

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення
деталі "Вилка ОЛВ 52.06"

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МП-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Михнюк Д.А. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Васильків В.В.. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Дячун А.Є. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Окіпний І.Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Сеник А.А. (прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва спеціальності)

студенту Михнюку Данилу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення
деталі "Вилка ОЛВ 52.06"

Керівник роботи Васильків Василь Васильович, доктор технічних наук, професор

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

Затверджені наказом ректора від « 29 » 01 2024 року № 4/7 -79

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі "Вилка ОЛВ 52.06", Інформація про технологічні
можливості машинобудівного підприємства

(перелік обладнання: токарний верстат з ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y, вертикально-свердлильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2, горизонтально-фрезерний верстат 6M82Г), середньосерійний тип виробництва, річний обсяг випуску: 2000 шт, двозмінний режим роботи.

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

1. Аналітична частина: Призначення та конструктивні особливості деталі "Вилка ОЛВ 52.06". Аналіз технологічності деталі. Якісна оцінка технологічності конструкції. Кількісна оцінка технологічності конструкції.

2. Технологічна частина: Визначення типу виробництва та розрахунок розміру партії деталей. Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки. Розрахунок припусків на обробку деталі. Розрахунок режимів різання та технічної норми часу. Визначення необхідної кількості обладнання та побудова графіків завантаження. Техніко-економічне обґрунтування технології виготовлення деталі. Оптимізований технологічний процес виготовлення деталі

3. Конструкторська частина: Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті. Проектування пристрою для контролю паралельності осі отвору

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці: Безпечна експлуатація обладнання. Вимоги та норми виробничого освітлення

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

1. Операційні ескізи – 1 лист А1,

2. Пристрій верстатний складальне креслення, – 1 лист А1;

3. Пристрій для вимірювання відхилення від паралельності – 1 лист А1,

4. Графіки завантаження обладнання – 1 лист А1,

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 3.02.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Аналітична частина</i>	03.02.2024	
	<i>Науково-дослідна частина</i>	15.02.2024	
	<i>Технологічно-конструкторська частина</i>	10.03.2024	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	07.03.2024	
	<i>Виконання графічної частини</i>	15.05.2024	
	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	18.05.2024	
	<i>Подання роботи до кафедри та попередній захист</i>		
	<i>Захист бакалаврської роботи</i>	27.06.2024	

Студент

(підпис)

Михнюк Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Васильків В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі Вилка ОЛВ 52.06”.

У цій роботі представлено детальний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06", що є важливим компонентом у карданній передачі. Деталь виготовлена зі сталі С45 EN 10083-2 та має складну геометрію, що вимагає застосування сучасних методів обробки та контролю якості.

Метою роботи є розробка та оптимізація технологічного процесу виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06" для досягнення високої точності, продуктивності та економічної ефективності.

Для досягнення поставленої мети було виконано такі завдання:

Проведено аналіз існуючого технологічного процесу та виявлено його недоліки, зокрема, високі витрати матеріалу при використанні заготовки з прокату.

Запропоновано використовувати штампування на горизонтально-кувальній машині (ГКМ) для отримання заготовки, що дозволило значно знизити витрати матеріалу та підвищити коефіцієнт його використання.

Розраховано припуски та граничні розміри для обробки основних поверхонь деталі, враховуючи послідовність технологічних операцій та необхідну точність.

Визначено оптимальні режими різання для токарної операції з ЧПК, що дозволило скоротити час обробки.

Розраховано технічні норми часу та визначено необхідну кількість обладнання для кожної операції.

Проведено техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу з використанням верстатів LeBlond Regal та HAAS ST-20/ST-20Y. Показано, що застосування сучасного верстата з ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y покращує умови праці та скорочує час обробки.

Розроблено конструкції спеціальних пристроїв для закріплення заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті та контролю паралельності осі отвору.

Розглянуто питання щодо забезпечення безпечних умов праці при виготовленні деталі, включаючи експлуатацію обладнання, розташування виробничого обладнання вимоги безпеки щодо організації робочих місць дотримання вимог до виробничого освітлення.

Розроблений технологічний процес дозволяє підвищити ефективність та якість виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06", знизити витрати матеріалів та енергії, а також покращити умови праці.

Зміст

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНА ЧАТИНА

- 1.1 Призначення та конструктивні особливості деталі "ВИЛКА ОЛВ 52.06"
- 1.2 Аналіз технологічності деталі "ВИЛКА ОЛВ 52.06"
- 1.3 Якісна оцінка технологічності конструкції
- 1.4 Кількісна оцінка технологічності конструкції
- 1.5 Висновки до розділу

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

- 2.1 Визначення типу виробництва для обробки деталі
- 2.2 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі
- 2.3 Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки для деталі
- 2.4 Розрахунок припусків на обробку деталі
- 2.5 Розрахунок режимів різання для обробки деталі
- 2.6 Розрахунок технічної норми часу на виготовлення деталі
- 2.7 Визначення необхідної кількості обладнання та побудова графіків завантаження
- 2.8 Техніко-економічне обґрунтування технології виготовлення деталі ВИЛКА ОЛВ 52.06
 - 2.8.1 Розрахунок для випадку використання верстату моделі LeBlond Regal
 - 2.8.2 Розрахунок для випадку використання верстату моделі HAAS ST-20/ST-20Y
- 2.9 Оптимізований технологічний процес виготовлення деталі
- 2.10 Висновки до розділу

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

- 3.1 Верстатний пристрій для закріплення заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6M82Г
- 3.2 Пристрій для контролю паралельності осі отвору Ø20H9
- 3.3 Висновки до розділу

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

- 4.1 Безпечна експлуатація обладнання
- 4.2 Вимоги та норми виробничого освітлення

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. Рисунки

ДОДАТОК Б. Специфікації

ДОДАТОК В. Комплект технологічної документації

Вступ

У сучасному машинобудуванні оптимізація технологічних процесів є ключовим напрямком розвитку, оскільки вона дозволяє підвищити точність, продуктивність та надійність виробництва. Цей дипломний проект присвячений розробці технологічного процесу виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06", що є важливим компонентом у складних технічних системах.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю впровадження сучасних підходів та інноваційних рішень для підвищення ефективності та точності виробництва деталей типу "Вилка ОЛВ 52.06". Запропонована робота спрямована на вирішення цієї проблеми шляхом оптимізації існуючого технологічного процесу, розробки спеціального верстатного пристрою та контрольно-вимірювального пристрою.

Мета дипломного проекту полягає у розробці технологічного процесу виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06", який забезпечить високу якість продукції, знизить витрати матеріалів та енергії, а також покращить умови праці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

Проаналізувати існуючі методи виготовлення вилки ОЛВ 52.06 та їхні недоліки.

Дослідити конструктивні особливості та технічні вимоги до вилки ОЛВ 52.06.

Розробити детальний технологічний процес її виготовлення, включно з обранням матеріалів, обладнання та інструментів.

Запропонувати заходи щодо забезпечення безпеки праці та охорони навколишнього середовища під час виробництва.

Спроекувати верстатне пристосування для закріплення заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті.

Розробити контрольно-вимірювальний пристрій для забезпечення точності виготовлення деталі.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06".

Предметом дослідження є методи оптимізації технологічного процесу, конструкція верстатного пристрою та контрольно-вимірювального пристрою.

Методи дослідження: Для вирішення поставлених завдань будуть використані методи аналізу, синтезу, моделювання, а також інженерні розрахунки та конструювання.

Практичне значення одержаних результатів: Розроблений технологічний процес та спроектовані пристрої можуть бути використані у виробництві для підвищення ефективності та якості виготовлення деталей типу "Вилка ОЛВ 52.06".

Структура роботи: Дипломний проект складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань та додатків. У першому розділі буде проведено аналіз існуючих методів виготовлення деталі та обґрунтовано вибір оптимального варіанта. У другому розділі буде розроблено технологічний процес виготовлення деталі з урахуванням вимог до точності та продуктивності. У третьому розділі буде представлено конструкцію верстатного пристрою та контрольно-вимірювального пристрою. У четвертому розділі будуть розглянуті питання безпеки життєдіяльності, та основи охорони праці. У додатках буде надано необхідну технічну документацію.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення та конструктивні особливості деталі "ВИЛКА ОЛВ 52.06"

Деталь "Вилка" є важелем, що складається з корпусу з центральним пазом прямокутного перерізу, який розташований паралельно до центральної осі. Крім того, деталь має наскрізний отвір, перпендикулярний до осі обертання, два наскрізних гладких отвори та один різьбовий отвір для кріплення. Загальний вигляд деталі з розміром можна побачити на рисунку А1(Додаток).

Деталь "Вилка" входить до складу карданного шарніра, який використовується в карданній передачі для передачі крутного моменту. Ескіз деталі можна побачити на рисунку А2(Додаток).

Зовнішній діаметр вилки ($\varnothing 106h10$, Ra 3,2) слугує напрямною для встановлення її в корпус іншої деталі. Нерухомість вилки забезпечується торцем ($22h14$, Ra 4), різьбовим отвором М8 та двома гладкими отворами ($\varnothing 18H10$, Ra 8).

Прямокутний паз ($42H12$, Ra 4) призначений для розміщення опорного ролика, який обертається на осі, що встановлюється в отвір ($\varnothing 20H9$, Ra 3,2). Для фіксації осі та зручності монтажу на діаметрі ($\varnothing 94h14$ Ra 3,2) передбачені дві лиски ($76h12$, Ra 8). Ще дві лиски ($128h14$, Ra 8) на діаметрі $\varnothing 172h14$ слугують для зменшення ваги деталі.

Вилка нерухомо кріпиться до корпусу іншої деталі. Розглянуті елементи вилки дозволяють визначити основні та допоміжні конструкторські бази, а також виконавчі поверхні.

Основною конструкторською базою є діаметр $\varnothing 106h10$ та торець вилки (поверхня "А"). Допоміжними базами є два отвори $\varnothing 20H9$, два отвори $\varnothing 18H10$ та різьбовий отвір М8. Виконавчою поверхнею є прямокутний паз 42H12. Решта поверхонь вважаються вільними.

Матеріал вилки - сталь С45 EN 10083-2. Це якісна вуглецева конструкційна сталь, з якої виготовляють різноманітні деталі. Завдяки вмісту вуглецю 0,42 - 0,50%,

ця сталь часто використовується для деталей, що піддаються термічному гартуванню для підвищення твердості [20].

Хімічний склад сталі С45 наведено в таблиці 1.1, а механічні властивості сталі С45 - в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі С45 EN 10083-2 у відсотках

<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Cr+Mo+Ni</i>
		не більше						
0,42—0,50	0,50—0,80	0,40	0,040	0,045	0,40	0,40	0,10	0.63

Таблиця 1.2 — механічні властивості сталі С45 EN 10083-2

σ_T , МПа	σ_B , МПа	Δ_s , %	ψ , %	a_n , Дж/см ²	<i>HB</i> 10 ⁻¹ (не більше)	
Не менше					Оброблений	М'яко відпалений
340	690	6	10	36	255	207

1.2 Аналіз технологічності деталі "ВИЛКА ОЛВ 52.06"

Виготовлення будь-якої деталі має бути максимально ефективним, з мінімальними витратами праці та матеріалів. Цього можна досягти шляхом оптимального вибору технологічного процесу, відповідного обладнання, рівня автоматизації та механізації, а також застосування найкращих режимів обробки та ретельної підготовки виробництва [8-10, 23]. Конструкція деталі та технологічні вимоги до неї суттєво впливають на трудомісткість її виготовлення. Технологічність є ключовим фактором, що дозволяє максимально використати конструкторський-технологічний потенціал. В Україні використовується ГОСТ 14.203-83 але я приведу нижче приклади які теж можна використовувати.

ISO/TR 14228:2004 "Technical product documentation – Design for manufacturability" (Технічна документація на продукцію – Проектування для технологічності).

EN 1325-1:2005 "Value management – Vocabulary – Part 1: Basic concepts" (Управління вартістю – Словник – Частина 1: Основні поняття)

Оцінка технологічності конструкції деталі проводиться за двома групами показників: якісними та кількісними [24].

1.3 Якісна оцінка технологічності конструкцій

Конструкція деталі "Вилка" характеризується достатньою жорсткістю, враховуючи співвідношення її довжини до максимального діаметра. Це дозволяє застосовувати високопродуктивні методи обробки, оскільки відсутні важкодоступні зони для підведення інструменту та контролю.

Основними конструкторськими базами є поверхня "А" та діаметр $\varnothing 106h10$, які також слугують технологічними базами.

Завдяки використанню єдиної технологічної бази для двох отворів діаметром $\varnothing 18H10$, можна застосовувати стандартний уніфікований різальний інструмент та досягати необхідної шорсткості поверхні.

Найбільш складними елементами деталі є паз прямокутного перерізу шириною $42H12$ та отвори діаметром $\varnothing 20H9$, для обробки яких потрібні декілька технологічних операцій. На кресленні для отвору $\varnothing 20H9$ вказані позиційний допуск, допуск паралельності та допуск перпендикулярності. Для контролю цих параметрів необхідно розробити спеціальне вимірювальне пристосування.

1.4 Кількісна оцінка технологічності конструкцій

Для кількісної оцінки технологічності деталі використовуються такі показники, як коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхні та рівень технологічності за собівартістю [10, 16, 17, 23].

Задля розрахунку коефіцієнтів точності та шорсткості буде складена таблиця 1.3, в якій зазначать номери та відповідні значення цих параметрів для кожної оброблюваної поверхні. При розрахунках також буде використано рисунок А.3(додаток), де зображено ескіз деталі з нумерацією оброблюваних поверхонь.

Коефіцієнт точності обробки K_e визначається за формулою [15]

$$K_e = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum t_i n_i}, \quad (1.1)$$

де t_i —квалітет точності обробки;

n_i —кількість розмірів відповідного квалітету точності.

$$K_e = 1 - \frac{18}{9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 7 + 14 \cdot 8} = 0,918.$$

Деталь вважається технологічною за точністю, якщо коефіцієнт точності обробки перевищує 0,8. У нашому випадку коефіцієнт $K_{тч}$ дорівнює 0,918, що більше за 0,8. Отже, аналізована деталь є технологічною за цим параметром.

Таблиця 1.3 — Основні характеристики оброблюваних поверхонь

Номер поверхні	Розмір обробки	Квалітет точності t_i	Шорсткість поверхні R_a
1,9	76 _{-0,34}	H12	8
2,8	2 × 45°	H14	3,2
3,5	17	H12	3,2
4	42 ^{+0,25}	H12	4
6	134 _{-0,5}	H12	3,2
7	Ø20	H9	3,2
10	Ø94	H14	4
11	3 × 45°	±IT14/2	3,2
12	Ø106	H10	3,2
13	22	H14	4
14	172	H14	4
15	Ø18	H10	8
16	134 _{-0,5}	H12	3,2
17,18	128	H14	8

Коефіцієнт шорсткості поверхні K_R розраховується за формулою [19]

$$K_R = \frac{\sum n_{im}}{\sum R n_{im}}, \quad (1.2)$$

де R —шорсткість поверхні;

n_{im} —кількість поверхонь відповідної шорсткості.

$$K_R = \frac{18}{3,2 \cdot 9 + 8 \cdot 5 + 4 \cdot 4} = 0,21.$$

Деталь вважається технологічною за шорсткістю поверхні, якщо коефіцієнт шорсткості менше 3,2 [10, 16, 17, 23]. У нашому випадку коефіцієнт шорсткості становить 2,1, що менше за граничне значення. Таким чином, аналізована деталь відповідає вимогам технологічності за цим параметром.

Загалом, проведений аналіз підтверджує, що деталь "Вилка" є достатньо технологічною.

1.5 Висновки до розділу

У даному розділі було проведено аналіз технологічності деталі "Вилка ОЛВ 52.06". Визначено, що деталь має достатню жорсткість для застосування високопродуктивних методів обробки, а також зручні конструкторські бази, що спрощують технологічний процес.

Кількісна оцінка технологічності підтвердила, що деталь відповідає вимогам за точністю та шорсткістю поверхні. Однак, для контролю деяких параметрів (наприклад, допусків паралельності та перпендикулярності отвору Ø20H9) необхідно розробити спеціальне вимірювальне пристосування.

Загалом, деталь "Вилка ОЛВ 52.06" можна вважати технологічною, але з певними особливостями, які потребують врахування при розробці технологічного процесу її виготовлення.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення типу виробництва для обробки деталі

Для визначення типу виробництва використовуються такі вихідні дані:

Двох змінний режим роботи

Річний обсяг випуску деталей: 2000 шт.

Тип виробництва визначається згідно з ГОСТ 3.1108-74 за допомогою коефіцієнта закріплення операцій ($K_{f.u.}$), який відображає середню кількість різних операцій, що виконуються на кожному робочому місці в цеху (ділянці) протягом місяця [8, 10, 16, 17, 23].

Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій здійснюється за формулою [8]

$$K_{f.u.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

де $\sum O_i$ - Загальна кількість різних операцій.

$\sum P_i$ – Кількість робочих місць в одній зміні

Кількість однотипних операцій O_i , що виконуються на одному робочому місці, обчислюється за формулою [8]

$$O_i = \frac{\eta_{l.n.}}{\eta_{l.f.i}}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{l.n.}$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, приймаємо 0,75 як число яке знаходиться в межах від 0,75...0,8;

$\eta_{l.f.i}$ - розрахунковий коефіцієнт завантаження обладнання за даною операцією, що дорівнює [8]

$$\eta_{l.f.i} = \frac{m_{p_i}}{P_i}, \quad (2.3)$$

де m_{p_i} - розрахункова кількість верстатів для даної операції;

P_i - кількість верстатів, необхідних для виконання даної операції, визначена округленням розрахункового значення до найближчого більшого цілого числа m_{p_i} .

Кількість верстатів, необхідних для виконання певної операції, можна розрахувати так [8]

$$m_{p_i} = \frac{N_r t_{p.t. (p-r.t.)}}{60 \Phi \eta_{l.n.}}, \quad (2.4)$$

де N_r - річний обсяг випуску деталей, шт;

Φ - дійсний річний фонд часу, годин, (при двозмінному режимі роботи $\Phi = 4016$ годин) ;

$t_{p.t. (p-r.t.)}$ — штучний або штучно-калькуляційний час виконання операції, хв.

Для визначення часу, необхідного для виконання кожної операції, потрібно провести попереднє нормування нового технологічного процесу. Це можна здійснити за допомогою методу наближеного визначення норм часу, використовуючи таблиці, що містяться у додатку до відповідного джерела [20].

Розрахуємо m_{p_i} , P_i , $\eta_{l.f.i}$, O_i для кожної операції та отримані значення занесемо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Розрахунку операцій та коефіцієнтів закріплення

Назва Операції		Код операції	$t_{p-r.t.}, \text{ хв}$	m_{p_i}	P_i	$\eta_{l.f.i}$	O_i
Токарна	3 ЧПК	005	4,9	0,054	1	0,054	14,0
		010	7,5	0,083	1	0,083	9,0
		015	5,4	0,059	1	0,059	13,0
Свердлильна		020	4	0,044	1	0,044	17,0
Горизонтально-фрезерна		025	7,6	0,084	1	0,084	9,0
		030	4,7	0,052	1	0,052	14,0
Свердлильна	3 ЧПК	035	4,2	0,046	1	0,046	16,0
		040	2,2	0,024	1	0,024	31,0
Горизонтально-фрезерна		045	4,8	0,053	1	0,053	14,0
Свердлильна	3 ЧПК	050	3,1	0,034	1	0,034	22,0
					$\sum_{10} P_i =$		$\sum O_i = 159$

Токарні операції з ЧПК:

№005:

$$m_{p_1} = \frac{2000 \cdot 4,9}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,054; P_1 = 1; \eta_{l.f.1} = \frac{0,054}{1} = 0,054; O_1 = \frac{0,75}{0,054} = 14,0.$$

№010:

$$m_{p_2} = \frac{2000 \cdot 7,5}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,083; P_2 = 1; \eta_{l.f.2} = \frac{0,083}{1} = 0,083; O_2 = \frac{0,75}{0,083} = 9,0.$$

№015:

$$m_{p_3} = \frac{2000 \cdot 5,4}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,059; P_3 = 1; \eta_{l.f.3} = \frac{0,059}{1} = 0,059; O_3 = \frac{0,75}{0,059} = 13,0.$$

Свердлильна операція з ЧПК:

№020:

$$m_{p_4} = \frac{2000 \cdot 4}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,044; P_4 = 1; \eta_{l.f.4} = \frac{0,044}{1} = 0,044; O_4 = \frac{0,75}{0,044} = 17,0$$

Горизонтально-фрезерні операції:

№025:

$$m_{p_5} = \frac{2000 \cdot 7,6}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,084; P_5 = 1; \eta_{l.f.5} = \frac{0,084}{1} = 0,084; O_5 = \frac{0,75}{0,084} = 9,0.$$

№030:

$$m_{p_6} = \frac{2000 \cdot 4,7}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,052; P_6 = 1; \eta_{l.f.6} = \frac{0,052}{1} = 0,052; O_6 = \frac{0,75}{0,052} = 14,0.$$

Свердлильні операції з ЧПК:

№035:

$$m_{p_7} = \frac{2000 \cdot 4,2}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,046; P_7 = 1; \eta_{l.f.7} = \frac{0,046}{1} = 0,046; O_7 = \frac{0,75}{0,046} = 16,0.$$

№040:

$$m_{p_8} = \frac{2000 \cdot 2,2}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,024; P_8 = 1; \eta_{l.f.8} = \frac{0,024}{1} = 0,024; O_8 = \frac{0,75}{0,024} = 31,0.$$

Горизонтально-фрезерна операція:

№045:

$$m_{p_9} = \frac{2000 \cdot 4,8}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,053; P_9 = 1; \eta_{l.f.9} = \frac{0,053}{1} = 0,053; O_9 = \frac{0,75}{0,053} = 14,0.$$

Свердлильна операція з ЧПК :

№050:

$$m_{p_{10}} = \frac{2000 \cdot 3,1}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,034; P_{10} = 1; \eta_{l.f.10} = \frac{0,034}{1} = 0,034; O_{10} = \frac{0,75}{0,034} = 22,0.$$

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{f.u.} = \frac{159}{10} = 15,9.$$

Значення коефіцієнта закріплення операцій ($K_{f.u.}$) дорівнює 15,9, що знаходиться в діапазоні від 10 до 20. Відповідно до цього, приймаємо середньосерійний тип виробництва.

Для середньосерійного виробництва розмір партії деталей, що запускаються у виробництво одночасно, визначається за формулою [8]

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.5)$$

де a — періодичність запуску в днях (приймаємо $a = 4$ дні.);

N — річний обсяг випуску деталей;

F — кількість робочих днів у році (приймаємо $F = 249$ дні.).

Таким чином виходить:

$$n = \frac{2000 \cdot 4}{249} = 32,1 \approx 32 \text{ деталей}$$

2.2 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі "Вилка" складається з 10 механічних операцій, що послідовно змінюють розміри та властивості заготовки. Загальна послідовність обробки є доцільною, оскільки забезпечує поступове формування необхідних властивостей та геометрії деталі. Кожна операція дозволяє коригувати похибки попередньої обробки та досягати необхідної точності, шорсткості та якості поверхонь.

Заготовку отримують методом штампування, що є економічно вигідним та оптимальним рішенням для даного типу деталі.

Обробку можна здійснювати з використанням універсального токарно-гвинторізного верстату LeBlond Regal або на токарному верстаті з ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y для зниження трудомісткості виготовлення. Свердлильні операції

виконуються на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК HAAS VF-1/VF-2, а фрезерні - на горизонтально-фрезерному верстаті 6M82Г

Також можна використати один з інших Зарубіжних аналогів:

Токарний верстат з ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y :

Аналоги:

DMG MORI CTX 310/CTX 510 (Німеччина)

Hermle C 32 U dynamic (Німеччина)

Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2

Аналоги:

Knuth Masterturn 400 (Німеччина)

Optimum Opti F 125 Vario (Німеччина)

Горизонтально-фрезерний верстат 6M82Г:

Аналоги:

Deckel Maho DMU 50 (Німеччина)

Mikron MILL P 800 U (Швейцарія)

За технологічну базу обрано зовнішню циліндричну поверхню Ø106h10. Заготовку закріплюють за цю поверхню та чисто обробляють торець "А" товщиною 22h14, який надалі слугуватиме технологічною базою.

У технологічному процесі переважно використовується стандартний різальний інструмент, що спрощує та прискорює підготовку виробництва. Обробка здійснюється із застосуванням змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР), що дозволяє підвищити швидкість різання та збільшити стійкість інструменту.

На завершальному етапі деталь проходить контроль якості з використанням стандартних та спеціальних вимірювальних інструментів, пристосувань та приладів для забезпечення відповідності всім вимогам.

У таблиці 2.2 представлено вдосконалений варіант технологічного процесу, який було розроблено в результаті аналізу початкового (базового) технологічного процесу.

Таблиця 2.2 — Змінений варіант технологічного процесу

Назва операції		Код операції	Обладнання
Токарна	з ЧПК	005	Токарний верстат з ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y
		010	
		015	
Свердлильна		020	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2
Горизонтально-фрезерна		025	Горизонтально-фрезерний верстат 6M82Г
		030	
Свердлильна	з ЧПК	035	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2
		040	
Горизонтально-фрезерна		045	Горизонтально-фрезерний верстат 6M82Г
Свердлильна	з ЧПК	050	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2

2.3 Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки для деталі

Під час визначення способу отримання заготовки, ключовими факторами є конфігурація деталі, її вага, матеріал та обсяг виробництва. Остаточний вибір методу здійснюється з урахуванням техніко-економічних розрахунків [17].

Найбільш ефективним вважається той метод, який забезпечує технологічність виготовлення деталі з заготовки за мінімальної собівартості. Головна вимога до методу отримання заготовки - це максимальна відповідність форми та розмірів заготовки формі та розмірам готової деталі [5, 7, 8]. Зменшення різниці в розмірах між деталлю та заготовкою призводить до зменшення трудомісткості подальшої механічної обробки.

Для виготовлення деталі "Вилка" використовується заготовка з прокату: коло діаметром 180 мм, довжиною 140 мм, сталь марки С45 EN 10083-2. Розрахунок вартості такої заготовки здійснюється за формулою [17]

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{о.з.}}, \quad (2.6)$$

де M — витрати на матеріал заготовки, грн;

$\sum C_{\text{о.з.}}$ — технологічна собівартість правки, калібрування, розрізання, грн.

Розрахунок витрат на матеріал виконаємо виходячи з формули [17]

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{від}}, \quad (2.7)$$

де Q — маса заготовки, кг;

S — ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн ($C_p = 100$ грн);

q — маса деталі, кг ($q = 7.1$ кг);

$S_{\text{від}}$ — ціна 1 кг відходів, грн ($S_{\text{від}} = 8$ грн).

При розрахунку відходів матеріалу враховується не тільки різниця між масою заготовки та готової деталі, але й залишок сталевго прутка, оскільки довжина заготовки не завжди кратна довжині прутка, що постачається згідно з EN 10060:2003 (3 метри).

Маса заготовки Q розраховуємо виходячи з формули [5]

$$Q = \rho V, \quad (2.8)$$

де ρ — густину матеріалу, приймаємо $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$;

V — об'єм заготовки деталі, м^3 .

$$V = \pi \frac{d^2}{4} \cdot h, \quad (2.9)$$

де d — діаметр заготовки, м;

h — довжина заготовки, м.

$$V = 3,14 \cdot \frac{0,180^2}{4} \cdot 0,140 = 0,0036 \text{ м}^3.$$

$$Q = 7800 \cdot 0,0036 = 28,0 \text{ кг}.$$

Перевірку отриманого значення проведено на основі аналізу 3D-моделі заготовки, створеної на основі використання сучасних комп'ютерних технологій [1-4, 6].

Оскільки довжина прутка становить 3 м, то довжина залишку прутка складатиме:

$$l_{\text{зал}} = 3000 - 140 \cdot 21 = 60 \text{ мм.}$$

Його маса на одну заготовку буде складати:

$$Q_{\text{зал}} = \left(7800 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,180^2}{4} \cdot 0,060 \right) / 21 = 0,56 \text{ кг.}$$

Витрати на матеріал заготовки складатиме:

$$M = 28,0 \cdot 100 - (28,0 - 7,1 + 0,56) \cdot 8 = 2628 \text{ грн.}$$

Розрахунок технологічної собівартості розраховуємо виходячи з формули [17]

$$\sum C_{\text{о.з.}} = \frac{C_{\text{п.в.}} \cdot t_{\text{п-р.т.}}}{60}, \quad (2.10)$$

де $C_{\text{п.в.}}$ — зведені витрати на робочому місці, грн./год;

($C_{\text{п.з.}} = 130 \text{ грн/год}$);

$t_{\text{п-р.т.}}$ — штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції, хв.

штучно-калькуляційний час $t_{\text{п-р.т.}}$ розраховуємо за формулою [17]

$$t_{\text{п-р.т.}} = \frac{L_{\text{різ}} + y}{S_{\text{м}}} \cdot \varphi, \quad (2.11)$$

де $L_{\text{різ}}$ — Довжина різання при розрізанні прокату на штучні заготовки, мм;
приймаємо $L_{\text{різ}} = D = 180 \text{ мм}$;

y — Величина врізання та перебігу, мм; приймаємо $y = 7,5 \text{ мм}$;

$S_{\text{м}}$ — Хвилинна подача при різанні, мм/хв; приймаємо

$$S_{\text{м}} = 66 \text{ мм/хв};$$

де φ — Коефіцієнт, що відображає частку допоміжного часу у штучному часі, приймаємо типовим значенням для середньосерійного виробництва: $\varphi = 1,74$.

Таким чином, штучно-калькуляційний час $t_{\text{п-р.т.}}$ становитиме:

$$t_{\text{п-р.т.}} = \frac{180 + 7,5}{66} \cdot 1,74 = 4,94 \text{ хв.}$$

Технологічна собівартість становитиме:

$$\sum C_{o.з.} = \frac{130 \cdot 4,94}{60} = 11 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки з прокату становитиме:

$$S_{заг} = 2628 + 11 = 2639 \text{ грн.}$$

Для розрахунку коефіцієнта використання матеріалу $K_{в.м.}$ застосуємо наступну формулу [17]

$$K_{в.м.} = \frac{M}{M_m}, \quad (2.12)$$

де M — маса готової деталі, кг ($M = 7,1$ кг);

M_m — маса матеріалу, витраченого на виготовлення деталі, кг

($M_m = 28,0$ кг).

$$K_{в.м.} = \frac{7,1}{28,0} = 0,253.$$

З метою оптимізації витрат матеріалу пропонується використовувати поковку, отриману методом штампування на горизонтально-кувальній машині (ГКМ). Цей підхід забезпечує максимальне наближення форми заготовки до конфігурації готової деталі, що сприяє спрощенню подальшої механічної обробки.

Вартість заготовки, отриманої штампуванням, визначаємо використовуючи формулу [10, 17, 23]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) S_{від}, \quad (2.13)$$

де C_i — Базова вартість однієї тони заготовок ($C_i = 100\,000$ грн);

Q — маса заготовки, кг;

K_T — коефіцієнт, що залежить від класу точності;

K_c — коефіцієнт, що залежить від ступеня складності;

K_B — коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

K_M — коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

K_n — коефіцієнт, що залежить від обсягу випуску заготовок;

$S_{від}$ — ціна 1кг відходів, грн ($S_{від} = 8$ грн);

q — маса деталі, кг ($q = 7,1$ кг).

Для обчислення маси заготовки застосовуємо формули 2.8 та 2.9, враховуючи дані ескізу заготовки з визначеними припусками на обробку (рис. А4).

$$Q = \rho V = 7800 \cdot \left(3,14 \cdot \frac{0,0988^2}{4} \cdot 0,0820 + 3,14 \cdot \frac{0,111^2}{4} \cdot 0,0310 + \right. \\ \left. + 3,14 \cdot \frac{0,1780^2}{4} \cdot 0,026 \right) = 12,28 \approx 12,3 \text{ кг.}$$

Для визначення групи складності штампованої заготовки деталі "Вилка" використовуємо ГОСТ 7505-89. Відповідно до цього стандарту, заготовку класифікуємо за такими параметрами:

Група матеріалу: М2 (сталь середньої складності обробки тиском)

Клас точності: Т4 (нормальна точність)

Ступінь складності: С2 (середня складність)

Вихідний індекс: 15

Коефіцієнт, що враховує клас точності (K_T), для штамповок нормальної точності становить 1. Коефіцієнт, що враховує ступінь складності (K_C), для штампування 2-ї групи складності становить 0,84. [17]

Коефіцієнт K_B для штамповок маси 12,3 кг дорівнює: $K_B = 0,80$.

Коефіцієнт K_M для штамповок зі сталі С45 дорівнює: $K_M = 1$.

Коефіцієнт K_n Залежить від річного обсягу виробництва заготовок. Оскільки річний обсяг виробництва становить 2000 штук, то $K_n = 1$.

Вартість заготовки, отриманої штампуванням, становитиме:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{100\,000}{1000} \cdot 12,3 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,80 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (12,3 - 7,1) \cdot 8 = 784 \approx 785 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу $K_{B.M.}$ розраховуємо за формулою 2.12 [17]

$$K_{B.M.} = \frac{7,1}{12,3} = 0,577 \approx 0,58.$$

Для оцінки економічної ефективності різних методів отримання заготовок, за умови незмінності процесу механічної обробки, використовується наступна формула [17]

$$E_e = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}})N, \quad (2.14)$$

де $S_{\text{заг1}}, S_{\text{заг2}}$ — Вартість заготовки за проєктованими варіантами;

N — річний обсяг випуску деталей.

$$E_e = (2639 - 785) \cdot 2000 = 3\,708\,000 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці. 2.3.

Таблиця 2.3 — Результати розрахунків

Назва показника	Варіант	
	Перший	Другий
Вид заготовки	Прокат круглий	Штамповка на ГKM
Маса заготовки, кг	28,0	12,3
Маса деталі, кг	7,1	
Коефіцієнт використання матеріалу	0,25	0,58
Вартість 1 т заготовок, грн	100 000	
Вартість 1 т стружки, грн	8000	
Вартість заготовки, грн	2639	785
Економічний ефект, грн	3 708 000	

Аналіз проведених розрахунків показує, що найбільш ефективним методом отримання заготовки для деталі "Вилка" є штампування на горизонтально-кувальній машині.

2.4 Розрахунок припусків на обробку деталі

Для зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 106h10_{(-0,14)}$ деталі "Вилка" зі сталі C45 EN 10083-2, отриманої з поковки масою 12,3 кг, визначимо припуски на обробку та проміжні розміри, на основі методики, описаної в працях [15, 19, 23].

Технологічний маршрут обробки передбачає попереднє та чистове точіння заготовки, встановленої в патрон.

Дані щодо технологічного маршруту та елементів припуску занесемо до розрахункової таблиці 2.4. Сумарне просторове відхилення осі оброблюваної поверхні $\varnothing 106h10$ відносно осі центрових отворів $\rho_{\text{заг}}$ розрахуємо за відповідною формулою [15]

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} \quad (2.15)$$

де $\rho_{зм}$ —похибка зміщення поверхні, що обробляється, відносно базової, мм;

$\rho_{кор}$ —похибка викривлення поверхні, що обробляється, мм.

Для штампованої заготовки масою 12,3 кг, отриманої на горизонтально-кувальній машині (ГКМ) з нормальним класом точності, зміщення оброблюваної поверхні відносно базової становить $\rho_{зм} = 1$ мм. Величину викривлення оброблюваної поверхні можна визначити за допомогою наступної формули [15]

$$\rho_{кор} = \Delta_k l \quad (2.16)$$

де Δ_k —питома кривизна поверхні, що обробляється, мкм;

l —відстань від оброблюваного перерізу до найближчої опори, мм.

Враховуючи, що питома кривизна поверхні, що обробляється, дорівнює $\Delta_k = 0,2$ мкм/мм, а відстань від оброблюваного перерізу до найближчої опори, згідно з кресленням деталі, становить $l = 36$ мм, тож можна зробити висновок, що :

$$\rho_{кор} = 0,2 \cdot 36 = 7,2 \text{ мкм} = 0,0072 \text{ мм}.$$

Загальне просторове відхилення осі поверхні, що підлягає обробці, ρ становить:

$$\rho_{заг} = \sqrt{1,0^2 + 0,0072^2} = 1,0 \text{ мм}.$$

Залишкове просторове відхилення $\rho_{зал}$ визначається за формулою [15]

$$\rho_{зал} = k_y \rho_{заг} \quad (2.17)$$

k_y —коефіцієнт уточнення форми [23].

Отримаємо:

Після чорнового точення $\rho_1 = 0,06 \cdot 1000 = 60$ мкм;

Визначаємо R_z та T :

- заготовка: $R_z = 240$ мкм, $T = 250$ мкм;
- після чорнового точення: $R_z = 120$ мкм, $T = 120$ мкм;
- після чистового точення: $R_z = 40$ мкм, $T = 40$ мкм.

Похибка встановлення ε_y при чорновому точінні визначається за формулою [15]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.18)$$

де ε_6 —Похибка базування заготовки, мкм;

ε_3 —Похибка закріплення заготовки, мкм.

При базуванні заготовки в патроні, значення похибки базування визначається згідно з таблицею $\varepsilon_6 = 0$ мкм. 2.14, а похибка закріплення $\varepsilon_3 = 450$ мкм згідно з таблицею 2.19 $\varepsilon_3 = 450$ мкм.

Тоді:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 450^2} = 450 \text{ мкм.}$$

Похибку встановлення при чистовому точінні визначимо за формулою:

$$\varepsilon_{yi} = k_y \cdot \varepsilon_y + \varepsilon_{\text{інд}}, \quad (2.19)$$

де k_y —коефіцієнт уточнення ($k_y = 0,06$);

ε_y —похибка встановлення на першому переході;

$\varepsilon_{\text{інд}}$ —похибка індексації поворотного пристрою, при розрахунках приймаємо $\varepsilon_{\text{інд}} = 0,05$ мм.

$$\varepsilon_y = 0,06 \cdot 0,45 + 0,05 = 0,077 \text{ мм} = 77 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо, використовуючи основну формулу.

$$2z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.20)$$

де $R_{z_{i-1}}$, T_{i-1} —висота нерівностей та глибина пошкодженого поверхневого шару, що залишилися після попередньої технологічної операції, виміряні у мікрометрах (мкм);

ρ_{i-1} — сукупність просторових відхилень елементарної поверхні, отриманих на попередньому етапі обробки, виміряних у мікрометрах (мкм);

ε_i — похибка, що виникає під час встановлення заготовки для виконання поточної операції, виміряна у мікрометрах (мкм):

Мінімальний припуск на:

чорнове точіння:

$$2z_{\min} = 2 \left(240 + 250 + \sqrt{1000^2 + 450^2} \right) = 2 \cdot 1587 \text{ мкм};$$

Чистове точіння:

$$2z_{\min} = 2 \left(120 + 120 + \sqrt{60^2 + 77^2} \right) = 2 \cdot 338 \text{ мкм};$$

Результати обчислень заносимо до таблиці 2.4.

Заповнення графі "Розрахунковий розмір" починаємо з кінцевого розміру, вказаного на кресленні, поступово додаючи до нього розрахований мінімальний припуск для кожного технологічного переходу.

$$d_{p1} = 105,86 + 2 \cdot 0,338 = 106,537 \text{ мм};$$

$$d_{p\text{заг}} = 106,537 + 2 \cdot 1,587 = 109,70 \text{ мм}.$$

Величини допусків для кожного технологічного переходу встановлюються відповідно до квалітету обробки.

Найменший граничний розмір визначається заокругленням розрахункових розмірів у більший бік.

Найбільший граничний розмір обчислюється шляхом додавання допуску до заокругленого найменшого граничного розміру.

$$d_{\text{заг}} = 109,7 + 3,6 = 113,3 \text{ мм};$$

$$d_{\text{max}1} = 106,5 + 0,2 = 106,7 \text{ мм};$$

$$d_{\text{max}2} = 105,86 + 0,14 = 106 \text{ мм}.$$

Максимальні припуски $Z_{\text{max}}^{\text{пр}}$ визначаються як різниця між найбільшими граничними розмірами попереднього та наступного переходів обробки. Мінімальні припуски $Z_{\text{min}}^{\text{пр}}$ обчислюються аналогічно, але з використанням найменших граничних розмірів.

$$2Z_{\text{max}2}^{\text{пр}} = 106,7 - 106,0 = 0,7 \text{ мм} = 700 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{max}1}^{\text{пр}} = 113,3 - 106,7 = 6,6 \text{ мм} = 6600 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{min}2}^{\text{пр}} = 106,50 - 105,86 = 0,64 \text{ мм} = 640 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{min}1}^{\text{пр}} = 109,7 - 106,5 = 3,2 \text{ мм} = 3200 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски Z_{min} та Z_{max} обчислюємо шляхом додавання проміжних припусків та заносимо отримані значення в нижню частину відповідних стовпців таблиці.

$$Z_{\text{min}} = 640 + 3200 = 3840 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{max}} = 700 + 6600 = 7300 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск:

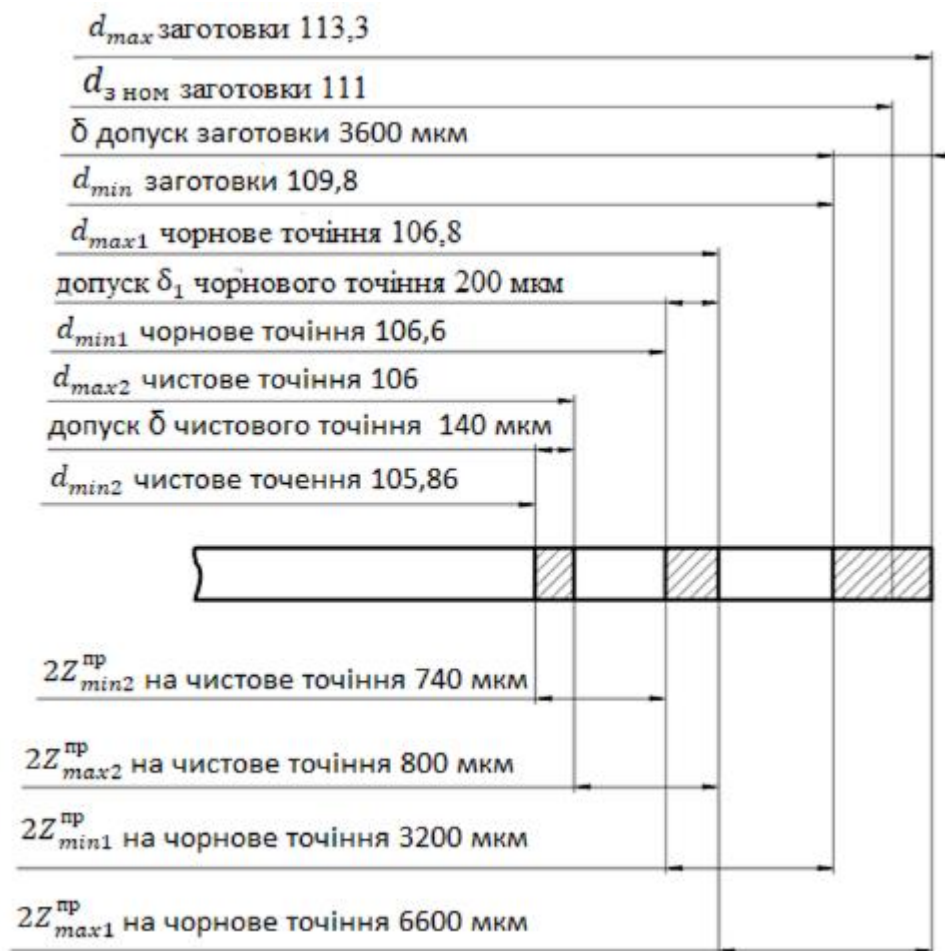


Рисунок 2.1 — Схема розташування припусків на обробку поверхні $\varnothing 106h10$

Для отвору $\varnothing 20H9(+0,043)$ деталі "Вилка" визначимо припуски на обробку та проміжні граничні розміри. Припуски та допуски для інших поверхонь деталі призначимо згідно з ГОСТ 7505-89 (рис. 4А та 2.1) і занесемо у таблицю 2.6.

Технологічний маршрут обробки отвору включає свердління, зенкерування та розгортання. Заготовка фіксується в затискному пристрої.

Технологічний маршрут обробки та відповідні дані записуємо до таблиці 2.5. Загальне просторове відхилення осі отвору $\varnothing 20H9$ відносно осі центрових отворів p обчислимо за формулою [23]

$$\rho_1 = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2} = \sqrt{20^2 + (1,3 \cdot 17)^2} = 30 \text{ мкм}, \quad (2.21)$$

де C_0 — зміщення осі отворів при свердлінні, мкм ($C_0 = 20$ мкм);

Δ_y — питомий зсув осі отвору при свердлінні ($\Delta_y = 1,3$ мкм/мм);

l — довжина отвору, мм ($l = 17$ мм).

Остаточне просторове відхилення $\rho_{\text{ост}}$ може бути обчислене за формулою 2.17, що дасть нам наступний результат:

Після зенкування $\rho_2 = 0,005 \cdot 30 = 0,15$ мкм;

Визначимо значення R_z и T :

- свердління: $R_z = 40$ мкм, $T = 60$ мкм;
- зенкерування: $R_z = 30$ мкм, $T = 40$ мкм;
- розвертання : $R_z = 10$ мкм, $T = 25$ мкм.

Похибка встановлення ε_y при свердлінні визначається похибкою закріплення заготовки ε_3 , яка в даному випадку становить 90 мкм.

Для зенкування та розгортання похибка встановлення розраховується за формулою 2.19:

$$\varepsilon_{y2} = 0,06 \cdot 0,09 + 0,05 = 0,05 \text{ мм} = 50 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{y3} = 0,06 \cdot 0,05 + 0,05 = 0,05 \text{ мм} = 50 \text{ мкм.}$$

Мінімальні припуски для зенкування та розгортання обчислюються за формулою 2.20:

Зенкування:

$$2z_{\min} = 2 \left(40 + 60 + \sqrt{30^2 + 50^2} \right) = 2 \cdot 158 \text{ мкм}$$

Розвертання:

$$2z_{\min} = 2 \left(30 + 40 + \sqrt{0,15^2 + 50^2} \right) = 2 \cdot 120 \text{ мкм}$$

Отримані результати заносимо до таблиці 2.5.

Заповнення графі "Розрахунковий розмір" починається з кінцевого розміру (зазначеного на кресленні), від якого послідовно віднімаються розраховані мінімальні припуски для кожного технологічного переходу.

$$d_{p2} = 20,043 - 2 \cdot 0,120 = 19,803 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 19,803 - 2 \cdot 0,158 = 19,487 \text{ мм.}$$

Величини допусків для кожного технологічного переходу встановлюються згідно з квалітетом відповідного виду обробки.

Для визначення найбільшого граничного розміру використовується заокруглення розрахункових розмірів у менший бік.

Найменший граничний розмір обчислюється шляхом віднімання допуску від отриманого найбільшого граничного розміру.

$$d_{min3} = 20,043 - 0,043 = 20,0 \text{ мм};$$

$$d_{min2} = 19,81 - 0,06 = 19,75 \text{ мм};$$

$$d_{min1} = 19,5 - 0,1 = 19,4 \text{ мм}.$$

Мінімальні та максимальні граничні значення припусків $Z_{min}^{пр}$ та $Z_{max}^{пр}$ для отвору Ø20H9 розраховані як різниці між відповідними граничними розмірами суміжних технологічних переходів:

$$2Z_{max3}^{пр} = 20,00 - 19,75 = 0,25 \text{ мм} = 250 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max2}^{пр} = 19,75 - 19,4 = 0,35 \text{ мм} = 350 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min3}^{пр} = 20,043 - 19,810 = 0,233 \text{ мм} = 233 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min2}^{пр} = 19,81 - 19,50 = 0,31 \text{ мм} = 310 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски Z_{Omin} та Z_{Omax} отримані шляхом підсумовування проміжних припусків:

$$Z_{Omin} = 233 + 310 = 543 \text{ мкм};$$

$$Z_{Omax} = 250 + 350 = 600 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск $Z_{Oном}$ та номінальний діаметр розсвердленого отвору d_1 розраховані наступним чином:

$$Z_{Oном} = Z_{Omin} + B_1 - B_d = 543 + 100 - 43 = 600 \text{ мкм}.$$

$$d_1 = d_{d ном} - Z_{Omin} = 20 - 0,6 = 19,4 \text{ мм}.$$

Перевірка правильності розрахунків виконана шляхом підтвердження співвідношень:

$$Z_{max3} - Z_{min3} = \delta_2 - \delta_3 = 17 \text{ мкм}$$

$$Z_{max2} - Z_{min2} = \delta_1 - \delta_2 = 40 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max3}^{пр} - 2Z_{min3}^{пр} = \delta_2 - \delta_3:$$

$$2Z_{max3}^{пр} - 2Z_{min3}^{пр} = 250 - 233 = 17 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 60 - 43 = 17 \text{ мкм}.$$

$$2Z_{max2}^{пр} - 2Z_{min2}^{пр} = \delta_1 - \delta_2.$$

$$2Z_{max2}^{пр} - 2Z_{min2}^{пр} = 350 - 310 = 40 \text{ мкм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 100 - 60 = 40 \text{ мкм}.$$

На основі отриманих результатів побудовано графічну схему розташування припусків та допусків для обробки отвору $\varnothing 20H9$ (рисунок 2.2).

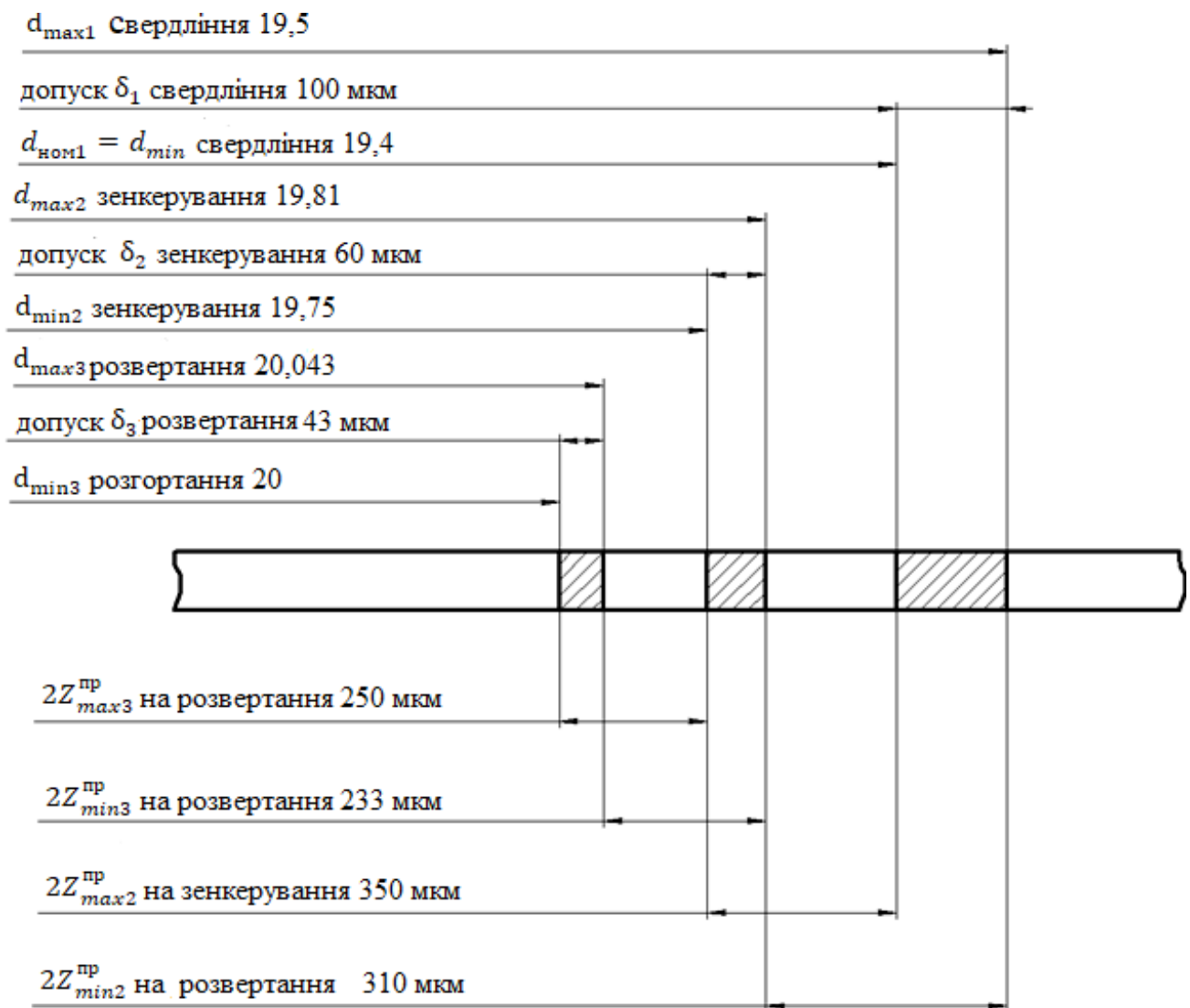


Рисунок 2.2 — Схема розташування припусків на обробку отвору $\varnothing 20H9$

Таблиця 2.4 — Розрахунок припусків та граничних розмірів для обробки отвору Ø20H9 з урахуванням послідовності технологічних операцій.

Технологічні переходи обробки елементарно і поверхні:	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	ε_y	$2z_{min}$	d_p	δ	d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}^{пр}$	$2Z_{max}^{пр}$
1.свердління	40	60	30	90	—	19,487	100	19,4	19,5	—	—
2.Зенкерування	30	40	0,15	50	2·158	19,803	60	19,75	19,81	310	350
3.Розвертання	10	25	—	50	2·120	20,043	43	20,0	20,043	233	250
										543	600

Таблиця 2.6 — Допуски та припуски на оброблювані поверхні деталі в міліметрах

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		Табличний	Розрахунковий	
3	Ø172h14	2·2,7	—	+3,7 -1,3
1,4	22	2·2,0	—	+1,8 -1,0
5	Ø106h10	2·2,5	2·2,5	+2,4 -1,2
7	Ø94h14	2·2,3	—	+2,1 -1,1
11	134 _{-0,5}	2·3,0	—	+2,4 -1,2

2.5 Розрахунок режимів різання для обробки деталі

Для операції "015 Токарна з ЧПК", що виконується на токарному верстаті моделі ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y з числовим програмним керуванням, проведемо розрахунок режимів різання. Операція включає наступні переходи з використанням вказаних інструментів:

Перехід 10: підрізання торця до розміру $134_{-0,5}$ мм за допомогою токарного підрізного різця Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P з розмірами $H \times B = 25 \times 20$ мм та $L = 140$ мм.

Перехід 11: точіння поверхні $94_{-0,87}$ мм на довжину $82^{+0,6}$ мм за допомогою токарного прохідного відігнутого різця Kennametal AOMT 123608-HM KC7215 з розмірами $H \times B = 25 \times 20$ мм, $L = 174$ мм та кутом $\varphi = 45^\circ$.

Перехід 12: точіння поверхні $106_{-0,14}$ мм на довжину $26 \pm 0,26$ мм за допомогою токарного підрізного різця Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P з розмірами $H \times B = 25 \times 20$ мм та $L = 140$ мм.

Перехід 13: підрізання торця до розміру $22_{-0,52}$ мм за допомогою токарного підрізного різця Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P з розмірами $H \times B = 25 \times 20$ мм та $L = 140$ мм.

Режими різання розраховуємо за методиками, викладеними у працях [20, 23]. Результати розрахунку режимів різання для кожного переходу представлені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 — Розрахунок режимів різання для операції «015 Токарна з ЧПК»

Назва	Формула	Розрахунок
1	2	3
1) Довжина робочого ходу супорта	$L_{p.x.} = L_{piz} + y$	Перехід 10: $L_{p.x.} = 47 + 1 = 48$ мм. Перехід 11: $L_{p.x.} = 82 + 1 = 83$ мм. Перехід 12: $L_{p.x.} = 26 + 1 = 27$ мм. Перехід 13: $L_{p.x.} = 34 + 1 = 35$ мм.
2) Подача супорта за один оберт шпинделя	S_0 назначаємо за картою T-2 та уточнюємо за паспорту верстату	На всі переходи призначаємо $S_0 = 0,4$ мм/об;

Продовження таблиці 2.7

1	2	3
3) Стійкість інструмента T_p	$T_p = T_m \lambda;$ T_m назначаємо за картою Т-3; $\lambda = \frac{L_{\text{різ.}}}{L_{\text{р.х.}}}$	Переходи №10: $T_m = 150 \text{ хв};$ $\lambda = 47/48 = 0,98;$ $T_p = 150 \times 0,98 = 147 \text{ хв.}$ №11: $T_m = 150 \text{ хв};$ $\lambda = 82/83 = 0,99;$ $T_p = 150 \times 0,99 = 149 \text{ хв.}$ №12: $T_m = 150 \text{ хв};$ $\lambda = 26/27 = 0,96;$ $T_p = 150 \times 0,96 = 144 \text{ хв.}$ №13: $T_m = 150 \text{ хв};$ $\lambda = 34/35 = 0,97;$ $T_p = 150 \times 0,97 = 146 \text{ хв.}$
4) Швидкість різання V та число обертів шпинделя n	$V = V_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3;$ $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d};$ уточнення n за паспортом верстату; уточнення V за формулою $V = \frac{\pi d n}{1000}$	№10: $V = 140 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,05$ $= 77 \text{ м/хв};$ $n = \frac{1000 \cdot 77}{3,14 \cdot 94} = 261 \text{ хв}^{-1};$ за паспортом $n = 250 \text{ хв}^{-1};$ $V = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 250}{1000} = 73 \text{ м/хв.}$ №11: $V = 140 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,35$ $= 99 \text{ м/хв};$ $n = \frac{1000 \cdot 99}{3,14 \cdot 94} = 335 \text{ хв}^{-1};$ за паспортом $n = 355 \text{ хв}^{-1};$ $V = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 355}{1000} = 105 \text{ м/хв.}$ №12: $V = 140 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1,35$ $= 98 \text{ м/хв};$ $n = \frac{1000 \cdot 98}{3,14 \cdot 106,1} = 294 \text{ хв}^{-1};$ за паспортом $n = 280 \text{ хв}^{-1};$ $V = \frac{3,14 \cdot 106,1 \cdot 280}{1000} = 93 \text{ м/хв.}$ №13: $V = 140 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1,2$ $= 88 \text{ м/хв};$

1	2	3
		$n = \frac{1000 \cdot 88}{3,14 \cdot 172} = 163 \text{ хв}^{-1};$ За паспортом $n = 140 \text{ хв}^{-1};$ $V = \frac{3,14 \cdot 172 \cdot 140}{1000} = 76 \text{ м/хв.}$
5) Основний машинний час обробки $t_M = t_m, \text{ хв}$	$t_{Mi} = \frac{L_{p.x.i}}{s_{0i} n_i}$ $t_M = \sum_{i=1}^n t_{Mi}$	№10: $t_{M2} = 48/(0,4 \times 250) = 0,48 \text{ хв.}$ №11: $t_{M3} = 83/(0,4 \times 355) = 0,58 \text{ хв.}$ №12: $t_{M2} = 27/(0,4 \times 280) = 0,24 \text{ хв.}$ №13: $t_{M2} = 35/(0,4 \times 140) = 0,63 \text{ хв.}$ $t_M = 0,48 + 0,58 + 0,24 + 0,63 = 1,93 \text{ хв.}$

Таблиця 2.8 — Режими різання

№ операції та переходу		t , мм	$L_{p.x.}$, мм	S_0 , мм/об	S_z , мм/об	n , x_B^{-1}	V , мм/хв	t_m , хв
005 Токарна з ЧПК	2	2,1	51,3	0,6	—	250	74	0,34
	3	1,76	83,3	0,6		280	84	0,50
	4	2,2	33	0,6			93	0,20
	5	1,3	36	0,6		140	76	0,43
Σt_0								1,47
010 Токарна з ЧПК	6	1,3	91,7	0,6	—	100	56	1,5
	7	0,81	90,7	0,4		140	78	1,62
	8	2,2	26	0,6			78	0,31
	9	0,7		0,4		180	100	0,36
Σt_0								3,79
015 Токарна з ЧПК	10-	1,1	48	0,4	—	250	73	0,48
	11	0,56	83			355	105	0,58
	12	0,5	27			280	93	0,24
	13	0,9	35			140	76	0,63
Σt_0								1,93
020 Свердлильна з ЧПК	2	10	10	0,04	—	500	5,95	0,89
	3		28	0,25			26,2	0,58
	4		25	0,42			27,7	0,18
Σt_0								1,65

Продовження таблиці 2.8

№ операції та переходу		t , мм	$L_{p.x.}$, мм	S_0 , мм/об	S_Z , мм/об	n , XB^{-1}	V , мм/ХВ	t_m , ХВ
025 Горизонтально-фрезерна	2	41	117	4	0,05	200	128	3,8
030 Горизонтально-фрезерна	2	10	99		0,2	400	253	1,19
035 Свердлильна з ЧПК	2	10	10	0,04	—	500	5,95	0,89
	3		84	0,4			28	0,42
	4	0,175	80	0,65			29	0,25
	5	0,125	90	1,0			29,3	0,19
	6	10	7	0,13			28	0,11
Σt_0								1,86
040 Свердлильна з ЧПК	7	—	7	0,13	—	500	28	0,11
045 Горизонтально-фрезерна	2	15	156		1,0	125	40,3	1,25
050 Свердлильна з ЧПК	2	—	95	0,1	—	1400	27	0,67
	3	0,8	20					0,14
Σt_0								0,81

2.6 Розрахунок технічної норми часу на виготовлення деталі

Технічні норми часу обчислюються для всіх операцій технологічного процесу згідно з джерелами [20,22,23]. Результати цих розрахунків представлені у таблиці 2.10. Детальний розрахунок норм часу за елементами для операції "015 Токарна з ЧПК" наведено у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 — Розрахунок норм часу для операції "015 Токарна з ЧПК"

Назва	Формула	Розрахунок
1) Допоміжний час t_t , хв	$t_t = t_{i.r.} + t_{f.u.} + t_{kp} + t_{mea};$ $t_{i.r.}, t_{f.u.}, t_{c.t.}, t_{mea},$ знаходимо за нормативами	$t_{ir} + t_{f.u.} = 0,52$ хв; $t_{c.t} = 1,06$ хв; $t_{mea} = 0,30$ хв; $t_t = 0,52 + 1,06 + 0,30 =$ 1,88
2) Оперативний час $t_{o.t.}$, хв	$t_{o.t.} = t_m + t_t$	$t_{o.t} = 1,93 + 1,88 = 3,81$
3) Час на обслуговування $t_{w.m}$ та відпочинок $t_{t.r.}$, хв	$(t_{w.m} + t_{t.r.}) = 0,1 t_{o.t}$	$(t_{w.m} + t_{t.r.}) = 0,1 \cdot 3,81 =$ 0,38
4) Норма штучного часу $t_{p.t.}$, хв	$t_{p.t} = t_m + t_t + t_{w.m} + t_{t.r.}$	$t_{p.t} = 1,93 + 1,88 + 0,38 =$ 4,19

Назва	Формула	Розрахунок
5) Підготовчо-заклучний час $t_{p.f.}$, хв	$t_{p.f.} = t_{acce} + t_{a.s.}$ $t_{acce}, t_{a.s.}$ знаходимо за нормативами	$t_{p.f.} = 30,5 + 13 = 43,5$
5) Норма штучно-калькуляційного часу $t_{p-r.t.}$, хв	$t_{p-r.t.} = t_{p.t} + (t_{p.f.} / n)$	$t_{p-r.t.} = 4,19 + (43,5 / 36) = 5,4$

Таблиця 2.10 — Зведена таблиця норм часу у хвилинах

Назва операції		t_m	t_t				$t_{o,t}$	$t_{w,m}$	$t_{t,r}$	$t_{p,t}$	$t_{p,f.}$	n	$t_{p-r.t.}$
			$t_{i.r.}$	$t_{f.u.}$	$t_{c.t}$	t_{mea}							
005	Токарна з ЧПК	1,47	0,52	1,06	0,30	3,35	0,35	3,70	43,6	36	4,9		
010		3,79			0,21	5,67	0,57	6,24			7,5		
015		1,93			0,30	3,81	0,38	4,19			5,4		
020	Сверд-лильна з ЧПК	1,65	0,18	0,84	0,14	2,81	0,28	3,09	33,2	36	4		
025	Горизон-тально-фрезерна	3,8	0,22	1,55	0,22	5,79	0,58	6,37	44,3	36	7,6		
030		1,19	0,22	1,55	0,22	3,18	0,32	3,5	44,3	36	4,7		
035	Сверд-лильна з ЧПК	1,86	0,22	0,84	0,08	3	0,3	3,3	33,2	36	4,2		
040		0,11	0,22	0,84	—	1,17	0,1	1,27	33,2	36	2,2		
045	Гориз-онтально-фрезерна	1,25	0,22	1,55	0,2	3,22	0,32	3,54	44,3	36	4,8		
050	Сверд-лильна з ЧПК	0,81	0,22	0,84	0,08	1,95	0,2	2,15	33,2	36	3,1		

2.7 Визначення необхідної кількості обладнання та побудова графіків завантаження

Кількість верстатів, для виконання операцій, можна розрахувати за формулою [10]

$$m_{pi} = \frac{N_r \cdot t_{p-r.t.}}{60\Phi\eta_{l.n.}}, \quad (2.22)$$

де $t_{p-r.t.}$ — штучний або штучно-калькуляційний час виконання операції, хв;

N_r — річний обсяг випуску деталей, шт.;

Φ — дійсний річний фонд часу, годин, (при двозмінному режимі роботи $\Phi = 4016$ годин).

$\eta_{l.n.}$ — нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, що дорівнює 0,75...0,8; приймаємо 0,75

Розрахунковий коефіцієнт завантаження обладнання за даною операцією, що дорівнює $\eta_{l.f.i}$ [23]

$$\eta_{l.f.i} = \frac{m_{pi}}{P_i}, \quad (2.23)$$

де m_{pi} — розрахункова кількість верстатів для даної операції;

P_i — кількість верстатів, необхідних для виконання даної операції, визначена округленням розрахункового значення до найближчого більшого цілого числа m_{pi} .

Коефіцієнт використання обладнання за основним (технологічним) часом η_m показує, яку частину загального часу роботи верстата займає машинний час, тобто час безпосередньої обробки деталі.

$$\eta_m = \frac{t_m}{t_{p-r.t.}} \quad (2.24)$$

де t_m — основний (машинний) час, хв.

Проведемо розрахунок для операції «005 Токарна з ЧПК»:

$$m_{p_1} = \frac{2000 \cdot 4,7}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,054; P_1 = 1; \eta_{l.f.1} = \frac{0,054}{1} = 0,054.$$

Аналогічним чином проведемо розрахунки для решти операцій технологічного процесу. Отримані дані щодо кількості обладнання та його

завантаження будуть представлені у таблиці 2.11. На основі цих даних побудуємо графіки завантаження обладнання рис. 2.3 та використання обладнання за основним часом рис 2.4.

Таблиця 2.11 — Визначення необхідної кількості технологічного обладнання

№ операції	Модель верстату	t_m , хв	$t_{p-r.t.}$, хв	m_p	P	$\eta_{l.f.}$	η_m
005	Токарний верстат з ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y	1,47	4,7	0,054	1	0,054	0,31
010		3,79	7,5	0,083	1	0,083	0,50
015		1,93	5,4	0,059	1	0,059	0,36
020	Вертикально-свердильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2	1,65	4	0,044	1	0,044	0,41
025	Горизонтально-фрезерний верстат 6M82Г	3,8	7,6	0,084	1	0,084	0,50
030		1,19	4,7	0,052	1	0,052	0,25
035	Вертикально-свердильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2	1,86	4,2	0,046	1	0,046	0,44
040		0,11	2,2	0,024	1	0,024	0,05
045	Горизонтально-фрезерний верстат 6M82Г	1,25	4,8	0,053	1	0,053	0,26
050	Вертикально-свердильний верстат з ЧПК HAAS VF-1/VF-2	0,81	3,1	0,034	1	0,034	0,26
Σ		17,86	48,2				

Середній коефіцієнт використання групи верстатів за основним часом визначимо за формулою:

$$\eta_{m \text{ ср.}} = \frac{\Sigma t_m}{\Sigma t_{p-r.t.}} = \frac{17,86}{48,2} = 0,37. \quad (2.25)$$

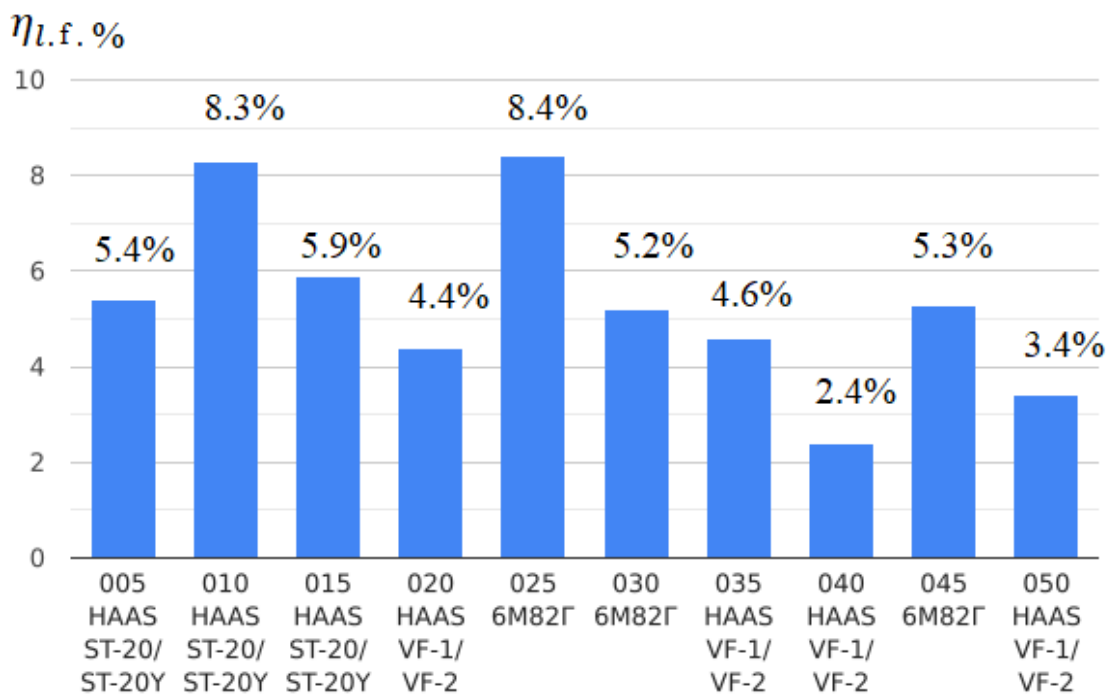


Рисунок 2.3 — Графік завантаження обладнання за кількістю верстатів

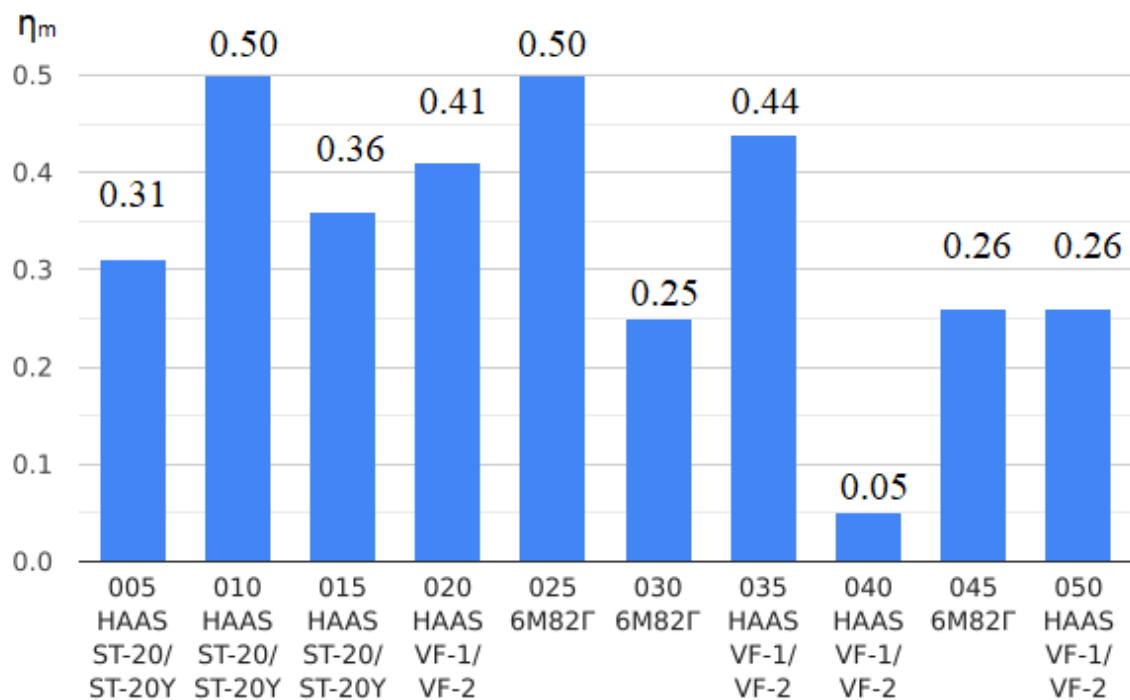


Рисунок 2.4 — Графік використання обладнання за основним часом

Оскільки розраховані коефіцієнти завантаження обладнання не досягають нормативних значень, рекомендується здійснити дозавантаження верстатів шляхом обробки на них інших деталей зі схожими конструктивно-технологічними характеристиками.

2.8 Техніко-економічне обґрунтування технології виготовлення деталі ВИЛКА ОЛВ 52.06

Техніко-економічне обґрунтування запропонованого варіанта технологічного процесу полягає у визначенні його економічної ефективності шляхом розрахунку та порівняння зведених витрат на одиницю продукції для кожної зміненої операції [5, 16, 17]. Метою є знаходження варіанту з мінімальними зведеними витратами. Для порівняння двох варіантів технологічного процесу зведені витрати розраховуються за формулою.

$$З = С + E_n(K_v + K_{завд}), \quad (2.26)$$

де C - технологічна собівартість, грн;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,1$);

$K_v, K_{завд}$ - питомі капітальні вкладення у верстат та завдання відповідно.

Розрахунок основної та додаткової заробітної плати виконується за формулою [8]

$$C_z = C_n \cdot K_d \cdot Z_n \cdot K_{o.б.} \quad (2.27)$$

де C_n — Погодинна тарифна ставка робітника відповідної для даної операції кваліфікації, грн/год;

K_d — Коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату та інші виплати, пов'язані з перевиконанням виробничих норм. ($K_d = 1,7$);

Z_n — Коефіцієнт, що враховує витрати на оплату праці наладчика (для серійного типу виробництва $Z_n = 1,0$);

$K_{o.б.}$ — Коефіцієнт, що враховує витрати на оплату праці робітника при обслуговуванні кількох верстатів одночасно, залежно від кількості верстатів ($K_{o.м.} = 1,0$).

Для розрахунку погодинних витрат на експлуатацію робочого місця використовується наступна формула [16]

$$C_{\text{експ}} = C_{\text{п.в.}} \cdot K_m, \quad (2.28)$$

де $C_{п.в.}$ — Фактичні погодинні витрати на експлуатацію базового робочого місця, грн/год;

K_M — Коефіцієнт, що показує різницю у витратах на експлуатацію між даним верстатом та базовим верстатом.

Для розрахунку питомих капітальних вкладень використовується наступна формула. [17]

$$K_c = \frac{C_B \cdot K_M \cdot C_B}{N}, \quad (2.29)$$

де C_B — вартість верстата, грн;

K_M — коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування та монтаж верстата ($K_M = 1,1$);

C_B — кількість верстатів, необхідних для виконання операції ($C_B = 1$);

N — річний обсяг виробництва деталей, шт.

Розрахунок питомих капітальних вкладень у будівлю здійснюється за формулою [16]

$$K_{буд} = \frac{C_{в.п.} \cdot P_B \cdot C_B}{N}, \quad (2.30)$$

де $C_{в.п.}$ — ціна 1 м^2 виробничої площі, грн/ м^2 ;

P_B — площа яку займає верстат з урахуванням проходів, м^2 .

Розрахунок Площі P_B , яку має верстат, здійснюється за формулою [23]

$$P_B = f \cdot K_c, \quad (2.31)$$

де f — площа, яку займає верстат, м^2 ;

K_c — коефіцієнт, що враховує площу, необхідну для обслуговування верстата та проходів.

Для розрахунку технологічної собівартості всіх операцій використовується наступна формула [23]

$$C = (C_z + C_{експ}) \frac{tp-r.t.}{60}, \quad (2.32)$$

Економічний ефект нашого технологічного процесу буде розраховуватися за такою формулою:

$$E = (Z_{баз} - Z_{п.в.})N, \quad (2.33)$$

де $Z_{баз}$ - наведені витрати за базовим варіантом технологічного процесу;

$Z_{п.в.}$ - наведені витрати за проєктованим варіантом.

2.8.1 Розрахунок для випадку використання верстату моделі LeBlond Regal

Технологічні операції 005, 010 та 015 виконуються на токарному верстаті моделі LeBlond Regal. Для детального аналізу розглянемо операцію 010, яку здійснює токар 4-го розряду.

$C_{\pi} = 180 (+20\%) \text{ грн/год}$, $C_{\text{п.в.}} = 130 \text{ грн}$, $K_M = 1,4$, $t_{\text{p-r.t.}} = 8,3 \text{ хв}$, $C_B = 50\,000\,000 \text{ грн}$, $f = 4,7 \text{ м}^2$, $K_c = 3,6$, $C_{\text{пл}} = 60\,000 \text{ грн}$.

Проведемо розрахунок основної та додаткової заробітної плати

$$C_3 = 210 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 = 357 \text{ грн.}$$

Далі розрахуємо погодинні витрати на експлуатацію робочого місця

$$C_{\text{експ}} = 130 \cdot 1,4 = 182 \text{ грн.}$$

технологічна собівартість всіх операцій

$$C = (357 + 182) \frac{8,3}{60} = 75 \text{ грн.}$$

питомі капітальні вкладення

$$K_c = \frac{50\,000\,000 \cdot 1,1 \cdot 1}{2000} = 27500 \text{ грн.}$$

Розрахунок Площі верстата

$$P_B = 4,7 \cdot 3,6 = 16,9 \text{ м}^2.$$

Питомі капітальні вкладення у будівлю

$$K_{\text{буд}} = \frac{60\,000 \cdot 16,9 \cdot 1}{2000} = 507 \text{ грн.}$$

$$З = 75 + 0,1 \cdot (27\,500 + 507) = 2875 \text{ грн}$$

Операцію 005 та 015 обраховуємо так само та заносимо до таблиці 2.13

2.8.2 Розрахунок для випадку використання верстату моделі HAAS ST-20/ST-20Y

Технологічні операції 005, 010 та 015 виконуються на токарному верстаті моделі HAAS ST-20/ST-20Y. Для детального аналізу розглянемо операцію 010, яку здійснює токар 3-го розряду.

$C_{\pi} = 150 \text{ грн/год}$, $C_{\text{п.в.}} = 130 \text{ грн}$, $K_M = 1,4$, $t_{\text{p-r.t.}} = 7,5 \text{ хв}$, $C_B = 72\,000\,000 \text{ грн}$, $f = 8,6 \text{ м}^2$, $K_c = 3,6$, $C_{\text{пл}} = 60\,000 \text{ грн}$.

Проведемо розрахунок основної та додаткової заробітної плати

Фінансовий результат впровадження технологічного процесу буде на рівні:

$$E = (8\,640 - 12\,298) \cdot 2000 = -7\,316\,000 \text{ грн.}$$

Вибір токарного верстата HAAS ST-20/ST-20Y у порівнянні з LeBlond Regal не призвела до зниження витрат. Однак, використання HAAS ST-20/ST-20Y забезпечує покращені умови праці для оператора порівняно з LeBlond Regal. Серед переваг HAAS ST-20/ST-20Y слід відзначити зниження технологічної собівартості виготовлення деталі завдяки скороченню основного часу обробки.

2.9 Оптимізований технологічний процес виготовлення деталі

Сформулюємо розроблений технологічний процес у вигляді таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 — Технологічний маршрут виготовлення деталі типу "Вилка".

№ операції	Назва, та що з себе представляє операція	Ріжучі інструменти	Модель верстата	Технологічні бази
1	2	3	4	5
010	Токарна з ЧПК: Підрізання торця попереднє	Різець токарний підрізний Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P	HAAS ST-20/ST-20Y	Ø178 мм, торець вилки
	Точіння поверхні	Різець токарний прохідний відігнутий Kennametal AOMT 123608-HM KC7215		
	Точіння поверхні	Різець токарний підрізний Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P		
	Підрізання торця			
	Токарна з ЧПК: Підрізання торця	Різець токарний підрізний Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P	HAAS ST-20/ST-20Y	Ø106,5 мм, торець вилки
	Підрізання торця			
	Точіння поверхні			
	Точіння поверхні			
	Токарна з ЧПК: Підрізання торця остаточне	Різець токарний підрізний Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P	HAAS ST-20/ST-20Y	Ø174 мм, торець вилки
	Точіння поверхні	Різець токарний прохідний відігнутий Kennametal AOMT 123608-HM KC7215		
	Точіння поверхні	Різець токарний підрізний Sandvik Coromant WNMG 080408-QM T-MAX P		
	Підрізання торця			

Продовження таблиці 2.14

1	2	3	4	5
020	Свердлильна з ЧПК: Центрувати 2 отвори	Свердло центрувальне Guhring 9006 010.000	HAAS VF-1/VF-2	Ø94 мм, торець вилки
	Свердлити 2 отвори	Свердло спіральне Ø16 Sandvik Coromant CoroDrill 860-GM		
	Зенкерувати 2 отвори	Зенкер Ø17 Walter Prototyp Protomax HSC h8		
025	Горизонтально-фрезерна: Фрезерувати паз	Дискова фреза тристоронні Sandvik Coromant CoroDrill 860-GM	6M82Г	2 отвори Ø18 мм, торця вилки
030	Горизонтально-фрезерна: Фрезерувати лиски	Фрези: дві дискові тристоронні Sandvik Coromant CoroDrill 860-GM	6M82Г	2 отвори Ø18 мм, торця вилки
035	Свердлильна з ЧПК: Центруємо отвір	Свердло центрувальне Guhring 9006 010.000	HAAS VF-1/VF-2	Ø106 мм, торець вилки
	Просвердлити отвір	Свердло спіральне Ø19,4 Iscar SUMOCHAM IQ DRILL		
	Провести зенкерування отвір	Зенкер Ø19,75 Seco Tools Jabro JHP770 h8		
	Розвертаємо отвір	Розгортка Dormer Pramet S234 H9		
	Провести зенкування фаски	Зенкування Kyocera MFH Micro Drill		
	Провести зенкування фаски	Зенкування Kyocera MFH Micro Drill		
045	Горизонтально-фрезерна: Фрезерувати лиски	Фрези: дві дискові тристоронні Iskar Multi-Master	6M82Г	2 отвори Ø18 мм, торця вилки
050	Свердлильна з ЧПК: Свердлити отвір	Свердло Ø6,6 Sandvik Coromant CoroDrill 860-GM	HAAS VF-1/VF-2	2 отвори Ø18 мм, торця вилки
	Нарізати різьбу	Мітчик OSG EXOTAP A-POT H OH4		

2.10 Висновки до розділу

У даному розділі було проведено аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06", визначено тип виробництва (середньосерійне) та розраховано оптимальний розмір партії деталей (32 шт.).

Запропоновано замінити базовий метод отримання заготовки (прокат) на штампування на ГKM, що дозволить суттєво знизити витрати матеріалу та підвищити коефіцієнт його використання з 0,25 до 0,58.

Розраховано припуски та граничні розміри для обробки основних поверхонь деталі ($\varnothing 106h10$ та $\varnothing 20H9$), враховуючи послідовність технологічних операцій та необхідну точність.

Проведено розрахунок режимів різання для токарної операції з ЧПК (015) та визначено основний машинний час для всіх операцій. Розраховано технічні норми часу на виготовлення деталі для кожної операції, включаючи підготовчо-заклучний час.

Визначено необхідну кількість обладнання (по одному верстату кожного типу) та побудовано графіки завантаження обладнання за основним часом. Середній коефіцієнт використання обладнання становить 0,37, що свідчить про можливість дозавантаження верстатів іншими деталями.

Проведено техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу з використанням двох варіантів верстатів: LeBlond Regal та HAAS ST-20/ST-20Y. Розрахунок показав, що використання верстата HAAS ST-20/ST-20Y не призводить до зниження витрат, але забезпечує покращені умови праці для оператора та скорочення основного часу обробки.

На основі проведеного аналізу та розрахунків запропоновано оптимізований технологічний процес виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06", який включає використання сучасних верстатів з ЧПК та ріжучих інструментів, що дозволяє підвищити ефективність та якість виробництва.

На основі отриманих даних розроблено комплект технологічної документації на виготовлення деталі, на основі використання рекомендацій, поданих в праці [21].

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Верстатний пристрій для закріплення заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6М82Г

Нами обрано спеціальне верстатне пристосування для фрезерування паза на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6М82Г (операція 025) в умовах середньосерійного виробництва. Конструкція корпусу пристосування передбачає його встановлення на верстат без додаткової вивірки, завдяки використанню базових елементів, що відповідають конфігурації столу верстата. Базування здійснюється по центральному пазу за допомогою двох шпонок, а фіксація - болтами по бічних пазах, що дозволяє встановлювати пристосування у будь-якому положенні вздовж пазів столу.

Пристосування (рис. 3.1) відноситься до класу спеціальних встановлювально-затискних фрезерних пристроїв, призначених для виконання конкретної операції на певній деталі [11, 18]. Заготівля фіксується двома наскрізними отворами діаметром $\varnothing 18H10$ на постійних пальцях 4, встановлених у плиті 1 пристосування. Опорною базою служить торець заготовки товщиною $22h14$.

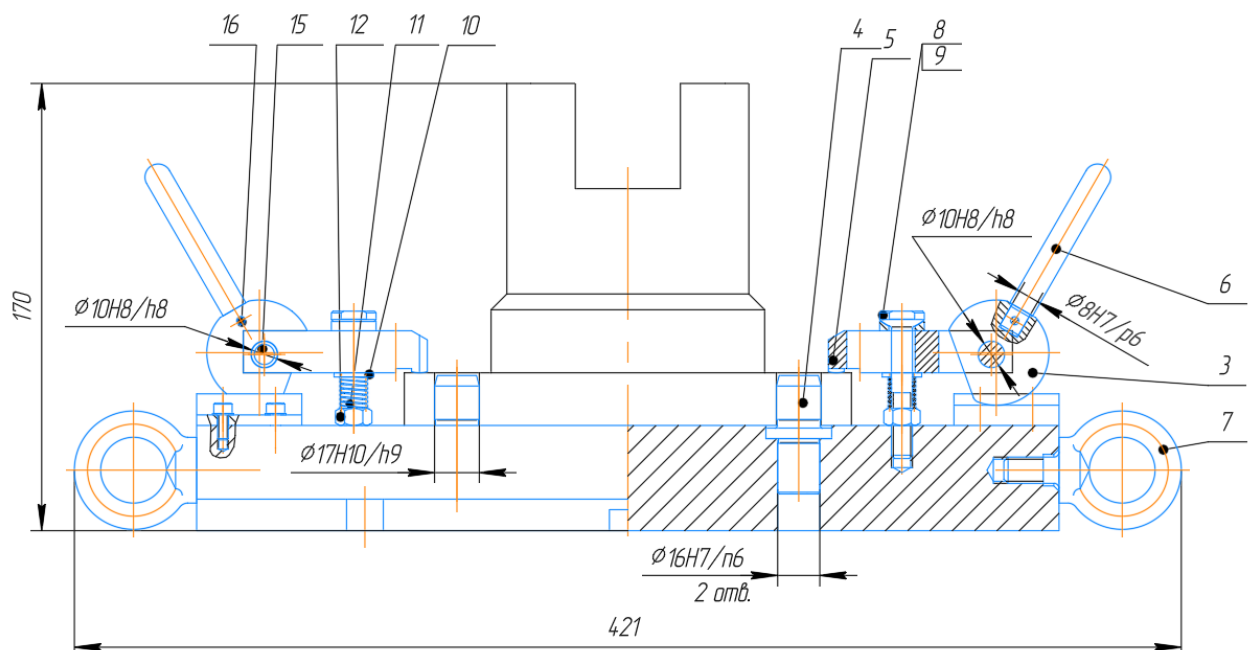


Рисунок 3.1 — Ескіз пристрою для закріплення деталі на верстаті моделі 6М82Г

3.2 Пристрій для контролю паралельності осі отвору Ø20H9

На плиті встановлено дві основи 2 з вертикальними стійками 3, на яких закріплено кронштейн з тримачем 5 для індикатора 12. Для вимірювання в отвори

деталі вводиться оправка, до кінців якої підводяться індикатори. Відхилення від паралельності визначається за різницею показників індикаторів.

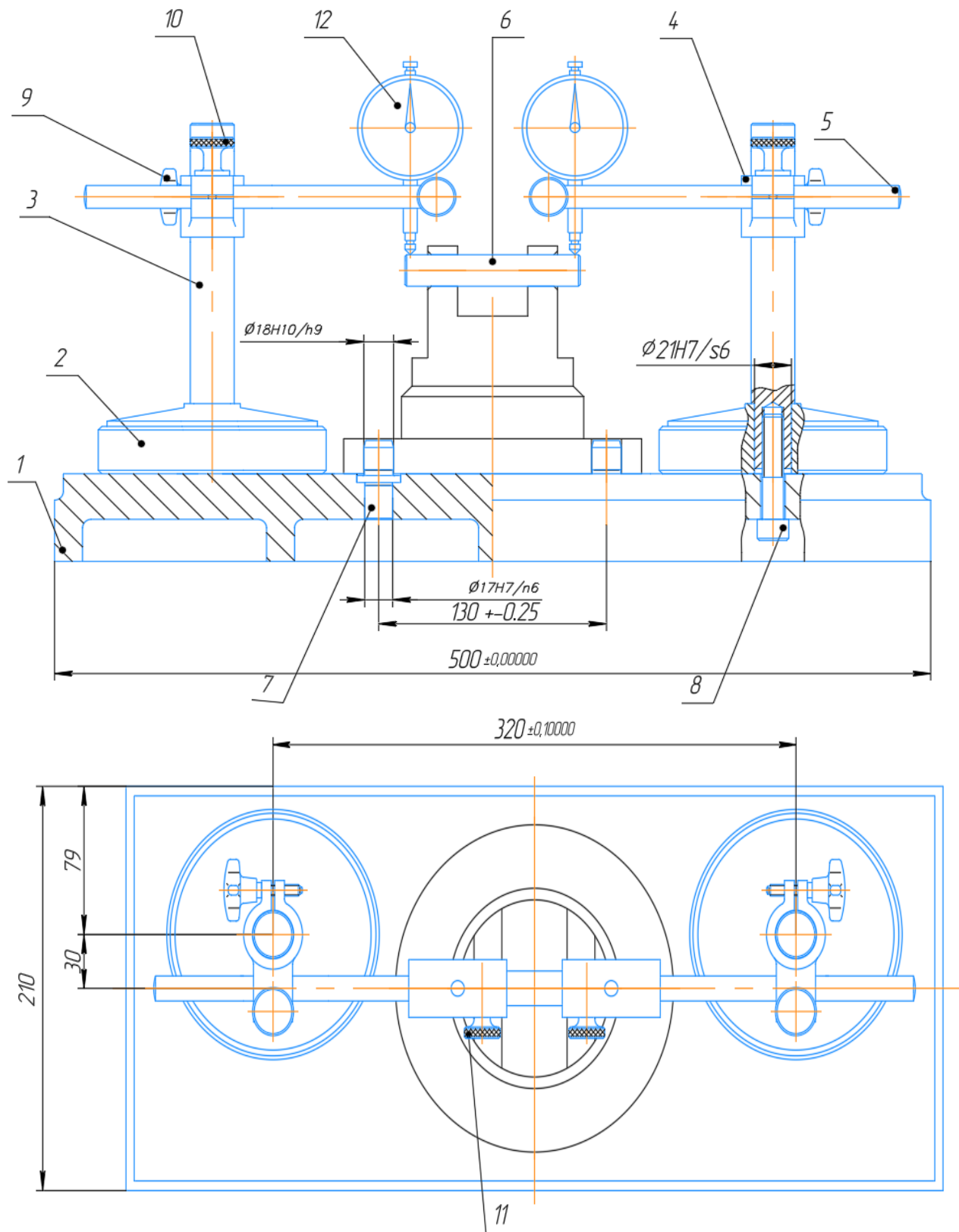


Рисунок 3.2—Ескіз пристрою контролю паралельності осі отвору $\varnothing 20H9$

3.3 Висновки до розділу

У розділі 3 було розроблено конструкції спеціальних пристроїв для закріплення заготовки та контролю її параметрів.

Пристрій для закріплення заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6М82Г забезпечує надійну фіксацію деталі під час фрезерування паза, а також швидку та зручну установку і зняття заготовки завдяки ексцентриковому механізму.

Пристрій для контролю паралельності осі отвору Ø20H9 дозволяє з високою точністю вимірювати відхилення від паралельності, що є важливим параметром якості деталі. Завдяки використанню індикаторів, забезпечується зручність та швидкість контролю.

Розроблені пристрої відповідають вимогам технологічного процесу та забезпечують необхідну точність і продуктивність обробки деталі.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Безпечна експлуатація обладнання

Експлуатація металообробних верстатів (токарних, свердлильних, фрезерних) має відповідати вимогам ДСТУ 12.2.009, СТ СЕВ 538, СТ СЕВ 539, СТ СЕВ 500. [12-14,25]:

Основними вимогами безпеки, що ставляться до конструкцій машин та механізмів, є безпека для здоров'я та життя людей, надійність та зручність експлуатації. До виробничого обладнання яке використовується в даній кваліфікаційній роботі необхідно забезпечувати:

- вибір безпечних принципів дії, конструктивних схем, елементів конструкції;
- використання засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування;
- застосування в конструкції засобів захисту;
- дотримання ергономічних вимог;
- включення вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту та транспортування і зберігання обладнання;
- застосування в конструкції відповідних матеріалів.

Також нижче мною переліченні загальні вимоги до виробничих процесів а саме:

- усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, котрі справляють небезпечну дію;
- заміна технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих факторів, та операціями, при виконанні котрих ці фактори відсутні або мають меншу інтенсивність;
- комплексною механізацією та автоматизацією виробництва;
- застосування дистанційного керування технологічними процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів;

- герметизацією обладнання;
- застосування засобів колективного захисту працівників;
- раціональній організації праці та відпочинку з метою профілактики монотонності та гіподинамії, а також зниження важкості праці;
- своєчасним отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів на окремих технологічних операціях;
- запровадженням систем керування технологічними процесами, котрі забезпечують захист працівників та аварійне вимкнення виробничого обладнання;
- своєчасним видалення та знешкодження відходів виробництва, котрі є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- забезпечення пожежо- та вибухобезпеки.

Значною мірою безпека виробничих процесів залежить від організації та раціональності планування цехів, дільниць, від рівня облаштованості робочих місць, виконання вимог безпеки до виробничих приміщень, зберігання, транспортування, складання вихідних матеріалів, заготовок та готової продукції, а також від видалення відходів, їхньої утилізації, від дотримання вимог безпеки, що ставляться до виробничого персоналу.

Також в цій роботі немало важливим фактором є розташування виробничого обладнання, вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва у виробничих приміщеннях та на робочих місцях та не повинні бути небезпечними для персоналу. Розташування виробничого обладнання та комунікацій, котрі є джерелами небезпечних та шкідливих виробничих факторів, відстань між одиницями обладнання, а також між обладнанням і стінами виробничих будівель, споруд повинні відповідати діючим нормам технологічного проектування, будівельним нормам і правилам[12].

Розглянемо вимоги безпеки щодо організації робочих місць. Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним характеристикам людини, а також характеру роботи. Облаштоване згідно з вимогами

стандартів робоче місце забезпечує зручне положення людини. Це досягається регулюванням положення крісла, висоти та кута нахилу підставки для ніг за умови її використання, або висоти і розмірів робочої поверхні. Повинне забезпечуватись виконання трудових операцій в зонах моторного поля (оптимальної досяжності, легкої досяжності та досяжності) в залежності від необхідної точності і частоти дій.

Організація робочих місць повинна забезпечувати стійке положення та вільність рухів працівника, безпеку виконання трудових операції виключати або допускати лише в деяких випадках роботу в незручну позиціях, котрі зумовлюють підвищену втомлюваність.

Окрім зазначеного, кожний працівник верстату зобов'язаний: працювати лише на тому верстаті, до експлуатації якого він допущений; без дозволу майстра не допускати до роботи на верстаті інших осіб; про кожний нещасний випадок негайно повідомляти керівника робіт та звертатися в медичний пункт; вміти надавати першу допомогу потерпілому, застосовувати перші засоби пожежогашіння і проводити роботи з усунення наслідків аварійних ситуацій або пожежі.

4.2 Вимоги та норми виробничого освітлення

Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло займає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90% всієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Під час здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів відносяться адаптація, акомодация та конвергенція.

Акомодация — пристосування ока до зрозумілого бачення предметів, що знаходяться від нього на неоднаковій відстані за рахунок зміни кривизни кришталика.

Адаптація — пристосування ока до зміни умов освітлення (рівня освітленості).

Конвергенція — здатність ока при розгляданні близьких предметів займати положення, при якому зорові осі обох очей перетинаються на предметі.

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча міопія (короткозорість), спазм акомодатії.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20—40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частой переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього — до швидкого втомлення органів зору. Тому поверхні, що добре освітлюються і знаходяться в полі зору, краще фарбувати в кольори середньої світлості, коефіцієнт відбивання яких знаходиться в межах 0,3—0,6, і, бажано, щоб вони мали матову або напівматову поверхню.

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно чинити засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частой переадаптації органів зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);

- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпеку світильників);
- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Правильне освітлення на виробництві є запорукою безпеки, комфорту та продуктивності працівників. [12-13,26]:

В Україні нормативні вимоги до виробничого освітлення регулюються ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення"[26].

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване — поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на безпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Для загального та місцевого освітлення приміщень необхідно використовувати джерела світла з колірною температурою від 2400 К до 6800 К. Інтенсивність

ультрафіолетового опромінення спектрального діапазону 320-400 нм не повинна перевищувати 0,03 Вт/м². Випромінювання з довжиною хвилі менше 320 нм не допускається.

Для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати найбільш енергоекономічні джерела світла, віддаючи перевагу при рівній потужності джерелам світла з більшою світловіддачею та строком служби з виконанням вимоги не знижувати якість освітлювального устаткування для зниження енерговитрат[26].

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

Робоче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, переміщення людей, руху транспорту і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Для загального штучного освітлення доцільно використовувати розрядні та світлодіодні джерела світла, які за однакової потужності з тепловими джерелами (світлодіодні лампи) мають більшу світлову віддачу та більший термін експлуатації[26].

Світлова віддача джерел світла для штучного освітлення приміщень при мінімально допустимих індексах кольоропередавання не повинна бути менша значень, наведених у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Мінімальна світлова віддача джерел світла для штучного освітлення приміщень при мінімально допустимих індексах кольоропередавання

Тип джерела світла	Колірна температура	Світлова віддача ϵ , лм/Вт, не менше, при мінімально допустимих індексах кольоропередавання R_a				
		90	90-80	80-60	45	25
Люмінесцентні лампи	2700-6500	-	70	75	-	-
Компактні люмінесцентні лампи	2700-6500	-	65	-	-	
Металогалогенні лампи	2700-6500	-	75	90	-	-

Важливо правильно вміти користуватися освітлювальними установками. Надійність та ефективність природного і штучного освітлення залежить від своєчасності і ретельності їх обслуговування. Забруднення скла світлових отворів, ламп та світильників може знизити освітленість приміщень в 1,5—2 рази. Тому вікна необхідно мити не рідше двох разів у рік для приміщень з незначним виділенням пилу і не рідше чотирьох разів — при значному виділенні пилу. Періодичність чищення світильників — 4—12 разів на рік (залежно від характеру запиленості виробничих приміщень).

В світильниках з люмінесцентними лампами необхідно також слідкувати за справністю схем включення (не допускати миготіння ламп та шуму дроселів), забезпечувати безпеку та зручність експлуатації і обслуговування світильників, а також своєчасно замінювати перегорілі лампи і лампи, що слабо світяться. Замінені люмінесцентні лампи зберігаються на складах і, якщо можливо, вивозяться на спеціальні підприємства для вилучення наявної в них ртуті.

Періодично, не рідше одного разу на рік, необхідно перевіряти рівень освітленості в контрольних місцях виробничого приміщення. Основний прилад для вимірювання освітленості — люксметр.

Дотримання цих вимог та норм забезпечує безпечне та комфортне середовище для працівників, сприяє зниженню травматизму та підвищенню продуктивності праці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання даної роботи було досягнуто поставленої мети – розроблено технологічний процес виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06" з урахуванням вимог до точності, продуктивності та економічної ефективності.

У конструкторському розділі було спроектовано два спеціальні пристрої:

Верстатне пристосування для закріплення заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6М82Г. Використання ексцентрикових затискачів забезпечує надійну фіксацію деталі та скорочує час на її встановлення та зняття.

Пристосування для контролю відхилення від паралельності осі отвору Ø20Н9 та торця деталі. Пристрій дозволяє проводити вимірювання з високою точністю, що гарантує якість готової продукції.

У технологічному розділі було проведено аналіз існуючого технологічного процесу та запропоновано ряд оптимізацій, спрямованих на підвищення ефективності виробництва ми розробили такі дії як:

Заміна методу отримання заготовки: Запропоновано використовувати штампування на ГKM замість прокату, що дозволить суттєво знизити витрати матеріалу та підвищити коефіцієнт його використання.

Оптимізація режимів різання: Розраховано оптимальні режими різання для токарної операції з ЧПК, що дозволило скоротити час обробки деталі вдвічі.

Визначення необхідної кількості обладнання: Розраховано необхідну кількість верстатів та побудовано графіки їх завантаження, що дозволяє оцінити ефективність використання обладнання та виявити можливості для його до завантаження.

Техніко-економічне обґрунтування: Проведено порівняльний аналіз використання двох верстатів (LeBlond Regal та HAAS ST-20/ST-20Y) та показано, що застосування сучасного верстата з ЧПК HAAS ST-20/ST-20Y дозволяє покращити умови праці оператора та скоротити основний час обробки, незважаючи на відсутність економії коштів.

Було розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці при виготовленні деталі «Вилка ОЛВ 52.06». Було проаналізовано вимоги до безпечної

експлуатації обладнання, включаючи токарні, свердлильні та фрезерні верстати. Особливу увагу приділено заходам безпеки, таким як використання засобів індивідуального захисту, правильне розташування обладнання та дотримання правил експлуатації.

Крім того, було розглянуто вимоги та норми виробничого освітлення, необхідні для створення безпечних та комфортних умов праці. Було підкреслено важливість правильного освітлення для зниження втоми очей, запобігання професійним захворюванням та зменшення ризику травматизму.

В цілому, розроблений технологічний процес виготовлення деталі "Вилка ОЛВ 52.06" є ефективним та економічно обґрунтованим. Розроблені конструктивні та технологічні рішення дозволяють підвищити продуктивність праці, знизити витрати матеріалів та забезпечити високу якість продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Creating a 3D model. Study guides for lab classes № 4 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production” course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 40 p.

2. Creating a parametric drawing in the automatic parameterization mode. Study guides for lab classes № 3 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production” course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

3. Creating Parametric Drawing. Study guides for lab classes № 2 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production” course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 38 p.

4. Sketching by Non-parametric Drawing. Study guides for lab classes № 1 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production” course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

5. Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. Technological methods of workpieces manufacturing. Metal Casting: Manual / V. Vasylykiv, L. Danylchenko, D. Radyk. Edited by L. Dzhydzhora. – Ternopil: Osadtsa U.V., 2021. – 203 p.

6. Vasylykiv V., Pylypets M., Danylchenko L., Radyk D. (2021) Use of computer-integrated technologies in training of engineering specialists. In: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, Proceedings of the International Conference Advanced Applied Energy and Information Technologies, Ternopil, December 15-17, 2021, pp. 74-80.

7. Vasylykiv V.V. Technologies of workpieces manufacturing by casting: manual / V.V. Vasylykiv, L.M. Danylchenko, D.L. Radyk. – Ternopil : Published TNTU named after Ivan Puluj, 2023. – 492 p.

8. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.

9.Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.

10.Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.

11.Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль: ТДТУ, 2001. 277 с.

12.Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

13.Жидецький В.Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

14.Запорожець О. І. Основи охорони праці: Підручник / О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с

15.Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.

16.Методичні вказівки для практичного заняття №1 на тему: Методи визначення ефективності інженерних рішень з дисципліни “Ефективність інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ігор Ярема. — Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 25 с.

17.Методичні вказівки для практичного заняття №2 на тему: Оцінка ефективності та обґрунтування методу отримання заготовок з дисципліни “Ефективність інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ліліана Джиджора. — Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 29 с.

18.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.

19.Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.

20.Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

21.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.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>

22.Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 132 с.

23.Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник – К.:ІСДО, 1996 – 300 с.

24. Терміни та визначення в технічній творчості та наукових дослідженнях. Методичний посібник / Уклад. Пилипець М.І, Васильків В.В., Радик Д.Л. – Тернопіль: Вид.-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2011. – 256 с.

25.Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.

26. ДБН В.2.5 – 28 : 2018 Природне і штучне освітлення : вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с.