

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технології виготовлення корпусу Т 001.709**

з дослідженням процесу фрезерування з попереднім пластичним

деформуванням

Виконав: студент VI курсу, групи МТм-61

спеціальності 131 прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Мороз Д.М. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Ткаченко І. Г. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Дячун А. Є. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Окіпний І. Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окінний І. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 16 » листопада 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Морозу Дмитру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення корпусу Т 001.709 з дослідженням процесу фрезерування з попереднім пластичним деформуванням

Керівник роботи Ткаченко Ігор Григорович, к. т. н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 16 » листопада 2023 року № 4/7-1058

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес виготовлення корпусу Т 001.709, річна програма випуску 18000 шт., наукова література, присвячена дослідженням способів фрезерування з пластичним деформуванням.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Зміст. Реферат. Вступ. Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки. Перелік посилань.

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

Плакати для ілюстрації результатів наукових досліджень – 2А1.

Пристрої для токарної обробки – 2А1. Установочний пристрій – А1.

Технологічні налагодження на операцію технологічного процесу – А1.

Пристрій для контролю – А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Ткаченко І. Г., доц. каф. МТ</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			
	<i>Стадник І. Я., проф. каф. ОХ</i>		

7. Дата видачі завдання 16 листопада 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Мороз Д. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ткаченко І. Г.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Мороз Дмитро Миколайович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр на тему: «Розроблення технології виготовлення корпусу Т 001.709 з дослідженням процесу фрезерування з попереднім пластичним деформуванням». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МПм-61. Керівник – канд. техн. наук, доцент Ткаченко Ігор Григорович.

Технологічні методи забезпечення надійності мають велике значення поряд з експлуатаційними та конструктивними, оскільки саме в процесі виготовлення забезпечується закладена конструктором надійність виробу.

Практично всі відмови в тій чи іншій мірі пов'язані з технологією, оскільки саме вона визначає рівень якості і всі властивості виробу.

Отже, технологічний процес безпосередньо і суттєво впливає на показники надійності, а вивчення методів забезпечення якісних показників технологічного процесу є актуальним завданням.

Мета роботи – розроблення технології виготовлення корпусу Т 001.709, а також дослідження процесу фрезерування з попереднім пластичним деформуванням, зокрема, статистичних характеристик точності отримання розмірів.

Завдання досліджень: встановити перспективні ймовірісно-статистичні методи оцінювання точності механічної обробки деталей; розробити методику і провести експериментальні дослідження статистичних характеристик точності обробки; визначити статистичні характеристики точності обробки при фрезеруванні деталі; розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення корпусу Т 001.709; спроектувати спеціальне технологічне оснащення; розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення корпусу Т 001.709, а також точність отримання розмірів при фрезеруванні.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні методики, та отриманні результатів експериментальних досліджень щодо статистичних характеристик точності обробки при фрезеруванні корпусу Т 001.709.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено раціональний технологічний процес виготовлення корпусу Т 001.709, спроектовано спеціальне технологічне оснащення для його реалізації.

Апробація. Основні результати роботи доповідались на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», м. Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань із 19 найменувань та додатків. Обсяг основної частини становить 76 сторінок, 13 рисунків, 12 таблиць, додатків – 48 сторінок. Графічна частина включає 7 аркушів формату А1.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.	
Актуальність теми роботи	8
1.2 Методи вирішення поставленої проблеми	9
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	10
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	12
2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження	12
2.2 Програма і методика теоретичних та експериментальних досліджень	14
2.3 Аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень	18
2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень	21
3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	22
3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.	
Аналіз технологічності виробу	22
3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу	
виготовлення виробу	29
3.3 Визначення кількості обладнання	54
3.4 Конструювання спеціального оснащення	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
4.1 Вентиляція та опалення виробничих приміщень	69
4.2 Конструкція і розрахунок системи стружко- і пиловидалення із	
зони різання верстата	71
4.3 Моніторинг і прогнозування надзвичайних ситуацій	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	75
ДОДАТКИ	77

ВСТУП

Сучасні умови роботи промислового комплексу визначають необхідність прийняття рішень, пов'язаних з використанням раціональних технологій виробництва машин і устаткування. Серед найважливіших завдань сучасного машинобудування особливе місце посідає підвищення ефективності обробки деталей машин. Це завдання включає в себе досягнення високої продуктивності і забезпечення якості обробленої поверхні. Розширення обсягів використання у машинобудуванні важкооброблюваних матеріалів та проблема їхньої обробки вимагають удосконалення існуючих технологічних процесів.

Одним із найбільш поширених видів металообробки є торцеве фрезерування, яке має широке застосування в машинобудуванні, зокрема, при обробленні плоских поверхонь призматичних деталей з конструкційних вуглецевих сталей.

Призначення раціональних режимів різання дозволяє досягнути максимальної продуктивності праці і якості продукції.

В сучасному машинобудуванні при розробці нових технологічних процесів значна увага приділяється питанням пов'язаним із забезпеченням якості оброблення деталей машин. Тому, дослідження статистичних характеристик точності обробки з визначенням статистичних характеристик точності обробки при фрезеруванні є важливим завданням.

Розвиток та вдосконалення технологічних процесів неможливий без розробки та поширення високонадійного, сучасного різального інструменту, який здатен технологічно забезпечити якість обробленої поверхні, а відтак і конкурентну здатність виробу.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

Актуальність теми роботи

Сучасний стан машинобудівної галузі передбачає розроблення та впровадження у виробництво нових та вдосконалення існуючих технологічних засобів. Одним з головних завдань в машинобудуванні є забезпечення якісних показників оброблення деталей машин.

Розроблення нових та удосконалення існуючих технологічних процесів неможливе без застосування високонадійного, сучасного різального інструменту, який здатен забезпечити необхідну якість обробленої поверхні деталі.

Формування плоских поверхонь деталей для технологічного оснащення вимагає забезпечення не лише високої точності розмірів та взаємного розміщення конструктивних елементів, але й потрібних фізико-механічних параметрів поверхневого шару.

На підставі аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що механічна обробка плоских поверхонь деталей машин широко застосовується в сучасному машинобудуванні. При цьому застосування інструментів із твердих сплавів та надтвердих матеріалів є одним з можливих напрямків підвищення продуктивності оброблення та визначає економічну ефективність технологічних процесів [1].

Торцеве фрезерування широко застосовується при обробленні плоских поверхонь. Це обумовлено високою продуктивністю процесу, в тому числі, при обробленні матеріалів, що володіють високою механічною міцністю [2].

З метою економії легованих сталей та спеціальних сплавів, в обґрунтованих випадках, для виготовлення деталей можуть застосовуватись конструкційні сталі звичайної якості та чавуни.

На сьогоднішній день, чистове оброблення плоских поверхонь деталей, виготовлених із загартованої сталі та чавуну часто здійснюють шляхом

фрезерування торцевими фрезами, різці яких оснащені надтвердими матеріалами (НТМ). При обробленні незагартованих сталей та інших важкооброблюваних матеріалів застосування таких фрез є обмеженим через високу швидкість зношування таких різців [3].

Як свідчать результати досліджень, зі збільшенням твердості незагартованої сталі довжина контактної площадки на передній поверхні зменшується, а стійкість різального інструменту збільшується. Звідси випливає, що ефективність обробки, де використовуються інструменти, оснащені НТМ можна підвищити шляхом збільшення мікротвердості матеріалу.

На даний час, цілий ряд технологічних процесів дозволяють зміцнити поверхневий шар оброблюваних деталей. Зокрема, шляхом попереднього пластичного деформування (ППД), яке здійснюється паралельно з обробленням. Цей метод дозволяє разом з отриманням необхідного мікрорельєфу оброблюваної поверхні та структури її поверхневого шару, досягти певного зміцнення.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що при обробленні обточуванням незагартованої сталі глибина зміцненого шару складає близько 185 мкм. При цьому, середня мікротвердість поверхневого шару є у 1,5-2 рази більшою ніж мікротвердість основного металу.

Вищезгадані параметри зміцненого шару, утвореного поверхневим пластичним деформуванням дозволяють ефективно проводити оброблення деталей інструментами, оснащеними НТМ.

Отже, вдосконалення методики математичного аналізу ефективності технологічного процесу оброблення плоских поверхонь комбінованими торцевими фрезами з одночасним поверхневим пластичним деформуванням при обґрунтуванні теоретичних результатів, щодо якості оброблення та продуктивності процесу обробки є актуальною задачею.

1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

В роботах авторів Виговського Г.М., Білявського М.Л. Громова О.А. запропоновано способи обробки площин комбінованими торцевими фрезами, які

реалізують процеси обробки різанням з попереднім пластичним деформуванням. У працях представлені результати досліджень комбінованих методів оброблення деталей машин в машинобудівній галузі, зокрема з попереднім пластичним деформуванням, проте, не в повній мірі розглянуті питання прогнозування якісних показників процесу оброблення плоских поверхонь.

Питанням, пов'язаним з технологією торцевого фрезерування присвячені також роботи Мельничука П.П. та Лоева В.Ю., але в них відсутнє математичне моделювання прогнозування якості оброблення плоских поверхонь деталей технологічного спорядження комбінованими торцевими фрезами, оснащеними НТМ.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

В результаті проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що різання металів відбувається внаслідок утворення пластичного напруженого стану в досить обмеженій зоні, локалізованій біля різальної кромки, що викликає відділення стружки від тіла оброблюваної деталі. Якщо обробка супроводжується попереднім пластичним деформуванням, то пластичний напружений стан виникає у значно більшому об'ємі тіла деталі. З кінематичної точки зору, процеси оброблення різанням і попереднім пластичним базуються на подібних схемах і можуть навіть трансформуватися один у інший. З точки зору фізики процесу різання можна представити, як глибоке пластичне деформування чи руйнування металу з відокремленням стружки.

Існують комбіновані способи оброблення різанням, при яких спочатку здійснюється видалення основного припуску різцями з наступним поверхневим пластичним деформуванням оброблюваної поверхні, а також такі, коли спеціальний інструмент попередньо деформує поверхневий шар, який після цього частково видаляється різальними елементами.

Комбіновані способи обробки дозволяють отримати зміцнену поверхню обробленої деталі з низькою шорсткістю, але можливості їх застосування для

формоутворення плоских поверхонь деталей, що виготовляються із незагартованої сталі є обмеженими через відносно низьку стійкість різальних інструментів, оснащених НТМ.

Поверхнєве пластичне деформування з подальшим різанням застосовується також при точінні і струганні [3], однак безпосереднє використання таких схем оброблення для торцевого фрезерування неможливе.

В зв'язку з цим сформульовані наступні завдання кваліфікаційної роботи.

1. Запропонувати прогресивну конструкцію комбінованого інструменту, оснащеного надтвердими матеріалами, для торцевого фрезерування з попереднім пластичним деформуванням.

2. Розробити вдосконалену методику математичного аналізу ефективності технологічного процесу обробки площин комбінованими торцевими фрезами.

3. Розрахувати величину відхилення від площинності та шорсткості поверхні, обробленої комбінованою торцевою фрезою з попереднім пластичним деформуванням.

4. Розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення та спеціальне технологічне оснащення, для виготовлення корпусу Т 001.709.

5. Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

Комбіноване оброблення деталі здійснюється за рахунок того, що при формоутворенні оброблюваної плоскої поверхні початково здійснюється поверхневе пластичне деформування, внаслідок чого кристали металу витягуються в напрямку подачі. В поверхневому шарі спостерігається збільшення внутрішніх напружень і формується спрямована (текстурована) структура, мікронерівності поверхні, які виникли внаслідок попереднього оброблення – згладжуються.

Зі збільшенням ступеня деформації рівень текстурованості зростає. Відбувається формування поверхневого шару, структура якого наближається до структури поверхні деталей, які виготовлені із загартованої сталі. На наступному етапі оброблення частина зміцненого шару видаляється торцевою фрезою, різальні елементи якої оснащені НТМ.

Формування зміцненого поверхневого шару на плоскій поверхні оброблюваної деталі пропонується здійснювати шляхом ППД за допомогою пружно закріплених в корпусі фрези деформуючих елементів. Після цього, зміцнений шар частково видаляється різальними елементами.

Деформуючі елементи розташовують на більшій відстані від осі фрези ніж різці ($R_1 > R_2$).

На рисунку 2.1 представлено схему розміщення робочих елементів вдосконаленої фрези.

Фізико-механічні властивості зміцненого внаслідок ППД поверхневого шару залежать від зусиль, прикладених до оброблюваної поверхні деформуючими елементами. Оскільки при даній схемі оброблення зміцнений шар підлягає частковому видаленню, необхідно забезпечити таке зусилля притискання деформуючих елементів, яке дозволить забезпечити мінімальні сили і

температури різання. Це можливо лише за певних співвідношень між глибиною зміцненого шару і припуском на оброблення.

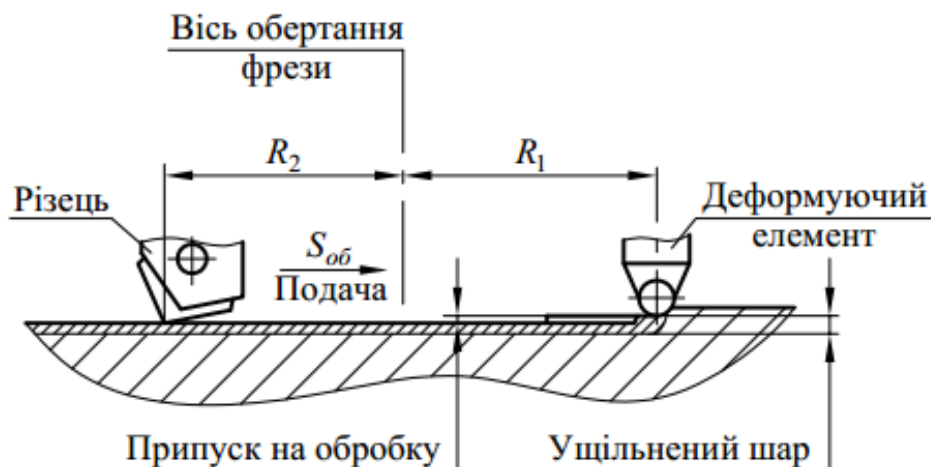


Рисунок 2.1 – Схема розміщення робочих елементів вдосконаленої фрези:

R_1 – радіус обертання деформуючого елемента; R_2 – радіус обертання різця

Конструкція вдосконаленої торцевої фрези [4], для реалізації описаної вище схеми оброблення представлена на рис. 2.2.

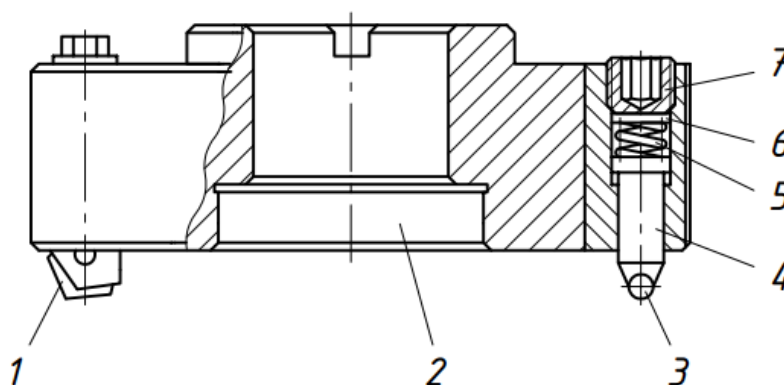


Рисунок 2.2 – Конструкція вдосконаленої торцевої фрези:

1 – різець; 2 – корпус; 3 – кулька; 4 – шток; 5 – пружина; 6 – шайба; 7 – гвинт регулювальний

2.2 Програма і методика теоретичних та експериментальних досліджень

Результати вимірювання одиничної нерівності плоскої поверхні деталі розглядаємо як одномірну випадкову величину, математичне сподівання якої $M[X]$ представляє собою суму дійсного значення α_o нерівності і систематичної похибки вимірювання α_c

$$M[X] = \alpha_o + \alpha_c. \quad (2.1)$$

При цьому випадковий результат вимірювань визначається варіацією показників похибки вимірювань, показником якої служить дисперсія σ_ϵ^2 , яка дорівнює дисперсії похибки вимірювань.

Інтерпретація результатів вимірювань здійснюється за допомогою побудови довірчого інтервалу, відомого з математичної статистики.

Довірчим інтервалом для параметра Q генеральної сукупності, тобто усіх можливих значень результатів вимірів цього розміру називається інтервал, який має вигляд $\hat{Q} - \Delta$; $\hat{Q} + \Delta$ з випадковими межами, які визначаються вибірковою ознакою $\hat{Q}$.

Довірчий інтервал визначається наступним чином.

Дійсне значення α_o вимірюваної величини після виключення систематичної складової α_c похибки вимірювань охоплюється довірчим інтервалом, межі якого визначають почерговим алгебраїчним складанням середнього результату вимірювань $\bar{O}$ з від'ємним і додатним значенням граничної похибки вимірювань Δ_{lim} , поділеної на корінь квадратний з числа n повторних вимірювань.

При цьому коефіцієнт довіри (довірча ймовірність) визначається за формулою

$$\alpha_o = P \left[\bar{O} - \frac{\Delta_{\text{lim}}}{\sqrt{n}} \leq \alpha_o + \alpha_c \leq \bar{O} + \frac{\Delta_{\text{lim}}}{\sqrt{n}} \right] \quad (2.2)$$

Напівширина Δ_{lim} довірчого інтервалу у квадратних дужках правої частини співвідношення (2), служить показником фактичної точності результатів вимірювань, при цьому коефіцієнт α_σ визначає рівень достовірності цих результатів, а параметр Δ_{lim} – характеризує фактичну точність використаних при вимірюваннях методів і засобів.

Гранична похибка вимірювання визначається половиною ширини ω поля випадкового розсіювання похибки вимірювань, тобто

$$\pm \Delta_{\text{lim}} = \pm \frac{\omega}{2} = \pm 3\sigma_\sigma. \quad (2.3)$$

При відкинутих систематичних похибках ступінь достовірності результатів вимірювань буде становити $\alpha_\sigma \geq 0,9973$.

Вимірювання параметрів мікрогеометрії плоских поверхонь деталей, оброблених комбінованою торцевою фрезою проводились на профілографі.

З метою експериментального дослідження впливу технологічних чинників процесу фрезерування на шорсткість обробки був визначений алгоритм і порядок проведення вимірів шорсткості оброблених поверхонь з можливістю подальшої обробки результатів статистичними методами.

Контроль геометричних параметрів шорсткості оброблених поверхонь здійснювався покроково у поперечному і поздовжньому напрямках. Для статистичної обробки з побудовою щільності розподілу ймовірностей, кількість вимірювань вибрано не менше 50 у кожному напрямку при незмінних умовах обробки.

Оброблена плоска поверхня була поділена на п'ять поздовжніх і п'ять поперечних відносно напрямку подачі ділянок, як показано на рис. 2.3.

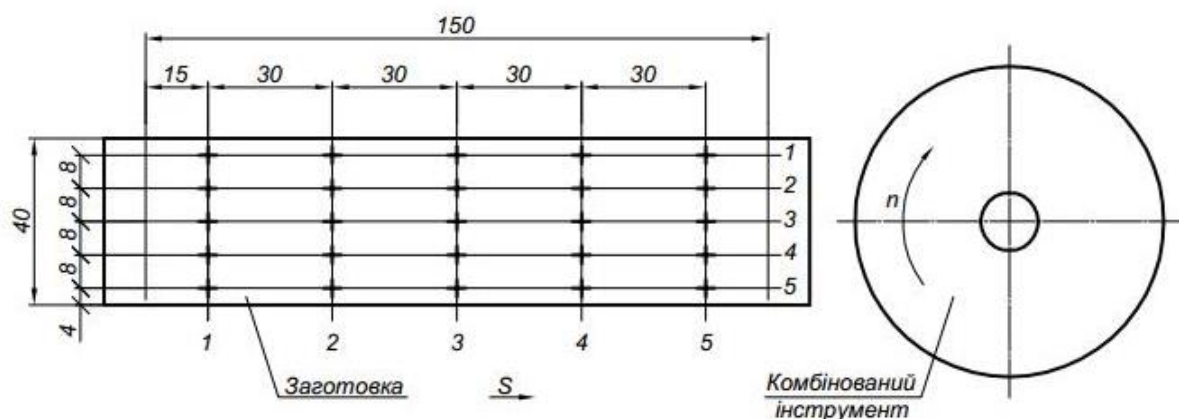


Рисунок 2.3 – Схема вимірювання шорсткості обробленої поверхні

Найкращий результат за технологічним забезпеченням шорсткості обробленої плоскої поверхні зі сталі 40 запропонованим технологічним методом по ширині та довжині плоскої поверхні досягається при реалізації сили попереднього пластичного деформування 1500 Н.

В разі отримання при різних технологіях обробки однакових показників шорсткості поверхні, важливе значення мають і інші характеристики, коефіцієнт концентрації напружень α_R , що характеризує корозійну стійкість та ступінь пологості опорної кривої профілю β_R , що визначає інтенсивність зносу.

$$\beta_R = \frac{1}{2\nu + 1}, \quad (2.4)$$

де ν – параметр, який знаходять при апроксимації початкової ділянки опорної кривої профілю степеневою функцією виду

$$t_p(x) = bx^\nu, \quad (2.5)$$

де t_p – опорний коефіцієнт (міра довжини опорної поверхні, виражена у відсотковому відношенні від базової довжини).

Інтенсивність зносу крім ступеня пологості опорної кривої профілю β_R визначається також деформаційним показником γ_R

$$\gamma_R = \frac{R_{\max}}{R_{ku}}, \quad (2.6)$$

де R_{ku} – радіус кривизни відхилень профілю вздовж середньої лінії.

В дослідженнях [5] встановлено, що вплив нерівностей поверхні на корозійну стійкість деталей можна оцінити коефіцієнтом концентрації напружень α_R .

$$\alpha_R = b \cdot \left(\frac{R_a}{R_{\max}} \right)^v \frac{R_p}{R_v}, \quad (2.7)$$

де R_a – середнє арифметичне відхилення профілю;

$R_{\max}$ – максимальна висота виступу (до западини профілю в межах базової довжини);

R_p – максимальна висота нерівностей профілю вище середньої лінії;

R_v – максимальна глибина западини профілю нижче середньої лінії.

В роботі [6] доведено, що аеро- і гідравлічний опір поверхонь металевих деталей залежить від нерівностей профілю і тангенса кута нахилу бокової сторони профілю θ_R

$$\theta_R = \text{tg}(\Delta q), \quad (2.8)$$

Δq – середній нахил профілю на базовій довжині.

Визначення експлуатаційних характеристик оброблених поверхонь через показники мікрогеометрії надає можливість провести оптимізацію технологічного методу, за критерієм експлуатаційних властивостей.

З метою отримання об'єктивних висновків по результату експериментів, які полягають не лише у знаходженні математичної моделі досліджуваного процесу, а й умов його оптимального функціонування. При плануванні прийнятий найбільш розповсюджений експеримент, в якому фактори варіюють на двох рівнях (2^k)

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ij} x_i^2 \dots \quad (2.9)$$

Оптимізація технологічного процесу обробки комбінуванням різання і ППД проводиться знаходженням вихідних параметрів інтеграційними методами, до яких належить метод крутого сходження (рух по градієнту функції).

При розрахунку похибки обробки використовувалась величина, обернена до жорсткості – піддатливість.

$$\omega = \frac{y}{P_y}, \quad (2.10)$$

Знаючи величину піддатливості можливо легко знайти похибку, що викликана відтиском комбінованої торцевої фрези від оброблюваної заготовки.

2.3 Аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень

За отриманими в ході експериментальних досліджень даними, враховуючи математичні залежності (1-3) визначено щільність розподілу ймовірностей технологічного забезпечення оптимальної шорсткості в залежності від сили попереднього пластичного деформування, результати приведені на рис. 2.4.

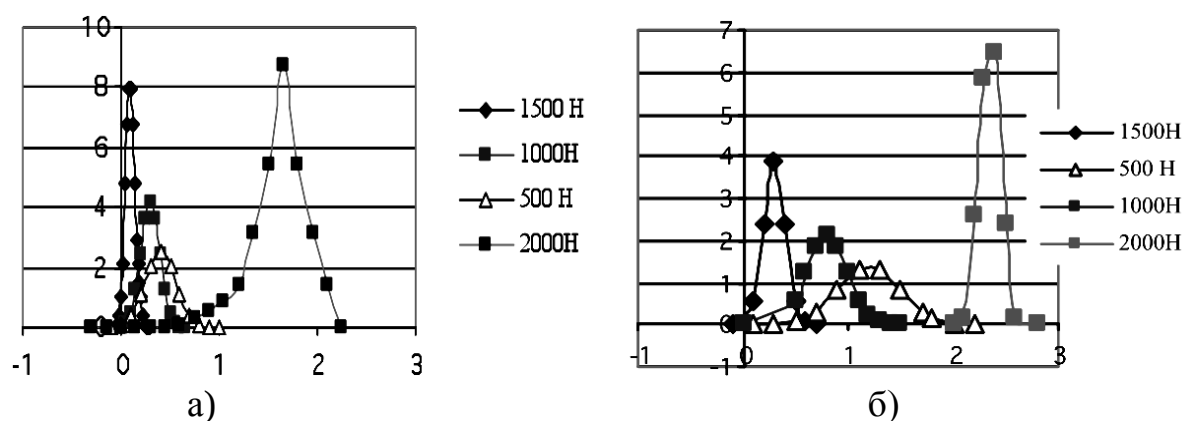


Рисунок 2.4 – Щільність розподілу ймовірності технологічного забезпечення оптимальної шорсткості в залежності від сили попереднього пластичного деформування:

a – по довжині заготовки; *б* – по ширині заготовки

Для вирішення поставленої задачі дослідження впливу чинників процесу фрезерування на точність обробки проведемо аналіз сил різання, що виникають в процесі обробки плоскої поверхні комбінованою торцевою фрезою.

Принцип вимірювання складових сил різання полягає в тому, що під час фрезерування періодичні складові сили різання пружно деформують стійки динамометра, в якому встановлена заготовка. На стійках динамометра наклеєні фольговані тензодатчики. Під дією деформації змінюється їх опір. Тензодатчики підключені за мостовою схемою, що дозволяє використовувати їх у режимі максимальної чутливості. Сигнали з операційних підсилювачів оцифровуються через систему обробки сигналів і у цифровому вигляді оброблюються пакетом прикладних програм. Отримані значення відображаються на екрані монітора ПЕОМ у вигляді графіків рис. 2.5.

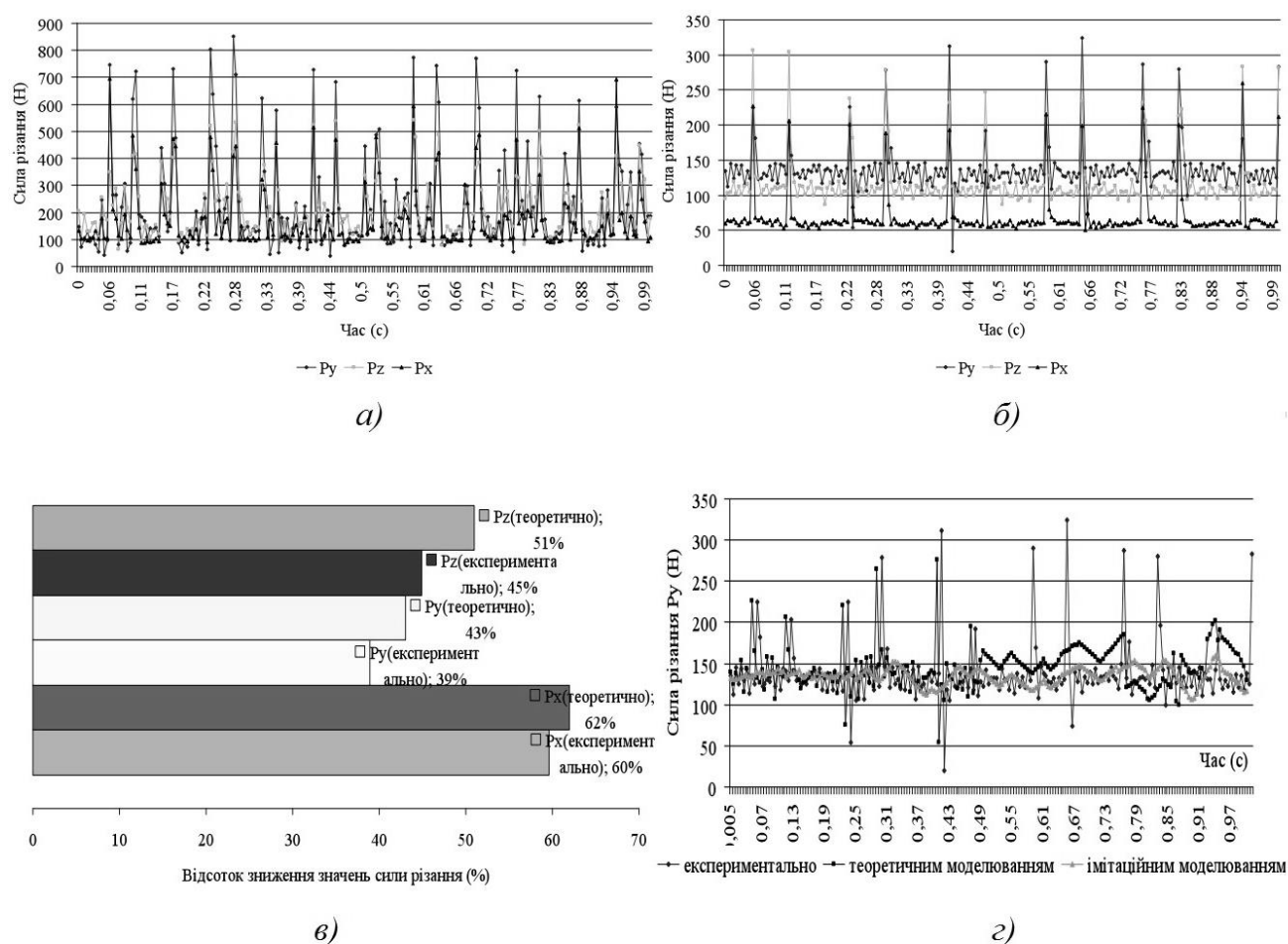


Рисунок 2.5 – Результати експериментальних досліджень зміни складових сили різання при $v = 190$ м/хв; $P = 1000$ Н; $S = 0,21$ мм/об; $t = 0,1$ мм:
 а – традиційне торцеве фрезерування; б – комбінована обробка; в – відсотковий аналіз значень складових сили різання; г – відсотковий аналіз складових сили різання P_y , отриманої експериментально, теоретично та імітаційно

За середньоарифметичним значенням складової сили різання P та за залежностями (2.4-2.10) розрахуємо величину відхилення від площинності плоскої поверхні, обробленої комбінованою торцевою фрезою з попереднім пластичним деформуванням. В таблиці 2.1 наведені параметри мікрогеометрії оброблених поверхонь і значення експлуатаційних показників, а також складова сила різання та відхилення від площинності для змінних режимів комбінованої обробки.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків величини відхилення від площинності та шорсткості поверхні, обробленої комбінованою торцевою фрезою з попереднім пластичним деформуванням

v , м/хв	S , мм/об	P , кН	R_a , мкм	$R_{\max}$, мкм	R_p , мкм	R_v , мкм	R_{ku} , мкм	γ_R	α_R	θ_R	β_R	P_y , Н	Δ , мкм
200	0,1	1,5	1,87	14,8	6,7	5	4,4	3,36	0,05	0,30	0,22	102,6	4,10
200	0,2	2,0	2,41	13,0	7,9	5,1	2,3	5,65	0,04	0,26	0,23	202,2	9,20
350	0,1	1,5	1,38	9,1	3,6	5,6	2,9	3,14	0,04	0,25	0,22	116,0	4,41
350	0,2	2,0	1,74	9,9	5,2	5,2	2,6	3,81	0,04	0,26	0,21	285,2	12,96
500	0,1	1,5	1,10	7,2	3,8	4,3	2,7	2,67	0,03	0,22	0,19	109,7	4,20
500	0,2	2,0	1,36	8,8	3,5	6,3	3	2,93	0,03	0,23	0,19	293,7	13,40

З результатів експериментальних досліджень випливає, що реалізація технологічного методу оброблення площин комбінованими торцевими фрезами, який реалізовує процес обробки різанням з попереднім пластичним деформуванням дозволяє зменшити складові сил різання до 60 %. Літературні джерела [6] свідчать про те, що на формування відхилення від площинності – точності при обробці плоскої поверхні впливає складова сили різання по осі Y .

Жорсткість елемента технологічної системи визначається відношенням складової сили різання P_y , що направлена перпендикулярно обробленій поверхні до зміщення даного елемента в тому ж напрямку.

2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень

Конструкція вдосконаленої торцевої фрези дозволяє реалізувати технологічний процес оброблення плоскої поверхні, який включає попереднє пластичне деформування в напрямку подачі з витягуванням кристалів металу.

Проведені розрахунки підтвердили можливість підвищення точності оброблення плоских поверхонь обробленої комбінованою торцевою фрезою з попереднім пластичним деформуванням, оскільки складові сил різання зменшуються до 60 %.

Перевірка шорсткості обробленої поверхні з відповідною статистичною обробкою результатів вимірювань підтвердили високу стабільність отримання низької шорсткості ($Ra = 1,1$ мкм) плоских поверхонь деталей, оброблених комбінованою торцевою фрезою з попереднім пластичним деформуванням в порівнянні з традиційним шліфуванням.

З ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

Аналіз технологічності виробу

Корпус Т001.709 є складовою частиною вузла приводу механізму повороту рульової сошки. Експлуатаційне призначення – корпус черв'ячного колеса приводу.

У відповідності з класифікатором ЄСКД – деталь належить до класу 50 – деталі загально машинобудівного застосування крім тіл обертання. Підклас – 50.1000 – корпуси механізмів і розподілюючих пристроїв гідро- пневмо систем і тому подібних, що мають один базовий отвір. Група – 50.13000 – корпуси нероз'ємні з установочною поверхнею і з криволінійною зовнішньою поверхнею.

Підгрупа – корпус з плоскою установочною поверхнею з фіксуючими елементами, паралельними установочній поверхні базовими отворами. Вид – з одним наскрізним отвором. Загальний вид корпусу Т 001.709 представлено на рисунку 3.1.

Деталь виготовлена із конструкційної вуглецевої сталі марки 45Л ДСТУ 8781:2018.

Хімічний склад матеріалу деталі та його механічні властивості вказано в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 45Л ДСТУ 8781:2018

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %
0,43-0,47	0,25-0,46	0,4-0,9	≤0,7	≤0,3	0,3	0,05	0,05

Загальний вид корпусу Т 001.709 зображено на рис. 3.1. Деталь має точні поверхні – отвори $\varnothing 44H7$ (поверхня Д) і $\varnothing 24K6$ (поверхня К), виконані відповідно за

7 та 6 квалітетами точності з шорсткістю Ra 1,25 мкм. Також по 6 квалітету обробляється отвір з різьбою $M27 \times 0,75-6H$, шорсткість Rz 40 мкм (поверхня К).

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 45Л ДСТУ 8781:2018

Режим термообробки			σ_T , кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	δ , %	ψ , %	HRC
Операція	$t^\circ \text{C}$	Охолодне середовище					
Покра- щення	600-880	Повітря	64	70	15	25	80-262
Норма- лізація	600-630	Повітря					
Гарту- вання	860-880	Повітря	75	80	10	30	25-35
Покра- щення	600-880	Повітря					

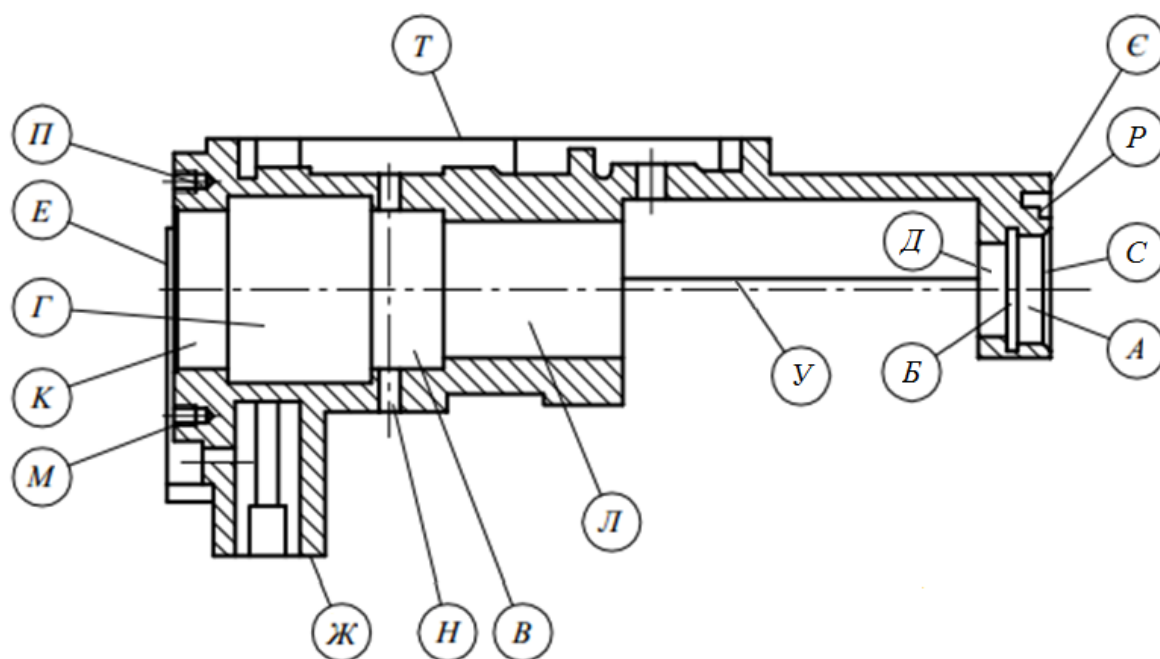


Рисунок 3.1 – Загальний вид корпусу Т 001.709

Ряд поверхонь площин і бобишок, в більшості випадків розміщені паралельно до спільної осі отворів $\varnothing 44H7$ і $\varnothing 24K6$.

Для надійного функціонування приводу передбачено вимогу забезпечення відхилення від співвісності отворів $\varnothing 44H7$ та $\varnothing 24K6$ не більше 0,02 мм.

Для забезпечення міжцентрової відстані і нормального зачеплення черв'ячної пари необхідно, щоб розмір від осі черв'яка до базової площини (поверхня E), яка проходить через отвір $\varnothing 44H7$ був виконаний з досить високою точністю і відхиленням не більше 0,03-0,04 мм.

Для забезпечення стабільності розміщення поверхонь деталі потрібно провести термічне оброблення деталі – старіння.

З метою захисту поверхонь від шкідливого атмосферного впливу передбачена гальванічна обробка деталі та лакофарбове покриття зовнішніх поверхонь.

На основі даного огляду складемо таблицю 3.3 і внесемо в неї технічні вимоги на виготовлення корпусу Т 001.709.

Таблиця 3.3 – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
А	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 6 квалітету.	Нарізання різі чистове	Калібр-пробка різьбова
Б	Забезпечити шорсткість $Rz20$ і точність виконання розмірів по 7 квалітету.	Точіння чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
В	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Точіння напівчистове	Штангенциркуль. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4
Г	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Точіння напівчистове	Штангенциркуль. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
Д	Забезпечити шорсткість $Rz20$ і точність виконання розмірів по 6 квалітету.	Точіння чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
Е	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Фрезерування напівчистове	Штангенциркуль. Штангенрейсмус. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
Є	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Фрезерування напівчистове	Штангенциркуль. Штангенрейсмус. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
Ж	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Фрезерування напівчистове	Штангенциркуль. Штангенрейсмус. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
К	Забезпечити шорсткість $Rz20$ і точність виконання розмірів по 7 квалітету.	Точіння чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
Л	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Точіння напівчистове	Штангенциркуль. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
М	Забезпечити шорсткість $Rz20$ і точність виконання розмірів по 6 квалітету.	Нарізання різі чистове	Калібр на розміщення отворів. Калібр-пробки різьбові

Кінець таблиці 3.3.

1	2	3	4
Н	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 8 квалітету.	Свердління чистове	Калібр на розміщення отворів
П	Забезпечити шорсткість $Rz20$ і точність виконання розмірів по 6 квалітету.	Нарізання різи чистове	Калібр на розміщення отворів. Калібр-пробки різьбові
Р	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Фрезерування напівчистове	Штангенцикуль. Штангенрейсмус. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
С	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Точіння напівчистове	Фаскомір. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
Т	Забезпечити шорсткість $Rz40$ і точність виконання розмірів по 14 квалітету.	Фрезерування напівчистове	Штангенцикуль. Штангенрейсмус. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.
У	Забезпечити шорсткість $Ra2,5$ і точність виконання розмірів по 10 квалітету.	Фрезерування чистове	Штангенцикуль. Штангенрейсмус. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93.

На кресленні деталі вказані всі розміри, квалітети точності, шорсткість поверхонь, основні базові поверхні, на яких не повинно бути заливів та раковин. Вказані допустимі відхилення взаємного розміщення отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності. На кресленні вказано матеріал корпусу – сталь 45Л, а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Деталь – корпус Т 001.709 представляє собою по конфігурації корпусну деталь. Вона отримується методом литва, конфігурація зовнішнього контуру та внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при обробленні. З точки зору доступу до поверхонь механічної обробки деталь недоліків не має. Недоліком деталі щодо технологічності служить наявність поверхонь, розміщених під кутом один до одної, багато різьбових отворів. Легкий доступ інструменту, наявність базових поверхні, як при токарній обробці і фрезеруванні, отворів, хороше стружковидалення (стружка не збирається в деталі).

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності, який визначається за формулою

$$K_{T,q.} = 1 - \frac{1}{T_{сер}}, \quad (3.1)$$

де $T_{сер}$ – середній клас точності обробки виробу;

n_i – число розмірів відповідного класу точності;

T – клас точності обробки.

$$T_{сер} = \frac{\sum T n_i}{\sum n_i}.$$

Класи точності поверхонь:

6 квалітет, $n = 6$; $T = 6$;

7 квалітет, $n = 2$; $T = 7$;

8 квалітет, $n = 1$; $T = 8$;

10 квалітет, $n = 1$; $T = 10$;

14 квалітет, $n = 9$; $T = 14$.

$$T_{сер} = \frac{6 \cdot 6 + 2 \cdot 7 + 1 \cdot 8 + 1 \cdot 10 + 9 \cdot 14}{6 + 2 + 1 + 1 + 9} = 10,21;$$

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{10,21} = 0,902.$$

Оскільки $K_{T.ч.} > 0,8$, деталь за цим показником є технологічною [7].

Рівень технологічності конструкції по шорсткості оцінюється по коефіцієнту шорсткості, який визначається за формулою

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum ni_{ш}}{\sum Ш_i}, \quad (3.2)$$

де $Ш_{cp}$ – середній клас шорсткості деталі;

n_i – кількість розмірів з шорсткістю даного класу.

$Ra_{2,5}$ $n = 1 - 6$ клас шорсткості;

Rz_{20} $n = 7 - 5$ клас шорсткості;

Rz_{40} $n = 11 - 4$ клас шорсткості.

$$Ш_{cp} = \frac{11 \cdot 4 + 7 \cdot 5 + 1 \cdot 6}{11 + 7 + 1} = 4,47;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,47} = 0,223.$$

Оскільки $K_{ш} < 0,32$, деталь за цим показником є технологічною [7].

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{вм} = \frac{M_{\partial}}{M_3}; \quad (3.3)$$

де $M_{\partial} = 2,37$ кг – маса деталі по кресленню;

$M_3 = 4,45$ кг – маса заготовки (виливка).

$$K_{вм} = \frac{2,37}{4,45} = 0,53.$$

Оскільки $K_{вм} < 0,7$ – деталь за цим показником не технологічна [7].

3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

3.2.1 Вибір заготовки

Виходячи з того, що заготовку потрібно виготовляти зі сталі 45Л, робимо висновок, що раціональними способами можуть бути: литво в земляні форми або литво по моделях, що виплавляються.

Вартість заготовок, які отримуються литвом в земляні форми і литвом по моделях, що виплавляються можна визначити за формулою [8]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн.} \quad (3.11)$$

де Q – маса заготовки, кг;

C_1 – базова вартість одної тонни заготовок, грн;

q – маса деталі, кг.;

$S_{відх}$ – ціна одної тонни відходів сталі 45Л, грн;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ – коефіцієнти, що враховують клас точності, групу складності, масу, марку матеріалу і програму випуску заготовок [8].

Проведемо розрахунок для вищезгаданих варіантів виготовлення заготовки.

I варіант – виливок (литво в земляні форми).

$Q = 4,45$ кг – маса заготовки, кг;

$q = 2,37$ кг – маса деталі згідно креслення;

$C_1 = 70000$ грн – базова вартість одної тонни виливків із сталі 45Л [9];

$S_{відх} = 4800$ грн – вартість одної тонни відходів сталі 45Л [10];

$k_T = 1$ – коефіцієнт, що враховують клас точності виливка;

$k_C = 1$ – коефіцієнт групи складності виливка;

$k_B = 0,72$ – коефіцієнт, що враховує масу виливка;

$k_M = 0,62$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу заготовки;

$k_{II} = 1,22$ – коефіцієнт групи серійності виготовлення виливків.

$$S_{\text{зазI}} = \left(\frac{70000}{1000} \cdot 4,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,62 \cdot 1,22 \right) - (4,45 - 2,37) \frac{4800}{1000} = 159,66 \text{ грн.}$$

II варіант – виливок (литво по моделях, що виплавляються).

$Q = 3,81$ кг – маса заготовки, кг;

$q = 2,37$ кг – маса деталі згідно креслення;

$C_1 = 75000$ грн – базова вартість одної тонни виливків із сталі 45Л [9];

$S_{\text{відх}} = 4800$ грн – вартість одної тонни відходів сталі 45Л [10];

$k_T = 1$ – коефіцієнт, що враховують клас точності виливка;

$k_C = 1$ – коефіцієнт групи складності виливка;

$k_B = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$k_M = 0,62$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу заготовки;

$k_{II} = 1,2$ – коефіцієнт групи серійності виготовлення виливків.

$$S_{\text{зазII}} = \left(\frac{75000}{1000} \cdot 3,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,2 \right) - (3,81 - 2,37) \frac{4800}{1000} = 163,16 \text{ грн.}$$

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок визначаємо за формулою

$$E_z = (S_{\text{зазI}} - S_{\text{зазII}}) \cdot N = (163,16 - 159,66) \cdot 18000 = 63000 \text{ грн.}$$

Результати зводимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняння методів одержання заготовки

Назва позиції	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Литво в земляні форми	Литво по моделях, що виплавляються
Вартість заготовок, грн	159,66	163,16
Коефіцієнт використання матеріалу	0,53	0,62

Отже виготовляти заготовку для корпусу доцільно литвом в земляні форми.

3.2.2 Вибір методів оброблення, технологічних і вимірювальних баз

При доволі високих вимогах до точності обробки даної деталі необхідно вибрати таку схему базування, яка б забезпечила найменшу похибку установки. При цьому слід дотримуватись принципу суміщення баз – технологічних, вимірювальних, установочних, намагатись забезпечити їх постійність при послідовних операціях обробки. При зміні баз в процесі обробки, точність оброблення знижується через похибки взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз.

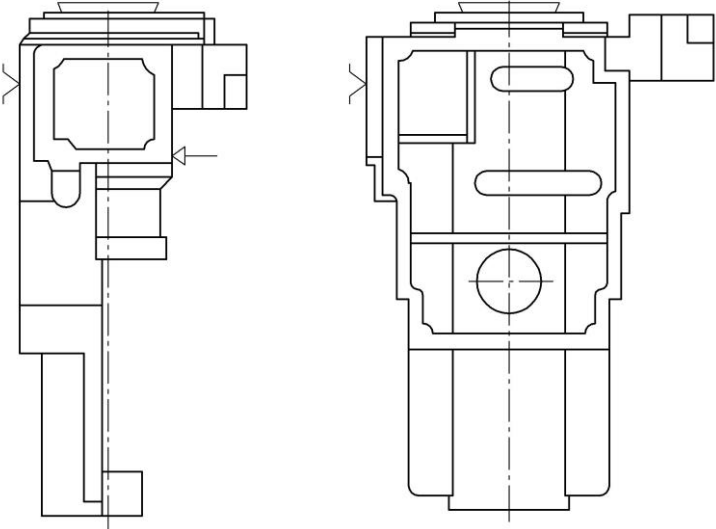
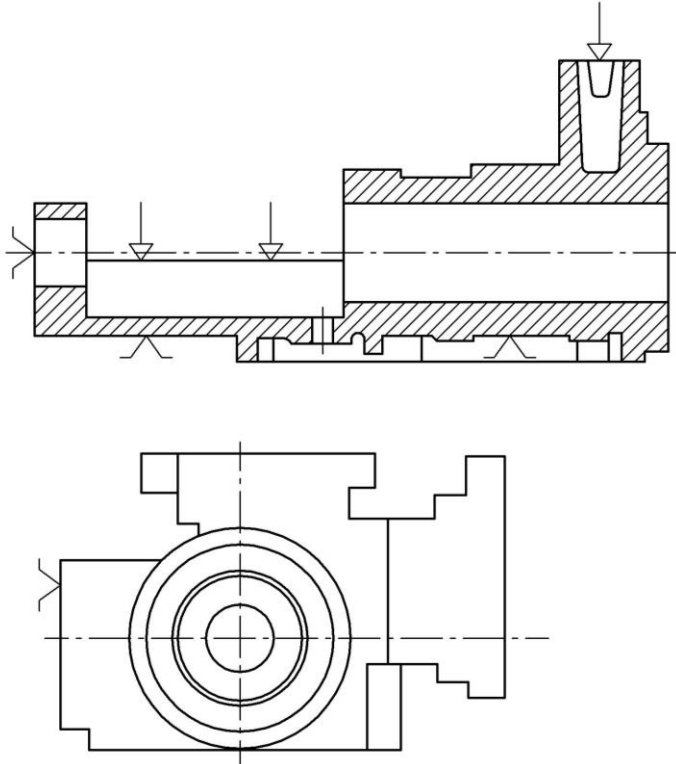
В нашому випадку точні циліндричні поверхні Л, Д, У, В, Г, К обробляються на токарних операціях, з базуванням у трикулачковому патроні по поверхнях Ж і Є, а обробка різі А, канавки Б і фаски С з базуванням по поверхнях В і К.

Поверхні М, П, Ж, Н обробляються з базуванням по поверхнях Е і К.

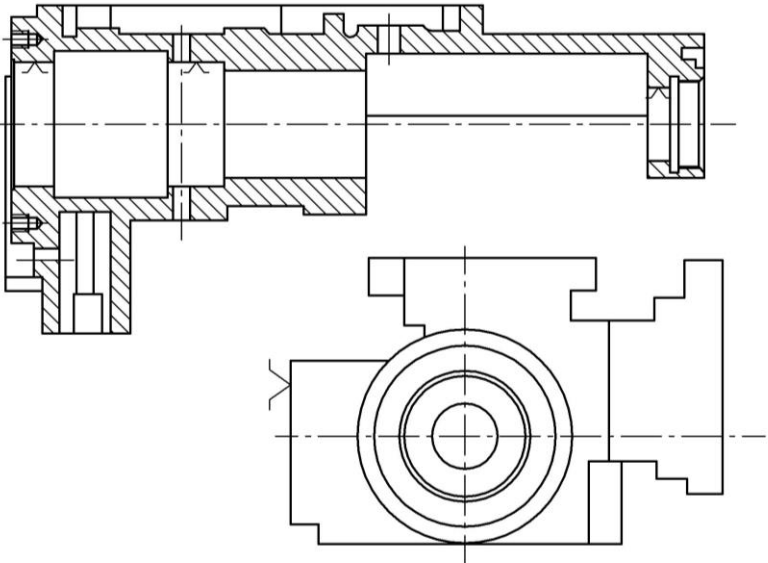
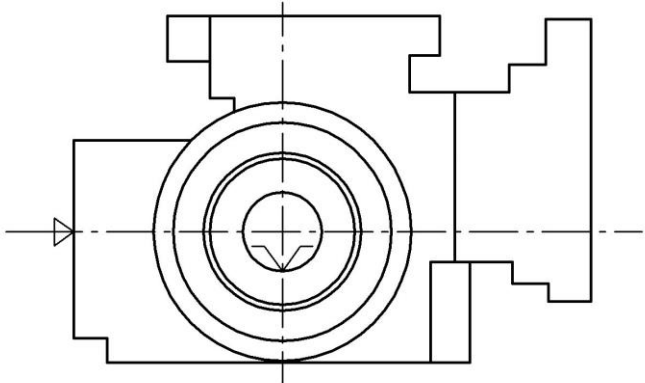
Отже в результаті аналізу вибору технологічних баз можна стверджувати, що технічні вимоги радіального биття, співвісності та точності розміщення отворів будуть витримані, оскільки витримується принцип постійності баз (обробка поверхонь проводиться з чистих постійних, а не чорнових баз).

Результати вибору баз зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Вибір технологічних баз

Оброблювані поверхні	Технологічні баз	Теоретична схема базування та закріплення
1	2	3
Е, Є	Т	
Л, Д, Р, У, В, Г, К	Є, Ж	

Кінець таблиці 3.5

1	2	3
А, Б, С	К, Л	
М, П, Ж, Н	Е, К	

3.2.3 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

Складемо два можливих варіанти маршрутно-операційного технологічного процесу механічного оброблення деталі з призначенням технологічного обладнання для їх реалізації. Результати представлено у вигляді таблиць 3.6. і 3.7.

Таблиця 3.6 – І варіант технологічного процесу виготовлення корпусу Т 001.709

№ операції	Зміст операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	6С12
010	Токарна	16К20
015	Токарна	16К20
020	Вертикально-фрезерна	6С12
025	Вертикально-фрезерна	6С12
030	Вертикально-фрезерна	6С12
035	Токарна	16К20
040	Токарно-гвинторізна	16К20
045	Вертикально-фрезерна	6С12
050	Вертикально-фрезерна	6С12
055	Вертикально-фрезерна	6С12
060	Вертикально-фрезерна	6С12
065	Вертикально-фрезерна	6С12
070	Вертикально-свердлильна	2Н135
075	Зенкувальна	2Н135
080	Вертикально-фрезерна	6С12
085	Вертикально-фрезерна	6С12
090	Вертикально-фрезерна	6С12
095	Вертикально-свердлильна	2Н135
100	Свердлильно-зенкувальна	2Н135
105	Різнарізна	2Н135
110	Різнарізна	2Н135
115	Різнарізна	2Н135
120	Різнарізна	2Н135
125	Різнарізна	2Н135
130	Різнарізна	2Н135
135	Різнарізна	2Н135

Таблиця 3.7 – II варіант технологічного процесу виготовлення корпусу Т 001.709

№ операції	Зміст операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	6С12
010	Токарна	16К20ПФ1
015	Токарна	16К20ПФ1
020	Комплексна з ЧПК	ИР-320
025	Токарна	16К20ПФ1
030	Токарно-гвинторізна	16К20ПФ1
035	Вертикально-фрезерна	6С12
040	Вертикально-фрезерна	6С12
045	Вертикально-фрезерна	6С12
050	Комплексна з ЧПК	ИР-320
055	Вертикально-свердлильна	2Н135
060	Різенарізна	2Н135
065	Різенарізна	2Н135
070	Різенарізна	2Н135
075	Різенарізна	2Н135
080	Різенарізна	2Н135
085	Різенарізна	2Н135

Другий варіант технологічного процесу виготовлення деталі характеризується використанням більш сучасного прогресивного обладнання, застосуванням нових продуктивних методів оброблення деталі. Тому, в якості проектного варіанту технологічного процесу виготовлення корпусу Т001.709 вибираємо II варіант.

На основі проведеного аналізу та вибору раціонального варіанту маршруту технологічного процесу виготовлення деталі проведемо детальне проектування технологічного процесу і представимо його у вигляді таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус Т001.709»

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Обладнання
1	2	3
005	Транспортна 1. Транспортувати заготовки на дільницю механічної обробки.	Електрокар ЕК-2
010	Вертикально-фрезерна операція 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати ливник.	Вертикально-фрезерний 6С12
015	Слюсарна 1. Зняти заусениці, притупити гострі кромки до R0,3 мм.	Верстак слюсарний
020	Токарна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Центрувати отвір 1. 3. Свердлити отвір 1 діаметром 15 мм. 4. Розсвердлити отвір 1 до діаметра 39 мм. 5. Розточити отвір 1 до діаметра 40H14 мм.	Токарно-гвинторізний 16К20ПФ1
025	Термічна 1. Провести термообробку деталі.	Електропідкамерна
030	Токарна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Підрізати торець 1 в розмір 132,5±0,3 мм. 3. Точити поверхню 3 і підрізати торець 2. 4. Розточити отвір 9 в розмір $\varnothing 41 \pm 0,5$ мм. 5. Розточити отвір 10 і підрізати торець 5. 6. Розточити отвір 7, витримуючи розміри 6 і 8. 7. Розточити отвір 4 до $\varnothing 23^{+0,037}$ мм. 8. Притупити ребра до R0,3 мм.	Токарно-гвинторізний 16К20ПФ1
035	Комплексна з ЧПК 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати поверхні 2, 1, 10 і 9. 3. Фрезерувати поверхні 6 і 7. 4. Фрезерувати три поверхні 3, поверхню 8 витримуючи розмір 5.	Оброблюючий центр ІР-320
040	Слюсарна 1. Зняти заусениці та притупити кромки.	Верстак слюсарний
045	Термообробка 1. Заготовку піддати старінню згідно карти термообробки.	Електропідкамерна

Продовження таблиці 3.8

1	2	3
050	Токарна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Підрізати торець 9. 3. Точити поверхню 4 і підрізати торець 3. 4. Точити поверхню 5 і підрізати торець 2. 5. Розточити отвір 7 до $\varnothing 43,8$ мм і підрізати торець 10. 6. Розточити отвір 6 до $\varnothing 23,8$ мм. 7. Розточити фаску 8, притупити ребра до R0,3 мм. 8. Розточити отвір 6. 9. Розвернути отвір 7.	Токарно-гвинторізний 16К20ПФ1
055	Токарно-гвинторізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Підрізати торець 3. 3. Розточити отвір 2 до $\varnothing 26,25$ мм. 4. Розточити фаску 4, притупити ребра до R0,3 мм. 5. Нарізати різь 2 M27×0,75-6H.	Токарно-гвинторізний 16К20ПФ1
060	Вертикально-фрезерна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати паз в розмір 1.	Вертикально-фрезерний 6С12
065	Вертикально-фрезерна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати паз глибиною 2 . 3. Фрезерувати паз глибиною 3. 4. Фрезерувати паз глибиною 1.	Вертикально-фрезерний 6С12
070	Вертикально-фрезерна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати паз 1.	Вертикально-фрезерний 6С12
075	Слюсарна 1. Зняти заусениці, притупити гострі кромки.	Верстак слюсарний
080	Комплексна з ЧПК 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати поверхню в розмір 19, поверхню 21 в розміри 18, 16, поверхню в розміри 36, 22, 13. 3. Фрезерувати радіуси 37, 20 витримуючи розміри 14 і 15. 4. Центрувати 6 отворів 1 $\varnothing 4,3$ мм, 4 отвори 2 $\varnothing 3,5$ мм, два отвори 3 $\varnothing 2,5$ мм, притупити гострі ребра до R0,3 мм, центрувати два отвори 7 $\varnothing 4,3$ мм, отвір 9 $\varnothing 2,7$ мм, чотири отвори 5 $\varnothing 7,2$ мм, два отвори 4 $\varnothing 4,2$ мм, чотири отвори 34 $\varnothing 3,5$ мм, отвір 33 $\varnothing 6,2$ мм.	Оброблюючий центр ІР-320

Продовження таблиці 3.8

1	2	3
	5. Свердлити 6 отворів 1 на глибину 8 мм, два отвори 7 і два отвори 23. 6. Свердлити отвір 5. 7. Свердлити два отвори 4. 8. Свердлити три отвори 31, чотири отвори 26 на глибину 6 мм, 4 отвори 8 на глибину 6 мм. 9. Свердлити отвір 9, отвір 24, чотири отвори 34 на глибину 6 мм, чотири отвори 2 на глибину 6 мм, два отвори 3. 10. Свердлити отвір 33 на глибину 9 мм. 11. Зенкувати чотири отвори 6 витримуючи розмір 4,5 мм. 12. Фрезерувати поверхні 11, 17, 32, 27. 13. Фрезерувати поверхні 25, 29. 14. Фрезерувати поверхню 28 витримуючи розмір 30, три поверхні 12. 15. Розточити отвір до $\varnothing 9,8$ мм. 16. Розвернути отвір 10.	Оброблюючий центр IP-320
085	Слюсарна 1. Зняти заусениці, притупити ребра до R0,3 мм.	Верстак слюсарний
090	Вертикально-свердлильна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Свердлити два отвори 2. 3. Свердлити 5 отворів 1 $\varnothing 2,5$ мм. 4. Свердлити два отвори 4 $\varnothing 2,5$ мм на глибину 8 мм. 5. Свердлити три отвори 8 $\varnothing 2,5$ мм на глибину 6 мм. 6. Свердлити отвір 7 $\varnothing 3,3$ мм. 7. Свердлити 6 отворів 8 $\varnothing 3,3$ мм на глибину 6 ^{+1,5} мм. 8. Зенкувати фаску 0,5×45° в отворах 1, 4, 3, 7, 8.	Вертикально-свердлильний 2Н135
095	Різенарізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Нарізати різь 1 М3-6Н. 3. Нарізати різь 4 на глибину 6 мм. 4. Нарізати різь 8 на глибину 4 мм.	Вертикально-свердлильний 2Н135
100	Різенарізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Нарізати різь 3 на глибину 4 мм. 3. Нарізати різь 7.	Вертикально-свердлильний 2Н135
105	Різенарізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Нарізати різь 2 М5-6Н на глибину 7 мм.	Вертикально-свердлильний 2Н135

Кінець таблиці 3.8

1	2	3
110	Різенарізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Нарізати різь 4 М4-6Н і різь 8. 3. Нарізати різь 11 М4-6Н на глибину 6 ^{+1,5} мм.	Вертикально-свердлильний 2Н135
115	Різенарізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Нарізати різь 1 і різь 12 на глибину 4 мм. 3. Нарізати різь 5 і різь 7. 4. Нарізати різь 10 М3-6Н.	Вертикально-свердлильний 2Н135
120	Різенарізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Нарізати різь 3 і різь 2 на глибину 4 мм. 3. Нарізати різь 6.	Вертикально-свердлильний 2Н135
125	Слюсарна 1. Зняти заусениці, притупити ребра до R0,3 мм. Зняти заусениці в отворі М5. Калібрувати різь М5.	Верстак слюсарний
130	Контрольна 1. Провести загальний огляд корпусу. Перевірити відсутність заусениць, задирів і раковин. 2. Перевірити правильність виконання розмірів та технічних вимог на виготовлення корпусу.	Стіл контролера

3.2.4 Вибір різального, вимірювального та допоміжного інструменту

Підберемо різальний та вимірювальний інструмент для забезпечення спроектованого технологічного процесу виготовлення корпусу Т 001.709 та представимо його результати у вигляді таблиці 3.9.

Таблиця 3.10 – Вибір різального та вимірювального інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		різальний	вимірювальний
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерна	Фреза 2210-0063 ГОСТ 24398-86	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009.

Продовження таблиці 3.9.

1	2	3	4
010	Токарна	Свердло 2317-0012 Р6М5 ГОСТ 4010-77. Свердло 2300-0230 Р6М5 ГОСТ 10902-77. Свердло 2301-0135 Р6М5 ГОСТ 10902-77. Різець розточний 2141-0011 ГОСТ 18882-73.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009.
015	Токарна	Різець Т15К6 2103-0007 ГОСТ 18879-73. Різець Т15К6 2141-0011 ГОСТ 18879-73. Різець Р6М5 2100-0025 ГОСТ 188878-75.	Штангенрейсмус ШР-250 ДСТУ ГОСТ 164:2009. Глибиномір 8151-0010. Пробка контрольна 8133- 0937 23Н8 МН172.
020	Комплексна з ЧПК	Фреза торцева 2223-0099 ГОСТ 3304-69. Фреза кінцева 2223-0093 ТУ2-035-591-77. Фреза кінцева 2220-1005 ТУ2-035-824-81.	Штангенциркуль ШЦ-II-250 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Штангенрейсмус ШР-250 ДСТУ ГОСТ 164:2009.
025	Токарна	Різець Т15К6 2103-0007 ГОСТ 18879-73. Різець Т15К6 2141-0011 ГОСТ 18879-73. Різець Р6М5 2100-0025 ГОСТ 188878-75.	Штангенрейсмус ШР-250 ДСТУ ГОСТ 164:2009. Глибиномір 8151-0010. Пробка контрольна 8133- 0937 23Н8 МН172.
030	Токарно- гвинторізна	Різець Т15К6 2103-0007 ГОСТ 18879-73. Різець Т15К6 2141-0011 ГОСТ 18879-73. Різець Р6М5 2100-0025 ГОСТ 188878-75.	Штангенрейсмус ШР-250 ДСТУ ГОСТ 164:2009. Глибиномір 8151-0010. Пробка контрольна 8133- 0937 23Н8 МН172.
035	Вертикально- фрезерна	Фреза 2210-0609 ГОСТ 24398-86	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Глибиномір 8151-0010.
040	Вертикально- фрезерна	Фреза торцева 2223-0099 ГОСТ 3304-69. Фреза кінцева 2223-0032 ТУ2-035-591-77. Фреза кінцева 2223-0087 ТУ2-035-824-81.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Штангенрейсмус ШР-250 ДСТУ ГОСТ 164:2009.

Кінець таблиці 3.9.

1	2	3	4
045	Вертикально-фрезерна	Фреза торцева 2223-0067 ГОСТ 3304-69.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Штангенрейсмус ШР-250 ДСТУ ГОСТ 164:2009. Шаблон градусний ШР-1 ГОСТ4126-82.
050	Комплексна з ЧПК	Фреза 2220-0069 ГОСТ 6469-69. Фреза 2220-0067 ГОСТ 6469-69. Фреза 2290-4031 ГОСТ 6469-69. Свердла ГОСТ 10902-77 2300-7525-03; 2300-0309; 2300-0142. Зенківка спеціальна. Розвертка 2363-0071.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Штангенрейсмус ШР-250 ДСТУ ГОСТ 164:2009. Шаблон градусний ШР-1 ГОСТ4126-82. Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробки контрольні . Міри кінцеві ГОСТ9038-83.
055	Вертикально-свердлильна	Свердла ГОСТ 10902-77 2300-6173;. 2300-0148;. 2300-7561.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробки контрольні.
060	Різенарізна	Мітчик М3 2621-1061-03 ГОСТ 3266-81.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробки контрольні
065, 075	Різенарізна	Мітчик М4 2621-1089-03 ГОСТ 3266-81	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробки контрольні
080	Різенарізна	Мітчик М5 2621-1127-03 ГОСТ 3266-81.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробки контрольні
090	Різенарізна	Мітчик М2,5 2621-1045-03 ГОСТ 3266-81	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробки контрольні

3.2.5 Визначення режимів різання та технічних норм часу

Проведемо розрахунок режимів різання по переходах технологічного процесу аналітичним методом для операції 010 Токарної.

1. Проточити поверхню в розмір $\varnothing 44$ мм. начисто.

Визначимо глибину різання за формулою [11]

$$t = \frac{D - d}{2}; \quad (3.12)$$

$$t = \frac{44 - 43}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

Ріжучий інструмент – прохідний різець з пластинами із твердого сплаву Т15К6 по ГОСТ 18886-73. Переріз державки різця 32×25 мм. Геометричні параметри різця: $r = 1,2$ мм., $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\varphi_1 = 45^\circ$.

Назначаємо подачу $S = 0,12 \div 0,20$ мм/об – при чорновому розточуванні при вильоті різця $l = 100$ мм. [1].

Приймаємо подачу $S = 0,15$ мм/об.

Період стійкості різця $T = 60$ хв. [1].

Швидкість різання при токарній обробці визначається за формулою

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v. \quad (3.13)$$

Значення коефіцієнту C_v і показників степенів вибираємо з [1]: $C_v = 420$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,20$.

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання визначаємо із залежності

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi_1 v} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{Ov} \cdot K_{uv};$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу

$K_{nv} = 0,8$ – коефіцієнт, що залежить від стану оброблюваної поверхні [1];

$K_{uv} = 0,93$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту [1];

$K_{\varphi v} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця (при $\varphi = 45^\circ$) [1];

$K_{ov} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки поверхні [1];

$K_{\varphi 1v}$ та K_{rv} враховуються тільки при обробці різцями із твердого сплаву.

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (3.14)$$

де $K_r = 1$; $n_v = -0,9$ [1];

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{700} \right)^{-0,9} = 0,94.$$

Звідси швидкість різання

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 0,94 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 178,24 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункове число обертів шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (3.15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 178,24}{3,14 \cdot 57} = 995,76 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату: $n = 960$ об/хв.

Дійсна швидкість різання буде складати

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (3.16)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 960}{1000} = 171,82 \text{ м/хв.}$$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, які напрямлені по осях координат верстату (P_z, P_y і P_x).

При точінні ці складові розраховуються за формулою [1]

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (3.17)$$

Коефіцієнти і показники степенів для складових сил різання знаходимо за [1]

P_z	P_y	P_x
$C_p = 300$	$C_p = 243$	$C_p = 339$
$x = 1,0$	$x = 0,9$	$x = 1,0$
$y = 0,75$	$y = 0,6$	$y = 0,5$
$n = -0,15$	$n = -0,3$	$n = -0,4$

Поправочний коефіцієнт визначаємо за формулою [1]

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp};$$

де K_{Mp} – коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_{\varphi p_{x,y,z}} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт при $\varphi = 45^\circ$ [1];

$K_{\gamma p_{x,yz}} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт переднього кута [1];

$K_{\lambda p_{x,y,z}} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт кута нахилу ріжучої кромки [1];

K_{rp} – враховується тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n;$$

$$K_{Mp_z} = \left(\frac{700}{750} \right)^{0,4} = 0,87;$$

$$K_{Mp_y} = \left(\frac{700}{750} \right)^{1,0} = 0,93;$$

$$K_{M_{p_x}} = \left(\frac{700}{750} \right)^{0,8} = 0,95;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 171,82^{-0,15} \cdot 0,87 = 2828 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 171,82^{-0,3} \cdot 0,69 = 730 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,2^{0,5} \cdot 171,82^{-0,4} \cdot 0,75 = 725 \text{ Н}.$$

Потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \quad (3.18)$$

$$N = \frac{2828 \cdot 171,82}{1020 \cdot 60} = 7,94 \text{ кВт}.$$

Проведемо перевірку достатності потужності приводу головного руху верстату необхідній потужності різання

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{ун}}$$

де $N_{\text{ун}} = N_{\text{д}} \cdot \eta$, $N_{\text{ун}} = 11 \text{ кВт}$. – потужність електродвигуна приводу головного руху; $\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії механізму приводу верстату.

$$7,94 < (11 \cdot 0,85) = 9,35 \text{ кВт}.$$

З розрахунків видно, що потужність верстату достатня для обробки деталі. Основний технологічний час на обробку визначається за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}; \quad (3.19)$$

де L – довжина різання з урахуванням врізання і перебігу різця.

$$L = l + y + \Delta, \quad (3.20)$$

де $l = 18 \text{ мм}$ – довжина обробки по кресленню деталі;

$y = 3 \text{ мм}$ – врізання різця;

$\Delta = 0 \text{ мм}$ – перебіг відсутній.

$$L = 62 + 3 + 0 = 66 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{66 \cdot 1}{960 \cdot 0,15} = 0,88 \text{ хв.}$$

Операція 025

1. Розточити отвір до $\varnothing 24K6$ на довжину 8 мм.

Визначимо глибину різання за формулою (3.12)

$$t = \frac{24 - 21}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Ріжучий інструмент – розточний різець з пластинами із твердого сплаву Т15К6 по ГОСТ 18883-73. Січення державки різця 32×25 мм. Геометричні параметри різця: $r = 1,2$ мм., $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\varphi_1 = 45^\circ$.

Назначаємо подачу $S = 0,25 \div 0,40$ мм/об – при чорновому розточуванні і вильоті різця $l = 100$ мм [1].

Приймаємо подачу $S = 0,06$ мм/об.

Період стійкості різця $T = 60$ хв. [1].

Швидкість різання за формулою (3.13)

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,06^{0,2}} \cdot 0,94 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 55,5 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове число обертів шпинделя верстату за формулою (3.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 55,5}{3,14 \cdot 24} = 895,1 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату: $n = 880$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (3.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 880}{1000} = 52,2 \text{ м/хв.}$$

Сили різання за формулою (3.17)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,35^{0,75} \cdot 52,2^{-0,15} \cdot 0,87 = 2614 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,35^{0,6} \cdot 52,2^{-0,3} \cdot 0,69 = 598 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,35^{0,5} \cdot 52,2^{-0,4} \cdot 0,75 = 640 \text{ Н}.$$

Потужність різання за формулою (3.18)

$$N = \frac{2614 \cdot 52,2}{1020 \cdot 60} = 6,07 \text{ кВт}.$$

Проведемо перевірку достатності потужності приводу головного руху верстату необхідній потужності різання

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{ин}}$$

$$6,07 < (11 \cdot 0,85) = 9,35 \text{ кВт}.$$

З розрахунків видно, що потужність верстату достатня для обробки даної деталі.

Основний технологічний час на операцію

$$T_o = \frac{12 \cdot 1}{880 \cdot 0,06} = 1,86 \text{ хв}.$$

Для всіх інших операцій та переходів розрахунок режимів різання проводимо табличним методом і результати зводимо в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця режимів різання по операціях

Назва операції та перехід	t , мм.	L , мм.	i	T_{M6} хв.	S_p , мм/об	n , об/хв.	V , м/хв.	S_{M6} , мм/хв.	T_o , хв.	N , кВт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005. Вертикально-фрезерна										
1. Перехід.	1,0	60	1	60	0,15	1600	100	-	6,27	4,12
010. Токарна										
1. Перехід.	1,1	2,0	1	45	0,15	315	16	-	0,02	2,13
2. Перехід.	7,5	107	1	45	0,15	315	14,8	-	2,4	1,78
3. Перехід.	12,0	104	1	45	0,25	315	38,6	-	5,1	1,23
4. Перехід.	0,5	62	1	45	0,15	315	39,5	-	0,88	2,1
015. Токарна										
1. Перехід.	0,75	62	1	45	0,15	315	61,3	-	1,48	1,76
2. Перехід.	1,0	80	1	45	0,15	315	79	-	1,7	1,25
3. Перехід.	0,5	41	1	45	0,1	315	40,5	-	1,3	2,8
4. Перехід.	0,5	43	1	45	0,1	315	42,5	-	1,37	3,1
5. Перехід.	0,75	44,5	1	45	0,1	315	44	-	1,41	2,1
6. Перехід.	0,25	23	2	45	0,1	315	22,7	-	0,73	0,7
020. Комплексна з ЧПК										
1. Перехід.	0,15	43	1	35	0,122	1000	125,6	-	0,19	1,7
2. Перехід.	0,15	54	1	35	0,122	1000	124	-	0,22	2,1
3. Перехід.	0,15	39	1	35	0,122	1000	131	-	0,17	1,9

Продовження таблиці 3.10

Назва операції та перехід	t , мм.	L , мм.	i	$T_{\text{ш}}$ хв.	S_p мм/об	n , об/хв.	V , м/хв.	S_{M_6} мм/хв.	$T_{\text{о}}$ хв.	N , кВт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
025. Токарна										
1. Перехід.	1,0	60,5	1	45	0,1	315	60	-	2,06	2,87
2. Перехід.	0,5	80	1	45	0,1	315	79	-	2,69	3,2
3. Перехід.	2,2	80	1	45	0,1	315	79	-	2,72	2,7
4. Перехід.	0,4	43,8	1	45	0,1	315	79	-	1,82	2,81
5. Перехід.	0,4	16,5	1	45	0,1	315	23,5	-	0,63	2,92
6. Перехід.	0,4	3	1	45	0,1	315	23,5	-	0,03	3,17
7. Перехід.	0,08	33	2	45	0,8	64	4,75	-	0,64	0,6
8. Перехід.	0,08	62	1	45	0,1	32	4,35	-	1,97	0,56
030. Токарно-гвинторізна										
1. Перехід.	1,5	15,5	1	45	0,1	400	68,8	-	0,39	2,6
2. Перехід.	1,13	10,5	1	45	0,1	400	33	-	0,3	2,56
3. Перехід.	0,5	3	2	45	0,1	400	33	-	0,03	2,1
4. Перехід.	1,0	11	1	45	0,75	125	10,6	-	0,8	2,1
035. Вертикально-фрезерна										
1. Перехід.	11,0	26	3	60	-	1000	25	160	0,16	5,1
040. Вертикально-фрезерна										
1. Перехід.	3,0	28	2	60	-	1000	26	160	1,75	4,89
2. Перехід.	3,0	28	2	60	-	1000	26	160	1,75	4,97
3. Перехід.	3,0	28	2	60	-	1000	26	16	1,75	4,89
045. Вертикально-фрезерна										
1. Перехід.	2,6	10	1	60	-	1000	31,4	200	0,65	5,12

Продовження таблиці 3.10

Назва операції та перехід	t , мм.	L , мм.	i	T_m хв.	S_p мм/об	n , об/хв.	V , м/хв.	S_{M6} мм/хв.	T_{on} хв.	N , кВт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
055. Комплексна з ЧПК										
1. Перехід.	1,3	22	1	45	-	1200	29,1	100	0,57	5,1
2. Перехід.	0,3	6	4	45	-	730	18,1	100	0,32	4,9
3. Перехід.	2,0	61	40	35	0,12	500	17,1	-	5,17	0,7
4. Перехід.	2,15	88	10	35	0,12	500	17,4	-	1,7	1,1
5. Перехід.	3,3	10	1	35	0,12	500	7,2	-	0,07	0,6
6. Перехід.	1,8	12	2	35	0,12	500	3,12	-	0,08	0,87
7. Перехід.	1,025	72	11	35	0,12	500	1,39	-	0,21	0,7
8. Перехід.	1,25	82	12	35	0,12	500	1,48	-	0,36	0,7
9. Перехід.	2,1	9	1	35	0,12	500	2,16	-	0,12	0,68
10. Перехід.	0,25	18	4	35	0,12	600	7,1	-	0,48	0,72
11. Перехід.	1,5	64	12	45	-	1000	21,5	160	2,13	4,8
12. Перехід.	1,5	40	2	45	-	1000	21,5	160	0,7	4,91
13. Перехід.	1,0	40	4	45	-	1000	21,8	160	0,92	4,8
14. Перехід.	0,1	24	1	45	0,02	630	32,16	-	0,21	2,1
15. Перехід.	0,02	24	1	60	0,01	630	33,4	-	0,16	0,6
060. Вертикально-свердильна										
1. Перехід.	2,5	8	2	35	0,15	2000	30	-	1,49	1,1
2. Перехід.	1,25	5	5	35	0,1	1600	15	-	2,13	1,21
3. Перехід.	1,25	9,3	2	35	0,1	1600	15	-	0,76	1,3
4. Перехід.	1,25	7,3	3	35	0,1	1600	15	-	0,92	1,19
5. Перехід.	1,65	6,7	1	35	0,1	1600	19,8	-	0,42	1,19
6. Перехід.	1,65	7,7	6	35	0,1	1600	19,8	-	0,42	1,2
7. Перехід.	0,5	05	22	35	0,1	1600	19,8	-	0,67	0,3

Кінець таблиці 3.10

Назва операції та перехід	t , мм.	L , мм.	i	$T_{мб}$ хв.	S_{p1} мм/об	n , об/хв.	V , м/хв.	S_{M6} мм/хв.	$T_{он}$ хв.	N , кВт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
065. Різенарізна										
1. Перехід.	0,5	8,5	5	60	0,5	500	4,7	-	2,1	0,65
2. Перехід.	0,5	7,5	2	60	0,5	500	4,7	-	0,6	0,68
3. Перехід.	0,5	5,5	6	60	0,5	500	4,7	-	1,2	0,65
070. Різенарізна										
1. Перехід.	0,5	6,1	6	60	0,5	500	6,3	-	2,6	0,72
2. Перехід.	0,5	9,2	2	60	0,5	500	6,3	-	1,2	0,72
075. Різенарізна.										
1. Перехід.	1,0	9,5	2	60	0,8	500	7,9	-	1,8	0,6
080. Різенарізна.										
1. Перехід.	0,7	13,2	8	60	0,5	500	6,3	-	2,9	0,7
2. Перехід.	0,7	8,0	12	60	0,5	500	6,3	-	4,1	0,7
085. Різенарізна.										
1. Перехід.	0,5	5,5	16	60	0,5	500	4,7	-	4,2	0,6
2. Перехід.	0,5	5,5	4	60	0,5	500	4,7	-	1,2	0,6
3. Перехід.	0,5	8,0	4	60	0,5	500	4,7	-	1,2	0,6
090. Різенарізна										
1. Перехід.	0,45	5,4	16	60	0,45	500	3,9	-	4,1	0,32
2. Перехід.	0,45	4,4	6	60	0,45	500	3,9	-	1,3	0,32

Розрахунково-аналітичним способом становимо технічні норми часу на операції технологічного процесу механічної обробки деталі.

Норми штучного часу на операцію визначається за формулою [1]

$$T_{шт} = T_o + T_{\partial} + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (3.21)$$

де T_o – основний (технологічний) час;

T_{∂} – допоміжний час;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця;

$T_{відп}$ – час на відпочинок та природні потреби робітника.

Оперативний час складається з основного і допоміжного

$$T_{оп} = T_o + T_{\partial}; \quad (3.22)$$

Тоді штучний час буде складати

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп}. \quad (3.23)$$

Штучно-калькуляційний час в крупносерійному виробництві визначається за формулою

$$T_{ук} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (3.24)$$

де $T_{н.з.}$ – підготовчо-заключний час;

n – величина партії деталей;

$$n = \frac{N \cdot a}{F},$$

де N – річна програма випуску деталей;

$a = 5$ – необхідний запас деталей на складі;

$F = 257$ днів – число робочих днів в році (при двох днях відпочинку в тиждень).

$$n = \frac{18000 \cdot 5}{257} = 350 \text{ шт.}$$

Розраховуємо норму штучного часу на вертикально-фрезерну операцію 010.

Час на встановлення та зняття деталі [1] $T_{в.з.} = 0,21 \text{ хв.}$

Час на вимірювання деталі [1] $T_{вим} = 0,2 \text{ хв.}$

Час на управління верстатом [1] $T_{уп} = 0,12 \text{ хв.}$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок складає 4,15 % від оперативного [1]

Допоміжний час

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{вим} + T_{уп};$$

$$T_{доп} = 0,21 + 0,2 + 0,12 = 0,53 \text{ хв.}$$

Оперативний час буде рівним

$$T_{оп} = 6,27 + 0,53 = 6,80 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування і відпочинок

$$T_{обсл} = 0,0415 \cdot 6,8 = 0,28 \text{ хв.};$$

$$T_{відп} = 0,0415 \cdot 6,8 = 0,28 \text{ хв.}$$

Звідси штучний час на операції:

$$T_{шт} = 6,80 + 0,28 + 0,28 = 7,36 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T_{п.з.} = 36 \text{ хв.}$ [1].

Штучно калькуляційний час складе

$$T_{шк} = 7,36 + \frac{36}{350} = 7,46 \text{ хв.}$$

Для решти переходів (операцій) технологічного процесу розрахунки проводимо по довідковій літературі і зводимо в таблицю 3.11.

Таблиця 3.11 – Норми часу на операції технологічного процесу

Номер операції	T_o , хв	Допоміжний, хв.			$T_{оп}$, хв	$T_{обс}$, хв	$T_{від}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{п.з.}$, хв	n , шт	$T_{шк}$, хв
		$T_{в.з.}$	$T_{вим}$	$T_{уп}$							
010	6,27	0,21	0,2	0,12	6,80	0,28	0,28	7,36	36	350	7,46
025	8,4	0,41	0,2	0,41	9,42	0,39	0,39	10,20	40	350	10,21
030	7,99	0,41	0,2	0,41	9,01	0,37	0,37	9,75	40	350	9,86
035	0,58	0,41	0,2	0,41	1,60	0,07	0,07	1,74	45	350	1,85
050	1,52	0,41	0,2	0,41	2,54	0,11	0,11	2,76	40	350	2,87
055	12,56	0,41	0,2	0,41	13,58	0,56	0,56	14,70	40	350	14,81
060	0,16	0,12	0,2	0,21	0,69	0,03	0,03	0,75	36	350	0,86
065	3,93	0,41	0,2	0,41	4,95	0,21	0,21	5,37	36	350	5,48
070	0,65	0,41	0,2	0,41	1,67	0,07	0,07	1,81	36	350	1,92
080	11,46	0,41	0,2	0,41	12,48	0,52	0,52	13,52	45	350	13,63
090	6,81	0,41	0,2	0,41	7,83	0,32	0,32	8,47	30	350	8,58
095	3,9	0,41	0,2	0,41	4,92	0,20	0,20	5,32	30	350	5,43
100	3,8	0,41	0,2	0,41	4,82	0,20	0,20	5,22	30	350	5,31
105	1,8	0,41	0,2	0,41	2,82	0,12	0,12	3,06	30	350	3,15
110	7,0	0,41	0,2	0,41	8,02	0,33	0,33	8,68	30	350	8,77
115	6,64	0,41	0,2	0,41	7,66	0,32	0,32	8,30	30	350	8,39
120	5,4	0,41	0,2	0,41	6,42	0,27	0,27	6,96	30	350	7,05

Оформляємо документацію на технологічний процес [12], яка представлена в додатку А.

3.3 Визначення кількості обладнання

Визначимо кількість обладнання для кожного робочого місця в технологічному процесі, яке забезпечить виготовлення заданої програми випуску

деталей на рік, а також визначимо коефіцієнти завантаження та використання обладнання за часом і за потужністю. Розрахункову кількість верстатів визначаємо за формулою [13]

$$m_p = \frac{N \cdot T_{um}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{zn}}, \quad (3.25)$$

де $N = 18000$ шт. – програма випуску деталей;

$F_o = 3979$ год. – дійсний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{zn} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для серійного виробництва.

Операція 010.

$$T_{um} = 7,36 \text{ хв.}$$

$$m_{p1} = \frac{18000 \cdot 7,36}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,69.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 025.

$$T_{um} = 10,20 \text{ хв.}$$

$$m_{p2} = \frac{18000 \cdot 10,20}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,96.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 030.

$$T_{um} = 9,75 \text{ хв.}$$

$$m_{p3} = \frac{18000 \cdot 9,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,92.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 035.

$$T_{um} = 1,74 \text{ хв.}$$

$$m_{p4} = \frac{18000 \cdot 1,74}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,16.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 050.

$$T_{um} = 2,76 \text{ хв.}$$

$$m_{p5} = \frac{18000 \cdot 2,76}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,26.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 055.

$$T_{um} = 14,70 \text{ хв.}$$

$$m_{p6} = \frac{18000 \cdot 14,70}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,38.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 2$.

Операція 060.

$$T_{um} = 0,75 \text{ хв.}$$

$$m_{p7} = \frac{18000 \cdot 0,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,07.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 065.

$$T_{um} = 5,37 \text{ хв.}$$

$$m_{p8} = \frac{18000 \cdot 5,37}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,51.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 070.

$$T_{um} = 0,81 \text{ хв.}$$

$$m_{p9} = \frac{18000 \cdot 0,81}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,08.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 080.

$$T_{um} = 13,52 \text{ хв.}$$

$$m_{p10} = \frac{18000 \cdot 13,52}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,27.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 2$.

Операція 090.

$$T_{um} = 8,47 \text{ хв.}$$

$$m_{p11} = \frac{18000 \cdot 8,47}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,80.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 095.

$$T_{um} = 5,32 \text{ хв.}$$

$$m_{p12} = \frac{18000 \cdot 5,32}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,50.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 100.

$$T_{um} = 5,22 \text{ хв.}$$

$$m_{p13} = \frac{18000 \cdot 5,22}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,49.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 105.

$$T_{um} = 3,06 \text{ хв.}$$

$$m_{p14} = \frac{18000 \cdot 3,06}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,29.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 110.

$$T_{um} = 8,68 \text{ хв.}$$

$$m_{p15} = \frac{18000 \cdot 8,68}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,82.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 115.

$$T_{um} = 8,30 \text{ хв.}$$

$$m_{p16} = \frac{18000 \cdot 8,30}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,78.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 120.

$$T_{um} = 6,96 \text{ хв.}$$

$$m_{p17} = \frac{18000 \cdot 6,96}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,66.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Визначимо коефіцієнти завантаження обладнання по операціях технологічного процесу за формулою [13]

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n}; \quad (3.26)$$

$$\eta_{31} = \frac{0,69}{1} = 0,69; \quad \eta_{32} = \frac{0,96}{1} = 0,96; \quad \eta_{33} = \frac{0,92}{1} = 0,92;$$

$$\eta_{34} = \frac{0,16}{1} = 0,16; \quad \eta_{35} = \frac{0,26}{1} = 0,26; \quad \eta_{36} = \frac{1,38}{2} = 0,69;$$

$$\eta_{37} = \frac{0,07}{1} = 0,07; \quad \eta_{38} = \frac{0,51}{1} = 0,51; \quad \eta_{39} = \frac{0,08}{1} = 0,08;$$

$$\eta_{310} = \frac{1,27}{2} = 0,64; \quad \eta_{311} = \frac{0,80}{1} = 0,80; \quad \eta_{312} = \frac{0,50}{1} = 0,50;$$

$$\eta_{313} = \frac{0,49}{1} = 0,49; \quad \eta_{314} = \frac{0,29}{1} = 0,29; \quad \eta_{315} = \frac{0,82}{1} = 0,82;$$

$$\eta_{316} = \frac{0,78}{1} = 0,78; \quad \eta_{317} = \frac{0,66}{1} = 0,66.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання буде складати

$$\eta_{3c} = \frac{\sum \eta_{3i}}{i} = 0,55.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначають за формулою [13]

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шк}}}; \quad (3.27)$$

$$\begin{aligned} \eta_{o1} &= \frac{6,27}{7,46} = 0,84; & \eta_{o2} &= \frac{8,40}{10,21} = 0,82; & \eta_{o3} &= \frac{7,99}{9,86} = 0,81; \\ \eta_{o4} &= \frac{0,58}{1,85} = 0,31; & \eta_{o5} &= \frac{1,52}{2,87} = 0,53; & \eta_{o6} &= \frac{12,56}{14,81} = 0,85; \\ \eta_{o7} &= \frac{0,16}{0,86} = 0,19; & \eta_{o8} &= \frac{3,93}{5,48} = 0,72; & \eta_{o9} &= \frac{0,65}{1,92} = 0,34; \\ \eta_{o10} &= \frac{11,46}{13,63} = 0,84; & \eta_{o11} &= \frac{6,81}{8,58} = 0,79; & \eta_{o12} &= \frac{3,90}{5,43} = 0,72; \\ \eta_{o13} &= \frac{3,8}{5,31} = 0,72; & \eta_{o14} &= \frac{1,80}{3,15} = 0,57; & \eta_{o15} &= \frac{7,00}{8,77} = 0,80; \\ \eta_{o16} &= \frac{6,64}{8,39} = 0,79; & \eta_{o17} &= \frac{5,40}{7,05} = 0,77. \end{aligned}$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом

$$\eta_{oc} = \frac{\sum \eta_{oi}}{i} = 0,67.$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначають за формулою [13]

$$\eta_n = \frac{N_{\text{пиз}}}{N_{\text{верст}}}; \quad (3.28)$$

$$\eta_{n1} = \frac{4,12}{5,5} = 0,75; \quad \eta_{n2} = \frac{2,13}{11} = 0,19; \quad \eta_{n3} = \frac{3,1}{11} = 0,28;$$

$$\begin{aligned} \eta_{n_4} &= \frac{2,1}{11} = 0,19; & \eta_{n_5} &= \frac{3,2}{11} = 0,29; & \eta_{n_6} &= \frac{2,6}{11} = 0,24; \\ \eta_{n_7} &= \frac{5,1}{5,5} = 0,93; & \eta_{n_8} &= \frac{4,97}{5,5} = 0,90; & \eta_{n_9} &= \frac{5,12}{5,5} = 0,93; \\ \eta_{n_{10}} &= \frac{5,1}{11} = 0,46; & \eta_{n_{11}} &= \frac{1,3}{4} = 0,33; & \eta_{n_{12}} &= \frac{0,68}{4} = 0,17; \\ \eta_{n_{13}} &= \frac{0,72}{4} = 0,18; & \eta_{n_{14}} &= \frac{0,6}{4} = 0,15; & \eta_{n_{15}} &= \frac{0,7}{4} = 0,18; \\ \eta_{n_{16}} &= \frac{0,6}{4} = 0,15; & \eta_{n_{17}} &= \frac{0,32}{4} = 0,08. \end{aligned}$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за потужністю

$$\eta_{n_c} = \frac{\sum \eta_{n_i}}{i} = 0,38.$$

На основі визначених коефіцієнтів будуюмо графіки завантаження та використання обладнання і представляємо їх на рис. 3.2, 3.3 та 3.4.

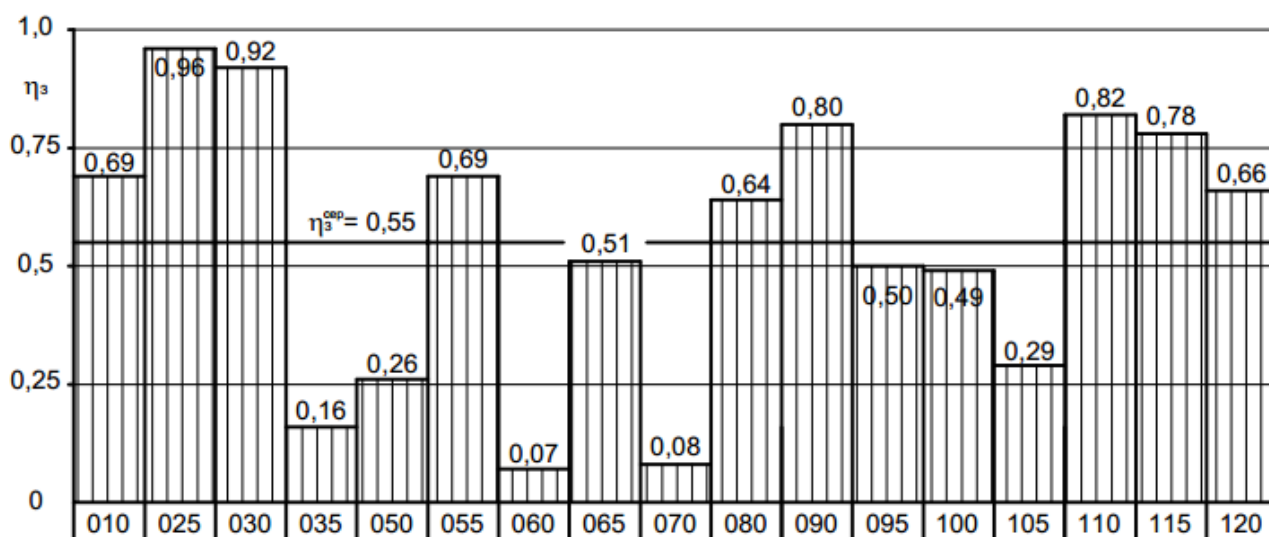


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

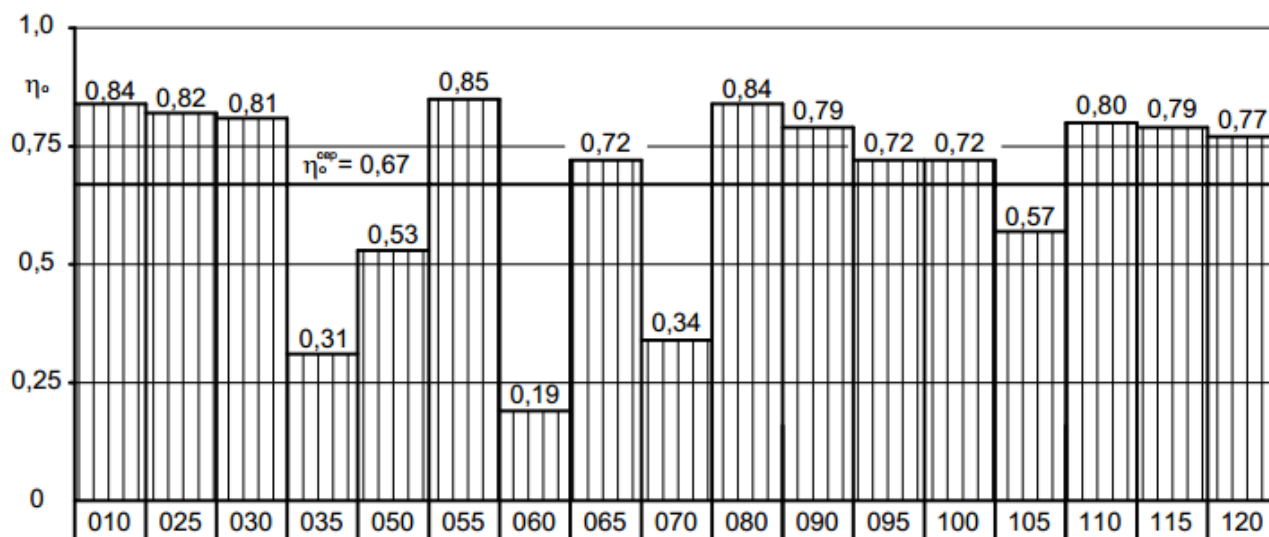


Рисунок 3.3 – Графік використання обладнання за основним часом

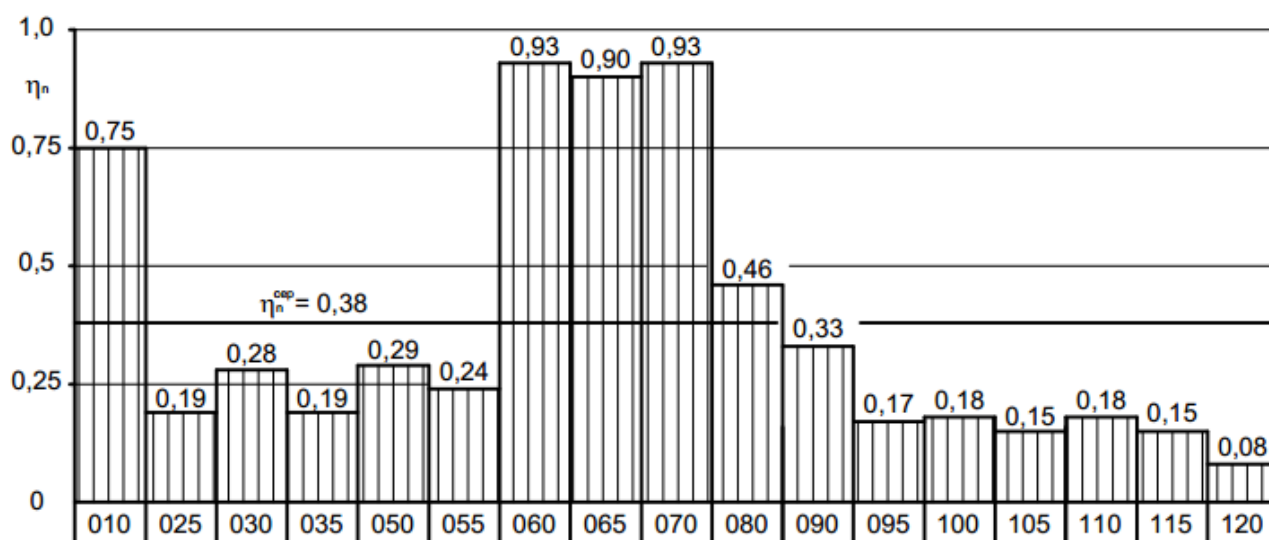


Рисунок 3.4 – Графік використання обладнання за потужністю

3.4 Конструювання спеціального оснащення

Верстатними пристосуваннями називають додаткові пристрої до металорізальних верстатів, що дозволяють в заданих виробничих умовах найбільш економічно забезпечити закладені в конструкції деталі вимоги до точності розмірів, форми і взаємного положення оброблюваних поверхонь деталі [14].

3.4.1 Пристрій для токарної обробки

Пристрій для токарної обробки (рис. 3.5) призначений для токарної обробки корпусу Т 001.709.

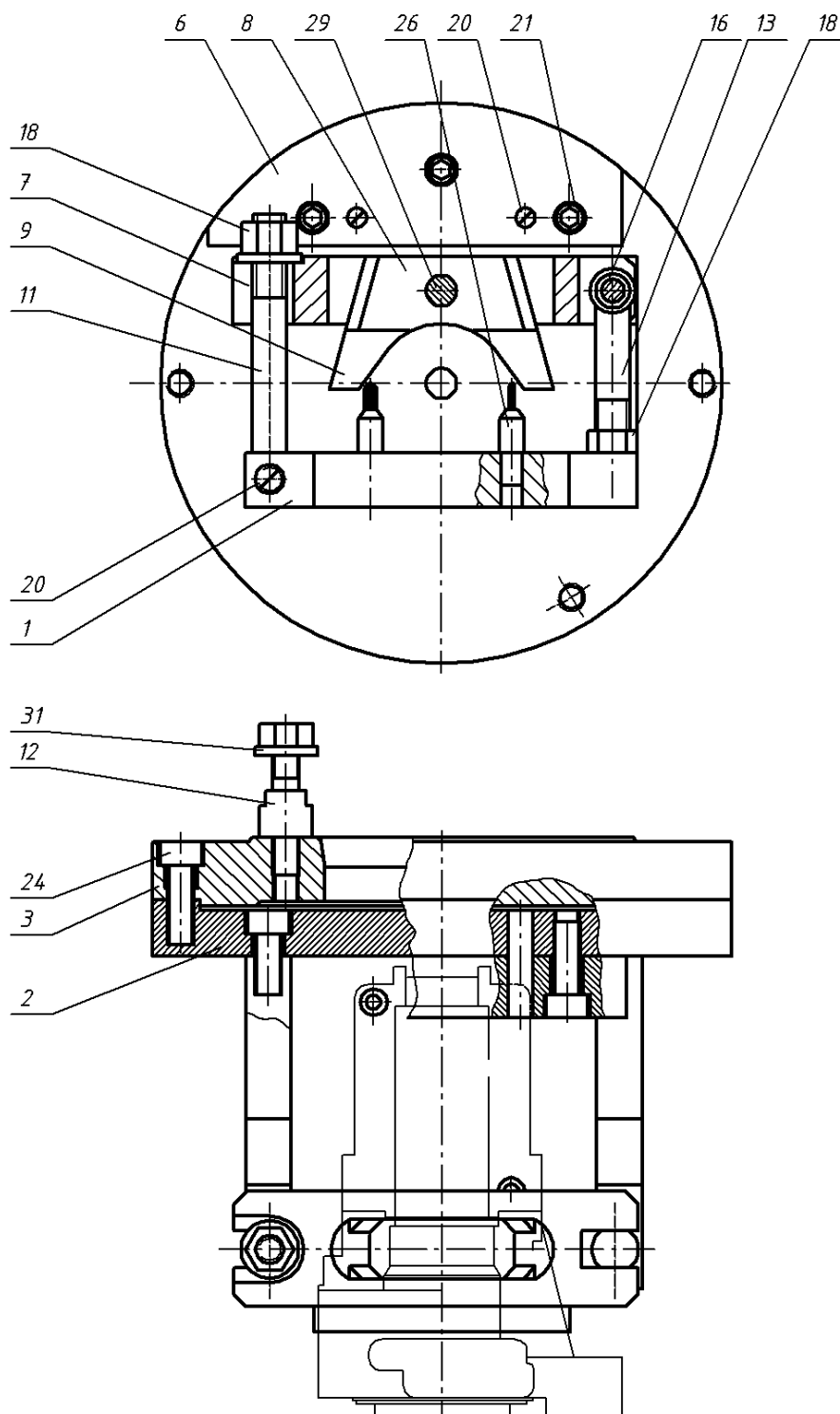


Рисунок 3.5 – Пристрій для токарної обробки

Пристрій складається з плити 1, пластини 2, фланця 3, призми спеціальної 4, балансира 6, коромисла 7, прижимів 8 і 9, гвинта натискного 11, болта спеціального 12, тяги 13, а також стандартних кріпильних виробів.

Деталь у пристрої базується на опорах 26, а затискається – прижимом 8, що закріплений на коромислі 7. Затиск здійснюється шляхом загвинчування гайки 18.

Пристрій встановлюється на шпинделі токарного верстата 16К20ПФ1.

При даній схемі обробки і базування деталі в пристосуванні умова забезпечення точності обробки по відомій методиці [15] може бути представлена у вигляді

$$\pm yL_{\text{вир}} \geq Fy'L_{\text{конд}} \pm 2 \left[K \frac{D_{BH} - D_{CM}}{2} \pm K \frac{d_{BH} - d_{CB}}{2} \pm m\varepsilon_{\text{роб}} \pm P(d_{BH} - d_{CB}) \frac{h+b}{l} \right], \quad (3.29)$$

де $yL_{\text{вир}}$ – граничне відхилення;

$y' = \pm 0,05$ мм – граничне відхилення розмірів пристосування нормальної точності;

$F = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує ймовірну границю відхилення координат центрів отворів в корпусі;

$K = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує найбільшу границю зазорів в спряженнях і їх зміщення;

$m = 0,4$ – коефіцієнт, що враховує найбільшу ймовірну величину ексцентриситету цанги;

$P = 0,35$ – коефіцієнт, що враховує величину перекосу цанги.

Тоді

$$yL_{\text{вир}} = 0,8 \cdot 0,05 \cdot 90 + 2 \left[0,5 \frac{16,043 - 15,07}{2} + 0,02 + 0,35(7,2 - 6,7) \frac{2+8}{15} \right] = 0,069.$$

Отримане значення є меншим за допуск на точіння поверхонь 0,087, отже, величина похибки, яку дає пристосування менша від величини допуску отвору – пристосування забезпечує необхідну точність.

3.4.2 Токарний пристрій

Токарний пристрій (рис. 3.6) призначений для токарної обробки корпусу Т 001.709.

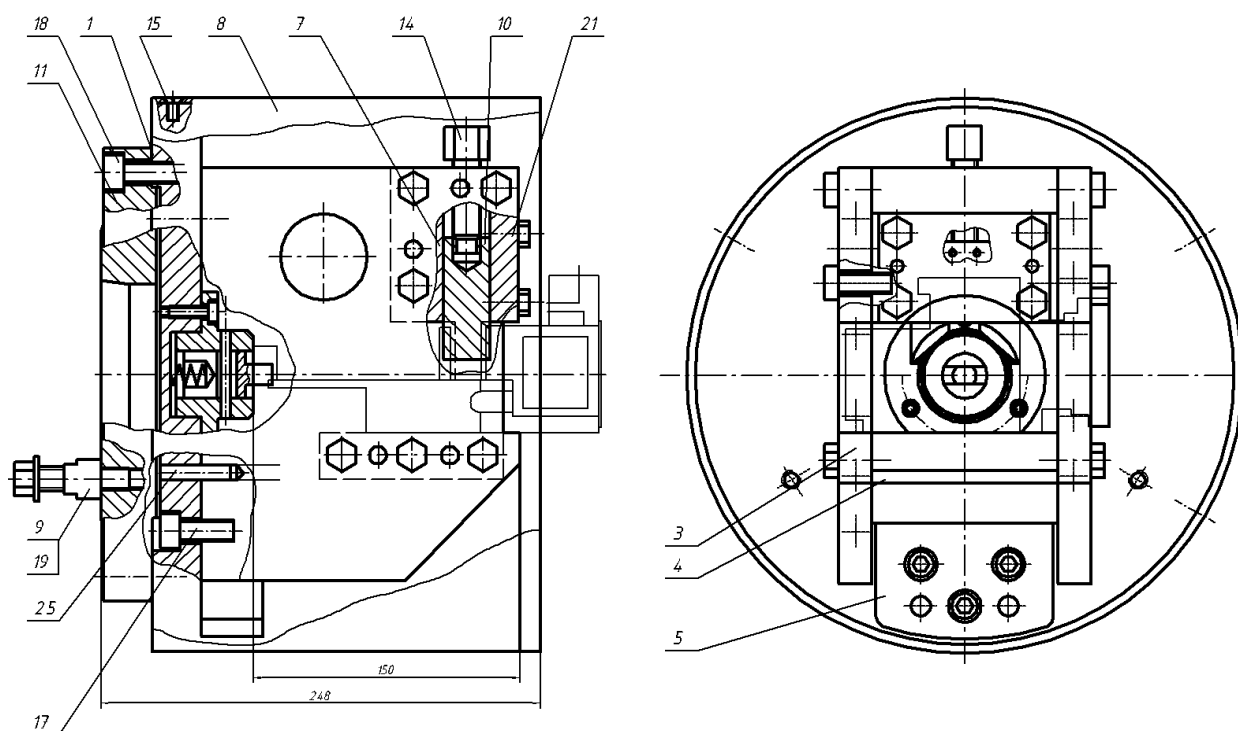


Рисунок 3.6 – Пристрій токарний

Пристрій складається з фланця 1, втулки 2, фіксатора 3, основи 4, балансира 5, стійки 6, кронштейна 7, кожуха 8, шпильки 9, призми 10, фланця 11, а також стандартних кріпильних виробів.

Затиск деталі здійснюється фіксатором 3 за допомогою болта 14. Балансування пристрою здійснюється шляхом свердління отворів у балансирі 5.

Пристрій встановлюється на шпинделі токарного верстата 16K20ПФ1.

3.4.3 Пристрій установочний

Пристрій установочний (рис. 3.7) призначений для комплексної обробки корпусу Т 001.709 на багатоцільових оброблюючих центрах, свердління отворів і нарізання різі.

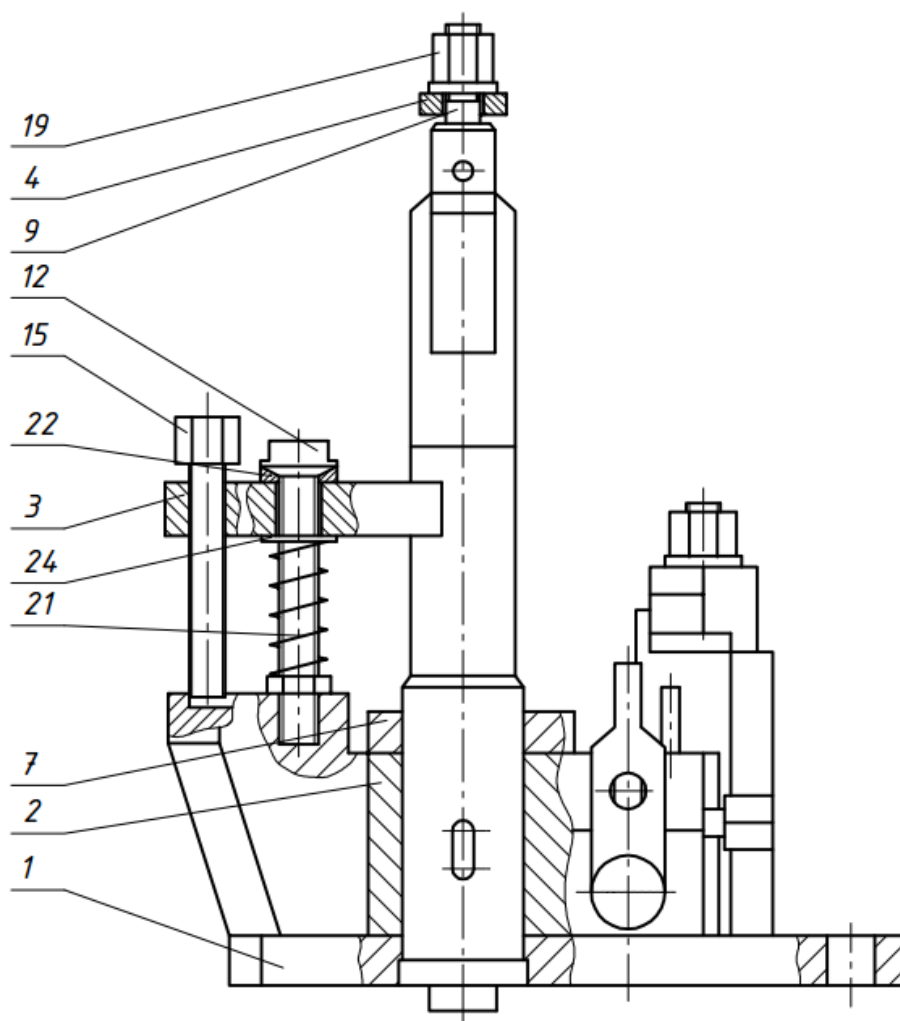


Рисунок 3.7 – Пристрій установочний

Пристрій складається з плити 1, яка кріпиться до стола верстату. На плиту встановлено оправку 2 і стійку 9, на яку встановлюється заготовка, для визначення її положення на двох шпильках 21, одна з яких підпружинена, встановлено прихвати 3, 5 та 6, які визначають положення деталі. Заготовка базується по попередньо обробленій внутрішній циліндричній поверхні отвору діаметром 44 мм. Зверху деталь затискується за допомогою шайби 4 і гайки 19.

При розрахунку зусилля затиску P_z необхідно знати силу різання, що виникає при свердлінні отворів. Для цього визначаємо осьову силу при свердлінні отворів. Згідно розрахунків вона буде складати 2899 Н.

Оскільки вісь притискання зсунута відносно осі отвору, то складова осьової сили буде

$$\frac{P_{oc}}{P'} = \frac{200,6}{191,6},$$

де 200,6 і 191,6 – відстані від осі отвору до місця прикладання зусилля.

Отже

$$P' = \frac{191,6}{200,6} \cdot P_{oc};$$

$$P' = \frac{191,6}{200,6} \cdot 2899 = 2768,9 \text{ Н.}$$

Визначимо силу розривання

$$Q = \frac{200,6}{20} \cdot P';$$

$$Q = \frac{200,6}{20} \cdot 2768,9 = 2777,2 \text{ Н.}$$

Визначимо діаметр різі, який необхідний для закріплення заготовки:

$$d = 1,4 \cdot K_3 \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_T]}};$$

$$d = 1,4 \cdot 3,3 \cdot \sqrt{\frac{2777,2}{300}} = 14,1 \text{ мм.}$$

де K_3 – коефіцієнт запасу.

Приймаємо різь М16×1,5-7Н.

Визначаємо силу закріплення

$$P_3 = \frac{2 \cdot k \cdot Q - f \cdot R \cdot D_{оп}}{f \cdot D_{оп}}, \quad (3.30)$$

де k – поправочний коефіцієнт;

$$f = 2;$$

$D_{оп}$ – діаметр заготовки.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

де $k_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$k_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності;

$k_2 = 1,8$ – коефіцієнт, що характеризує збільшення сили різання при зношуванні інструменту;

$k_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при перервному процесі різання;

$k_4 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення;

$k_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних ЗОР;

$k_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує встановлення на пластини;

$$P_3 = \frac{2 \cdot 5,05 \cdot 2777,2 - 2 \cdot 22 \cdot 80}{2 \cdot 80} = 3484,2 \text{ Н.}$$

Отже необхідне зусилля затиску забезпечується.

3.4.4 Пристрій для контролю

Для контролю торцевого биття та паралельності поверхонь використовується пристрій, представлений на рисунку 3.8.

Пристрій складається з корпусу 1, оправки 2, хомута 3, планки 4 і прижима 5. В хомут 3 пристрою встановлюється індикатор типу ИЧ-2 ГОСТ 577-88. вісь пристрою разом з індикатором обертається відносно деталі і за показами стрілки визначається величина торцевого биття, яка не повинна перевищувати 0,01 мм.

Для вимірювання величини паралельності площин відносно вісі деталі, пристрій та індикаторну стійку встановлюють на контрольний стіл і вимірюють різницю показів індикатора на діаметрах контрольного пристрою. Допуск паралельності повинен складати не більше 0,5 мм.

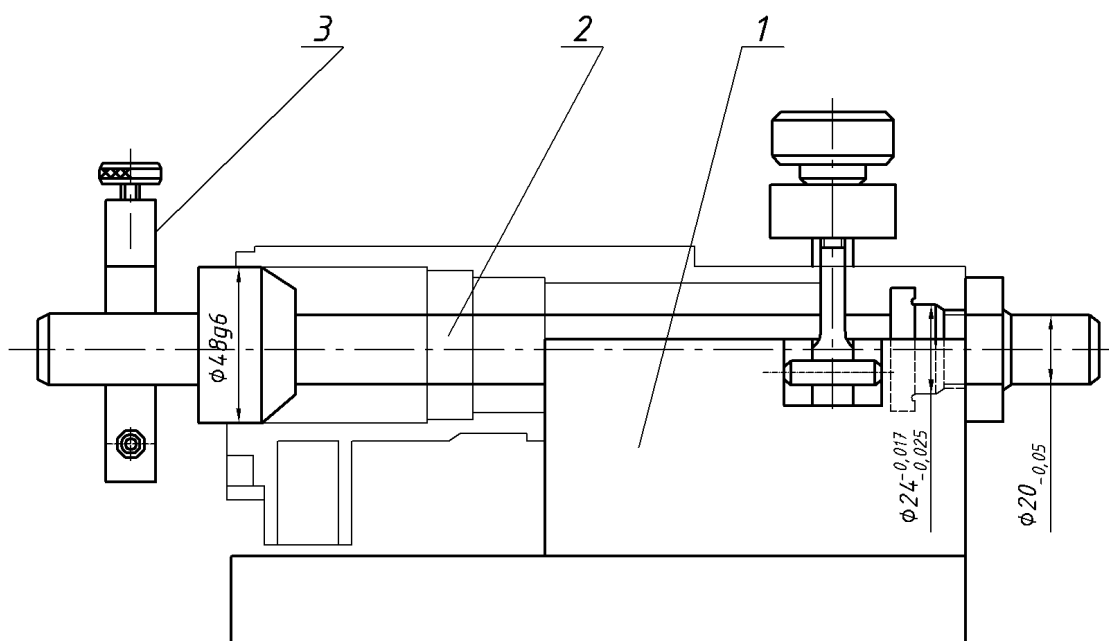


Рисунок 3.8 – Пристрій для контролю

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вентиляція та опалення виробничих приміщень

Системи вентиляції складаються з груп різноманітного устаткування [16]:

1. Вентилятори – осьові, радіальні, діаметральні.
2. Вентиляторні агрегати: каналні і стельові.
3. Вентиляційні прилади: припливні, витяжні, припливно-витяжні.
4. Повітряно-теплові завіси.
5. Шумоглушники.
6. Повітряні фільтри.
7. Повітронагрівачі: електричні, водяні.
8. Повітроводи: металеві, метало пластикові, неметалеві, гнучкі і напівгнучкі.
9. Запірні і регулюючі пристрої: діафрагми, повітряні і зворотні клапани.
10. Повітророзподільники і регулюючі пристрої повітровиведення: ґрати, щілинні повітророзподільні пристрої, плафони, насадки з форсунками, перфоровані панелі.

Системи вентиляції є складовою частиною заходів, спрямованих на створення комфортних умов праці. Системи вентиляції повинні забезпечувати нормовану чистоту повітряного середовища при оптимальних швидкостях руху повітря. Системи вентиляції в залежності від способу спонукання руху повітря бувають природними та штучними. Природна вентиляція буває: організованої, здійснюється через кватирки, дефлектори; неорганізована, званої інфільтрацією. Штучна вентиляція в залежності від зони дії буває: загальнообмінної, обмінюються повітря у всьому об'ємі приміщення; місцевої, гарантує якість повітряного середовища тільки в обмеженому обсязі, наприклад на робочому місці; Залежно від функціональної ознаки буває: припливної, що подає повітря в приміщення і витяжної, видаляє повітря з приміщення. Поєднання загальнообмінної та місцевої систем вентиляції називається комбінованою системою. На проектуваному ділянці приймаємо комбіновану систему вентиляції,

поєднуючи загальнообмінної приплив повітря з місцевими відсмоктувачами на місцях виділення шкідливостей.

Вибираємо вентиляційний агрегат А5090-2:

Вентилятор Ц4-70

$n = 1420 \text{ об / хв}$

електродвигун АОЛ2-22-4

$N = 1,5 \text{ кВт}$

Маса вентиляційного агрегату 119 кг.

Приміщення для зберігання АТС можуть бути опалювальними і неопалюваними. У опалювальних приміщеннях розрахункову температуру повітря слід приймати 5 град. С. Для зберігання АТС, які повинні бути завжди готовими до виїзду (пожежні, медичної допомоги, аварійних служб тощо), необхідно передбачати опалювальні приміщення. Система опалення повинна забезпечувати рівномірне нагрівання повітря в приміщенні, можливість місцевого регулювання і вимикання, зручність експлуатації, а також доступ для ремонту. Нагрівальні прилади парового опалення повинні бути захищені кожухом. При пічному опаленні перед початком опалювального сезону всі печі повинні бути оглянуті й відремонтовані. При експлуатації опалювальних пристроїв не допускається:

- захаращувати (загороджувати) прилади опалення будь-якими предметами або матеріалами;
- сушити матеріали, ганчір'я тощо на опалювальних приладах і трубопроводах;
- сушити дрова, вугілля, одяг та інші горючі матеріали на печах і біля них;
- розтоплювати печі легкозаймистими та горючими рідинами;
- експлуатувати несправні печі.

4.2 Конструкція і розрахунок системи стружко- і пиловидалення із зони різання верстата

В процесі механічної обробки виділяється значна кількість стружки, яка призводить до нагрівання зони обробки, утруднює процес різання. Збільшення об'єму стружки може привести до поломки інструменту, потрапляння її в зону знаходження обслуговуючого персоналу, і як наслідок до можливості нещасних випадків.

Для відводу стружки із зони обробки використовуються багато методів – змивання за допомогою ЗОР, механічне видалення стружки спеціальними пристроями та інші. Одним із таких методів є видалення стружки відсмоктуванням за допомогою насосів та системи повітропроводів.

Насоси розміщують в зустрічному потоці стружки і пилу на віддалі від зони різання не більшій половини її висоти. Пилестружкоприймачі повинні бути конструктивно зв'язані з пристроєм для кріплення ріжучого інструменту і не перешкоджати нагляду за зоною різання.

При фрезеруванні деталей з габаритними розмірами більше 200 мм. Витрата повітря, яке відсмоктується складає близько 1000 м³/год при швидкості транспортування 30-35 м/с у відвідному патрубку. Визначимо діаметр повітропроводу в місці відсмоктування за формулою [17]

$$L = F \cdot V \cdot 3600, \quad (4.1)$$

де L – продуктивність відсмоктування, м³/год;

F – площа перерізу повітропроводу;

V – швидкість відсмоктування повітря.

Враховуючи те, що при роботі двох фрез горизонтально-фрезерного верстата, для кожного інструменту встановлено відсмоктування продуктивністю $L = 1000$ м³/год.

Розв'язуючи рівняння: $1000 = F \cdot 35 \cdot 3600$, визначимо площу перерізу:

$$F = \frac{1000}{35 \cdot 3600} = 0,079 \text{ м}^2.$$

Приймаємо діаметр відсмоктуючого повітропроводу $d = 100$ мм.

Вибираємо вентилятор ЦП-7-40 №5 з параметрами:

- потужність електродвигуна $N = 3$ кВт;
- число обертів $n = 1960$ об/хв;
- опір мережі $P = 200 \text{ кг/м}^2 = 20 \text{ МПа}$.

Приймаємо переріз повітропроводу до циклона: $D = 525$ мм при $P = 14,5 \text{ МПа}$.

Вибираємо циклон із зворотнім конусом при: $V = 16$ м/с і продуктивністю $L = 300 \text{ м}^3/\text{год}$ №8 при $P = 14,5 \text{ МПа}$.

4.3 Моніторинг і прогнозування надзвичайних ситуацій

З метою забезпечення здійснення заходів із запобігання виникненню надзвичайних ситуацій в Україні проводяться постійний моніторинг і прогнозування НС.

Моніторинг НС – це система безперервних спостережень, лабораторного та іншого контролю для оцінки стану захисту населення і територій від небезпечних процесів, які можуть призвести до загрози або виникнення надзвичайних ситуацій, а також своєчасного виявлення тенденцій до їх зміни [18].

Спостереження, лабораторний та інший контроль включають збирання, опрацювання і передавання інформації про стан навколишнього природного середовища, забруднення продуктів харчування, продовольчої сировини, води радіоактивними та хімічними речовинами, зараження збудниками інфекційних хвороб та іншими небезпечними біологічними реагентами.

Для проведення моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій в Україні створюється та функціонує система моніторингу і прогнозування НС. Порядок функціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій, їх проведення, перелік установ та організацій, які належать до суб'єктів

моніторингу, спостереження, лабораторного контролю і прогнозування надзвичайних ситуацій, визначаються Кабінетом Міністрів України.

Суб'єкти моніторингу, спостереження, лабораторного контролю та прогнозування надзвичайних ситуацій на регіональному, місцевому та об'єктовому рівнях визначаються відповідними місцевими державними адміністраціями, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання.

Створення і функціонування системи моніторингу ґрунтується на таких принципах:

- узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових;
- систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього;
- своєчасності отримання, комплексності опрацювання та використання інформації, що надходить і зберігається в системі моніторингу;
- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозованої інформації, оперативності її доведення до органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, зацікавлених міжнародних установ та світового співтовариства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Конструкція вдосконаленої торцевої фрези дозволяє реалізувати технологічний процес оброблення плоскої поверхні, який включає попереднє пластичне деформування в напрямку подачі з витягуванням кристалів металу.

2. Проведені розрахунки підтвердили можливість підвищення точності оброблення плоских поверхонь обробленої комбінованою торцевою фрезою з попереднім пластичним деформуванням, оскільки складові сил різання зменшуються до 60 %.

3. Перевірка шорсткості обробленої поверхні з відповідною статистичною обробкою результатів вимірювань підтвердили високу стабільність отримання низької шорсткості ($Ra = 1,1$ мкм) плоских поверхонь деталей, оброблених комбінованою торцевою фрезою з попереднім пластичним деформуванням в порівнянні з традиційним шліфуванням.

4. Розроблено маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення та спеціальне технологічне оснащення, для виготовлення корпусу Т 001.709.

5. Прийняті в роботі інженерні рішення щодо оптимізації верстатного парку забезпечили концентрацію операцій, мобільність виробництва а також скорочення затрат на оснащення виробничого процесу.

6. Для забезпечення безпечних умов роботи персоналу розроблено ряд питань охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
2. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
3. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин : навч. посіб. / А.Г. Фесенко та [ін.]. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2015. 104 с..
4. Мороз Д. М. Ткаченко І. Г. Спеціальна торцева фреза // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 6-7 грудня 2023 року. Тернопіль : ТНТУ, 2023. С. 33.
5. Виговський Г. М. Підвищення працездатності торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь : автореф. дис. ... канд. техн наук : Київ : НТУУ КПІ, 2000. 16 с.
6. Мельничук П. П. Наукові основи чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь : дис. ... докт. техн. наук : 05.03.01. Київ : НТУУ КПІ, 2002. 456 с.
7. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування»(8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.090260) усіх форм навчання / уклад. В. К. Яценко, В. І. Ципак, Є. Я. Кореневський та ін. Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. 245 с.
8. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ : НМК ВО, 1990. 264 с.
9. Вартість виливків зі сталі : веб сайт. URL: <https://flagma.ua/uk/virobnictvo-chavunnogo-ta-stalevogo-litty-a-o14147809.html> (дата звернення: 08.12.2023).
10. Вартість металобрухту : веб сайт. URL: <https://metal-lom.com/ua/tsina-metalobruhtu/> (дата звернення: 08.12.2023).

11. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
12. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
13. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
14. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
15. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: Навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
16. Гасило Ю. А., Крюковська О. А., Левчук К. О., Романюк Р. Я. Охорона праці в галузі та цивільний захист : навч. посіб. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 369 с.
17. Ткаченко І. Г., Левенець В. Б. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Охорона праці в машинобудуванні». Тернопіль : ТДТУ, 2002. 31 с.
18. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.
19. Васильків В. В., Радик Д. Л. Експериментальні дослідження в технології машинобудування. Навч. посіб. з дисципліни "Наукові дослідження і теорія експерименту". Тернопіль : ТНТУ, 2012. 386 с.

ДОДАТОК А

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес механічної обробки корпусу Т 001.709

.

[illegible]

[illegible]

ДОДАТОК Б
СПЕЦИФІКАЦІЇ

Б.1 Пристрій для токарної обробки КРМ 22-731.03.00.

Б.2 Пристрій токарний КРМ 22-731.05.00.

Б.3 Пристрій установочний КРМ 22-731.06.00.

Б.4 Пристрій контрольний КРМ 22-731.07.00.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
		18		Гайка М14-6Н.04.019		
				ГОСТ 5915-70	2	
		20		Гвинт В.М8-6g×55.88		
				ГОСТ 1491-80	3	
				Гвинти ГОСТ 11738-84		
		21		М8-6g×35.88		
		22		М10-6g×25.88	3	
		23		М10-6g×30.88	6	
		24		М10-6g×35.88	3	
		26		Опора 7034-0327		
				ГОСТ13441-68	2	
				Штифт ГОСТ3128-70		
		28		10h6×40	2	
		29		12h8×20	1	
		31		Шайба 14.01.05		
				ГОСТ113781-78	2	
						Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ 22-731.03.00	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
		15		Гвинт А1М5-6g×10.58.05		
				ГОСТ17475-80	6	
		16		Гвинт М6-6g×20.58.05		
				ГОСТ11738-84	3	
		17		Гвинт М12-6g×25.58.05		
				ГОСТ11738-84	8	
		18		Гвинт М12-6g×35.58.05		
				ГОСТ11738-84	6	
		19		Гвинт 7003-0304		
				ГОСТ8918-69	4	
		20		Гайка 7003-0304		
				ГОСТ8918-69	4	
		21		Пружина 7039-2018		
				ГОСТ13165-67	1	
		22		Штифт 4т6×22		
				ГОСТ3128-70	2	
		23		Штифт 6т6м50		
				ГОСТ3128-70	1	
		24		Штифт 8т6×55		
				ГОСТ3128-70	2	
		25		Штифт 8т6×40		
				ГОСТ3128-70	2	
		26		Штифт 10т6×30		
				ГОСТ3128-70	4	
		27		Штифт 10т6×50		
				ГОСТ3128-70	2	
		</				

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
		15		Гвинт 7006-1019		
				ГОСТ 13435-68	1	
		16		Гвинт М8×20.58.05		
				ГОСТ 1478-75	1	
		17		Гайка М8.5×0,5		
				ГОСТ 5916-70	1	
		18		Гайка М12×1,25.05		
				ГОСТ 5916-70	1	
		19		Гайка 7003-0304		
				ГОСТ 8918-69	2	
		20		Пружина 7039-2019		
				ГОСТ 13165-67	1	
		21		Пружина 7039-2022		
				ГОСТ 13165-67	3	
		22		Шайба 7019-0414		
				ГОСТ 13439-68	1	
		23		Шайба 6.01.05		
				ГОСТ 11371-78	1	
		24		Шайба 12.01.05		
				ГОСТ 11371-78	1	
		25		Шпилька М12×100.58.05		
				ГОСТ 22036-76	1	
		26		Штифт 4п6×20		
				ГОСТ 3128-70	1	
		27		Штифт 4п6×36		
				ГОСТ 3128-70	1	
		28		Штифт 8п6×40		
				ГОСТ 3128-70	1	
				КРМ 22-731.06.00		
				Арк.		
				2		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 22-731.07.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	KPM 22-731.07.01	Корпус	1	
		2	KPM 22-731.07.02	Оправка	1	
		3	KPM 22-731.07.03	Хомут	1	
		4	KPM 22-731.07.04	Планка	1	
		5	KPM 22-731.07.05	Прижим	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болти відкидні		
				ГОСТ 3033-79		
		6		M10×50.66.05	1	
		7		M10×70.66.05	1	
		8		Гвинт 7002-2882		
				ГОСТ12458-67	1	
		9		Гвинт 7005-0004		
				ГОСТ14731-69	1	
				Гайки ГОСТ5916-70		
		10		M10.66.05	1	
		11		M24.66.05	1	
		12		Гайка 7003-0257		
				ГОСТ14726-69	1	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ 22-731.07.00 Пристрій контрольний	
Розроб.	Мороз					
Перев.	Ткаченко					
Н. контр.	Дячун					
Затв.	Окіпний					
					Літ.	Аркуш
					1	2
					ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП _м -61	

[illegible]

ДОДАТОК В

Мороз Д. М. Ткаченко І. Г. Спеціальна торцева фреза // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 6-7 грудня 2023 року. Тернопіль : ТНТУ, 2023. С. 33.

СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 621.914

Д. М. Мороз, І. Г. Ткаченко, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СПЕЦІАЛЬНА ТОРЦЕВА ФРЕЗА

D. M. Moroz, I. G. Tkachenko, Ph.D

SPECIAL END MILL

Фрезерування широко застосовується в сучасному машинобудуванні для механічного оброблення плоских поверхонь деталей. Необхідна якість механічного оброблення поверхонь деталей досягається в результаті розроблення нових та удосконалення існуючих технологічних процесів, а також застосування прогресивного різального інструменту.

Застосування інструментів із твердих сплавів та надтвердих матеріалів є одним з можливих напрямків підвищення продуктивності оброблення та визначає економічну ефективність технологічних процесів [1]. Торцеве фрезерування широко застосовується при обробленні плоских поверхонь. Це обумовлено високою продуктивністю процесу, в тому числі, при обробленні матеріалів, що володіють високою механічною міцністю [2].

Стандартні торцеві фрези, які в даний час широко використовуються для оброблення плоских поверхонь мають певні недоліки, усунути які можна шляхом проєктування конструкцій, що мають комбіновані схеми різання за рахунок поєднання методів різання і поверхневого пластичного деформування [3].

Комбіновані способи оброблення різанням бувають двох основних видів, що відрізняються послідовністю операцій. Перший – попереднє чистове оброблення різанням і фінішне оброблення поверхневим пластичним деформуванням, другий – попереднє пластичне деформування поверхневого шару з подальшим його частковим видаленням різальними елементами. Для реалізації другого способу пропонується конструкція спеціальної торцевої фрези конструкція якої зображена на рис. 1.

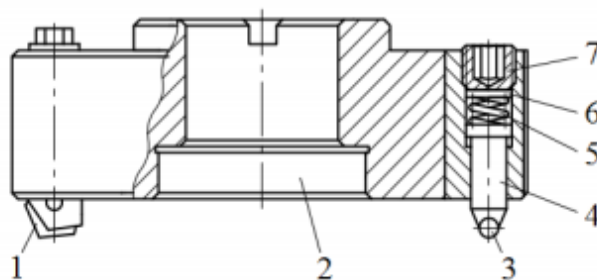


Рисунок 1. Конструкція спеціальної торцевої фрези

Основою для її створення є фреза торцева кінцева з механічним кріпленням п'ятигранних пластин ДСТУ ГОСТ 22087:2008. В корпусі 2 якої по чергово розміщені різці 1 та деформуючі елементи, кожен з яких складається з кульки 3, штока 4, пружини 5, шайби 6 і регулювального гвинта 7. При цьому, деформуючі елементи розташовані на більшій відстані від осі обертання фрези ніж різці.

Література

1. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
2. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
3. Громовий О.А. Виговський Г.М., Балицька Н.О. Шляхи удосконалення процесу обробки плоских поверхонь деталей фрезеруванням. // Технічна інженерія. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. № 2 (86). С. 48–53