

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
Окіпний І. Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 16 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 131 прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)
студенту Крушельницькому Володимирі Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення корпусу КС6В-54.101 з дослідженням сил різання при фрезеруванні

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 КС6В-54.101, річна програма випуску 5000 шт., наукова література, присвячена дослідженням сил різання при фрезеруванні.

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.
Пристрій для фрезерування площини – А1. Пристрій для комплексної обробки – А1.
Пристрій для свердління 2-х отворів Ø17 – А1.
Технологічні налагодження на операції технологічного процесу – 2А1.

РЕФЕРАТ

Крушельницький Володимир Олегович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр на тему: «Розроблення технології виготовлення корпусу КС6В-54.101 з дослідженням сил різання при фрезеруванні». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МПм-61. Керівник – канд. техн. наук, доцент Ткаченко Ігор Григорович.

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

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

Режими різання залежать від ряду показників, одними із основних є сили різання, які сягають досить великих значень, тому, при експлуатації фрезерних, особливо багатопшпіндельних верстатів необхідні значні потужності.

Отже, розроблення методики для визначення сил різання при торцевому фрезеруванні є актуальним завданням.

Мета роботи – розроблення технології виготовлення корпусу КС6В-54.101, а також методики визначення сил різання при торцевому фрезеруванні.

Завдання досліджень: розробити програму і методику експериментальних досліджень з визначення силових параметрів при торцевому фрезеруванні; підібрати і, при необхідності, вдосконалити лабораторне обладнання; провести експериментальні дослідження щодо визначення силових параметрів при торцевому фрезеруванні; розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення корпусу КС6В-54.101; спроектувати спеціальне технологічне оснащення; розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення корпусу КС6В-54.101, а також сили різання при торцевому фрезеруванні.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні методики, та отриманні результатів експериментальних досліджень щодо визначення сил різання при торцевому фрезеруванні.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено раціональний технологічний процес виготовлення корпусу КС6В-54.101, 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 18 найменувань та додатків. Обсяг основної частини становить 69 сторінок, 14 рисунків, 10 таблиць, додатків – 34 сторінки. 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	10
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	12
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	13
2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження	13
2.2 Програма і методика теоретичних та експериментальних досліджень	15
2.3 Аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень	20
2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень	22
3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	23
3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва. Аналіз технологічності виробу	23
3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу	29
3.3 Визначення кількості обладнання	49
3.4 Конструювання спеціального оснащення	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
4.1 Основні завдання та функції системи управління охороною праці на машинобудівних підприємствах	62
4.2 Заходи пожежної безпеки на дільниці машинобудівного цеху	63
4.3 Надзвичайні ситуації та причини їх виникнення	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
ДОДАТКИ	70

ВСТУП

Розвиток машинобудування – це одна з головних умов, що забезпечують технологічний процес і підвищення економічної ефективності виробництва в масштабах країни. Машинобудівні підприємства виробляють знаряддя праці для інших галузей, а також техніку для оборонного та невиробничого призначення.

Розробку технологічного процесу виготовлення будь-якої деталі слід починати з глибокого вивчення її службового призначення і критичного аналізу конструктивних і технічних вимог.

Важливою задачею при проектуванні технологічного процесу є вибір раціонального варіанту виготовлення виробу і встановлення необхідної точності на кожному етапі з урахуванням можливостей виробництва. Це потребує творчого підходу для забезпечення узгодженості всіх етапів виготовлення і досягнення необхідної якості з найменшими затратами ресурсів і праці.

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

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

Актуальність теми роботи

В наш час торцеве фрезерування широко розповсюджене в сфері обробки металів різанням. Торцеві фрези використовуються для оброблення плоских поверхонь на вертикально- і горизонтально-фрезерних верстатах. Ріжучі елементи на торцевих фрезах розташовані на їх циліндричній і торцевій поверхні [1].

У порівнянні з циліндричними, торцеві фрези мають ряд переваг, головними з яких є жорсткіше кріплення на оправці або шпинделі та більш плавна робота завдяки тому, що в роботі одночасно задіяна більша кількість зубів. Тому обробку плоских поверхонь у більшості випадків виконують торцевими фрезами.

За напрямком обертання під час виконання технологічного процесу торцеві фрези поділяються на праві та ліві. Правими називають такі фрези, які під час роботи повинні обертатися за годинниковою стрілкою, а лівими – проти годинникової стрілки, якщо погляд спрямований зверху.

Широкого поширення набули торцеві фрези, різці яких оснащені пластинками з твердих сплавів, які не потребують заточування [1]. Фрезерування плоских поверхонь такими фрезами вважається більш продуктивним, ніж фрезерування циліндричними фрезами.

Сили різання при фрезеруванні сягають досить великих значень, тому, при експлуатації фрезерних, особливо багатошпиндельних верстатів необхідні значні потужності.

При роботі торцевої фрези колова сила F_z спільно з радіальною силою F_y і осьовою силою F_x утворюють рівнодіючу силу R , яку, у свою чергу, можна розкласти на складові: горизонтальну силу F_h , вертикальну силу F_v і бокову силу F_r (рис. 1.1).

Сумарна сила, що діє на фрезу, складається з сил, що діють на зуби фрези, які одночасно беруть участь у різанні металу.

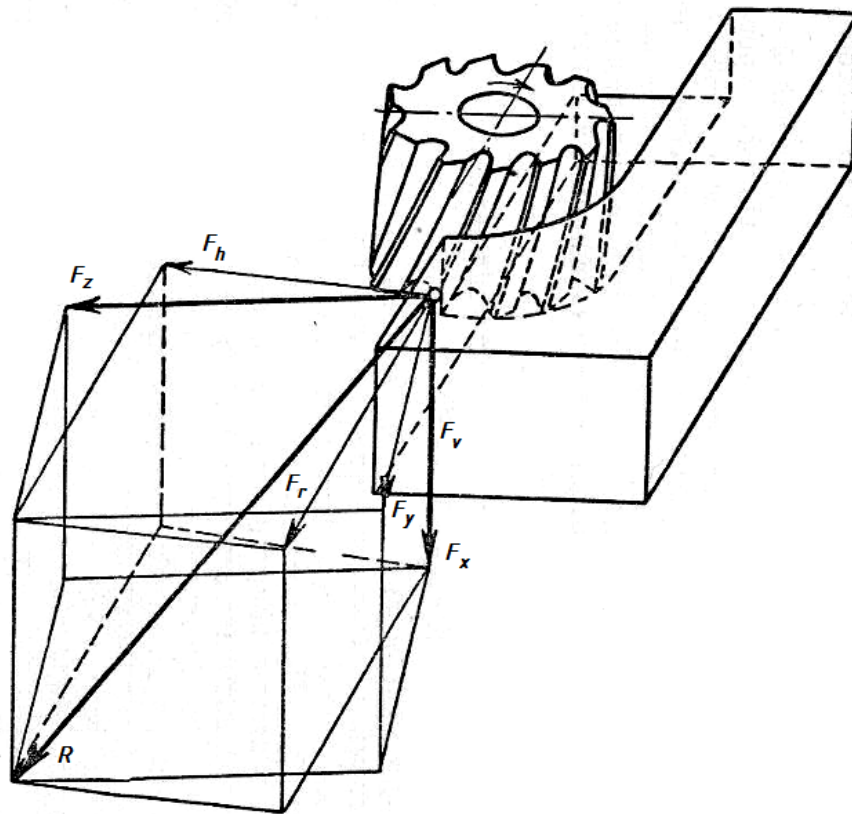


Рисунок 1.1 – Схема сил різання при торцевому фрезеруванні

Найважливішою із сил різання при торцевому фрезеруванні є колова сила F_z , що виконує основну роботу щодо зрізання стружки. За нею підраховується ефективна потужність N_e і проводиться розрахунок ланок механізму головного руху верстата. Осьова сила F_x чинить тиск на упорні підшипники шпинделя фрезерного верстата, діє на кріпильні елементи пристосування, у якому розміщується заготовка, навантажує гвинт поперечної подачі і напрямні верстата, що повинно бути враховано при їх конструюванні і розрахунку.

Радіальна сила F_y чинить тиск на опори шпинделя фрезерного верстата, створюючи додатковий момент, що також повинно бути враховано при розрахунку цих опор. Крім того, радіальна сила згинає оправку фрези і є важливим чинником при розрахунку оправок на складне напруження (згин від радіальної сили і кручення від колової сили).

Горизонтальна складова F_h сили різання навантажує механізм подачі фрезерного верстата. За нею розраховуються ланки механізму подачі й елементи кріплення заготовки в пристосуванні.

Вертикальна складова сили різання F_v створює напруження згину в консольному столі фрезерного верстата. При фрезеруванні «проти подачі» вона прагне підняти стіл фрезерного верстата над його напрямними. Бічна сила F_r при роботі торцевої фрези створює додаткове тертя в поздовжніх направляючих столу фрезерного верстата.

1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

Для визначення сил різання при торцевому фрезеруванні існує два методи: аналітичний і експериментальний.

При розрахунку сил різання аналітичним методом в якості вихідних даних використовують: вид оброблюваної поверхні, її розміри, припуск на обробку, характеристики оброблюваного матеріалу, вид заготовки, характер обробки, вимоги до точності розміру і якості оброблюваної поверхні, тип обладнання, на якому здійснюється фрезерна операція, його паспортні дані.

Колову силу різання визначають за формулою [2]

$$F_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}, \quad (1.1)$$

де C_p – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки, виду та матеріалу ріжучого інструменту;

t – глибина різання, мм;

s – подача, мм/об;

B – ширина фрезерування, мм;

z – кількість зубів фрези;

K_{Mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу;

D – діаметр фрези, мм;

n – частота обертання фрези, об/хв;

x, y, u, q, w – показники степенів, які залежать від матеріалу заготовки, виду та матеріалу ріжучого інструменту.

При експериментальному методі визначення сил різання під час фрезерування використовують динамометри.

На рис. 2.1. зображені елементи і сили різання при торцевому фрезеруванні.

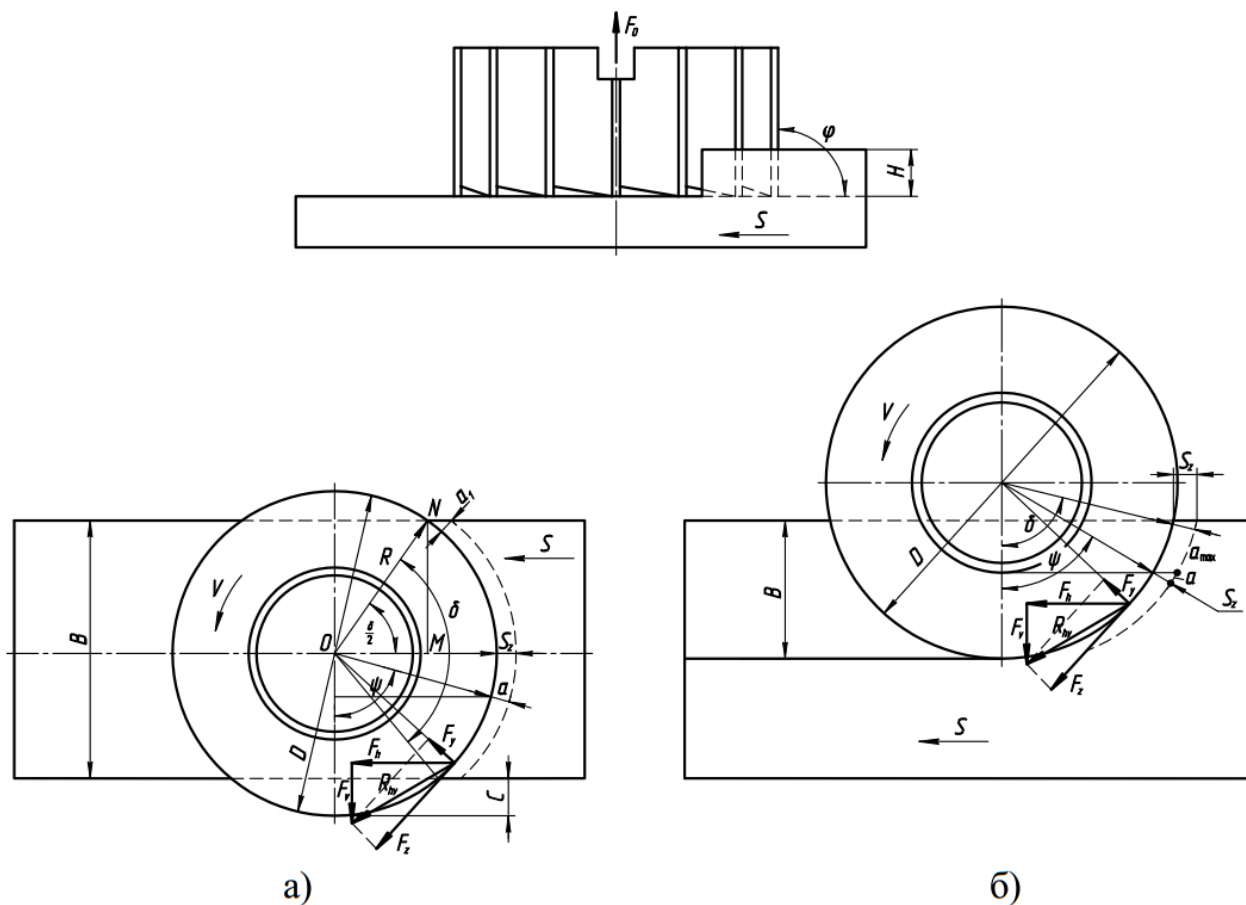


Рисунок 2.1. – Елементи і сили різання при торцевому фрезеруванні:

а – симетричне; б – несиметричне;

D – діаметр фрези; R – радіус фрези; B – ширина оброблюваної поверхні;

a – товщина зрізу; H – припуск на обробку; S – подача; S_z – подача на зуб;

v – напрямок обертання фрези; δ – повний кут контакту; φ – головний кут в плані;

F_z – колова сила; F_y – радіальна сила; F_x – осьова сила; F_h – горизонтальна сила;

F_v – вертикальна сила

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

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.

Режими різання залежать від ряду показників, одними із основних є сили різання, які сягають досить великих значень, тому, при експлуатації фрезерних, особливо багатопшпindelних верстатів необхідні значні потужності.

В результаті проведеного літературного пошуку сформульовані такі задачі на кваліфікаційну роботу:

- розробити програму і методику експериментальних досліджень визначення силових параметрів при торцевому фрезеруванні;
- підібрати і, при необхідності, вдосконалити лабораторне обладнання;
- провести експериментальні дослідження щодо визначення силових параметрів при торцевому фрезеруванні;
- розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення корпусу КС6В-54.101;
- спроектувати спеціальне технологічне оснащення;
- розробити питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

При експериментальному методі визначення сил різання під час фрезерування використовують динамометри. За конструкцією динамометри поділяються на механічні, гідравлічні і електричні. Механічні динамометри [3] відрізняються відносною простотою конструкції, але не забезпечують високої точності вимірів. Гідравлічні динамометри є простими за конструкцією, але вони чутливі до високих температур. Тому, в лабораторних дослідженнях використовуються обмежено. Електричні динамометри володіють хорошою чутливістю, вони малоінерційні і дозволяють за допомогою приладу реєстрації проводити запис швидкоплинних процесів [4]. У даній роботі використовується електричний універсальний динамометр УДМ 600 [5].

На рис.2.1 показана схема універсального динамометра УДМ600, призначеного для вимірювання складових сил різання фрезеруванні. Державка встановлена в корпусі на 16 пружних опорах, кожна з яких складається з тонкостінної втулки 9 і двох ніжок 7 і 8. Ніжки утворюють два пружних шарніри. Така конструкція опори дозволяє забезпечити більшу жорсткість у напрямку її осі і меншу жорсткість у напрямку, перпендикулярному осі (відношення жорсткості у вказаних напрямках приблизно 100:1). Завдяки цьому опори в динамометрі сприймають навантаження лише в одному напрямку – вздовж осі опори. Площі перерізів втулки і ніжок опори рівновеликі і вибрані такими, щоб матеріал опори працював в області пружних деформацій. Опори виготовляють зі сталі 60С2А. Вертикальні і горизонтальні опори відрізняються одна від іншої величиною навантаження, на яку вони розраховані. Опори встановлені в направляючих втулках 6. Кожна з опор динамометра має попередній натяг, який приблизно на 10% перевищує половину навантаження, максимально допустимого для опори. Завдяки натягу опор усуваються всі зазори і контактні деформації в стиках деталей динамометра. Величину натягу опор регулюють поворотом гайок 4.

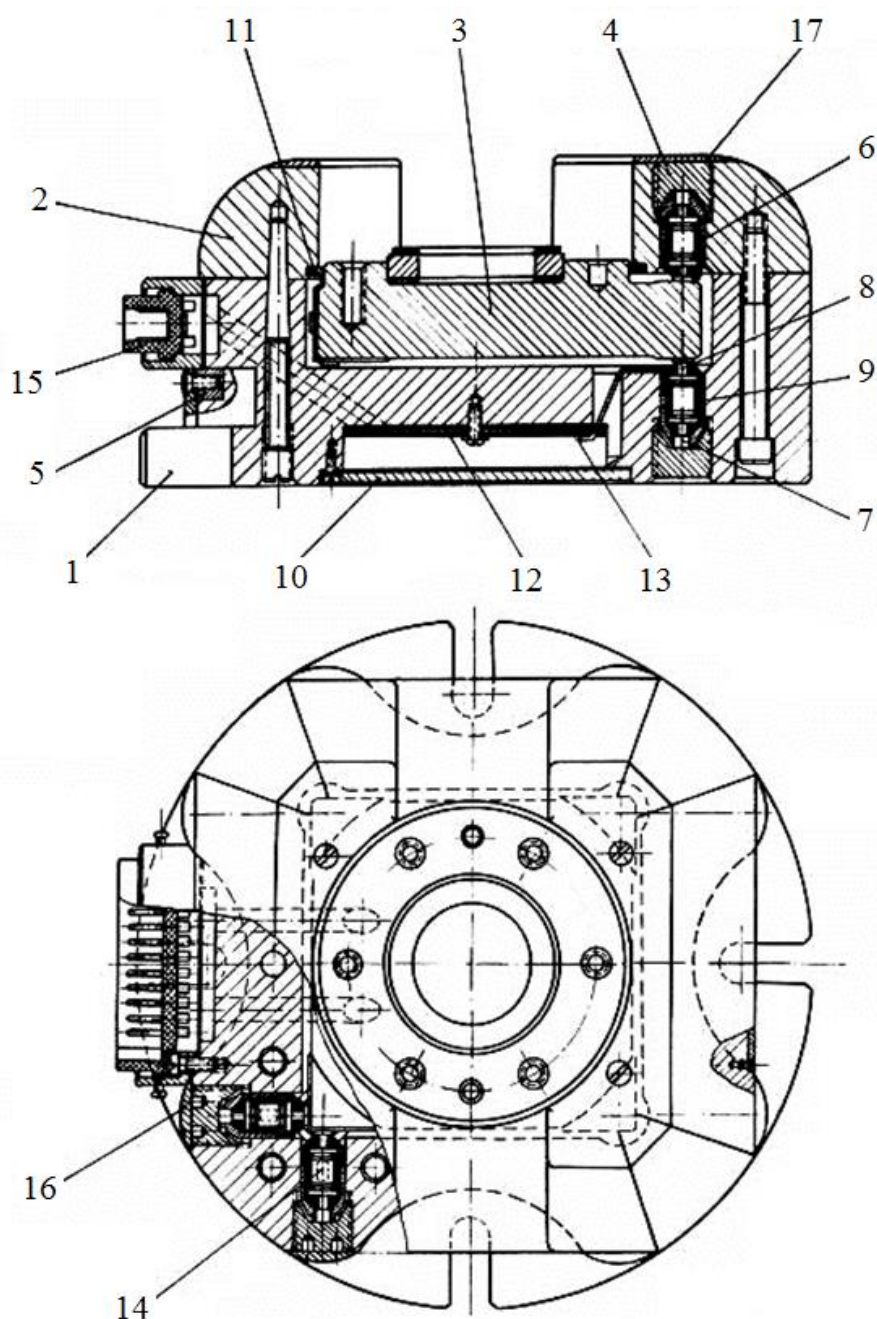


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема електричного універсального динамометра
УДМ600

Після регулювання величини натягу гайки 4 фіксують за допомогою сухарів 5 і закривають кришками: верхні гайки – кришками 17, бічні гайки – кришками 16.

На втулки опор уздовж твірної лінії поверхні втулки наклеєні тензодатчики 14, які мають номінальний опір 100 Ом. На вертикальних опорах, наклеєно по одному датчику, вони з'єднані в схему вимірювання сили F_v . На горизонтальних

опорах – наклеєно по два датчики: перші датчики з'єднані в схеми вимірювання сил F_h і F_r , другі датчики – в схему вимірювання крутного моменту $M_{кр}$.

Провідники від датчиків виведені через отвори в корпусі динамометра на панель 12, де через клеми 13 з'єднані у вимірювальні схеми. Порожнина корпусу динамометра, де розміщена панель 12, закрита кришкою 10. Для підсилення сигналу використовується підсилювач ГА-5.

Під час проведення досліду, внаслідок дії сил різання, більше деформуються найменш жорсткі деталі динамометра, наприклад, вертикальні опори, коли навантаження вертикальне (від дії сили F_y).

2.2 Програма і методика теоретичних та експериментальних досліджень

Суть методики визначення силових параметрів при торцевому фрезеруванні полягає у наступному. За допомогою динамометра вимірюють силові параметри F_v і F_h (рис. 2.2). Миттєві значення F_z та F_y , розраховують за знайденими після вимірів у відповідний момент різання силами F_v та F_h , як показано на рисунку 2.2 [6].

Зі схем складових сили різання, що діють на зуб фрези, випливає, що для всіх часткових випадків положення зуба фрези при максимально можливому його повороті, коли ширина фрезерування B дорівнює діаметру фрези $D_{фр}$ сили F_z та F_y можна знайти за формулами

$$F_z = R_{hv} \cdot \cos\mu ; \quad (2.1)$$

$$F_y = R_{hv} \cdot \sin\mu . \quad (2.2)$$

Кут μ визначається між результуючої силою $R_{hv} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$ та коловою силою F_z і дорівнює $\mu = \xi \pm \eta$, де ξ – кут повороту точки прикладання результуючої сили R_{hv} .

нахилу ω гвинтової канавки осьових фрез, тоді кут ψ_t можна розрахувати за формулою

$$\psi_t = \frac{t \cdot \operatorname{tg} \omega \cdot 180^\circ}{\pi \cdot R_{\phi p}}. \quad (2.4)$$

Розрахунки свідчать, що при діаметрі торцевої фрези $D_{\phi p} = 120$ мм, кут ψ_t не перевищує $0,9^\circ$ а зі збільшенням діаметру фрези – зменшується. При цьому кут ψ_B може складати 180° .

З рисунка 2.2 випливає, що у чверті I при $0^\circ \leq \psi \leq 90^\circ$: $\eta = \pm \operatorname{arctg} \frac{F_v}{F_h}$. Знак при $\operatorname{arctg} \frac{F_v}{F_h}$ визначається напрямком сили F_v . У чверті II при $90^\circ \leq \psi \leq 180^\circ$: $\eta = \pm \operatorname{arctg} \frac{F_h}{F_v}$. Знак при $\operatorname{arctg} \frac{F_h}{F_v}$ визначається напрямком сили F_h .

Підставивши значення R_{hv} ту кута μ у формули (2.1) і (2.2) отримаємо при $0^\circ \leq \psi \leq 90^\circ$

$$F_z = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \cos \left(\psi \pm \operatorname{arctg} \frac{F_h}{F_v} \right); \quad (2.5)$$

$$F_y = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \sin \left(\psi \pm \operatorname{arctg} \frac{F_h}{F_v} \right). \quad (2.6)$$

При $90^\circ \leq \psi \leq 180^\circ$

$$F_z = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \cos \left((\psi - 90^\circ) \pm \operatorname{arctg} \frac{F_h}{F_v} \right); \quad (2.7)$$

$$F_y = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \sin \left((\psi - 90^\circ) \pm \operatorname{arctg} \frac{F_h}{F_v} \right). \quad (2.8)$$

На рисунку 2.3 показана схема з'єднання дослідницької апаратури в процесі дослідження сил при торцевому фрезеруванні.

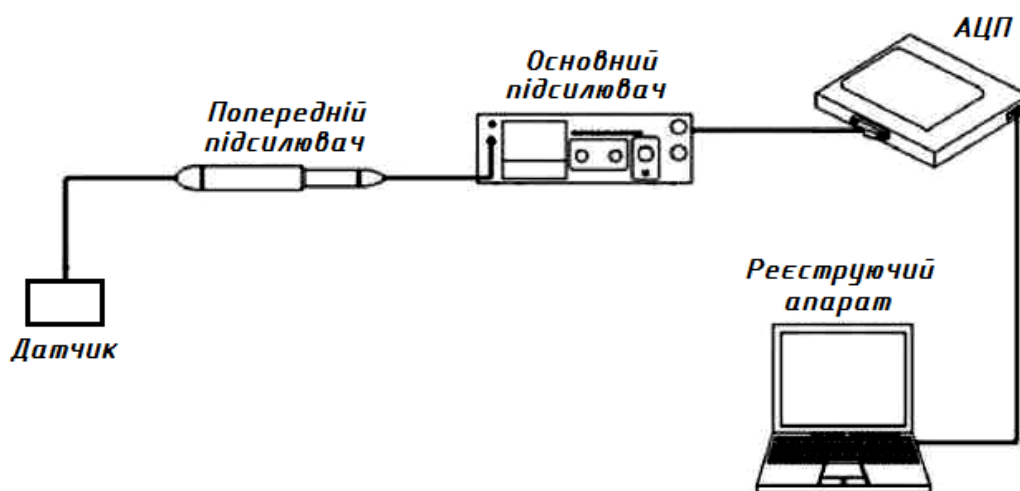


Рисунок 2.3 – Схема з'єднання дослідницької апаратури в процесі дослідження сили різання при торцевому фрезеруванні

Тензодатчики що, наклеєні на вертикальних опорах, з'єднані у схемі так, що дозволяє формувати сигнал, пропорційний алгебраїчній сумі деформацій усіх (як верхніх, так і нижніх) вертикальних опор. Таке з'єднання тензодатчиків дозволяє отримати покази динамометра, що не будуть залежати від точки прикладання сили різання (рис. 2.4).

Робота динамометра при вимірюванні F_h і F_r аналогічна його роботі при вимірюванні F_v . При дії крутного моменту деформуються всі горизонтальні опори. Другі тензодатчики, наклеєні на ці опори, з'єднані у схемі так, що сигнал від них пропорційний крутному моменту $M_{кр}$.

У такому, стандартному, виконанні динамометра є кілька суттєвих недоліків: через застосування електровакуумних ламп підсилювач має великі розміри, вагу, велику споживану потужність; за великого температурного дрейфу тензопідсилювач потребує тривалого прогріву (30 хв), під час роботи вимагає ручного коректування зміщення; результати експерименту можливо реєструвати візуально лише на стрілкових приладах, а записувати за допомогою самописця.

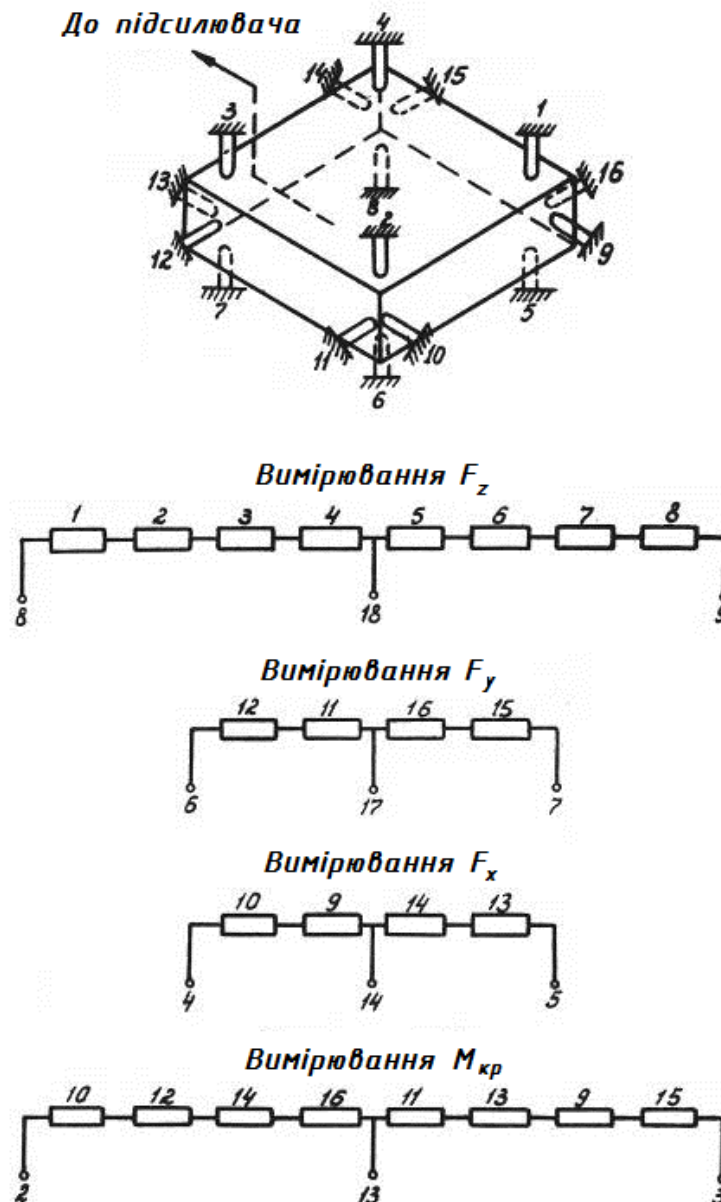


Рисунок 2.4 – Схеми з'єднання тензодатчиків у динамометрі

З метою усунення перерахованих вище недоліків була проведена модернізація динамометра, а саме:

- ламповий підсилювач був замінений на інтегральний;
- був використаний мікроконтролер для аналого-цифрового перетворення сигналів і передачі даних на комп'ютер у реальному часі;
- на комп'ютері було організовано зберігання та обробка результатів експерименту.

У ході роботи результати експерименту передаються на комп'ютер і відображаються, у вигляді графіків і таблиць, що містять в собі чисельні значення сил, виміряні з заданим інтервалом часу. Вимірювання проводяться з точністю до шостого знаку після коми. Отримані дані за проміжок часу обробляються і усереднюються.

В результаті проведеної роботи можна експериментально визначити горизонтальну F_h , вертикальну F_v і бокову F_r складові сили різання при торцевому фрезеруванні, а також визначити співвідношення між силою різання F_z і складовими F_h , F_v і F_r .

2.3 Аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень

Результати вимірювання сил F_v і F_h та розрахунку сил F_z і F_y при фрезеруванні торцевими твердосплавними фрезами конструкційної вуглецевої сталі 45 в умовах симетричного торцевого фрезерування, яке характеризується наявністю зустрічної ($\psi \leq 90^\circ$) і попутної ($\psi > 90^\circ$) схем різання за оберт ріжучої частини фрези представлені на рисунку 2.5.

Експерименти проводилися з використанням торцевої фрези діаметром $D_{fp} = 120$ мм, оснащеної одним блоком з чотиригранною твердосплавною пластиною з T15K6 зі зносостійким покриттям TiN. $B_{fp} = 120$ мм, $S_{min} = 25$ мм/хв, $t = 2$ мм, $n = 200$ хв⁻¹. Геометрія пластини, закріпленої в корпусі фрези: $\alpha = 6^\circ$; $\varphi = 75^\circ$; $\lambda = 8^\circ$; $\gamma = 10^\circ$, $r = 0,5$ мм.

З рисунка 8 видно, що на відміну від фрезерування швидкорізальним інструментом спостерігається значне зростання від зносу не тільки сили F_y , але і сили F_z . Слід зазначити, що зі збільшенням подачі на зуб S_z сила F_y у гострого і затупленого інструменту стає більшою ніж сила F_z . Достовірність методики розрахунку сил F_y і F_z підтверджується тим, що в момент робочого ходу інструменту, коли $\psi = 90^\circ$ сила F_z і сила F_y практично дорівнюють відповідно силам F_v і F_h як у гострого інструменту, так і у затупленого, в які вони трансформуються згідно рисунку 7 при повороті пластини фрези на кут $\psi = 90^\circ$.

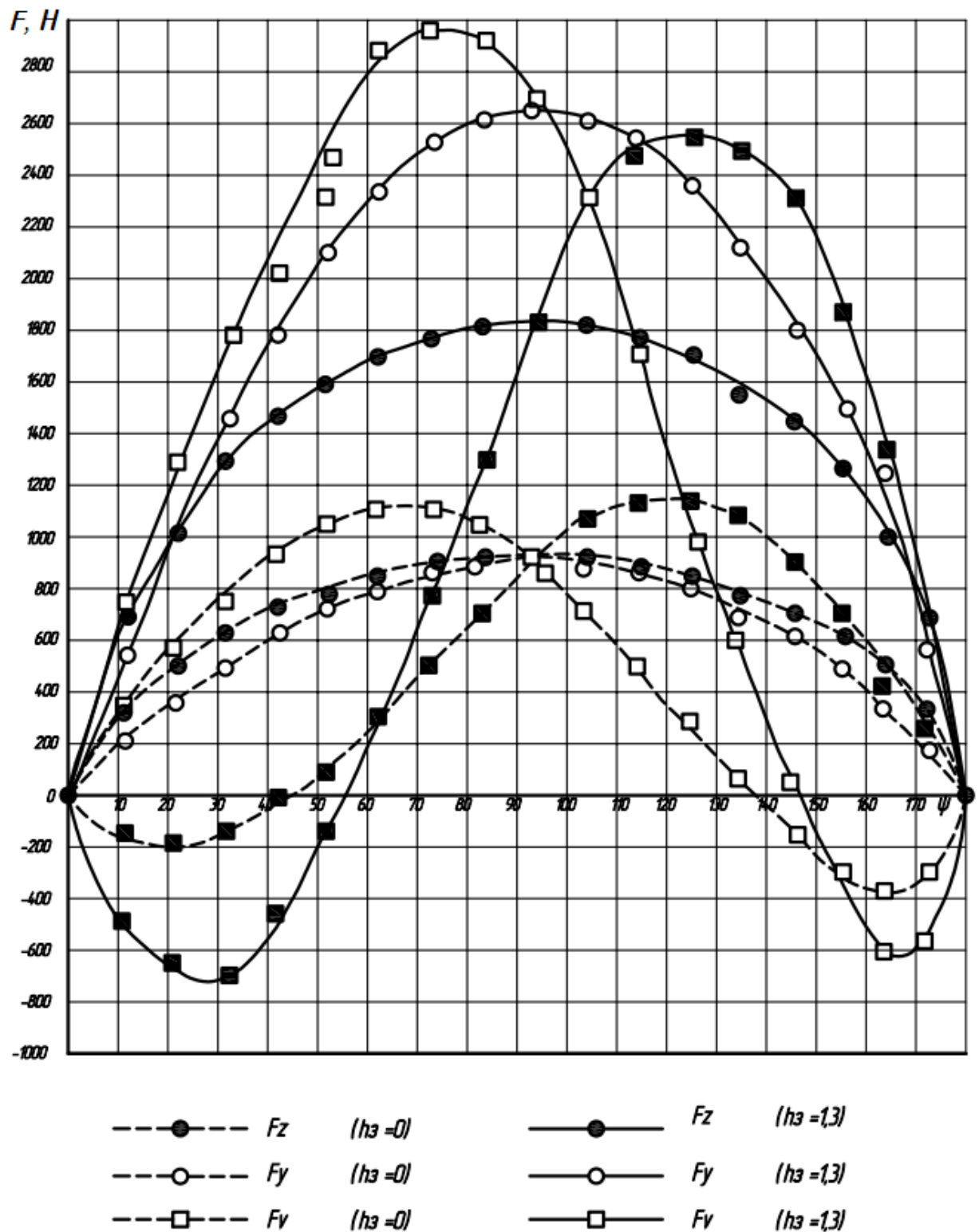


Рисунок 2.5 – Миттєві значення складових сили різання при симетричному торцевому фрезеруванні

При симетричному фрезеруванні динаміка зміни сил F_z і F_y при $\psi > 90^\circ$ є практично дзеркальним відображенням сил F_v і F_h при цьому вже сила F_h в кінці робочого ходу ріжучої пластини змінює свій знак на протилежний.

2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень

Удосконалення динамометра дозволило суттєво підвищити продуктивність процесу експериментальних досліджень та об'єктивність отриманих результатів.

Запропонована методика розрахунку силових параметрів F_z і F_y з достатньою точністю і об'єктивністю дозволяє досліджувати складові сили різання при фрезеруванні конструкційних вуглецевих сталей.

На основі експериментальних досліджень силових параметрів в широкому діапазоні режимів різання при фрезеруванні твердосплавними торцевими фрезами встановлено, що збільшення зносу інструменту призводить до монотонного зростання не лише сили F_y , але і сили F_z . При симетричному фрезеруванні динаміка зміни сил F_z і F_y при $\psi > 90^\circ$ практично дзеркально відображається графічними залежностями для сил F_v і F_h .

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

Аналіз технологічності виробу

Деталь «Корпус КС6Б-54.101» є складовою частиною приводу очисника самохідної коренезбиральної машини КС-6Б-05. Експлуатаційне призначення деталі – корпус редуктора, за допомогою якого передається крутний момент від двигуна самохідної машини до валу приводу очисника коренеплодів. Основним призначенням корпуса КС6Б-54.101 є розміщення в ньому і базування деталей приводу очисника – опор швидкохідного та тихохідного валів, на яких за допомогою шпонок та посадок натягу закріплені шестерні, що зменшують частоту обертання валу приводу очисника по відношенню до частоти обертання валу двигуна.

Корпус КС6Б-54.101 представляє собою суцільну литу деталь, яка має чотири основних отвори для розміщення підшипників кочення, на яких встановлено вали редуктора, отвори закриваються кришками, з одної сторони закритими, з другої – відкритими. З верхньої сторони на корпусі виконані проушини з отвором для кріплення тяги, з нижньої сторони корпус закінчується подошвою.

Корпус КС6Б-54.101 виготовляється методом лиття зі чавуну СЧ-20 згідно ДСТУ 8833:2019. Хімічний склад чавуну СЧ-20 представлено в таблиці 3.1, а основні механічні властивості – в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1. – Хімічний склад чавуну СЧ-20

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Група відливки
3,0-3,3	1,3-1,7	0,8-1,2	≤0,3	≤0,15	0,3	0,5	0,5	II

Таблиця 3.2 – Механічні властивості чавуну СЧ-20

σ_T , кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	δ , %	ψ , %	НВ
40	21	9/3	75	170-241

Виливки з чавуну СЧ-20 згідно ДСТУ 8833:2019 використовують для виготовлення корпусів, обойм, котків, вилок, кронштейнів та інших деталей, які працюють під дією малих та середніх статичних та динамічних навантажень. Відрізняються непоганими антифрикційними та антикорозійними властивостями, досить технологічні у виготовленні та обробці. До основних недоліків технологічних властивостей слід віднести їх високу твердість а також малу пластичність.

Виходячи з огляду конструкції корпуса (рис 3.1) видно, що основними робочими поверхнями є поверхні А, Д, Е, К і З.

Поверхня А – площа розмірами 110×210 мм виконана по 12 квалітету точності, шорсткістю Rz 40, до неї кріпиться кришка редуктора.

Поверхня Б – технологічний отвір $\varnothing 14H12$, виконаний по 12 квалітету точності, шорсткістю Rz 40, по якому базується корпус редуктора на послідуючих операціях механічної обробки.

Поверхні В і Г – бокові площини корпуса які виконані по 10 квалітету точності, шорсткістю Rz 40, до них кріпляться кришки валів редуктора, в яких розміщено ущільнення опор кочення.

Поверхні Д і Е – отвори $\varnothing 100H8$ в яких розміщено підшипники кочення тихохідного валу редуктора, виконані по 8 квалітету точності, з шорсткістю Ra 2,5.

Поверхні К і З – отвори $\varnothing 85H8$ в яких розміщено підшипники кочення швидкохідного валу редуктора, виконані по 8 квалітету точності, з шорсткістю Ra 2,5.

Поверхні Ж, Є, Л і М – фаски на внутрішніх отворах редуктора, виконані по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 25.

Поверхні О – отвори $\varnothing 8,4^{+0,30}$ для нарізання різі, в які вкручуються болти кріплення кришок підшипників редуктора, шорсткість поверхні Ra 12,5.

Поверхні П, С – фаски на внутрішніх отворах кріплення кришок редуктора, виконані по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 25.

Поверхні Н, Р – різь в отворах кріплення кришок редуктора, виконана по 7 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 12,5.

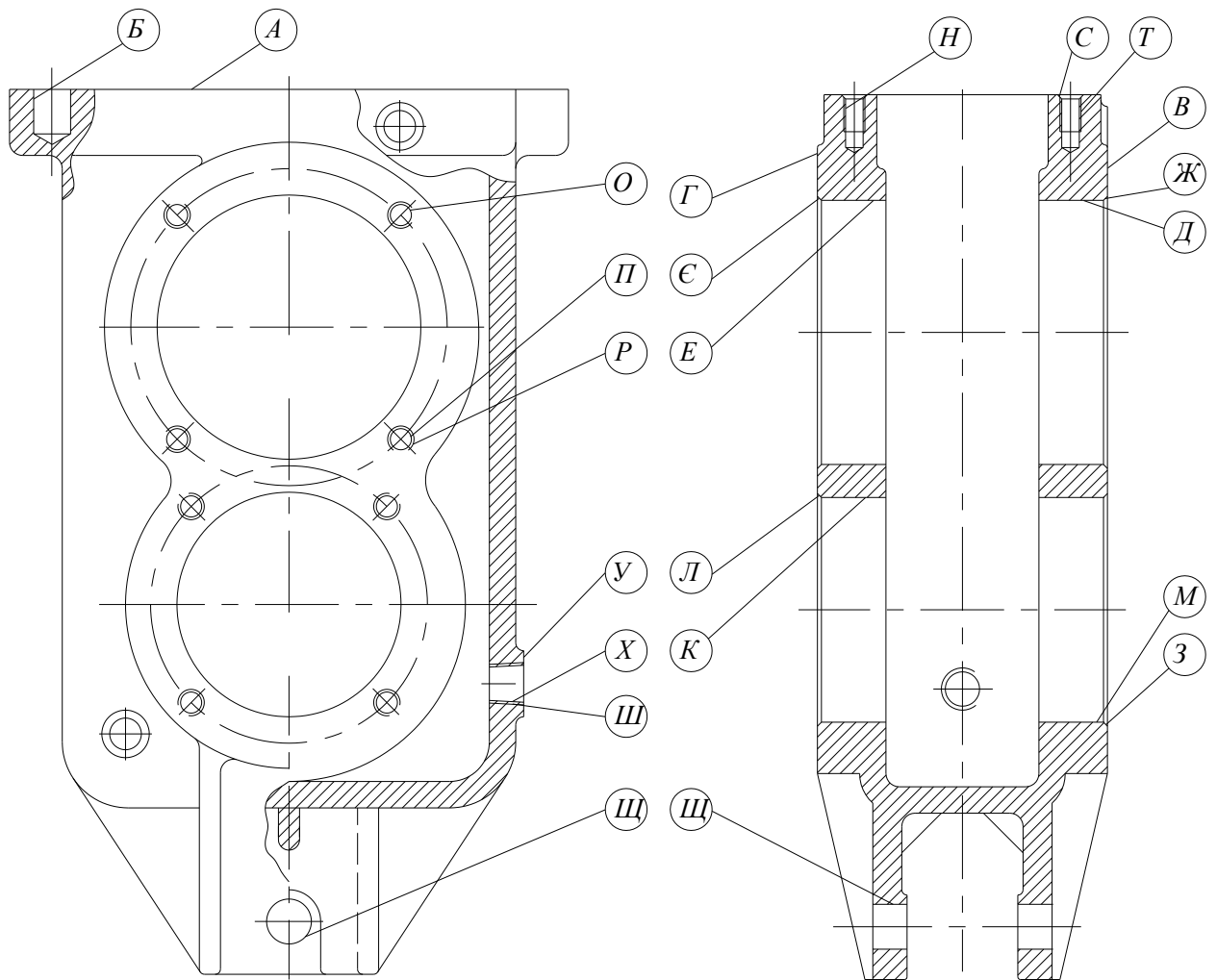


Рисунок 3.1 – Оброблювані поверхні деталі

Поверхня У – торець кріплення заливної пробки редуктора, виконана по квалітету точності, шорсткістю $Ra\ 25$.

Поверхня Ш – різь конічна $K3/8''$, виконана по 7 квалітету точності з шорсткістю поверхні $Ra\ 12,5$.

Поверхня Щ – отвір для кріплення тяги $\varnothing 17$, виконаний по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхні $Ra\ 25$.

Проведемо аналіз технічних умов на виготовлення деталі «Корпус КС6Б-54.101» і представимо їх у вигляді таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
А	Забезпечити шорсткість $Rz\ 40$	Фрезерування напівчистове	ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93
Б	Забезпечити точність розміру $\varnothing 14H8^{(+0,043)}$ і шорсткість $Rz\ 40$	Свердління	ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
В і Г	Забезпечити точність розміру $114\pm 0,8$ мм. і шорсткість $Ra\ 12,5$	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93
Д, Е	Забезпечити точність розміру $\varnothing 100H8$ і шорсткість $Ra\ 2,5$	Розточування чистове	Пробка ($\varnothing 100H8$) ПР, НЕ ГОСТ 16775-93. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93. ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
К, З	Забезпечити точність розміру $\varnothing 85H8$ і шорсткість $Ra\ 2,5$	Розточування чистове	Пробка ($\varnothing 85H8$) ПР, НЕ ГОСТ 16775-93. Взірці шорсткості ГОСТ 9378-93. ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
Ж, Є, Л, М, Н, П	Забезпечити шорсткість $Ra\ 25$	Розточування чистове	Калібр спеціальний
О, С, Х, Щ	Забезпечити точність виконання розмірів по 8 квалітету і шорсткість поверхні $Ra\ 25$	Свердління чистове	Пробки $\varnothing 8,4$; $\varnothing 6,7$; $\varnothing 17$ ПР, НЕ ГОСТ 16775-93

На кресленні деталі «Корпус КС6Б-54.101» вказані всі розміри, квалітети точності, шорсткість поверхонь, основні базові поверхні, на яких не повинно бути заливів та раковин. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності, а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Технологічний контроль креслення деталі починається з детального його вивчення. Креслення деталі повинно нести всі необхідні відомості, які дають повну уяву про деталь, всі проекції, розрізи, перерізи які чітко і однозначно пояснюють конфігурацію деталі, можливі способи одержання заготовки.

Оцінка технологічності конструкції виробу буває якісною, що базується на досвіді експерта і кількісною, що здійснюється за певними показниками.

Деталь – «Корпус КС6Б-54.101» представляє собою пустотілу відливку складної форми із різною товщиною стінок. Заготовку отримують методом литва в земельні форми. Тому формування повинно проводитись із застосуванням стержня, який повторює форму, чи формує внутрішній отвір. З точки зору механічної обробки корпус недоліків не має. Кріпильні отвори розміщені на достатньо великій відстані один від одного (більше 25 мм.), що дозволяє вести одночасну обробку декількома інструментами (при свердлінні). Решта оброблюваних поверхонь з точки зору точності й чистоти не являють собою значних технологічних труднощів (точні отвори $\varnothing 100H8$; $\varnothing 85H8$ – виконуються чорновим, напівчистовим і чистовим розточуванням), легкий доступ інструменту, хороші базові поверхні, як при токарній обробці, так і при свердлінні отворів, фрезеруванні бокових поверхонь, хороше стружковидалення (стружка не забивається в деталі).

Кількісна оцінка технологічності виробу може бути здійснена за абсолютними та відносними показниками, до яких відносяться показники рівня точності обробки, шорсткості поверхонь та використання матеріалу [7].

Визначимо значення перерахованих нижче відносних показників технологічності, які повинні прийматися в межах $0 < k \leq 1$.

1. Рівень технологічності конструкції за точністю обробки і визначається за формулою

$$k_{pm} = \frac{k_{\sigma.m}}{k_m}, \quad (3.1)$$

де $k_{\sigma.m}$ і k_m – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнт точності обробки.

Базовий коефіцієнт точності обробки становить $k_{\delta.m.} = 0,89$.

Досягнутий коефіцієнт точності обробки визначається за формулою:

$$k_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.2)$$

де T_{cp} – середній клас точності обробки виробу.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i}, \quad (3.3)$$

де n_i – число розмірів відповідного класу точності;

T_i – клас точності обробки поверхні.

Для заданої деталі значення T_i і n_i приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники класу точності обробки

T	7	8	9	14	15
n_i	20	3	2	5	14

$$T_{cp} = \frac{7 \cdot 20 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 2 + 14 \cdot 5 + 15 \cdot 14}{20 + 3 + 2 + 5 + 14} = 10,4.$$

$$k_m = 1 - \frac{1}{10,4} = 0,903.$$

$$k_{pm} = \frac{0,89}{0,903} = 0,985.$$

2. Рівень технологічності конструкції за шорсткістю поверхні визначається за формулою

$$k_{pm} = \frac{k_{\delta.u.}}{k_u}, \quad (3.4)$$

де $k_{\delta.u.}$ і k_u – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнти шорсткості поверхні.

Базовий коефіцієнт шорсткості поверхні становить $k_{\delta.u.} = 0,92$.

$$k_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (3.5)$$

де $Ш_{cp}$ – середнє числове значення параметра шорсткості.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_{i.ш}}{\sum n_{i.ш}}, \quad (3.6)$$

де $Ш_i$ – числове значення параметра шорсткості поверхні;

$n_{i.ш}$ – число поверхонь з відповідною шорсткістю.

$$Ш_{cp} = \frac{25 \cdot 15 + 12,5 \cdot 20 + 6,3 \cdot 4 + 2,5 \cdot 5}{15 + 20 + 4 + 5} \approx 15;$$

$$k_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} = 0,93;$$

$$k_{pm} = \frac{0,92}{0,93} = 0,99.$$

3. Рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу визначається за формулою

$$k_{em} = \frac{M_d}{M_z}, \quad (3.7)$$

де M_d і M_z – відповідно маса деталі і заготовки. $M_d = 19,7$ кг; $M_z = 26,4$ кг.

$$k_{em} = \frac{19,7}{26,4} = 0,75.$$

3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

3.2.1 Вибір заготовки

Метод одержання заготовок для деталей визначається призначенням, конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю

випуску, а також економічністю виготовлення. Вибрати заготовку для даного корпусу – означає вибрати спосіб її одержання [8].

Виходячи з того, що заготовка деталі виготовлена з чавуну СЧ-20 згідно ДСТУ 8833:2019, робимо висновок, що заготовку можна отримати литвом в земляні форми або литвом в піщані форми по металевих або дерев'яних моделях [9].

Оцінимо економічну доцільності застосування кожного з варіантів.

Перший варіант: лиття в землю при машинній формовці суміші по металічних моделях з складанням стержнів в кондукторах.

Другий варіант: лиття в піщані форми при машинній формовці суміші по металічних і дерев'яних моделях.

Вартість заготовки отриманої за першим і другим методом визначалась за формулою [9]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_n \right) - (Q - q) \frac{S_{від}}{1000}, \quad (3.8)$$

де C_i - базова вартість 1т. заготовок, грн.;

k_m, k_c, k_g, k_n – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{від}$ – ціна однієї тони відходів, грн.

Вартості однієї тони заготовок і відходів прийняті станом на 12.12.2023, а коефіцієнти згідно [9].

Вартість однієї тони заготовок для першого варіанту $C_{i1} = 65000$ грн., а для другого – $C_{i1} = 68000$ грн. Коефіцієнт k_m для першого варіанту $k_{m1} = 1,06$, а для другого – $k_{m2} = 1,03$. Решта коефіцієнтів для обох методів однакові і складають відповідно: $k_c = 1,2$; $k_g = 0,84$; $k_n = 0,76$. Маси заготовок і деталей $Q = 24,6$ кг і $q = 19,7$ кг. Ціна однієї тони відходів – $S_{від} = 3000$ грн.

Підставивши відповідні значення, отримаємо для першого варіанту

$$S_{заг1} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 24,6 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,09 \cdot 0,76 \right) - (24,6 - 19,7) \frac{3000}{1000} = 1360,56 \text{ грн.}$$

Для другого варіанту

$$S_{заг2} = \left(\frac{68000}{1000} \cdot 24,6 \cdot 1,06 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,09 \cdot 0,76 \right) - (24,6 - 19,7) \frac{3000}{1000} = 1465,94 \text{ грн.}$$

Отже, провівши розрахунки для двох методів отримання заготовок і, взявши до уваги технічні та організаційні особливості обох методів можна зробити наступні висновки.

1. Вартість заготовки отриманої за першим методом на 105,38 грн. менша, ніж за другим.

2. Точність та шорсткість заготовок отриманих за обома методами близькі.

Річний економічний ефект від застосування першого методу у порівнянні з другим можна визначити за формулою

$$E_{pz} = (S_{заг2} - S_{заг1}) \cdot N, \quad (3.9)$$

$$E_{pz} = (1465,94 - 1360,56) \cdot 5000 = 526900 \text{ грн.}$$

Отже, застосування 1-го методу більш доцільне, оскільки він вигідніший як економічно, так і технічно. Його і пропонуємо вибирати в якості основного для даної деталі.

3.2.2 Вибір методів оброблення, технологічних і вимірювальних баз

Оброблення плоских поверхонь корпусу раціонально здійснювати методом фрезерування. Оброблення отворів під підшипники – методом розточування. Виконання різьбових отворів – методом свердління з подальшим нарізанням різі.

При достатньо високих вимогах до точності обробки необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки. Для забезпечення точності виготовлення деталі необхідно дотримуватись принципу

суміщення баз – технологічних, вимірювальних, установочних, намагались забезпечити їх постійність при послідоючих операціях обробки.

При зміні баз в процесі обробки, точність оброблення знижується внаслідок похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз.

У нашому випадку на горизонтально-фрезерній і свердлильній операціях базою є поверхні провущин, а також необроблені поверхні отворів Д, Е, З і К.

Для фрезерування бокових поверхонь корпусу а також для розточування отворів базовими будуть служити просвердлені отвори Б, фрезерована поверхня підосви А.

Для свердління отворів Н, зенкування фасок Т та нарізання різі С отворів базовими будуть служити отвори Б, фрезерована поверхня підосви А.

Для свердління отворів О, зенкування фасок П та нарізання різі Р базовими поверхнями служитимуть отвори Д, Е, З, К, а також бокові поверхні В і Г.

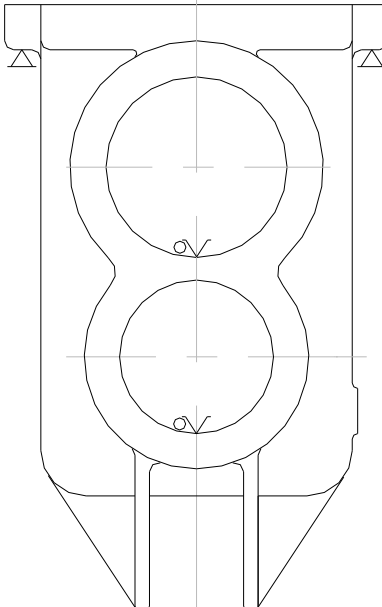
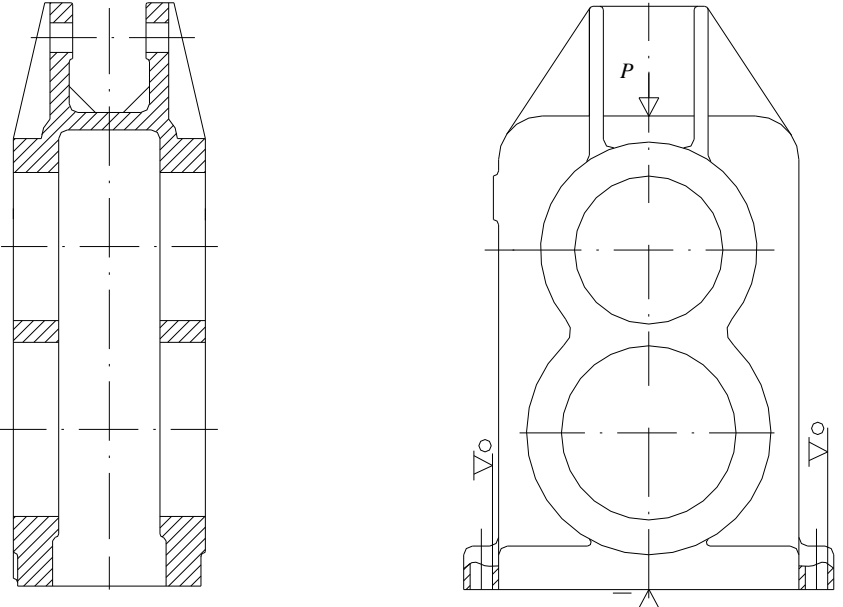
Для свердління отвору У, зенкування фаски Х та нарізання різі Ш базовими поверхнями служитимуть отвори Д, Е, З, К, а також бокові поверхні В і Г.

Для свердління отворів Щ базовими поверхнями служитимуть отвори Д, Е, З, К, а також бокові поверхні корпусу В і Г.

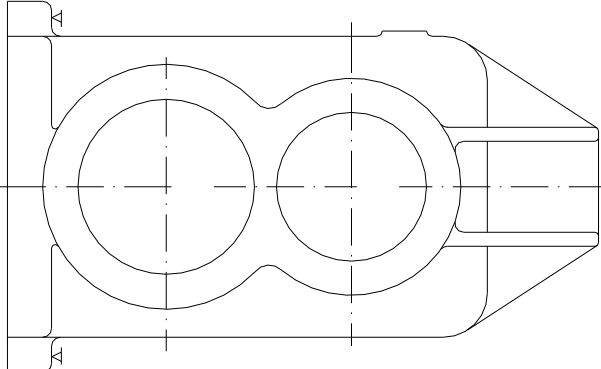
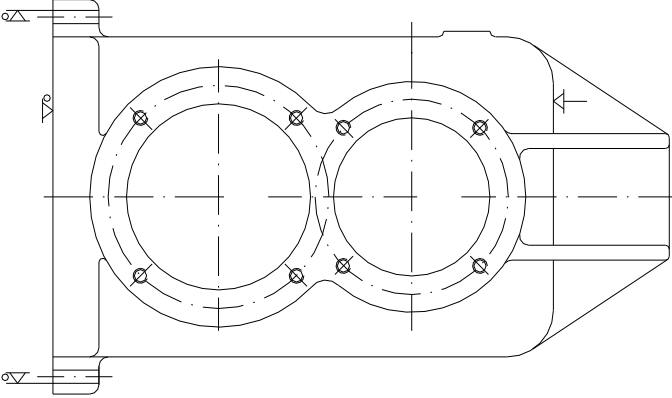
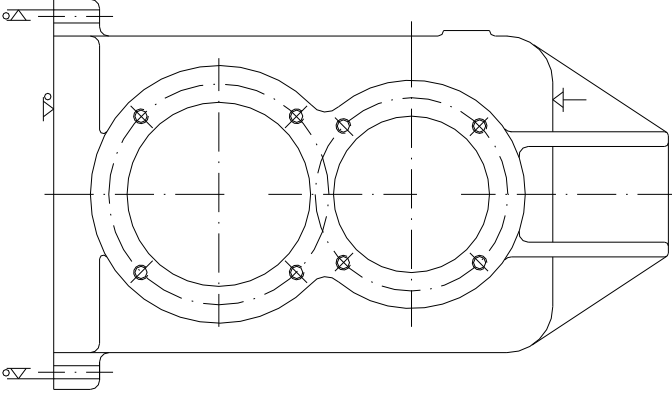
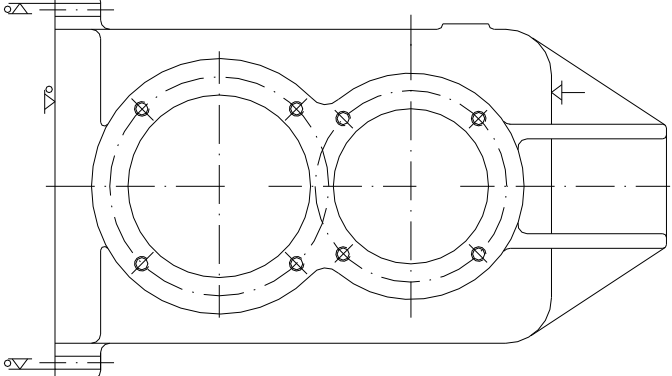
Отже в результаті аналізу вибору технологічних баз ми бачимо, що технічні вимоги радіального биття, співвісності та точності розміщення отворів витримується, оскільки витримується принцип постійності баз (обробка поверхонь проводиться з чистих постійних, а не чорнових баз).

Результати вибору баз зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Схема базування та закріплення деталі

Позначення оброблюваної поверхні	Технологічні бази	Теоретична схема базування та закріплення
1	2	3
А, Б	Д, Е, З, К	
В, Г, З, К	А, Б	

Кінець таблиці 3.5

1	2	3
У, Т, С	А, Б	
О, П, Р,	Д, Е, З, К, В, Г	
У, Х, Ш	Д, Е, З, К, В, Г	
Щ	Д, Е, З, К, В, Г	

3.2.3 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

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

Таблиця 3.6 – Перший варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус КС6Б-54.101»

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Модель обладнання
005	Горизонтально-фрезерна	А	Й	6Р83
010	Вертикально-свердлильна	Б	Ф	2Н150
015	Повздожньо-фрезерна	В, Г	А, Б	ГФ2286
020	Повздожньо-фрезерна	В, Г	А, Б	ГФ2286
025	Горизонтально-розточна	Д, Е, З, К	А, Б	2Д450
030	Горизонтально-розточна	Д, Е, З, К	А, Б	2Д450
035	Радіально-свердлильна	С,	А, Б	2А544
040	Радіально-свердлильна	О	Д, Е, З, К	2А544
045	Радіально-свердлильна	О	Д, Е, З, К	2А544
050	Радіально-свердлильна	О	Д, Е, З, К	2А544
055	Радіально-свердлильна	С,	А, Б	2А544
060	Радіально-свердлильна	У, Х, Ш	Д, Е, З, К	2А544
065	Радіально-свердлильна	Щ	Д, Е, З, К	2А544

Таблиця 3.7 – Другий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус КС6Б-54.101»

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Модель обладнання
005	Комплексна	А, Б	Й	ГФ2171С5
010	Повздовжньо-фрезерна	В, Г	А, Б	ГФ2286
015	Комплексна	Д, Е, З, К, ,	А, Б	2206ВМФ4
020	Радіально-свердлильна	С,	А, Б	2А544
025	Радіально-свердлильна	О	Д, Е, З, К	2А544
030	Радіально-свердлильна	П, Р	Д, Е, З, К	2А544
035	Радіально-свердлильна	Н, Т	А, Б	2А544
040	Радіально-свердлильна	У, Х, Ш	Д, Е, З, К	2А544
045	Радіально-свердлильна	Щ	Д, Е, З, К	2А544

Варіанти відрізняються тим, що в другому варіанті проведено концентрацію окремих операцій. Зокрема: операції 005 горизонтально-фрезерна і 010 вертикально-свердлильна замінені на одну 005 комплексну, а операції 020 повздовжньо-фрезерна, 025 горизонтально-розточна і 030 горизонтально-розточна замінені на 015 комплексну.

За основу для створення проектного варіанту технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус КС6Б-54.101» вибираємо другий варіант.

3.2.4 Вибір різального, вимірювального та допоміжного інструменту

Проведемо вибір різального та вимірювального інструменту, що буде необхідний для реалізації спроектованого технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус КС6Б-54.101» та представимо його результати у вигляді таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Різальний та контрольно-вимірювальний інструмент

№ Операції	Назва операції	Інструмент	
		різальний	вимірювальний
1	2	3	4
005	Комплексна	Свердло 2317-0020 ГОСТ 14952-75. Свердло 2301-0046 ГОСТ 10903-77. Зенковка 2353-0134 ГОСТ 14953-80.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Штангенциркуль ШЦ-II-250 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Калібр на розміщення отворів.
015	Повздовжньо-фрезерна	Фреза ВК-8 2214-4008 Фреза ВК-8 2214-4041	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009.
025	Комплексна	Різець токарний 2102-4175-01. Різець токарний розточний 2102-4158. Фреза ВК-8 2214-4084	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробки контрольні ГОСТ 14815-69 та ГОСТ 14816-69.
035	Радіально-свердлильна	Свердло 2301-0189 ГОСТ 10903-77.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Калібр на розміщення отворів.
040	Радіально-свердлильна	Свердло 2301-0020 ГОСТ 10903-77.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Калібр на розміщення отворів.
045	Радіально-свердлильна	Зенковка 2353-0133 ГОСТ 14953-80. Мітчик М10 2620-1433.3 ГОСТ 3266-81	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробка М10 ГОСТ 17758-72.

Кінець таблиці 3.8

1	2	3	4
050	Радіально-свердлильна	Зенковка 2353-0133 ГОСТ 14953-80. Мітчик М8 2621-2193 ГОСТ 3266-81.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробка М8 ГОСТ 17758-72.
055	Радіально-свердлильна	Свердло 2301-0197 ГОСТ 10903-77. Цековка 2350-0414 ГОСТ 26258-77. Мітчик К3/8" 2680-0007 ГОСТ6227-80	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009. Пробка К 3/8" ГОСТ 17758-72.
060	Радіально-свердлильна	Свердло 2301-0057 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ДСТУ ГОСТ 166:2009.

3.2.5 Визначення режимів різання та технічних норм часу

Розрахунковим методом визначаємо режими різання для чорнового розточування отвору $\varnothing 85H8^{+0,087}$ [2] (відповідно розрахунку припусків по переходах), щоб оцінити потужність різання при максимальній глибині різання для вибору верстату (необхідно забезпечити умову $N_{різ} < N_{верст}$).

Обробка проводиться на багатоцільовому верстаті 2206ВМФ4.

Глибина різання з попередніх розрахунків:

$\varnothing 78,791$ мм – діаметр заготовки;

$\varnothing 82,012$ мм – діаметр чорнового розточування отвору.

Отже

$$t = \frac{D_{дем} - D_{заг}}{2}.$$

$$t = \frac{82,012 - 77,791}{2} = 1,06 \text{ мм.}$$

Ріжучий інструмент – розточний різець з пластинами із твердого сплаву ВК-8 згідно ГОСТ18879-73. Переріз державки різця 32×25 мм. Геометричні параметри різця: $r = 1,2$ мм., $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\varphi_1 = 45^\circ$.

Призначаємо подачу $S = 0,3 \div 0,5$ мм/об. [2] – при чорновому розточуванні при вильоті різця $l = 100$ мм.

Приймаємо подачу $S = 0,3$ мм/об.

Період стійкості різця $T = 60$ хв. [2].

Швидкість різання при токарній обробці визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v. \quad (3.10)$$

Значення коефіцієнту C_v і показників степенів вибираємо з табл. 17 [2] – $C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$.

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання визначаємо із залежності

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi_1 v} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{Ov} \cdot K_{uv}, \quad (3.11)$$

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

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{380} \right)^{-0,9} = 0,74,$$

де $K_r = 1$; $n_v = -0,9$ [2];

$K_{nv} = 0,8$ – коефіцієнт, що залежить від стану оброблюваної поверхні [2];

$K_{uv} = 0,93$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту [2];

$K_{\varphi_1 v} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця (при $\varphi = 45^\circ$) [2];

$K_{Ov} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки поверхні [2];

$K_{\varphi_1 v}$ та K_{rv} враховуються тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

Звідси швидкість різання

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1,06^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 62,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункове число обертів шпинделя верстату

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (3.12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 62,6}{3,14 \cdot 77,791} = 224 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату $n = 220$ об/хв.

Дійсна швидкість різання буде складати

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (3.13)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 88,5 \cdot 220}{1000} = 61,2 \text{ м/хв.}$$

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

При розточуванні ці складові розраховуються по залежності [2]

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (3.14)$$

Коефіцієнти і показники степенів для складових сил різання знаходимо з [2]

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

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (3.15)$$

де $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ – коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_{\varphi p} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт при $\varphi = 45^\circ$ [2];

$K_{\gamma p} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт переднього кута [2];

$K_{\lambda p} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт кута нахилу ріжучої кромки [2];

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

$$K_{pz} = K_{Mp_z} = \left(\frac{520}{750}\right)^{0,4} = 0,87;$$

$$K_{py} = K_{Mp_y} = \left(\frac{520}{750}\right)^{1,0} = 0,69;$$

$$K_{px} = K_{Mp_x} = \left(\frac{520}{750}\right)^{0,8} = 0,75;$$

Тоді

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 61,2^{-0,15} \cdot 0,87 = 1900 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,28^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 61,2^{-0,3} \cdot 0,69 = 1300 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 61,2^{-0,4} \cdot 0,75 = 1600 \text{ Н}.$$

Потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1900 \cdot 61,2}{1020 \cdot 60} = 1,9 \text{ кВт}.$$

Проведемо перевірку достатності потужності приводу головного руху верстату необхідній потужності різання:

$$N_{piz} < N_{un},$$

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

$$1,9 < (11 \cdot 0,85) = 9,35 \text{ кВт.}$$

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

Основний технологічний час на обробку визначається за формулою [2]

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (3.16)$$

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

$$L = l + y + \Delta = 25 + 3 + 0 = 28 \text{ мм.}$$

$l = 25$ мм. – довжина обробки по кресленню деталі;

$y = 3$ мм. – врізання різця;

$\Delta = 0$ мм. – перебіг відсутній, оскільки отвір «глухий».

$$T_o = \frac{28 \cdot 1}{220 \cdot 0,3} = 0,42 \text{ хв.}$$

Режими різання інших операцій вибираємо табличним методом [10] і зводимо в таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Режими різання по операціях

Назва операції та зміст переходу	t , мм.	L , мм.	i	$T_{мб}$ хв	S_p мм/об	n , об/хв	V , м/хв	S_M мм/хв	T_o хв	N , кВт	T_y хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005. Комплексна											
1. Перехід.	3	340	1	45	-	315	123,6	100	6,8	1,5	
2. Перехід.	3,15	6	1	45	-	500	9,9	120	0,1	1,05	8,5
3. Перехід.	7	20	1	45	-	315	13,8	40	1,0	0,9	
4. Перехід.											
5. Перехід.											
015. Повздовжньо-фрезерна											5,8
1. Перехід.	3,0	430	1	60	-	63	49,5	100	4,3	1,6	

Продовження таблиці 3.9

Назва операції та зміст переходу	t , мм.	L , мм.	i	$T_{мб}$ хв	S_p мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{Мб}$ мм/хв	$T_{ос}$ хв	N , кВт	T_y хв
025. Комплексна											
1. Перехід.	3,0	610	2	60	-	200	100,5	300	8,13	2,5	
2. Перехід.	2,0	33,5	2	60	-	400	116,2	60	1,1	2,13	
3. Перехід	1,75	33,5	2	60	-	400	120,6	80	0,84	1,97	
4. Перехід.	1,75	33,5	2	60	-	400	125	80	0,02	0,6	
5. Перехід.	1,5	6	1	60	-	400	125	400	1,12	0,6	
6. Перехід.	2,0	33,5	2	60	-	400	100,5	60	1,12	0,3	24,1
7. Перехід.	2,25	33,5	2	60	-	400	106	60	0,03	0,6	
8. Перехід.	1,5	6	2	60	-	400	98,3	360	0,67	0,6	
9. Перехід.	0,15	33,5	2	60	-	360	141	100	1,34	0,3	
10.Перехід.	0,1	33,5	2	60	-	450	157	50	0,67	0,2	
11.Перехід.	0,15	33,5	2	60	-	450	120	100	1,34	0,2	
12.Перехід.	0,1	33,5	2	60	-	500	157	50	0,67	0,2	

Продовження таблиці 3.9

Назва операції та зміст переходу	t , мм.	L , мм.	i	$T_{\text{ш}}$ хв	$S_{\text{пр}}$ мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{\text{Мб}}$ мм/хв	$T_{\text{с}}$ хв	N , кВт	$T_{\text{ш}}$ хв
035. Радіально-свердлильна											
1. Перехід.	3,4	39	1	45	0,08	630	14,9	-	0,43	0,8	0,78
040. Радіально-свердлильна											
1. Перехід.	4,25	39	1	60	0,315	200	11,1	-	0,62	2,2	
3. Перехід.	4,25	39	1	60	0,315	200	11,1	-	0,62		3,16
5. Перехід.	4,25	39	1	60	0,315	200	11,1	-	0,62		
7. Перехід.	4,25	39	1	60	0,315	200	11,1	-	0,62		
045. Радіально-свердлильна											
1. Перехід.	1,6	4	8	90	Ручна	400	15	-	0,72		
3. Перехід.	1,5	54	8	90	1,5	200	6,3	-	1,44	2,17	5,18
6. Перехід.	1,6	4	8	90	Ручна	400	15	-	0,96		
8. Перехід	1,5	54	8	90	1,5	200	6,3	-	1,44		

Кінець таблиці 3.9

Назва операції та зміст переходу	t , мм.	L , мм.	i	T_{mb} хв	S_p мм/об	n , об/хв	V , м/хв	S_{M_6} мм/хв	T_{on} хв	N , кВт	T_{y_3} хв
050. Радіально-свердлильна											
1. Перехід.	1,6	4	6	90	Ручна	400	12,4	-	0,64	1,5	2,58
3. Перехід.	1,25	50	6	90	1,25	200	5,02	-	1,6	1,25	
055. Радіально-свердлильна											
1. Перехід.	7,25	22	1	90	0,16	315	14,3	-	0,43	2,16	1,67
3. Перехід.	3,0	8	1	90	Ручна	200	15,7	-	0,33	0,6	
5. Перехід.	1,5	50	1	90	1,4	200	10,1	-	0,18	0,59	
060. Радіально-свердлильна											
1. Перехід.	8,5	75	2	60	0,16	315	16,8	-	0,53	2,16	1,49

Технічні норми часу на операції технологічного процесу механічної обробки деталей встановлюються розрахунково-аналітичним способом.

Норми штучного часу на операцію визначається за формулою [2]

$$T_{шт} = T_o + T_\partial + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (3.17)$$

де T_o – основний час;

T_∂ – допоміжний час;

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

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

Оперативний час складається:

$$T_{оп} = T_o + T_\partial. \quad (3.18)$$

Тоді штучний час буде складати

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп}. \quad (3.19)$$

Штучно-калькуляційний час в серійному виробництві визначають за формулою

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (3.20)$$

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

n – величина партії деталей, $n = \frac{N \cdot a}{F}$

N – річна програма випуску деталей, $N = 5000$ шт.;

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

F – кількість робочих днів у році, $F = 257$ днів.

$$N = \frac{5000 \cdot 5}{257} = 98 \text{ дет.}$$

Розрахуємо норми часу на комплексну операцію 005

Час на встановлення та зняття деталі $T_{в.з.} = 0,36$ хв. згідно [2].

Час на вимірювання деталі [2] $T_{вим} = 0,24$ хв.

Час на управління верстатом [2] $T_{уп} = 0,2$ хв.

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок [2]:

$$T_{обс} = 0,0415 \cdot T_o;$$

$$T_{від} = 0,0415 \cdot T_o.$$

Тоді допоміжний час

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

$$T_{\partial} = 0,36 + 0,24 + 0,2 = 0,8 \text{ хв.}$$

Оскільки основний час на цій операції складає $T_o = 9,3$ хв., то оперативний час буде:

$$T_{оп} = T_o + T_{\partial} = 9,3 + 0,8 = 9,3 \text{ хв.};$$

$$T_{обс} = 0,0415 \cdot 9,3 = 0,39 \text{ хв.};$$

$$T_{відн} = 0,0415 \cdot 9,3 = 0,39 \text{ хв.}$$

Звідси штучний час на операції:

$$T_{шт} = 9,3 + 0,39 + 0,39 = 10,07 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T_{п.з.} = 32$ хв. [2].

Штучно калькуляційний час складе

$$T_{шт.к} = 10,07 + \frac{32}{98} = 10,75 \text{ хв.}$$

Для решти переходів (операцій) технологічного процесу розрахунки проводимо по довідковій літературі і зводимо в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Норми часу на операції технологічного процесу

Номер операції	T_o , хв.	Допоміжний, хв.			$T_{оп}$, хв.	$T_{обс}$, хв.	$T_{від}$, хв.	$T_{умт}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	n , шт.	$T_{умт.к}$, хв.
		$T_{в.з.}$	$T_{вим}$	$T_{уп}$							
005	9,3	0,36	0,24	0,2	0,8	0,39	0,39	10,07	100	98	10,75
015	5,8	0,36	0,24	0,2	0,8	0,14	0,14	6,88	32	98	7,2
025	24,1	0,45	0,45	1,2	2,1	0,5	0,5	26,2	24	98	27,13
035	0,8	0,36	0,24	0,3	1,1	0,15	0,15	1,4	24	98	1,84
040	3,16	0,21	0,55	0,3	1,06	0,18	0,18	4,58	29	98	5,41
045	5,18	0,2	0,15	0,1	0,99	0,04	0,04	6,25	29	98	6,72
050	2,58	0,1	0,1	0,1	0,3	0,05	0,05	2,98	41	98	3,64
055	1,67	0,43	0,7	0,2	1,31	0,10	0,10	3,2	20	98	3,7
060	1,49	0,1	0,08	0,1	0,28	0,02	0,03	1,82	20	98	1,91

Після проведених розрахунків оформляємо технологічну документацію [12], яка представлена в додатку А.

3.3 Визначення кількості обладнання

Для кожного робочого місця в технологічному процесі повинно бути розраховано кількість обладнання, яке забезпечить виготовлення заданої програми випуску деталей в рік, а також визначені коефіцієнти завантаження обладнання та використання обладнання по часу і по потужності. Розрахункову кількість верстатів визначають за формулою [11]

$$m_p = \frac{N \cdot T_{умт}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{зн}}, \quad (3.21)$$

де $N = 5000$ шт – програма випуску деталей;

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

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

Операція 005. Багатоцільовий верстат моделі ГФ2171С5. Штучний час на операції $T_{умт} = 10,75$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 10,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 2,87.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 3$.

Операція 015. Повздовжньо-фрезерний верстат моделі ГФ2286. Штучний час на операції $T_{um} = 7,2$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 7,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,89.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 2$.

Операція 025. Багатоцільовий верстат моделі 2206ВМФ4. Штучний час на операції $T_{um} = 27,13$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 27,13}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 6,98.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 7$.

Операція 035. Радіально-свердильний верстат моделі 2А544. Штучний час на операції $T_{um} = 1,84$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 1,84}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,68.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 040. Радіально-свердильний верстат моделі 2А544. Штучний час на операції $T_{um} = 5,41$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 5,41}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,416.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 2$.

Операція 045. Радіально-свердильний верстат моделі 2А544. Штучний час на операції $T_{um} = 6,72$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 6,72}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,76$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 2$.

Операція 050. Радіально-свердильний верстат моделі 2А544. Штучний час на операції $T_{um} = 3,64$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 3,64}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,967.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 055. Радіально-свердильний верстат моделі 2А544. Штучний час на операції $T_{um} = 3,7$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 3,7}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,969.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Операція 060. Радіально-свердильний верстат моделі 2А544. Штучний час на операції $T_{um} = 1,91$ хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 1,91}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,56.$$

Приймаємо кількість верстатів $m_n = 1$.

Визначимо коефіцієнти завантаження обладнання для операцій технологічного процесу за формулою

$$\eta_{3_i} = \frac{m_p}{m_n}. \quad (3.22)$$

$$\eta_{3_1} = \frac{2,87}{3} = 0,96; \quad \eta_{3_2} = \frac{1,89}{2} = 0,94; \quad \eta_{3_3} = \frac{6,98}{7} = 0,97;$$

$$\eta_{3_4} = \frac{0,68}{1} = 0,68; \quad \eta_{3_5} = \frac{1,416}{2} = 0,71; \quad \eta_{3_6} = \frac{1,76}{2} = 0,88;$$

$$\eta_{3_7} = \frac{0,967}{1} = 0,97; \quad \eta_{3_8} = \frac{0,969}{1} = 0,97; \quad \eta_{3_9} = \frac{0,56}{1} = 0,56.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання буде складати

$$\eta_{3_c} = \frac{\sum \eta_{3_i}}{i} = \frac{0,96 + 0,94 + 0,97 + 0,68 + 0,71 + 0,88 + 0,97 + 0,97 + 0,56}{9} = 0,85.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначають за формулою

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{ум.к.}}} \quad (3.23)$$

$$\eta_{o_1} = \frac{8,5}{10,75} = 0,79; \quad \eta_{o_2} = \frac{5,8}{7,2} = 0,81; \quad \eta_{o_3} = \frac{24,1}{27,13} = 0,88;$$

$$\eta_{o_4} = \frac{0,8}{1,84} = 0,43; \quad \eta_{o_5} = \frac{3,16}{5,41} = 0,58; \quad \eta_{o_6} = \frac{5,18}{6,72} = 0,77;$$

$$\eta_{o_7} = \frac{2,58}{3,64} = 0,71; \quad \eta_{o_8} = \frac{1,67}{3,79} = 0,44; \quad \eta_{o_9} = \frac{1,49}{1,91} = 0,78.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом

$$\eta_{o_c} = \frac{\sum \eta_{o_i}}{i} = \frac{0,79 + 0,81 + 0,88 + 0,43 + 0,58 + 0,77 + 0,71 + 0,44 + 0,78}{9} = 0,69.$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначають за формулою

$$\eta_n = \frac{N_{\text{пиз}}}{N_{\text{верст}}} \quad (3.24)$$

$$\eta_{n_1} = \frac{6,3}{11} = 0,57; \quad \eta_{n_2} = \frac{5,8}{9} = 0,64; \quad \eta_{n_3} = \frac{2,13}{9} = 0,24;$$

$$\eta_{n_4} = \frac{0,8}{5,5} = 0,15; \quad \eta_{n_5} = \frac{2,2}{5,5} = 0,40; \quad \eta_{n_6} = \frac{2,17}{5,5} = 0,40;$$

$$\eta_{n_7} = \frac{1,5}{5,5} = 0,27; \quad \eta_{n_8} = \frac{2,16}{5,5} = 0,40; \quad \eta_{n_9} = \frac{2,16}{5,5} = 0,40.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за потужністю

$$\eta_{n_c} = \frac{\sum \eta_{n_i}}{i} = \frac{0,57 + 0,64 + 0,24 + 0,15 + 0,40 + 0,40 + 0,27 + 0,40 + 0,40}{9} = 0,38.$$

На основі визначених коефіцієнтів завантаження та використання

обладнання будуємо графіки завантаження та використання обладнання та представляємо їх на рис. 3.2, 3.3 та 3.4.

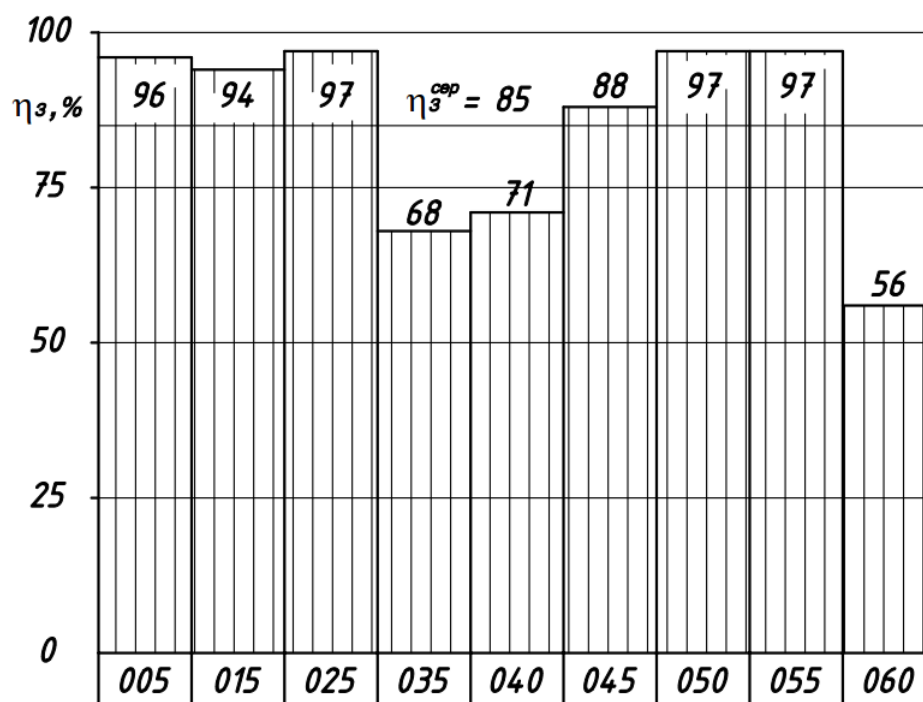


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

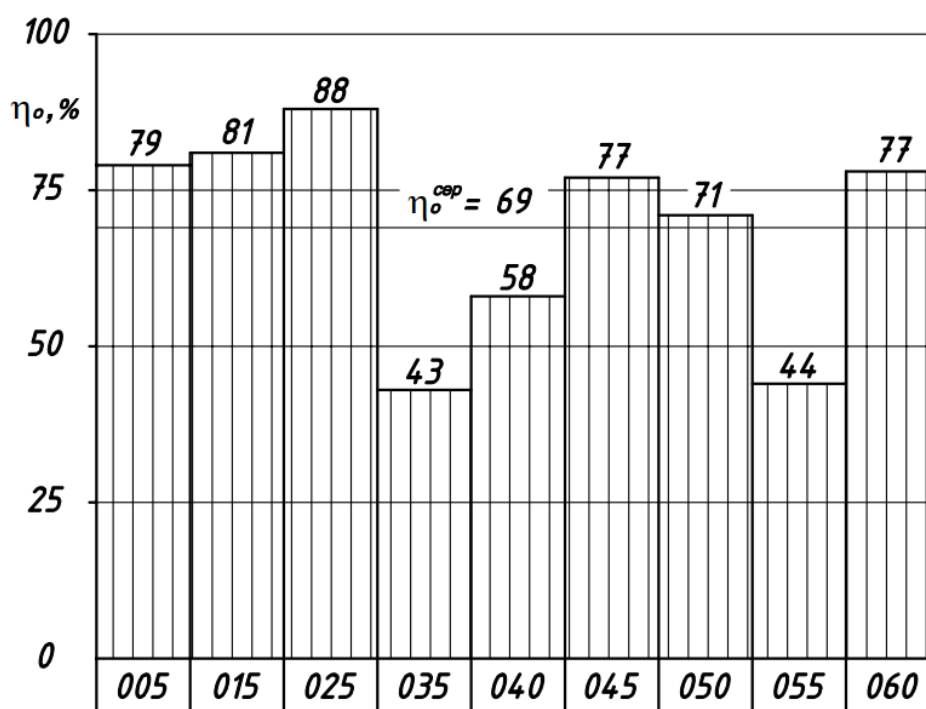


Рисунок 3.3 – Графік використання обладнання за основним часом

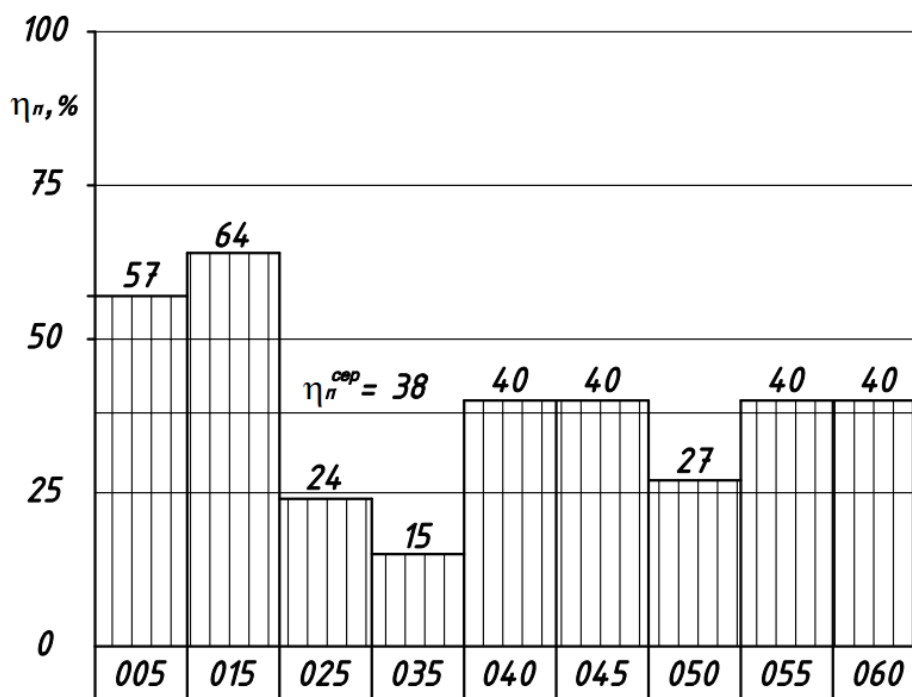


Рисунок 3.4 – Графік використання обладнання за потужністю

3.4 Конструювання спеціального оснащення

3.4.1 Пристрій для фрезерування опорної поверхні

Для забезпечення виконання операції 005 розроблено пристрій для фрезерування опорної площини та свердління двох отворів в цій поверхні.

Він закріплюється на робочому столі багатоцільового верстату моделі ГФ2171С5 за допомогою болтів, що вставляються в пази стола та основи корпусу пристрою та базується на столі за допомогою направляючих втулок.

Пристрій (рис. 3.5) складається з основи 1, до якої під прямим кутом закріплено опорну плиту 3, на якій з можливістю поперечного переміщення, встановлено конусні підпружинені втулки 5, через них проходять тяги 4, на протилежних кінцях яких встановлено конусні втулки 7 для закріплення та базування заготовки. Тяги шарнірно з'єднані з важелем, через який шток пневмоциліндра 2 передає зусилля затиску заготовки на притискні конусні втулки 7. Від поперечного переміщення заготовку утримують упорні болти 6. Пристрій укомплектований спеціальними анкерними болтами для можливості підняття і зняття його з столу верстата.

Базування пристрою на столі верстата проводиться двома шпонками, закріплення – за допомогою болтів через Т-подібні пази в столі верстату і пази в нижній плиті корпусу пристрою.

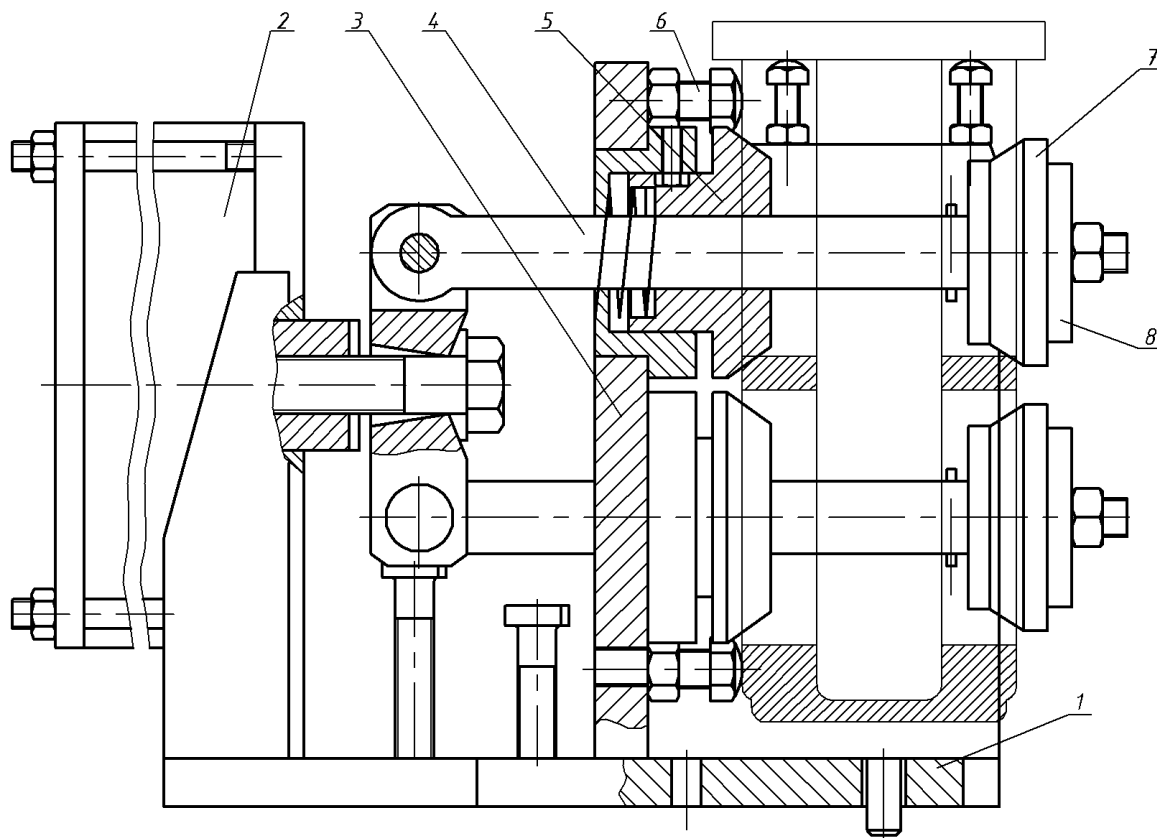


Рисунок 3.5 – Пристрій для фрезерування площини

Функціонує пристрій наступним чином. У вихідному положенні шток пневмоциліндра 2 знаходиться у крайньому правому положенні, а конусні втулки 7 разом зі спеціальними шайбами 8 демонтовано з тяг. Заготовка деталі встановлюється у пристрій таким чином, щоб тяги приблизно співпадали з осями отворів заготовки. На тяги встановлюють конусні втулки і підтискають їх до отворів заготовки. Після чого, між конусними втулками і гайками встановлюють спеціальні шайби 8, через їх паз.

Після подачі стисненого повітря у надпоршневу порожнину пневмоциліндра, його шток переміщується вліво, внаслідок чого деталь затискається.

Сила затиску визначається з мови рівноваги сил [13]

$$(W - P)fr = \frac{2M}{d}kR. \quad (3.25)$$

Звідси

$$W = \frac{2kMR}{dfr} - P, \quad (3.26)$$

де f – коефіцієнт тертя в місці затиску;

k – коефіцієнт запасу;

R – відстань від вісі фрези до вісі деталі;

$$r = \frac{D_2 - D_3}{2} = \frac{95 - 90}{2} = 2,5 \text{ мм} - \text{радіус, по якому затискається деталь.}$$

При використанні одноважільного механізму умовою рівноваги є [13]

$$W = \frac{1}{\eta} Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) \operatorname{tg}\varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (3.27)$$

де α – кут скосу важеля, град;

φ – кут тертя похилій поверхні важеля, град;

φ_1 – кут тертя в ланці, град;

φ_2 – кут повороту важеля, град;

$\eta = 0,60$ – коефіцієнт корисної дії механізму.

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_1 = 0,1 \quad \varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50';$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{2np} = 0,21;$$

$$\alpha = 15^\circ.$$

Характеристика механізму

$$\frac{1 - \operatorname{tg}(\varphi + \varphi_{np}) \operatorname{tg}\varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1} = 2,26;$$

$$W \cdot \eta = 2,26 \cdot Q;$$

$$W = \frac{2,26 \cdot Q}{\eta};$$

$$\frac{2,26}{\eta} Q = \frac{2kMR}{dfr} - P.$$

Визначимо необхідне зусилля, яке повинен розвивати пневмоциліндр

$$Q = \left(\frac{2kMR}{dfr} - P \right) \cdot \frac{\eta}{2,26}. \quad (3.28)$$

Сила різання при фрезеруванні визначається за формулою [2]

$$P = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_z^{Y_p} \cdot Z \cdot B^{Z_p} \cdot D^{q_p} \text{ Н}, \quad (3.29)$$

де $C_p = 48$; $X_p = 0,83$; $Y_p = 0,65$; $Z_p = 1,0$; $q_p = -0,83$ – коефіцієнт та показники степенів у формулі.

$$P = 48 \cdot 10^{0,83} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 4 \cdot 20^{1,0} \cdot 200^{-0,83} = 4840 \text{ Н}.$$

Момент буде складати [14]

$$M = C_M \cdot D^{2,0} \cdot S^{Y_M} \cdot Km_m, \quad (3.30)$$

де $C_M = 23,6$; $Y_M = 0,80$; $Km_m = 0,7$.

$$M = 23,6 \cdot 200^{2,0} \cdot 0,1^{0,80} \cdot 0,7 = 10470 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Отже

$$Q = \left(\frac{2 \cdot 1,1 \cdot 10470 \cdot 125}{12 \cdot 0,78 \cdot 65} - 4840 \right) \cdot \frac{0,98}{2,26} = 3575 \text{ Н}.$$

Зусилля, яке повинен розвивати пневмоциліндр буде складати $Q = 3575 \text{ Н}$.

Діаметр поршня пневмоциліндра визначимо за формулою [13]

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}; \quad (3.31)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3575}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,85}} = 115,7 \text{ мм.}$$

Вибираємо стандартний пневмоциліндр з діаметром поршня $D = 125$ мм.

На точність обробки впливає ряд технологічних факторів, які викликають сумарну похибку.

Для розрахунку точності виготовлення пристрою використаємо формулу [15]

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - K \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_p^2 + (k_2 \omega)^2}, \quad (3.32)$$

де δ – допуск на відповідний розмір розміщення оброблюваної поверхні заготовки, що заданий по кресленню, $\delta = 0,6$ мм;

k – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілення окремих складових, $k = 1,2$;

ε_{δ} – похибка базування заготовки в пристрої, $\varepsilon_{\delta} = 0,10$ мм;

ε_3 – похибка закріплення заготовки в пристрої, $\varepsilon_3 = 0,04$ мм;

ε_y – похибка установки пристрою на верстаті, $\varepsilon_y = 0,11$ мм;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка, що виникає в результаті зношення деталей у пристрої, $\varepsilon_{зн} = 0,10$ мм;

ε_p – похибка установки різального інструменту на верстаті, $\varepsilon_p = 0$ мм;

k_1 – коефіцієнт, для серійного виробництва $k_1 = 0,8 \dots 0,85$;

k_2 – коефіцієнт, складає $k_2 = 0,6 \dots 0,8$;

ω – значення похибки обробки, виходячи з економічної точності для даного методу $\omega = 0,10$ мм.

$$\varepsilon_{np} = 0,6 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0,1)^2 + 0,04^2 + 0,11^2 + 0,1^2 (0,8 \cdot 0,1)^2} = 0,27 - 0,24 = 0,03 \text{ мм.}$$

Виходячи з розрахунку, точність виготовлення деталі складає $\pm 0,18$ мм., що задовольняє допуск на деталь по кресленню $\pm 0,03$ мм.

3.4.2 Пристрій для комплексної обробки

Для операції 025 комплексної спроектовано пристрій, який дозволяє проводити фрезерну обробку бокових поверхонь корпусу та розточування чотирьох отворів, в яких кріпляться опори кочення валів редуктора.

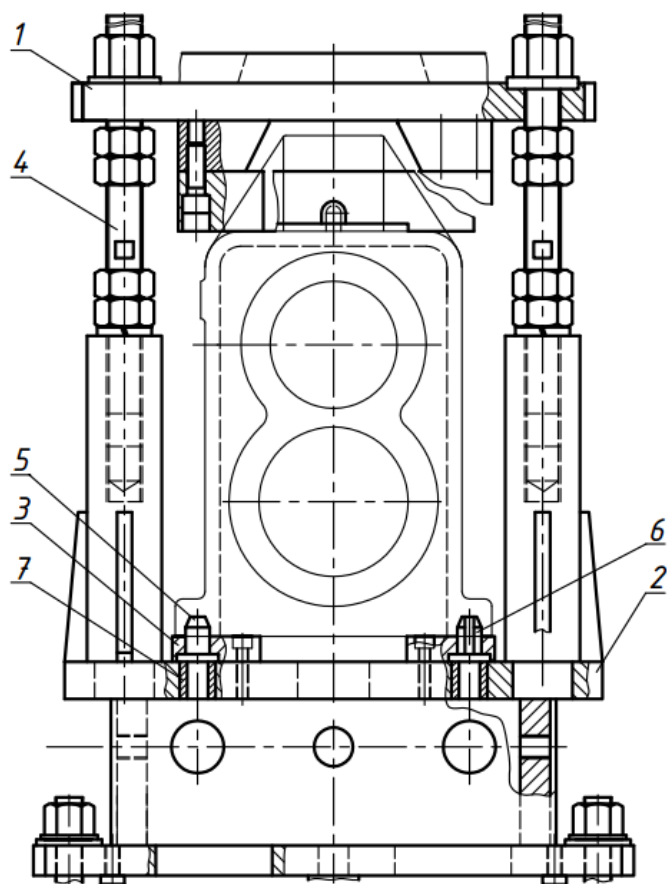


Рисунок 3.6 – Конструкція пристрою для комплексної обробки деталі

Пристрій складається з опорної плити 2, на якій розміщено шпонки 6 для базування пристрою, опорні поверхні 3 для установки деталі, направляючі 4 для установки на них натискного важеля 1. Базування деталі здійснюється за допомогою гладкого пальця 5 та зрізаного пальця 6, які закріплені в плиті пристосування через втулки 7. Загальний вид пристрій представлено на рис. 3.6.

Пристрій встановлюється на столі багатоцільового верстату моделі 2206ВМФ4, базування здійснюється за рахунок шпонок в нижній частині пристрою, а його закріплення здійснюється за допомогою шпильок, встановлених в Т-подібні пази стола верстату.

Деталь встановлюється опорною площиною на опорні поверхні і базуючі пальці та притискається за допомогою важеля, що встановлений на двох направляючих скалках та притискається гайками.

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

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

де: $yL_{\text{вир}}$ – граничне відхилення на міжцентрову віддаль для отворів $\varnothing 14\text{H}14^{+0,360}$

– 180 мм – для 10 квалітету точності розміщення отворів;

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

$D_{\text{BH}} = 16^{+0,063}$ – найбільший діаметр отвору під робочу втулку (по Н9);

$D_{\text{CM}} = 15^{+0,072}$ – найменший діаметр отвору під робочу втулку (по Н10);

$d_{\text{BH}} = 7,2^{+0,360}$ – найбільший діаметр отвору робочої втулки;

$d_{\text{CB}} = 6,7^{+0,360}$ – найменший діаметр свердла;

$\varepsilon_{\text{роб}} = 0,02$ мм. – ексцентриситет робочої втулки.

$b = 8$ мм. – глибина свердління;

$h = 2$ мм. – відстань між торцем втулки і заготовкою;

$l = 15$ мм. – глибина направляючого отвору робочої втулки;

$L_{\text{конд}} = 90$ мм. – міжцентрова відстань;

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

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

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

$P = 0,35$ – коефіцієнт, що враховує величину перекоосу свердління.

Тоді

$$yL_{\text{вир}} = 0,8 \cdot 0,05 \cdot 90 + 2 \left[0,5 \frac{16,043 - 15,07}{2} + 0,5 \frac{7,2 - 6,7}{2} + 0,4 + 0,02 + 0,35(7,2 - 6,7) \frac{2+8}{15} \right] = 0,069.$$

Розмір 0,069 мм є меншим за допуск на розточування отвору 0,087,

$$yL_{\text{вир}} = 0,140 \text{ мм} \geq 0,069 \text{ мм}.$$

Отже, величина похибки, яку дає пристрій менша від величини допуску отвору – кондуктор забезпечує необхідну точність.

3.4.3 Пристрій для свердління двох отворів $\varnothing 17$

Для забезпечення виконання операції 060 розроблено пристрій для свердління двох отворів $\varnothing 17$. Пристрій встановлюють на столі радіально-свердлильного верстата моделі 2А544.

Складається пристрій з основи 1, на якій встановлено зрізаний палець 3 і палець 4, поворотної кондукторної плити 5 з кондукторними втулками 6 і 7, пневмоциліндра 8. Базування деталі здійснюють по пальцях 3 і 4.

Для затиску деталі, через пневморозподільник 2, стиснене повітря подають у пневмоциліндр 8. Шток 9 переміщається вгору і, за допомогою прижиму 10, затискає деталь. Вивільнення деталі відбувається у зворотному порядку.

Загальний вигляд пристрою представлено на рисунку 3.7, а його складальне креслення – в графічній частині роботи.

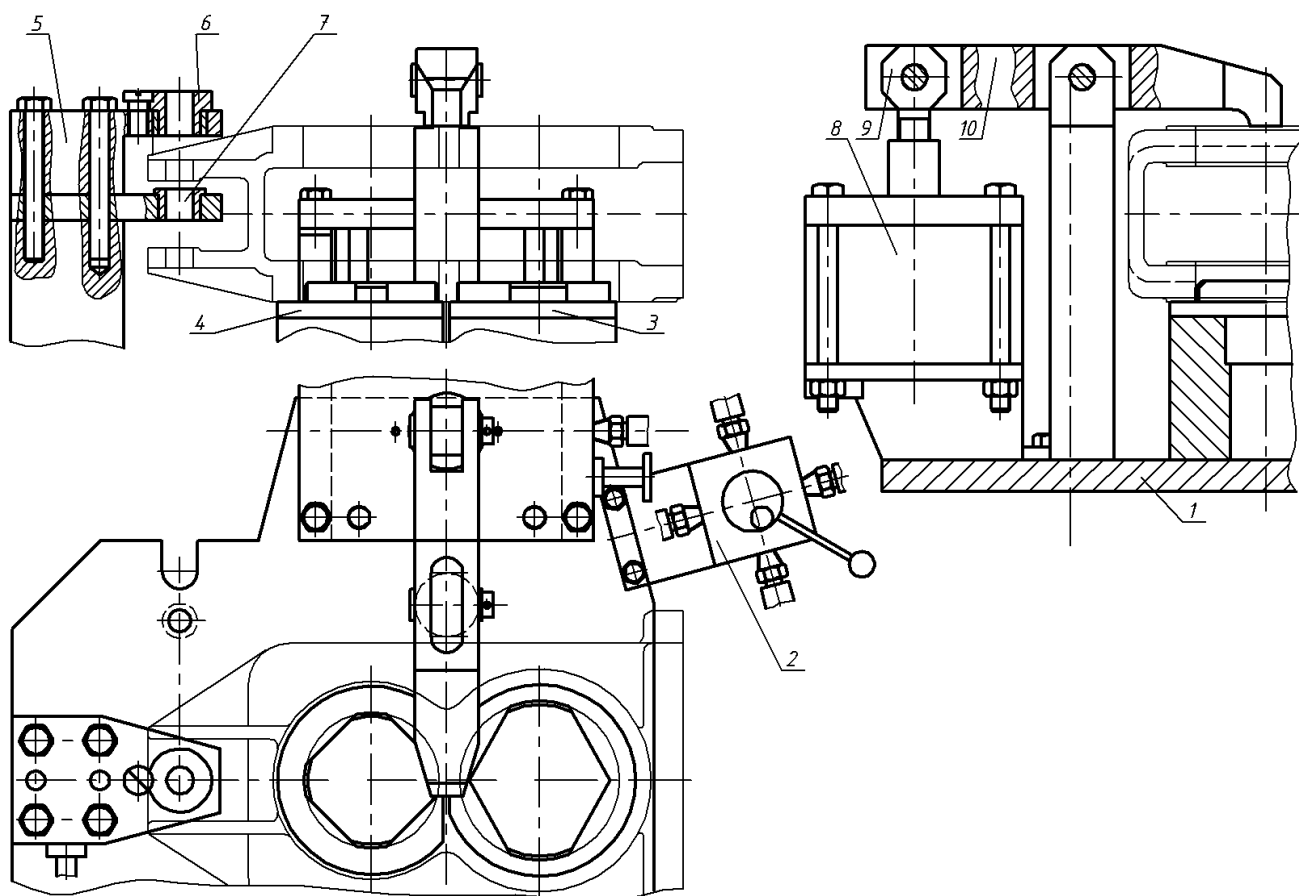


Рисунок 3.7 – Пристрій для свердління двох отворів $\varnothing 17$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні завдання та функції системи управління охороною праці на машинобудівних підприємствах

До основних завдань управління охороною праці на машинобудівних підприємствах відносять [17]:

- відпрацювання заходів, що стосуються державної політики з охорони праці на регіональному і галузевому рівнях;
- підготовка, прийняття і реалізація заходів із забезпечення безпечних умов праці, утримання у належному стані обладнання, споруд, інженерних мереж;
- організація і проведення навчання працівників охорони праці та проведення професійного відбору;
- облік, аналіз і оцінка стану умов безпеки праці; забезпечення страхування працівників від нещасних випадків на виробництві та від профзахворювань;
- організаційно-методичне керівництво на регіональному і галузевому рівнях;
- стимулювання інтеграції управління охороною праці в єдину систему загального управління організацією виробництва;
- широке впровадження позитивного досвіду у галузь охорони праці.

Основні функції системи управління охороною праці в галузі, пов'язані з її функціонуванням, передбачають: планування робіт; розробку, прийняття і скасування нормативних актів; професійний відбір; навчання з питань охорони праці; регламентацію процесу праці; атестацію робочих місць щодо умов праці; паспортизацію об'єктів; реєстрацію та облік; експертизу; ліцензування і сертифікацію; забезпечення безпеки устаткування, процесів, будівель, споруд і територій; забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці, санітарно-побутового, лікувально-профілактичного і медичного обслуговування; узгодження і видача дозволів; попередження про виникнення небезпечних ситуацій; розслідування та облік хронічних професійних захворювань; розслідування та облік аварій;

фінансування робіт з охорони праці; стимулювання охорони праці; пропаганда і виховання безпечної поведінки; контроль та інспектування; наукове забезпечення; міжнародне співробітництво.

4.2 Заходи пожежної безпеки на ділянці машинобудівного цеху

Машинобудівні заводи мають здебільшого цехи, де обробляються неспалимі речовини і матеріали в холодному, гарячому, розжареному або розплавленому стані, що супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я. Основними цехами складальні, ливарні, ковальські, термічні, механічні та ін., і також допоміжні вогнебезпечні ділянки (ацителенові, газогенераторні, кисневі станції), склади балонів із стисненими газами.

Найнебезпечнішими в пожежному відношенні ливарні цехи (чавунно-сталемідницькі), де виплавляють чавун, сталь, та кольорові метали. Під час розливання чавуну і сталі разом з полум'ям на великі відстані розлітаються бризки металу. Литво в ковшах, випромінюючи тепло може нагріти спалимі покриття і призвести до пожежі. З труб печей, вагранок вилітає багато іскор, від яких можуть зайнятися покрівлі сусідніх приміщень.

Печі й горни в гарячих цехах обладнують зонтами з душником назовні, але в наслідок поганого догляду у витяжних трубах накопичується сажа, яка іноді загоряється від іскор, розжарює труби і створює небезпеку виникнення спалаху. Ймовірність виникнення пожежі в цехах гарячої обробки металу досить велика, тому основними протипожежними заходами в них слід вважати правильне обладнання і експлуатацію плавильних і нагрівальних печей. Цехи гарячої обробки металу-чавуноливарні, сталеливарні, мідноливарні, ковальсько-пресові, термічні, зварювальні, гарячі котельні та інші – потрібно розташовувати лише в приміщеннях не нижче II ступеня вогнестійкості.

Холодна обробка металу в механічних та інших цехах не призводить до пожежі. Але в цих цехах зберігаються гас та мастильні матеріали, запас яких слід обмежувати до добової потреби і тримати у металевих шафах або ящиках. У тих

цехах, де вогненебезпечна робота проводиться постійно, для цих матеріалів відводяться постійні спеціальні місця, оснащені необхідними засобами для гасіння пожеж.

Особливу увагу треба звертати на зварювальні роботи. При проведенні їх забороняється: користуватися несправною апаратурою, зварювати вироби, апарати і прилади, що перебувають під тиском рідини, пари й повітря, а також під електричною напругою; працювати в приміщеннях, де застосовуються або зберігаються легкозаймісті матеріали й рідини прокладати струмоведучі зварювальні проводи разом із газозварювальними шлангами та трубопроводами; зберігати у зварювальних кабінах одяг і рукавиці з слідами мастил, бензину і гасу.

Дуже небезпечні в пожежному відношенні малярні цехи, в яких застосовуються фарби, лаки, емалі, та летючі розчинники. Під час роботи з пульверизаторами частина барвників розпилюються в повітрі і при певній концентрації утворює вибухонебезпечну суміш.

Малярні цехи, де робота проводиться з нітрофарбами, обладнують спеціальними витяжними вогнетривкими кабінами.

Вентиляція малярного цеху, камер, кабін розраховується на повне видалення парів розпилювачів. Щоб запобігти іскроутворенню, кожух вентилятора обкладають зсередини листами кольорового металу. Електродвигуни вентиляторів, насоси, світильники та ін. повинні бути тільки вибухозахищені (у вибухонепроникному або спеціальному виконанні).

На кожному небезпечному об'єкті мають бути всі засоби для швидкого виклику пожежної охорони. На особливо важливих і небезпечних щодо пожежі об'єктах рекомендується налагодити прямий телефонний зв'язок з пожежною командою. Справність усіх видів пожежного зв'язку та сигналізації систематично контролюється.

4.3 Надзвичайні ситуації та причини їх виникнення

Надзвичайна ситуація (НС) – це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на окремій території чи об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, яке призвело (або може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, може викликати загибель людей та (або) призвести до значних матеріальних втрат [17].

Метою класифікації НС є створення ефективного механізму оцінки події, що сталася або може статися у прогнозований тер-мін, та визначення ступеня реагування на відповідному рівні управління.

Завдяки класифікації НС здійснюється:

- забезпечення організації взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій в процесі вирішення питань, пов'язаних з НС та ліквідацією їх наслідків;

- ведення державної статистики;

- машинне оброблення інформації в автоматизованих системах управління економікою держави, забезпечення інформаційної сумісності задач органів різних рівнів управління.

Загальними ознаками НС є:

- наявність або загроза загибелі людей чи значне погіршення умов їх життєдіяльності;

- заподіяння економічних збитків;

- суттєве погіршення екологічної рівноваги;

- істотне погіршення стану довкілля.

До причин, які спричиняють надзвичайні ситуації, належать:

- стихійні явища, особливо небезпечні інфекції;

- вплив зовнішніх природних чинників, які призводять до старіння або корозії матеріалів конструкцій, споруд, зниження їх фізико-механічних показників;

- проєктно-виробничі дефекти споруд (помилки під час проведення пошукових робіт та проєктування, неякісне виконання будівельних робіт, низька якість будівельних матеріалів та конструкцій, порушення технології виготовлення та будівництва);

- дія технологічних процесів промислового виробництва на матеріали споруд (навантаження, швидкість, високі температури, вібрації, дія окиснювачів);

- порушення правил експлуатації споруд та технологічних процесів (вибухи котлів, хімічних речовин, вугільного пилу та метану в шахтах тощо);

- порушення правил техніки безпеки під час проведення робіт та технологічних процесів;

- помилки, пов'язані з системою відбору керівних кадрів, низьким рівнем фахової підготовки працівників і спеціалістів, їх некомпетентністю, недосконалістю законодавчої бази та її застосування;

- інші причини або непередбачені взаємодії ряду причин.

Прийнято класифікувати надзвичайні ситуації за такими ознаками: у сфері виникнення (за походженням), за масштабом можливих наслідків, за галузевою ознакою (за типом) [18].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Удосконалення динамометра дозволило суттєво підвищити продуктивність процесу експериментальних досліджень та об'єктивність отриманих результатів. Запропонована методика розрахунку силових параметрів F_z і F_y з достатньою точністю і об'єктивністю дозволяє досліджувати складові сили різання при фрезеруванні конструкційних вуглецевих сталей.

2. На основі експериментальних досліджень силових параметрів в широкому діапазоні режимів різання при фрезеруванні твердосплавними торцевими фрезами встановлено, що збільшення зносу інструменту призводить до монотонного зростання не лише сили F_y , але і сили F_z . При симетричному фрезеруванні динаміка зміни сил F_z і F_y при $\psi > 90^\circ$ практично дзеркально відображається графічними залежностями для сил F_v і F_h .

3. Прийняті в кваліфікаційній роботі інженерні рішення забезпечили концентрацію операцій, мобільність виробництва а також значне скорочення затрат на оснащення виробничого процесу.

4. Розроблені конструкції спеціальних верстатних пристроїв дозволять підвищити якість виготовлення деталі і зменшити підготовчо-заклучний час на операціях.

5. З метою забезпечення безпеки виробництва та безпечних умов роботи персоналу розглянуто ряд питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
2. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
3. Мельничук П., Глембоцька Л. Моделювання силових залежностей при торцевому фрезеруванні // Вісник ТДТУ. Том 13. № 3. Тернопіль : ТДТУ, 2008. С. 78 - 87.
4. Майданюк С.В., Плівак О.А. Модуль вимірювання сил різання. // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Машинобудування : збірник наукових праць. № 2(77), Київ : НТУУ «КПІ», 2016. С. 15 - 22.
5. Методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни «Теорія різання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою «Технології машинобудування» / Укладач: Шульга А. С. Кам'янське : ДДТУ, 2019. 22 с.
6. Крушельницький В. О. Метод визначення сил різання при торцевому фрезеруванні // 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. 34.
7. 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.
8. Пилипець М. І., Комар Р. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
9. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ : НМК ВО, 1990. 264 с.

10. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
11. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 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. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: Навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
14. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
15. Дичковський М. Г., Радик М.Д. Розрахунок точності пристосувань. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 28 с.
16. 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.
17. 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.
18. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.

ДОДАТОК А

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес механічної обробки корпусу КС6Б-54.101

Дубл.	Взам.	Підп.											4		
			КС6Б-54.101												
А	Цех.	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УП	КВ	Позначення документа				
											КООД	ОН	ОП	Т шт.	Т шт.
В	Код устаткування, модель, інвентарний номер					п	Д. або В	і	і	і	і	і	і	і	і
Р						п	Д. або В	і	і	і	і	і	і	і	і
A 01	I			025	4237 Комплексна	25000	00056								
B 02					2206 ВМФ4		501	4	7	1	1	90	220	70,84	
O 03	1. Фрезерувати послідовно бокові поверхні з двох сторін в розміри (3), (4).														
P 04	L=610; t=3; i=2x2; S=300; n=200; V=100,5; To=8,13.														
O 05	2. Розточити попередньо 2 отвори (11) до Ø92,5.														
P 06	L=33,5; t=2; i=2; S=60; n=400; V=116,2; To=1,1.														
O 07	3. Розточити попередньо 2 отвори (11) до Ø96.														
P 08	L=33,5; t=1,75; i=2; S=80; n=400; V=120,6; To=0,84.														
O 09	4. Розточити попередньо 2 отвори (11) до Ø99,5.														
P 10	L=33,5; t=1,75; i=2; S=80; n=400; V=125; To=0,84.														
O 11	5. Розточити фаску в отворі (11) в розмір 7.														
P 12	L=6; t=1,5; i=1; S=400; n=400; V=125; To=0,02.														
O 13	6. Розточити попередньо 2 отвори (10) до Ø80.														
P 14	L=33,5; t=2; i=2; S=60; n=400; V=100,5; To=1,12.														
O 15	7. Розточити попередньо 2 отвори (10) до Ø84,5.														
P 16	L=33,5; t=2,25; i=2; S=60; n=400; V=106; To=1,12.														
O 17	8. Розточити фаски в двох отворах (10) в розмір (7).														
КТП	Механічної обробки														

Дубл.	Взам.	Підп.											5				
			КС6Б-54.101														
			<i>Позначення документа</i>														
А	Цех.	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УП	КВ	КООД	ОН	ОП	Т шт.	Тн.з.	Т шт.	Т шт.
В					Код устаткування, модель, інвентарний номер												
Р					n												
				L											S	V	
P 01					L=6; t=1,5; i=2; S=360; n=360; V=98,3; To=0,03.												
O 02					9. Розточити попередньо два отвори (11) до Ø99,8.												
P 03					L=33,5; t=0,15; i=2; S=100; n=450; V=141; To=0,67.												
O 04					10. Розточити два отвори в розмірі (9), (12), (13).												
P 05					L=33,5; t=0,1; i=2; S=50; n=500; V=157; To=1,34.												
O 06					11. Розточити попередньо два отвори (10) до Ø84,8.												
P 07					L=33,5; t=0,15; i=2; S=100; n=450; V=120; To=0,67.												
O 08					10. Розточити два отвори в розмірі (8), (5), (6).												
P 09					L=33,5; t=0,1; i=2; S=50; n=500; V=157; To=1,34.												
T 10					КРМ 22-726.05.00 Пристрій; 6225-4036-02 Оправка фрезерна; 7112-7741 Оправка розточна; Захват 7878-4431.												
T 11					7112-4742 Оправка розточна; 7112-4752 Оправка розточна.												
T 12					2102-4157-01 Різець токарний; 2102-4158-01 Різець токарний розточний.												
T 13					Фреза Ø160 2214-4084.												
T 14					Штангенциркуль ШЦ-I-250-0.1 ДСТУ ГОСТ 166:2009; 8150-4870 Калібр; Скоба (110) 8113-0354h14 ГОСТ16777-71.												
T 15					Пробка (Ø110H8) 8136-0021H8 ГОСТ14815-69; Пробка (Ø110H8) 8136-0021H8 ГОСТ14816-69.												
T 16					Пробка (Ø85) 8136-0015H8 ГОСТ14815-69; Пробка (Ø85) 8136-0015H8 ГОСТ14816-69.												
T 17					8150-4869 Калібр (105); 8344-4222 Калібр; 8332-4116 Пристосування; 8344-4233 Калібр; 8332-4117 Пристрій.												
КТП					Механічної обробки												

Дубл.	Взам.	Підп.											9					
			КС6Б-54.101															
А	Цех.	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УП	КВ	Позначення документа			Т шт.	Т шт.	Т шт.		
											ОН	ОП	Т шт.					
В	Код устаткування, модель, інвентарний номер					п	Д або В	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і	
Р						п	Д або В	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і	
A 01	1	050	4212	Радіально-свердлильна	25000	00063												
B 02				2A544		512	2	7	1	1	90			18				4,09
O 03	1. Зенкувати послідовно фаску в 6 отворах в розмір (2).																	
P 04	L=4; t=1,6; i=6; S - ручна; n=400; V=12,4; To=0,76.																	
O 05	2. Замінити інструмент																	
O 06	3. Нарізати послідовно різь в 6 отворах в розміри (1), (3).																	
P 07	L=50; t=1,25; i=6; S=1,25; n=200; V=5,02; To=1,6.																	
T 08	Приспосіблення 7362-4841; Захват 7878-4331; Втулки 6100-0146, 6160-4047-01, 6120-0353 ГОСТ13409-83.																	
T 09	Зенковка Ø16 2353-0133 ГОСТ14953-80; Мітчик М8 2621219.3 ГОСТ 3266-81.																	
T 10	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009; Пробка М8 8221-3036-7Н ГОСТ 17758-72.																	
11																		
12																		
A 13	1	055	4212	Радіально-свердлильна	25000	00063												
B 14				2A544		512	3	7	1	1	90			18				7,98
O 15	1. Свердлити отвір Ø14,6+0,2 в розмір (2).																	
P 16	L=22; t=7,25; i=1; S =0,16; n=315; V=14,3; To=0,44.																	
O 17	2. Замінити інструмент																	
КТП	Механічної обробки																	

ДОДАТОК Б
СПЕЦИФІКАЦІЇ

- Б.1 Пристрій для фрезерування площини КРМ 22-726.03.00.
- Б.2 Пристрій для комплексної обробки КРМ 22-726.05.00.
- Б.3 Пристрій для свердління 2-х отворів $\varnothing 17$ КРМ 22-726.07.00.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 22-726.03.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 22-726.03.10	Пневмоциліндр	1	
		2	KPM 22-726.03.20	Пневморозподільник	1	
		3	KPM 22-726.03.30	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		6	KPM 22-726.03.01	Важіль	1	
		7	KPM 22-726.03.02	Тяга	2	
		8	KPM 22-726.03.03	Палець	1	
		9	KPM 22-726.03.04	Палець зрізаний	1	
		10	KPM 22-726.03.05	Прижим	2	
		11	KPM 22-726.03.06	Втулка	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		15		Болт М24-6g×80.88.019		
				ГОСТ 7798-70	1	
				Болти ГОСТ 12201-66		
		16		7002-0366	4	
		17		7002-0373	2	
				KPM 22-726.03.00		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Крушельницький				Літ.	Аркуш
Перев.	Ткаченко					Аркушів
						1
						2
Н. контр.	Дячун				ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП _м -61	
Затв.	Окіпний					
Пристрій для фрезерування площини						

ДОДАТОК В

Крушельницький В. О. Метод визначення сил різання при торцевому фрезеруванні // 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. 34.

УДК 621.91.01

В. О. Крушельницький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ

V. O. Krushelnytskyi

METHOD FOR DETERMINING CUTTING FORCES DURING FACE MILLING

Торцеве фрезерування є одним із найбільш поширених видів механічного оброблення плоских поверхонь [1]. Призначення раціональних режимів різання дозволяє досягнути максимальної продуктивності процесу і якості продукції [2]. Режими різання залежать від багатьох показників, зокрема, від сил різання, які сягають доволі великих значень. При торцевому фрезеруванні колова сила F_z , виконує основну роботу зі зняття стружки і за нею визначають ефективну потужність і розраховують елементи механізму

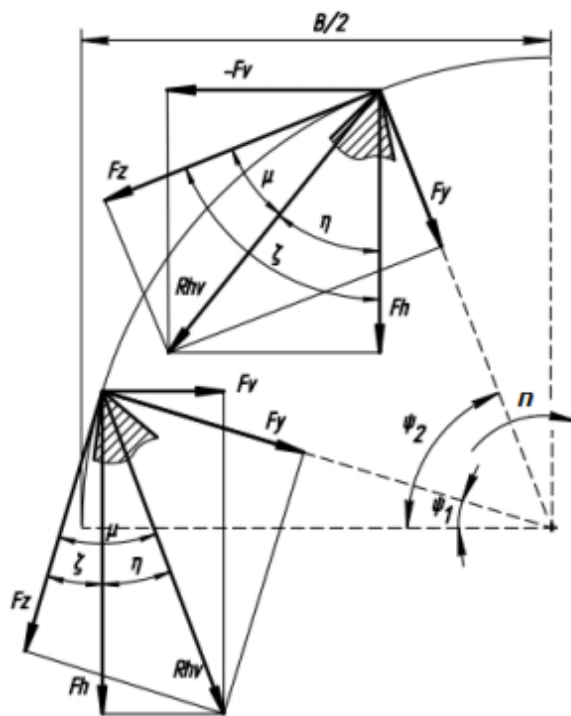


Рисунок 1. Схема складових сили різання, які діють на зуб фрези в процесі роботи

головного руху верстата. Радіальна сила F_y діє на опори шпинделя верстата, чим створює додатковий момент, що потрібно враховувати при розрахунку опор.

Миттєві значення F_z та F_y , можна розрахувати за силами F_v та F_h , (рис. 1), які легше виміряти динамометром:

- при $0^\circ \leq \psi \leq 90^\circ$

$$F_z = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \cos\left(\psi \pm \arctg \frac{F_h}{F_v}\right); \quad (1)$$

$$F_y = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \sin\left(\psi \pm \arctg \frac{F_h}{F_v}\right); \quad (2)$$

- при $90^\circ \leq \psi \leq 180^\circ$

$$F_z = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \cos\left((\psi - 90^\circ) \pm \arctg \frac{F_h}{F_v}\right); \quad (3)$$

$$F_y = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} \cdot \sin\left((\psi - 90^\circ) \pm \arctg \frac{F_h}{F_v}\right); \quad (4)$$

де F_v – вертикальна складова сили різання;
 F_h – горизонтальна складова сили різання;
 ψ – миттєвий кут повороту зуба фрези.

Результати експериментальних вимірювань сил F_v і F_h та розрахунку сил F_z і F_y можна використати для отримання графічних залежностей миттєвих значень складових сили різання при фрезеруванні від миттєвого кута повороту ψ зуба фрези.

Література

1. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
2. 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.