

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет робототехніки та штучного інтелекту

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

КОНСТРУКТОРСЬКЕ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ СТАНИНА 01.025.06.011

я спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
СУЩИК Арсен Сергійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
БОЖКО Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
БОЖКО Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 механічна інженерія

Спеціальність: прикладна механіка

Освітня програма: 131 прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Сущик Арсен Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Конструкторське та інструментальне
забезпечення технологічного процесу механічної обробки деталі станина
01.025.06.011

Керівник роботи: Божко Тетяна Євгенівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2025 р. №962/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «02» червня
2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі станина 01.025.06.011, річна
програма випуску 75000 шт/рік, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):
Вступ. Розділ 1. Загальна частина. Розділ 2. Технологічна частина. Розділ 3.
Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної дільниці.
Розділ 5. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних
джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист, карта налагодження – 1 лист, складальне
креслення верстатного пристрою – 1 лист, складальне креслення
контрольного пристрою – 1 лист, план механообробної дільниці – 1 лист,
креслення спеціального різального інструменту – 1 лист

АНОТАЦІЯ

Сущик А. С. Конструкторське та інструментальне забезпечення технологічного процесу механічної обробки деталі станина 01.025.06.011. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розроблено технологічний процес виготовлення механічної деталі станина 01.025.06.011.

У вступній частині проаналізовано функціональне призначення деталі та технічні вимоги до її виготовлення. Проведено розрахунок способу отримання заготовки та обґрунтовано вибір методів обробки поверхонь.

У технологічному розділі розглянуто технологічність конструкції деталі, визначено бази для обробки, допуски та технологічні розміри, а також виконано розрахунок припусків. Обрано режими різання, необхідне обладнання та відповідне технологічне оснащення.

У конструкторській частині розроблено верстатний та контрольний пристрої, а також спроектовано механічну виробничу ділянку. Проведено розрахунок основних техніко-економічних показників ділянки.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано умови праці на ділянці та розроблено заходи щодо їх покращення. Розглянуто засоби забезпечення безпечних і комфортних умов праці, а також заходи пожежної профілактики на проєктованій ділянці.

Ключові слова: технологічний процес, станина, механічна обробка.

ABSTRACT

Sushchyk A. S. Design and instrumental support of the technological process of mechanical processing of a bed part 01.025.06.011. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

Bachelor's qualification work consists of an introduction, five chapters, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices.

In the bachelor's qualification work, the technological process of manufacturing a mechanical part of the bed 01.025.06.011 is developed.

In the introductory part, the functional purpose of the part and the technical requirements for its manufacture are analyzed. The method of obtaining the workpiece is calculated and the choice of surface treatment methods is justified.

In the technological section, the manufacturability of the part design is considered, the bases for processing, tolerances and technological dimensions are determined, and allowances are calculated. Cutting modes, necessary equipment and appropriate technological equipment were selected.

In the design part, a machine tool and control device were developed, and a mechanical production section was designed. The main technical and economic indicators of the section were calculated.

In the section "Occupational safety" working conditions at the section were analyzed and measures were developed to improve them. Means of ensuring safe and comfortable working conditions, as well as fire prevention measures at the designed section were considered.

Keywords: technological process, bed, mechanical processing.

ВСТУП

Роль прикладної механіки у народному господарстві є визначальною, тому машинобудівній галузі приділяється значна увага та забезпечується її постійний розвиток.

Технологія істотно визначає рівень розвитку виробництва. Від її досконалості залежать обсяги виробництва, економічність використання матеріальних і енергетичних ресурсів, якість виготовленої продукції та інші техніко-економічні показники.

Важливу роль у прискоренні науково-технічного прогресу в машинобудуванні, удосконаленні існуючих і створенні нових методів виготовлення та контролю продукції відіграє методологія проектування прогресивних технологічних процесів.

У прикладній механіці основними є дві ключові проблеми: забезпечення якості машинобудівної продукції та підвищення продуктивності праці. Кожна з них охоплює низку більш конкретних завдань, таких як забезпечення надійності та довговічності виробів, підвищення технологічності конструкцій, розробка нових методів обробки, автоматизація технологічних процесів і систем управління виробництвом, а також підвищення ефективності науково-дослідних робіт.

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра вибір варіантів технологічного процесу, обладнання, оснащення та способів отримання заготовки здійснюється на основі техніко-економічного аналізу, що дозволяє обґрунтувати оптимальне рішення.

Основним завданням кваліфікаційної роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі станина 01.025.06.011, який при використанні сучасного обладнання та раціонально вибраних режимів різання забезпечує мінімальні витрати енергетичних і матеріальних ресурсів, а також зниження трудомісткості виготовлення виробу.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов

Станина 01.025.06.011 є складовою частиною намотувального верстата, який застосовується в електротехнічній промисловості.

За конструктивними ознаками станина належить до класу корпусних деталей і являє собою зварну конструкцію, складену з плоских елементів, виготовлених із листового прокату. Зварювання деталей виконується ручним електродуговим способом відповідно. Після зварювання конструкція проходить правильну, термічну та дробоструминну обробку, а також фарбування поверхонь, які не підлягають механічному обробленню. Після цього станина надходить у механічний цех для подальшої обробки на металорізальних верстатах.

Конструкція деталі та технічні вимоги не створюють суттєвих труднощів при механічному обробленні і не потребують застосування спеціальних методів різання. Обробку більшості поверхонь можна виконувати на універсальному обладнанні із застосуванням стандартного різального інструменту. Однак особливістю даної деталі є обмеження щодо використання високопродуктивних силових режимів обробки, що пов'язано зі зварною конструкцією станини та необхідністю забезпечення її точності й жорсткості.

Згідно з технічними умовами отвори діаметром Ø50 та пази D необхідно обробляти з однієї установки, що ускладнює технологічний процес і висуває підвищені вимоги до точності базування та жорсткості технологічного оснащення.

Деталь станина 01.025.06.011 виготовлена зі сталі 20 ДСТУ EN 10083-2

- з механічними характеристиками: $\sigma_{\text{вп}} = 420 \text{ Н / мм}^2$, $\sigma_{\text{зг}} = 250 \text{ Н / мм}^2$, $\text{HB217} - 269 \text{ кгс / мм}^2$.

- з хімічним складом:

Таблиця 1.1 - Хімічний склад Ст 20 ДСТУ EN 10083-2

Вуглець, С %	Кремній, Si %	Марганець, Mn %
0,15-0,2	0,1-0,15	0,35-0,5

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Процес вибору методу одержання заготовки є складним і залежить від багатьох факторів: конструкції деталі, матеріалу, вимог до точності, типу виробництва та економічної доцільності. Дана деталь виготовляється зі сталі 20, що за своїми технологічними властивостями дозволяє ефективно застосовувати метод лиття для отримання заготовки.

Виробництво даної деталі відповідає масовому типу виробництва, тому при виборі способу отримання заготовки особливу увагу приділяють забезпеченню високої продуктивності, стабільності якості та мінімізації витрат матеріалу й трудомісткості.

Доцільність застосування того чи іншого способу отримання заготовки оцінюють за техніко-економічними показниками. Основним критерієм вибору є мінімальна величина приведених витрат на виготовлення заготовки, яка враховує вартість матеріалу, витрати на виготовлення оснащення, трудомісткість процесу, енерговитрати та обсяг подальшої механічної обробки:.

$$S_{заг.} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_{\epsilon} \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000}, \text{ де}$$

де, C_i - вартість 1 т. заготовки, грн.;

$k_m \cdot k_c \cdot k_{\epsilon} \cdot k_m \cdot k_n$ - коефіцієнти, які вказують на клас точності, групу складності, марку матеріалу і обсяг виробництва заготовок [1];

Q і q - маса заготовки та маса деталі.

$$k_m = 1,1; k_c = 1,22; k_{\epsilon} = 0,93; k_m = 0,93; k_n = 1.$$

Визначимо масу деталі і масу заготовки, попередньо деталь розбиваємо на елементарні фігури і підраховуємо об'єм:

$$M_{дет.} = \sum_{i=1}^n V_i \cdot \rho, \text{ де}$$

V_i - елементарний об'єм, см^3 ;

ρ - питома вага.

$$V_{\text{д}} = \pi \cdot R^2 \cdot h$$

$$V_{\text{д}} = \pi \cdot \frac{165^2}{4} \cdot 75 + \pi \cdot \frac{115^2}{4} \cdot 30 - \pi \cdot \frac{100^2}{4} \cdot 75 - \pi \cdot \frac{130^2}{4} \cdot 30 - \pi \cdot \frac{12^2}{4} \cdot 27 \cdot 12 = \\ = 1602900 + 311449 - 588750 - 397995 - 36625 = 890979 \text{ см}^3 = 890 \text{ дм}^3$$

$$V_{\text{заг}} = \pi \cdot \frac{161^2}{4} \cdot 80 + \pi \cdot \frac{111^2}{4} \cdot 35 - \pi \cdot \frac{96^2}{4} \cdot 80 - \pi \cdot \frac{126^2}{4} \cdot 35 = \\ = 1627839 + 338519 - 578765 - 436193 = 951400 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{заг}} = 951 \text{ см}^3$$

Після знаходження об'ємів маса деталі дорівнює:

$$q = \rho_{\text{ст}} \cdot V_{\text{д}} = 7,8 \cdot 891 = 6,9 \text{ кг}$$

Масу заготовки знайдемо по розмірах деталі з врахуванням припусків:

$$Q_1 = 8,14 \text{ кг}$$

Заготовка з прокату - $Q_2 = 7,418 \text{ кг}$

Штамповка:

$$S_{\text{ш}} = \left(\frac{150}{1000} \cdot 8,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,93 \cdot 1,2 \right) - (8,14 - 6,9) \cdot \frac{25}{1000} = 2,797 \text{ грн}$$

Прокат:

$$S_{\text{п}} = \left(\frac{150}{1000} \cdot 7,418 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,26 \cdot 1 \right) - (7,418 - 6,9) \cdot \frac{25}{1000} = 1,389 \text{ грн}$$

Економічний ефект при співставленні способів отриманих заготовок:

$$E = (S_1 + S_2) \cdot N = (2,797 - 1,389) \cdot 75000 = 105600 \text{ грн}$$

Ми бачимо, що використання методу зварювання з прокату є найбільш доцільним.

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції, тому до них висуваються різноманітні вимоги щодо точності розмірів, шорсткості поверхні, а також форми і взаємного розташування.

Забезпечення цих вимог досягається застосуванням відповідних технологічних методів механічної обробки.

Вибір методів оброблення здійснюється з урахуванням габаритних розмірів деталі, характеру та точності вихідної заготовки, фізико-механічних властивостей матеріалу, типу виробництва, наявного технологічного обладнання та інших виробничих факторів.

На основі аналізу зазначених вимог формується маршрут обробки поверхонь деталі. При цьому використовують метод визначення кількості ступенів обробки, який базується на умові забезпечення необхідного уточнення заготовки до значень відхилень, заданих допусками на готову деталь.

Кожний наступний технологічний перехід забезпечує поступове підвищення точності та зниження шорсткості поверхні, що дозволяє отримати необхідні параметри якості при мінімальних витратах часу та ресурсів. Такий підхід забезпечує раціональну побудову технологічного процесу та економічну ефективність виготовлення деталі.

Розрахункове уточнення визначається за формулою:

$$\varepsilon_p = \frac{T_z}{T_d}$$

де T_z — допуск на розмір заготовки;

T_d — допуск на розмір готової деталі.

Розрахункове уточнення може забезпечуватись різними методами механічної обробки, кожен з яких характеризується власною величиною уточнення. Уточнення для кожної окремої операції або переходу визначають із залежності:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \times \dots \times \varepsilon_m$$

де m — кількість операцій (переходів) обробки.

Вихідні дані для розрахунків приймаються за довідковою літературою [1].

Для прикладу розглянемо внутрішню циліндричну поверхню діаметром 100 мм з полем допуску K7. Заготовка отримується зварюванням із прокату та має початкову точність H14. Загальне уточнення становить:

$$E = \frac{T_{з.}}{T_{д.}} = \frac{600}{39} = 15$$

$$n = \frac{\lg 15}{0,46} = 3.$$

Отримане значення уточнення забезпечується за три ступені механічної обробки, тобто приймаємо $m=3$.

Послідовність підвищення точності приймається такою:

- після чорнової обробки точність підвищується з Н14 до Н10;
- після чистової обробки — з Н10 до Н8;
- після тонкої обробки — з Н8 до Н7.

Таким чином, на кожному переході забезпечується поступове підвищення точності, що відповідає технологічним рекомендаціям та забезпечує отримання необхідної якості поверхні деталі.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, тобто кількістю різних технологічних операцій, що виконуються на одному робочому місці протягом певного періоду часу.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \sum_{i=1}^r O_i / \sum_{i=1}^r C_{pi}$$

де O_i — кількість операцій, закріплених за i -м робочим місцем;
 C_{pi} — кількість робочих місць (одиниць технологічного обладнання).

Залежно від величини коефіцієнта закріплення операцій визначають тип виробництва:

- масове виробництво — $K_{з.о.}=1$;
- великосерійне — $1 < K_{з.о.} \leq 10$;
- середньосерійне — $10 < K_{з.о.} \leq 20$;
- дрібносерійне — $20 < K_{з.о.} \leq 40$;
- одиничне — $K_{з.о.} > 40$.

Отримане значення коефіцієнта закріплення операцій дозволяє обґрунтувати вибір типу виробництва, необхідного технологічного обладнання, оснащення та рівня спеціалізації робочих місць.

Визначимо основний технологічний час T_o , хв за [1] для кожної операції.

005 Поздовжньо-фрезерна операція.

$$T_o = 6l = 6 \cdot 500 \cdot 10^3 = 3 \text{ хв};$$

$$T_{шк} = 1,51 \cdot 6 = 9,06 \text{ хв};$$

010 Горизонтально-фрезерна операція.

$$T_o = 6 \cdot 280 \cdot 10^3 = 1,68 \text{ хв};$$

$$T_{шк} = 1,51 \cdot 1,68 = 2,54 \text{ хв};$$

015 Вертикально-фрезерна операція.

$$T_o = 0,78 \text{ хв};$$

$$T_{шк} = 1,51 \cdot (0,78 + 1,38) = 3,26 \text{ хв};$$

020 Горизонтально-розточувальна операція;

1. перехід:

$$T_o = 7l = 7 \cdot 720 \cdot 10^{-3} = 10,08 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = 1,51 \cdot 10,08 = 15,2$$

2. перехід:

$$T_{01} = 0,52 \cdot 8,5 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,11 \text{ хв};$$

$$T_{02} = 0,31 \cdot 20 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,15 \text{ хв};$$

$$T_{03} = 0,31 \cdot 46 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,34 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = 3,25 \cdot 1,62 = 5,26 \text{ хв}$$

3. перехід:

$$T_o = 0,04 \cdot 4 = 0,16 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = 0,52 \text{ хв};$$

5. перехід:

$$T_o = 0,9 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = 1,51 \cdot 0,9 = 1,4 \text{ хв};$$

6. перехід:

$$T_o = 0,52 \cdot 8,5 \cdot 25 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,663 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = 1,41 \cdot 0,663 = 0,93 \text{ хв};$$

Вибираємо нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.н.}=0,8$.

Розрахункова кількість верстатів:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}},$$

де N=25000 - річна програма випуску, шт.;

$T_{ш-к}$ - штучно-калькуляційний час, хв;

$$\dot{O}_{\partial-\hat{e}} = T_0 \cdot \varphi,$$

φ_{κ} – поправочний коефіцієнт;

F_{∂} - річний фонд роботи верстатів ($F_{\partial}=4059$ год.);

$\eta_{з.н.} = 0,75$ - нормативний коефіцієнт завантаження верстатів;

$$m_p = \frac{25000 \cdot 9,06}{60 \cdot 4059 \cdot 0,75} = 1,24.$$

Кількість робочих місць $p=1$.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт завантаження верстатів:

$$n_{\zeta.\bar{A}.} = \frac{m_p}{p} < n_{\zeta.f.}.$$

$$n_{\zeta.\bar{A}.1} = \frac{1,71}{3} = 0,57$$

Розраховуємо кількість операцій:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}.$$

$$O = \frac{0,8}{0,57} = 1,4; \text{; приймаємо } 1.$$

Всі розрахунки усіх операцій зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Визначення типу виробництва

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	Р	$\eta_{з.ф.}$	О
1	2	3	4	5	6
005	9,06	1,24	2	0,62	1
010	2,54	0,35	1	0,35	2
015	3,26	0,45	1	0,45	2
020	26,2	3,6	4	0,9	1

025	16,2	2,2	3	0,73	1
030	15,8	2,18	3	0,726	1
035	12,9	1,78	2	0,89	1
Сума	85,96		16	4,66	9

Розрахуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$\hat{E}_{\text{с.і.}} = \frac{\sum \hat{I}}{\sum D} = \frac{14}{26} = 0,54.$$

Оскільки $\hat{E}_{\text{с.і.}} = 0,54 \leq 1$, то приймаємо масовий тип виробництва.

Визначимо організаційну форму виробництва.

Добовий випуск деталей:

$$N_c = \frac{N}{254} = \frac{25000}{254} = 98 \text{шт};$$

N – програма випуску;

254 – кількість робочих днів у році.

Визначимо добову продуктивність поточної лінії:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{\text{с.д.н.д.}}} \cdot \eta_{\text{с.д.н.д.}} = \frac{952}{6,44} \cdot 0,549 = 81 \text{д} ;$$

F_c - добовий фонд роботи верстатів ($F_c=952$ хв.);

– кількість операцій;

$$\eta_{\text{с.д.н.д.}} = \frac{\sum \eta_{\text{с.д.}}}{n} = \frac{3,84}{7} = 0,549;;$$

Тип виробництва – масове. Форма організації роботи – потокова;

Такт випуску:

$$t_d = \frac{60 \cdot Fd}{N} = \frac{60 \cdot 4059}{75000} = 3,25 \text{хв.}$$

$Fd=4059$ год.- дійсний річний фонд роботи верстатів.

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Робоче креслення містить усі необхідні дані, які дають повне уявлення про деталь. Усі проекції, розрізи та перерізи чітко й однозначно пояснюють її конфігурацію та можливі способи отримання заготовки. На кресленні вказані всі необхідні розміри, а також параметри шорсткості оброблюваних поверхонь.

Недоліком креслення є те, що позначення шорсткості виконано за застарілими вимогами, тоді як сучасна конструкторська документація повинна оформлюватися відповідно до чинних стандартів ЄСКД та ДСТУ. Крім того, відсутня специфікація до креслення, а також не зазначені матеріали, з яких виготовляються окремі елементи конструкції.

Технологічний аналіз конструкції спрямований на покращення техніко-економічних показників розроблюваного технологічного процесу. Аналіз технологічності доцільно проводити у такій послідовності:

1. Встановити можливість застосування високопродуктивних методів оброблення.
2. Оцінити доцільність призначених розмірів і протяжності оброблюваних поверхонь, а також виявити важкодоступні для обробки місця.
3. Визначити технологічну ув'язку розмірів, вимоги до шорсткості та необхідність додаткових технологічних операцій для забезпечення заданої точності й якості поверхонь.
4. Встановити поверхні, які можуть бути використані як технологічні бази, а також можливість введення штучних баз.

У загальному деталь можна вважати технологічною. Її обробку можливо виконувати на високопродуктивному обладнанні, агрегатних верстатах та багатоопераційних верстатах з ЧПК.

Конструкція деталі допускає оброблення більшості поверхонь напрохід. Існує можливість обробки отворів із застосуванням багатошпindelних

головок, а отвори Ø50H8 та Ø100H8 можуть оброблятися за одну установку, що позитивно впливає на точність взаємного розташування поверхонь.

До більшості поверхонь забезпечений вільний доступ різального інструменту. Жорсткість деталі відповідає вимогам високопродуктивних методів оброблення, а конструкція має достатню кількість зручних базових поверхонь необхідних розмірів.

Основні труднощі пов’язані з вибором способу отримання заготовки. Деталь є габаритною та потребує значних витрат металу. Для даної конструкції можливі два основні способи отримання заготовки: лиття або виготовлення у вигляді зварної конструкції.

Технологічність деталі оцінюють також за наступними показниками, [1]:
- коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} = \frac{32}{36} = 0,89 > 0,6$$
 - деталь технологічна;

1) Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{н.м.} = \frac{Q_{дет.}}{Q_{заг.}} = \frac{60,3}{80,2} = 0,75$$
 - технологічна,

2) Коефіцієнт точності обробки та шорсткості:

$$A_{cp.} = \frac{450}{36} = 12,5;$$

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{12,5} = 0,92 > 0,8$$
 - деталь технологічна;

Коефіцієнт шорсткості:

$$Ш_{cp.} = \frac{359}{50} = 7,18;$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{7,18} = 0,139 < 0,32$$
 - деталь технологічна;

Таблица 2.1 - Визначення коефіцієнту шорсткості

$Ш_i$	n_i	$Ш_i n_i$
12,5	22	275
3,2	20	64
2,5	8	20

Таблица 2.2 - Визначення коефіцієнта точності

T_i	n_i	$T_i n_i$
14	26	364
10	1	10
9	4	36
8	5	40

2.2 Вибір технологічних баз

Схема базування і закріплення, технологічні бази, опорні та затискні елементи, а також конструкція пристрою повинні забезпечувати нерухоме положення заготовки відносно різального інструменту, надійність її закріплення та незмінність базування протягом усього процесу оброблення при даній установці.

Метод базування без вибірки по опорних і установчих базах широко застосовується у масовому виробництві. Поверхні заготовки, які приймаються як базові, та їх взаємне розташування повинні забезпечувати можливість використання простої й надійної конструкції пристрою, зручність встановлення, закріплення та зняття заготовки, а також можливість прикладання сил затиску в необхідних місцях і підведення різального інструменту.

У зв'язку з тим, що заготовка надходить у механічний цех попередньо обробленою, першою операцією є шліфування трьох сторін Б, В, Г з метою забезпечення перпендикулярності площин. При цьому заготовка по чергову встановлюється на магнітний стіл верстата площинами Б і Г, після чого виконується шліфування площини В. У даному випадку застосування спеціальних способів базування не потрібне.

Наступною операцією є оброблення отворів і пазів з трьох сторін деталі шляхом її послідовного повертання. Деталь встановлюється на площину В з упором у площину П, що дозволяє забезпечити виконання технічних вимог креслення, а також гарантує точність отримання розмірів $108,5 \pm 0,46$ мм і 136,5 мм, оскільки установча база збігається з вимірювальною.

На всіх наступних операціях технологічними базами служать уже оброблені поверхні та отвори Ø50H8. Це забезпечує дотримання принципів суміщення і сталості баз, що сприяє підвищенню точності механічної обробки деталі.

Вибрані бази для остаточного оброблення мають необхідну шорсткість і достатню жорсткість, що забезпечує стійкість заготовки до деформацій, які виникають під дією сил різання, затиску та власної ваги деталі.

Розрахуємо похибку розміру $108,6^{+0,46}$.

Допуск на розмір має бути більшим чим похибка базування.

$$T \geq \omega_{н.б} + \omega_{м.е.}$$

У даному випадку конструкторська база розміру збігається з технологічною базою, тому похибка базування дорівнює нулю. За таких умов точність отриманого розміру визначається лише похибками технологічної системи, до яких належать похибки верстата, пристрою, інструмента та деформації елементів системи ВПД. Отже, допуск на оброблюваний розмір залежить виключно від сумарної похибки технологічної системи.

$$\omega_{н.б} = 0$$

$$\omega_{м.е.} = 0,9$$

$$T \geq \omega_{м.е.}, 0,46 > 0,9$$

З одержаної залежності видно, що прийнята схема базування забезпечує отримання необхідного конструкторського розміру з заданою точністю. Вибраний спосіб базування та закріплення гарантує правильне положення заготовки відносно різального інструмента і забезпечує стабільність обробки.

Прийняті методи базування та закріплення будуть наочно представлені в картах ескізів і картах технологічних налагоджень, що дозволить детально відобразити положення заготовки, базові поверхні, опорні та затискні елементи пристроїв.

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри, розрахунок припусків

У даному випадку припуски на механічну обробку всіх поверхонь визначаються з використанням табличних даних відповідно до прийнятого

технологічного маршруту оброблення. Оскільки заготовка являє собою попередньо оброблену зварну конструкцію, виготовлену з прокату, масою 82 кг, величини припусків приймаються з урахуванням особливостей зварних заготовок та точності їх попереднього виготовлення.

Для прикладу розглянемо аналітичний розрахунок припуску на оброблення отвору Ø50H8. Для інших поверхонь припуски та допуски визначаються за нормативними таблицями залежно від виду оброблення і точності поверхні.

Технологічний маршрут оброблення отвору Ø50H8 складається з трьох послідовних переходів:

1. Попереднє зенкерування;
2. Чистове зенкерування;
3. Розвертування.

Усі переходи виконуються за одну установку деталі, що забезпечує високу точність взаємного розташування поверхонь та зменшує похибки базування.

Базування заготовки здійснюється по чисто обробленій площині В та поверхні П. У даному випадку установчі та вимірювальні бази збігаються, що відповідає принципу суміщення баз і дозволяє підвищити точність отримання заданого розміру та взаємного розташування поверхонь.

Розрахунок припусків на обробку отвору Ø50H8 проводимо по методиці [1] і дані розрахунків заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3- Розрахунок припусків Ø 50H8

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск розмір $Z_{\min}$, мм	Допуск, мкм	Максимально допустимий розмір, мм		Максимально допустиме значення припусків	
	$R_{z_{i-1}}$	T	ρ	ε			$d_{\min}$	$d_{\max}$	пр. $Z_{\min}$	пр. $Z_{\max}$
Заготовка	600	600	294	-		600	47,8	47,7	-	-
Чорнове Зенкерування	50	50	15	240	2·980	250	49,4	49,65	1950	2300
Чистове Зенкерування	30	40	12	12	2·120	100	49,8	49,9	250	400
Розвертування	5	10	-	5	2·73	39	50	50,039	140	200

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\rho_{\zeta} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}.$$

Короблення отвору як в діаметральному, так і в осьовому січенні:

$$\rho_{1.} = \sqrt{(\Delta_{\kappa.} \cdot d)^2 + (\Delta_{\kappa.} \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 50)^2 + (0,7 \cdot 290)^2} = 206 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\varepsilon.} = 0,7.;$$

d і l- діаметр і довжина отвору.

Сумарне значення просторового відхилення деталі:

$$\rho_{\zeta.} = \sqrt{\rho_{\tilde{m}}^2 + \rho_{\varepsilon\hat{\imath}\delta}^2};$$

$$\rho_2 = 210 \text{ мкм};$$

$$\rho_{3.} = \sqrt{206^2 + 210^2} = 294 \text{ мкм};$$

Проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, за формулою:

$$2 \cdot Z_{\min_i} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + W_{y_i}^2}).$$

Чорнове зенкерування:

$$2 \cdot Z_{\min1} = 2 \cdot (300 + \sqrt{294^2 + 240^2}) = 2 \cdot 908 \text{ мкм};$$

Чистове зенкерування:

$$2 \cdot Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{15^2 + 12^2}) = 2 \cdot 120 \text{ мкм};$$

Розвертування:

$$2 \cdot Z_{\min 3} = 2 \cdot (40 + 30 + \sqrt{12^2 + 5^2}) = 2 \cdot 73 \text{ мкм};$$

Розрахунковий розмір d:

$$d_{p4} = 50,039 \text{ мкм};$$

$$d_{p3} = d_{p4} - 2 \cdot Z_{\min 3} = 50,039 - 0,146 = 49,893 \text{ мкм};$$

$$d_{p2} = d_{p3} - 2 \cdot Z_{\min 2} = 49,893 - 0,24 = 49,653 \text{ мкм};$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2 \cdot Z_{\min 1} = 49,653 - 1,96 = 47,653 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю.

Значення допусків для кожного технологічного переходу приймаються відповідно до квалітетів точності, характерних для певного виду механічної обробки, з урахуванням виконаних розрахунків. Отримані значення допусків наводяться у відповідній таблиці технологічного процесу.

Граничні розміри отвору визначаються таким чином:

- найбільший граничний розмір отримують із розрахункового розміру шляхом округлення до значення точності, що відповідає допуску даного технологічного переходу;
- найменший граничний розмір визначають шляхом віднімання допуску відповідного переходу від найбільшого граничного розміру.

Такий підхід дозволяє забезпечити необхідну точність оброблення на кожному етапі технологічного процесу та гарантує отримання кінцевого розміру отвору в межах заданого допуску.

Для розвертування;

$$d_{\max} = 50,039 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 50,039 - 0,039 = 49,8 \text{ мм};$$

Для чистового зенкерування;

$$d_{\max} = 49,9 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 49,9 - 0,1 = 49,8 \text{ мм};$$

Для чорнового зенкерування;

$$d_{\max} = 49,65 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 49,65 - 0,25 = 49,4 \text{ мм};$$

Для заготовки;

$$d_{\max} = 47,7 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 47,7 - 0,6 = 47,1 \text{ мм};$$

Мінімальні граничні значення припусків $2Z_{\min}^{\ddot{a}\ddot{a}}$:

- розвертування:

$$2Z_{\min 3}^{ep} = 50,039 - 49,9 = 140 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 3}^{ep} = 50 - 49,8 = 200 \text{ мкм};$$

- чистове зенкерування:

$$2Z_{\min 2}^{ep} = 49,9 - 49,65 = 250 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2}^{ep} = 49,8 - 49,4 = 400 \text{ мкм};$$

- чорнове зенкерування:

$$2Z_{\min 1}^{ep} = 49,65 - 47,7 = 1950 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{ep} = 49,4 - 47,1 = 2300 \text{ мкм};$$

Загальні припуски $2Z_{\min}^{ca\ddot{a}}$ і $2Z_{\max}^{ca\ddot{a}}$:

$$2Z_{\min}^{za\ddot{a}} = 140 + 250 + 1950 = 2340 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max}^{za\ddot{a}} = 200 + 400 + 2300 = 2900 \text{ мкм};$$

Для всіх інших поверхонь, що обробляються, припуски знаходимо за табличним методом і значення заносимо в таблицю.

Таблиця 2.4 - Загальні припуски і допуски на оброблювані поверхні станини

Поверхня деталі	Клас точності розмірів	Степінь точності поверхні	Табличний припуск	Допуск розміру, мм	Спосіб кінцевої обробки	Значення припуску
1	2	3	4	5	6	7
В	5-11	9-14	0,5	0,4	чистова	1,5

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
Б,Г	5-11	9-14	2·0,5	0,46	тонко	1,5
П	5-11	9-14	2,0	1,150	чорнова	4
23	5-11	9-14	2,5	1,15	чорнова	4
23	5-11	9-14	1,0	0,92	чорнова	7

23	5-11	9-14	2,0	1,0	чорнова	6
9	5-11	9-14	2·2,0	600	чорнова	7
13	5-11	9-14	2·2,0	600	чорнова	7
10	5-11	9-14	2·2,0	520	тонко	2
10	5-11	9-14	2,5	620	чорнова	1,5

2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

При призначенні елементів режимів різання враховують характер оброблення, тип і розміри різального інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал та стан заготовки, а також тип і технічний стан технологічного обладнання.

Глибина різання при чорновій обробці призначається, по можливості, максимальною і, як правило, дорівнює всьому припуску на оброблення або його більшій частині. Це забезпечує підвищення продуктивності оброблення та зменшення кількості проходів. При чистовій обробці глибина різання визначається вимогами до точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні.

Подача при чорновій обробці вибирається максимально можливою з урахуванням допустимої шорсткості поверхні, жорсткості системи «верстат–пристрій–інструмент–деталь» (ВПД), міцності різального інструменту та потужності приводу верстата.

При чистовій обробці величина подачі призначається залежно від необхідного ступеня точності та параметрів шорсткості оброблюваної поверхні. Зменшення подачі при чистових переходах сприяє підвищенню якості поверхні та точності отримуваних розмірів.

010 Горизонтально-фрезерна операція

Зенкерувати отвір 9 в розмір 48.5

Розрахунок швидкості різання $V, м/хв$, кількості обертів шпинделя n в хвилину:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v,$$

де $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$ - загальний поправочний коефіцієнт.

$K_{mv} = 1; K_{nv} = 0,85; K_{iv} = 1,25.$

$S = 0,7 \text{ мм / об}; t = 1,375 \text{ мм};$

$C_v = 18; x = 0,2; y = 0,6; m = 0,25;$

$$V = \frac{18 \times 48,75^{0,6}}{60^{0,25} \cdot 1,375^{0,2} \cdot 0,7^{0,3}} = 28 \text{ м / хв};$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 28}{3,14 \cdot 48,75} = 182,9 \text{ об / хв};$$

Вибираємо $n = 200 \text{ об / хв};$

Сила різання:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,3^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 1,3^{-0,3} \cdot 0,81 = 2906,1 \text{ Н}$$

$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,3;$

$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp} = 0,6 \cdot 1,08 \cdot 1,25 \cdot 1 = 0,81;$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{31,18 \cdot 200}{9750} = 0,64 \text{ кВт};$$

Таблиця 2.5 - Режими різання

№ операції	№ переходу	t, мм	S, мм/об або S_z , мм/зуб	V, м/хв	n, хв ⁻¹	$N_{різ.}$, кВт	$T_{осн.}$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8
005	1	0,5	0,025	31,4	1500	15,6	2,36
	2	0,5	0,025	31,4	1500	15,6	2,36
	3	0,5	0,025	31,4	1500	13,3	1,32

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
010	Г						
	1	1,25	0,7	30,6	200	0,64	0,28
	2	0,5	0,7	31,1	200	0,52	0,28
	3	0,25	1,0	6,3	40	0,28	0,12
	4	3,0	0,65	97,3	1000	1,7	0,9

	5	1,0	0,5	97,5	1000	1,5	1,12
	6	2,5	0,05	15,7	1000	0,51	0,2
	7	4,5	0,125	22,6	800	1,3	0,4
	8	2,5	0,3	35,1	800	1,36	0,1
	Π						
	9	1,25	1,0	61,8	200	0,81	0,2
	10	0,5	0,8	62,4	200	0,63	0,25
	11	0,25	2,0	12,5	40	0,42	0,5
	12	1,5	0,4	25,9	80	0,76	0,24
	13	3,0	0,3	40,2	80	2,8	0,28
	14	2,0	0,63	97,8	1000	3,8	0,43
	15	2,5	0,05	15,7	1000	0,51	1,2
	16	4,25	0,125	21,3	800	1,2	1,74
	17	1,6	0,06	30,1	800	0,78	0,9
	18	0,81	1,5	9,9	315	5,2	0,38
015	1	2,5	0,3	100,4	800	3,4	2,4
	2	0,5	0,25	100,4	800	1,9	3,0
020	1	2,5	0,3	100,4	800	3,4	3,4
	2	0,5	0,25	100,4	800	1,9	4,3
025	1	4,0	0,65	98,9	500	3,5	2,28

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
030	1	2,5	0,8	15,7	1000	0,51	3,6
	2	2,55		20		1,12	1,28
	3	2,1		16,5		1,08	0,32
	4	1,0		20		1,2	0,3
	5	4,0		20,4		1,4	0,8
	6	3,5		19,8		2,2	1,08
	7	0,45		7,8		1,22	0,12
	8	0,55		9,4		4,5	0,2
	9	4,25		21,3		1,28	0,1
	10	5,1		25,6		2,2	0,1
	11	1,5		30,1		1,4	1,12
	12	0,81		9,8		5,2	0,25
	13	0,95		11,8		8,3	0,22
035	1	5,0	0,05	3,01	160	4,2	1,875
	2	5,0	0,05	3,01	160	4,2	1,875

2.5 Нормування технологічного процесу

Залежно від організаційної форми виробництва виконується розрахунок технічних норм часу на виконання технологічних операцій.

Для потокової форми організації виробництва визначається штучний час:

$T_{шт.} = T_{o.} + T_{д.} + T_{об.} + T_{відп.},$ де

T_o — основний (машинний) час, хв;

T_d — допоміжний час, хв;

$T_{обс}$ — час на обслуговування робочого місця, хв;

T_v — час на відпочинок та особисті потреби, хв.

Основний час визначається на основі прийнятих режимів різання.

Допоміжний час розраховується за формулою:

$T_{д} = T_{уст.} + T_{упр.} + T_{вим.},$ де

$T_{уст}$ — час на встановлення та зняття деталі, хв;

$T_{кер}$ — час на прийняття та зміну органів керування верстатом, хв;

$T_{вим}$ — час на контроль та вимірювання деталі, хв.

Усі складові норм часу приймаються відповідно до загальномашинобудівних нормативів технічного нормування робіт на металорізальних верстатах. Це дозволяє забезпечити обґрунтоване визначення трудомісткості технологічних операцій і раціональну організацію виробничого процесу.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.6

Таблиця 2.6 - Нормування технологічного процесу

Номер і найменування операції	T_o , хв.	T_d , хв.			$T_{оп}$, хв.	$T_{обсл}$, хв.	$T_{відп}$, хв.	$T_{ит}$, хв.
		$T_{уст}$, хв.	$T_{упр}$, хв.	$T_{вим}$, хв.				
005	6,04	0,52	6,56	0,19	1,56	1,7	0,34	7,23
010	13,5	2,3	15,8	0,25	0,71	1,7	0,69	17,32
015	5,4	0,52	5,92	0,21	23,56	2,8	0,29	6,85
020	7,7	0,52	8,22	0,29	0,4	2	0,31	9,04
025	3,28	0,33	3,61	0,08	0,95	1,3	0,18	4,01
030	11,3	1,2	12,49	0,45	2,5	2	0,62	14,0
035	50,96	2,95	6,7	0,33	7,9	1,3	0,33	7,86

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування технологічного оснащення

3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Пристрій призначений для напівчистового та чистового фрезерування чорнової і чистової баз деталі — відповідно поверхонь 10 та 1. Пристрій використовується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6М12П для оброблення площин торцевою фрезою заданої деталі або однотипних деталей із аналогічними вимогами до точності та якості поверхонь.

Забезпечувана точність оброблення повинна бути не нижче 11-го квалітету для розміру 177 мм. Вимоги до шорсткості поверхні становлять:

- після напівчистового фрезерування — не більше Ra 10 мкм;
- після чистового фрезерування — не більше Ra 1,25 мкм.

Компоновка пристрою повинна забезпечувати реалізацію прийнятої схеми базування деталі та мінімальну похибку базування відповідно до розрахункової схеми.

Сила затиску фіксуючих елементів пристрою має гарантувати надійне закріплення та утримання заготовки під час оброблення, що забезпечує достатню жорсткість системи «верстат–пристрій–інструмент–деталь» (ВПД) і, відповідно, необхідну точність та якість обробки.

Також розроблено пристрій для горизонтального фрезерування, призначений для чорнового фрезерування одночасно двох поверхонь торцевими фрезами. Для даної операції забезпечуються точність оброблення за 12-м квалітетом та шорсткість поверхні Ra 12,5 мкм.

Оброблюваними поверхнями є:

- поверхні 1 і 10;
- поверхні 2 і 3;
- поверхні 11 і 26.

Пристрій призначений для вертикального свердління.

Розрахунок та вибір раціональної схеми пристрою проводиться за сумарним коефіцієнтом K_{Σ} :

$$K_{\Sigma} = K_1 n_1 + K_2 n_2 + \dots + K_m n_m;$$

де K_n - критерії оцінки схеми пристрою;

K_i - критерії оцінки її i -ої властивості пристрою.

n_i - вагова величина i -ої властивості пристрою.

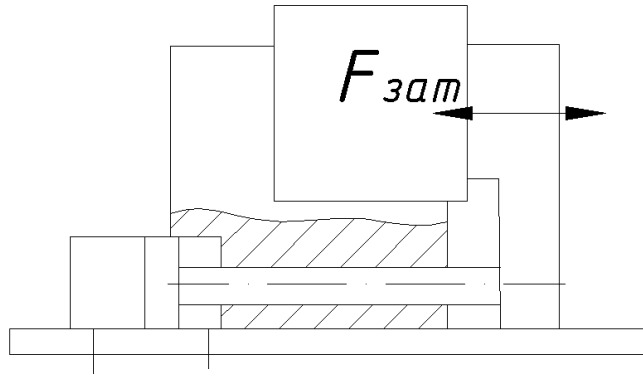


Рис. 3.1 - Схема 1

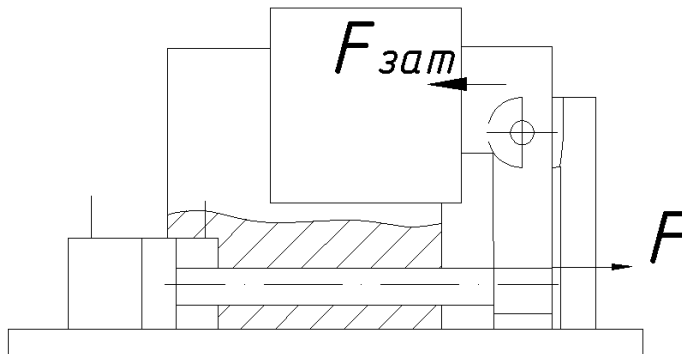


Рис. 3.2 - Схема 2

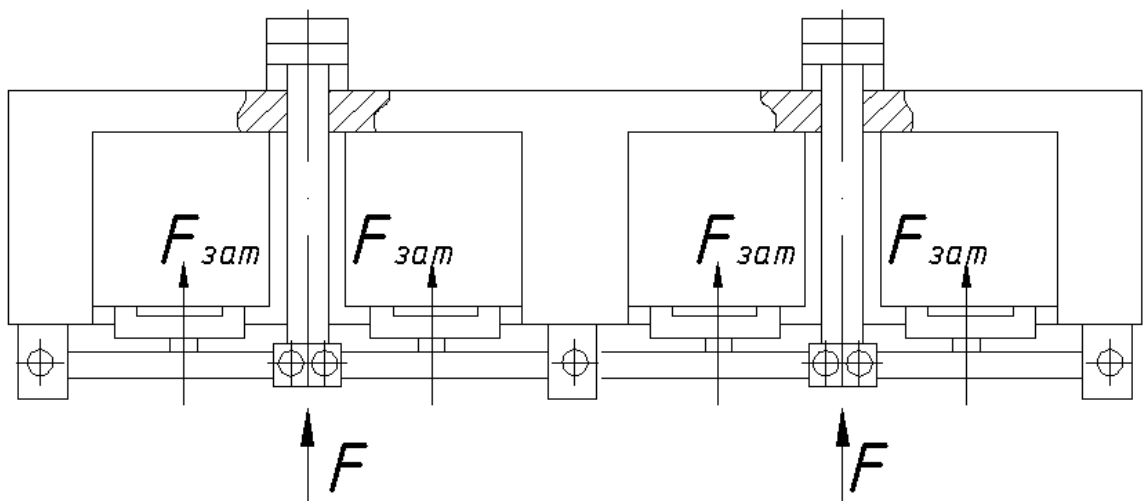


Рис. 3.3 - Схема 3

Таблиця 3.1- Розрахунок раціональної схеми пристрою

№ схеми	Критерії оцінки					
	Оптимальний коэф. підсилення	Властивість самогальмування	Кількість передавал. механізмів	Компактність	Наявність проміжних ланок	Сумарний коэф. K_{Σ} .
1	0	2	0	2	1	0,85
2	3	3	1	2	1	2,3
3	3	3	1	3	3	2,7
n	0,4	0,1	0,15	0,3	0,05	

З отриманих результатів видно, що найбільше значення коефіцієнта ефективності має схема 3, тому для подальшого проектування вибираємо саме цю схему компоновки пристрою.

Запроектований пристрій є багатомісним, що дозволяє зменшити час обробки деталей за рахунок скорочення часу підводу інструмента, врізання та перебігу. Це сприяє підвищенню продуктивності обробки та ефективності використання обладнання.

Наявність важільного механізму забезпечує можливість застосування приводу з меншими силовими характеристиками відносно сили різання, що дозволяє зменшити габарити приводу та спростити конструкцію пристрою.

Із прийнятої компоновки видно, що пристрій має незначну висоту, яка приблизно відповідає висоті оброблюваної деталі. Це забезпечує достатню

жорсткість конструкції, зручність експлуатації та покращує умови роботи оператора.

3.1.2. Розрахунки пристрою на точність

Пристрій є складовою частиною системи ВПД (верстат–пристрій–інструмент–деталь), тому його точність безпосередньо впливає на точність обробки деталі.

Для забезпечення необхідної точності оброблення повинна виконуватись умова:

$$\varepsilon_{\Sigma} < T \text{ де:}$$

Таким чином, сумарна похибка пристрою повинна бути на 15–20 % меншою від допуску на оброблюваний розмір. Це забезпечує необхідний запас точності та гарантує отримання заданих параметрів деталі в процесі механічної обробки.

Сумарна похибка пристосування:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_{pn}^2 + \varepsilon_{py}^2 + \varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{pne}^2 + \varepsilon_n^2};$$

де ε_{θ} - похибка верстата в ненавантаженому стані;

$$\varepsilon_{\theta} = \frac{0,06 \cdot 1667}{600} = 0,0167(\text{мм});$$

$$\varepsilon_{pn} - \text{похибка розташування пристрою на верстаті: } \varnothing 18 \frac{H8}{H7} \frac{S_{\max}}{S_{\min}} = 45 \text{ мкм};$$

Відстань між пальцями: $l=660\text{мм}$

$$\varepsilon_{py} = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,045}{660} = 6,8 \cdot 10^{-6}(\text{мм});$$

$$\varepsilon_{py} = 0,02 \text{ мм} - \text{похибка розташування};$$

$$\varepsilon_{\theta} = 0 - \text{похибка базування};$$

$$\varepsilon_3 = 90 \text{ мкм} - \text{похибка закріплення [1];}$$

$\varepsilon_{pne} = 0$ - похибка розташування направляючих елементів пристосування;

$$\varepsilon_n = 0,01 \text{ мм} - \text{зазор між щупом і фрезою};$$

$K = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує закон розподілу похибки обробки;

Отже,

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{(0,0167)^2 + (6,8 \cdot 10^{-5})^2 + (0,02)^2 + 0 + (0,09)^2 + 0 + (0,01)^2} \cdot 1,1 = 0,103(\text{мм});$$

Допуск на розмір $T=0,25\text{мм}$.

Похибка пристрою на 60% менша за допуск на розмір, отже умова ($\varepsilon_{\Sigma} < T$) виконується – пристрій придатний для використання.

3.1.3. Розрахунок зусилля кріплення та параметрів силового приводу

Сила закріплення W і сила різання P діють на оброблювану поверхню деталі у взаємно перпендикулярних напрямках. Сили різання прагнуть змістити заготовку під час обробки, тому їх урівноважують сили тертя, що виникають між базовою поверхнею деталі та опорними елементами пристрою, а також між поверхнею деталі і затискними елементами.

Необхідна сила закріплення визначається з умови забезпечення надійного утримання деталі в процесі оброблення та недопущення її зміщення під дією сил різання.

Сумарна сила тертя залежить від величини сили закріплення та коефіцієнта тертя контактуючих поверхонь, тому сила затиску повинна бути достатньою для забезпечення стійкого положення заготовки протягом усього процесу обробки.

$$Wf_1 + Wf_2 = kP$$

$$W = kP / (f_1 + f_2)$$

$$f_1 + f_2 - \text{коефіцієнти}$$

Тертя між деталю і встановлюючими елементами пристрою.

Сила різання $P_2 = 1400\text{Н}$.

Розрахуємо коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

$$K_0 = 1,5; K_1 = 1,2; K_2 = 1,2; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0.$$

Таким чином $K = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8$; $W = 1,8 \cdot 1400 = 12600\text{Н}$;

Підбираємо пневмоциліндр, який має штовхаюче зусилля 12670Н, діаметр циліндра - 160мм, діаметр штока – 40мм.

Розрахуємо силу, що діє на вісь:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot F_1 = \frac{1}{2} \cdot 9424 = 4712(H);$$

Для забезпечення нормальної роботи вісі необхідно, щоб виконувалась умова міцності:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad [\sigma] = 650 \text{ МПа}.$$

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi d^2 \cdot 0,25} = \frac{4712}{\pi \cdot 9^2 \cdot 0,25} = 74(\text{МПа});$$

Отже умова виконується.

3.1.4. Опис конструкції та роботи пристрою

Деталь базується таким чином: площиною В встановлюється на опорні пластини поз. 4. Для забезпечення постійного та однозначного положення деталі передбачено установлювальний палець поз. 6.

В одній площині з установлювальним пальцем розташовані три опорні пластини поз. 3 і поз. 5, до яких за допомогою стандартного двосторонньої дії пневмоциліндра та притискного елемента поз. 7 здійснюється затиск деталі. Діаметр циліндра становить 160 мм, діаметр штока — 40 мм.

Корпус пристрою виконаний у вигляді зварної конструкції, що складається з основи стійки та двох ребер жорсткості. Основною технологічною вимогою при виготовленні корпусу є забезпечення перпендикулярності між основою та стійкою, що визначає правильність геометрії та точність базування.

Точність встановлення пристрою на столі верстата забезпечується за допомогою направляючих елементів поз. 2, які гарантують стабільне положення пристрою відносно робочої зони оброблення.

3.2. Пристрій для контролю паралельності вісі отвору до площини

Оброблена деталь встановлюється на плиту поз. 6. Для забезпечення сталої фіксації деталь базується на фіксаторах поз. 4.

Вісь поз. 3 вводиться в отвори діаметром 50 мм, після чого встановлюється корпусна втулка поз. 2 і здійснюється затиск гайкою поз. 10, що забезпечує жорстке закріплення деталі в контрольному пристрої.

У корпусі за допомогою різьби M20 закріплені два штативи, на яких встановлено індикатори. Індикатори налаштовуються по еталонній (зразковій) деталі для забезпечення базового нульового положення.

Різниця показів індикаторів визначає відхилення від паралельності контрольованих поверхонь, яке згідно з технічними вимогами не повинно перевищувати 0,01 мм.

3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Вихідні дані:

- тип фрези – фреза торцева;
- ширина фрезерування $B = 240$ мм;
- припуск $t = 4$ мм;
- оброблюваний матеріал – Сталь 20.

Послідовність розрахунків:

1. Зовнішній діаметр фрези

$$D = 0,2 \cdot B^{0,26} \cdot t^{0,09} \cdot S_z^{0,06} \cdot l^{0,78} \cdot y^{-0,26}$$

$$D = 0,2 \cdot 240^{0,26} \cdot 4^{0,09} \cdot 0,15^{0,06} \cdot 240^{0,78} \cdot 0,4^{-0,26} = 280,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 280$ мм.

2. Діаметр приєднувальної частини

$$d = \frac{D}{2,5} = 25,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 27$ мм.

3. Розраховуємо кількість зубів

$$Z = \frac{360^0 \cdot \xi}{\psi^0},$$

де $\psi = \arccos(1 - \frac{2 \cdot t}{D}) = \arccos(1 - \frac{2 \cdot 4}{63}) = 29,2^\circ$ тоді

$$Z = \frac{360^\circ \cdot 2}{29,2^\circ} = 24,7$$

Приймаємо $Z = 24$.

4. Кут нахилу зубів

$$\omega = \operatorname{arcctg} \frac{B \cdot Z}{\pi \cdot D \cdot \xi_1} = \operatorname{arcctg} \frac{100 \cdot 24}{3,14 \cdot 63 \cdot 3} = 19,5^\circ$$

5. Форма зуба та його параметри

- призначаємо зуб з заокругленою спинкою;
- крок по колу $t_{\text{по колу}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} = \frac{3,14 \cdot 63}{24} = 8,24$ мм;
- кут кроку $\varepsilon = \frac{360^\circ}{Z} = \frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$;
- висота зуба $h = 8,24 \cdot 0,45 = 3,7$ мм;
- радіус заокруглення $r = 3,7 \cdot 0,4 = 1,5$ мм;
- радіус дуги кола $R = 63 \cdot 0,4 = 25,2$ мм

6. Довжина фрези.

Призначаємо $L = 85$ мм.

7. Довжина приєднувальної частини та діаметр виточки:

- довжина приєднувальної частини $l = 0,22 \cdot L + 1 = 28,5$ мм.

Приймаємо 29 мм;

- діаметр виточки $d_1 = d + 2 = 27 + 2 = 29$ мм.

8. Геометрія зуба

- задній кут $\alpha = 16^\circ$
- передній кут $\gamma = 10^\circ$

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій, тобто відношенням кількості всіх різних технологічних операцій, які виконуються або підлягають виконанню протягом місяця, до кількості робочих місць.

Залежно від отриманого значення коефіцієнта закріплення операцій встановлюється тип виробництва: масове, великосерійне, середньосерійне, дрібносерійне або одиничне. Даний показник характеризує рівень спеціалізації робочих місць і ступінь повторюваності технологічних операцій.

Операція 005 Вертикально-фрезерна:

Верстат 6P12 – вертикально-фрезерний.

$N=25000$ шт;

$$F_g = 4029 \text{ год};$$

$$T_{um} = 7,23 \text{ хв};$$

$$m_p = \frac{N \cdot T_{um}}{60 \cdot F_g} = \frac{7,23 \cdot 25000}{60 \cdot 4029} = 0,747;$$

Приймаємо один верстат.

Операція 010 Свердлильно-фрезерно-розточувальна.

Верстат IP500ПМФ4- багатоцільовий верстат з ЧПУ.

$$F_g = 4029 \text{ год};$$

$$T_{um} = 17,32 \text{ хв};$$

$$m_p = \frac{N \cdot T_{um}}{60 \cdot F_g} = \frac{17,32 \cdot 25000}{60 \cdot 4029} = 1,79;$$

Приймаємо 2 веостати.

Операція 015;020;025 Фрезерна.

Верстат 6P13Ф3 Вертикально-фрезерний з ЧПУ.

$$T_{um} = 6,85 + 9,04 + 4,01 = 19,9 \text{ хв};$$

$$m_p = \frac{19,9 \cdot 25000}{60 \cdot 4029} = 2,05;$$

Приймаємо 3 верстати.

В операціях 030;035 Сверлильна - приймаємо 3 верстати.

Спроековано 7 операцій, які виконуються на 9 верстатах.

$$K_{з.о.} = \frac{7}{9} = 0,78, \text{ що відповідає масовому виробництву. Форма організації}$$

роботи - потокова.

4.1.2 Визначення кількості працівників на дільниці

Верстатники:

1) Розрахунок кількості основних робітників:

$$P_c = \frac{m_{np} \cdot F_c \cdot \kappa_{з.м.}}{F_p - \kappa_m};$$

$$P_c = \frac{9 \cdot 4015 \cdot 0,8}{1860 - 1} = 15 \text{чол.};$$

2) Розрахунок кількості слюсарів на дільниці:

$$P_{сл.} = P_c \cdot 3\% = 15 \cdot 0,03 = 1 \text{чол.};$$

Всього основних робітників:

$$P_o = P_{сл.} + P_c = 15 + 1 = 16 \text{чол.}$$

3) Кількість допоміжних робітників:

$$P_{\partial} = P_o \cdot 35\% = 16 \cdot 0,35 = 5 \text{чол.}$$

4) Загальна кількість працюючих на дільниці:

$$P = P_c + P_{сл.} + P_{\partial} = 15 + 1 + 5 = 21 (\text{працівники});$$

I зміна – 11 чол., II зміна – 10чол.

4.1.3 Розрахунок виробничої площі дільниці

Площа дільниці:

$$F_{п.о.} = 30 \cdot 9 = 270 \text{м}^2 ;$$

1) Контрольне відділення:

$$S_{\kappa} = 6 \cdot 2 \cdot 1,75 = 21 (\text{м}^2)$$

Загальна площа дільниці: $S_{заг.д.} = S_{\partial} + S'_{\kappa} = 270 + 21 = 291 (\text{м}^2);$

4.1.4 Розробка технічного планування дільниці

На ділянці механічної обробки деталі «Станина» розташування основного технологічного обладнання виконується в одну лінію відповідно до послідовності технологічного процесу механічної обробки деталі.

Виходячи з такого компонування обладнання, мінімальні відстані між верстатами приймаються такими:

- для малих верстатів — 700 мм;
- для середніх — 900 мм;
- для великих — 1200 мм.

Відстань від верстата до інших елементів ділянки (стружкового транспортера, колії каретки оператора) для всіх типів верстатів становить не менше 800 мм.

Відстань від верстатів до елементів будівельних конструкцій (стіни, перегородки, колони) приймається:

- для малих верстатів — 700 мм;
- для середніх — 800 мм;
- для великих — 900 мм.

На основі наведених рекомендацій приймається сітка колон 18 × 12 м. Висота до головки кранового шляху становить 7,2 м. Ширина всіх прольотів приймається однаковою для забезпечення уніфікації планувальних рішень та раціональної організації виробничого простору.

4.2 Основні техніко-економічні показники ділянки

Основні техніко-економічні показники ділянки занесемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники ділянки

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По ділянці
1	Найменування виробу		станина
2	Річна програма випуску	шт.	25000
3	Кількість верстатів	шт	9
4	Тип виробництва		масове
5	Кількість робітників:	чол.	

	- основних		16
	- допоміжних		5
	всього		21
6	Виробничі площі: основного виробництва допоміжного виробництва всього	М²	270 21 291
7	Питома площа на одного основного робітника	М²	12

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці

Мікроклімат. Згідно з вимогами ДСН 3.3.6.042-99 встановлюються нормативні параметри мікроклімату виробничих приміщень, які забезпечують комфортні та безпечні умови праці для робітників механічної дільниці. Оптимальні та допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря приймаються відповідно до категорії виконуваних робіт та періоду року.

Витрати енергії робітником. Маса деталі становить 9,6 кг, а маса заготовки — 15,6 кг. Заготовки транспортуються у тарі по 6 штук та подаються безпосередньо до робочих місць. Робітник вручну встановлює заготовку на верстат і знімає її після завершення обробки. З огляду на характер виконуваних робіт і фізичне навантаження, дана праця належить до категорії робіт середньої важкості. Витрати енергії робітника при цьому становлять від 150 до 350 ккал/год.

Рівень освітлення. Освітлення виробничих приміщень є одним із найважливіших факторів, що впливають на працездатність, стомлюваність працівників та якість виконання технологічних операцій. Відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 на дільниці приймаються допустимі норми освітлення.

Показники природного освітлення:

- при верхньому освітленні — 4 %;
- при боковому освітленні в зоні розташування робочих місць — 12 %;
- при боковому освітленні на решті площі — 1,5 %.

Вібрації. Під час роботи технологічного обладнання на дільниці механічної обробки деталі «Станина 01.025.06.011» виникають виробничі вібрації. Їх вплив може спричиняти втому, головний біль, зниження працездатності та інші негативні наслідки для організму людини. Відповідно до вимог ДСН 3.3.6.039-99 встановлюються допустимі рівні

вібрації. Логарифмічні рівні віброшвидкості в активних смугах частот не повинні перевищувати нормативних значень, установлених чинними санітарними нормами.

Шум. Для забезпечення безпечних умов праці рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих значень. Допустимий рівень шуму на постійних робочих місцях становить 85 дБА відповідно до вимог ДСН 3.3.6.037-99. Для зниження шуму передбачаються заходи щодо вдосконалення технологічного обладнання, застосування шумоізоляції та використання засобів індивідуального захисту.

5.2 Заходи з покращення умов праці

Розміщення обладнання на ділянці механічної обробки деталі «Станина 01.025.06.011» здійснюється відповідно до послідовності виконання технологічних операцій на площі ділянки 290 м² з дотриманням вимог технологічного планування.

Для забезпечення безпеки руху працівників і зручності транспортування вантажів у цеху передбачено роздільні входи (в'їзди) та виходи (виїзди) для персоналу і транспортних засобів. Двері та ворота відкриваються назовні, що забезпечує безперешкодну евакуацію у разі масового виходу працівників.

Марші сходів приймаються не більше ніж на 18 сходинок із проміжними площадками. Кут нахилу маршів не перевищує 35°, ширина сходів становить не менше 270 мм, висота сходинок — 180 мм.

Допоміжні приміщення (побутові, їдальні, медпункти, адміністративні та інші) розміщуються в прибудовах до виробничих будівель. Побутові приміщення, що використовуються поза робочим часом (гардеробні, душові, вмивальні, медпункти тощо), розташовуються поза межами цеху. Приміщення, які використовуються під час роботи (пункти питної води, місця відпочинку, санвузли, кімнати обігріву, місця для куріння тощо), розміщуються безпосередньо на території цеху.

Склад, обладнання та розташування побутових приміщень визначаються відповідно до санітарної характеристики виробничих процесів згідно з

нормативними вимогами. Об'єм виробничих приміщень проектується з розрахунку не менше 15 м³ повітряного простору та 4,5 м² площі на одного працівника.

Висота виробничих приміщень приймається не менше 3,2 м (у даному випадку — 7 м), а до низу виступаючих елементів конструкцій — не менше 2,6 м. Висота побутових приміщень становить не менше 2,5 м, а до виступаючих конструкцій — не менше 2,2 м.

Усі прийняті параметри відповідають вимогам техніки безпеки та діючим нормативним документам.

Для зниження негативного впливу виробничого шуму передбачаються заходи з удосконалення технологічних процесів та зменшення шумності обладнання.

При обробці чавунних деталей спостерігається підвищена запиленість повітря дрібнодисперсною стружкою (пилом). Для її видалення застосовуються пиловловлювачі, що зменшують концентрацію пилу в робочій зоні. Окрім системи пневматичного видалення, у виробничих і допоміжних приміщеннях передбачається вентиляція. Природна вентиляція здійснюється за рахунок різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря. Місцева припливна вентиляція забезпечує необхідні параметри повітряного середовища в обмежених зонах робочих місць.

5.3 Пожежна профілактика

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 виробництво з виготовлення виробу, до складу якого входить задана деталь, належить до категорії Д — пожежобезпечних виробництв. Це виробництва, в яких використовуються негорючі речовини та матеріали у холодному стані. Така характеристика є типовою для більшості механічних цехів машинобудівних підприємств.

Разом з тим, окремі дільниці підприємства (зокрема фарбувальні цехи, склади паливо-мастильних матеріалів, зварювальні дільниці) можуть належати до категорії А як вибухо- та пожежонебезпечні виробництва. Такі підрозділи потребують підвищеної уваги щодо ДБН В.2.2-28:2010 при проектуванні

будівельного об'єкта цеху, де розташована дільниця механічної обробки деталі «Станина № 01.025.06.011», визначаються вимоги до вогнестійкості будівельних конструкцій та їх елементів. Вогнестійкість конструкцій встановлюється залежно від ступеня вогнестійкості будівлі та функціонального призначення виробничих приміщень і повинна забезпечувати безпечну евакуацію персоналу та локалізацію можливих пожеж.

Проектована будівля цеху належить до I групи вогнестійкості, тобто всі її конструктивні елементи мають забезпечувати межу вогнестійкості не менше 0,5 години. Такий рівень вогнестійкості гарантує достатню стійкість будівлі до впливу високих температур у разі виникнення пожежі та забезпечує необхідний час для евакуації персоналу.

При проектуванні будівлі цеху особлива увага приділяється організації безпечної евакуації працівників у випадку аварійних ситуацій або пожежі. Евакуаційні шляхи повинні бути вільними від будь-яких перешкод, не містити підйомів із ухилом більше $1/5$, порогів, а також гвинтових сходів, що забезпечується відповідними архітектурно-планувальними рішеннями.

У складі цеху передбачено два основні евакуаційні виходи: один — загальнотранспортний, другий — для персоналу, через коридорне приміщення. Максимальна відстань від найбільш віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу для виробництва категорії Д при I ступені вогнестійкості будівлі нормативно не обмежується, однак за планувальними рішеннями фактична відстань становить $L_{\max} = 50$ м, що є допустимим.

Оскільки будівля є одноповерховою, вертикальні евакуаційні шляхи (сходові марші) відсутні, що додатково спрощує процес евакуації та підвищує рівень безпеки працівників.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки деталі Станина 01.025.06.011.

У загальній частині виконано аналіз службового призначення деталі та технічних умов її виготовлення. Обґрунтовано вибір методу отримання заготовки та способів механічної обробки основних поверхонь деталі.

У технологічній частині проведено аналіз технологічності конструкції, визначено технологічні бази, допуски та розміри, а також розраховано припуски на обробку. Розроблено режими різання, підібрано технологічне обладнання та необхідне оснащення.

У конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій для обробки деталі, пристрій для контролю геометричних параметрів, а також розроблено план розміщення обладнання механічної дільниці. Виконано розрахунок основних техніко-економічних показників виробництва.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано умови праці на дільниці та розроблено заходи щодо їх покращення. Розглянуто засоби забезпечення безпечних і комфортних умов праці, а також заходи пожежної профілактики на проєктованій дільниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 - Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): Навчальний посібник / В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, – 2017. – 487 с.
2. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
3. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
4. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
5. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
6. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.
7. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.
8. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
9. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2021). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogiy, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45.
10. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagáňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous

Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35

