2, \quad (3.5)$$

де U_1 - передавальне число від ланки 1 до ланки 3;

U_2 - передавальне число від ланки 3 до ланки 6.

$$U_1 = \frac{z_3}{z_2}, \quad (3.6)$$

де z_2, z_3 – номери зубів шестерні 2 і шестерні 3 відповідно.

$$U_1 = \frac{120}{20} = 6.$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_2 = \frac{2}{d_5}, \quad (3.7)$$

де d_5 – діаметр зубчастої шестерні 5.

$$U_2 = \frac{2}{0,048} = 41,7 \text{ мм},$$

$$U_{заг} = 6 \cdot 41,7 = 250 \text{ мм}.$$

Визначення приведенного моменту інерції рухомих частинок координатного пристрою до ротора крокового двигуна:

$$I_{пр} = \frac{2 \cdot I_1}{1^2} + \frac{2 \cdot I_2}{U_{1-2}^2} + \frac{I_3}{U_{1-3}^2} + \frac{I_4}{U_{1-4}^2} + \frac{I_5}{U_{1-5}^2} + \frac{m_6}{U_{заг}^2} \quad (3.8)$$

де I_1 - момент інерції ротора крокового двигуна, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

I_2 - момент інерції шестерні 2, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

I_3 - момент інерції шестерні 3, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

I_4 - момент інерції валу 4, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

I_5 - момент інерції шестерні 5, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

m_6 - приведена маса рухомих частинок каретки, кг ;

U_{1-2} - передавальне число від ротора крокового двигуна до шестерні 2;

U_{1-3} - передавальне число від ротора крокового двигуна до шестерні 3;

U_{1-4} - передавальне число від ротора крокового двигуна до валу 4;

U_{1-5} - передавальне число від ротора крокового двигуна до шестерні 5;

$U_{заг}$ - сумарне передавальне число від ротора крокового двигуна до каретки 6,1/м;

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{пр}$ - приведений момент інерції рухомих частинок координатного пристрою до ротора крокового двигуна, кг·м².

$$I_{пр} = \frac{2 \cdot I_1}{1^2} + \frac{2 \cdot I_2}{U_{1-2}^2} + \frac{I_3}{U_{1-3}^2} + \frac{I_4}{U_{1-4}^2} + \frac{I_5}{U_{1-5}^2} + \frac{m_6}{U_{обц}^2} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{1^2} + \frac{2 \cdot 0,98 \cdot 10^{-7}}{1^2} + \frac{1,27 \cdot 10^{-3}}{6^2} + \frac{3,3 \cdot 10^{-6}}{6^2} + \frac{4,06 \cdot 10^{-5}}{6^2} + \frac{5}{250^2} = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Визначаємо момент приведених до валу крокового двигуна сил опору за формулою

$$M_{сnp} = \frac{P_c}{U_{заг}}, \quad (3.9)$$

де P_c - сила опору руху каретки, Н.

$$M_{сnp} = \frac{3}{250} = 0,01 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Використовуючи механічні характеристики крокового двигуна ДШІ 200-3 (рисунок 3.2), визначте наступні значення кутових швидкостей ω_m і кутове прискорення ε_m кроковий двигун, в якому час руху ротора електродвигуна на величину кроку стібка $S_{ст}$ мінімальна:

$$t_{неp} = \frac{\varphi_{cm}}{\omega_m} + \frac{\omega_m}{\varepsilon_m} \rightarrow \min. \quad (3.10)$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

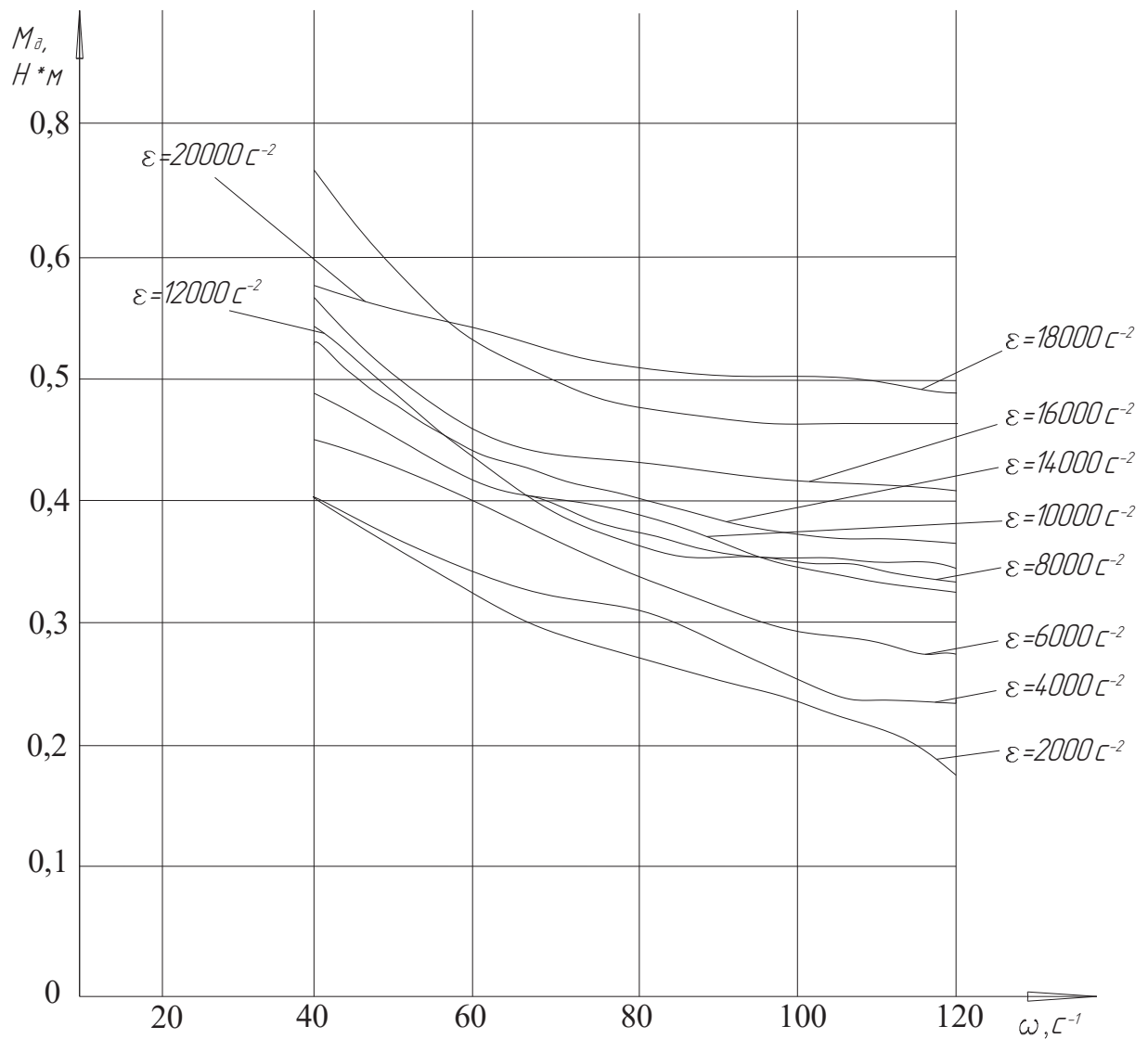


Рисунок 3.2 – Механічні характеристики ДШІ 200-3

При цьому повинні бути дотримані нерівності:

$$40 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \leq \omega_m \leq 120 \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \quad (3.11)$$

$$2000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2} \leq \varepsilon_m \leq 20000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}. \quad (3.12)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

$$M_{\delta} \geq M_{cnp} + I_{np} \cdot \varepsilon_m. \quad (3.13)$$

Але так як використовуються два крокових двигуна, то умова буде такою:

$$M_{\delta} \geq \frac{M_{cnp} + I_{np} \cdot \varepsilon_m}{2}. \quad (3.14)$$

Щоб вирішити поставлене завдання, необхідно виконати ряд обчислень.

Задаючись послідовно поруч значень ε_m , починаючи з 20000 рад/с², потім 16000, 14000 і т.д. (рисунок 3.2) перевіряють виконання нерівності :

$$M_{\delta} \geq \frac{M_{cnp} + I_{np} \cdot \varepsilon_m}{2}.$$

Перевірка закінчується на значенні ε_m^* , при якому виконується нерівність.

$$M_{\delta} \geq \frac{M_{cnp} + I_{np} \cdot \varepsilon_m}{2} = \frac{0,01 + 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 20000}{2} = 1,575 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad - \text{ умова не}$$

виконується;

$$M_{\delta} \geq \frac{M_{cnp} + I_{np} \cdot \varepsilon_m}{2} = \frac{0,01 + 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 14000}{2} = 1,104 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad - \text{ умова не}$$

виконується;

$$M_{\delta} \geq \frac{M_{cnp} + I_{np} \cdot \varepsilon_m}{2} = \frac{0,01 + 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 10000}{2} = 0,79 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad - \text{ умова не}$$

виконується;

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\delta} \geq \frac{M_{\text{снр}} + I_{\text{нр}} \cdot \varepsilon_m}{2} = \frac{0,01 + 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 6000}{2} = 0,476 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad - \text{ умова не}$$

виконується;

$$M_{\delta} \geq \frac{M_{\text{снр}} + I_{\text{нр}} \cdot \varepsilon_m}{2} = \frac{0,01 + 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 4000}{2} = 0,319 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad - \text{ умова}$$

виконується;

Отримане в цій нерівності значення $M_{\text{д}}^*$ наносимо уздовж осі графіка на рисунку 3.2, через отриману точку на осі $M_{\text{д}}$ проводимо пряму, паралельну осі ω і знаходимо точку перетину A^* з кривою, що відповідає ε_m^* . Абсциса $\omega^* = 73 \text{ с}^{-1}$ точки A^* не є шуканим значенням ω_m^* , оскільки праворуч від точки A^* є ділянка кривої, для якої ця умова виконується.

Шукане ω_m^* буде визначатися за формулою:

$$\omega_m^* = \sqrt{\varphi_{\text{см}} \cdot \varepsilon_m^*}, \quad (3.15)$$

де

$$\varphi_{\text{см}} = S_{\text{см}} \cdot u_{\text{заг}}, \quad (3.16)$$

$$S_{\text{см}} = 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\varphi_{\text{см}} = S_{\text{см}} \cdot u_{\text{заг}} = 0,004 \cdot 250 = 1,$$

$$\omega_m^* = \sqrt{\varphi_{\text{см}} \cdot \varepsilon_m^*} = (1 \cdot 4000)^{1/2} = 63,24 \text{ с}^{-1}.$$

Оскільки результуюче значення ω_m^* менше ω^* , ω_m^* приймається за ω_m^* : $\omega_m^* = 63,24 \text{ с}^{-1}$.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потім визначаємо $t_{пер}$:

$$t_{пер} = \frac{\varphi_{см}}{\omega_m} + \frac{\omega_m}{\varepsilon_m} \rightarrow \min.$$

$$t_{пер} = \frac{\varphi_{см}}{\omega_m^*} + \frac{\omega_m^*}{\varepsilon_m^*} = 1 / 63,24 + 63,24 / 4000 = 0,0316 \text{ с.}$$

Час циклу визначається за формулою:

$$T = \frac{t_{пер}}{K_{тр}} [с], \quad (3.17)$$

де $K_{тр}$ - відношення холостого ходу пуансона, виражене в градусах, до кута повного обертання головного валу, $K_{тр} = 0,4... 0,5$.

$$T = \frac{0,0316}{0,45} = 0,070 \text{ с.}$$

Швидкість шиття n визначається за формулою:

$$n = \frac{60}{T} = 60 / 0,070 = 854 \text{ об / хв.}$$

Визначення швидкості обертання основного валу в залежності від довжини стібка.

Розрахунок проводиться для різної довжини стібка і результати заносяться в таблицю 3.1.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежність швидкості шиття від довжини стібка

Довжина стібка S_{st} , м	Частота обертання валу двигуна n , об/хв
0,001	1366,176
0,002	1138,453
0,003	975,8008
0,004	853,815
0,005	758,9392
0,006	683,04

На основі даних таблиці побудований графік залежності швидкості шиття від довжини стібка, показаний на рисунку 3.3.

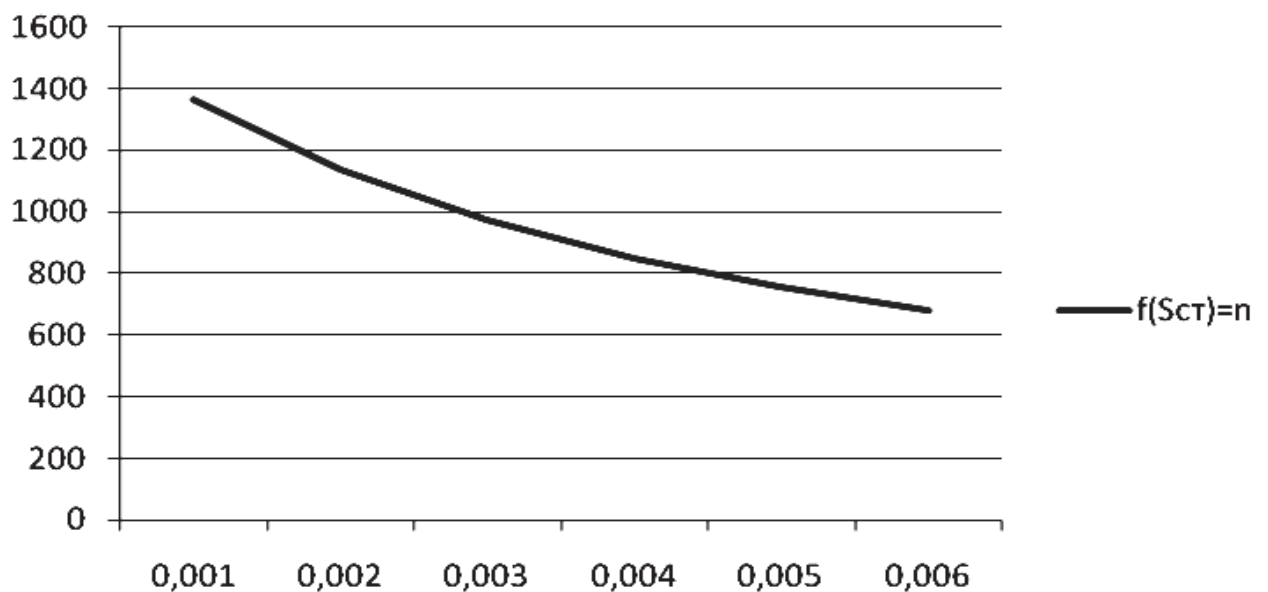


Рисунок 3.3 – Графік залежності швидкості шиття від довжини стібка

3.2 Розрахунок привода механізму пуансона

Вихідними даними є кутова дискретність обертання ротора крокового двигуна ДШІ 200-3 $\alpha=0,0314$ рад і інтервал кутового зміщення пуансона,

встановлений технологічними вимогами $0,0314 \leq \Delta\psi \leq 0,628$ мм. Таким чином, загальне передавальне число визначається за формулою:

$$u_{заг} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\psi}, \quad (3.18)$$

Тоді

$$1 \leq u_{заг} \leq 2.$$

Приймаємо $u_{заг} = 1,5$. У свою чергу,

$$u_{заг} = \frac{d_{36} \times d_{29}}{d_{37} \times d_{30}},$$

Для цілей уніфікації приймемо діаметри поділу коліс d_{36} , d_{37} такі ж, як і у верхнього роликового механізму автоматизованої машини по збірці деталей взуття $d_{36}=14,4$, $d_{37}=12,8$. Підберемо, з урахуванням передавального числа, значення розділових діаметрів другої передачі: $d_{29}=20$, $d_{30}=16$. Для такої комбінації сумарне передавальне число становить $u_{заг} = 1,41$.

Інерційні характеристики потрібно визначити для другої пари передач. Будуючи твердотільні моделі (рисунок 3.4) у графічному редакторі КОМПАС-3D V7 можна використовувати вбудовану опцію розрахунку інерційних характеристик твердотільних моделей. Інерційні характеристики зведені в таблицю 3.2.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

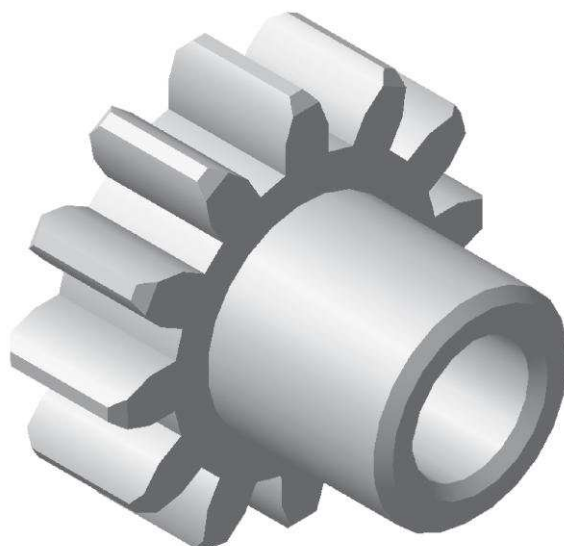


Рисунок 3.4 – Модель шестерни

Таблиця 3.2

Інерційні характеристики ланок механізму

Ланка	№ ланок на схемі	Вага, кг	Момент інерції $10^{-6}\text{кг}\times\text{м}^2$
Передач	37	0,025	1,07
зубчасте колесо	36	0,023	1,18
Ролик – вилка + хрестовина	35, 34	0,017	0,2
Вилка + вал + вилка	33,32	0,034	0,3
Вилка + вал + шестерня	31,30	0,035	4,03
Шестерня + Пуансон	29,28	0,022	3,27

Тоді заданий момент інерції ланок буде визначатися:

$$I_{np} = I_{38a} + I_{37} + \frac{\sum_{30}^{36} I}{u_{36-37}^2} + \frac{\sum_{28}^{29} I}{u_{3a2}^2} = 2 \cdot 10^{-5} + 1,07 \cdot 10^{-6} + \frac{10^{-6}(4,03 + 0,3 + 0,2 + 1,18)}{1,125^2} + \frac{3,27 \cdot 10^{-6}}{1,41^2} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Моментом опору можна знехтувати через його незначну значимість. Потім обчислимо вантажний момент для різних значень кутового прискорення, результати зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахунковий момент навантаження при різних значеннях кутового прискорення

$\epsilon_m, \text{с}^{-2}$	2000	4000	6000	8000	10000
$M_H, \text{Н} \times \text{м}$	0,056	0,112	0,168	0,224	0,28
$\epsilon_m, \text{с}^{-2}$	12000	14000	16000	18000	20000
$M_H, \text{Н} \times \text{м}$	0,336	0,392	0,448	0,504	0,56

Використовуючи механічні характеристики, представлені на рисунку 3.2, знаходимо, що при цих значеннях крутного моменту навантаження механічні характеристики крокового двигуна дозволяють розвивати будь-який з доступних режимів швидкості.

3.3 Розрахунок технологічних режимів

Необхідно визначити час для отримання в'язкого стану полімеру.

Теплота, необхідна для отримання в'язкого стану, визначається за формулою

$$Q = \frac{kfU^2}{b^2} \varepsilon tg\delta, \quad (3.19)$$

де k – коефіцієнт перерахунку;

f – частота, Гц;

U – прикладена напруга, В;

b – відстань між пластинами, мм;

ε – діелектрична проникність;

$tg\delta$ – тангенс кута діелектричних втрат.

У свою чергу, потужність магнітостриктора визначається наступним чином:

$$W = \frac{A}{t} = \frac{Q}{t} = \frac{kfU^2}{tb^2} \varepsilon tg\delta, \quad (3.20)$$

де A – робота, що виконується магнітостриктором при зварюванні, Дж;

t – час зварювання, с.

Звідки буде визначатися час ультразвукового зварювання:

$$t = \frac{kfU^2}{Wb^2} \varepsilon tg\delta = \frac{0,0065 \times 22 \times 10^3 \times 220^2}{1 \times 10^3 \times 1^2} \times 0,001 \times 0,02 = 0,138 \text{ с.}$$

3.4 Розрахунок продуктивності напівавтомата

Розрахунок продуктивності в першу чергу пов'язаний з гарантованим часом ультразвукового зварювання, визначеним у попередньому розрахунку. За циклограмою, наведеної на рисунку 2.7, визначають коефіцієнт циклічного зварювання (пуансон при контакті з матеріалом):

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\varphi_{\text{общ}}} = \frac{250^\circ - 110^\circ}{360^\circ} = 0,39.$$

Тоді буде визначена можлива частота обертання головного валу:

$$n = \frac{60}{T} = \frac{60K}{t} = \frac{60 \times 0,39}{0,138} = 170 \text{об} / \text{хв}.$$

Теоретична продуктивність напівавтомата розраховується з урахуванням часу завантаження і вивантаження продукту. Розрахуємо продуктивність для лінії, показаної на рисунку 2.6. Загальний час на виготовлення виробу визначається:

$$t_{\text{заг}} = t_{\text{зав}} + t_{\text{обр}} + t_{\text{вив}},$$

де $t_{\text{заг}}$ – загальний час виготовлення виробу, с;

$t_{\text{зав}}$ – час завантаження продукту, с; з інформації під час роботи ПШ
 $t_{\text{заг}} = 5 \text{с};$

$t_{\text{обр}}$ – час обробки продукту, с;

$t_{\text{вив}}$ – час вивантаження продукту, с; з інформації під час роботи ПШ
 $t_{\text{вив}} = 4,5 \text{с}.$

Тоді загальний час виготовлення виробу складе:

$$t_{\text{заг}} = t_{\text{зав}} + N_{\text{увів}} \frac{t}{K} + t_{\text{вив}} = 5 + 23 \frac{0,138}{0,39} + 4,5 = 17,6 \text{с}.$$

Тоді теоретична продуктивність буде складати:

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$Q = \frac{1}{t_{заг}} = \frac{1}{17,6} = 5,68 \cdot 10^{-2} c^{-1} = 3,41 хв^{-1} = 205 год^{-1} = 1640 зміна^{-1}.$$

3.5 Розрахунок конструкції деталей та аналіз розмірів

Частина дужки, запропонована для дипломного проекту, є основною частиною.

У більшості випадків кузовні деталі є базовими деталями, на які монтуються окремі складальні одиниці і деталі, з'єднані між собою з необхідною точністю взаємного розташування. Кузовні деталі повинні забезпечувати сталість точності взаємного розташування деталей і механізмів як в статичному стані, так і під час роботи машин.

Основа утримує вал у правильному взаємному положенні.

Класифікація поверхонь деталей:

Основні бази (далі ОБ) – це поверхні деталей, що забезпечують її орієнтацію щодо машини в цілому (за допомогою цих поверхонь деталей сполучається з кузовами, станинами і т. П.). Конструкція цих поверхонь зазвичай передбачає регулювання при складанні, а, отже, їх якість може бути не дуже високим.

Допоміжні бази (далі ДБ) – це поверхні деталі, що забезпечують орієнтацію прикріплюваних деталей.

Виконавчі поверхні (далі ВП) – це поверхні деталі, яка виконує своє МВ. ВП часто збігаються з ДБ.

Вільні поверхні (далі) – це поверхні, які не беруть безпосередньої участі у виконанні МВ, але забезпечують необхідну міцність, жорсткість, зовнішній вигляд і розміри деталі. У свою чергу, ПП поділяються на НЕОБРОБЛЕНІ і ПЕРЕРОБЛЕНІ. У більшості випадків параметри ПП залежать не від МВ, а від способу отримання заготовки і подальшої обробки.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Так, до основних баз частини відносяться: Мр3, Ко9, Ко10, Но9, Но10.
 До допоміжних баз відносяться: Ко6, Но6, Мп1. Виконавчими поверхнями є
 Нр6, Кр6. Всі інші поверхні, оброблені і необроблені, вільні.

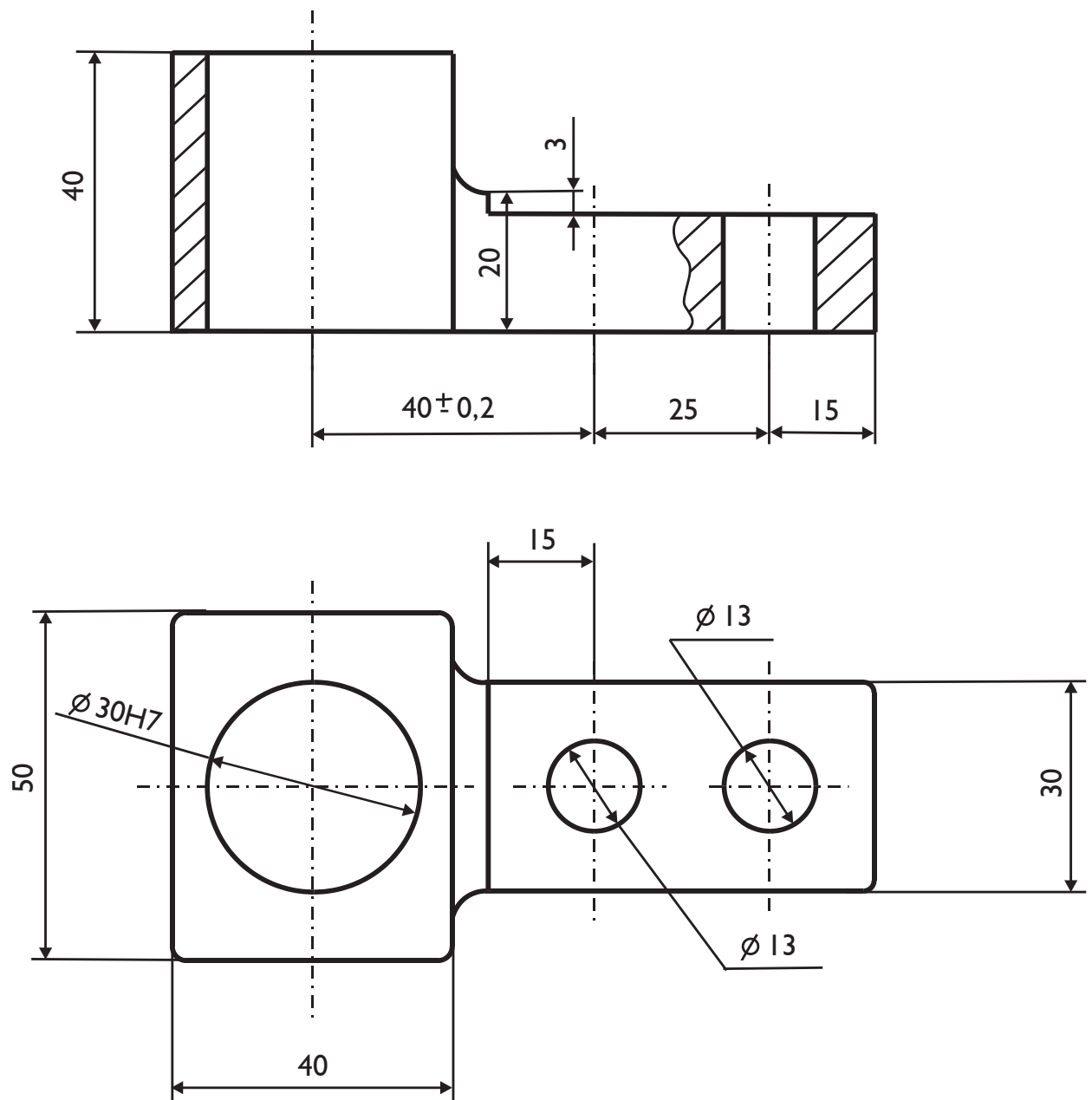


Рисунок 3.5 – Ескіз деталі

Чавуни набули найбільшого поширення в промисловій практиці. Для даного проекту використовується сірий чавун марки СЧ 18. Вміст вуглецю в сірих чавунах становить 2,5 – 3,7%, при цьому до 0,9% вуглецю хімічно пов'язане з залізом, решта вуглецю міститься у вигляді графіту.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

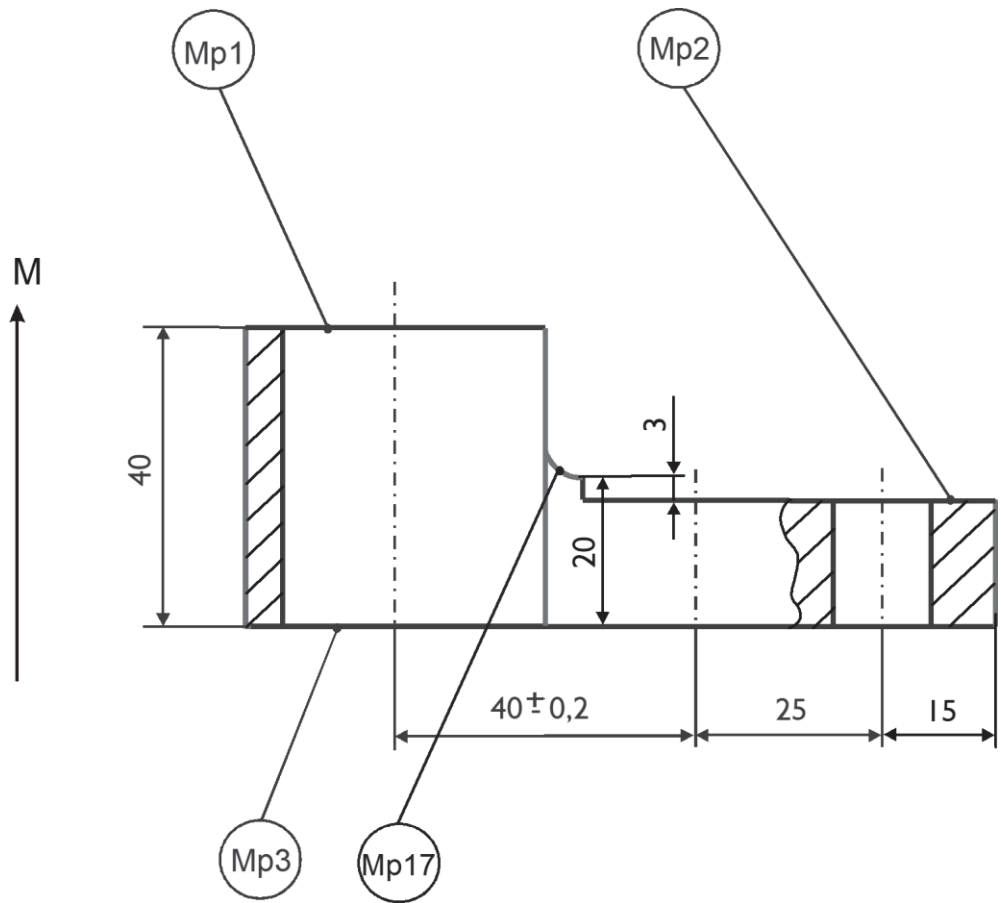


Рисунок 3.6 – Початковий ескіз деталі по осі М

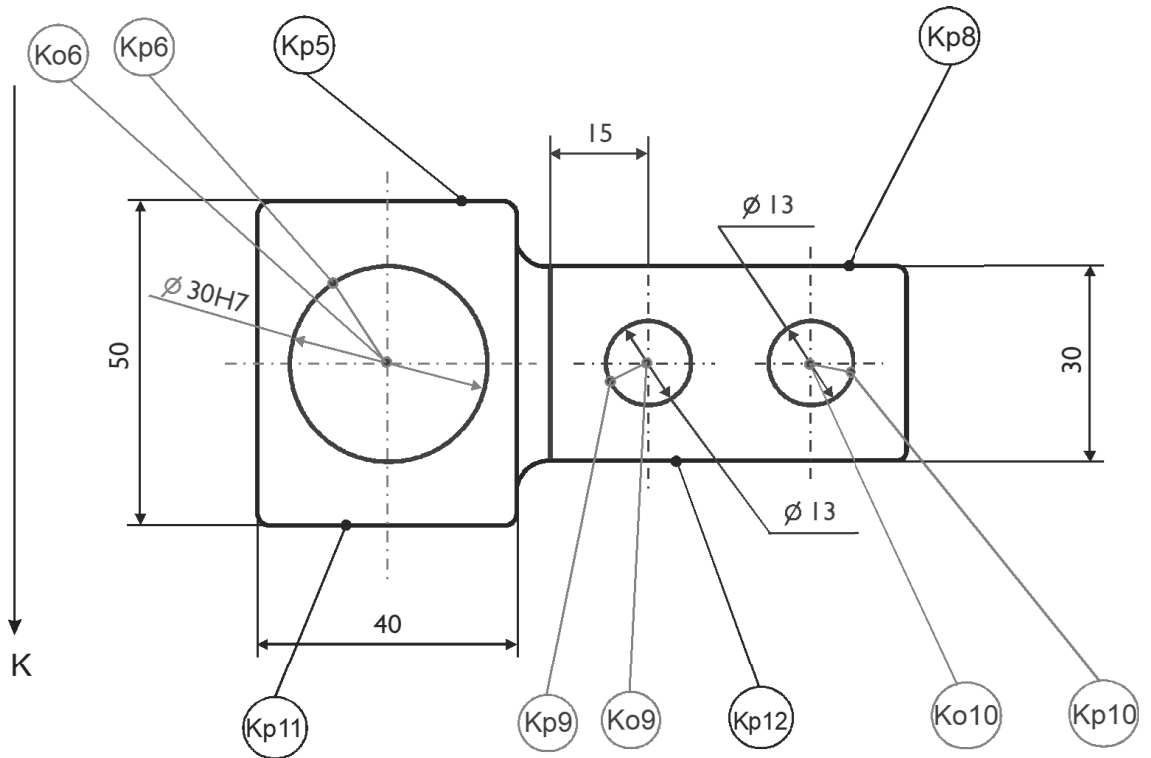


Рисунок 3.7 – Початковий ескіз деталі по осі К

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

43

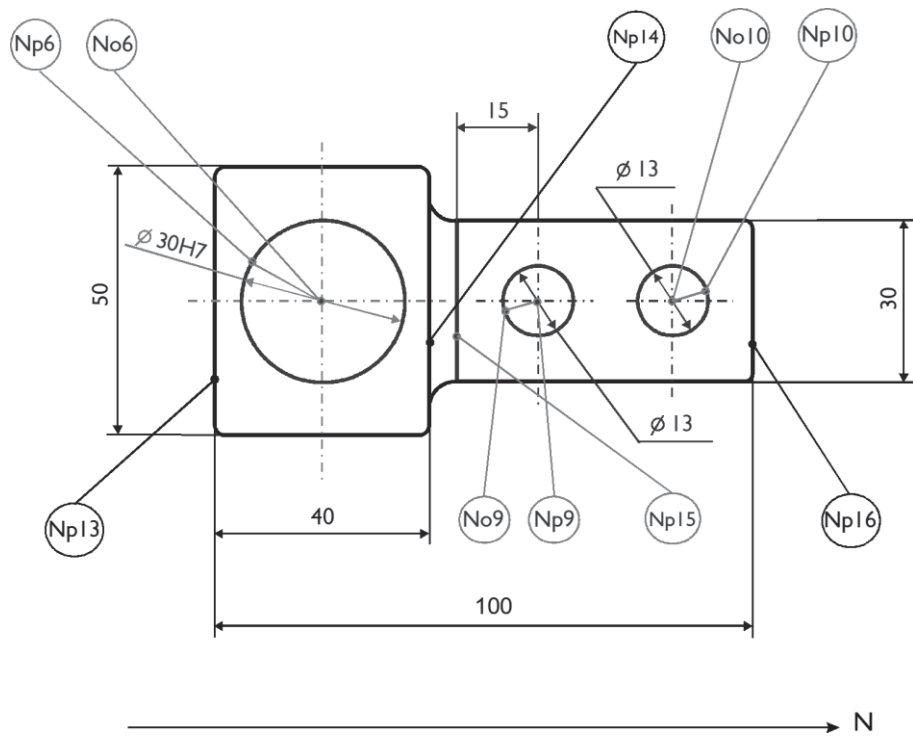


Рисунок 3.8 – Початковий ескіз деталі по осі N

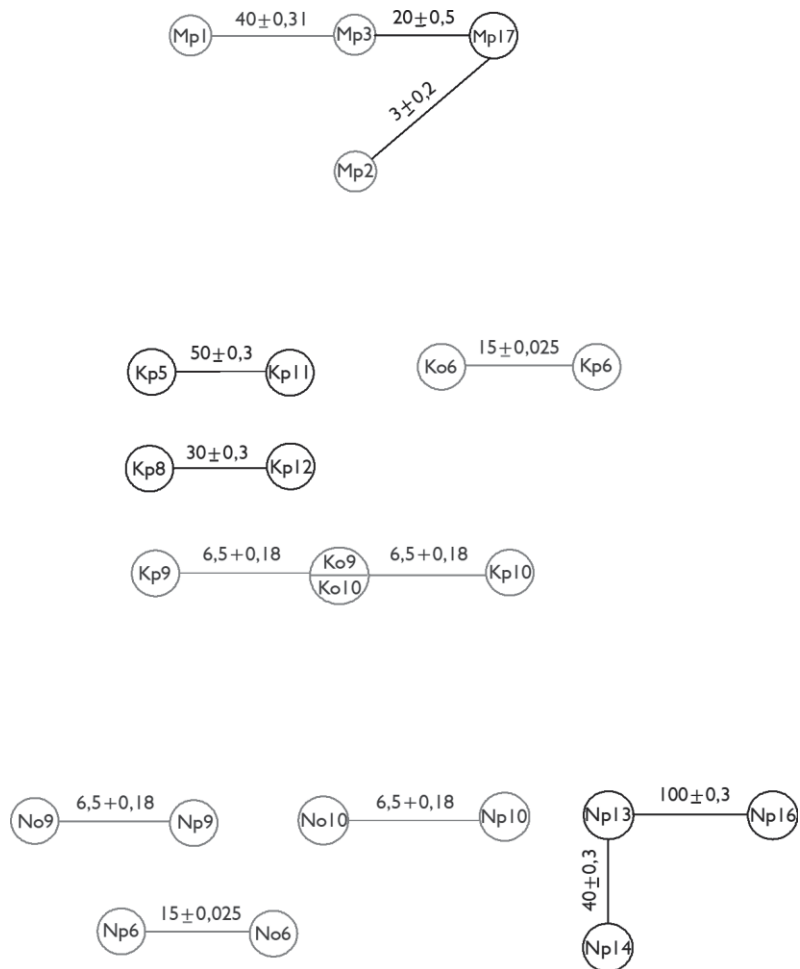


Рисунок 3.9 – Початкові графіки деталі по осях M, N і K

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

Механічні властивості виливків із сірого чавуну марки СЧ 18: межа міцності $\sigma_B = 176$ МПа (18 кгс/мм²); міцність на вигин $\sigma_N = 358$ МПа; твердість 170 – 229 НВ.

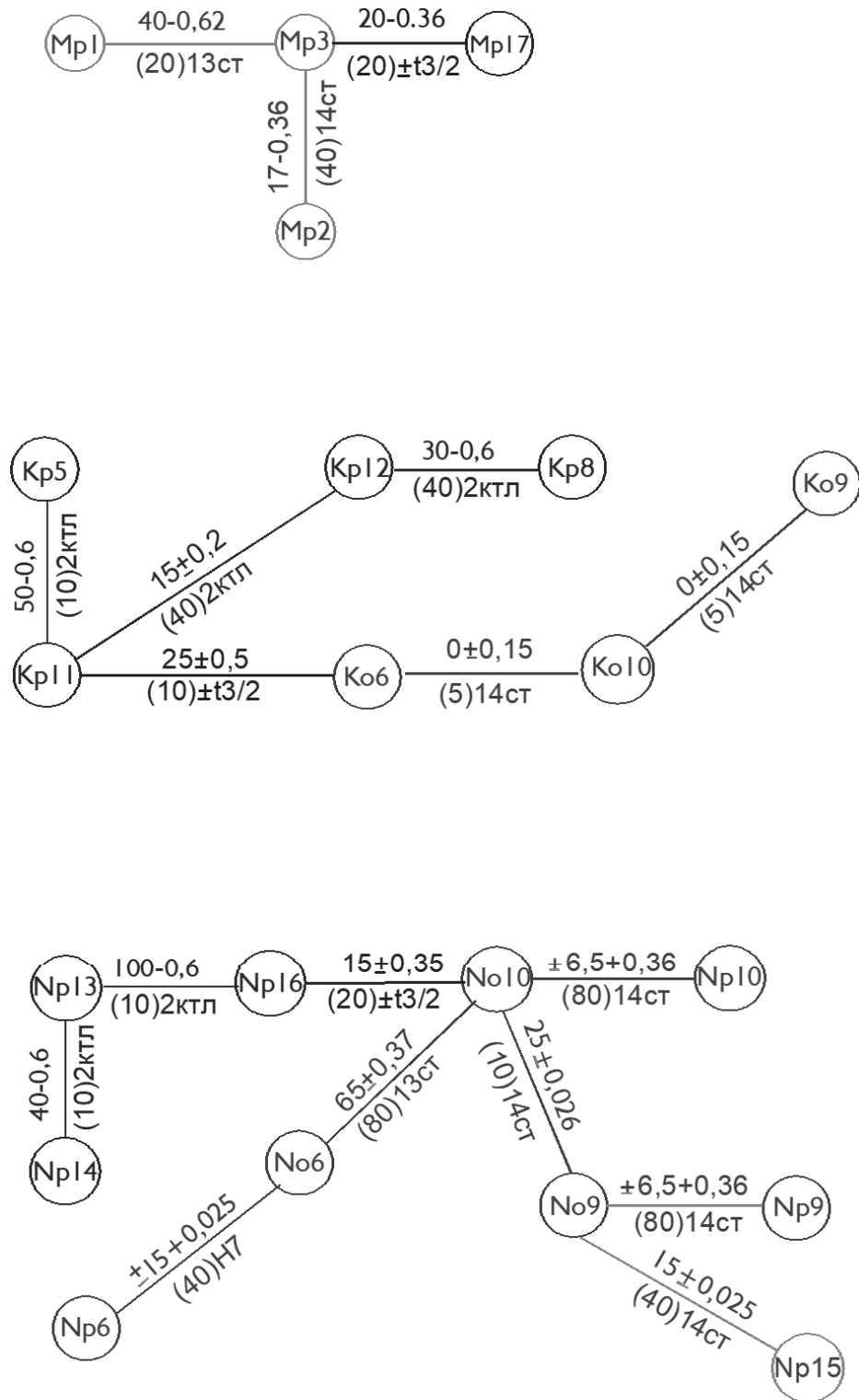


Рисунок 3.10 – Виправлені графіки по осях М, N і К

Задамо осі координат щодо нашої частини. Після нумерації поверхонь відповідно до обраних осей побудуємо початкові графіки деталі.

Відповідно до вимог РАФД необхідно забезпечити наявність одного з'єднання між обробленими і необробленими поверхнями. Для цього необхідно залишити розмір з максимально жорстким допуском. Кожен розмір потрібно уточнити в рядах бажаних розмірів. Відповідно до цих вимог:

- на графіку М позбутися від розміру між поверхнями Мр2 і Мр17 і додати розмір між поверхнями Мр2 і Мр3;
- у графі N додати розміри між поверхнями No6 та No10, No10 та No9, No10 та Nr16;
- на графіку К позбавтеся від Ko9, Ko10, Kp10, Kp9 і додайте розміри між Ko6 і Kp11, Kp11 і Kp12, Ko10 і Ko9, Ko10 і Ko6.

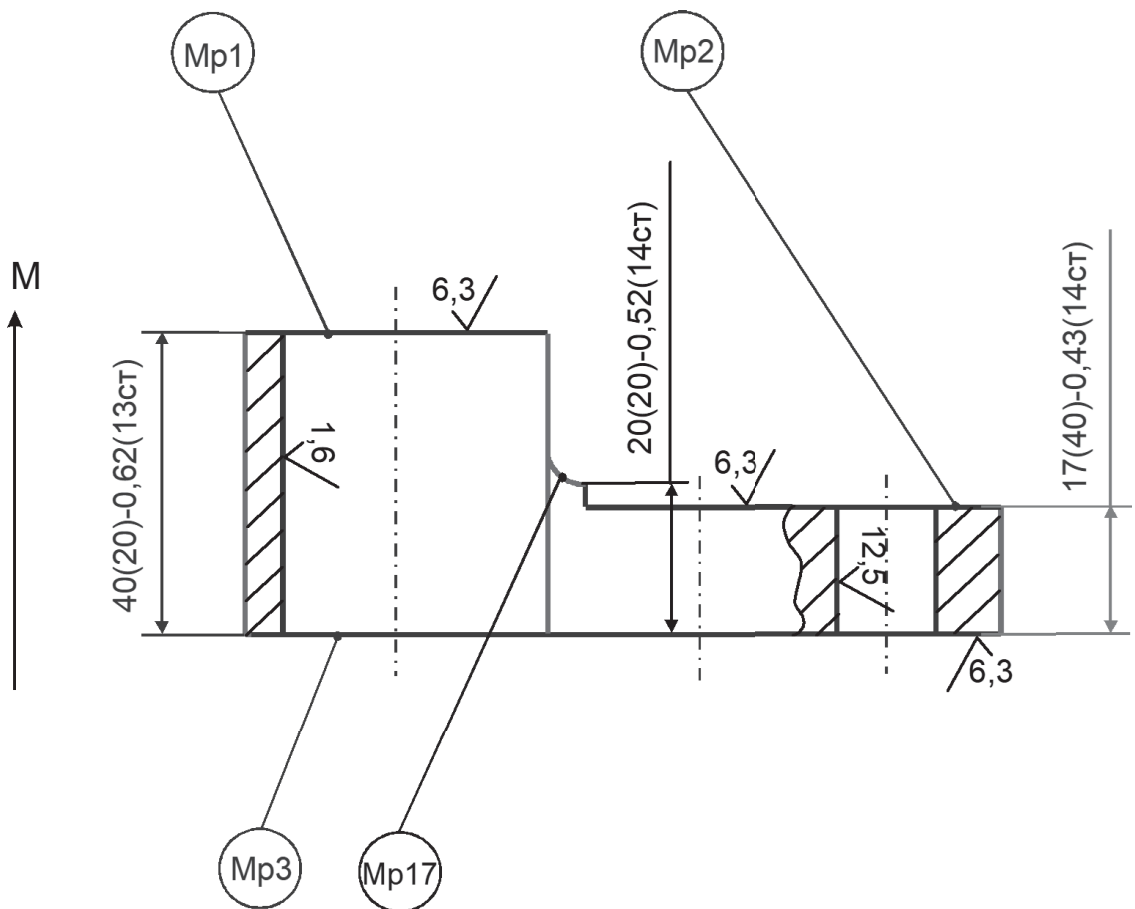


Рисунок 3.11 – Скоригований ескіз деталі по осі М

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

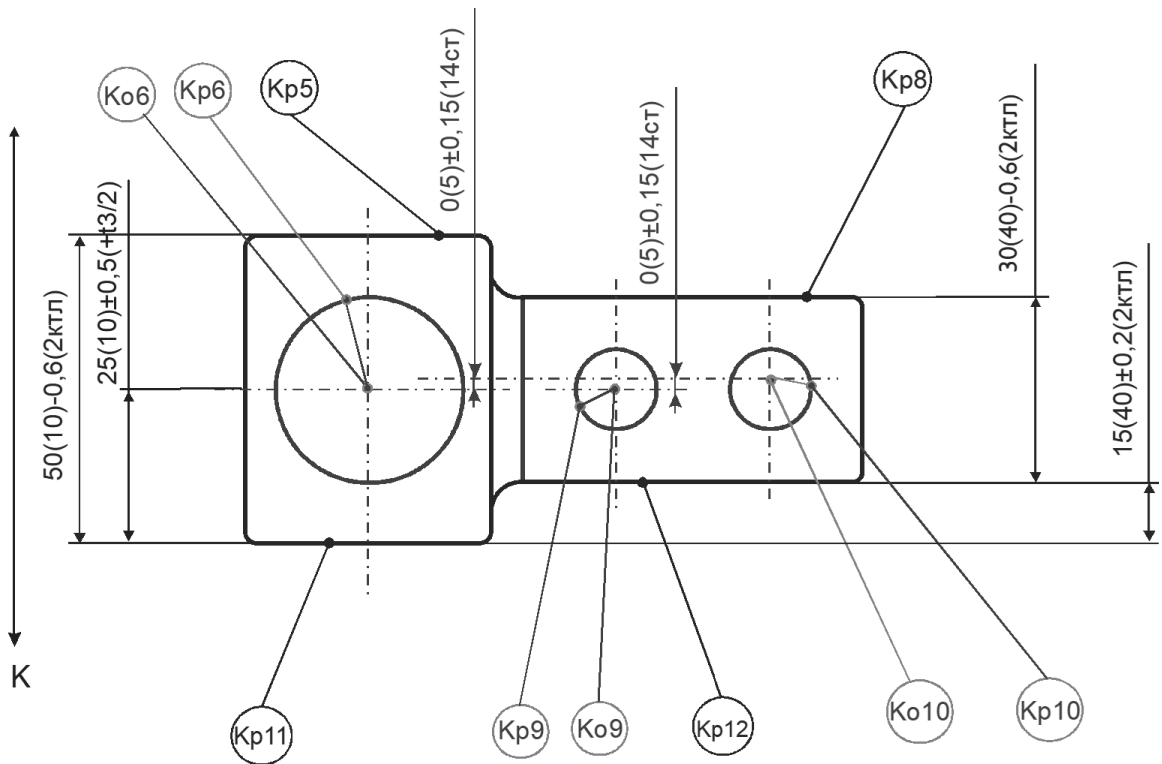


Рисунок 3.12 – Скоригований ескіз деталі по осі К

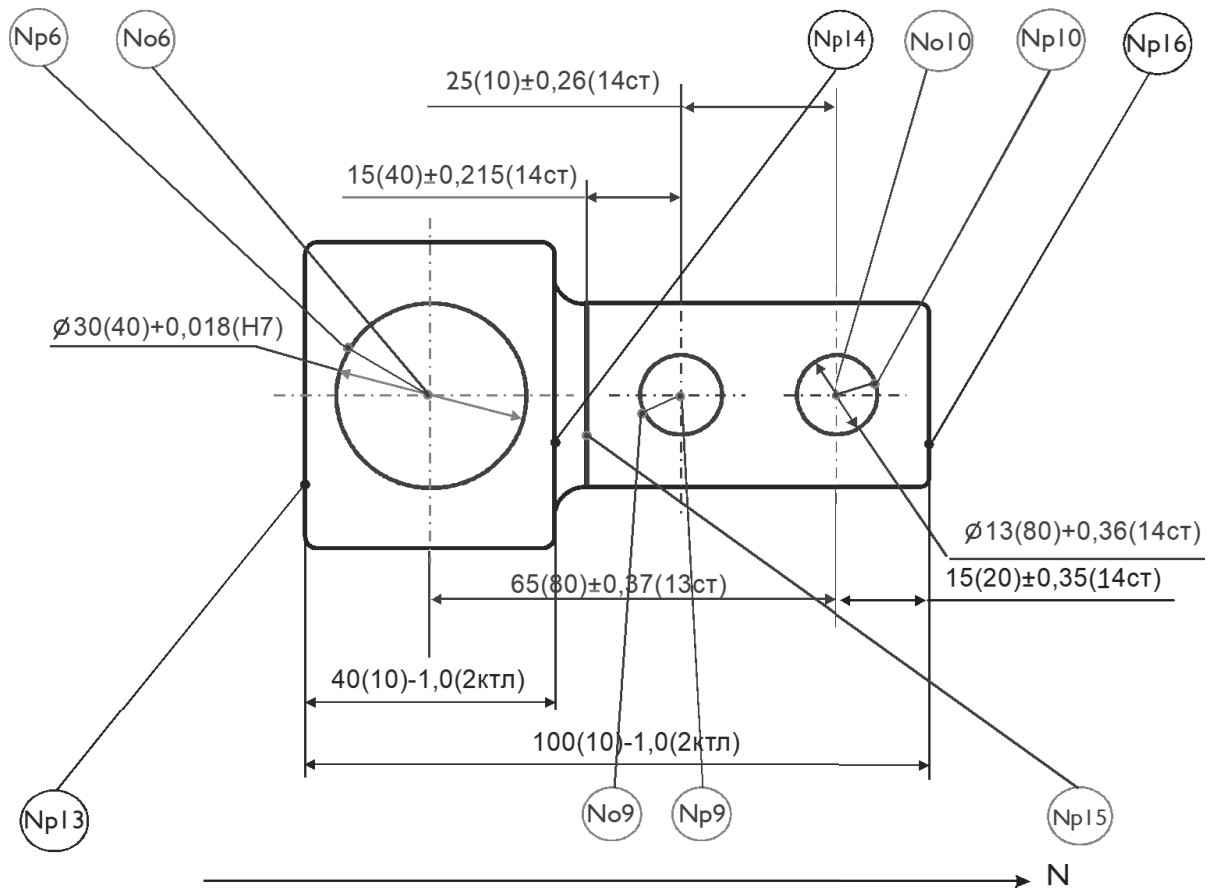


Рисунок 3.13 – Скоригований ескіз деталі по осі N

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

47

Вимоги, що пред'являються до заготовки, не можна ігнорувати, або ставитися до них поблажливо, так як від вибору способу отримання заготовки залежить подальший хід технологічного процесу виготовлення деталі.

Розглянемо деякі з можливих способів отримання заготовки методом лиття.

Лиття в пісок.

Лиття в пісок забезпечує низьку якість поверхні (нижче $Rz = 320$ мкм), низьку точність (нижче 16 якостей). Лиття в пісок є найбільш поширеним методом отримання заготовок для кузова завдяки своїй універсальності і відносно низьким початковим витратам. Вибір того чи іншого способу формування залежить від конструктивних форм і розмірів виливки, необхідної точності і серійності виробництва.

Ручне лиття застосовується для отримання різних виливків в індивідуальному і серійному виробництві і при виготовленні великих деталей.

Формування в ґрунті застосовується в основному в індивідуальному виробництві для отримання виливків середніх і великих розмірів; Лиття в колбах застосовується у всіх випадках, коли є необхідні спарені колби.

Чистота поверхні виливків нижче першого класу.

Машинне лиття за металевими моделями застосовується для отримання дрібних і середніх виливків в серійному і масовому виробництві. Перевагами машинного формування є більша продуктивність, точність, однорідність і краща якість виливків, ніж ручного формування. Точність розмірів виливків при литті з металевим малюнком відповідає приблизно 7 класу.

Збірка прес-форм з сухих сердечників застосовується для отримання відповідальних виливків з підвищеною точністю розмірів і чистих поверхонь, різних за розмірами і вагою, що мають складну конфігурацію зовнішніх і

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішніх поверхонь, прес-форми для яких неможливо отримати за допомогою звичайних моделей.

Лиття під тиском. У приладобудуванні кокільне лиття (кокіль - металева форма із захисною вогнетривкою накладкою на робочій поверхні) застосовується для лиття товстостінних деталей з алюмінієвих або магнієвих сплавів, рідше з чавуну в серійному і масовому виробництві.

Для виготовлення заготовки нашої деталі ми виберемо лиття в піщано-глиняні форми. Цей спосіб, хоча і має високу продуктивність, має низький рівень витрат на виготовлення заготовки і є одним з найпростіших способів лиття. А рівень якості одержуваної заготовки відповідає 2-му класу точності, який відповідає поставленим вимогам.

Деякі поверхні заготовки будуть додатково піддаватися механічній обробці, яка має на увазі зняття деякого шару матеріалу в процесі такої обробки. З урахуванням цього необхідно стежити за тим, щоб матеріал накладався на оброблювані поверхні. Встановимо величину перекриття, рівну 1 мм.

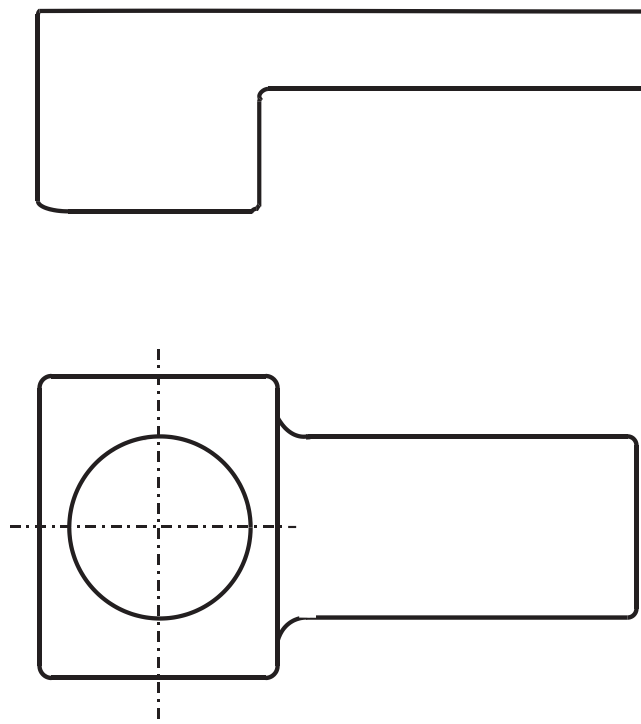
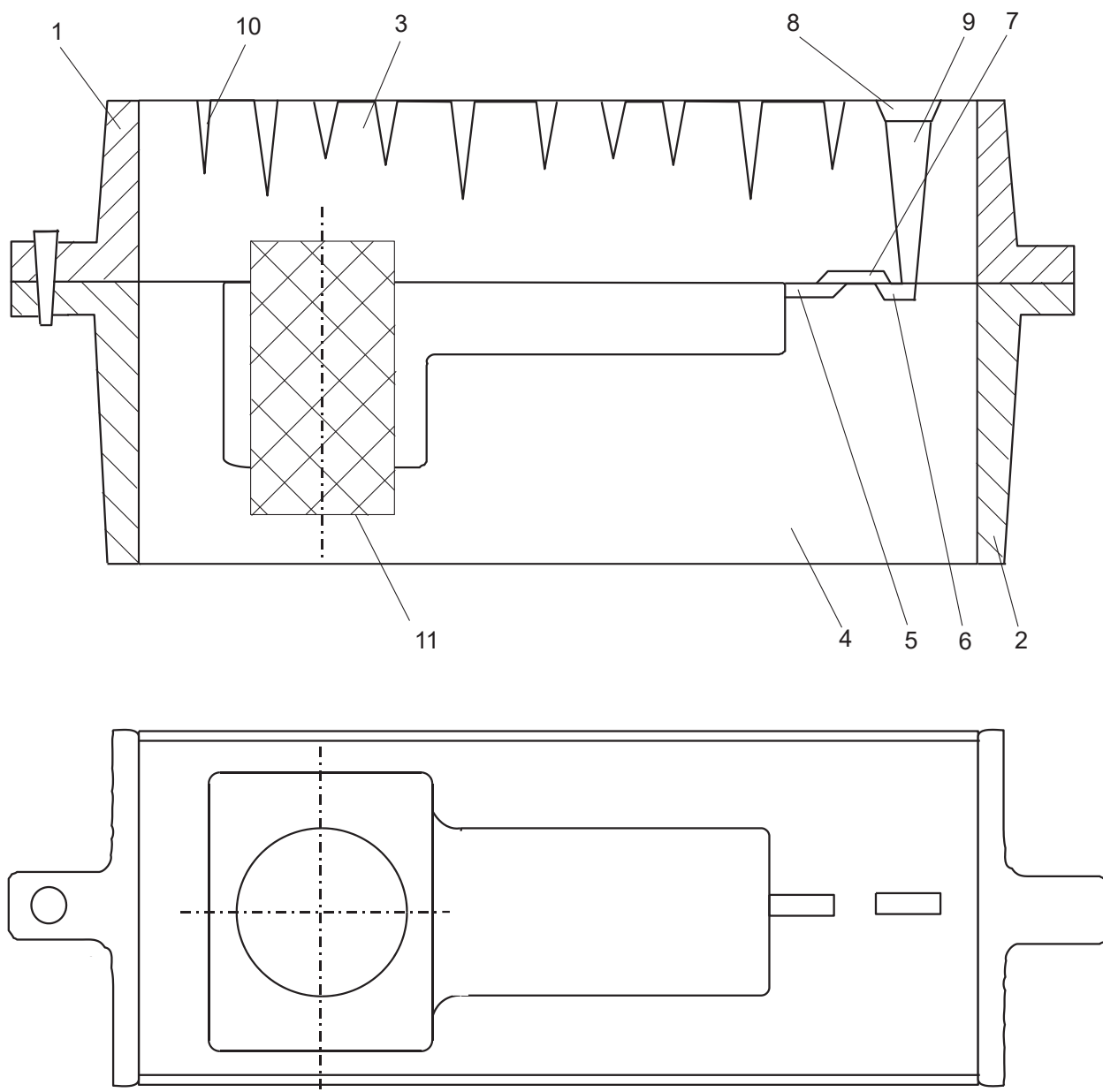


Рисунок 3.14 – Ескіз заготовки

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – верхня колба; 2 – нижня колба; 3 – верхня напівформа; 4 – нижня напівформа; 5.6 – живильники; 7 - шлаковловлювач; 8 – литникова чаша; 9 – злив; 10 – канали; 11 – стрижень

Рисунок 3.15 – Ескіз ливарної форми

Висновки до третього розділу

Проведено розрахунок приводу і підбір крокового двигуна координатного пристрою.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Розраховано частоти обертання крокових приводів координатного пристрою та механізму повороту пуансона, а також визначено продуктивність напівавтомата. Визначено високі значення теоретичних показників.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті роботи над бакалаврською роботою були розглянуті всі питання і завдання.

У вступі була обґрунтована необхідність розробки безшовної напівавтоматичної машини.

Розглянуто процес та способи зварювання, особливо ультразвуковий спосіб.

Проведено огляд обладнання для з'єднання і обробки деталей верху взуття за допомогою ультразвуку, наведена її класифікація.

Були розроблені кінематична схема координатного пристрою, кінематична схема обертання пуансона, структурна схема напівавтомата та проведено опис конструктивної, технологічної схеми, циклограми напівавтомата.

У розрахунковій частині дипломної роботи проведено розрахунок приводу і підбір крокового двигуна координатного пристрою

Розраховано частоти обертання крокових приводів координатного пристрою та механізму повороту пуансона, а також визначено продуктивність напівавтомата. Визначено високі значення теоретичних показників.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Наумов А.В., Лісевич В.С. Обладнання легкої промисловості // "Журнал механічних систем." – 2017. – № 13. – С. 56–61.
2. Петренко О.М., Бондар І.А. Технологічні особливості з'єднання матеріалів у виробництві взуття // "Вісник легкої промисловості." – 2018. – № 7. – С. 42–49.
3. Коваленко С.В., Гринь О.Ю. Напівавтоматизовані системи швейного обладнання // "Промислове обладнання та технології." – 2019. – № 4. – С. 51–58.
4. Шевченко Н.І., Лозовий В.Т. Впровадження автоматизації в швейних процесах // "Легка промисловість України." – 2019. – № 6. – С. 38–45.
5. Сидоренко І.П., Іванюк П.В. Механізми напівавтоматів для формування верху взуття // "Науковий вісник технічного розвитку." – 2020. – № 9. – С. 65–72.
6. Марченко Т.Ю., Дяченко А.М. Вдосконалення технології складання деталей верху взуття // "Технології легкої промисловості." – 2020. – № 5. – С. 33–39.
7. Васильчук І.В., Крамаренко С.Д. Аналіз роботи вузлів автоматів для з'єднання деталей шкіряних виробів // "Матеріали та технології." – 2021. – № 2. – С. 50–56.
8. Ткачук І.О., Романенко А.Ф. Підвищення ефективності обладнання для зшивання верху взуття // "Взуттєва промисловість України." – 2021. – № 1. – С. 59–64.
9. Коваль І.І., Черняк М.Л. Оптимізація режимів роботи напівавтоматів // "Наукові записки інженерії." – 2021. – № 3. – С. 46–53.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Демченко Р.Б., Шаповал А.М. Конструктивні особливості машин для пошиття взуття // "Обладнання та автоматизація." – 2022. – № 8. – С. 28–35.

11. Яценко М.С., Литвин В.А. Дослідження роботи приводу машин для з'єднання текстильних деталей // "Інженерна механіка та приладобудування." – 2022. – № 6. – С. 41–48.

12. Антонюк В.Є., Мельник І.О. Напівавтоматизоване обладнання у взуттєвій галузі // "Системи та технології легкої промисловості." – 2023. – № 2. – С. 55–61.

13. Гриценко С.В., Коваленко О.В. Вдосконалення вузлів для подачі матеріалу в швейних машинах // "Машинобудування та автоматизація." – 2023. – № 4. – С. 36–43.

14. Олійник Л.П., Тарасенко В.М. Механізація з'єднувальних операцій при виготовленні верху взуття // "Техніка та технології у виробництві." – 2023. – № 5. – С. 47–52.

15. Савченко І.М., Білоус А.В. Програмне керування в напівавтоматах для взуттєвого виробництва // "Вісник автоматизації виробничих систем." – 2023. – № 7. – С. 63–69.

16. Зінченко Ю.О., Ковтун В.С. Перспективи розвитку обладнання для формування верху взуття // "Наукові праці Укрлегмашу." – 2024. – № 3. – С. 74–80.

17. Микитенко А.М., Харченко І.Ю. Надійність механізмів напівавтоматів у легкій промисловості // "Інженерія майбутнього." – 2024. – № 2. – С. 51–58.

18. Кравчук П.М., Омельченко Н.С. Сучасні технології пошиття шкіряного верху взуття // "Журнал прикладної механіки." – 2024. – № 6. – С. 38–44.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		