

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

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММіР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Дослідження ефективності впровадження
промислових роботів при виготовленні деталі
гайка спеціальна»**

Виконав здобувач вищої освіти ІІ-го
курсу групи ГМ-22М-З
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Дмитро ВИБРИК

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Максим ГОДУНКО

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

(шифр і назва)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова

циклової комісії

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ

Вибрику Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження ефективності впровадження промислових робіт при виготовленні деталі гайка спеціальна

керівник роботи Годунко Максим Олегович, доц., канд. техн наук,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 2024 року №

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Поставлена наукова задача керівником

3.2. Креслення деталі та базовий технологічний процес її виготовлення

3.3. Річна програма випуску деталі гайка спеціальна – 7500шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Загальна частина

4.2 Технологічна частина

4.3 Наукова частина

4.4 Економічна частина

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

5.1 Постановка задачі - 1А4; 5.2 Порівняльний аналіз технологічних процесів – 1А4; 5.3 Схеми механічної обробки – 2А4; 5.5 Наукова частина – 4А4.

Всього: 8 аркушів А4

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н., доц. Журило І.В.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	04.05.2024	
2	Технологічна частина	10.05.2024	
3	Наукова частина	20.05.2024	
4	Економічна частина	02.06.2024	
5	Розробка презентації	15.05.2024	

Здобувач

_____ Вибрик Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Годунко М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ
на випускню кваліфікаційну роботу здобувача гр. ГМ-22М-3

Вибрика Дмитра Олександровича

Кваліфікаційна робота на тему: “Дослідження ефективності впровадження промислових роботів при виготовленні деталі гайка спеціальна” складається з пояснювальної записки (____ аркушів), додатків технологічних документацій та графічної частини (____ листів форматом А1).

Проаналізувавши базовий процес, ми виконуємо заміну звичайних верстатів на верстати з ЧПУ. Це дає можливість швидше оброблювати деталь, при цьому точність обробки збільшується. Також ми розробляємо проект механоскладального цеху для обробки заданої деталі, проставляючи обладнання на ділянці механообробки згідно регламенту знову розробленого технологічного процесу.

Особливістю розробленого технологічного процесу є те, що відбувається впровадження промислових роботів та автоматизація виробництва. Також проводиться обґрунтування ефективності таких змін.

Графічна частина складається зі схем механічної обробки, креслень заготовки, порівняльного аналізу базового та нового технологічних процесів, дослідної частини.

Всі пропозиції щодо змін технологічних процесів перевірено розрахунками, і є економічно обґрунтованими.

Ключові слова: захватні пристрої, промислові роботи, роботизовані комплекси

ABSTRACT

for the final qualifying work of the applicant gr. ГМ-22М-3

Vybrika Dmytro Oleksandrovyh

The qualification work on the topic: "Investigation of the effectiveness of the implementation of industrial robots in the manufacture of a special nut part" consists of an explanatory note (____sheets), technological documentation appendices and a graphic part (____sheets in A1 format).

After analyzing the basic process, we replace conventional machines with CNC machines. This makes it possible to process the part faster, while the accuracy of processing increases. We also develop a project of a mechanical assembly shop for the processing of a given part, placing the equipment in the mechanical processing section according to the regulations of the newly developed technological process.

A feature of the developed technological process is the introduction of industrial robots and production automation. The justification of the effectiveness of such changes is also carried out.

The graphic part consists of machining schemes, drawings of clamping and control devices, tools, workpieces, a comparative analysis of basic and new technological processes, a plan of the workshop and the site.

All proposals for changes in technological processes have been verified by calculations and are economically justified.

Keywords: gripping devices, industrial robots, robotic complexes

Зміст

	Вступ	7
1.	Загальна частина	
1.1.	Постановка задачі та методи її вирішення	9
1.2.	Особливості впровадження промислових роботів у виробництво	11
1.3.	Характеристика вузла та обраної деталі	13
2.	Технологічна частина	
2.1.	Характеристика вузла та деталі, обраної для проектування технологічного процесу	20
2.2.	Аналіз точності та технологічності заданих деталей	23
2.3.	Аналіз діючого технологічного процесу	24
2.4.	Вибір заготовок та способу їх виготовлення	25
2.5.	Вибір методів обробки поверхонь	27
2.6.	Розробка маршрутів виготовлення деталей	31
2.7.	Вибір технологічних баз	32
2.8.	Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення	34
2.9.	Вибір затискних пристроїв	46
2.10.	Вибір різальних інструментів	50
2.11.	Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів	50
2.12.	Визначення припусків та операційних розмірів деталей	51
2.13.	Визначення режимів різання	55
2.14.	Технічне нормування операцій	58
3.	Наукова частина	
3.1.	Загальні аспекти впровадження промислових роботів у виробництво	61
3.2.	Вплив захоплювальних пристроїв як виконавчих органів промислових роботів на ефективність виконання поставлених задач	63
3.3.	Силові характеристики захватного пристрою, як один з основних показників ефективної роботи промислового робота	64
3.4.	Розробка дослідного стенду для перевірки ефективності використання функціональних можливостей захватного пристрою робота	72
4.	Економічна частина	
4.1.	Загальні вихідні дані	84
4.2.	Визначення експлуатаційних витрат (собівартості обробки)	85
4.3.	Розрахунок показників економічної ефективності	90
	Загальні висновки	93
	Література	95

Вступ

Автоматизоване виробництво є ключовим елементом сучасної індустрії, що сприяє значному підвищенню продуктивності, якості продукції та ефективності виробничих процесів. Ось основні аспекти автоматизованого виробництва:

- 1) Промислові роботи: виконують різні завдання, такі як зварювання, складання, фарбування, транспортування та інші операції. Роботи можуть працювати як автономно, так і в інтеграції з іншими системами.
- 2) Системи управління виробництвом (MES): координують і контролюють усі аспекти виробничого процесу в режимі реального часу. Включають планування виробництва, управління ресурсами, контроль якості та моніторинг продуктивності.
- 3) Інтернет речей (IoT): підключення обладнання та сенсорів до мережі для збору та аналізу даних. Дозволяє виявляти потенційні проблеми, оптимізувати процеси та забезпечувати предиктивне обслуговування.
- 4) Штучний інтелект (AI) та машинне навчання: аналізують великі обсяги даних для виявлення патернів та прийняття рішень. Можуть використовуватися для оптимізації виробничих процесів, управління запасами та прогнозування попиту.
- 5) Системи автоматизованого проектування (CAD) і виробництва (CAM): використовуються для розробки і проектування продуктів, а також для створення програм для верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

Переваги автоматизованого виробництва.

- 1) Підвищення продуктивності: автоматизовані системи працюють швидше і ефективніше, ніж ручна праця, що дозволяє збільшити обсяги виробництва. Безперервна робота автоматизованих систем знижує час простоїв.
- 2) Покращення якості продукції: автоматизовані процеси забезпечують високу точність і повторюваність, що знижує кількість дефектів. Автоматизований контроль якості дозволяє швидко виявляти і виправляти помилки.
- 3) Зниження виробничих витрат: автоматизація дозволяє оптимізувати використання матеріалів та ресурсів, що знижує витрати. Зменшення потреби в ручній праці скорочує витрати на зарплати та підвищує рентабельність.
- 4) Підвищення безпеки на виробництві: автоматизовані системи виконують небезпечні для людини завдання, що знижує ризик нещасних

випадків. Системи моніторингу забезпечують своєчасне виявлення небезпек та запобігання аваріям. 5) Гнучкість виробництва: автоматизовані системи можуть швидко адаптуватися до змін у виробничих завданнях та умовах. Легке перепрограмування роботів дозволяє змінювати асортимент продукції без значних витрат.

Виклики та обмеження автоматизованого виробництва. 1) Високі початкові інвестиції: впровадження автоматизованих систем потребує значних фінансових вкладень у закупівлю обладнання та програмного забезпечення. Додаткові витрати на інтеграцію та навчання персоналу. 2) Складність впровадження: інтеграція автоматизованих систем з існуючими процесами може бути складною і вимагати детального планування. Необхідність в адаптації та модернізації існуючого обладнання. 3) Залежність від технологій: автоматизовані системи вимагають регулярного технічного обслуговування та оновлення. Збої в роботі систем можуть призвести до значних втрат часу та ресурсів.

Отже, автоматизоване виробництво є ключовим фактором підвищення конкурентоспроможності сучасних підприємств. Впровадження автоматизованих систем дозволяє значно підвищити продуктивність, якість продукції, безпеку та гнучкість виробничих процесів, знижуючи при цьому витрати. Однак, для успішного впровадження автоматизації необхідно враховувати високі початкові інвестиції, складність інтеграції та необхідність постійного технічного обслуговування.

1. Загальна частина

1.1. Постановка задачі та методи її вирішення

Мета роботи

Кваліфікаційна робота має за мету дослідження ефективності впровадження промислових роботів у виробництво на прикладі деталі гайка спеціальна, додавши робота на одну з технологічних операцій і обґрунтування таких дій економічними показниками. Також маємо на меті створити дослідний стенд для перевірки ефективності використання захватних пристроїв роботів.

Актуальність теми

Промислові роботи відіграють ключову роль у автоматизованому машинобудівному виробництві, забезпечуючи численні переваги та виконуючи різні функції. Основні з них включають:

1. Автоматизація виробничих процесів: збірка: роботи використовуються для збору компонентів у різні вироби, від автомобілів до електроніки. Зварювання: роботи зварюють металеві деталі з високою точністю і надійністю, що важливо для автомобільної та авіаційної промисловості. Фарбування: автоматичні системи фарбування забезпечують рівномірне нанесення покриттів, підвищуючи якість та зменшуючи відходи.

2. Підвищення продуктивності та ефективності: швидкість: роботи можуть працювати безперервно, значно збільшуючи обсяги виробництва. Точність: висока точність роботів зменшує кількість браку та необхідність в повторній обробці.

3. Зменшення витрат на виробництво: зниження витрат на працю: хоча початкові інвестиції в роботів можуть бути високими, довгострокові витрати на працю значно знижуються. Оптимізація використання матеріалів: завдяки точності роботів зменшується кількість відходів матеріалів.

4. Покращення умов праці: безпека: роботи можуть виконувати небезпечні завдання, знижуючи ризик травмування для працівників. Робота в екстремальних умовах: роботи можуть працювати в середовищах, які є небезпечними або непридатними для людини, наприклад, при високих температурах або токсичних умовах.

5. Гнучкість виробництва: переналаштування: сучасні роботи можуть бути швидко переналаштовані для виконання нових завдань, що дозволяє виробництву швидко адаптуватися до змін попиту.

6. Моніторинг та контроль якості: інспекція: роботи можуть оснащуватись сенсорами та камерами для контролю якості продукції в реальному часі. Аналіз даних: зібрані дані можуть використовуватись для вдосконалення процесів та зменшення кількості дефектів.

В цілому, інтеграція промислових роботів у машинобудівне виробництво дозволяє досягти значних покращень у продуктивності, якості та безпеці, забезпечуючи конкурентоспроможність підприємств на глобальному ринку.

Об'єкт дослідження

Промислові роботи, роботизовані технологічні комплекси та захватні пристрої роботів.

Предмет дослідження

Економічні аспекти впровадження промислових роботів у виробництво та ефективність використання захватних пристроїв роботів.

Мета роботи

Дослідити загальні аспекти ефективності впровадження промислових роботів. Додати промислового робота на одну з технологічних операцій і обґрунтувати таку раціоналізацію економічними показниками. Створити дослідний стенд перевірки ефективності використання захватних пристроїв для забезпечення необхідних силових характеристик при мінімальних масогабаритних показниках.

Завдання

1. Навести основні пункти ефективності впровадження промислових роботів.

2. Розробити технологічну операцію із використанням промислового робота.

3. Провести економічні розрахунки та навести показники економічної ефективності використання промислового робота.

4. Розглянути аспект силового розрахунку як одного з ключових моментів при ефективному впровадженні робота у виробництво..

3. Створити дослідний стенд перевірки силових характеристик захватного пристрою.

4. Надати відповідні висновки та рекомендації.

Методи дослідження

Поставлені завдання вирішуються із застосуванням методів обчислювальної математики і систем управління, теорії робототехнічних систем, теоретичної і прикладної механіки.

Наукова новизна

В роботі досліджено особливості ефективного впровадження промислових роботів у машинобудівне виробництво. На основі проведених досліджень обґрунтовано силові характеристики як ключове питання ефективного впровадження робота у виробництво.

Достовірність результатів

Основні наукові результати кваліфікаційної роботи отримані на основі фундаментальних положень і методів теоретичної механіки, динаміки машин, експериментальних методів дослідження.

Практична цінність

Запропонований дослідний стенд має можливість визначити практично мінімально необхідні сили затиску для утримання деталі та порівняти характеристики базового захватного пристрою промислового робота з отриманими для надання відповідних висновків і рекомендацій та приведення виконавчого органу до мінімальних масо-габаритних характеристик.

Апробація кваліфікаційної роботи

Основні положення роботи докладалися на: студентсько-викладацькій науковій конференції ЦНТУ.

1.2. Особливості впровадження промислових роботів у виробництво

Впровадження промислових роботів є важливим етапом для підвищення ефективності та продуктивності виробництва. Ось основні особливості цього процесу:

Технічні аспекти

1. Вибір роботів: тип робота: залежно від завдань, які потрібно виконувати, обираються різні типи роботів (маніпулятори, мобільні роботи, колаборативні роботи тощо). Технічні характеристики: вантажопідйомність, точність, швидкість, радіус дії та інші параметри.

2. Інтеграція з існуючими системами: сумісність: роботи повинні бути сумісними з наявними виробничими лініями та обладнанням. Програмування та налаштування: включає розробку програмного забезпечення та алгоритмів для управління роботами.

Економічні аспекти

1. Витрати на впровадження: початкові інвестиції: закупівля роботів, встановлення, програмування. Операційні витрати: обслуговування, навчання персоналу, енерговитрати.

2. Ефективність та рентабельність: підвищення продуктивності: роботи можуть працювати безперервно, що збільшує обсяг виробництва. Зниження витрат: оптимізація використання ресурсів, зменшення кількості відходів.

Організаційні аспекти

1. Підготовка персоналу: навчання та підвищення кваліфікації: робітники повинні пройти навчання для роботи з новими технологіями. Перепрофілювання: часто необхідно змінити ролі працівників у виробничому процесі.

2. Управління змінами: адаптація бізнес-процесів: впровадження роботів вимагає змін у виробничих процесах та управлінні. Сприйняття персоналом: важливо забезпечити підтримку з боку працівників, уникати страху перед втратою робочих місць.

Юридичні та етичні аспекти

1. Законодавчі вимоги: стандарти безпеки: роботи повинні відповідати стандартам безпеки, встановленим законодавством. Правові аспекти: оформлення дозволів та дотримання нормативних актів.

2. Етичні питання: робочі місця: заміна людей роботами може викликати соціальне напруження. Відповідальність: визначення відповідальності у випадку аварій чи збоїв в роботі роботів.

Практичні приклади використання.

1. Автомобільна промисловість: роботи виконують зварювання, фарбування, складання компонентів, що підвищує швидкість і якість виробництва автомобілів.

2. Електроніка: промислові роботи використовуються для високоточної пайки, складання мікросхем та тестування компонентів.

3. Логістика та складські операції: автоматизовані системи сортування та транспортування товарів дозволяють ефективно управляти великими обсягами продукції.

Роль промислових роботів у виробництві є критично важливою для сучасної індустрії. Вони забезпечують підвищення продуктивності, якості продукції, зниження витрат, підвищення безпеки та гнучкості виробничих процесів. Успішне впровадження промислових роботів вимагає комплексного підходу, що включає технічну підготовку, навчання персоналу та адаптацію бізнес-процесів до нових технологічних можливостей.

1.3. Характеристика вузла та обраної деталі

Шарикогвинтовий гідروпідсилювач ШВГУ 720, призначений для застосування в системах рульового управління транспортних засобів з навантаженням на керовану вісь до 9000 кг як пристрій, що передає і підсилює дію водія, що управляє, необхідну для повороту керованих коліс. Керування здійснюється за рахунок механічних передач з гідропідсиленням.



Рис.1.1. Шарикогвинтовий гідропідсилювач ШВГУ 720

Технічні характеристики:

Технічні характеристики		Технічні характеристики	
Навантаження на керовану вісь транспортного засобу, кН	до 90	Момент обертання рульового валу при номінальному тиску, Нм	45
Номінальний момент на валу сошки, Нм	72000	Витрата робочої рідини, дм ³ /мин	16,2
Передавальне відношення	23,2	Число оборотів рульового валу	6,46
Номінальний тиск робочій рідині, Мпа	17,0	Кут повороту валу сошки	1000
		Маса кг	52

Устрій КГТП. Для пояснення устрою і принципу дії розглянемо гідро кінематичну схему рис. 1.1.

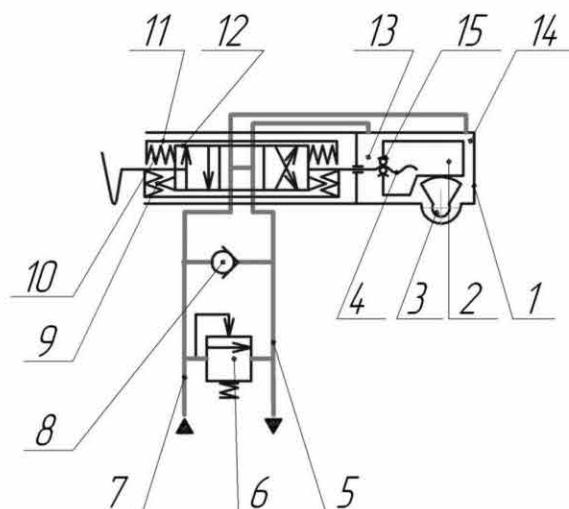


Рис. 1.2. Гідрокінематична схема КГТП:

1 – картер; 2 – рейка поршень; 3 – вал–сектор; 4 – кульково – гвинтової передачі; 5 – магістраль зливу; 6 – запобіжний клапан; 7 – магістраль напору; 8 – зворотній клапан; 9 – муфта; 10 – пружний елемент; 11 – зовнішній золотник; 12

– внутрішній золотник; 13, 14 – опозитні порожнини; 15 – гайка кульково-гвинтової передачі.

КГТП складається із декількох елементів розміщених в єдиному картері 1.
Тобто:

- гідравлічного розподільника утвореного зовнішнім 11 і внутрішнім 12 золотниками, пружних елементів 10, муфти передачі крутного моменту 9;
- напірної 5 і зливної 7 магістралей;
- запобіжного 6 і зворотнього 8 клапанів;
- рейкової передачі утвореної рейкою – поршнем 2 і валом сектором 3;
- кульково – гвинтової передачі, утвореної гвинтом 4 і гвинтовим отвором рейки поршня 2;

опозитних порожнин 13, 14 утворених поділкою картера 1 рейкою поршнем 2 на дві герметично ізольовані частини.

Принцип дії КГТП. КГТП – відноситься до механізмів подвійної дії. Це обумовлено тим, що переміщення вихідної ланки, якою є вал сектор 3 здійснюється двома паралельними потоками:

- механічними передачами, кульково – гвинтовою і рейковою;
- гідравлічною передачею, переміщенням рейки поршня 2 в картері 1 за рахунок гідравлічного тиску в порожнинах 13 і 14.

При роботі в штатному режимі навантаження вала сектора 3 долається гідравлічним тиском, а механічні передачі здійснюють лише відслідковуючу дію.

При роботі в нештатному режимі, в разі відмови гідравліки, працюють механічні передачі для подолання навантаження на валу – секторі.

При повертанні внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11 на кут обмеженим муфтою 9, в будь яку із сторін, робоча рідина із магістралі напору 7 проходить через відповідні канали обумовлених золотників і заповнює одну із порожнин 13 або 14.

При цьому за рахунок гідравлічного тиску здійснюється прямолінійне переміщення рейки поршень 2 в картері 1, і поворот вал – сектора 3 внаслідок

взаємодії його зуб'їв із зуб'ями рейки поршня. Робоча рідина із опозитної порожнини буде витісняється в зливну магістраль 5.

Переміщення рейки поршня 2 супроводжується синхронним обертанням гвинта 4 кульково – гвинтової передачі 4, 15 внаслідок того, що зовнішній золотник 11 з гвинтом 4 утворює єдину ланку.

Обумовлене переміщення буде здійснюватись до моменту припинення повертання внутрішнього золотника 12. При цьому зовнішній золотник 11 під дією пружних елементів 10 повернеться в нейтральне положення, в якому відповідні канали розподільника з'єднують магістралі зливу і напору, і тиск в порожнинах 13 і 14 вирівнюється до значень тиску холостого ходу.

Запобіжний клапан 6 спрацьовує при перевищенні тиску в напорній магістралі 7 внаслідок дії несанкціонованих навантажень на вал – сектора 3.

Точність управління КГТП обумовлена величиною часу між керуючим рухом внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11, який є вхідною ланкою і виконавчим коловим рухом вала – сектора 3, який є вихідною ланкою.

Величина часу повернення золотників 11 та 12 у вихідне положення залежить від швидкості переміщення внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11.

Ця швидкість залежить від двох факторів:

- з одного боку це величина вільного руху золотника 12 відносно золотника 11 в межах, які дозволяє муфта 9;
- з іншого боку це жорсткість пружного елемента 10 від якої залежить швидкість зворотнього руху в нейтральне положення.

Чим більша величина обумовленого часу тим довше буде відбуватись дія попередньої команди, що зменшує точність керування, бо вихідна ланка буде продовжувати рух, який був переданий їй попередньою командою

Підвищення точності керування можливо за рахунок підвищення жорсткості пружного елемента 10 і зменшення кута муфти 9.

При відмові гідравліки робота КГТП відбувається в нештатному режимі.

При повертанні внутрішнього золотника 12 на кут обмежений муфтою 9 починає обертатись зовнішній золотник 11 з гвинтом 4, внаслідок чого рейка – поршень 2 переміщується обертаючи вал – сектор 3.

При переміщенні рейки поршень 2 в одній із порожнин 13 або 14, яка збільшується в своєму об'ємі, виникає від'ємний тиск.

Обумовлений від'ємний тиск провокує спрацювання зворотнього клапана 8 при цьому рідина із опозитної порожнини, яка зменшується, витісняється в збільшуючу порожнину.

Наявність клапана 8 дає змогу функціювати КГТП в нештатному режимі.

Конструктивне виконання КГТП. На рис. 1.2 представлено конструктивне виконання КГТП.

В картері 1, який має форму двох перетинаючихся під прямим кутом циліндрів розміщені складальні одиниці.

Гвинт 2 в складі з ротором 3 і поршнем 4, який з гайкою 5 утворює кульково – гвинтову передачу.

Рейка поршень 6 в складі з гайкою взаємодіє з вал – сектором 7, утворюючи з останім рейкову передачу.

Вал – сектор 7 розміщений в спеціальних роликових підшипниках 8.

Ротор 3 є вхідною ланкою КГТП, на його зовнішній циліндричній поверхні виконані повздовжні пази 9, які взаємодіють з повздовжніми пазами 10 виконаними на внутрішніх циліндрах поверхні гвинта 2.

Таким чином внутрішня циліндрична поверхня гвинта 2 є зовнішнім золотником, а зовнішня циліндрична поверхня ротора 3 є внутрішнім золотником.

До картера 1 приєднується корпус розподільника 11. В корпусі розподільника розміщені канали напору 12, зливу 13, а також порожнини в яких вмонтовані запобіжники та зворотній клапани.

Для забезпечення зовнішньої та внутрішньої герметичності в КГТП передбачені ущільнюючі елементи 14.

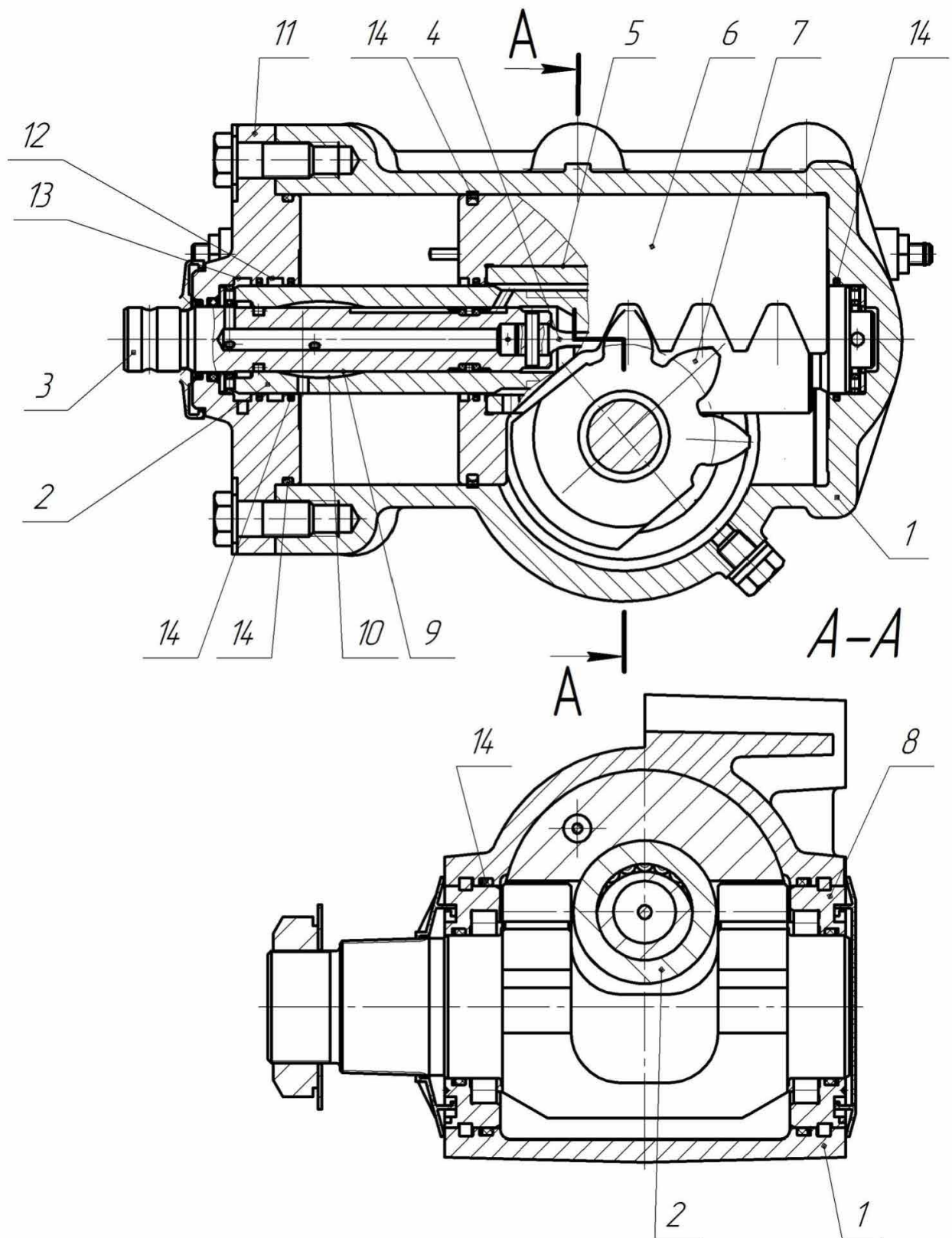


Рис.1. 3 Конструктивне виконання КГГП

Деталь гайка спеціальна відноситься до класу втулок. Основними базовими поверхнями для більшості операцій даної деталі будуть торці та центральний отвір. Майже всі поверхні є робочими тому їх обробка повинна виконуватись з досить високою точністю.

По зовнішньому діаметру гайки виконаний внутрішній діаметр рейки-поршень, що представляє собою полий циліндр. На одній стороні рейки-поршня виконані два ряди зубців, з якими входять в зачеплення зубці вал-сектора. Гайка і рейка-поршень з'єднані між собою клинами. В гайці розміщений гвинт, що з'єднується через торсіон з кермовим валом, що представляє собою одне ціле з ротором, а гвинт в той же час є розповсюджувачем. В цілях підвищення довговічності і отримання повної зворотності КГП між гвинтовими канавками гвинта і гайки закладені кульки в вигляді двох замкнених потоків. Вхід і вихід гвинтової канавки гайки замикаються вкладишами, заповненими такими ж кульками. При повороті гвинта гайка з рейкою-поршнем рухається вздовж вісі гвинта, а кульки, перекочуючись по гвинтовій канавці, входять в одну вкладишем, рухаються по ним і виходять з іншої сторони вкладишем. При переміщенні рейка-поршень входить в зачеплення з валом-сектором, повертає його і таким чином повертає сошку транспортного засобу.

Характеристика виробничої програми. Характер, структура та зміст технологічного процесу в цілому залежать від прийнятих організаційних форм роботи проектного цеху, які зумовлюються величиною виробничої програми та змістом робіт, що виконуються на робочих на робочих місцях.

В якості характеристики виробничої програми наводимо дані в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Назва виробу	Маса одного виробу, кг	Річна програма випуску	
		штук	тон
Гайка	1,16	7500	8700

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності заданих деталей

Технологічність конструкції — це характеристика виробу, яка визначає його пристосованість до ефективного виготовлення з мінімальними витратами праці, матеріалів і часу при забезпеченні необхідної якості та надійності. Технологічність впливає на всі етапи життєвого циклу виробу, від проектування до утилізації.

Основні аспекти технологічності конструкції включають:

1. Простота конструкції: виріб має бути спроектований таким чином, щоб його можна було виготовити з мінімальною кількістю деталей і технологічних операцій.

2. Уніфікація та стандартизація: використання стандартних деталей і вузлів полегшує виробництво та ремонт виробу, знижуючи витрати на виготовлення та обслуговування.

3. Матеріали: вибір матеріалів, які легко піддаються обробці, є економічно доцільними і забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики виробу.

4. Технологічні процеси: конструкція повинна передбачати використання ефективних технологічних процесів, які мінімізують трудомісткість і енерговитрати.

5. Складання і розбирання: виріб має бути легко складати і розбирати для проведення ремонту або технічного обслуговування.

6. Безпека і екологічність: конструкція повинна відповідати вимогам безпеки для персоналу та бути екологічно безпечною як у процесі виробництва, так і під час експлуатації та утилізації.

Забезпечення високої технологічності конструкції вимагає тісної співпраці між інженерами-конструкторами та технологами на всіх етапах проектування та виробництва виробу.

Точність деталі – це ступінь відповідності фактичних розмірів, форми, розташування поверхонь і інших параметрів деталі її номінальним (проектним) значенням. Точність виготовлення деталей є критично важливою для

забезпечення їхньої взаємозамінності, надійності і тривалого терміну служби механізмів та пристроїв.

Основні аспекти точності деталі включають:

1. Розмірна точність: відповідність фактичних розмірів деталі заданим розмірам в кресленні. Це включає довжину, ширину, висоту, діаметри отворів і валів, тощо.

2. Точність форми: відповідність фактичної форми деталі заданій геометрії. Це включає прямолінійність, круглість, циліндричність, плоскість та інші геометричні параметри.

3. Точність розташування поверхонь: відповідність фактичного розташування поверхонь, отворів, осей тощо заданому розташуванню. Це включає паралельність, перпендикулярність, кутові положення та інші параметри розташування.

4. Шорсткість поверхні: якість обробки поверхні, яка впливає на експлуатаційні властивості деталі, такі як тертя, зносостійкість, герметичність з'єднань.

5. Клас точності: деталі можуть мати різні класи точності в залежності від вимог до їх експлуатації. Класи точності визначаються стандартами і можуть варіюватися від грубої до високої точності.

6. Допуски і посадки: допуски визначають допустимі відхилення розмірів від номінальних значень. Посадки визначаються взаємодією деталей (наприклад, посадка вала в отвір) і можуть бути з зазором, натягом або перехідними.

Виготовлення деталей з високою точністю вимагає використання сучасних технологічних процесів, точного вимірювального обладнання, а також кваліфікованого персоналу. Контроль точності деталей здійснюється на різних етапах виробництва за допомогою вимірювальних інструментів і пристроїв, таких як мікрометри, штангенциркулі, координатно-вимірювальні машини та інші засоби контролю.

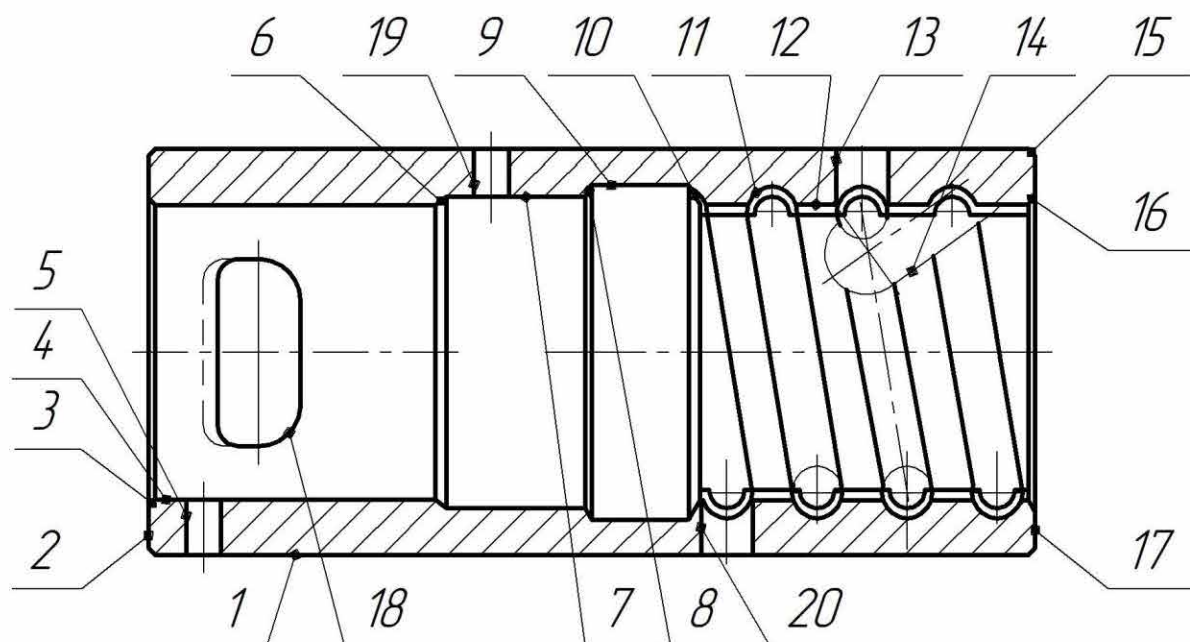


Рис.2.1. Екіз деталі гайка спеціальна

Таблиця 2.1

Параметри точності і технологічності деталі Гайка спеціальна

№ пов	Найменування поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Точність		Шорсткість поверхні, Ra
				відносних	форми	
1,1'	Торцеві поверхні	155 ^{-0,25}	h14	-	$\sqrt{\quad}$ 0,04 E	12,5
2	Отвір	$\varnothing 5^{+0,3}$	H10	-	-	6,3
3	Центральний отвір	$\varnothing 40^{+0,046}$	H7	-	-	0,4
4	Фаска	1x45°	h14	-	-	12,5
5,5'	Фаска	1x45°	h14	-	-	12,5
6	Циліндрична поверхня	$\varnothing 58,5_{-0,046}$	h9	$\leq \frac{0,0}{2}$ E	-	3,2
7	Отвір	$\varnothing 48,3^{+0,15}$	H10	-	-	6,3
8	Гвинтова канавка	$\varnothing 42_{-0,06}$ $\varnothing 47,8_{min}$	H8	-	-	1,6
9	Отвір	$\varnothing 7,5^{+0,36}$	H9	-	-	3,2
10	Отвір	$\varnothing 7,5^{+0,022}$	H9	-	-	3,2
11,1'	Наскрізні пази	$27^{+0,5}_X$ $12^{+0,43}$	h10	-	-	6,3
12,1'	Наскрізні пази	$30^{+0,084}_X$ $12^{+0,07}$	h10	-	-	6,3
14	Отвір	$\varnothing 45$	H14	-	-	12,5

Деталь, яка аналізується – гайка має циліндричну форму, її можна віднести до деталей типу втулок. Всі поверхні деталі мають правильну геометричну форму, яка легко отримується при виготовленні заготовки. Майже всі поверхні, які обробляються – легко доступні для обробки ; для даної форми заготовки базові поверхні мають вдалу форму та розміщення, що робить легшим технологічний процес виробництва деталі. Деякі ускладнення виникають при обробці гвинтової канавки по внутрішній поверхні гайки, так як при проведенні даної операції необхідно витримати високу точність обробки та використовувати спеціальний інструмент. Таким чином в цілому конструкцію деталі можна вважати технологічною. Майже до всіх поверхонь забезпечений вільний підхід ріжучого інструменту. Відсутні поверхні з необґрунтовано високою точністю обробки. Всі невідповідальні поверхні оброблюються по 14-му квалітету. При обробці відповідальних поверхонь витримується принцип єдності баз, що знижує відсоток браку.

Проаналізувавши всі вище перелічені фактори, будемо вважати деталь гайка спеціальна технологічною.

2.2. Аналіз діючого технологічного процесу

Аналіз діючого технологічного процесу механічної обробки гайки спеціальної виконується з метою виявлення відповідності вимогам сучасної технології машинобудування, визначення відхилень та недоліків, а також розробці рекомендацій по їх реалізації. Аналізуючи базовий технологічний процес заданої деталі можна відмітити, що він забезпечує виготовлення деталей в повній відповідності з заданими вимогами, щодо точності, продуктивності та собівартості. До недоліків більшості базових технологічних процесів слід віднести те, що в них поряд з верстатами напівавтоматами, спеціальними, використовуються і універсальні верстати, що не відповідає вимогам сучасної технології виробництва деталей і діючі технологічні процеси не забезпечують необхідну гнучкість виробництва. Базовий технологічний процес механічної обробки гайки спеціальної складається з 15 операцій механічної обробки, при виконанні яких використовуються універсальні верстати та застарілі верстати з

ЧПУ зі зниженими показниками режимів обробки та недоцільною послідовністю виконання переходів. Так при токарній обробці зовнішніх циліндричних поверхонь використовується токарний верстат з ЧПУ, але з чотирма перестановками. А при обробці отворів використано вертикально-свердлильний верстат 2Н125. Таким чином при обробці отворів, деталь декілька разів переустановлюється, що впливає на точність обробки поверхонь та точність взаємного розташування поверхонь.

Пропонується в базовий технологічний процес внести ряд змін: скоротити кількість операцій механічної обробки за рахунок використання сучасних верстатів з ЧПУ, це дозволить скоротити кількість операцій, скоротити виробничу площу, зменшити кількість транспортних операцій, зменшити кількість робітників і підвищити точність обробки. Свердлильні верстати можливо замінити на фрезерний верстат з ЧПУ 6Р11Ф3-01 та отримати більш якісні показники по точності та підвищити продуктивність.

2.3. Вибір заготовок та способу їх виготовлення

Вибір заготовок для деталей і способу їх виготовлення є важливим етапом у процесі проектування та виробництва. Від правильного вибору залежить економічність, якість та ефективність виготовлення виробу. Розглянемо основні фактори, які впливають на вибір заготовок і методів їх виготовлення.

Вибір заготовок

1. Матеріал: вибір матеріалу залежить від вимог до міцності, твердості, корозійної стійкості, теплопровідності та інших властивостей деталі. Наприклад, сталь використовується для міцних і зносостійких деталей, алюміній — для легких і корозійно стійких, мідь — для деталей з високою теплопровідністю.

2. Форма і розміри: заготовки можуть мати різні форми: прутки, листи, труби, відливки, кування тощо. Форма і розміри заготовки повинні бути наближені до кінцевої форми деталі для мінімізації обробки.

3. Тип виробництва: серійне, масове або одиничне виробництво визначає тип і розмір заготовок. Для серійного виробництва використовуються стандартизовані заготовки, для одиничного — спеціально виготовлені.

Способи виготовлення заготовок

1. Лиття: використовується для складних форм і великих деталей. Види лиття: піщане, кокільне, під тиском, за моделями, що виплавляються. Переваги: можливість виготовлення деталей складної форми з мінімальною обробкою. Недоліки: обмеження по розмірах і точності, можливість утворення дефектів (пори, тріщини).

2. Кування та штампування: використовується для виготовлення деталей з високими механічними властивостями. Гаряче кування, штампування, холодне штампування. Переваги: висока міцність, точність, економічність при великосерійному виробництві. Недоліки: висока вартість інструменту, обмеження по формі.

3. Обробка різанням: використовується для виготовлення заготовок з точними розмірами та високою якістю поверхні. Токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні операції. Переваги: висока точність, можливість виготовлення складних деталей. Недоліки: висока трудомісткість, витрати на інструмент.

4. Порошкова металургія: використовується для виготовлення деталей з порошків металів шляхом пресування і спікання. Переваги: можливість виготовлення деталей з унікальними властивостями (наприклад, висока твердість). Недоліки: обмеженість по розмірах і формі, висока вартість обладнання.

5. Адитивні технології (3D-друк): використовується для виготовлення складних і унікальних деталей, прототипів. Переваги: швидкість виготовлення, мінімізація відходів, можливість виготовлення складних геометрій. Недоліки: обмеження по матеріалах і розмірах, вартість обладнання і матеріалів.

Вибір заготовок і способів їх виготовлення є багатофакторним процесом, який вимагає врахування характеристик матеріалів, особливостей конструкції, типу виробництва та економічної доцільності. Тісна співпраця між конструкторами, технологами та виробничниками дозволяє забезпечити оптимальні рішення для ефективного виготовлення деталей.

Згідно з вихідними даними базового технологічного процесу та практичного досвіду проектування і експлуатації автомобілів та підсилювачів

рульових механізмів, для виготовлення гайки використовується легована конструкційна сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-71. Характеристику хімічного складу та механічних властивостей матеріалів наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад в %				Механічні властивості		
	C	Si	Mn	Cr	δ_T кг/мм ² не менше	δ_B кг/мм ² не менше	Твердість HB не більш
Сталь 20ХГНР ГОСТ4543-71	0,15- 0,21	0,17- 0,37	0,5-0,8	0,7-1,0	80	100	240...300

Сталь 20ХГНР використовується для деталей, які працюють при великих швидкостях, середніх та високих питомих опорах, при наявності ударних навантажень: вали, що обертаються в підшипниках ковзання, зубчастих колесах, черв'яках, кулачкових муфтах і втулках. Застосовують, коли вимагається висока твердість поверхні та зносостійкість деталей, якщо необхідна досить висока міцність та в'язкість. Вміст хрому в сталі значно зміцнює її та робить важкооброблюваними деталі. Враховуючи, що деталь має достатньо нескладну форму, невисокі вимоги до чистоти поверхні, а також, що тип виробництва – середньо серійний, початково приймаємо метод отримання заготовки – прокат (круглий). Враховуючи власні можливості, підприємство також може вибрати як варіанти для отримання заготовки прокат трубний та штамповка на ГKM з прошиванням отвору.

Визначаємо вартість заготовки для деталі на спецгайку.

За базовим технологічним процесом:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot R_T \cdot R_C \cdot R_B \cdot R_M \cdot R_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{вдх}}{1000}; \text{грн}$$

де: C_i – базова вартість 1 т заготовок;

$R_T, R_C, R_B, R_T, R_M, R_{II}$ – коефіцієнти – від класу точності, групи складності,

маси, марки матеріалу і об'єму виробництва;

Q – маса заготовки; q – маса деталі.

$$S_{3AГ1} = \left(\frac{20000}{1000} \cdot 5,7 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,29 \cdot 1,27 \cdot 0,8 \right) - (5,7 - 1,16) \cdot \frac{6000}{1000} = 104,24 \text{ грн}$$

Вартість заготовки запропонованої:

$$S_{3AГ2} = \left(\frac{20000}{1000} \cdot 4,9 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,29 \cdot 1,27 \cdot 0,8 \right) - (4,9 - 1,16) \cdot \frac{6000}{1000} = 90,59 \text{ грн}$$

де: маса заготовки зменшилась і становить 4,9кг.

Це досягнуто за рахунок прошивання центрального отвору.

2.4. Вибір методів обробки поверхонь

Методи обробки поверхонь є ключовими технологічними процесами, що визначають якість та експлуатаційні властивості деталей. Ці методи дозволяють досягти необхідної точності, шорсткості, твердості та інших характеристик поверхні. Ось основні методи обробки поверхонь:

1. Механічна обробка

- Токарна обробка: застосовується для обробки деталей циліндричної форми. Виконується на токарних верстатах шляхом різання матеріалу за допомогою різця.

- Фрезерування: використовується для обробки плоских, фасонних поверхонь та канавок. Проводиться на фрезерних верстатах з використанням фрез.

- Свердління: призначено для створення отворів різного діаметру. Виконується на свердлильних верстатах за допомогою свердел.

- Шліфування: застосовується для досягнення високої точності та малої шорсткості поверхні. Виконується на шліфувальних верстатах з використанням абразивних кругів.

- Притирка і полірування: використовується для досягнення дзеркального блиску і високої точності. притирка здійснюється за допомогою абразивних матеріалів, полірування — за допомогою паст і полірувальних кругів.

2. Термічна обробка

- Гартування: процес нагрівання матеріалу до певної температури і швидкого охолодження. Підвищує твердість і міцність поверхневого шару.
- Відпуск: застосовується після гартування для зняття внутрішніх напружень. Підвищує в'язкість і знижує крихкість матеріалу.
- Нітрація: процес дифузійного насичення поверхні азотом. Підвищує твердість і зносостійкість поверхні.

3. Хімічна і електрохімічна обробка

- Хімічне травлення: застосовується для очищення і шорсткості поверхні. Виконується шляхом занурення деталі в кислотні або лужні розчини.
- Електролітичне полірування: процес вирівнювання і полірування поверхні під дією електричного струму в електроліті. Забезпечує високу якість і чистоту поверхні.
- Анодування: електрохімічний процес утворення оксидного шару на поверхні алюмінію. Підвищує корозійну стійкість і покращує зовнішній вигляд.

4. Нанесення покриттів

- Гальванічне покриття: нанесення металевих покриттів (хромування, цинкування, нікелювання) шляхом електролізу. Підвищує корозійну стійкість і зносостійкість.
- Порошкове покриття: нанесення полімерного порошку на поверхню і його спікання при високій температурі. Забезпечує стійке і довговічне покриття.
- Плазмове напилення: нанесення покриття з використанням плазмового струменя, що розплавляє матеріал покриття і наносить його на поверхню. Використовується для захисту від зносу, корозії, високих температур.

5. Інші методи

Лазерна обробка: використання лазерного променя для різання, зварювання, гартування або гравірування. Застосовується для високоточної обробки складних поверхонь. Ультразвукова обробка: використання високочастотних ультразвукових коливань для очищення або обробки поверхні. Підходить для делікатної обробки і очищення. Плазмова іонізація: процес обробки поверхні за допомогою плазми. Підвищує адгезію покриттів, очищує і модифікує поверхню. Вибір методу обробки поверхні залежить від матеріалу

деталі, необхідної точності, шорсткості, умов експлуатації і економічних факторів. Кожен метод має свої переваги і обмеження, що враховуються при проектуванні технологічного процесу.

Методи та маршрути обробки поверхонь визначаємо виходячи з вимог, що до точності та якості готової деталі та щоб найкоротшим і найекономнішим шляхом забезпечити задані параметри. На підставі розрахунку уточнень визначаємо оптимальний варіант маршрутів обробки поверхонь заданих деталей. Загальне уточнення:

$$\varepsilon_{ЗАГ} = \frac{\delta_{ЗАГ}}{\delta_{ДЕТ}};$$

де: $\delta_{ЗАГ}$ – допуск заготовки; $\delta_{ДЕТ}$ – допуск деталі.

$$\text{Фактичне уточнення } \varepsilon_{\Phi} = \varepsilon_{\Phi 1} \cdot \varepsilon_{\Phi 2} \cdot \dots \cdot \varepsilon_{\Phi n};$$

$$\text{де: } \varepsilon_{\Phi i} = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i};$$

При умові: $\varepsilon_{\Phi} \geq \varepsilon_{ЗАГ}$.

Деталь піввісь, поверхня отвір $\varnothing 40^{+0,046}$ (Ra 0,4).

Маршрут обробки поверхні: Заготовка – $\delta_3 = 3,6\text{мм}$;

1. Зенкерування однократне $\delta_1 = 0,3\text{мм}$;
2. Розточування напівчистове $\delta_2 = 0,19\text{мм}$;
3. Розточування чистове $\delta_3 = 0,074\text{мм}$;
4. Розточування тонке $\delta_4 = 0,046\text{мм}$;
5. Хонінгування $\delta_5 = 0,046\text{мм}$;

$$\varepsilon_{ЗАГ} = \frac{\delta_{ЗАГ}}{\delta_{ДЕТ}} = \frac{3,6}{0,046} = 48,2;$$

$$\varepsilon_{\Phi 1} = \frac{\delta_{ЗАГ}}{\delta_1} = \frac{3,6}{0,3} = 12,0; \quad \varepsilon_{\Phi 2} = \frac{0,3}{0,19} = 1,6; \quad \varepsilon_{\Phi 3} = \frac{0,19}{0,074} = 2,6;$$

$$\varepsilon_{\Phi 4} = \frac{0,074}{0,046} = 1,6; \quad \varepsilon_{\Phi 5} = \frac{0,046}{0,046} = 1;$$

$$\varepsilon_{\Phi} = 12 \cdot 1,6 \cdot 2,6 \cdot 1,6 \cdot 1 = 79.$$

$$\varepsilon_{\Phi} \geq \varepsilon_{3AG}.$$

Умова виконується. На інші поверхні деталей розрахунки виконуємо аналогічно і результати заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

Маршрути обробки поверхонь гайки спеціальної

Позначення поверхні	Допуск на поверхню по кресленню, δ_d мм	Шорсткість поверхні, мкм	Допуск на заготовку по поверхні, δ_z мм	Загальне уточнення ε_3	Можливі технологічні маршрути обробки поверхні		Економічні допуски на проміжні методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення	$\Pi\varepsilon_i = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i$
					№	Зміст маршруту			
1,1	0,2	3,2	3	15	1	Точіння чорнове	0,4	7,5	15
						Точіння чистове	0,2	2	
					2	Точіння чорнове	1,0	3	15,03
						Точіння напівчистове	0,6	1,6	
						Точіння чистове	0,2	3	
6	0,046	1,6	2	43,4	1	Точіння чорнове	0,3	6,67	43,3
						Точіння чистове	0,12	2,5	
						Шліфування попереднє	0,046	2,6	
					2	Точіння чорнове	0,46	4,4	46,2
						Точіння напівчистове	0,19	2,42	
						Точіння чистове	0,062	3,1	
						Точіння тонке	0,046	1,4	
7	0,15	6,3	2	13,3	1	Свердління	0,25	8	13,4
						Розвертання спеціальне	0,15	1,6	
					2	Розточування чорнове	0,39	5,1	13,2
						Розточування чистове	0,15	2,6	
10	0,036	2,5	3,5	97,2	1	Свердління	0,09	38,8	96,4
						Розвертання нормальне	0,052	1,55	
						Розвертання точне	0,036	1,6	
					2	Свердління	0,09	38,8	97,2
						Розвертання точне	0,36	2,5	
3	0,046	0,4	3,6	78,2	1	Зенкерування	0,3	12,0	79,1
						Розточування напівчистове	0,19	0,19	
						Розточування чистове	0,074	0,074	
						Розточування тонке	0,046	0,046	
						Хонінгування	0,046	0,046	
					2	Зенкерування	0,3	12,0	
						Зенкерування чистове	0,12	2,5	
						Розверчування чорнове	0,18	1,5	
						Розвірчування чистове	0,046	1,7	

					Хонінгування	0,046	1,0	79,1
--	--	--	--	--	--------------	-------	-----	------

2.5 Розробка маршрутів виготовлення деталей

Даний технологічний процес складений для забезпечення вимог креслення і при виготовленні деталі виконуються всі його вимоги в цеху. Для виготовлення деталі гайка використовується заготовка – прокат, матеріал деталі 20ХГНР ГОСТ4543-71. Технологічний процес обробки гайки виконується на спеціальних високопродуктивних верстатах. З метою вдосконалення технологічного процесу більш ефективним є застосування на деяких операціях механічної обробки верстатів з ЧПУ. Більшість операцій даного технологічного процесу виконується на верстатах з ЧПУ та напівавтоматах, але для операцій 030, 035, 040, 060 та 070 використовуються універсальні вертикально-свердлильні верстати. Для деяких з цих операцій можна також впровадити верстати з ЧПУ, на яких можливо з однієї установки виконати обробку декількох поверхонь, як чорнову, так і чистову.

Розроблені маршрути обробки поверхонь гайки спеціальної наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

Маршрути обробки деталі гайка спеціальна

Маршрутний технологічний процес	
базовий	проектусмий
1	2
005 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК 16A20Ф3 Підрізати торець,точити фаску,свердлити отвір,зенкувати фаску.	005 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК HAAS ST-20SS Підрізати торець,точити фаску, свердлити отвір зенкувати фаску.
010 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК 16A20Ф3 Підрізати торець,точити фаску,зенкувати фаску.	010 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК HAAS ST-20SS Підрізати торець,точити фаски,розточити отвір,карман. Розточити отвір, фаску,гвинтову канавку,точити зовнішню поверхню.
015 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК 16A20Ф3 Підрізати торець,точити фаски,розточити отвір,карман. Розточити отвір, фаску,гвинтову канавку.	015 Фрезерна з ЧПК Фрезерний з ЧПК 6P11Ф3-01 Свердлити послідовно 4 отвори, перевстановити, свердлити послідовно 4 отвори, перевстановити, Свердлити послідовно 2 овори.

020 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК 16A20Ф3 Точити зовнішню поверхню.	020 Фрезерна з ЧПК Обробляючий центр з ЧПК HAAS VF-1 Фрезерувати два пази послідовно, фрезерувати похилу поверхню.
025 Свердлильна Вертикально-свердлувальний 2H125 Свердлити отвір.	025 Фрезерна з ЧПК Фрезерний з ЧПК 6P11Ф3-01 Свердлити 2 отвори послідовно
030 Свердлильна Вертикально-свердлувальний 2H125 Свердлити послідовно 4 отвори.	030 Фрезерна з ЧПК Обробляючий центр з ЧПК HAAS VF-1 Фрезерувати паз
035 Свердлильна Вертикально-свердлувальний 2H125 Свердлити послідовно 2 отвори.	035 Фрезерна з ЧПК Обробляючий центр з ЧПК HAAS VF-1 Фрезерувати паз.
040 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК 16A20Ф3 Розточити отвір начисто	040 Шліфувальна Круглошліфувальний 3М81 Шліфувати зовнішню поверхню, шліфувати торець деталі.
045 Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК 16A20Ф3 Точити зовнішню циліндричну	045 Різьбошліфувальна Різьбошліфувальний 5822
050 Свердлильна Вертикально-свердлувальний 2H125 Свердлити дренажні отвори	
055 Фрезерна Фрезерна ОММ64SC Фрезерувати послідовно 4 паза.	
060 Фрезерна Фрезерна ОММ64SC Фрезерувати послідовно 4 паза начисто	
065 Свердлильна Вертикально-свердлувальний 2H125 Довести внутрішню циліндричну поверхню	
070 Шліфувальна Круглошліфувальний 3С110ВН2 Шліфувати зовнішню поверхню.	
075 Шліфувальна Різьбошліфувальний 5К822В Шліфувати торець деталі.	

2.6. Вибір технологічних баз.

Вибір технологічної бази для виготовлення деталі залежить від ряду факторів, включаючи матеріал деталі, її геометричну складність, обсяги виробництва, вимоги до точності та поверхневого оброблення, а також економічні аспекти. Процес вибору технологічних баз виготовлення деталі на машинобудівному підприємстві включає кілька ключових етапів. Ось покроковий підхід до цього процесу. Визначення вимог до деталі. Аналіз технічних вимог. Матеріал: визначте, з якого матеріалу повинна бути

виготовлена деталь (метал, пластик, композит і т.д.). Геометрія: оцініть складність форми, розміри, наявність внутрішніх порожнин та особливостей конструкції. Допуски і точність: визначте, які допуски та точність необхідні для забезпечення функціональності деталі. Якість поверхні: вимоги до обробки поверхні (гладкість, відсутність дефектів). Аналіз експлуатаційних вимог. Механічні властивості: вимоги до міцності, жорсткості, витривалості. Експлуатаційні умови: температурні режими, корозійна стійкість, зносостійкість. Термін служби: очікувана тривалість використання деталі. Вибір відповідних технологічних процесів. Традиційні методи обробки. Токарна обробка: підходить для деталей циліндричної форми. Фрезерна обробка: використовується для створення плоских поверхонь та складних форм. Шліфування: для забезпечення високої точності та гладкості поверхні. Свердління: для виготовлення отворів різних діаметрів. Лиття: для виготовлення складних форм, особливо при масовому виробництві. Кування: для виготовлення міцних деталей з високою механічною витривалістю.

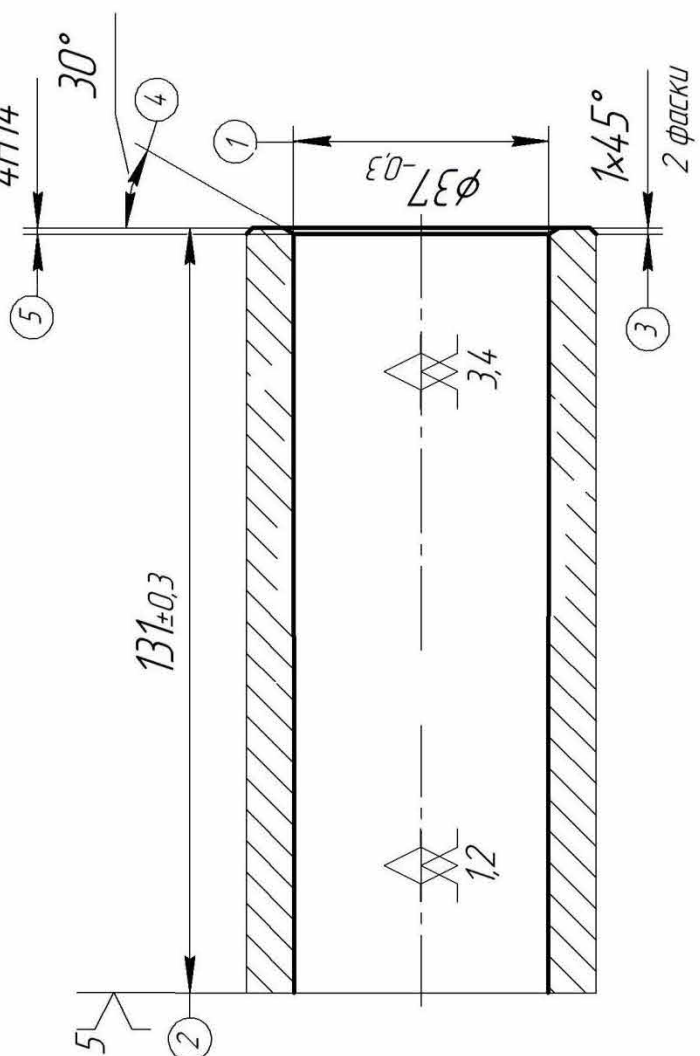
Сучасні методи обробки. 3D-друк (адитивне виробництво): підходить для прототипування та виготовлення складних форм з металів і пластиків. Електроерозійна обробка (EDM): для обробки твердих матеріалів і створення складних форм. Лазерна обробка: для високоточної різки, зварювання та гравіювання. Оцінка обладнання та ресурсів. Доступність обладнання. Оцініть наявність необхідного обладнання на підприємстві. Перевірте можливість придбання або оренди відсутнього обладнання. Вартість обладнання та інструментів. Враховуйте витрати на закупівлю, обслуговування та модернізацію обладнання. Оцініть вартість необхідних інструментів та витратних матеріалів. Кваліфікація персоналу. Оцініть рівень підготовки та досвід персоналу у роботі з обраними технологіями. Плануйте навчання та підвищення кваліфікації працівників, якщо це необхідно. Аналіз виробничих процесів. Прототипування та тестування. Виконайте тестові виготовлення для перевірки якості і точності. Оцініть ефективність і відповідність процесів виробництва технічним вимогам. Оптимізація процесів. використовуйте CAD/CAM системи для проектування та програмування обробки. Впровадьте

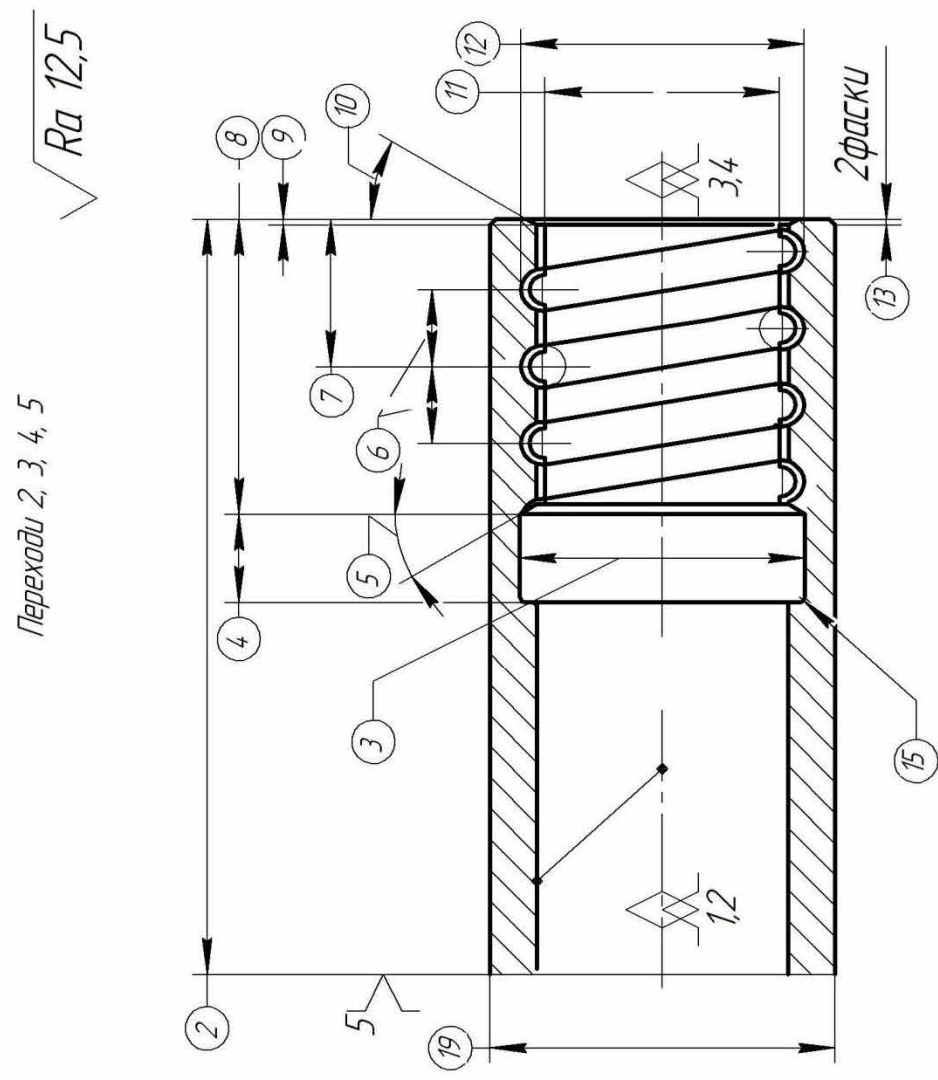
системи управління виробництвом (MES) для оптимізації та моніторингу виробничих процесів. Оцінка економічних аспектів. Вартість виробництва. Аналізуйте прямі витрати на матеріали, обладнання та робочу силу. Оцініть непрямі витрати, такі як енергоспоживання, відходи та час простою. Виробнича ефективність. Оцініть продуктивність та швидкість виготовлення деталей. Враховуйте можливість автоматизації процесів для зниження витрат та підвищення якості. Прийняття рішення та впровадження. Вибір оптимального технологічного процесу. Порівняйте всі варіанти, враховуючи технічні, економічні та ресурсні аспекти. Прийміть рішення на основі комплексного аналізу. Впровадження та контроль. Реалізуйте вибраний технологічний процес на виробництві. Встановіть системи контролю якості та моніторингу ефективності. Постійне вдосконалення. Регулярно переглядайте та оцінюйте ефективність процесів. Впроваджуйте інновації та поліпшення для підвищення конкурентоспроможності. Цей покроковий підхід забезпечить систематичний та обґрунтований вибір технологічних баз для виготовлення деталей на машинобудівному підприємстві, враховуючи всі необхідні аспекти.

2.7. Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення

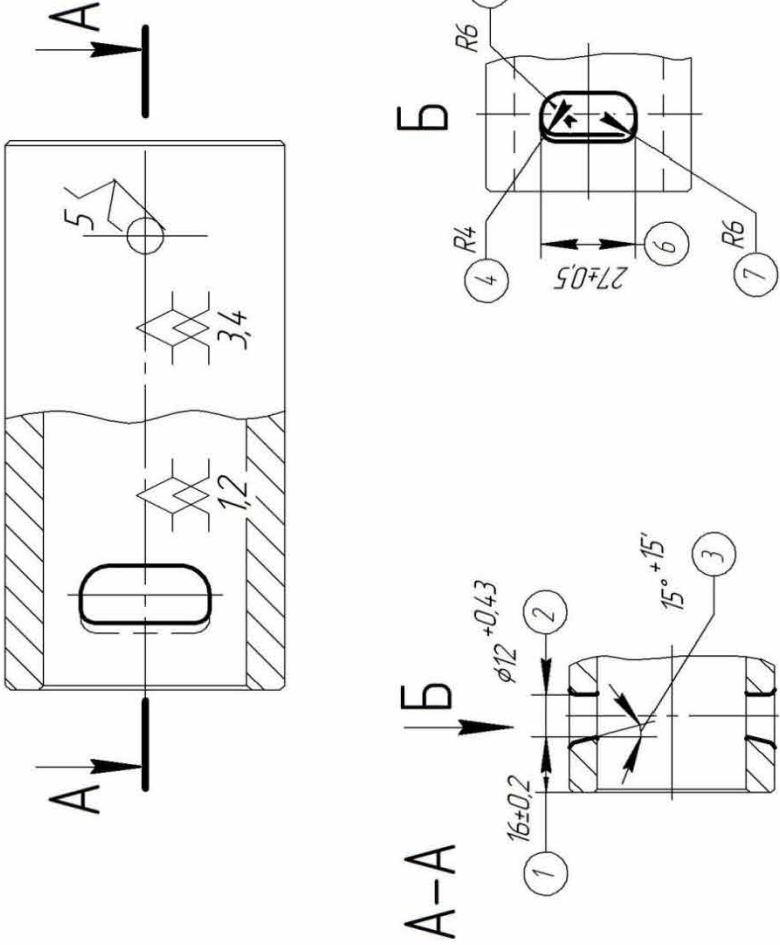
Розробка структури та змісту операцій технологічних процесів механічної обробки заданої деталі вимагає детального аналізу вимог до деталі та планування кожного етапу обробки.

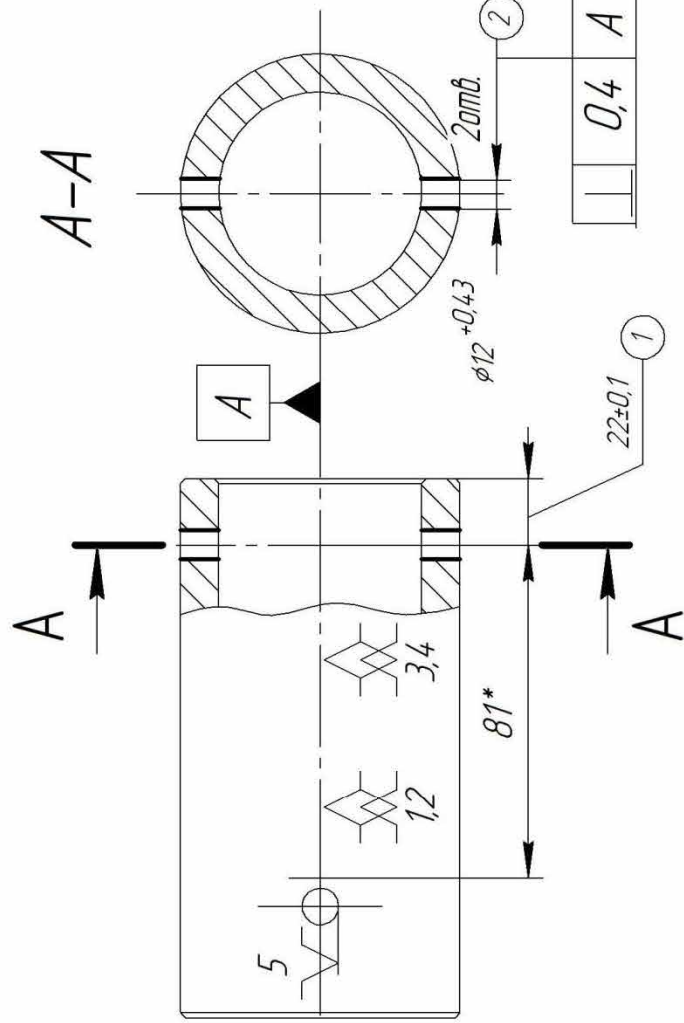
Структуру технологічного процесу див. у табл.2.5

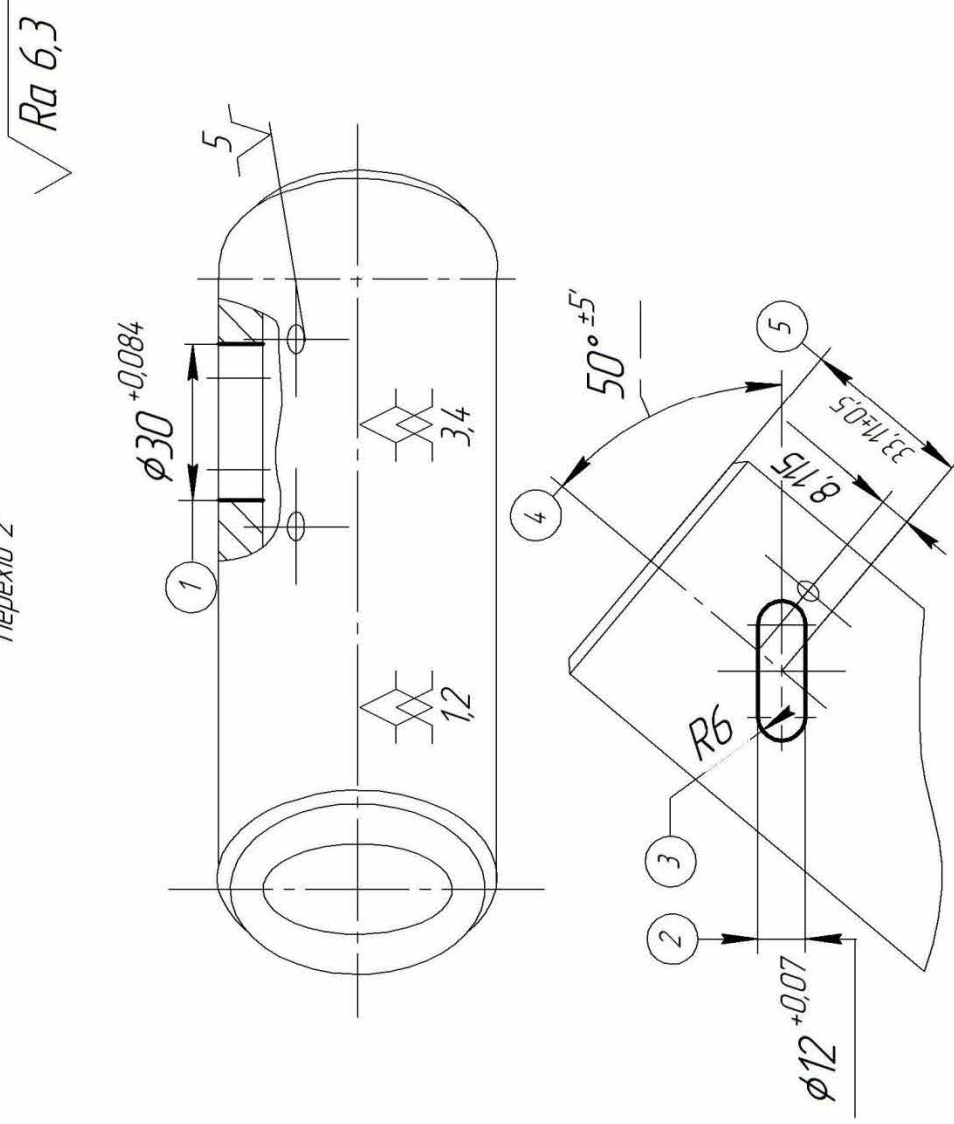
Номер та найменування операції	Найменування та модель верстата	Операційний ескіз та схема базування	Зміст операції
1	2	3	4
005 Токарна з ЧПУ	005 Токарний з ЧПУ HAAAS ST-20SS	Переходи 2, 3, 4 	1. Встановити і закріпити деталь 2. Точити торці, точити фаску, витримуючи розміри 2, 3 3. Свердлити отвір, витримуючи розміри 1, 2 4. Зенкувати фаску, витримуючи розміри 4, 5 5. Зняти деталь

1	2	3	4
010 Токарна з ЧПУ	010 Токарний з ЧПУ HAAS ST-20SS	 Переходи 2, 3, 4, 5 $\sqrt{Ra\ 12,5}$ $\sqrt{3,4}$ 2 фаски	1. Встановити і закріпити деталь 2. Підрізати торець, точити фаску, витримуючи розміри 2, 9, 10, 13 3. Розточити карман, витримуючи розміри 3, 4, 5, 15 4. Точити гвинтову канавку, витримуючи розміри 6, 7, 8, 11, 12 5. Точити зовнішню поверхню, витримуючи розміри 19 6. Зняти деталь

1	2	3	4
015 Фрезерна з ЧПУ	010 Фрезерна з ЧПУ 6P11Ф3-01	Переходи 2, 3 Technical drawing showing two cross-sections, A-A and B-B, of a mechanical part. Section A-A shows a transition with dimensions 29±0.05, 12, 3, 4, and 5. Section B-B shows a transition with dimensions 13*, 4, and 2. The drawing includes surface texture symbols (Ra 6,3 and Ra 7,5) and a list of operations in the adjacent column.	1. Встановити і закріпити деталь 2. Свердлити послідовно отвори, витримуючи розміри 1, 3. 3. Свердлити послідовно отвори, витримуючи розміри 2, 4. 4. Зняти деталь

1	2	3	4
020 Фрезерна з ЧПУ	020 Фрезерний з ЧПУ HAAS VF-1	Переходи 2, 3 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ 	1. Встановити і закріпити деталь 2. Фрезерувати два пази послыдовно, витримуючи розміри 1, 2, 3 3. Фрезерувати похилу поверхню, витримуючи розміри 4, 5, 6, 7 4. Зняти деталь

1	2	3	4
025 Фрезерна з ЧПУ	Фрезерний з ЧПУ 6P11Ф3-01	Перехід 2 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ 	1. Встановити і закріпити деталь 2. Свердлити два отвори послідовно, витримуючи розміри 1, 2. 4. Зняти деталь

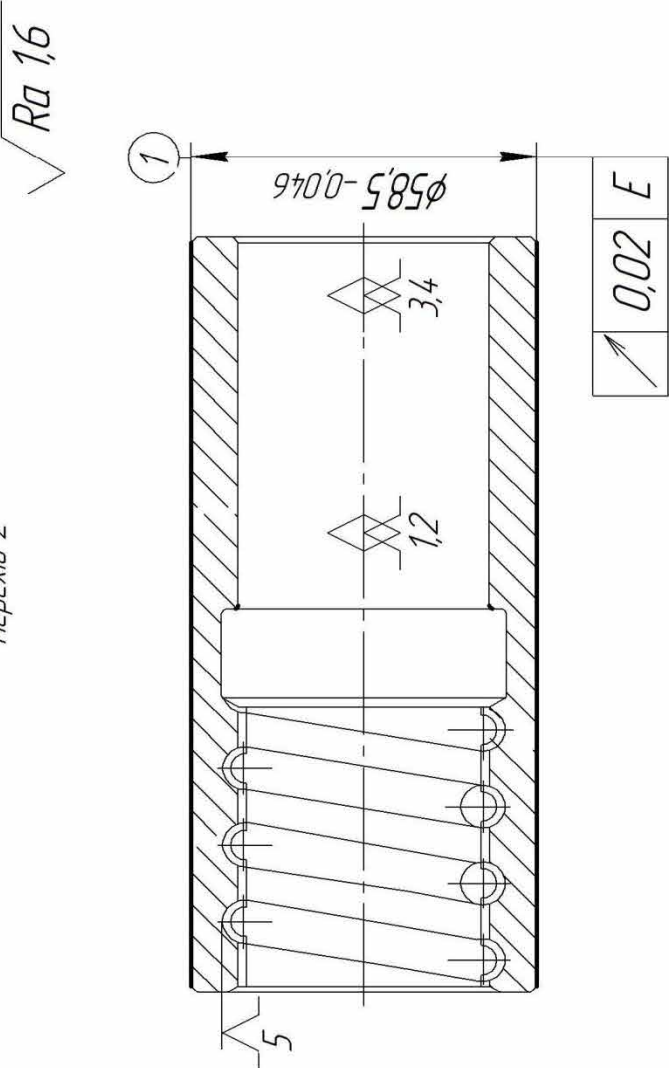
1	2	3	4
025 Фрезерна з ЧПУ	Обробний центр HAAS VF-1	Перехід 2 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ 	1. Встановити і закріпити деталь 2. Фрезерувати паз, вирішуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5. 4. Зняти деталь

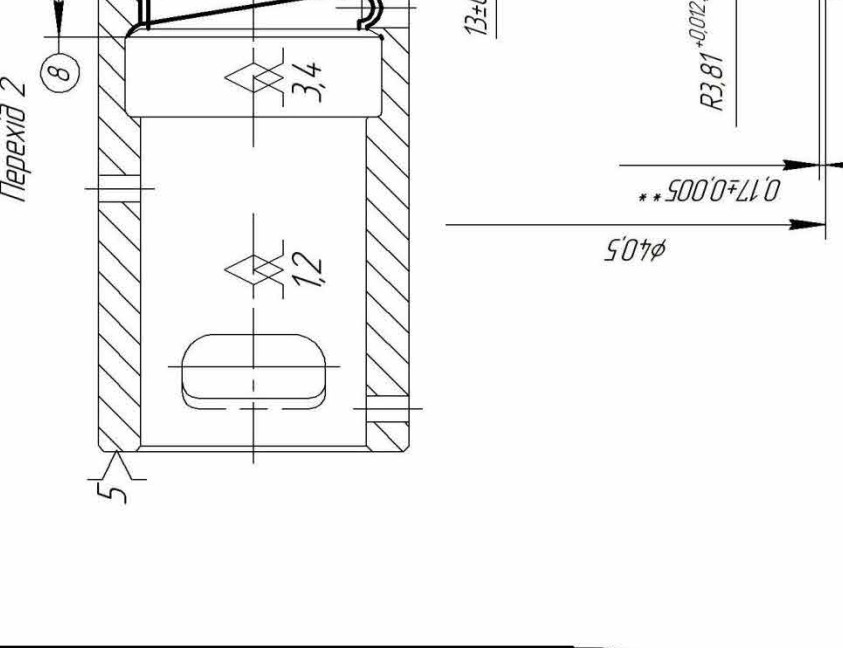
1	2	3	4
035 Фрезерна з ЧПУ	Обробний центр з ЧПК HAAS VF-1	Перехід 2 Technical drawing details: - Section: A-A - Surface roughness: $Ra\ 6,3$ - Dimensions: $\phi 12^{+0,07}$, $\phi 30^{+0,084}$, $R6$, $8,75^\circ$, $50^\circ \pm 5'$, $16,23 \pm 0,5$, $16,88 \pm 0,5$, $22,97 \pm 0,5$, $23,97 \pm 0,5$, $33,11 \pm 0,5$. - Callouts: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.	1. Встановити і закріпити деталь 2. Фрезерувати 2 паза послідовно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. 4. Зняти деталь

1. Встановити і закріпити деталь

2. Фрезерувати 2 паза послідовно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.

4. Зняти деталь

1	2	3	4
040 Шліфувальна	Круглошлі- фувальний 3М81	Перехід 2  $\sqrt{Ra\ 1,6}$ ① $\phi 58,5_{-0,046}$ 12 3,4 5  0,02 F	1. Встановити і закріпити деталь 2. Шліфувати зовнішню поверхню, витримуючи розміри 1, 2. 4. Зняти деталь

1	2	3	4
045 Різьбо- шліфувальна	Різьбошлі- фувальний 5822	Перехід 2  Профіль гвинтової канавки в нормальному перерізі	1. Встановити і закріпити деталь 2. Шліфувати внутрішню гвинтову поверхню, витримуючи розміри 1. 4. Зняти деталь

Для реалізації запропонованих технологічних процесів механічної обробки спецгайки визначаємо відповідне обладнання. Вибір металорізальних верстатів для обробки деталей залежить від багатьох факторів, включаючи матеріал деталі, її розміри, точність обробки, кількість виробів та тип необхідної операції. Нижче наведено основні кроки та рекомендації щодо вибору відповідних верстатів.

Визначення характеристик деталі: Матеріал: важливо знати, який матеріал буде оброблятися (сталь, алюміній, чавун тощо), оскільки це впливає на вибір ріжучого інструменту та режимів обробки. Геометрія та розміри: враховуються габарити деталі та складність її форми. Точність та шорсткість: визначаються вимоги до точності обробки та шорсткості поверхні.

Вибір типу верстата. Токарні верстати: використовуються для обробки циліндричних деталей, виконання операцій точіння, нарізування різьби тощо. Фрезерні верстати: підходять для обробки площин, пазів, шпонкових канавок та інших складних форм. Шліфувальні верстати: використовуються для високоточної обробки поверхонь, надання їм необхідної шорсткості. Свердлильні верстати: для свердління отворів різного діаметру та глибини. Електроерозійні верстати: підходять для обробки складних форм і твердих матеріалів.

Вибір моделі верстата. Продуктивність: враховується кількість деталей, яку потрібно виготовити за певний період. Автоматизація: чи потрібен верстат з ЧПУ (числовим програмним управлінням), що дозволяє автоматизувати процес і підвищити точність. Виробник: обираються надійні виробники, які пропонують якісне обладнання та сервісне обслуговування.

Технічні параметри верстата. Робоча зона: максимальні габарити деталі, які можна обробити на верстаті. Потужність приводу: залежить від матеріалу та розмірів деталі. Швидкість обертання шпинделя: потрібно вибрати верстат, що дозволяє регулювати швидкість обертання для досягнення оптимальних умов обробки. Система охолодження: важливо мати систему охолодження для обробки матеріалів, що можуть перегріватися.

Для кожного конкретного випадку обирається оптимальний верстат або їх комбінація, які відповідають вимогам обробки. Стисла технічна характеристика вибраного обладнання наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6.

Металорізальне обладнання для обробки деталі спецгайка

№ оп. - ції	Назва і модель верстата	Коротка характеристика						Розмірна характеристика		
		Діапазон частот обшлінделя, об/хв.	Діапазон подачі мм/хв.	Габаритні розміри верстата, мм	Маса верстата, т	Потужність ел./дв, кВт	Число УРЕ	Мак-ний роз-р оброб. деталі	Мак-ний діам Свердління, мм	Роз-міри стола
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 010	Токарний з ЧПК HAAS ST-20SS	12,5-2000	1,5-600	3360х 1710х 1750	4	10,0	-	1000	-	-
015 025	Фрезерний з ЧПК 6P11Ф3-01	12,5-1600	повзд. попер. 25- 1250 верт. 8,3-416,6	1500х 1250х 2120	1,5	11,0	-	280	70	400х 1600
020 030 035	Оброблюючий центр з ЧПК HAAS VF-1	31,5-1600	повзд. попер. 25- 1250 верт. 8,3-416,6	2560х 2260х 2120	4,2	11,0	-	280	-	400х 1600
040	Безцентрово-шліфувальний 3M184	50-500	0,1-4	4605х 2450х 2170	5,6	10,0	-	700	-	-

На токарних операціях 005 та 010 також пропонуємо використати промислового робота для обслуговування токарного верстату з ЧПУ HAAS ST-20SS. Даний робот може обслуговувати як один верстат, так і два верстати одночасно. Тому у дослідній частині буде розглянуто питання силового розрахунку захватного пристрою робота та вплив на ефективність роботи токарного РТК. У економічній частині буде наведено розрахунки запропонованого технологічного процесу із використанням промислового робота з одним або двома верстатами.

Для реалізації поставленої задачі використаємо підлоговий промисловий робот моделі KUKA KR-16. KR-16 це сучасний промисловий робот із важільним захватним пристроєм, який повністю задовільняє потреби затиску деталей типу тіл обертання.

Основні технічні характеристики KR-6 (рис.2.2): вантажність 16 кг; додаткова вага (витримує колона) 30кг; робоча зона: максимальна досяжність 1611 мм, займана площа 14,5 м²; кількість ступенів рухомості 6; точність позиціонування 0,1 мм; вага 235 кг.



Рис.2.2. Промисловий робот KUKA KR-16

2.8. Вибір затискних пристроїв

Вибір затискних пристроїв при обробці деталі є важливим етапом у плануванні технологічного процесу. Від правильного вибору залежить точність обробки, безпека операції та ефективність виробництва. Нижче наведено загальні критерії та приклади вибору затискних пристроїв для різних типів операцій.

Визначення вимог до затискного пристрою. Вимоги до точності та жорсткості. Забезпечення надійного закріплення деталі без деформацій. Висока жорсткість для мінімізації вібрацій під час обробки. Вимоги до зручності та безпеки. Легкість у використанні та швидкість встановлення/зняття деталі. Забезпечення безпеки оператора під час встановлення та обробки. Вимоги до адаптованості. Можливість адаптації для обробки деталей різної форми та розмірів. Модульність та універсальність.

Типи затискних пристроїв. Механічні затискні пристрої. Тиски: Використовуються для фрезерування, свердління та інших операцій.

Забезпечують надійне закріплення деталей різної форми. Поворотні тиски: Дозволяють обертати деталь для обробки під різними кутами. Прецизійні тиски: Висока точність закріплення, використовуються для точних операцій. Затискні патрони: Використовуються на токарних верстатах для закріплення циліндричних деталей. Трикулачкові патрони: Універсальні, швидке встановлення деталі. Чотирьохкулачкові патрони: Регулюються кожна кулачка окремо, дозволяють закріплювати нерівномірні заготовки. Затискні пристрої для фрезерних верстатів. Затискні башмаки: Використовуються для плоских деталей. Затискні блоки: Модульні системи для закріплення складних форм.

Гідравлічні затискні пристрої. використовуються для високої повторюваності та швидкого встановлення/зняття деталей. Забезпечують рівномірне закріплення, підходять для великосерійного виробництва.

Пневматичні затискні пристрої. Підходять для автоматизованих виробництв та роботизованих систем. Забезпечують швидке і точне закріплення з можливістю дистанційного керування.

Магнітні затискні пристрої. Використовуються для закріплення феромагнітних матеріалів. Перевага в швидкості закріплення та зняття деталі, підходять для шліфування та інших операцій.

Вибір затискного пристрою для конкретних операцій. Токарна обробка. Трикулачковий патрон: Для стандартних циліндричних деталей. Чотирьохкулачковий патрон: Для нерівномірних та нестандартних заготовок. Цанговий патрон: Для деталей малого діаметра з високою точністю закріплення. Фрезерування. Прецизійні тиски: Для високоточної обробки. Затискні башмаки: Для плоских деталей та плит. Поворотні тиски: Для обробки під різними кутами. Свердління. Важільні тиски: Для швидкого закріплення деталей. Спеціалізовані свердлильні тиски: Для утримання заготовок під час свердління отворів. Шліфування. Магнітні плити: Для швидкого та надійного закріплення плоских феромагнітних деталей. Прецизійні тиски: Для деталей, які не можна закріпити магнітом.

Додаткові критерії вибору. Розміри та форма деталі. Вибір пристрою залежить від геометричних параметрів деталі та її ваги. Серійність виробництва.

Для одиничного виробництва підходять універсальні механічні пристрої. Для масового виробництва краще використовувати гідравлічні або пневматичні пристрої для підвищення продуктивності. Тип верстата. Пристрій повинен бути сумісним з типом верстата та його функціональними можливостями.

Вибір затискного пристрою є критичним етапом у плануванні технологічного процесу обробки деталей. Врахування вимог до точності, жорсткості, зручності, безпеки та адаптованості дозволить забезпечити оптимальні умови для високоякісної обробки та ефективності виробництва.

Стисла характеристика вибраних затискних пристроїв для закріплення деталей наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7.

Затискні пристрої для деталі спецгайка

№ операції	Найменування пристрою	Стандарт	Рід приводу
1	2	3	4
005	Призма опорна	ГОСТ 12195-66	Ручний
010	Кондуктор	Спец.	Пневматичний
015	Цанговий патрон	Спец.	Пневматичний
020	Цанговий патрон	Спец.	Пневматичний
025	Кондуктор	Спец.	Пневматичний
030	Кондуктор	Спец.	Пневматичний
035	Кондуктор	Спец.	Пневматичний
040	Затискне пристосування	Спец.	Пневматичний
045	Кондуктор	Спец.	Пневматичний
050	Кондуктор	Спец.	Пневматичний
055	Кондуктор	Спец.	Пневматичний
060	Опорні ножі	ГОСТ 4743-68	Ручний

2.9. Вибір різальних інструментів

Вибір різучих інструментів для обробки деталі є важливим кроком, що визначає ефективність і якість обробки. Нижче наведено основні фактори та рекомендації щодо вибору різучих інструментів.

Характеристики деталі. Матеріал деталі: тип матеріалу (сталь, алюміній, чавун, пластик тощо) значно впливає на вибір різучого інструменту. Твердість матеріалу: матеріали з високою твердістю потребують інструментів з високою

міцністю. Форма та розміри: вибір інструменту залежить від складності форми та розмірів деталі.

Види ріжучих інструментів. Токарні різці: використовуються для точіння, зняття фасок, нарізування різьби тощо. Фрези: підходять для обробки площин, пазів, контурної обробки. Свердла: використовуються для свердління отворів різного діаметру та глибини. Різьбонарізні інструменти: для нарізування внутрішньої та зовнішньої різьби. Шліфувальні інструменти: для шліфування, полірування та надання необхідної шорсткості поверхні.

Матеріали ріжучих інструментів. Високошвидкісна сталь (HSS): підходить для загального застосування, відносно дешева, хороша зносостійкість. Твердосплавні інструменти (карбіди): підходять для обробки твердих матеріалів, мають високу зносостійкість та жаростійкість. Керамічні інструменти: використовуються для високошвидкісної обробки твердих матеріалів, стійкі до високих температур. Кубічний нітрид бору (CBN) та полікристалічний алмаз (PCD): підходять для обробки надтвердих матеріалів та отримання високої якості поверхні. Правильний вибір ріжучих інструментів базується на комплексному аналізі матеріалу деталі, типу обробки, необхідної точності та економічних умов.

Вибір різальних одиниць здійснюється за нормативними таблицями, а їх характеристики наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8.

Ріжучий інструмент для обробки деталі спецгайка

Номер		Назва інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)	Ріжуча частина	
Операцій	Переходу			Матеріал	Стандарт
1	2	3	4	5	6
005	1	Фреза дискова	2240-4052	ВК8	ГОСТ 9473-80
010	1	Свердло Ø5	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
015	1	Різець торцевий	2342-4136	T15K6	ГОСТ 3882-74
	2	Різець торцевий	2352-4146	T15K6	ГОСТ 3882-74
	3	Різець	2142-4061	T15K6	ГОСТ 3882-74
	4	Різець	2152-4061	T15K6	ГОСТ 3882-74
	5	Різець розточний	2146-4105	T15K6	ГОСТ 19065-80
	6	Різець розточний	2156-4105	T15K6	ГОСТ 19065-80
	7	Різець канавочний	2126-4212	T15K6	ГОСТ 3265-80
	8	Різець розточний	2189-5550	T15K6	ГОСТ 19065-80
	9	Різець розточний	2109-5550	T15K6	ГОСТ 19065-80

020	1	Різець торцевий	2342-4136	T15K6	ГОСТ 3882-74
	2	Різець торцевий	2352-4146	T15K6	ГОСТ 3882-74
	3	Різець	2142-4061	T15K6	ГОСТ 3882-74
	4	Різець	2152-4061	T15K6	ГОСТ 3882-74
	5	Різець розточний	2146-4105	T15K6	ГОСТ 19065-80
025	1	Свердло Ø7,3	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
	2	Розгортка	2371-4024	P6M5	ГОСТ 19265-78
030	1	Свердло Ø7,5	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
035	1	Свердло Ø12	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
040	1	Фрез кінцева	2240-4085	BK8	ГОСТ 9473-80
	2	Фреза	2223-4052	BK8	ГОСТ 9473-80
045	1	Свердло Ø12	ГОСТ 2092-77	P6M5	ГОСТ 19265-78
050	1	Фрез кінцева	2240-4085	BK8	ГОСТ 9473-80
055	1	Фрез кінцева	2240-4085	BK8	ГОСТ 9473-80
060	1	Круг шліфувальний ПП450х50х203 24А	ГОСТ 2424-83	Алмазо- замінник	ГОСТ 8768-78

2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів є ключовим для забезпечення якості та точності обробки деталей. Нижче наведено основні аспекти та рекомендації щодо вибору вимірювальних пристроїв та інструментів.

Визначення вимірюваних параметрів. Розміри: довжина, ширина, висота, діаметр, глибина тощо. Геометрія: форми та кути. Точність та допуски: визначення необхідної точності вимірювань. Шорсткість поверхні: вимірювання шорсткості та якості обробленої поверхні. Типи вимірювальних пристроїв та інструментів. Штангенциркулі: використовуються для вимірювання внутрішніх, зовнішніх розмірів та глибин. Мають різні типи (цифрові, аналогові, з круглою шкалою). Мікрометри: використовуються для високоточного вимірювання малих розмірів та товщини. Існують мікрометри для зовнішніх, внутрішніх вимірювань та глибиноміри. Індикатори: вимірюють відхилення від заданих розмірів, використовуються для контролю геометрії. Калібри: фіксовані інструменти для перевірки відповідності розмірів допустимим межах (прохідні/непрохідні калібри). Вимірювальні машини (КВМ): координатно-вимірювальні машини для тривимірного вимірювання складних деталей з високою точністю. Лінійки та кутоміри: прості інструменти для вимірювання довжини та кутів. Шаблони: використовуються для контролю форми та розмірів шляхом накладення на деталь. Профілометри: вимірюють шорсткість та профіль

поверхні. Правильний вибір вимірювальних пристроїв та інструментів базується на аналізі вимог до точності, умов роботи, типу вимірювань та економічних аспектів. Стисла характеристика вибраного вимірюваного вимірювального інструменту наведена в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9.

Вимірювальний інструмент для контролю деталі спецгайка

Номер		Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію						
Опе- рації	Пере- ходу									
1	2	3	4	5						
005	2	154,5 ^{-0,3} _{3x45⁰}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,05}	ГОСТ 166-89						
	3	158 ^{-0,1}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,05}	ГОСТ 166-89						
	2	Ø91 ^{+0,8}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	ГОСТ 166-89						
	4	Ø37 ^{+0,6}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	ГОСТ 166-89						
	5	Ø18,5 ^{+0,2}	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78						
010	1	<table border="1"><tr><td>∇</td><td>0,0</td></tr><tr><td></td><td>8</td></tr></table> 160±0,1	∇	0,0		8	Індикатор Штангенциркуль ШЦ II-250 ^{-0,05}	ГОСТ 9696-82 ГОСТ 166-89		
	∇	0,0								
		8								
2	Ø91 ^{+0,8}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	ГОСТ 166-89							
3	Ø95 ^{+0,2}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	ГОСТ 166-89							
015	1	68 ^{+0,1}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	ГОСТ 166-89						
	2	Ø9 ^{-0,1} Ø91 ^{+0,8} Ø95 ^{+0,2}	Калібр-пробка Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1} Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	СТП 23.113.01.073-78 ГОСТ 166-89 ГОСТ 166-89						
	3	Ø10,5 ^{+0,07}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78						
	4	M12x1,5-6H	Пробка для різі	8222-4015						
020	1	Ø113,6 ^{+0,087}	Штангенциркуль ШЦ 1-160 ^{-0,05}	ГОСТ 166-89						
	2	Ø113,995 ^{+0,05}	Нутромір	ГОСТ 9244-75						
	3	Ø114 ^{+0,071} ^{+0,036}	Нутромір	ГОСТ 9244-75						
	4	Ø41,3 ^{+0,1}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	ГОСТ 166-89						
	5	Ø42,3 ^{+0,062}	Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	ГОСТ 166-89						
	6	Ø47,8 ^{+0,062}	Нутромір	ГОСТ 9244-75						
025	1	Ø96 ^{+0,057}	Штангенциркуль ШЦ II-162 ^{-0,05}	ГОСТ 166-89						
	2	Ø97 ^{+0,022}	Штангенциркуль ШЦ II-160 ^{-0,05}	ГОСТ 166-89						
	3	Ø103 ^{+0,087}	Штангенциркуль ШЦ II-160 ^{-0,05}	ГОСТ 166-89						
030	1	Ø12±0,3 27±0,25	Калібр-пробка Штангенциркуль ШЦ 1-125 ^{-0,1}	СТП 23.113.01.073-78 ГОСТ 166-89						
	2	Ø6 ^{+0,075}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78						
	3	Ø10 ^{+0,043} <table border="1"><tr><td>П</td><td>0,25/10</td><td>Ж</td></tr><tr><td></td><td>0</td><td></td></tr></table>	П	0,25/10	Ж		0		Калібр-пробка Пристосування для контролю-вання допуску паралельності	СТП 23.113. 01.073-78 Спец.
	П	0,25/10	Ж							
	0									
4	M8-6H	Пробка для різі	8218-4015							
035	1	M14x1,5-6H	Пробка для різі	8224-4032						
040	1	M20x1,5-6H	Пробка для різі	8230-4035						

2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей

Величина операційного припуску на механічну обробку впливає на точність, якість та продуктивність обробки. Розрахунок припусків та операційних розмірів виконуємо для поверхні $\varnothing 42_{-0,06}$, деталі спецгайка. Маршрут обробки поверхні: заготовка – $\delta_3 = 3,6\text{мм}$; точіння чорнове – $\delta_1 = 0,3\text{мм}$; точіння чистове – $\delta_2 = 0,074\text{мм}$; шліфування – $\delta_3 = 0,06\text{мм}$. Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 42\text{H8}$ здійснюється шляхом заповнення таблиці припусків та операційних розмірів, в яку послідовно записується технологічний маршрут обробки поверхні та всі елементи припуску. Заготовка – штампова на ГKM. Обробка поверхні здійснюється при використанні постійних технологічних баз – центрових отворів.

Таблиця 2.10

Розрахунок припусків і граничних розмірів
по технологічним поверхням на обробку поверхні $\varnothing 42\text{h8}$.

Технологічні поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$ мкм	Розрахунковий розмір, d_p , мм	Допуск, δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{\text{ГП}}$	$2Z_{\max}^{\text{ГП}}$
Заготовка	150	250	1830	-	67,1	3600	67,1	70,7		
Точіння чорнове	50	50	110	$2 \cdot 2230$	62,63	300	62,63	62,9	4500	7800
Точіння чистове	30	30	73	$2 \cdot 210$	62,21	74	62,21	62,28	390	620
Шліфування однократне	10	20	37	$2 \cdot 133$	61,94	60	61,94	62,00	270	280

Така як обробка виконується в центрах, то похибка установки в радіальному напрямку дорівнює 0.

Тому сумарне відхилення:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{CM}^2 + \rho_{КОР}^2 + \rho_y^2}; \text{Тоді}$$

$$\rho_{CM} = 1,0\text{мм}; \rho_{КОР} = \Delta_K \cdot L = 0,7 \cdot 500 = 0,35\text{мм}; [2] \text{ стр.72}$$

$$\rho_y = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{3,6}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,8\text{мм},$$

$$\rho_3 = \sqrt{1,0^2 + 0,35^2 + 1,8^2} = 1,83\text{мм}.$$

Залишкова величина просторового відхилення:

після чорнового точіння: $\rho_1 = 0,06 \cdot 1830 = 10,9 \approx 110\text{мкм}$;

після чистового точіння: $\rho_2 = 0,04 \cdot 1830 = 73\text{мкм}$;

після шліфування: $\rho_3 = 0,02 \cdot 1830 = 37\text{мкм}$;

Розрахунок мінімальних значень припусків виконуємо за формулою

$$2Z_{\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad [2] \text{ стр.92.}$$

Мінімальний припуск:

під чорнове точіння: $2Z_{\min} = 2(150 + 250 + 1830) = 2 \cdot 2230\text{мкм}$;

під чистове точіння: $2Z_{\min} = 2(50 + 50 + 110) = 2 \cdot 210\text{мкм}$;

під шліфування: $2Z_{\min} = 2(30 + 30 + 73) = 2 \cdot 133\text{мкм}$;

Розрахунковий розмір:

$$d_{P2} = 61,94 + 0,266 = 62,206 \approx 62,21\text{мм};$$

$$d_{P1} = 62,21 + 0,420 = 62,63\text{мм};$$

$$d_{P3} = 62,63 + 4,460 = 67,09\text{мм};$$

Найбільші граничні розміри:

$$d_{\max3} = 61,94 + 0,06 = 62,00\text{мм};$$

$$d_{\max2} = 62,21 + 0,074 = 62,28\text{мм};$$

$$d_{\max1} = 62,6 + 0,3 = 62,9\text{мм};$$

$$d_{\max3} = 67,1 + 3,6 = 70,7\text{мм};$$

Граничні значення припусків:

$$2Z_{\max3}^{\text{рп}} = 62,28 - 62,00 = 0,28\text{мм} = 280\text{мкм};$$

$$2Z_{\max2}^{\text{рп}} = 62,9 - 62,28 = 0,62\text{мм} = 620\text{мкм};$$

$$2Z_{\max1}^{\text{рп}} = 70,7 - 62,9 = 0,27\text{мм} = 270\text{мкм};$$

$$2Z_{\min3}^{\text{рп}} = 62,21 - 61,94 = 0,27\text{мм} = 270\text{мкм};$$

$$2Z_{\min2}^{\text{рп}} = 62,6 - 62,21 = 0,39\text{мм} = 390\text{мкм};$$

$$2Z_{\min1}^{\text{рп}} = 67,1 - 62,6 = 4,5\text{мм} = 4500\text{мкм};$$

Загальні припуски:

$$2Z_{0\min} = 5160\text{мкм};$$

$$2Z_{0\min} = 8700\text{мкм};$$

Виконуємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max3}^{\text{рп}} - 2Z_{\min3}^{\text{рп}} = 280 - 270 = 10\text{мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 74 - 60 = 14 \approx 10\text{мкм};$$

$$2Z_{\max2}^{\text{рп}} - 2Z_{\min2}^{\text{рп}} = 620 - 390 = 230\text{мкм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 300 - 74 \approx 230 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{\text{рп}} - 2Z_{\min 1}^{\text{рп}} = 7800 - 4500 = 3300 \text{ мм};$$

$$\delta_3 - \delta_1 = 3600 - 300 = 3300 \text{ мкм}.$$

Розрахунки виконано вірно.

Схему розташування припусків відображено на рис.2.3.

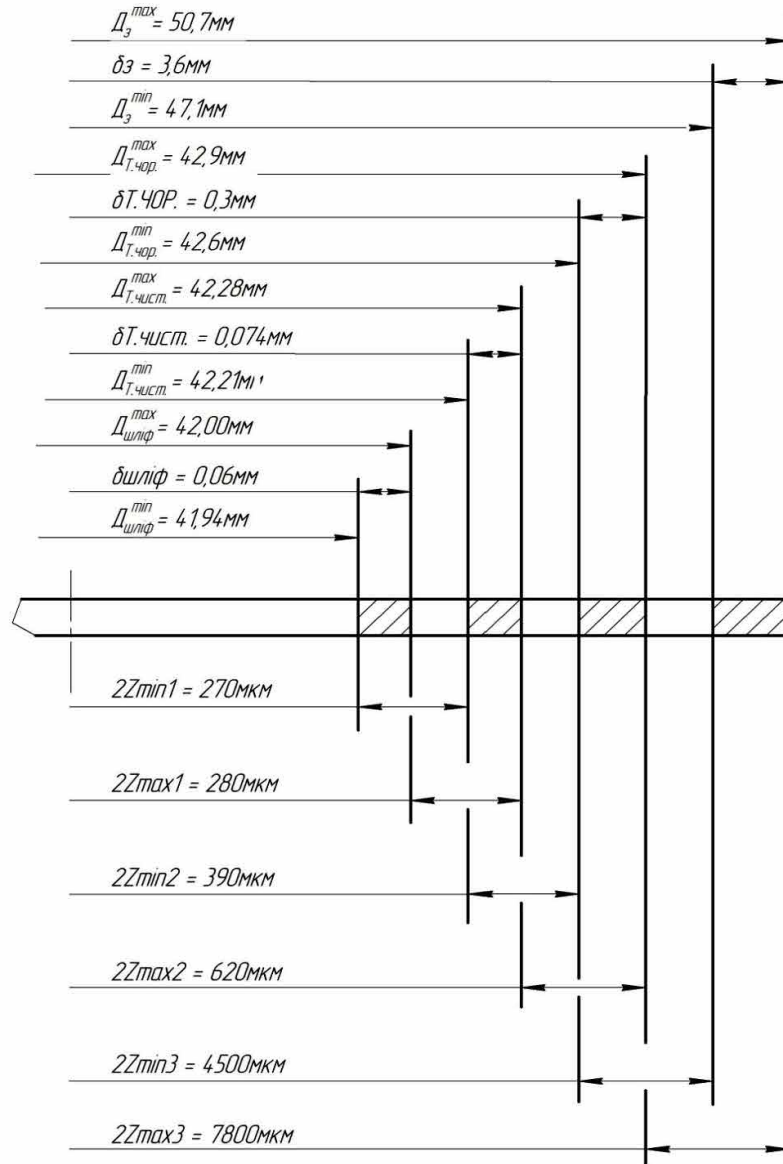


Рис.2.3. Схема графічного розташування припусків і допусків
поверхні Ø42h8

На підставі виконаних розрахунків будемо схему графічного розташування припусків і допусків на обробку поверхні Ø42h8. А на інші оброблювані поверхні заданої деталі вибираємо табличні значення припусків і допусків та заносимо їх в таблицю 2.11.

Припуски на обробку заданої деталі

№ пов.-ні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм	Технологічний допуск, мм
1, 1'	Торець	Точити начорно	4	1
		Точити начисто	2	0,2
2	2 отвори	Свердлити отвір	2,5	0,3
4	Фаска	Точити	1	0,2
5	Фаска	Точити	1	0,5
6	Зовнішня циліндрична поверхня	Точити начорно	3	0,8
		Точити начисто	1	0,148
		Шліфувати	0,25	0,046
7	Канавка	Розточити начорно	3	0,15
8	Гвинтова канавка	Розточити начорно	2	0,62
		Розточити начисто	1	0,062
		Розточити тонко	0,35	0,016
		Нарізати гвинтову канавку начорно	1,65	0,2
		Нарізати гвинтову канавку начисто	0,7	0,06
		Шліфувати канавку	0,2	0,016
9	Отвір	Свердлити	3,75	0,36
10	Отвір	Свердлити	3,65	0,09
		Розгорнути	0,5	0,022
11	Паз	Свердлити	6	0,43
		Фрезерувати	6	0,43
		Фрезерувати похилу поверхню	3	0,4
12	Паз	Свердлити	6	0,43
		Фрезерувати	6	0,07

2.12. Визначення режимів різання.

Проведемо розрахунки режимів різання на 010 операцію для обробки деталі на спецгайка. У якості глибин різання приймаємо максимальні припуски. Подачі при чистовій обробки вибирають залежно від вимоги параметра шорсткості обробленої поверхні і радіусу заокруглення при вершині різального інструменту.

Швидкість різання для токарної обробки визначається за формулою:

$$V = (C_v \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_v \cdot K_{lv} \cdot K_r) / (T^{m_t} \cdot t^x \cdot S^y)$$

де C_v - враховує фактори, що не входять у формулу;

K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхневого шару;

K_{uv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу;

K_v - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив допоміжного кута в плані;

K_r - коефіцієнт, що враховує вплив радіуса на вершині різця;

m - показник степені, що враховує період стійкості інструменту;

x - показник степені, що враховує глибину різання;

y - показник степені, що враховує величину подачі;

Частоту обертів шпинделя розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * d}$$

де d -розрахунковий діаметр, мм

Подача хвилинна визначається за формулою:

$$S_m = n s$$

де n - частота обертів шпинделя об/хв; s - подача в мм/об

Розрахунок режимів різання для точіння.

Чернове точінне торця.

Період стійкості інструменту $T = 50xv$

Глибина різання $t = 2,2$ мм; Подача $S = 0.6$ мм/об

Розрахунковий діаметр $d = 40$ мм

Використовуючи емпіричну формулу, назначим коефіцієнти

$C_v = 330$; $K_{mv} = 0,64$; $K_r = 1$; $K_{iv} = 0.8$; $K_{uv} = 1$; $K_{lv} = 0.8$; $K_{llv} = 1$; $y = 0.45$;

$x = 0.15$; $m = 0.2$;

$$V = (330 * 0.64 * 0.8 * 0.8 * 1 * 1 * 1) / (50^{0.2} * 2.2^{0.15} * 0.6^{0.45}) = 74 \text{ м/хв}$$

$$n = 1000 * 74 / 3.14 * 40 = 168 \text{ об/хв}$$

$$S_m = 0.6 * 168 = 101 \text{ мм/хв}$$

Розрахуємо режими різання для свердління.

$$V = (C_v * D^q * K_v) / T_m * S_y$$

$$K_v = K_{mv} * K_{iv} * K_{uv};$$

де K_{iv} - коефіцієнт що враховує глибину свердління;

q – коефіцієнт, що враховує діаметр свердління;

Розрахунок режимів різання для свердління;

Свердління отвору діаметром 40 мм;

$$S=0.23\text{мм/об}; T=45\text{хв};$$

З довідкової літератури [17] призначаємо відповідні коефіцієнти:

$$C_v=9.8; K_{mv}=0.64; K_{iv}=1; K_{uv}=1; y=0.5; m=0.2; q=0.4;$$

$$V=(9.8 \cdot 40^{0.4} \cdot 0.64 \cdot 1 \cdot 1)/(45^{0.2} \cdot 0.23^{0.5}) = 17.9 \text{ м/хв};$$

$$n=1000 \cdot 17.9/3.14 \cdot 15 = 355 \text{ об/хв};$$

$$S_m=0.23 \cdot 355=81.6 \text{ мм/хв};$$

Перевірка потужності верстату.

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

де $C_p=300$ - коефіцієнт, що враховує параметри які не увійшли в формулу;

$t = 4 \text{ мм}$ - глибина різання;

$x = 1$ - показник степені, що враховує вплив глибини різання;

$S = 0.6 \text{ мм}$ - подача;

$y = 0.75$ - показник степені, що враховує вплив подачі;

$V = 74 \text{ м/хв}$ - швидкість різання;

$n = -0.15$ - показник степені, що враховує вплив швидкості різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{rp} \cdot K_{lp};$$

де $K_{mp} = 1.58$ - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу;

$K_{-p} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута φ ;

$K_{-p} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута φ ;

$K_{-p} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута φ ;

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4^1 \cdot 0.6^{0.75} \cdot 74^{-0.15} \cdot 1.58 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 6777.3 \text{ Н};$$

Визначення необхідної потужності

$$N = P_z \cdot V / 1020 \cdot 60 < 30;$$

$$N = 6777.3 \cdot 74 / 1020 \cdot 60 = 8.1 < 30 \text{ кВт};$$

Обробка на верстаті HAAS ST-20SS при обраних режимах обробки можлива. Визначення основного часу на обробку здійснюється за формулою:

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{n \cdot S};$$

де: $L_{p.x}$ - довжина робочого ходу кожного інструменту.

$$t_{01} = \frac{70}{168 \cdot 0.23} = 1.81 \text{ хв}; \quad t_{02} = \frac{7.5}{355 \cdot 0.23} = 0.1 \text{ хв}; \quad t_{03} = \frac{20}{660 \cdot 0.15} = 0.2 \text{ хв};$$

$$t_{04} = \frac{14}{223 \cdot 1,5} = 0,1 \text{ хв};$$

Сумарний основний час на обробку деталі:

$$\Sigma t_0 = 1,81 + 0,1 + 0,2 + 0,1 = 2,21 \text{ хв};$$

На решту технологічних операцій механічної обробки заданих деталей елементи режимів різання визначаємо за довідниковими таблицями. Результати вибору наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12.

Режими різання на операціях механічної обробки деталі гайка спеціальна

Номер		t, мм	S _{мм/об} S _{мм/хв}	V м/хв	n, хв. ⁻¹	t ₀ , хв
опер	перех					
1	2	3	4	5	6	7
005	1	4	100	38	80	0,8
010	1	2,5	0,19	13,4	500	0,2
015	1	2	0,4	157	800	13,068
	2	1	0,2	224	1000	
	3	3	0,35	130	630	
	4	1	0,16	209	1000	
	5	2	0,15	188	1000	
	6	1	0,09	211	1600	
	7	3,15	0,2	188	1000	
	8	1,65	0,1	22	160	
	9	0,7	0,05	35	200	
020	1	2	0,4	157	800	1,076
	2	1	0,2	224	1000	
	3	3	0,35	130	630	
	4	1	0,16	209	1000	
	5	1	0,09	211	1600	
025	1	3,75	0,19	13,2	500	0,19
	2	0,7	0,5	14,3	710	
030	1	3,75	0,19	13,2	500	0,15
035	1	6	0,25	24	500	0,24
	2	6	0,25	24	500	
040	1	6	194	67	1250	0,56
	2	6	194	67	1250	
	3	4	194	67	1250	
	4	4	194	67	1250	
045	1	6	0,25	24	500	0,24
	2	6	0,25	24	500	
050	1	6	194	67	1250	0,155
055	1	6	194	67	1250	0,155
060	1	0,5	0,3	35	2500	0,17

2.13. Технічно-логічне нормування операцій

Технологічне нормування операцій є важливим етапом у плануванні та організації виробничих процесів. Воно дозволяє встановити обґрунтовані норми

часу для виконання кожної операції, що допомагає підвищити продуктивність, контролювати витрати і забезпечити високу якість продукції. Розрахунок норм часу виконуємо для 005 операції технологічного процесу механічної обробки деталі спецгайка. Визначимо автоматичний допоміжний час. З огляду на наближеність даного розрахунку для нормування допоміжного часу використовуємо усереднені дані по конкретному верстату - час на зміну інструменту, рівне 12 с, і час допоміжних швидких переміщень, без урахування часу на розгін і гальмування робочих органів верстата, реалізацію специфічних технологічних прийомів і т.п.

$$t_{д а} = t_{зм} i + t_{уп}$$

де $t_{за}$ – час на заміну інструмента, $t_{зм} = 12$ с;

i – число інструментів; $t_{шт}$ – час прискорених переміщень, $t_{шт}=57$ с.

$$t_{д а} = 12 + 57 = 69 \text{ хв}$$

Штучний час розрахуємо за формулою:

$$t_{шт} = (t_{авт} + t_{всп.р}) \left(1 + \frac{k}{100}\right)$$

де $t_{авт}$ - автоматичний (програмний) час, який розрахуємо за формулою:

$$t_{авт} = t_{о а} + t_{в а}$$

де $t_{о}$ – основний час на обробку ($t_{о а} = 3,93$ хв)

$t_{в а}$ - автоматичний допоміжний час ($t_{в а} = 1,11$ хв)

$$t_{авт} = 3,93 + 1,11 = 5,04 \text{ хв}$$

$$t_{д р} = t_{уст.} + t_{закр} + t_{вкл.}$$

$t_{д р}$ - допоміжний ручний час не перекриваємий машинним часом

$t_{вст.}$ - час на встановлення та зняття деталі ($t_{вст.}=0.19$ хв)

$t_{закр.}$ - час на закривання та відкривання робочої зони ($t_{закр.}=0.06$ хв)

$t_{вкл.}$ - час на включення та виключення верстату ($t_{вкл.}=0.06$ хв)

$$t_{д,р} = 0.06 + 0.06 + 0.19 = 0.31 \text{ хв}$$

$k=7$ -коефіцієнт, що враховує час на особисті потреби, регламентовані перерви, обслуговування робочого місця

$$t_{шт} = (5,04 + 0.31) 1,07 = 5,52 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час розрахуємо за формулою:

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пз3}$$

де $T_{пз1} = t_{пз} + t_{озн} + t_{инс} + t_{ус.инст} + t_{ус.пр.} + t_{пр.сч.уст.} + t_{в.пр} + t_{уст.нуля} + t_{пр.обр}$

де $t_{оз}$ - час на отримання завдання та інструмента ($t_{оз} = 9$ хв)

$t_{озн}$ - час на ознайомлення ($t_{озн} = 2$ хв)

$t_{инс}$ - час на інструктаж майстра ($t_{инс} = 2$ хв)

$t_{вс.инст}$ - час на встановлення зняття інструмента ($t_{вс.инст} = 1$ хв)

$t_{вс.пр.}$ - час на встановлення знаття програмоносія ($t_{вс.пр.} = 1$ хв)

$t_{пер.зч.пр.}$ - час на перевірку роботоздатності зчитувального пристрою

($t_{пер.зч.пр.} = 1,2$ хв)

$t_{в.пр}$ - час на введення програми в пам'ять ($t_{в.пр} = 1,4$ хв)

$t_{вст.нуля}$ - час на встановлення координат верстата для інструмента

($t_{вст.нуля} = 2,5$ хв)

$t_{пр.обр}$ - час на пробну обробку ($t_{пр.обр} = 6$ хв)

$$T_{пз} = 4 + 2 + 2 + 5 \cdot 1 + 1 + 1,2 + 1,4 + 2,5 \cdot 5 + 6 = 35 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розрахуємо за формулою:

$$t_{шт.к.} = t_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}$$

де n - партія запуску $n = 400$; $t_{шт.к.} = 5,52 + 35/400 = 5,6$ хв

Визначення норм часу на виконання решти операцій здійснюється аналогічно, і результати розрахунків наведені в таблиці 2.12

Таблиця 2.12.

Норми часу на обробку гайки

№ опер	t_0	$t_{доп}$	$t_{ГО}$	$t_{орг.об.}$	$t_{від}$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{шт.к}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	1,88	0,5	0,04	0,04	0,04	2,5	9	2,51
010	0,2	0,6	0,02	0,02	0,02	0,86	5	0,87
015	13,068	5,5	0,06	0,09	0,09	18,808	12	18,83
020	1,076	1,2	0,03	0,04	0,04	1,198	5	1,21
025	0,19	0,5	0,04	0,03	0,02	0,78	6	0,79
030	0,15	1,1	0,03	0,03	0,01	0,38	6	0,39
035	0,24	2,1	0,03	0,05	0,04	2,46	8	2,47
040	0,56	1,3	0,04	0,02	0,02	1,94	6	1,95
045	0,24	2,1	0,02	0,05	0,04	2,45	6	0,024
050	0,155	1,5	0,02	0,03	0,02	1,725	8	1,74
055	0,155	1,5	0,04	0,03	0,02	1,745	6	1,75
060	0,17	1,6	0,03	0,04	0,04	1,88	5	1,89

3. Наукова частина

Ефективність впровадження промислових роботів при виготовленні деталі гайка спеціальна

3.1. Загальні аспекти впровадження промислових роботів у виробництво

Впровадження промислових роботів у виробництво є важливим стратегічним кроком, що вимагає ретельного планування та врахування численних аспектів. Нижче наведено основні аспекти, які слід враховувати при інтеграції роботів у виробничий процес:

1. Оцінка потреб і можливостей. Визначення цілей: чітке розуміння цілей автоматизації, таких як підвищення продуктивності, покращення якості, зниження витрат чи підвищення безпеки. Аналіз виробничих процесів: оцінка існуючих процесів для виявлення ділянок, де роботи можуть забезпечити найбільші вигоди.

2. Технічні вимоги. Вибір типу роботів: вибір відповідних типів роботів (наприклад, маніпулятори, мобільні роботи) залежно від конкретних завдань. Захоплювальні пристрої та інструменти: вибір відповідних захоплювальних пристроїв та інструментів для виконання конкретних завдань.

3. Інтеграція і сумісність. Інтерфейси та комунікації: забезпечення сумісності роботів з існуючими системами управління та контролю. Програмне забезпечення: використання програмного забезпечення для програмування та контролю роботів.

4. Навчання і підготовка персоналу. Навчання операторів: забезпечення навчання для операторів і технічного персоналу для ефективного використання та обслуговування роботів. Підвищення кваліфікації: підготовка працівників для роботи з новими технологіями та адаптації до змін у виробничому процесі.

5. Економічна ефективність. Аналіз витрат і вигод: оцінка витрат на придбання, встановлення та обслуговування роботів у порівнянні з очікуваними вигодами. Фінансування: пошук джерел фінансування, включаючи внутрішні бюджети, кредити або гранти.

6. Проектування та планування. Планування впровадження: розробка детального плану впровадження, включаючи часові рамки, етапи та контрольні точки. Моделювання та тестування: використання симуляцій для моделювання виробничих процесів з роботами перед їх фактичним впровадженням.

7. Інфраструктура та безпека. Фізична інфраструктура: забезпечення необхідної інфраструктури, включаючи електропостачання, мережі та простір для розміщення роботів. Безпека та стандарти: відповідність стандартам безпеки, включаючи встановлення захисних огорожень, сенсорів та аварійних вимикачів.

8. Моніторинг та оцінка. Моніторинг продуктивності: встановлення систем для постійного моніторингу продуктивності роботів та оцінки їх ефективності. Регулярне обслуговування: забезпечення регулярного технічного обслуговування для запобігання простоїв та продовження терміну служби роботів.

9. Гнучкість та масштабованість. Адаптивність системи: забезпечення можливості швидкого переналаштування роботів для виконання нових завдань чи змін у виробничих процесах. Масштабованість: можливість розширення автоматизації з додаванням нових роботів без значних змін у виробничій інфраструктурі.

10. Екологічні аспекти. Енергоефективність: впровадження енергоефективних рішень для зменшення споживання енергії та зниження викидів вуглекислого газу. Утилізація відходів: розробка програм для безпечної утилізації або переробки застарілого обладнання.

Отже, впровадження промислових роботів у виробництво є складним процесом, який вимагає ретельного планування, аналізу та постійного моніторингу. Успішна інтеграція роботів може значно підвищити продуктивність, покращити якість продукції та знизити витрати, але потребує інвестицій у технології, навчання персоналу та адаптацію виробничих процесів.

3.2. Вплив захоплювальних пристроїв як виконавчих органів промислових роботів на ефективність виконання поставлених задач

Ефективність роботи захоплювальних пристроїв промислових роботів є ключовим фактором, що визначає продуктивність та якість автоматизованих виробничих процесів. Оцінка ефективності захоплювальних пристроїв базується на кількох критеріях, які впливають на здатність робота виконувати свої завдання швидко, точно і надійно. Ось основні показники ефективності захоплювальних пристроїв:

Сила та точність захоплення. Сила захоплення: захоплювальні пристрої повинні мати достатню силу для надійного утримання об'єктів без їх пошкодження. Оптимальна сила захоплення дозволяє працювати з різними матеріалами, від крихких до важких і міцних. Точність позиціонування: висока точність захоплення забезпечує правильне розташування об'єктів, що важливо для збірки і обробки компонентів. Точність позиціонування залежить від конструкції та калібрування пристрою.

Швидкість виконання операцій. Швидкість захоплення і відпускання: ефективні захоплювальні пристрої мають короткий час реакції на команди захоплення та відпускання, що зменшує час циклу і підвищує продуктивність. Швидкість переміщення: висока швидкість руху між різними позиціями також сприяє загальній продуктивності системи.

Гнучкість та універсальність. Адаптивність: захоплювальні пристрої повинні бути здатні адаптуватися до різних форм, розмірів і типів об'єктів. Модульні та змінні захоплювальні системи підвищують гнучкість виробничих ліній. Універсальність: здатність працювати з різними типами матеріалів і виконувати різноманітні завдання, від обробки до складання і пакування.

Надійність і довговічність. Зносостійкість: висока зносостійкість компонентів захоплювального пристрою забезпечує тривалий термін служби і знижує потребу в технічному обслуговуванні. Безвідмовна робота: надійність захоплювальних пристроїв в умовах тривалої експлуатації підвищує загальну ефективність автоматизованих систем.

Енергоефективність. Оптимальне споживання енергії: ефективні захоплювальні пристрої мінімізують споживання енергії, що знижує експлуатаційні витрати і підвищує економічну ефективність виробничих процесів. Використання інтелектуальних алгоритмів: інтелектуальні системи управління енергією дозволяють оптимізувати роботу захоплювальних пристроїв в реальному часі, підвищуючи їх ефективність.

Інтеграція з іншими системами. Сенсорні системи: використання сенсорів для виявлення сили, положення та інших параметрів забезпечує високий рівень контролю і точності, що сприяє загальній ефективності. Сумісність з автоматизованими системами: легка інтеграція з існуючими системами управління та контролю дозволяє оптимізувати процеси і підвищити продуктивність.

Безпека і зменшення пошкоджень. Безпека роботи: захоплювальні пристрої повинні мінімізувати ризик пошкодження об'єктів та забезпечувати безпеку працівників. Це особливо важливо при роботі з делікатними або небезпечними матеріалами. Контрольоване зусилля захоплення: можливість точно регулювати зусилля захоплення знижує ризик пошкодження крихких об'єктів.

Отже, ефективність захоплювальних пристроїв промислових роботів є багатогранною і залежить від багатьох факторів. Сучасні захоплювальні пристрої повинні поєднувати силу, точність, швидкість, гнучкість, надійність, енергоефективність та безпеку для забезпечення високої продуктивності та якості автоматизованих виробничих процесів. Вибір та налаштування захоплювальних пристроїв повинні відповідати конкретним вимогам виробництва для досягнення оптимальних результатів.

3.3. Силкові характеристики захватного пристрою, як один з основних показників ефективної роботи промислового робота

Силкові характеристики захватного пристрою є одним з ключових показників, що визначають ефективність роботи промислового робота. Основні

силові характеристики, які мають значення для ефективної роботи захватного пристрою, включають:

Сила захвату. Необхідна сила захвату: це мінімально-необхідна сила, яку треба розвинути захватному пристрою для утримання об'єкта. Вона повинна бути достатньою, щоб надійно утримувати об'єкт без його пошкодження. Розподіл сили: рівномірний розподіл сили по поверхні захвату є важливим для уникнення пошкоджень об'єкта та забезпечення стабільного захвату.

Точність та стабільність захвату. Контрольована сила захвату: здатність точно контролювати силу захвату дозволяє роботам працювати з різними типами матеріалів та об'єктів, від крихких до важких та міцних. Збереження сили захвату: стабільність захвату забезпечує надійність роботи робота навіть при зміні положення або швидкості руху.

Динамічні характеристики. Швидкість реагування: час, за який захватний пристрій може досягти необхідної сили захвату. Висока швидкість реагування важлива для ефективності та швидкості виконання завдань. Адаптивність до зміни навантаження: здатність пристрою адаптувати силу захвату при зміні ваги або розміру об'єкта під час руху.

Механічна надійність та витривалість. Зносостійкість: захватний пристрій повинен витримувати тривале використання без значного зносу. Опір до впливу зовнішніх факторів: механічна конструкція повинна бути стійкою до впливу пилу, вологи, хімічних речовин та температурних коливань.

Енергоефективність. Споживання енергії: захватні пристрої повинні бути енергоефективними, щоб зменшити загальні витрати на роботу робота. Оптимізація використання енергії: сучасні пристрої можуть використовувати інтелектуальні алгоритми для оптимізації споживання енергії залежно від виконуваних завдань.

Гнучкість та універсальність. Здатність працювати з різними об'єктами: захватний пристрій повинен бути здатний захоплювати об'єкти різної форми, розміру та матеріалу. Модульність: можливість швидкої заміни захватних елементів для адаптації до різних завдань.

Загалом, силові характеристики захватного пристрою безпосередньо впливають на ефективність, точність та надійність роботи промислового робота. Оптимальні характеристики забезпечують стабільний захват об'єктів, швидкість виконання завдань та довговічність роботи обладнання.

Використання рівнянь для знаходження сил затиску та залежностей дозволяє більш обґрунтовано визначати конструктивні параметри захватних пристроїв, як відповідальних складових частин промислових роботів. Окрім цього, це значно покращує експлуатаційні можливості захватів, а відповідно, роботів та роботизованих комплексів. Так, наприклад, обґрунтовані силові розрахунки, з урахуванням всіх параметрів пристроїв та умов їх експлуатації, дозволяють отримувати конструкції з мінімальними масо-габаритними характеристиками, що дозволяє підвищувати швидкість рухів робота, а відповідно, продуктивність виконуваних операцій. Це також дозволяє зменшувати енергетичні витрати на здійснення необхідних рухів робота. Окрім цього, отримані рівняння сил затиску утримуваних деталей, можуть використовуватися як корегуючі підпрограми в програмах керування роботою робота. Їх використання дозволяє більш обґрунтовано задавати параметри швидкості рухів ланок робота від конкретних силових навантажень та інших умов експлуатації. З іншого боку, така корекція дозволяє регулювати величину необхідних сил затиску, що також зменшуватиме необхідні енергетичні витрати, та покращуватиме умови утримування деталі, не прикладаючи до них надлишкових сил, що може визвати їх пошкодження.

Дослідження силових та функціональних можливостей захватних пристроїв дозволяє цілеспрямовано вирішувати питання оцінки впливу їх конструктивних параметрів на величину можливого діапазону утримуваних деталей, розподілу його на окремі зони, які можуть обслуговуватися змінними комплектами затискних важелів, величину передавальних відношень сил, створюваних затискними важелями з затискними призмами, точності положення деталей залежно від їх розмірів, величину необхідних рухів затискних важелів та ін.

Знання цих залежностей забезпечує визначення мінімально необхідного комплексу захватних пристроїв та їх змінних затискних важелів для роботи відповідної вантажності, з якою узгоджуються параметри захватних пристроїв. Це дозволяє зменшити вартість робота та кількість переналагоджень робота, а відповідно, підвищити ефективність його роботи. Визначення необхідної величини руху затискних важелів, яка повинна бути однаковою для різних комплектів захватів з їх змінними затискними важелями, дозволяє зменшити розміри привода, що зменшує масу пристрою з відповідними перевагами, а також зменшує час на здійснення рухів для затиску деталі.

Знання величини передавальних відношень прикладання сил затиску, як функції конструктивних параметрів затискного важеля та затискної призми, а також діаметра утримуваної деталі, в комплексі з отриманими рівняннями сил затиску дозволяє програмно вирішувати всі силові та функціональні розрахунки, в тому числі і як корегуючі підпрограми для забезпечення регулювання сил затиску.

Визначення точності положення утримуваних деталей, залежно від їх діаметра, є важливою характеристикою, особливо для робіт, які здійснюють завантаження деталей на металорізальні верстати, коли в процесі обробки деталей міняє свої розміри, або коли роботи здійснюють з'єднання деталей різних діаметрів в одній і тій же позиції. Такі залежності дозволяють вибирати найбільш доцільні конструктивні параметри пристроїв. Окрім цього, їх також можна використовувати як корегуючі підпрограми для визначення величини необхідних переміщень ланок робота, залежно від діаметра транспортованих деталей. Всі ці та інші особливості виконаних досліджень дозволяють підвищувати ефективність використання захватних пристроїв.

Якщо, наприклад, розглянути типовий захватний пристрій промислового робота «Бриг-10» (рис.3.1), то в існуючій конструкції, при вантажності робота в 10кг, для забезпечення діапазону утримуваних деталей передбачено використання змінних захватів та змінних затискних важелів. За умов роботи такого робота діапазон утримуваних деталей має бути від, приблизно, 320мм до 32 мм, що в даній конструкції передбачено реалізовувати 2 – 3 змінними

захватами з 2 – 3 парами змінних затискних важелів. Діаметр циліндру приводу $D_{ц}=60\text{мм}$ при використанні клино-важільного проміжного механізму та довжині руху поршня $L=50\text{мм}$ забезпечує вагу базового пристрою при середньому за розмірами комплекту затискних важелів в $P_{зп-б}=3,2\text{ кг}$.

Для захватного пристрою (рис.3.2), розробленого за наданими нами рекомендаціями, передбачається два комплекти затискних важелів, діаметр циліндра затиску $D_{ц}=50\text{мм}$ у разі використання зубчасто-рейкового чи клино-важільного механізму та при довжині руху поршня $L=35\text{мм}$ розроблений пристрій складає вагу $P_{зп-р}=1,73\text{ кг}$. Компактна конструкція даного захватного пристрою з підвищеними точностними, силовими та іншими функціональними характеристиками має ряд переваг, основними з яких є: зменшення масо-габаритних характеристик, а відповідно, інерційності конструкції, за рахунок зменшення довжини важелів; збільшення діапазону утримуваних деталей при мінімальній комплектації змінними важелями; збільшення швидкості спрацювання; покращення силових характеристик та ін. Даний пристрій якнайкраще придатний для здійснення завантажувально-розвантажувальних робіт під час обслуговування металообробного обладнання у складі роботизованих комплексів.

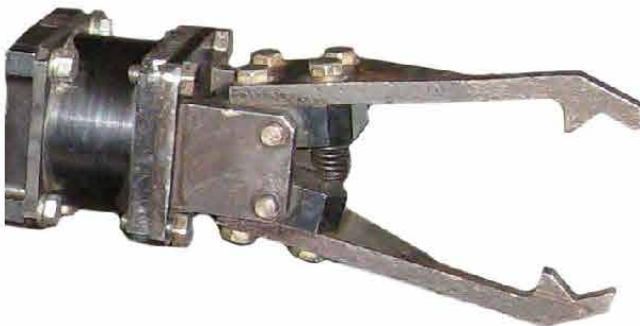


Рис.3.1. Захватний пристрій
промислового робота «Бриг-10»



Рис.3.2. Розроблений захватний
пристрій

Для кращого розуміння конструктивних особливостей виконання захватного пристрою, представимо будову розробленої конструкції захватного

пристрою, яка відповідає покращеним характеристикам, обумовленим точним силовим розрахунком та підбором відповідного приводу (рис.3.3).

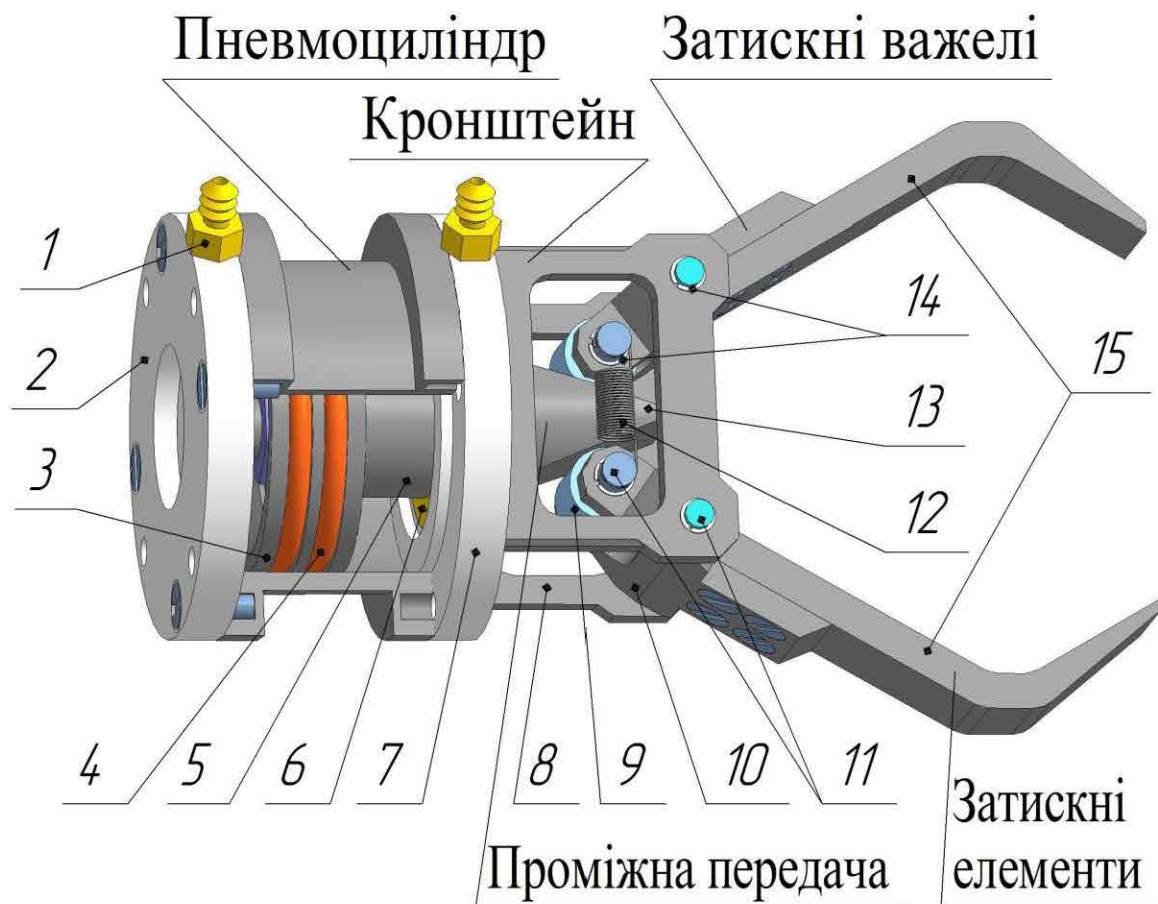


Рис.3.3. Будова захватного пристрою:

- 1 – штуцер; 2 – кришка; 3 – поршень; 4 – ущільнююче кільце;
 5 – шток; 6 – втулка з ущільненням; 7 – кришка; 8 – кронштейн;
 9 – ролик; 10 – вилка-важіль; 11 – вісь; 12 – пружина розтиску;
 13 – клин; 14 – стопорні кільця; 15 – затискні елементи

Наведемо методику силового розрахунку захватного пристрою робота, при горизонтальній його орієнтації та розробимо розрахункову схему (див.рис.3.4). Сила інерції (I) буде направлена вниз, що відповідає вертикальному руху захватного пристрою, а саме руху вгору. Також на деталь діють сили затиску на кожному затискному елементі (P_1 , P_2 , P_3 та P_4). По вертикалі вниз направлена сила ваги (G). Також на схемі відображено кут α , який є половиною кута затискної призми. Плечі, з якими діють сили затиску позначені як l_1 та l_2 . Плече від штока пневмопривода пристрою до точки качання важеля позначене як l_3 .

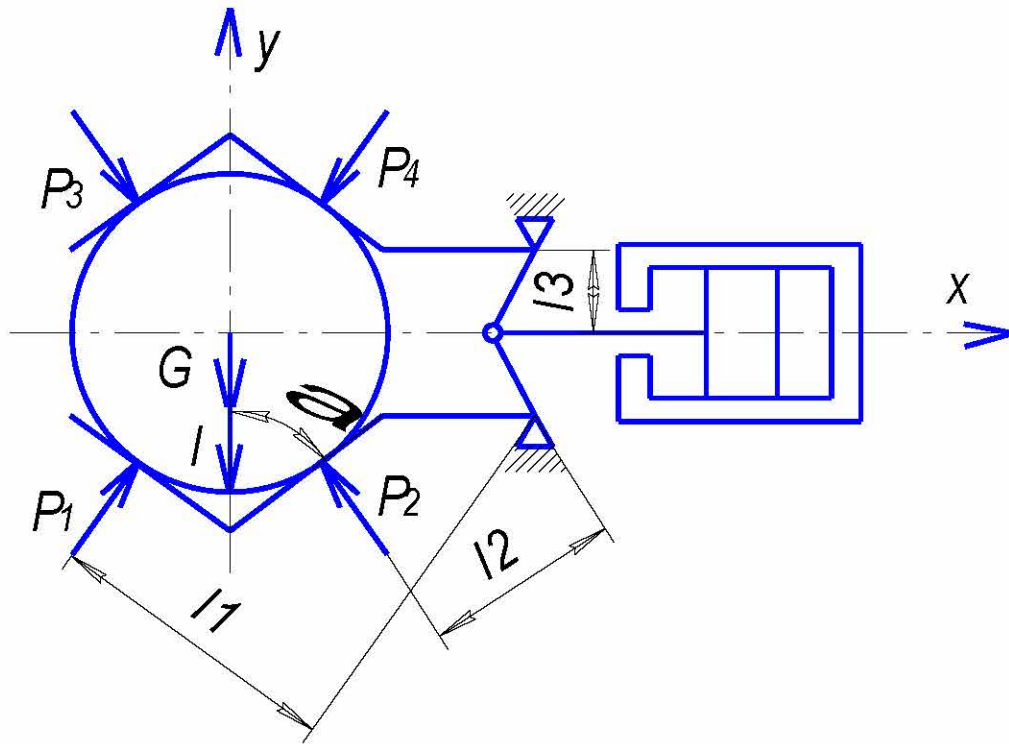


Рис.3.4. Розрахункова схема захвата робота при дії сили інерції вниз

Метою даного силового розрахунку є знаходження мінімально необхідних сил затиску для утримання деталі при заданих умовах затиску. Після визначення мінімально необхідних сил затиску необхідно визначити силу на штоці для забезпечення процесу затиску та підібрати параметри приводу для створення відповідної сили. Спочатку проектуємо всі сили, які діють в системі, на вісі координат.

Вісь ox :

$$P_1^x \cdot \cos \alpha - P_2^x \cdot \cos \alpha = 0,$$

де α – половина кута призми;

Проекції наведених сил на вісь ox компенсують одна одну, тому що сили рівні між собою.

$$P_1^x = P_2^x$$

Вісь oy :

$$P_1^y \cdot \sin \alpha + P_2^y \cdot \sin \alpha - I - G = 0,$$

де I – сила інерції,

G - вага деталі.

Аналогічно проекції сил на вісь oy рівні між собою $P_1^y = P_2^y$,

отже рівняння буде виглядати так:

$$2P \cdot \sin \alpha = I + G$$

Далі визначимо сили $P_1 = P_2 = P$.

$$P = \frac{I + G}{2 \cdot \sin \alpha}$$

Вище було сказано, що сили затиску забезпечуються зусиллям, яке створюється при роботі пневматичного приводу захватного пристрою. Тому необхідно визначити це зусилля. Для цього складаємо рівняння рівноваги моментів.

$$Q \cdot l_3 = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 = P(l_1 + l_2)$$

Звідки

$$Q = \frac{P(l_1 + l_2)}{l_3}$$

Аналогічно зусилля на штоці можливо визначити через діаметр циліндра приводу.

$$Q = p \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right)$$

D - діаметр циліндра;

d - діаметр штока;

p - тиск повітря або робочої рідини в приводі.

Прийmemo що $d = D \cdot k$ тоді $Q = p \pi \frac{D^2}{4} (1 - k)$

Прирівнюючи два значення Q , можемо визначити діаметр циліндра приводу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p(1 - k)}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P(l_1 + l_2)}{\pi \cdot p(1 - k) \cdot l_3}} = \sqrt{\frac{4(I + G) \cdot (l_1 + l_2)}{2 \sin \alpha \pi p(1 - k) \cdot l_3}} = \sqrt{\frac{2(I + G) \cdot (l_1 + l_2)}{\sin \alpha \pi \cdot p(1 - k) l_3}}$$

Силу інерції можливо визначити так $I = a \cdot G$

Де a - прискорення руху, яке можна визначити як частину (q) прискорення вільного падіння (g) $a = qg$

Тоді $I = q \cdot G$;

$$\text{Відповідно: } D = \sqrt{\frac{2G(1+q) \cdot (l_1 + l_2)}{\sin \alpha \pi \cdot p(1-k)l_3}}$$

Введемо слідуєчі позначення для подальшого спрощення рівняння:

$$i = \frac{l_1 + l_2}{l_3} - \text{передавальне відношення проміжних передач захватного}$$

пристрою;

$$C_1 = \frac{2(1+kg)}{\sin \alpha} - \text{показник інерційного навантаження на захватний пристрій};$$

$C_2 = \pi p(1-k)$ - показник особливостей виконання привода захватного пристрою.

Тоді кінцеве значення діаметра набуде вигляду:

$$D = \sqrt{\frac{G \cdot C_1 \cdot i}{C_2}}$$

Отже за даною методикою видно, що сили затиску напряду пов'язані з приводом захватного пристрою. Тому, маючи точний силовий розрахунок, можливо точно підібрати параметри привода захвату. Це в свою чергу вплине на масогабаритні характеристики захватного пристрою. Прибравши зайву вагу виконавчого органу промислового робота, ми зменшуємо інерційність конструкції робота в цілому і даємо можливість працювати з більшими прискоренням, що веде до вищої продуктивності його роботи і точності виконання допоміжних операцій в технологічному процесі.

3.4. Розробка дослідного стенду для перевірки ефективності використання функціональних можливостей захватного пристрою робота

Як було сказано раніше, визначення мінімальних сил затиску деталі здійснюється за умови забезпечення мінімальної рівноваги утримуваної деталі від суми сил затиску $P_{\min i}$, сили ваги деталі (G), сили інерції деталі (I) та сил тертя (F). Визначення відзначених сил повинно базуватися на врахуванні всіх особливостей утримування транспортованих деталей на прикладі призматичного виконання захватного пристрою. Додатковою умовою розрахунку є просторове його орієнтування. Найбільш типові варіанти – це вертикальне та горизонтальне розміщення. На прикладі вертикального розміщення захвату розглянемо дане

питання. Під час складання розрахункової схеми необхідно також враховувати особливості утримування деталей захватним пристроєм.

Розробка схеми затиску. Дані дослідження мають статистичний характер, оскільки враховують дію на ЗП тільки сили ваги деталі без урахування сили інерції. Для простоти і надійності експериментів була розроблена спрощена двоточкова схема затиску деталі, відповідно до якої була розроблена конструкція експериментального захватного пристрою.

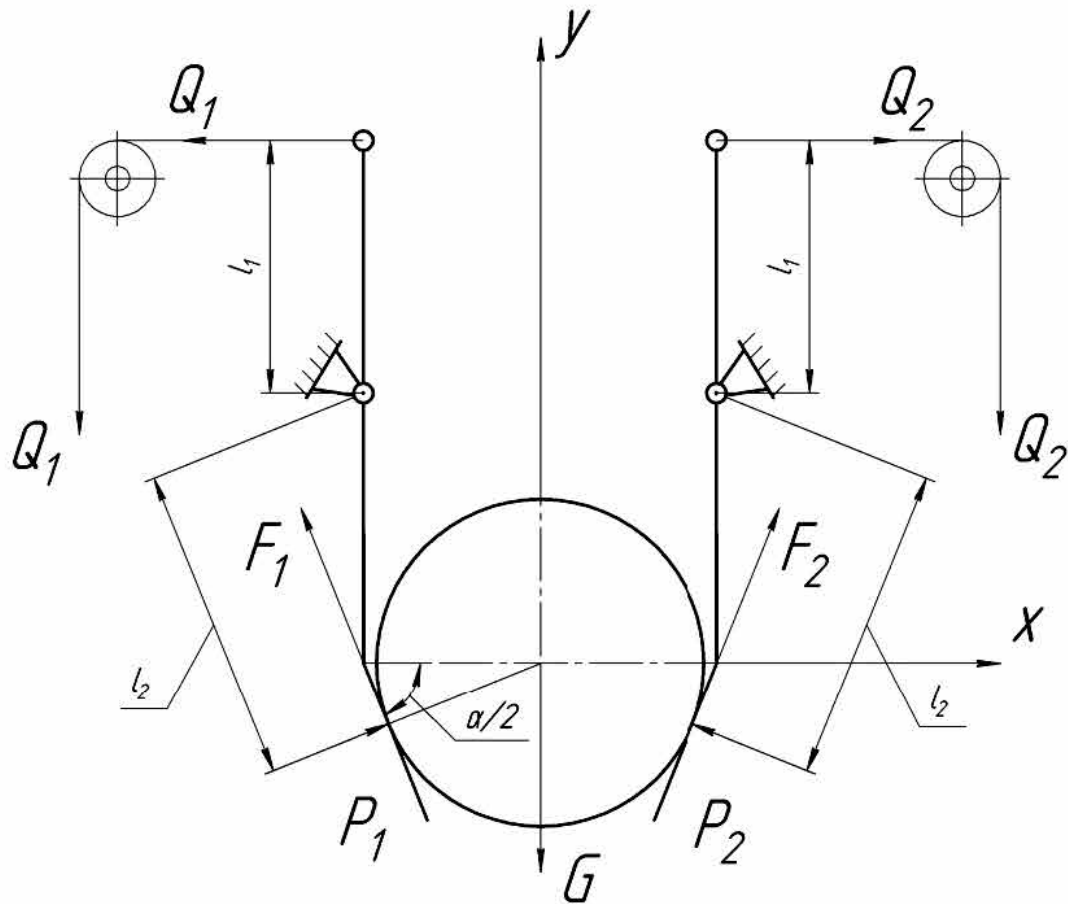


Рис. 3.5. Двоточкова схема затиску деталі

На схемі вказані такі позначення: G – сила ваги деталі; α – кут призми; P_1, P_2, P_3, P_4 – сили затиску деталі; Q – прикладені зовнішні сили; l – плечі прикладення сил. Для визначення сил затиску складаємо рівняння рівноваги утримуваної деталі. Важливою умовою у процесі запису рівнянь рівноваги є врахування сил тертя між утримуваною деталлю та затискними елементами. Для наведеного варіанта такими силами тертя будуть – F_1 і F_2 .

Теоретичне визначення сил затиску. Відповідно до схеми складаємо рівняння рівноваги утримуваної деталі:

$$\sum P_y = -G + P_1'' \cdot \cos \alpha / 2 + P_2'' \cdot \cos \alpha / 2 + F_1 \cdot \sin \alpha / 2 + F_2 \cdot \sin \alpha / 2 = 0.$$

Із наведеного рівняння визначаємо мінімально необхідні сили затиску.
Сили тертя будуть дорівнювати:

$$F_1 = f P_1; F_2 = f P_2.$$

Згідно схеми сили затиску можливо прирівняти до їх вертикальних складових:

$$P_1 = P_1''; P_2 = P_2''.$$

Звідки сили тертя будуть:

$$F_1 = f P_1''; F_2 = f P_2'',$$

а складові сил затиску:

$$P_1'' = P_2'' = P''.$$

Тоді:

$$P_1'' = P_2'' = \frac{G}{2(\cos \alpha / 2 + f \sin \alpha / 2)} = P_1 = P_2 = P_p.$$

Для забезпечення цих сил затиску прикладаються зовнішні сили $Q_p = Q_1 = Q_2$, величина яких визначається:

$$P_p \cdot l_2 = Q_p \cdot l_1.$$

Звідки мінімальні розрахункові зовнішні сили будуть:

$$Q_p = P_p \frac{l_2}{l_1}.$$

Таким чином виведено формули для теоретичного визначення мінімально необхідних сил затиску (P_p) для деталей вагою: 5, 10, 15, 20Н. Після теоретичного розрахунку сил, деталі встановлюються в дослідний стенд і до важелів прикладаються мінімальні сили Q_e , які забезпечують мінімальні експериментальні сили (P_e) затиску. Величину цих сил визначаємо через сили Q_e :

$$P_e = Q_e \frac{l_1}{l_2}.$$

Додатковою умовою проведення експериментальних досліджень є врахування зміни кута (α) затискної призми (в розрахунках та експерименті половина кута призми ($\alpha/2$), а відповідно і сил затиску.

Запуск експериментальної установки та тарування датчиків. Для того, щоб визначити експериментально сили затиску, використовуємо установку для вимірювання сил (рис.3.6).

На рисунку 3.6 зображено: 1 – персональний комп’ютер, 2 – програмне забезпечення для виводу результатів, 3 – рама, 4 – затискні важелі, 5 – механізм для прикладання зовнішніх сил, 6 – мікроконтролер Ардуіно Уно, 7 – таровані гирі для тарування датчиків питомого тиску, 8 – затискні губки з датчиками, 9 – утримувана деталь, 10 – механізм зміни кута затискних призм.

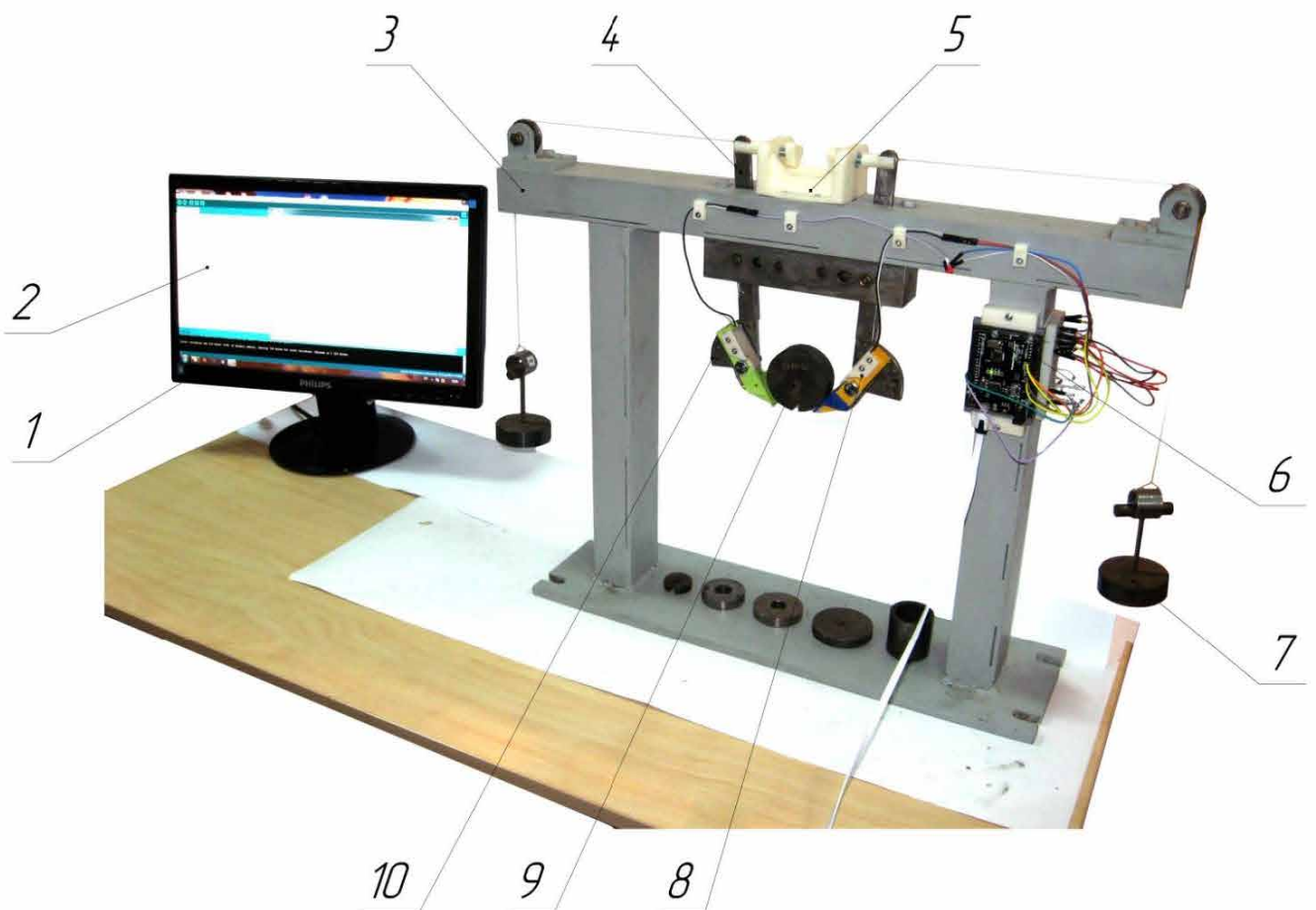


Рис.3.6. Дослідний стенд для визначення сил затиску

Перед початком вимірювання проведемо тарування датчиків. Даний процес проводиться для співставлення показань датчиків (електронна величина) зі значенням ваги (маси), яку дадуть таровані гирі (фізична величина). По отриманим даним необхідно побудувати тарувальний графік.

76

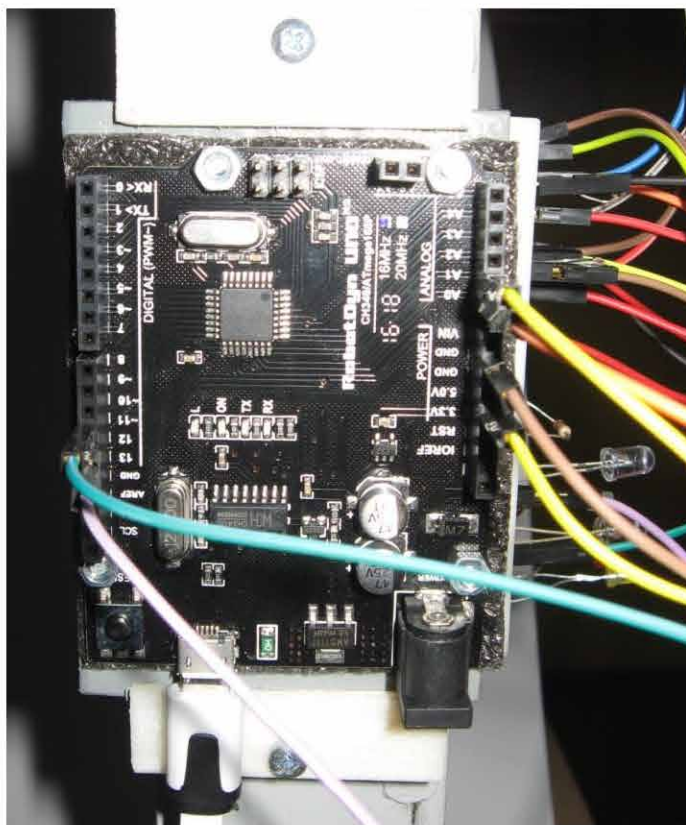


Рис.3.9. Аналогово-цифровий перетворювач

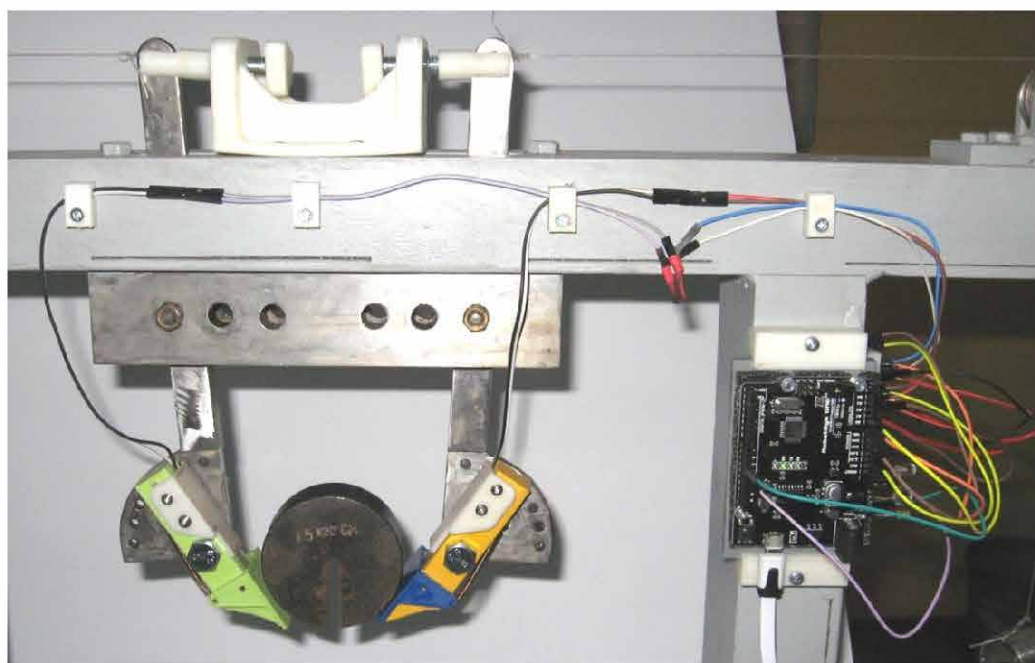


Рис.3.10. Вимірювальна частина в зборі

При кожному затиску записуємо в таблицю показники датчиків, тобто ті кодовані цифрові значення, які з'являться на екрані комп'ютера. Після отримання цифрових значень, необхідно дізнатися яким значенням прикладеної сили відповідають отримані показники. Для цього проводимо аналогічну процедуру

затиску, але за допомогою тарованих гирь. Вписуємо отримані дані в таблицю. По даній таблиці можливо прослідкувати відповідність всіх отриманих даних, а також побудувати тарувальний графік відповідності цифрових показань плати 6 (датчиків 8) та експериментально отриманих сил затиску деталі.

Таблиця 3.1

Дані тарування тензодатчиків

Сила ваги G , Н	Дані плати	Маса гирь, m_r	Експериментальні сили затиску, $P_e(H)$
0	0	0	0
5	0,5	400 x 2	8
10	0,8	600 x 2	12
15	1,05	800 x 2	16
20	1,4	1200 x 2	24

Після проведення тарування будуємо тарувальний графік (рис.3.11).

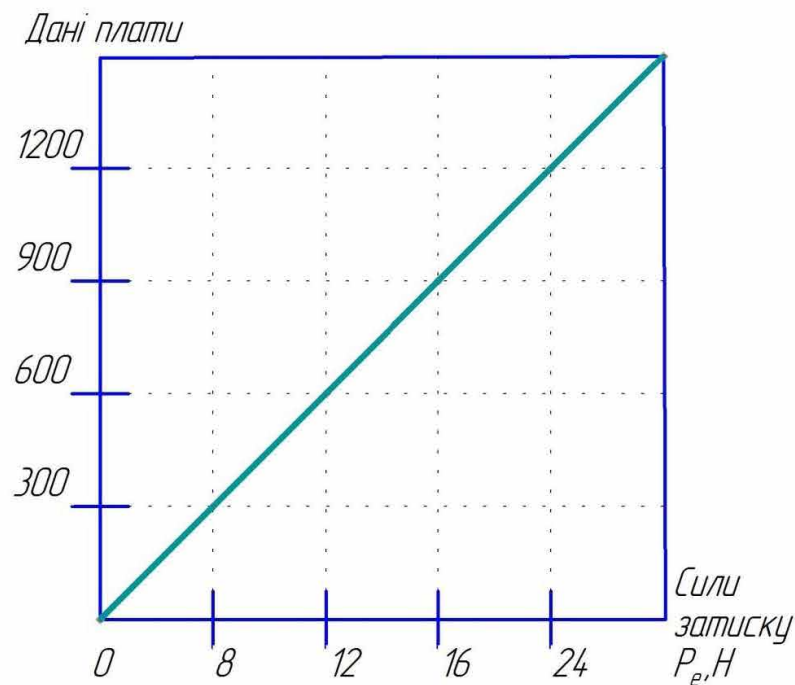


Рис.3.11. Тарувальний графік сил затиску від показань плати

Отримано лінійну залежність експериментальних сил затиску від показань плати. Це дає можливість автоматизувати заміри в даному дослідному стенді. Якщо провести відповідні переведення отримуваних величин в програмному забезпеченні, то можливо обійтися без тарувального графіка, тобто виводити на екран вже реальні значення сил.

Проведення замірів та побудова відповідних залежностей. Після проведення тарування, можливо затискати в захватному пристрої деталі різної ваги, відмінної від представленої в табл.3.1. Тому проводимо заміри вже тільки за допомогою датчиків, по тарувальному графіку визначаємо яка сила була отримана. Таких замірів проводимо 5-ть серій при різних кутах затискних призм α . Кут α змінюємо за допомогою механізму 10 (див. рис. 3.6).

Після проведення замірів будуємо графік залежностей сил затиску від зміни кута затискних призм. Де суцільною лінією будуть відображені теоретично отримані сили затиску, а пунктирні лінії – це експериментально отримані сили.

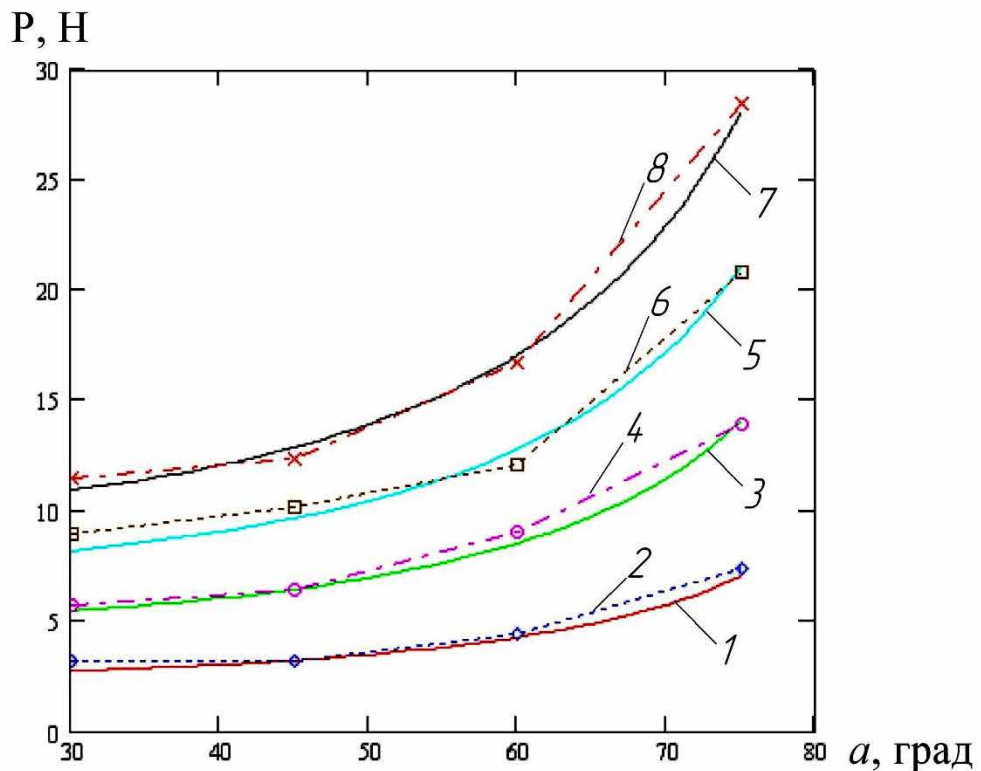


Рис.3.12. Розрахункові (1, 3, 5, 7) та експериментальні (2, 4, 6, 8) криві залежності сил затиску від кута призми α , де 1,2 – ($G=5Н$); 3,4 – ($G=10Н$); 5,6 – ($G=15Н$); 7,8 – ($G=20Н$)

З графіка видно, що залежності майже співпали. Це означає, що ми підтвердили експериментально виведені рівняння для визначення мінімально необхідних сил затиску деталі у захватному пристрої.

Після побудови графіків виявляємо лінійні залежності, які описуються поліномами: $Y = -0,0129 + 0,0606 \cdot X$ (рис.10.8, а); де X – сила ваги, Н; Y –

переміщення пластини, мм. $Y = 0,0006 + 1,6731 \cdot X$ (рис.10.8, б); де X – переміщення пластини, мм; Y – кодоване значення, що видається платою.

Використовуючи програмний продукт Statistica, можливо також отримати графічне відображення комплексного впливу досліджуваних параметрів на сили затиску. Так, на рис.3.13 зображено поверхні відгуку впливу незалежних факторів експерименту: маси деталі (m) та кута призми (α) на сили затиску. Ці фактори мають найбільший вплив при горизонтальному переміщенні ЗП.

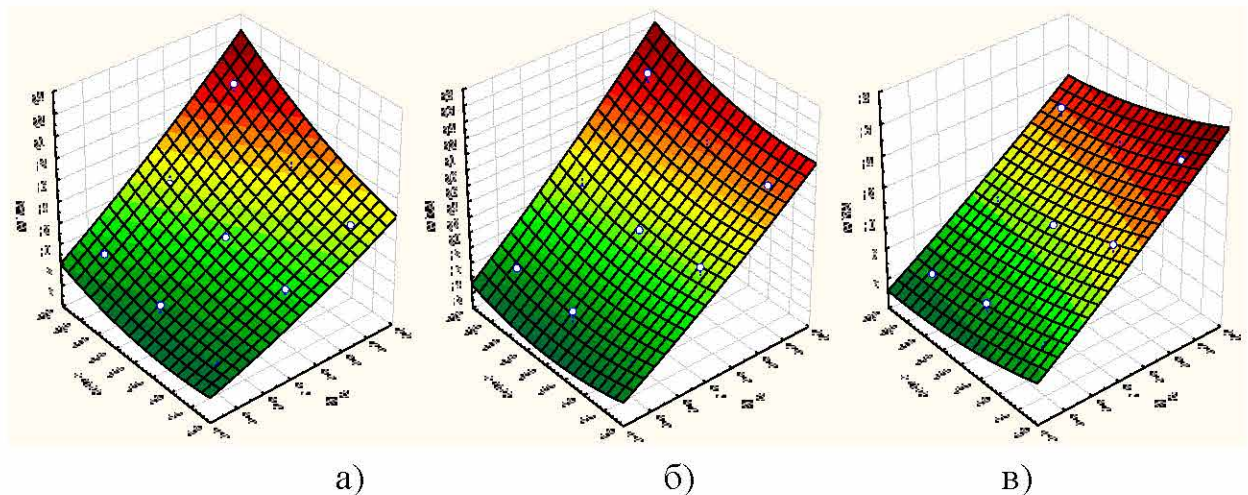


Рис.3.13. Поверхні відгуку експериментальних досліджень:
а – вплив маси деталі та кута призми на силу затиску P_1 ;
б – на силу затиску P_2 ; в – на силу затиску P_4

Вимірювання сил затиску для кожного з визначених програмою випробувань значень проводяться n разів. Потім результати вимірювань усереднюються і як дійсне значення сили затиску приймається середнє арифметичне значення:

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_{ji}.$$

Точність вимірювання оцінюється за розкидом даних. Мірою розкиду є середньоквадратичне відхилення, що визначається за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_{ij} - S_i)^2}.$$

Представлена вище експериментальна установка дозволяє провести перевірку адекватності математичних моделей розрахунку сил затиску, дослідити вплив конструктивних параметрів захватного пристрою на сили затиску за різних умов маніпулювання деталлю та ін.

Висновки. Із наведених результатів випливає, що експериментальні дані досить близько співпадають з розрахунковими. Величина експериментальних сил на 2 – 4% відрізняється від розрахункових, що викликано наявністю тертя в експериментальній установці. Тобто теоретичні розрахунки підтверджено, виведені математичні моделі адекватні.

Відомі фірми-виробники промислових роботів також використовують власні розробки для моніторингу та діагностування роботи захватних пристроїв. Датчики, що вимірюють сили затиску, зазвичай реалізуються у вигляді датчиків сил в точках контакту або на вихідній ланці приводу. Для вакуумних захватних пристроїв і захватів з пневмо та гідроприводом можуть бути використані датчики тиску. Датчиками проковзування можуть служити тактильні датчики, контактні і безконтактні датчики положення, спеціальні датчики проковзування. Безпосереднім завданням технічної діагностики системи захват-об'єкт, так і будь-якої технічної системи, є встановлення конкретних причин спостережуваних явищ відсутності захоплення, втрати об'єкту і тому подібне. Кінцевою метою є вироблення конкретних якісних і кількісних рекомендацій з усунення або зменшення вірогідності відмов.

Стосовно захватних пристроїв актуальним є створення систем як тестового, так і функціонального діагностування. Тестове діагностування займає основне місце на етапах дослідницьких випробувань, відпрацювань і наладки устаткування; функціональне діагностування є основним для режимів експлуатації. Прикладом системи діагностики є установка фірми SCHUNK (рис.3.13), де показаний захватний пристрій, підключений через контролер до комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

Постійний моніторинг сил затиску, а також положення важелів із захватними елементами може здійснюватися міні системами діагностики у вигляді невеликих екранів, підключених до відповідних датчиків (рис.3.14).

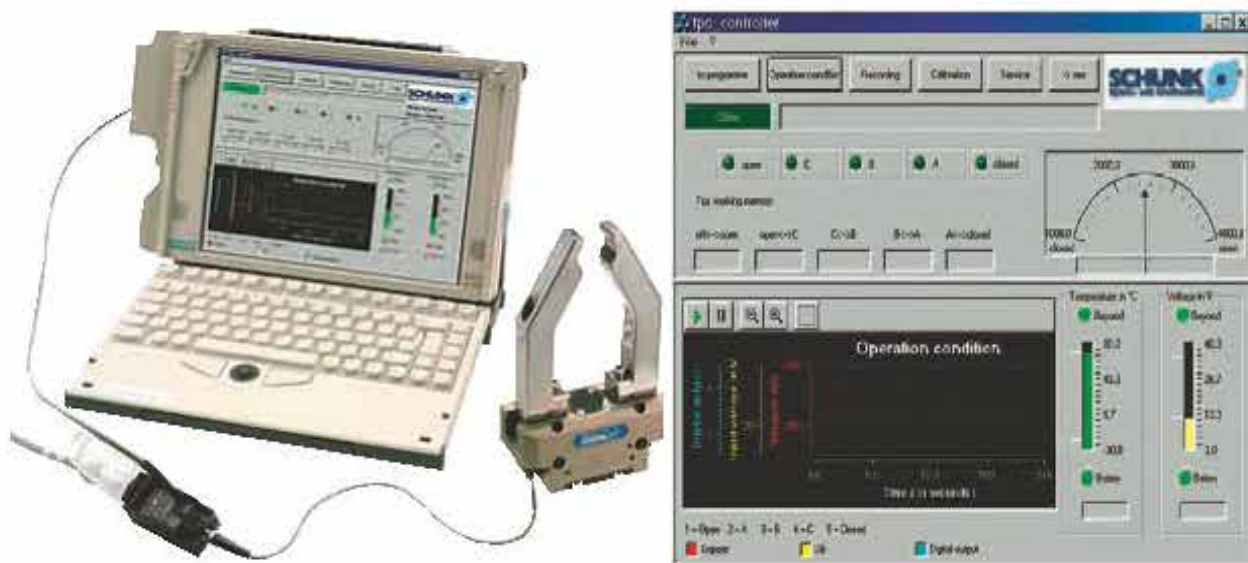


Рис.3.13. Система діагностики ЗП фірми SCHUNK



Рис.3.14. Система моніторингу сил затиску та положення
затискних важелів ЗП:

- 1 – паралельно рухомий ЗП; 2 та 3 – затискні важелі із сенсорами;
4 – затискні елементи; 5 – монітор із показниками
вимірюваної величини

Залежно від необхідної глибини діагностування потрібний різний об'єм інформації. Засоби інформації і саму отримувану інформацію доцільно розділити на категорії. Перша категорія – феноменологічний опис, тобто якісний опис явища. Друга категорія – перевірка наявності або відсутності ознак або умов.

Зокрема, може перевірятися, чи має місце контакт всіх робочих елементів захватного пристрою з об'єктом або тільки деяких з них, чи відбувається при розкритті захватного пристрою одноразова і остаточна втрата контакту або при коливаннях виникають зіткнення. Для перевірки цих умов на практиці потрібна спеціальна апаратура, що включає комплекс засобів контролю. І третя категорія – кількісне визначення механічних величин, що характеризують взаємодію об'єкта із захватом (лінійних і кутових похибок взаємного положення об'єкта і елементів захватного пристрою, прискорень, що діють, прикладених сил і моментів і ін.), основних показників захватних пристроїв, таких як сили затиску, граничні значення прикладених сил, що діють по осях захватного пристрою, час захоплення і відпуску, маса, габаритні розміри, характерні розміри (максимальний, мінімальний) поверхонь об'єкта, по яких проводиться захоплення; крім того, для захватів необхідно знати силу на вихідній ланці приводу, максимальні переміщення вихідної ланки, кінематичну схему, для вакуумних ЗП – розміри контактної площі присоски, номінальний тиск в порожнині присоски, для магнітних захватних пристроїв – розміри площі контакту, напругу живлення.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТА

4.1. Загальні вихідні дані

Для вирішення питання про економічну ефективність модернізованої конструкції в якості бази для порівняння приймаємо робот KUKA KR16, який послужив основою для модернізації.

Використання нової конструкції у роботизованому комплексі з токарним верстатом HAAS ST-20SS сприятиме вирішенню трьох завдань:

- покращення умов праці робітників-операторів, зокрема завдяки усуненню ручної малокваліфікованої праці;
- підвищення продуктивності праці на 10-12% за рахунок економії допоміжного часу (табл. 4.1);
- скорочення потреби в робочій силі.

Крім того, завдяки можливості швидкого переналагоджування промислового робота для виконання різних завдань, підвищується ефективність його використання за рахунок чергування великої номенклатури оброблюваних деталей.

Таблиця 4.1

Зміна структури штучного часу

№ з/п	Норма часу	Базовий варіант	Новий варіант
1.	Цикловий час, хв.	3,11	3,11
2.	Допоміжний час, хв.	0,33	0,07
3.	Оперативний час обробки деталі, хв.	3,44	3,18
4.	Час на обслуговування робочого місця, хв. (6% від оперативного часу)	0,20	0,18
5.	Час на особисті потреби, хв. (4% від оперативного часу)	0,14	-
6.	Штучний час обробки деталі, хв.	3,78	3,36
7.	Час налагодження обладнання, хв.	20	23

Загальні техніко-економічні показники базового та проектного варіантів зведено до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Загальні вихідні техніко-економічні показники базового та нового верстатів

№ п/п	Показник	Одиниця	Варіанти	
			базовий	проект
1.	Програма виробництва деталей	шт./рік	7500	7500
2.	Штучний час обробки деталі	хв.	3,78	3,36
3.	Площа, яку займає обладнання	м ²	6,27	6,27
4.	Встановлена потужність електродвигунів: - верстата - робота	кВт	14,9 10	14,9 13
6.	Категорія ремонтної складності: механічної/електричної частин	УРО	20/18	22/18
7.	Розряд роботи: - оператора - наладчика	розряд розряд	4 6	4 6
8.	Оптова ціна - верстата - робота	грн.	1755000 84200	1755000 -

4.2. Визначення експлуатаційних витрат (собівартості обробки)

Розрахунок виконуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^m B_i, \quad (4.1)$$

де B_z – витрати на заробітну плату основну, додаткову та відрахування на соціальні потреби основних робітників, грн.;

B_e – витрати на силову електроенергію, грн.;

B_{md} – витрати на допоміжні матеріали, грн.;

B_p – витрати на ремонт обладнання, грн.;

B_n – витрати на утримання приміщення, грн.;

B_a – витрати на амортизацію обладнання, грн.;

B_n – витрати на амортизацію обладнання, грн.

Витрати на заробітну плату основну, додаткову та відрахування на соціальне страхування оператора:

$$B_z = C_r \cdot \frac{T_{шт}}{60} \cdot (1 + K_d) \cdot (1 + K_c), \quad (4.2)$$

де $T_{шт}$ – штучний час виготовлення деталі, хв.;

K_d, K_c – коефіцієнти додаткової зарплати та відрахувань на соціальне страхування відповідно.

В базовому варіанті:

$$B_{zб} = 77,979 \cdot \frac{3,78}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 6,5928 \text{ грн.};$$

В проектному варіанті:

$$B_{zn} = 77,979 \cdot \frac{3,36}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 5,8603 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію силову:

$$B_e = \frac{N_b \cdot K_o \cdot K_N \cdot K_d}{\eta_m \cdot \eta_c} \cdot \frac{T_{шт}}{60} \cdot \Pi_{ел}, \quad (4.3)$$

де N_b – встановлена потужність електродвигунів роботизованого комплексу, кВт;

K_o – коефіцієнт одночасної роботи моторів ($K_o=0,65\dots0,8$);

K_N – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю (для токарних верстатів $K_N=0,5\dots0,6$);

K_d – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за часом ($K_d=0,3\dots0,5$);

η_c – середній коефіцієнт корисної дії електродвигунів ($\eta_c=0,86\dots0,9$);

η_m – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі підприємства ($\eta_m=0,92\dots0,96$);

$\Pi_{ел}$ – ціна 1 кВт-год силовій електроенергії, грн.

$$B_{\text{ел}}^{\text{баз}} = \frac{24,9 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{0,88 \cdot 0,95} \cdot \frac{3,78}{60} \cdot 7,50 = 2,9554 \text{ грн.},$$

$$B_{\text{ел}}^{\text{пр}} = \frac{27,9 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,4}{0,88 \cdot 0,95} \cdot \frac{3,36}{60} \cdot 7,50 = 2,7473 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали:

$$B_{\text{мв}} = \frac{M_{\text{гв}} \cdot R_{\text{м}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100} \cdot K_{\text{п}}, \quad (4.4)$$

де $M_{\text{гв}}$ – годинні витрати на допоміжні матеріали на 1 УРО механічної частини всіх типів обладнання, коп.;

$R_{\text{м}}$ – категорія складності ремонту механічної частини обладнання, УРО;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, який враховує тип виробництва (для серійного $K_{\text{п}} = 1,0$).

$$B_{\text{дм}}^{\text{баз}} = \frac{79,5 \cdot 20,0 \cdot 3,78}{60 \cdot 100} \cdot 1,0 = 1,0017 \text{ грн.},$$

$$B_{\text{дм}}^{\text{пр}} = \frac{79,5 \cdot 22,0 \cdot 3,36}{60 \cdot 100} \cdot 1,0 = 0,9794 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання:

$$B_{\text{р}} = \frac{R_{\text{м}} \cdot \Gamma_{\text{вм}} + R_{\text{е}} \cdot \Gamma_{\text{ве}}}{F_{\text{дрм}}} \cdot \frac{T_{\text{шт}}}{60}, \quad (4.5)$$

де $\Gamma_{\text{вм}}, \Gamma_{\text{ве}}$ – відповідні річні витрати на всі види ремонту на 1 УРО механічної та електричної частин вузла, грн./рік;

$F_{\text{дрм}}$ – дійсний річний фонд часу роботи верстата (при двозмінному режимі роботи для серійного виробництва – 3950 год.).

$$B_{\text{р}}^{\text{баз}} = \frac{20 \cdot 880 + 18 \cdot 720}{3980} \cdot \frac{3,78}{60} = 0,4874 \text{ грн.},$$

$$B_{\text{р}}^{\text{пр}} = \frac{22 \cdot 880 + 18 \cdot 720}{3980} \cdot \frac{3,36}{60} = 0,4582 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання приміщення:

$$B_{\text{уп}} = \frac{F_o \cdot K_d \cdot C}{F_{\text{дрм}}} \cdot \frac{T_{\text{шт}}}{60}, \quad (4.6)$$

де F_o – виробнича площа, яку займає одиниця обладнання, м^2 ;

K_d – коефіцієнт, який враховує додаткову площу (на проходи, проїзди, побутові та службові приміщення);

C – річні витрати, пов'язані з використанням 1 м^2 виробничого приміщення, $\text{грн}/\text{м}^2$.

$$B_{\text{уп}}^{\text{баз}} = \frac{6,27 \cdot 2,5 \cdot 3,78}{3980 \cdot 60} \cdot 780 = 0,1950 \text{ грн.},$$

$$B_{\text{уп}}^{\text{пр}} = \frac{6,27 \cdot 2,5 \cdot 3,36}{3980 \cdot 60} \cdot 780 = 0,1733 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію роботизованого комплексу:

$$B_a = \frac{\Phi_{\text{бал}} \cdot H_a}{F_{\text{дрм}} \cdot 100} \cdot \frac{T_{\text{шт}}}{60}, \quad (4.7)$$

де H_a – норма амортизації, %;

$\Phi_{\text{бал}}$ – балансова вартість обладнання, грн.

Балансову вартість обладнання знайдемо за формулою:

$$\Phi_{\text{бал}} = \Pi_{\text{опт}} \cdot (1 + K_{\text{тр}} + K_{\text{м}} + K_{\text{ф}}), \quad (4.8)$$

де $\Pi_{\text{опт}}$ – оптова ціна обладнання, грн.;

$K_{\text{тр}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{ф}}$ – відповідно коефіцієнти, які враховують транспортування (0,05...0,1), монтаж (0,04...0,06) та влаштування фундаменту (0,02...0,08).

Таким чином, балансова вартість обладнання:

- верстата:

$$\Phi_{\text{бал.в}} = 1755000 \cdot (1 + 0,08 + 0,06 + 0,05) = 2088450 \text{ грн.},$$

- базового робота:

$$\Phi_{\text{бал.р}}^{\text{баз}} = 84200 \cdot (1 + 0,08 + 0,06 + 0,05) = 100198 \text{ грн.},$$

За попередніми прогнозами вартість робіт з проєктування та модернізації робота складають 5% від його вартості. Таким чином, ціна модернізованого робота складе $84200 \times 1,05 = 88410$ грн., а його балансова вартість:

$$\Phi_{\text{бал.р}}^{\text{баз}} = 88410 \cdot (1 + 0,08 + 0,06 + 0,05) = 105208 \text{ грн.},$$

$$B_a^{\text{б}} = \frac{(2088450 + 100298) \cdot 20 \cdot 3,78}{3980 \cdot 60 \cdot 100} = 6,9292 \text{ грн.},$$

$$B_a^{\text{пр}} = \frac{(2088450 + 105208) \cdot 20 \cdot 3,36}{3980 \cdot 60 \cdot 100} = 6,1731 \text{ грн.}$$

Витрати на налагодження роботизованого комплексу:

$$B_n = C_{\text{зн}} \cdot (1 + K_{\text{д}}) \cdot (1 + K_{\text{с}}) \cdot \frac{T_{\text{нз}} \cdot A}{60 \cdot N_{\text{д}}}, \quad (4.9)$$

де $C_{\text{зн}}$ – годинна тарифна ставка наладчика, грн./год.;

A – кількість налагоджень за рік;

$T_{\text{нз}}$ – підготовчо-заклучний час (час налагодження), хв.;

$N_{\text{д}}$ – річна програма випуску деталей, шт./рік.

$$B_n^{\text{баз}} = 103,972 \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot \frac{20 \cdot 12}{60 \cdot 10000} = 0,0558 \text{ грн.},$$

$$B_n^{\text{пр}} = 103,972 \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot \frac{23 \cdot 12}{60 \cdot 10000} = 0,0642 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків зводимо до табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Експлуатаційні витрати (собівартість обробки)

№ п/п	Експлуатаційні витрати	Умовне познач.	Варіанти	
			Базовий	Проектний
1.	Заробітна плата основна, додаткова з відрахуваннями у соціальні фонди	B_z	6,5928	5,8603
2.	Силова електроенергія	$B_{\text{ел}}$	2,9554	2,7473
3.	Допоміжні матеріали	$B_{\text{дм}}$	1,0017	0,9794
4.	Ремонт обладнання	B_p	0,4874	0,4582
5.	Утримання приміщення	$B_{\text{ун}}$	0,1950	0,1733
6.	Амортизація обладнання	B_a	6,9292	6,1731
7.	Налагодження обладнання	B_n	0,0558	0,0642
Загальна сума		B_e	18,2173	16,4558

4.3. Розрахунок показників економічної ефективності

Річний економічний ефект від проведеної модернізації розрахуємо за формулою:

$$E_p = (B_e^{\text{баз}} - B_e^{\text{пр}}) \cdot N_d - E_n \cdot K_d, \quad (4.10)$$

де N_d – річна програма випуску деталі, шт.;

K_d – додаткові капітальні витрати, грн.

$$K_d = \Phi_{\text{бал.пр}} \cdot Q_{\text{пр}} - \Phi_{\text{бал.б}} \cdot Q_b, \quad (4.11)$$

де $\Phi_{\text{бал.пр}}$, $\Phi_{\text{бал.б}}$ – відповідно балансова вартість обладнання в проектному та базовому варіантах, грн.;

$Q_{\text{пр}}$, Q_b – потреба в обладнанні відповідно в проектному і базовому варіантах.

Потребу в обладнанні визначаємо за формулою:

$$Q_p = \frac{N_d \cdot T_{\text{нор}}}{F_{\text{дрм}} \cdot 60 \cdot \kappa_e}, \quad (4.12)$$

де κ_e – коефіцієнт виконання норм (за даними підприємства).

Так потреба в проектному варіанті:

$$Q_{p, \text{пр}} = \frac{7500 \cdot 3,36}{3980 \cdot 60 \cdot 1,01} = 0,11 \quad (Q_{\text{пр}}=1);$$

$$K_d = 105208 \cdot 1 - 100198 \cdot 1 = 5010 \text{ грн.}$$

$$E_p = (18,2173 - 16,4558) \cdot 7500 - 0,16 \cdot 5010 = 12410 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_d}{(B_e^{\text{баз}} - B_e^{\text{пр}}) \cdot N_d}, \quad (4.13)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{5010}{(18,2173 - 16,4558) \cdot 7500} = 0,4 \text{ року} = 4,5 \text{ міс.}$$

Визначимо показники ефективності використання нового роботизованого комплексу (РК) в умовах його застосування для обробки групи однотипних деталей (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Показники ефективності застосування РК для обробки групи деталей

№ з/п	Показник	Формула розрахунку	Базовий варіант	Новий варіант
1.	Середня величина партії деталей, шт.	$n = \frac{N_{\partial}}{A}$	$n_{\partial} = \frac{7500}{12} = 625$	$n_{np} = \frac{7500}{12} = 625$
2.	Річний обсяг випуску продукції на дільниці (в цеху), шт.	$N_{zag} = \frac{F_{\partial pm} \cdot \eta \cdot 60}{T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}}$, де η – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{3,78 + \frac{20}{625}} = 53248$	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{3,36 + \frac{23}{625}} = 59756$
3.	Середня кількість найменувань деталей, які обробляються на РК протягом року	$\frac{\Phi_{\partial pm} \cdot \eta \cdot 60}{\rho \cdot t_{шт нов} + t_{пз} \cdot A}$	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{7500 \cdot 3,78 + 20 \cdot 12} = 7$	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{7500 \cdot 3,36 + 23 \cdot 12} = 8$
4.	Річний час налагодження обладнання, год.	$T_{пз.p} = \frac{T_{пз} \cdot N_{zag}}{60 \cdot n}$	$\frac{20 \cdot 53248}{60 \cdot 625} = 28,4$	$\frac{23 \cdot 59756}{60 \cdot 625} = 36,7$
5.	Річний час роботи обладнання, год.	$T_{шт.p} = \frac{T_{шт} \cdot N_{zag}}{60}$	$\frac{3,78 \cdot 53248}{60} = 3354,6$	$\frac{3,36 \cdot 59756}{60} = 3346,3$
6.	Розрахункова кількість потрібного обладнання, шт.	$Q_p = \frac{T_{шт.p} + T_{пз.p}}{F_{\partial pm}}$	$\frac{3354,6 + 28,4}{3980} = 0,85$	$\frac{3346,3 + 36,7}{3980} = 0,85$
7.	Прийнята кількість обладнання, шт.	Q_{np}	$Q_{np.б} = 1 (\eta = 0,85)$	$Q_{np.нр} = 1 (\eta = 0,85)$
8.	Прийнята кількість операторів, осіб	$U_{оп} = \frac{T_{шт.p}}{F_{\partial p} \cdot \kappa_{вн}}$	$U_{оп.б} = \frac{3354,6}{1840 \cdot 1} = 1,88$	$U_{оп.нр} = \frac{3346,3}{1840 \cdot 1} = 1,82$
9.	Кількість наладчиків, осіб	$U_n = \frac{T_{нал.p}}{F_{\partial м}}$	$U_{н.б} = \frac{28,4}{1840} = 0,02$	$U_{н.нр} = \frac{36,7}{1840} = 0,02$
10.	Економія чисельності основних робітників, %	$E_{ч.оп} = \frac{U_{оп.б} \cdot 100}{U_{оп.нр}} - 100$	-	$E_{ч.оп} = \frac{1,88 \cdot 100}{1,82} - 100 = 3,3\%$

Визначимо річний економічний ефект і строк окупності додаткових капітальних витрат в розрахунку на можливий річний обсяг виробництва однотипних деталей дільниці (цеху) із застосуванням РК:

$$E_p = (18,2173 - 16,4558) \cdot 59756 - 0,16 \cdot 5010 = 104500 \text{ грн.};$$

$$T_{ок} = \frac{5010}{(18,2173 - 16,4558) \cdot 59756} = 0,05 \text{ року} = 0,6 \text{ міс.}$$

У підсумку складасмо зведену таблицю техніко-економічних показників проекту (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Підсумкові техніко-економічні показники базового та проектного варіантів

№ п/п	Показники	Одиниця	Базовий варіант	Проект	Зміна, % (+,-)
1.	Потреба в обладнанні РК: -верстатах - роботах	шт./рік шт./рік	1 1	1 1	— —
2.	Річна програма виробництва умовної деталі	шт./рік	7500	7500	—
3.	Можливий річний обсяг випуску однотипних умовних деталей дільниці (цеху)	шт./рік	53248	59756	+12,2
3.	Штучний час обробки деталі	хв.	3,78	3,36	-11,1
4.	Оптова ціна: - верстата - робота	грн. грн.	1755000 84200	1755000 88410	— +5,0
5.	Собівартість одиниці обробки	грн.	18,2173	16,4558	-9,7
6.	Орієнтовні витрати на підготовку виробництва, модернізацію, монтаж і відладку	грн.	—	4210	—
7.	Річний економічний ефект в розрахунку: - на програму виробництва умовної деталі (I варіант) - на можливий річний обсяг однотипних деталей дільниці (цеху) (II варіант)	грн. грн.	— —	12410 104500	— —
8.	Строк окупності додаткових капітальних витрат: - у I варіанті - у II варіанті	місяців місяців	— —	4,5 0,6	— —
9.	Економія чисельності операторів у II варіанті	%	—	3,3	—

Загальні висновки:

1. Основні показники ефективності впровадження промислових робіт на виробництві: підвищення продуктивності, покращення якості, зниження витрат та підвищення безпеки.
2. У розробленому технологічному процесі використано промислового робота KUKA KR16 сумісно з верстатом HAAS ST-20SS на токарній операції.
3. Проведено економічні розрахунки та наведено показники економічної ефективності використання промислового робота. Отримано економічний ефект 12410 грн.
4. Розглянуто методику силового розрахунку як одного з ключових моментів ефективного впровадження робота у технологічний процес. Досліджено можливість збільшення продуктивності, якості роботи промислового робота та зниження енергетичних витрат за рахунок зменшення масо-габаритних характеристик привода захватного пристрою та покращення його конструктивних характеристик.
5. Створено дослідний стенд перевірки силових характеристик захватного пристрою та підтвердження адекватності отриманих результатів по запропонованій методиці.
6. Надати відповідні висновки та рекомендації по кожному розділу.

Література

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування / Павленко І.І. - Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420с.
2. Павленко І. І. Захватні пристрої роботів: Навчальний посібник. / І. І. Павленко, М. О. Годунко. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – 367 с.
3. <http://mindtrans.narod.ru/hands/hands.htm> - перелік існуючих захватних пристроїв роботів
4. Бичіне, В.Б. Організація і нормування праці: підручник для вузів. - М.: «Іспит», 2005. - 464 с.
5. Вешнякова, Т.С. Організація, нормування і оплата праці на підприємствах сфери обслуговування [Текст]: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Т.С. Вешнякова. - М: «Академія», 2006. - 224 с.
6. Павленко І.І. Експериментальні статичні дослідження сил затиску ЗП промислових роботів / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація./ Вип. 22. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 173 – 178.
7. Павленко І.І. Експериментальні динамічні дослідження сил затиску ЗП промислових роботів / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 40 / Частина II. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 251 – 255.
8. Павленко І.І. Функціональні характеристики затискних важелів ЗП роботів / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 40/Частина II. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 172 – 177.
9. Павленко І.І. Аналіз передавальних відношень плечей сил затискних важелів ЗП роботів / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в

сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація./ Вип. 23. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 123 – 128.

10. K.Koskinen (2016) Design of a smart gripper for industrial applications., 8th June.

11. Caucey G.C. & R.D. Quinn. (2016) Gripper design guidelines for modular manufacturing. Proceedings. 1998 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat.No.98CH36146) n. pag. Web.8 June.

12. Raymond R. Ma & Aaron M. Dollar. (2016) Yale Openhand Project - Model T. Eng.yale.edu. N.p.. Web. 21 June.