

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення
деталі "Вал ОЛВ 52.24"

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

	(підпис)	Христюк М.О. (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)	 (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 бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

студенту Христюку Миколі Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення
деталі “Вал ОЛВ 52.24”

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, інформація про технологічні можливості машино-
будівного підприємства (перелік устаткування тощо), дрібносерійний тип виробництва

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

1. Розробити ТП виготовлення деталі та вибрати необхідне спорядження.

2. Вибрати верстатний пристрій та обґрунтувати його використання.

3. Розробити схему розміщення устаткування на ділянці

4. Розробити схему технологічної наладки

5. Визначити умови праці на виробництві та навести їх характеристику, описати реалізацію техніки безпеки та розробити заходи щодо пожежної профілактики на машинобудівному підприємстві, провести розрахунок загальнообмінної вентиляції для реалізації безпечної роботи на підприємстві при реалізації технології виготовленні деталі.

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

1. Креслення деталі з 3D моделлю – 1 лист А2,

2. Креслення заготовки, 3D модель заготовки – 1 лист А2;

3. Верстатний пристрій (люнет) – 1 лист А1,

4. Технологічні наладки – 1 лист А1,

5. План розміщення технологічного устаткування – 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>	02.02.2024	
	<i>Технологічна частина</i>	14.22.2024	
	<i>Конструкторська частина</i>	09.03.2024	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	06.03.2024	
	<i>Виконання графічної частини</i>	14.05.2024	
	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	18.05.2024	
	<i>Подання роботи до кафедри та попередній захист</i>		
	<i>Захист бакалаврської роботи</i>	28.06.2024	

Студент

(підпис)*Христюк М.О.*

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)*Васильків В.В.*

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему:: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі "Вал ОЛВ 52.24" складається з 4-х розділів пояснювальної записки загальним обсягом 56 аркушів формату А4, додатків обсягом 24 аркуша, а також із графічної частини обсягом 4 аркуші сумарним зведеним форматом А1. У додатках розміщені рисунки, таблиці, специфікації, аналітичні залежності стандартних методик розрахунку дільниці цеху та собівартості виготовлення деталі, а також комплект технологічної документації на виготовлення валу. Основна частина пояснювальної записки структурована на 4 розділи, три з яких стосуються конструкторсько-технологічних аспектів виготовлення валу, а четвертий присвячений питанням заходів безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Об'єкт розробки – технологічний процес виготовлення валу ОЛВ 52.24 та технологічне спорядження для його реалізації.

Метою розробки є розроблення такого раціонального технологічного процесу, який адаптований конкретних виробничих умов через урахування технологічних можливостей виробництва. У роботі наведено обґрунтування прийнятих конструкторсько-технологічних рішень, розроблено необхідну документацію.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить 6 рисунків, 14 таблиць. 23 одиниці посилань на літературні матеріали.

Ключові слова: *ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАЛ, УСТАТКУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ.*

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Службове призначення та аналіз технологічності конструкції деталі	
1.2 Висновки до розділу	
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	14
2.1 Розроблення технологічного процесу	
2.2 Вибір та економічне обґрунтування раціонального способу отримання заготовки	
2.3 Вибір необхідних технологічних і вимірювальних баз	
2.4 Технологічний маршрут виготовлення деталі “Вал ОЛВ 52.06”	
2.5 Вибір необхідного технологічного устаткування	
2.6 Розрахунок припусків на механічне оброблення та розмірів початкової заготовки з використанням розрахунково-аналітичного методу	
2.7 Розмірний аналіз процесу механічного оброблення початкової заготовки	
2.8 Вибір необхідних технологічного спорядження, ріжучого і вимірювально інструментів	
2.9 Розроблення програми для механічного оброблення деталі на верстаті з ЧПК на основі використання САМ-системи «MasterCAM»	
2.10 Аналітика визначення режимів різання	
2.11 Технічне нормування технологічного процесу виготовлення валу	
2.12 Проектування схем технологічних налагоджувань	
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
3.1 Розрахунок типу технологічного спорядження	
3.2 Обґрунтування вибору та можливості використання стандартного верстатного пристрою	
3.3 Розроблення та обґрунтування схеми розміщення технологічного устаткування на дільниці цеху	
3.4 Висновки до розділу	
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
4.1 Умови праці на виробництві та їх характеристика	

4.2 Реалізація техніки безпеки та заходів щодо пожежної профілактики на машинобудівному підприємстві	
4.3 Розрахунок загальнообмінної вентиляції	
4.4 Висновки до розділу	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Підвищення ефективності роботи сільськогосподарського виробництва є однією з ключових умов забезпечення стабільного розвитку агропромислового комплексу. Однією з основних задач у цій сфері є захист рослин від шкідників, хвороб та бур'янів. Ефективне вирішення цієї задачі можливе лише за умови використання сучасних технологій і технічних засобів. Опрыскувальні машини відіграють важливу роль у захисті рослин, забезпечуючи рівномірне та точне нанесення пестицидів на поля.

Однак, досвід експлуатації існуючих моделей опрыскувачів виявив низку проблемних аспектів, які потребують вдосконалення. Це включає питання надійності, ефективності та економічності роботи машин. Одним із важливих напрямків вдосконалення є модернізація конструкції окремих вузлів і деталей, що впливають на загальну продуктивність та довговічність техніки.

Це потребує розробки нових технологічних процесів виготовлення деталей, які б враховували сучасні вимоги до якості і продуктивності, а також можливості існуючих виробничих потужностей машинобудівних підприємств. Таким чином, актуальним є завдання розроблення прогресивних технологічних процесів виготовлення відповідальних деталей опрыскувальних машин на основі урахування технічного потенціалу конкретного виробництва.

Для створення конкурентоспроможної продукції необхідно забезпечити її високі якісні характеристики та невисоку вартість у порівнянні з аналогічною продукцією інших виробників.

Нове виробництво має охоплювати всі основні етапи та стадії виготовлення і складання опрыскувальної машини, готової до експлуатації, її сертифікацію та контроль якості. Термін експлуатації та надійність такої продукції залежать не тільки від реалізованих технологій, устаткування та матеріалів, але й від інших складових виробничого процесу. Кваліфіковані інженерно-технічні працівники, а також високопродуктивне та сучасне устаткування дозволяють підприємству-виробнику впроваджувати новітні технологічні процеси для виготовлення надійних опрыскувальних агрегатів, що відповідають високим міжнародним

стандартам якості та сучасним технічним вимогам.

Мета дипломної роботи полягає у розробленні прогресивного технологічного процесу виготовлення деталі “Вал ОЛВ 52.06”, яка є однією з важливих деталей оприскувальної машини. При цьому враховуються обмеження та технологічні можливості промислового підприємства, на якому здійснюється виготовлення цієї техніки. Реалізація даної мети сприятиме підвищенню ефективності та надійності оприскувальних машин, що, у свою чергу, забезпечить більш ефективний захист рослин і підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення та аналіз технологічності конструкції деталі

Кріплення ємності до рами оприскувача призначене для збереження її в робочому і безпечному стані, що забезпечує можливість його демонтажу. Відповідальним елементом такого кріплення є деталь "Вал ОЛВ 52.24". Він є складовою частиною вузла кріплення. Його застосування сприяє сприйняттю асиметричних навантажень та надійній фіксації ємності до рами.

Така деталь є являє собою довгомірне порожнисте тіло обертання багатоступеневої форми з глухим отвором. Габарити є такими: довжина 1060 мм, максимальний діаметр Ø85 мм. Так як значення показника співвідношення довжини до діаметра перевищує 12 од., то деталь є не достатньо жорсткою. Таким чином для забезпечення надійного процесу механічного оброблення з необхідною точністю необхідно або ж реалізовувати невисокі значення показників режимів різання (це зменшує продуктивність) чи використовувати спеціальні пристосування для забезпечення необхідної жорсткості (люнети чи інші пристосування).

Торцеву частину деталі отримують шляхом приварювання дискового елемента до торця валу. Для цього можна використовувати технологію ручного дугового зварювання дротом ER70S-6 згідно AWS A5.18 чи G3Si1 згідно EN ISO 14341-A в середовищі вуглецевого газу для відсутності залишкових деформацій. При цьому повинна бути забезпечена герметичність такого з'єднання для попередження витікання рідини із порожнини валу.

На двох поверхнях деталі визначені особливі вимоги, що спричинені необхідністю з'єднання валу з іншими деталями у складальному вузлі.

Ескіз деталі наведено на рисунку А.1 у додатку А. Розмірні параметри та параметри мікрогеометрії поверхонь наведено нижче у таблиці 1.1.

Матеріалом деталі "Вал ОЛВ 52.24" є легована конструкційна високоякісна польська сталь 30HGS PN (Poland Norm). Вона добре обробляється різанням і характеризується підвищеними міцністю і в'язкістю. Для забезпечення необхідної

зносостійкості робочої поверхні піддають хромовому покриттю. Аналогами такої сталі є сталь DIN: 30CrMnSiA або AISI/SAE: 4130, а також сталь 30ХГС згідно ДСТУ 7806.

Початковою заготовкою для отримання такої деталі може бути як сортовий цільний, так і трубний прокат.

Вільні поверхні деталі планується обробляти за 14-м квалітетом точності. На заготівельних операціях можна отримати отвір діаметром 46 мм під час виготовлення деталі з трубного прокату.

Таблиця 1.1 – Аналіз поверхонь деталі

Кодове позначення поверхні	Основна розмірна характеристика	Параметри точності	Параметри шорсткості		Тип поверхні	Характеристика
			Ra	Rz		
1	M72×2-8g	M72 ^{-0.010} _{-0.045}	6,3		Базова	Забезпечення цільового з'єднання з іншими суміжними деталями
2	Ø76f9	Ø76 ^{-0.033} _{-0.105}	3,2		Вільна поверхня	Забезпечення конструктивного з'єднання відповідальних поверхонь деталі
3	Ø85f9	Ø85 ^{-0.030} _{-0.105}	0,63		Основна	Основне функціональне призначення
4	Ø46H14	Ø46 ^{+0.62}		80	Робоча	Наповнення рідиною для її подачі у виробничій ланці
5	M80×2-8g	M80 ^{-0.025} _{-0.04}	6,3		Базова з'єднувальна	Забезпечення з'єднання з іншими деталями.

Форма поверхонь деталі дозволяє використовувати такі вимірювальні інструменти, як скоби, шаблони та мікрометри. Всі поверхні достатньо відкриті для вільного доступу універсального інструменту, а устаткування також може бути простим та універсальним.

Спорядження також можна використовувати стандартне універсальне.

Зображені на кресленні відхилення форми і розташування поверхонь легко можуть бути досягнуті на верстатах нормальної точності.

Усі вимірювальні бази деталі "Вал ОЛВ 52.24" можна використовувати як технологічні бази, що забезпечує мінімальну похибку при механічному обробленні початкової заготовки.

Аналогічно усі параметри шорсткості і граничні відхилення розмірів є взаємовідповідними, обґрунтованими та не є завищеними. Збільшення шорсткості цих поверхонь призведе до зниження надійності з'єднань та інтенсивного зношування поверхонь.

Отже, деталь відповідає всім вимогам технологічності і є цілком технологічною за усіма критеріями аналізу.

1.2 Висновки до розділу

У розділі наведено опис службового призначення та виконано аналіз технологічності конструкції деталі "Вал ОЛВ 52.24".

Для розроблення нового ТП виготовлення валу поставлено такі завдання:

- 1 Виконати розроблення технологічного процесу з урахуванням технологічних можливостей машинобудівного підприємства.
- 2 Виконати вибір та економічне обґрунтування раціонального способу отримання початкової заготовки.
- 3 Виконати вибір необхідних технологічних і вимірювальних баз.
- 4 Синтезувати технологічний маршрут виготовлення деталі "Вал ОЛВ 52.06"
- 5 Вибрати необхідне технологічне устаткування з машинного парку.
- 6 Провести розрахунок припусків на механічне оброблення та розмірів початкової заготовки з використанням розрахунково-аналітичного методу.
- 7 Здійснити розмірний аналіз процесу механічного оброблення початкової заготовки.
- 8 Виконати вибір необхідних технологічного спорядження, ріжучого і вимірювально інструментів.
- 9 Здійснити розроблення програми для механічного оброблення деталі на верстаті з ЧПК на основі використання САМ-системи «MasterCAM».
- 10 Виконати визначення режимів різання.
- 11 Провести технічне нормування технологічного процесу виготовлення валу.
- 12 Обґрунтувати схеми технологічних налагоджувань.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розроблення технологічного процесу

2.1.1 Вибір та економічне обґрунтування раціонального способу отримання заготовки

Як відомо, раціональний спосіб отримання заготовки визначають на основі системного аналізу конструкції та функціонального призначення деталі, матеріалу з якого її було виготовлено, техніко-економічного обґрунтування її собівартості. Необхідно реалізовувати тенденцію застосування способів що реалізують малі припуски на механічне оброблення в рамках урахування зростання додаткових витрат на оснащення з огляду на програму випуску деталі [8, 14, 15].

Критеріями ефективності вибраного технічного рішення є мінімальні значення витрат матеріалу та мінімізація працемісткості механічного оброблення.

На основі креслення бачимо, що варіантами початкових заготовок може бути суцільний або трубний прокат. Показником ефективності варіанта є значення коефіцієнта вагової точності (КВТ) [15]. Його визначаємо на основі маси деталі (27,7 кг) та відповідної її заготовки. Їх визначаємо на основі методів 3D-моделювання [1-7]:

Для першого варіанту це труба $\varnothing 90 \times 23 \times 1066$ $Q_k = 38,82$ кг, $KBT_1 = 28,2 / 38,82 = 0,73$.

Для другого варіанту це прокат $\varnothing 92 \times 1066$ $Q_k = 53,62$ кг. $KBT_2 = 28,2 / 53,62 = 0,53$.

На основі порівняння КВТ бачимо, що оптимальним варіантом є товстостінний трубний прокат, так як

$$KBT_1 > KBT_2. \quad (2.1)$$

Економічне обґрунтування вибраного варіанту початкової заготовки

Вартість початкової заготовки в грн. визначають так

$$M = Q_z P_k K_{TZ} - q_w W, \quad (2.2)$$

де P_k – ринкова оптова ціна 1 кг матеріалу у грн.;

K_{TZ} – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат,

q_w – сумарна маса відходів у кг;

W – ринкова ціна 1 кг відходів у грн.

$$M_1 = 38,820 \cdot 44,25 \cdot 1,070 - 11,06 \cdot 2,94 = 1772,340 \text{ грн.}$$

$$M_2 = 53,620 \cdot 37 \cdot 1,070 - 26,02 \cdot 2,94 = 1998,660 \text{ грн.}$$

Різниця вартостей обраних типів заготовок :

$$A_c = M_1 - M_2, \text{ грн.}, \quad (2.3)$$

де M_1 , M_2 – вартості двох варіантів заготовок у грн.

$$A_c = 1998,660 - 1772,340 = 226,290 \text{ грн.}$$

Вибір ефективного варіанту виконують на основі реалізації умов забезпечення максимальної продуктивності праці та показника мінімальної собівартості заготовки [14, 15].

Загалом, річну економію матеріалу визначають так

$$E_M = \frac{G_d(K_1 - K_2)}{K_1 K_2} N \quad (2.4)$$

де G_d – маса деталі “Вал ОЛВ 52.06” в кг;

K_1 і K_2 – значення коефіцієнтів використання матеріалу за кожним із варіантів початкових заготовок;

N – обсяг річної програми випуску деталей.

$$E_M = \frac{28,20(0,73 - 0,53)}{0,730 \cdot 0,530} \cdot 250 = 3644,4 \text{ кг}$$

Річну економію за критерієм вартості заготовок визначають за формулою:

$$E_p = A_p \cdot N, \text{ грн.}, \quad (2.5)$$

де A_p – різниця вартостей видів заготовок, грн.

$$E_p = 226,290 \cdot 250 = 56573 \text{ грн.}$$

Сумарну річну економію від впровадження обраного виду заготовок з урахуванням величини скорочення витрат на механічне оброблення визначимо за такою формулою:

$$E_c = E_p + (Z_{p1} - Z_{p2}) \left(1 + \frac{B}{100}\right) N, \text{ грн.}, \quad (2.6)$$

де Z_{p1} та Z_{p2} – величини основної заробітної плати виробничих робітників за обраними варіантами виготовлення деталі в рамках операцій механічного оброблення на яких здійснюється зняття величини припуску на оброблення, грн.;

B – сумарні цехові накладні витрати в інтервалі від 200 до 300 %.

Основну заробітну плату робітників, що виконують одну операцію Z_{op} ми визначимо за формулою [14]:

$$Z_{op} = Z_H \cdot T_{sh}, \quad (2.7)$$

де Z_H – хвилинна заробітна плата робітників певного розряду роботи у грн.;

T_{sh} – штучний час у хв.

Показник Z_H ми визначаємо так [15]:

$$Z_H = \Gamma_{ct} \cdot tk, \text{ грн.}, \quad (2.8)$$

де Γ_{ct} – годинна ставка, яка залежить від розряду роботи робочого, грн.;

tk – коефіцієнт тарифного розряду роботи.

$$Z_H = 51,7 \text{ грн.}$$

Сумарна заробітна плата усіх операцій [14]:

$$\text{СУМ} = \sum_{i=1}^m Z_H T_{sh}, \text{ грн.}, \quad (2.9)$$

де m – кількість операцій технологічного процесу.

$$C_{оп1} = 326,78 \text{ грн.},$$

$$C_{оп2} = 465,8 \text{ грн.}$$

Загальну річну економію щодо впровадження раціональної заготовки з урахуванням величини скорочення витрат механічного оброблення визначаємо так:

$$E_c = 148,84 \text{ тис. грн.}$$

Отже, раціональним способом отримання заготовки деталі “Вал ОЛВ 52.06” є трубний прокат, зокрема труба Ø90×23 DIN 1629, загальною довжиною L=1068 мм.

2.1.2 Методи оброблення заготовки

Методи оброблення заготовки ми визначаємо на основі показників точності та шорсткості поверхонь. Результат нами зведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Структура оброблення основних поверхонь заготовки

Розмір-характеристика поверхні деталі	Визначені вимоги за показником		Характеристика поверхні після оброблення		
	точності	шорсткості	Структура технологічних переходів	Точність	Шорсткість
1	2	3	4	5	6
Ø85f9	Ø85 ^{-0,03} _{-0,105}	Ra0,64	Поверхня заготовки Точіння: - чорнове - напівчисте - чистове остаточне Шліфування	h16 h14 h12 h10 f9	Rz80 Ra20 Ra10 Ra5 Ra2,5

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Ø76f9	$\varnothing 76_{-0.105}^{-0.033}$	Ra2,5	Поверхня заготовки Точіння: - чорнове - напівчистове - чистове остаточне	h16 h14 h10 f9	Ra80 Ra20 Ra10 Ra2,5
M72×2-8g	$M70 \times 2_{-0.04}^{-0.01}$	Ra5	Поверхня заготовки Точіння: - чорнове - чистове остаточне Різенарізання	h16	Ra80
M80×2-8g	$M78 \times 2_{-0.040}^{-0.025}$			h14 h9 g8	Ra20 Ra6,3 Ra10

2.1.2 Вибір необхідних технологічних і вимірювальних баз

Як відомо, для підвищення точності оброблення прагнуть реалізувати єдності і постійності технологічних і вимірювальних баз [19, 22]. Тому як технологічну базу на першій операції механічного оброблення нам доцільно використати необроблену поверхню Ø89 мм. На інших наступних операціях використовуватимемо бази, що отримані на попередніх операціях оброблення поверхонь. Як технологічну базу на операції шліфування використовуватимемо спеціальні різьбові поверхні М80 і М72. У таких випадках реалізовано подвійну напрямну базу (без чотирьох ступенів свободи) та опорну (без однієї ступені свободи).

2.1.3 Технологічний маршрут виготовлення деталі “Вал ОЛВ 52.06”

На основі даних типових ТП оброблення деталей такого класу “Вали” поверхні обробляють так: за декілька установів в послідовності чорнового, напівчистого та чистового токарного оброблення, різенарізання з наступним шліфуванням.

При цьому, часто застосовують універсальне устаткування та технологічне спорядження, а також стандартний ріжучий та вимірювальний інструменти.

Схема варіанта такого ТП наведена у таблиці А.1 додатку А.

Вимогою часу є застосування сучасних верстатів, прагнення до

виконання оброблення за один установ, використання сучасного стандартного ріжучого та вимірювального інструментів. Це дозволить здійснювати оперативне отримання виробу за короткий час з низькою собівартістю.

Остаточна структура ТП оброблення деталі представлена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Структура ТП термічної та механічної обробки заготовки

№ з/п	Операція	Зміст операції	Технологічне спорядження	Елементи технологічних баз
1	2	3	4	5
1	Відрізання	Розкрій довгомірної труби на мірні заготовки заданої довжини		
2	Термічне оброблення	Термічне оброблення початкової заготовки		
3	Токарне оброблення	Чорнове оброблення першого торця і ступенів заготовки валу “Вал ОЛВ 52.06” М80, Ø82	Затискний патрон, люнет	Поверхня Ø92 та суміжний торець
		Чорнове оброблення торця і ступенів заготовки валу М72, Ø85, Ø76, розточування отвору Ø52		Поверхня Ø85 і суміжний торець
4	Зварювання	Наплавлення поверхні	Зварювальне пристосування	
5	Слюсарна	Зачищення від залишків наплавлення	Верстак	
6	Токарне оброблення з ЧПК	Напівчистове та чистове оброблення ступенів заготовки валу Ø85, Ø76 та поверхонь для отримання різей М72, М80.	Затискний кулачковий патрон, люнет	Поверхні Ø82 і Ø74 та суміжні відповідні торці
7	Різенарізання	Нарізання різей М72×2-8g і М80×2- 8g	Затискний патрон, люнет	Поверхні Ø72 та Ø85 із відповідними суміжними торцями
8	Шліфування	Шліфування поверхні Ø85f9	Спеціальне пристосування	Поверхні різей М72 і М80
9	Покриття	Покриття поверхні Ø85	Ванна ХТО	
10	Миття	Промивання заготовки	Ванна	
11	Полірування	Полірування поверхні Ø85f9	Затискний кулачковий патрон, люнет	Поверхня Ø75 та суміжний торець
12	Контролювання	Виконання повного контролю розмірів і параметрів якості поверхонь деталі	Шаблони	

2.1.4 Вибір необхідного технологічного устаткування

Як відомо, дрібносерійне виробництво характеризують використанням переважно універсального багатофункціонального устаткування, особливо верстатів з ЧПК.

При обранні устаткування ми орієнтуємося на рамки основних розмірів робочого простору верстату та їх відповідність габаритам оброблюваної заготовки з урахуванням можливості забезпечення необхідної точності оброблення, а також мінімізації кількості моделей верстатів.

На підприємстві в наявності було таке технологічне устаткування:

- відрізний круглопильний дисковий автомат 8Г681;
- токарно-гвинторізні верстати JET GHB-1330A DRO та 16K20;
- токарні верстати MONFORTS KNC 5-1500-ID15205, Haas TL 2;
- круглошліфувальний 3A164;
- фрезерн: з ЧПК Haas DM-1, 6P13;
- восьмишпindelний напівавтомат 1K282;
- вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2.

З огляду на це, відрізну операцію доцільно здійснювати на відрізному круглопильному дисковому автоматі 8Г681.

Токарне чорнове оброблення та різенарізання доцільно здійснювати на токарних верстатах мод. JET GHB-1330A DRO та верстаті з ЧПК мод. MONFORTS KNC 5-1500-ID15205.

Операцію шліфування виконуватимемо на круглошліфувальному напівавтоматі мод. 3M194.

2.2 Розрахунок припусків на механічне оброблення та розмірів початкової заготовки з використанням розрахунково-аналітичного методу

Розрахунок припусків на механічне оброблення розрахунково-аналітичним методом здійснюємо для циліндричної поверхні валу ОЛВ 52.06”

Ø85f9 (шорсткість Ra 0,64 мкм.). Така поверхня піддається обробленню на токарному і шліфувальному верстатах.

Початкова заготовка – товстостінний трубний прокат.

Згідно таблиць допусків, такий розмір характеризується відхиленнями розміру $\text{Ø}85_{-0.104}^{-0.05}$ мм. Тому для формування поверхні з допуском $T=0,134$ мм і шорсткістю $Ra=0,64$ мкм необхідна така послідовність оброблення такої поверхні точінням:

– чорнове, яке характеризується допуском $T_1=0,78$ мм і параметром шорсткості 12,5 мкм Ra;

– напівчистове, що характеризується допуском $T_1=0,4$ мм і параметром шорсткості 6,3 мкм Ra;

– чистове, яке характеризується допуском $T_1=0,16$ мм і шорсткістю 3,2 мкм Ra;

Також шліфування, яке характеризується допуском $T_1=0,132$ мм і шорсткістю 2,5 мкм Ra.

На токарних операціях здійснюється чорнове, напівчистове і чистове точіння, а остаточні параметри якості поверхні і точності розміру забезпечуються на операції шліфування.

Таким чином, граничні відхилення проміжний розмірів є такими:

$ES_1 = ES_2 = ES_3 = 0$ мкм; $ES_4 = -0,0380$ мкм; $EI_1 = -0,720$ мкм; $EI_2 = -0,320$ мкм; $EI_3 = -0,120$ мкм; $EI_4 = -0,122$ мкм;

Граничні відхилення початкової заготовки, виконаної у вигляді товстостінного трубного прокату : $ES_{\text{п.з.г.}} = +1,200$ мкм; $EI_{\text{п.з.г.}} = -1,200$ мкм.

Розрахунок мінімальних припусків ми здійснюємо за формулою [17]:

$$2Z_{i \min} = 2[(R_z + h) \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \epsilon_i^2}] \quad , \quad (2.10)$$

де $R_{z(i-1)}$ – значення висоти нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – значення глибини дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma(i-1)}$ – показник величини сумарного відхилення розташування і форми поверхні на попередньому переході;

ε_i – значення похибки розміщення заготовки на поточному переході.

Для переходу чорнового точіння $R_{z\text{ заг.}} = 250$ мкм, $h_{\text{zag.}} = 330$ мкм.

Граничні сумарні відхилення розташування і форм поверхні є такими

$$\Delta_{\Sigma\text{ заг.}} = \sqrt{\Delta k^2 + \Delta c^2}$$

де Δ_c – зміщення заготовки у результаті похибки центрування.

$\Delta_{\Sigma\text{ квт}}$ – загальне відхилення форми профілю заготовки від прямолінійності, мкм

$$\Delta_{\Sigma\text{ кв}} = \Delta_{\text{квт}} \cdot L_3 \quad (2.12)$$

де $\Delta_{\text{квт}}$ – відхилення осі деталі від прямолінійності в мкм у розрахунку на 1 мм;

L_3 – довжина заготовки, мм.

$$\Delta_{\Sigma\text{ квт}} = 2,6 \cdot 1085 = 2686,8 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\text{цс}} = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + L_3}$$

де T – допуск на діаметральний розмір бази заготовки, мкм.

$$\Delta_{\text{цс}} = 0,25 \cdot \sqrt{2300^2 + 1} = 580 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\Sigma\text{ загв.}} = \sqrt{2686,8^2 + 580^2} = 2808,4 \text{ мкм}$$

У цьому зв'язку, похибка встановлення заготовки:

$$\varepsilon_{y1} = 580 \cdot 0,7 = 406 \text{ мкм.}$$

Далі, мінімальне значення припуску при чорновому точінні

$$\Delta_{\Sigma 1v} = 2809,6 \cdot 0,050 = 176 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск для такого оброблення становить:

$$2Z_{2 \min} = 2 [(145 + 140) + \sqrt{176^2 + 255^2}] = 1089,78 \text{ мкм.}$$

Після заокруглення мінімальний припуск операції чорнового точіння є таким

$$2Z_{2 \min} = 1100 \text{ мкм.}$$

в) Параметри, які характеризують чистове проточування є такими

$$R_{z2}=63 \text{ мкм, } h_2=60 \text{ мкм.}$$

У цьому зв'язку, за аналогією із вище наведеними розрахунками наступні обчислення ми проводимо для умови $K_{yt}=0,038$.

$$\Delta_{\Sigma 2c} = 2808,40 \cdot 0,038 = 109 \text{ мкм.}$$

Таким чином, величина мінімального припуску стосовно переходу чистового точіння є таким

$$2Z_{3 \min} = 2 [(63 + 60) + \sqrt{108,6^2 + 61^2}] = 498,4 \text{ мкм.}$$

Після заокруглення, значення мінімального припуску на технологічному переході чорнового точіння є таким

$$2Z_{3 \min} = 500 \text{ мкм.}$$

г) Останній технологічний перехід характеризується значеннями

$$R_{z3}=32 \text{ мкм, } h_3=30,55 \text{ мкм.}$$

Показник величини відхилення розміщення і форми поверхні ми розраховуємо подібно вище наведеному переходу. При цьому $K_{yt}=0,03$.

$$\Delta_{\Sigma 3} = 2728,8 \cdot 0,035 = 86,3 \text{ мкм.}$$

На основі цього ми визначаємо похибку встановлення заготовки:

$$\varepsilon_{yz} = 246,0 \cdot 0,033 + 50,0 = 58,3 \text{ мкм.}$$

У підсумку значення мінімального припуску ми визначаємо так:

$$2Z_{3 \min} = 2 [(33 + 30) + \sqrt{84^2 + 58^2}] = 364,2 \text{ мкм.}$$

Для технологічного переходу чорнового точіння ми приймаємо

$$2Z_{3 \min} = 345 \text{ мкм.}$$

Далі розрахунок номінальних припусків ми виконуємо за відомими формулами [17]:

$$2Z_{i \text{ ном.}} = 2Z_{i \min} + |ES_{D(i-1)}| - |ES_{Di}| \quad (2. 14)$$

$$2Z_{1 \text{ ном.}} = = 5858 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{2 \text{ ном.}} = = 1538 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{3 \text{ ном.}} = = 679 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{4 \text{ ном.}} = = 326 \text{ мкм.}$$

Подібно розрахунок максимальних припусків ми виконуємо за формулою [13]:

$$2Z_{i \max} = 2Z_{i \min} + T_{D(i-1)} - T_{Di}, \quad (2. 15)$$

$$2Z_{1 \max} = = 6958 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{2 \max} = = 1539 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{3 \max} = = 679 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{4 \max} = = 362,8 \text{ мкм.}$$

Результати виконаних розрахунків зведені у таблиці 2.3. графічне розміщення припусків і допусків при обробці поверхні проілюстровано на рисунку 2.1.

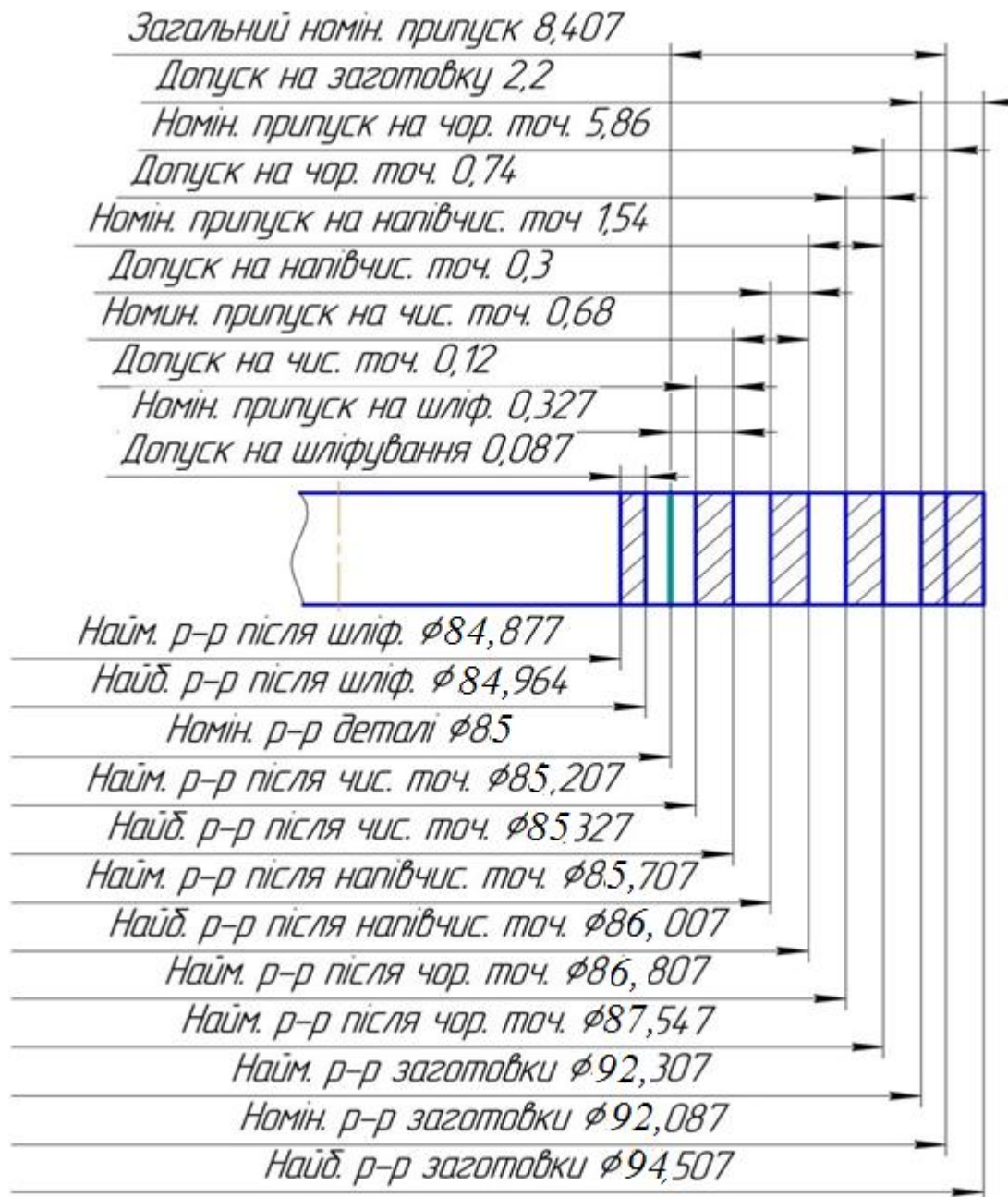


Рисунок 2.1 – Схема розміщення припусків і допусків на оброблення початкової заготовки для отримання поверхні $\phi 85f9$

За результатами проведених розрахунків значення номінальних розмірів та відповідних допусків за технологічними переходами та операціями є такими.

Розмір поверхні початкової заготовки - $\phi 92^{+1,1}_{-1,1}$ мм

Таблиця 2.3 – Структура припусків та граничних розмірів при обробленні початкової заготовки для отримання на поверхні $\varnothing 85^{+0.03}_{-0.104}$

Технологічні операції (переходи) обробки		Допуск Т у мкм	Елементи припуску у мкм				Значення припусків у мкм			Номінальний розрахунковий розмір у мм	Значення граничних розмірів у мм	
			Rz	h	$\Delta\Sigma$	ϵ_y	2Zlmin	2Zlnom	2Zlmax		Верх.	Нижн.
Початкова заготовка		2200	200	300	2719	-	-	-	-	92,087	92,507	91,307
Чорнове	точіння	780	125	120	163	350	5400	5880	6970	90,233	90,55	81,813
Напівчисте		400	63	60	136	245	1200	1550	1540	88,692	88,011	80,712
Чистове		160	32	30	109	62	550	680	690	86,011	86,330	80,214
Шліфування		87	-	-	-	60	340	357	363	85	85,964	85,880
Сумарні припуски							7430	8807	9545			

У результаті переходів чорнового, напівчистого та чистового точіння відповідні проміжні розміри є такими $\varnothing 90_{-0,74}$ мм; $\varnothing 88_{-0,3}$ мм; $\varnothing 86_{-0,12}$ мм.

Після операції шліфування остаточний розмір

$$- \varnothing 85^{+0.036}_{-0.123} \text{ мм}$$

2.3 Розмірний аналіз процесу механічного оброблення початкової заготовки

Як відомо, розмірний аналіз ТП здійснюють з метою визначення раціональних проміжних і кінцевих технологічних розмірів та відповідних допусків оброблюваної деталі [21].

Для його здійснення проводимо символічне параметричне позначення розмірів поверхонь креслення деталі (рис. А.2). Він є основою для визначення плану оброблення початкової заготовки. на основі здійснюємо структурування та ідентифікацію технологічних розмірів. Це є основою для створення креслення графа і розрахунку і креслення технологічних розмірних ланцюгів з використанням теорії графів. Це дозволяє нам в закодованій формі описати геометричну структуру послідовності оброблення заготовки. У підсумку визначають технологічні розміри та їх граничні відхилення. Далі виконують розмірний аналіз.

Нижче на рисунку 2.2 зображено граф комплексу розмірів оброблюваної заготовки, що містить замкнуті контури графа розмірів. Вони є технологічними розмірними ланцюгами. Для них нами побудовані відповідні розмірні ланцюги, які представлені на рисунку 2.3.

Структуру операційних допусків визначаємо на основі міркувань забезпечення економічної точності механічного оброблення на основі рекомендацій довідникової літератури та за результатами розрахунків відповідних розмірних ланцюгів. Допуски і граничні відхилення розмірів заготовки визначаємо з урахуванням нормативної документації на їх виготовлення.

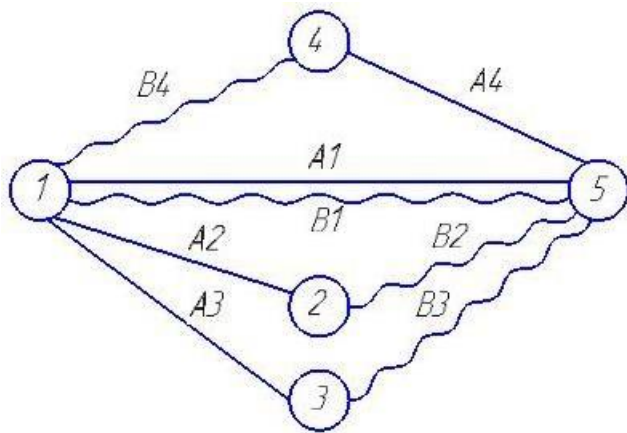


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд графу розмірів деталі

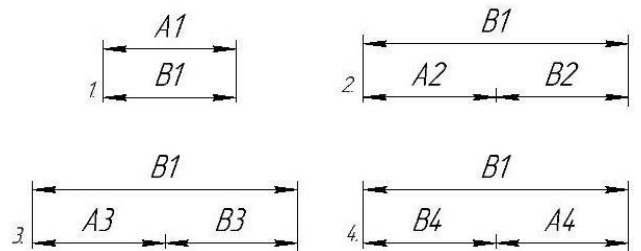


Рисунок 2.3 – Елементарні розмірні ланцюги

Із графу бачимо співпадіння конструкторського розміру B1 з технологічним A1. У цьому випадку існує необхідність у визначенні відхилень розміру B4 (ланцюг №4). Середній допуск замикаючого ланцюга ми визначаємо за формулою:

$$T_m = \frac{TA2\Delta}{n}, \quad (2.15)$$

$$T_m = \pm 0,1240 \text{ мм}$$

Приймаємо $T_{B1} = 0,124 \text{ мм}$.

Тому $B1 = 1048_{-0,13} \text{ мм}$.

Далі розраховуємо відхилення розміру B4:

$$ES\Delta = \sum ES^{uv} - \sum EI^{um}, \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned}
EI\Delta &= \sum EI^{uv} - \sum ES^u, \\
ES_{A4}\Delta &= ES_{B1} - EI_{B4}; \\
0,252 &= 0 - EI_{B4}; \\
EI_{B4} &= -0,252 \text{ мм} \\
EI_{A4}\Delta &= EI_{B1} - ES_{B4}; \\
0 &= -0,124 - ES_{B4}; \\
ES_{B4} &= -0,1245 \text{ мм}
\end{aligned}
\tag{2.18}$$

$$B3 = 1016_{-0,25}^{-0,125} \text{ мм.}$$

На наступному етапі розрахунків визначаємо відхилення розміру B2 (розмірний ланцюг 2). У цьому випадку середній допуск розміру замикаючої ланки:

$$T_m = \frac{0,35}{2} = 0,145 \text{ мм}$$

$$B1 = 1066_{-0,125} \text{ мм.}$$

Відповідно відхилення розміру B2 є такими :

$$\begin{aligned}
ES_{A2}\Delta &= ES_{B1} - EI_{B2}; \\
0,4 &= 0 - EI_{B2}; \\
EI_{B2} &= -0,4 \text{ мм} \\
EIA2\Delta &= EI_{B1} - ES_{B2}; 0 \\
&= -0,1245 - ES_{B2}; \\
ES_{B2} &= -0,125 \text{ мм}
\end{aligned}$$

$$B2 = 998,15_{-0,3}^{-0,125} \text{ мм.}$$

Аналогічно визначаємо відхилення розміру B3 (розмірний третій ланцюг).

Середній допуск замикаючої ланки:

$$T_m = \frac{0,350}{2} = 0,1750 \text{ мм}$$

$$B1 = 1056_{-0,125} \text{ мм.}$$

Потім ми визначаємо відхилення розміру B3 на основі формул 2.16 і 2.17:

$$\begin{aligned}
ES_{A3\Delta} &= ES_{B1} - EI_{B3}; \\
0,35 &= 0 - EI_{B3}; \\
EI_{B3} &= -0,350 \text{ мм} \\
EI_{A3\Delta} &= EI_{B1} - ES_{B3}; \\
0 &= -0,1250 - ES_{B3}; \\
ES_{B3} &= -0,1250 \text{ мм}
\end{aligned}$$

$$B3 = 968_{-0,35}^{-0,125} \text{ мм.}$$

Усі операційні розміри та відповідні допуски ми визначаємо шляхом послідовного сумування допусків і припусків. Визначення здійснюємо спочатку для останньої операції а потім на основі урахування усіх переходів розрахунок знижуємо до розмірів першої операції з розмірами заготовки.

Граничні мінімальні припуски ми визначаємо розрахунково-аналітичним методом або ж на основі даних літературних джерел [13].

Результати виконаного розмірного аналізу технологічного процесу виготовлення валу зведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення міжопераційних припусків та допусків

Розмір поверхні деталі	Зміст технологічних переходів та операцій		Значен- ня допуску	Величина міжопераційного припуску	Остаточний міжопераційний розмір
Ø85f9	Початкова заготовка		2,18	-	Ø 92±1,10
	Чорнове	точіння	0,738	2,0×3,0	Ø 89 _{-0,740}
	Напівчисте		0,305	2,0×1,0	Ø 87 _{-0,210}
	Чистове		0,118	2,0×0,50	Ø 86 _{-0,033}
	Шліфування		0,0868	2,0×0,50	Ø 85 ^{+0,036} _{-0,123}
	Полірування		0,075	-	Ø 85f9
Ø76f9	Початкова заготовка		2,205	-	Ø 92±1,10
	Чорнове	точіння	0,738	2,0×5,450	Ø 81 _{-0,740}
	Напівчисте		0,2103	2,0×1,00	Ø 79 _{-0,21}
	Чистове		0,0735	2×0,505	Ø76f9
M72×2-8g	Початкова заготовка		2,18	-	Ø 92±1,10
	Чорнове	точіння	0,735	2,0×8,45	Ø 74 _{-0,740}
	Чистове		0,074	2,0×1,00	Ø 72 _{-0,0740}
	Різенарізання		0,0386	-	M70×2-8g
M80×2-8g	Початкова заготовка		2,18	-	Ø 92±1,10
	Чорнове	точіння	0,736	2,0×4,50	Ø 82 _{-0,740}
	Чистове		0,0736	2,0×1,00	Ø 80 _{-0,074}
	Різенарізання		0,0388	-	M80×2-8g
Ø52H14	Початкова заготовка		-	-	Ø 46*
	Розточування		0,618	2,0×2,50	Ø 52H14

2.4 Вибір необхідних технологічного спорядження, ріжучого і вимірювально інструментів

Як відомо, дрібносерійний тип виробництва характеризується використанням універсального спорядження, використання якого сприяє досягненню необхідної точності механічного оброблення заготовки, продуктивності та економічності.

Порожнисту трубну заготовку деталі “Вал ОЛВ 52.06”, доцільно обробляти на декількох токарних операціях із закріпленням її у стандартних 3-х кулачкових патронах, якими споряджено обране устаткування, а також попередження прогину - в стандартному пристрої - люнеті. На операції шліфування оброблювану заготовку закріплюють за допомогою спеціального пристосування.

Як відомо, вибір ріжучого та допоміжного інструментів здійснюють відповідно до типу виробництва, методу механічного оброблення, типу технологічного устаткування, розмірних параметрів і матеріалу оброблюваної заготовки, вимог до якості поверхні і точності оброблення, а також з урахуванням технологічних можливостей конкретного виробництва.

Для токарного оброблення циліндричних і торцевих поверхонь нами обрано:

- різець прохідний PCBNR 3232- R19 під пластину - Mitsubishi CNMG120408-MA VP15TF;

- різець прохідний упорний прямий MCLNR 2020K12;

- різець підрізний відігнутий 237-987 DIN 4977 (оброблення торців);

- різець розточний S25S-MCLNL12; для нарізання різі;

- різець нарізний SER 20x20x125 під пластину 16 ER фірми Deskar.

Шліфувальне оброблення:

- абразивний круг ПП 150x16x20 14A/25A P25 / F60 CM.

Для контролю отриманих лінійних розмірів поверхонь нами використано штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, мікрометр із вставками МВП-100 ГОСТ 4380-93 а також калібр-кільце 8211-0208

ГОСТ17763-72. Слід відзначити, що у процесі оброблення точність розмірів забезпечується технологічно на верстатах з ЧПК.

Обрані допоміжні та вимірювальні інструменти для оброблення заготовки наведені у комплекті технологічної документації.

2.5 Розроблення програми для механічного оброблення деталі на верстаті з ЧПК на основі використання САМ-системи «MasterCAM»

Керуюча програма для оброблення деталі на верстаті з ЧПК згенерована у середовищі пробної версії програмного продукту «MasterCAM» і наведена в додатку Д2.

2.6 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання здійснюють з використанням загальномашинобудівних нормативів або за аналітичними формулами.

Основними процесами оброблення заготовки деталі “Вал ОЛВ 52.06” було точіння, тому у розрахунках швидкості різання v , частоти обертання шпинделя n , потужності різання N та тангенціальної складової сили різання P_z ми використовували такі відомі формули [18]:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d},$$

$$N = \frac{P_z \cdot v}{61200},$$

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

Розрахунок режимів різання здійснювали з використанням пакету Mathematica.

2.7 Технічне нормування технологічного процесу виготовлення валу

Як відомо, нормування технологічного процесу здійснюють за кожною верстатною операцією способом технічного розрахунку з використанням нормативних документів. Технічні норми часу у хв визначають так [18]:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{V}, \quad (2.19)$$

де $T_{ш.к}$, $T_{шт}$, $T_{п.з}$ – відповідно норми штучно-калькуляційного, штучного та підготовчо-заключного часу у хв;

V – програма випуску у шт.

У свою чергу норму штучного часу визначають так [18]:

$$T_{шт} = T_m + T_d + T_{org} + T_{org} + T_{np}, \quad (2.20)$$

де T_o , T_d , T_{teh} , T_{org} , – відповідно основний технологічний, додатковий час, час технічного та організаційного обслуговування робочого місця, які визначені у хв;

T_{np} – час перерв у хв.

Як відомо, основний час визначають аналітично для кожного технологічного переходу на основі показників режимів різання [18]:

$$T_m = \frac{L_c \cdot q}{S_m}, \quad (2.21)$$

де L_c – розрахункова довжина оброблення, тобто довжина робочого ходу у мм:

$$L_c = l + l_{vr} + l_{per};$$

q – кількість проходів;

S_m – хвилинна подача у мм/хв.

При цьому, допоміжний час, як правило, визначають за нормативами для кожного окремого технологічного переходу так:

$$T_d = T_{ust} + T_{per} + T_{zm}, \quad (2.22)$$

Сумування значень T_{ol} і T_{dl} у хв за технологічними переходами складає величину оперативного часу [18]:

$$T_{op} = T_m + T_d,$$

Результати розрахунків норм часу усіх операцій оброблення деталі “Вал ОЛВ 52.06” нами зведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Зведена відомість норм часу за операціями

№	Назва	T_m	T_d	T_{op}	T_{teh}	T_{org}	T_{omd}	$T_{sht.}$	$T_{sht.к}$
операції									
005	Переміщення	-	-	-	-	-	-	-	11
010	Відрізання	3,58	1,10	4,58	0,104	0,205	0,10	5,12	5,64
015	Термічне оброблення	-	-	-	-	-	-	-	-
020	Токарне оброблення	14,5	18,76	31,8	1,062	1,41	1,12	35,34	48,02
025	Зварювання	-	-	-	-	-	-	-	-
030	Слюсарне оброблення	-	-	-	-	-	-	-	0,55
035	Токарне оброблення з ЧПК	25,8	32,07	58,03	1,650	2,2	1,8	64,05	88,05
040	Різенарізання	1,18	19,14	21,03	0,5	0,9	0,51	22,25	33,03
045	Шліфування	113,8	7,5	121,02	3,65	5,08	4,09	133,1	141,1
050	Нанесення покриття спеціального	-	-	-	-	-	-	-	-
055	Миття	2,50	0	2,45	0,11	0,12	0	2,85	2,88
060	Полірування	57,1	12,03	68,07	2,05	2,77	2,081	75,2	75,05
065	Контролювання	23,15	0	23,85	0,8	0,97	0,781	26,08	38,38

2.8 Проектування схем технологічних налагоджувань

Проектування схем технологічних налагоджувань здійснюємо на основі дотримання вимог: зображення заготовки, пристосування, ріжучого інструменту виконують у довільному мірілі з необхідною кількістю проєкцій, позначають номінальні розміри з граничними їх відхиленнями та параметри якості оброблюваних поверхонь з урахуванням конструкторських та технологічних баз, зображають схеми інструментів у положенні кінця їх робочого ходу, позначають схеми базування, зображають напрямки робочих рухів інструментів та оброблюваної заготовки. У табличній формі наводять інформацію про назву і модель технологічного устаткування та режими оброблення.

У роботі розроблена технологічне налагодження для оброблення деталі на верстаті з ЧПК.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок типу технологічного спорядження

Вибір технологічного спорядження здійснюємо для токарної операції оброблення валу ОЛВ 52.24, виконаного зі сталі марки 30HGS Poland Norm та масою 28,20 кг. Основні фактори технологічних обмежень визначаємо для чорнового точіння на токарно-гвинторізному верстаті моделі JET GHB-1330A DRO з використанням токарного різця прохідного типу PCLNR 2020K 12 з пластиною CNMG 12 04 12.

Основні фактори, які визначають вибір технологічного спорядження є програма випуску (250 штук). штучний час на згадану операцію (32,08 хвилин), виробнича програма випуску деталі ($V=250$ шт./рік), тип виробництва (дрібносерійний), режим роботи (однорічний) з дійсним річним фондом часу $F_d=2020$ годин.

Необхідна виробнича програма може бути реалізована шляхом використання технологічного спорядження одномісного типу за умови не перевищення сумарних витрат часу на даному етапі обробки граничної величини фонду часу на виготовлення однієї деталі, тобто при не більшому значенні показника штучного часу від значення такту випуску деталей.

Величину такту випуску розраховують на основі значень дійсного річного фонду часу при однорічній роботі F_d та кількості робочих змін n за формулою

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d \cdot n}{N}$$
$$\tau = \frac{60 \cdot 2020 \cdot 1}{200} = 606 \text{ хв}$$

Таким чином $32,08 < 606$, тобто необхідна програма випуску може бути реалізована шляхом використання одномісного пристосування.

Деталь характеризується наявністю подвійної направляючої бази: C1.2.3.4 (S_y, S_z, R_y, R_z); та опорну базу C5 (S_x).

Для деталі ОЛВ 52.24 така схема базування забезпечується 3-кулачковим патроном з люнетом.

3.2 Обґрунтування вибору та можливості використання стандартного верстатного спорядження

Як відомо, величину сили різання P_z при точінні визначають за такою формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (3.1)$$

де t – глибина різання: $t = 2$ мм;

S – величина подачі: $S = 0,470$ мм;

v – швидкість різання: $v = 65,16$ мм/хв;

C_p – уточнюючий коефіцієнт: $C_p = 300$;

x, y, n – показники степенів, що визначені для даного матеріалу;

K_p – комплексний уточнюючий коефіцієнт для урахування конкретних умов механічного оброблення:

$$K_p = 0,845 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,868 = 0,752$$

Отже, значення сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,470^{0,705} \cdot 65,16^{-0,150} \cdot 0,752 = 1349 \text{ Н}$$

Для забезпечення необхідної жорсткості деталі і попередження її прогину використовуємо люнет, схема конструкції якого зображена на рисунку нижче.

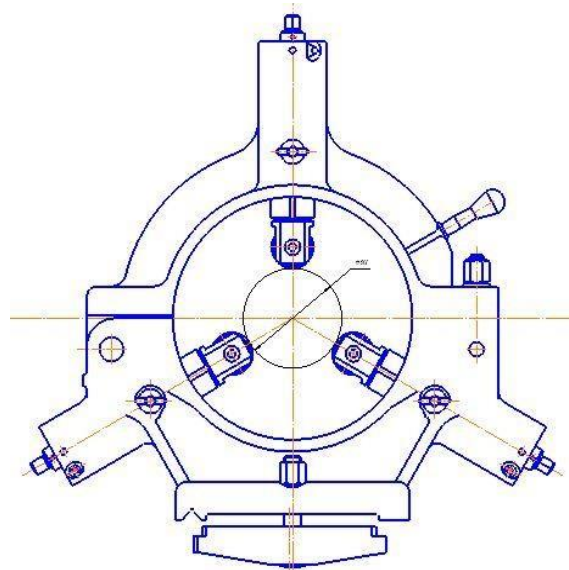


Рисунок 2.7 – Загальний вигляд люнета

Для реалізації ефективного використання такого пристрою необхідно визначити силу Q для забезпечення підтискання елементом лунета оброблюваної заготовки для запобігання її прогину. У процесі оброблення на елементи спорядження та деталь буде діяти сила різання $P_z = 1349$ Н і вага тіла $G = 282$ Н.

Заготовку закріплюють у стандартному патроні тому немає необхідності у розрахунках. Однак необхідно розрахувати елементи лунету для забезпечення регулювання підтиску деталі. Як відомо, необхідну силу закріплення Q можна забезпечити за допомогою моменту сили затягування W , тобто направленої сили прикладеної до рукоятки ключа.

Таку величину сили затягування визначають так [9]:

$$W = \frac{Q}{i}, \quad (3.2)$$

де Q - сила закріплення у Н;

a – параметр передавального відношення.

Згаданий параметр a для гвинтового затискного механізму [16]:

$$a \equiv \frac{u}{r_m \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_z)} \quad (3.3)$$

де u – довжина вильоту ключа у мм;

r_m – середній радіус різі гвинта у мм;

α – кут підняття різі в град.;

φ_z – зведений кут тертя в різьбовому спряженні.

Згадані кути є такими: $\alpha = 3^\circ 20'$; $\varphi_z = 6^\circ 40'$ для стандартної метричної різі.

Значення розмірів u і r_m ми визначаємо на основі величини номінального діаметру різі гвинта, який розраховують за відомою формулою:

$$d = C_1 \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]_p}}, \quad (3.4)$$

де C_1 – експериментальний коефіцієнт, $C_1=1,35$.

$[\sigma]_p$ – допустиме навантаження на розтяг матеріалу гвинта, $[\sigma]_p = 9100 \text{ Н/см}^2$.

Зі згаданої формули ми визначаємо діаметр різі гвинта:

$$d = 1,35 \sqrt{\frac{282}{9100}} = 0,254 \text{ см}$$

На основі довідкової літератури ми приймаємо стандартне значення діаметра гвинта, яке дорівнює M10.

Для такого діаметра середній радіус різі $r_m = 5,026 \text{ мм}$.

Як відомо, стандартна довжина вильоту ключа $u=140\text{мм}$.

Далі на основі формул (3.2) і (3.3) ми розраховуємо величину сили, яку необхідно прикласти до рукоятки ключа

$$W = \frac{0 \cdot r_m \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_z)}{u} = \frac{282 \cdot 5,026 \cdot \text{tg} 10^\circ}{140} = 1,66 \text{ Н}$$

Фізичні можливості середньостатистичного робітника дозволяють забезпечити зусилля 50 кгс. Отже, може бути реалізовано закріплення таким способом.

Розрахунок точності пристосування виконаємо для випадку виконання розміру $\varnothing 85_{-0,12}\text{мм}$.

Умова доцільності використання пристосування із умови забезпечення необхідного рівня точності є такою

$$\varepsilon \leq [\varepsilon], \quad (3.5)$$

де ε – реальна величина похибки технологічного пристосування у мкм;

$[\varepsilon]$ – граничне значення похибки пристосування у мкм.

$$[\varepsilon] = T - k_y \cdot \varpi, \quad (3.6)$$

де T – допуск розміру для його досягнення; $T=0,120 \text{ мм}$;

ϖ – величина середньої економічної точності даного виду токарного оброблення способом точіння $\varpi=0,118 \text{ мм}$

k_y - уточнюючий коефіцієнт, $k_y = 0,60$

$$[\varepsilon] = 0,118 - 0,60 \cdot 0,120 = 0,0478 \text{ мм}$$

Похибка пристосування залежить від похибок базування ε_b , закріплення ε_3 і розміщення ε_u .

$$\sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_u^2} \quad (3.7)$$

Похибка ε_b має місце у випадку не співпадіння технологічної та вимірювальної баз. Для даного випадку $\varepsilon_b = 0$ мкм.

Похибка ε_3 спричинена неоднорідністю властивостей оброблюваної поверхні деталі та нестабільністю значень зусилля закріплення. У нашому випадку $\varepsilon_3 = 40$ мкм;

Третя похибка ε_u виникає через неточність встановлення технологічного спорядження на верстаті, відхиленнями розмірів при виготовленні такого спорядження, а також внаслідок зношування елементів встановлення такого пристосування.

Похибка розміщення у мкм залежить від трьох складових:

$$\sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_u^2}, \quad (3.8)$$

де ε_y – похибка, спричинена неточністю виготовлення і складання елементів технологічного спорядження через неточність установчих елементів у мкм;

ε_c – похибка, спричинена неточністю встановлення технологічного пристосування на технологічному устаткуванні у мкм;

ε_u – похибка, що виникає через лінійне зношення робочих поверхонь установочних елементів спорядження у мкм.

Для даного випадку перші дві згадані похибки в одному одномісному пристосуванні можна компенсувати за рахунок відповідного налаштування елементів такого технологічного спорядження. Як наслідок $\varepsilon_y = \varepsilon_c = 0$.

Похибку ε_u визначають так

$$\varepsilon_u = \sqrt{N} \beta \cdot \cos \alpha, \quad (3.9)$$

де β – експериментальний коефіцієнт, що враховує вплив умов оброблення на показник зношення через урахування виду і стану базової поверхні оброблюваної заготовки, а також вид встановленого відповідального елемента. У даному випадку $\beta = 0,55$;

N – кількість контактних спряжень установчого елемента із поверхнями оброблюваної заготовки у процесі її експлуатації Ця величина є еквівалентною до величини програми випуску деталі тобто $V=250$ дет.;

α – кут між напрямками утворюваного розміру і напрямку, що є перпендикулярним до поверхні встановленого елемента в зоні спряження із оброблюваною заготовкою. Приймаємо $\alpha = 0$.

$$\varepsilon = 7,1 \text{ мкм}$$

Тоді величину дійсної похибки спорядження ми можемо визначити так

$$\varepsilon = 31,8 \text{ мкм}$$

Так як має зміст умова $31,8 \text{ мкм} < 48 \text{ мкм}$, то обране нами технологічне спорядження забезпечує необхідний рівень точності механічного оброблення.

3.3 Розроблення та обґрунтування схеми розміщення технологічного устаткування на ділянці цеху

Для здійснення розрахунків ділянки цеху здійснюємо визначення працємісткості виготовлення деталі, верстатомісткості $T_{\text{уст}}$ у верстато-годинах, загальної кількості верстатів, які задіяні у виробництві деталі, коефіцієнта завантаження за типами устаткування, кількості виробничих робітників (верстатників) ділянки цеху. Методика проведення розрахунків наведена у додатку А3.

Вихідною інформацією для розрахунків є: фонд часу роботи робочих $\Phi_r = 1820$ год., працємісткість виготовлення вала $T_{\text{шт.}} = 6,46$ год., однозмінний режим роботи, дрібносерійний тип виробництва, програма випуску виробу $V=250$ шт./рік; фонд часу роботи устаткування $\Phi_d=2000$ в.-год.

Результати розрахунків наведені у таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Характеристики устаткування

Модель верстату	Tsht.к. у хв	Tsht-к у годинах	T пр	Туст	Фонд у годинах	Срас	Сзв	Кз
Відрізний 8Г681	5,65	0,10	19,07	22,40	$2 \cdot 10^3$	0,010	1	0,01
Токарний JET GHB-1330A DRO	132,95	2,15	440,08	526,87	$2 \cdot 10^3$	0,310	1	0,315
Токарний з ЧПК MONFORTS KNC 5-1500-ID15205	88,25	1,461	289,96	360	$2 \cdot 10^3$	0,230	1	0,215
Круглошліфувальний 3М194	139,92	2,360	468,13	565,8	$2 \cdot 10^3$	0,32	1	0,34
Сумарно	366,03	6,15	1218,9	1488,0		0,88	4	0,24

Таблиця 3.2 – Зведена відомість про робітничий персонал

Номенклатура видів професії	Сзв	Фд	Км	Ррас	Рпр
Оператор токарного верстату	2	$2 \cdot 10^3$	1,00	1,888	2
Налагоджувач	1	$2 \cdot 10^3$	3,00	0,35	1
Оператор шліфувального верстату	1	$2 \cdot 10^3$	1,00	0,94	1
Сумарно	4			3,21	4

3.4 Розрахунок технологічної собівартості

Розрахунок технологічної собівартості виготовлення валу ми здійснюємо за стандартною методикою, яка наведена у додатку А.4.

Результати розрахунків наведено у таблицях 3.3-3.5.

Таблиця 3.3 – Зведена шкала вартостей з урахуванням розрядності роботи

Технологічна операція	Tsht.-к у хв	Tsht.-к. у год	Розряд	Тариф у грн./год	Розцінка у грн.
Відрізання	5,65	0,10	4	70,95	9,36
Токарна	48,2	0,780		70,95	56,28
Токарна з ЧПК	88,05	1,482	5	92,27	236,48
Слюсарна	0,56	0,0	4	70,95	9,30
Різенарізання	33,3	0,49		70,95	42,35
Шліфування	142,4	2,280	5	92,27	208,12
Миття	2,80	0,0	4	70,95	9,68
Контролювання	24,78	0,40		70,95	34,86
Сумарно	415,34	6,918			898,0

Таблиця 3.4 – Розрахунок заробітної плати

Показники заробітної плати	Обсяг, грн.
Основна	588,0
Додаткова	48,04
Обов'язкові відрахування	380,53
Сумарна зарплата з відрахуваннями	861,56
Вартість праці наладжувача	130,22

Таблиця 3.5 – Собівартість виготовлення валу

№ з/п	Статті калькуляції		Показник
1	Вартість заготовки з урахуванням реалізованих відходів		2967,74
2	Заробітна плата	виробничих робітників (операторів) з урахуванням відрахувань	861,56
3		наладжувача	129,22
4	Витрати на	амортизацію устаткування	1668,73
5		ремонт устаткування	684,37
6		експлуатацію і амортизацію спорядження	9,400
7		силову електроенергію	89,38
8	Загальна собівартість виготовлення валу		7859,40

3.5 Висновки до розділу

У розділі виконано розрахунок типу технологічного спорядження, виконано обґрунтування вибору та можливості використання стандартного верстатного спорядження, наведено результати розроблення та обґрунтування схеми розміщення технологічного устаткування на ділянці цеху, розрахунок технологічної собівартості.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Державна політика в галузі охорони праці закріплена законом України "Про охорону праці" (стаття 4) і базується на пріоритеті життя і здоров'я працівників відповідно виробничої діяльності підприємства і повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці. "Проектування виробничих об'єктів, розробка нових технологій та засобів виробництва та засобів колективного та індивідуального захисту працюючих повинні створюватися з урахуванням вимог щодо охорони праці" (стаття 154). Згідно зі статтею 155 жодне підприємство, цех, дільниця виробництва не повинні бути прийняті і введені в

експлуатацію, якщо на них не створено безпечних і нешкідливих умов праці. Виходячи з цього, керівник або власник підприємства зобов'язаний забезпечити збереження здоров'я і життя працівників, удосконалювати технології і устаткування, постійно упроваджувати передові методи організації охорони праці.

Дане виробництво характеризується безперервністю і періодичністю технологічних виробничих операцій, роботи машин, механізмів і устаткування. У цих умовах небезпечні і шкідливі виробничі фактори є тоді, коли рухаються й обертаються частини верстатів, різних механізмів і устаткування, виникають теплові випромінювання, шум, вібрація, запиленість.

В даному розділі розглянуті основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори ділянки цеху, на якому здійснюється виготовлення деталі, розроблені заходи щодо їх зниження, узагальнені питання пожежної профілактики. При цьому викладений матеріал базується на навчально-методичних працях, а також таких нормативних документах:

ДСП № 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Міністерство охорони здоров'я України, 1996 р.

ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
Затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1999 року N 42

ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Головний Державний санітарний лікар України. Постанова від 1 грудня 1999 року N 37

ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1999 р. N 39

ДБН В.2.5-28-2006 "Природне і штучне освітлення". "Інформаційний бюлетень Мінбуду України", № 6, червень, 2006 р

НПАОП 27.0-3.01-08 Норми Безкоштовної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості. Затверджено Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 27.08.2008 №187

ДБН В.2.2-28:2010 "Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення". Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30.12.2010 № 570. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.

ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва

НАПБ Б.03.001-2004 Типові норми належності вогнегасників Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 квітня 2004 р. за N 554/9153.

ДБН в.2.5-67:2013 Інженерне обладнання будівель і споруд. Опалення, вентиляція та кондиціонування - К: 2013.

4.1 Умови праці на виробництві та їх характеристика

Територія машинобудівного підприємства і розміщення на цій території дільниці цеху з виробництва деталей повинні відповідати вимогам санітарних норм проектування промислових підприємств і протипожежним нормам проектування будівель і споруд з урахуванням технологічних особливостей виробництва.

Проектована ділянка цеху знаходиться на першому поверсі в цегляному будинку. В якості устаткування використовуються металообробні верстати.

Клас санітарної зони підприємства по ДСП 173-96 - IV і становить 100м. Категорія тяжкості робіт в приміщенні дільниці за енерговитратами по ДСН 3.3.6.042-99 – Пб - роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

Об'єм виробничих приміщень на одного працюючого складає 20м³, а площа приміщень від 4,5 м². Висота виробничого приміщення складає 10,8м.

Склад санітарно-побутових приміщень повинен відповідати вимогам ДБН В 2.2.28-2010. До його складу входять: гардеробні, душові, умивальні, вбиральні, курильні кімнати, місця для пристроїв питного водопостачання, приміщення для обігріву, приміщення для обробки, зберігання і видачі спецодягу і ін.

Інтер'єр приміщення: стіни пофарбовані згідно СН 181-70 в світло-блакитний колір, стеля - білий, устаткування - у світло-зелений, підлога – кремового кольору.

Система опалення у відповідності с ДБН.2.5-67:2013 – централізована від заводської котельні, кондиціонування робочого приміщення механоскладального цеху діючими нормативними документами не передбачено.

На проектованій ділянці цеху існують наступні шкідливі та небезпечні фактори для людини та навколишнього середовища згідно ДСТ 12.0.003-74:

- аерозолі мастил (джерелом є ЗОР);
- абразивний пил (джерелом є устаткування для обробки абразивними кругами);
- пил окислів заліза, марганцю і кремнію (джерелом є установка для зварювання);
- незахищені частини машин і механізмів, що обертаються та рухаються;
- шум (джерелами є устаткування для обробки деталей абразивними кругами, шліфувальні машинки);
- підвищені рівні вібрації, електричного поля, електромагнітних випромінювань.

Метеорологічні умови. Нормативні значення мікроклімату для проектованих виробничих приміщень для Пб категорії робіт наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормативні значення мікроклімату [10]

Період року	Категорія робіт	Температура, С					Відносна вологість		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях	оптимальна, не більше	допустима на робочих місцях постійних і не постійних
			верхня межа		нижня межа					
			на робочих місцях							
			постійних	не постійних	постійних	непостійних				
Холодний	Середньої важкості Пб	17-19	21	23	15	13	60-40	75	0,2	Не більше 0,4
Теплий	Середньої важкості Пб	20-22	27	29	15	15	60-40	70	0,3	0,5-0,2

Вентиляція. У повітрі робочої зони виробничої ділянки в процесі роботи устаткування та виготовлення деталей можливе виділення таких шкідливих речовин, як абразивний пил, гранично допустима концентрація якого 4 мг/м^3 згідно ДСТ 12.1. 005-88.

При тривалому вдиханні пилу, а також при перевищенні концентрації пилу повітрі робочої зони у працівників можуть виникати захворювання легень (наприклад пневмоконіоз, бронхіальна астма). Джерелами аерозолів мастил є СОЖ та промивні баки. При попаданні на шкіру СОЖ і мінеральних мастил можуть виникати шкірні захворювання (екзема, дерматит).

Засобами, які зменшують забруднення повітря в робочій зоні пилом, забезпечують необхідну температуру, вологість і швидкість руху повітря, є вентиляція.

В приміщеннях на одного робітника при об'ємі $20\text{-}40\text{м}^3$ встановлена вентиляція, що забезпечує повітрообмін не менше $20\text{м}^3/\text{год}$ на одного працюючого.

У виробничому цеху встановлюється природна і штучна вентиляція. При нестачі природної вентиляції застосовується штучна. Вона підрозділяється на наступні види: загально обмінну, витяжну, приточновитяжну і комбіновану. Розташування вентиляційних систем повинно забезпечувати безпечний і зручний монтаж, експлуатацію і ремонт технологічного устаткування. Розміщення

вентиляцій-них систем не повинно відбиватися на освітленості приміщень, робочих місць і проходів згідно СНиП 2.04.05-91У.

Шум. Допустимі рівні шуму на планованому виробництві з вимогами ДСН-3.3.6.037-99 наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 4.2 –Допустимі рівні шуму

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ, в складових полосах з середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в виробничих приміщеннях і на території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Підвищений рівень шуму може призвести до головного болю, швидкої стомлюваності, в результаті чого знижується продуктивність робітників; також підвищений рівень призведе до зниження уважності робітників, внаслідок чого збільшується кількість браку.

Вібрація. Гігієнічні норми вібрації, що впливає на людину у виробничих умовах при частотному аналізі встановлені ДСН 3.3.6.039-99[23] для тривалості дії 480 хвилин (8 годин) складає 923-108 Дб.

Причини виникнення вібрації – неврівноважені силові дії в механізмах. Систематична дія загальних вібрацій може бути причиною вібраційної хвороби – стійких порушень фізіологічних функцій організму, пов'язаних з порушенням центральної нервової системи. Локальна вібрація викликає спазми судин від периферії до центру.

Також на проєктованій ділянці цеху існують такі небезпечні фактори, як обертові і рухомі частини технологічного устаткування.

Рухомі столи станків, обертові шпинделя, обертовий інструмент і особливо обертовий абразивний круг створюють велику небезпеку для робочих ділянок. Швидкість обертання абразивного круга дуже велика, а також при обробці з-під них з великою швидкістю вилітають частинки, які можуть пошкодити очі і створити мікропошкодження поверхні тіла. Також існує ймовірність розколу кола і тоді вже великі частини кола, що мають велику кінетичну енергію, можуть нанести смертельні травми працівникам.

Електробезпека. За ступені небезпеки поразки людей електричним струмом приміщення з проєктованим ділянкою згідно з ДСанПіН 3.3.6.096-2002 [27] від-носиться до класу - з підвищеною небезпекою. Електробезпека здійснюється за рахунок наступних заходів: струмопровідні частини електроустановок розміщують на висоті 2,5 м від підлоги, виконують захисне заземлення - навмисне з'єднання металевих частин устаткування з землею. Опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 4 см.

Захисне заземлення або занулення електроустановок слід виконувати:

- при номінальній напрузі 380 В і вище змінного струму і 440 В і вище постійного струму - у всіх випадках;
- при номінальній напрузі від 42 В до 380 В змінного струму і від 110 до 440 В постійного струму при роботах в умовах з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних по ДСТ 12.1.030-81.

Все електроустаткування на ділянці має захисні кожухи, отже, можливість випадкового дотику працівника до струмопровідних частин виключена.

Працівники проєктованого виробництва можуть бути уражені електричним струмом, у разі якщо відбудеться пробій електричного струму на корпус електроустаткування.

Освітленість. Виробничі ділянки повинні забезпечуватися достатньою освітленістю робочих місць. У світлий час доби забезпечується природне освітлення, при його недоліку застосовується штучне місцеве. Природне освітлення цеху здійснюється через віконні отвори. Штучне освітлення буває двох видів: загальне, здійснюється світильниками, розташованими у верхній частині будівлі і місцеве, здійснюване за рахунок світильників, розташованих безпосередньо на робочому місці. Вони мають світловідбивачі, захисний кут яких не менш 30°.

Аварійне освітлення використовується для продовження роботи та евакуації людей при раптовому відключенні робочого освітлення ДБН В. 2.5-28-2006.

В ході роботи на ділянці можливе фізичне та нервово-психічне перевантаження. Цьому сприяють такі показники напруженості трудового процесу, як сенсорні навантаження (тривалість зосередженого спостереження, навантаження на зоровий аналізатор), а також монотонність навантаження.

Таблиця 4. 3 – Допустимі значення нормованих параметрів освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення	
						Освітленість, лк	
						При комбінованому освітленні	При загальному освітленні
Середня точність	Понад 0,5	IV	б	Малий	Середній	500	200
	до 1,0			Середній	Темний		

4.2 Реалізація техніки безпеки та заходів щодо пожежної профілактики на машинобудівному підприємстві

Інструктаж з техніки безпеки (ТБ) проводить головний інженер з техніки безпеки. Особливе значення має інструктаж на робочому місці з показом безпечних методів роботи. Усі працівники незалежно від виробничого стажу і кваліфікації повинні один раз у шість місяців проходитися повторний інструктаж, а особи, які виконують роботи підвищеної безпеки – один раз на місяці.

На виробничих ділянках, де розташовані робочі місця, відповідальність за безпеку праці несуть майстри. Здійснює заходи з ТБ і виробничої санітарії контролює старший інженер з техніки безпеки та профспілкові організації. Вказівки старшого інженера з техніки безпеки може скасувати лише керівник підприємства.

Види інструктажів з охорони праці:

Вступний інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проводиться з усіма, хто приймається на роботу особами незалежно від їх освіти, стажу роботи, а також з тимчасовими працівниками, відрядженими, учнями і студентами, які прибули на виробниче навчання або практику, з учнями в навчальних закладах перед початком лабораторних і практичних робіт у навчальних лабораторіях, майстер-нях, на ділянках і полігонах.

Первинний інструктаж - інструктаж з ОП, який проводиться на робочому місці до початку виробничої діяльності з усіма знову прийнятими в організацію; переведеними з іншого підрозділу організації; працівниками перед виконанням нової для них роботи. Безпосередній керівник робіт проводить інструктаж з кожним працівником індивідуально.

Повторний інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проходять усі працівники, за винятком осіб, звільнених від первинного інструктажу, незалежно від їх кваліфікації, стажу роботи і освіти не рідше 1 разу на півріччя за програмою первинного інструктажу на робочому місці в повному обсязі.

Цільовий інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проводять при виконанні разових робіт, не пов'язаних з прямими обов'язками за фахом; при виконанні робіт, на які оформлюються наряд-допуск, дозвіл та інші документи.

Позаплановий інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проводять при введенні в дію нових або перероблених стандартів, правил з охорони праці та інструкцій з охорони праці; зміни технологічний процес, заміна (або модернізація) устаткування, пристосування і інструмент, сировину, матеріали та інші фактори; порушення працівниками вимог охорони праці, що може призвести (або призвело) до виробничої травми, отруєння, аварії, вибуху, пожежі.

Виробничий процес в цеху за вибуховою і вибухопожежною небезпекою відповідно до НАПБ Б. 03.002 -2007, відноситься до категорії "Д", так як в у виробничому процесі обробці піддаються негорючі матеріали в холодному ста-ні. Будівлю цеху побудовано з негорючих матеріалів (металоконструкцій, цегли, залізобетону, скла) і згідно ДБН В. 1.1 -7-2002, вона має II ступінь вогнестійкості. З метою запобігання пожежі передбачена система оповіщення типу 1 шляхом подачі звукового і світлового сигналів для всіх одночасно, і передбачені евакуаційні вихід з цокольного поверху - назовні безпосередньо, через сходову клітку, що має вихід назовні безпосередньо або ізольований від вище розташованих поверхів.

Пожежі на ділянці можуть виникнути в результаті:

- Загоряння електроустаткування при перевантаженнях і короткому замиканні (клас пожежі - Е);

- Загоряння пально-мастильних матеріалів при попаданні на них іскор електричного або механічного походження, дії тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню (клас пожежі - В);

- Самозаймання промасленого дрантя (клас пожежі - А).

Для зменшення небезпеки виникнення та поширення пожеж важливу роль відіграє раціональне пристрій підприємства з точки зору необхідності забезпечення міцності і стійкості будівель і споруд, як у нормальних умовах, так і в умовах пожежі.

Розміщення будівель на території підприємства і їх внутрішнє планування проводять таким чином, щоб обмежити поширення пожеж у разі виникнення й забезпечити успішне гасіння.

Для попередження небезпеки перенесення пожежі на сусідні об'єкти між будівлями передбачаються протипожежні розриви, величина яких залежить від ступеня вогнестійкості будівель. В даному випадку розрив між будівлями II ступеня вогнестійкості складає 9м.

Всередині будівлі небезпека поширення пожеж обмежується пристроєм протипожежних перешкод (протипожежні стіни, перекриття, двері, люки, ворота тощо).

Ймовірність ураження блискавкою будівель зменшена застосуванням системи блискавки захисту II категорії, виконаної згідно з РД 34.21.122-87.

Для гасіння пожеж водою використовується пожежний водопровід, об'єднаний з виробничими. За його мережі в приміщенні цеху встановлені пожежні крани рукавами і відводами. Зовні будівлі по периметру в підземних колодязях розміщені пожежні гідранти. Для доступу на дах будівлі використовуються пожежні сходи, укріплені на стінах. Для гасіння можливих пожеж передбачені первинні засоби пожежогасіння, які визначені на підставі НАПБ Б.03.001 -2004.

4.2 Розрахунок загальнообмінної вентиляції

Основним призначенням загальнообмінної вентиляції є розрідження вмісту шкідливих речовин у загальній атмосфері приміщення до гранично допустимої концентрації [10-12, 23].

При нормальному мікрокліматі, відсутності шкідливих речовин враховують

об'єм приміщення, що припадає на одного працюючого V' , та кількість повітря на одного працюючого L' , а також кількість працюючих n .

Кількість повітря ($\text{м}^3/\text{год}$), яка необхідна для нормального повітрообміну

$$L = L' n. \quad (4.1)$$

Якщо $V' < 20 \text{ м}^3$, $L' = 30 \text{ м}^3/\text{год}$.

Якщо $V' > 20 \text{ м}^3$, $L' = 20 \text{ м}^3/\text{год}$.

При загальнообмінній вентиляції для видалення шкідливих речовин розрахунок необхідного повітрообміну проводять за формулою

$$L = \frac{G \cdot \psi}{(q_{\text{вдк}} - q_{\text{прит}}) \cdot 10^{-6}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.3)$$

де G – кількість шкідливих речовин, що надходить у повітря робочої зони, $\text{кг}/\text{год}$; $q_{\text{вдк}}$ – концентрація шкідливих речовин в повітрі, що видаляється приймається рівною гранично допустимій концентрації, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$q_{\text{прит}}$ – концентрація шкідливих речовин в повітрі, що надходить; зазвичай приймають

$q_{\text{прит}} = 0,3 q_{\text{вдк}}$;

ψ – коефіцієнт нерівномірності розподілу; $\psi = 1,2 \dots 2,0$.

Для приміщень з надлишковою вологою необхідний повітрообмін

$$L_{\text{вол}} = \frac{G_{\text{вол}}}{(K_{\text{в}} - K_{\text{пр}}) \cdot 10^{-3}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.3)$$

де $G_{\text{вол}}$ – надлишкова волога в приміщенні $\text{кг}/\text{год}$;

$K_{\text{в}}$ – кількість вологи, що міститься в повітрі, що видаляється $\text{г}/\text{м}^3$; $K_{\text{пр}}$ –

кількість вологи в повітрі, що надходить $\text{г}/\text{м}^3$.

При загально обмінній вентиляції для видалення з приміщення надлишків теплоти розрахунки проводять за формулою

$$L = \frac{Q}{C_p \rho (t_a - t_{np})}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4)$$

де Q – надлишкова теплота, що надходить в приміщення, Дж/год;

ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

C_p – теплоємність повітря при постійному тиску, Дж/(кг·°C);

t_a – температура повітря, що видаляється з приміщення, °C;

t_{np} – температура повітря, що надходить. Приймають $t_a - t_{np} = (5...8)^\circ\text{C}$.

Визначимо необхідну кількість повітря, яку необхідно подати в цех для видалення надлишкової теплоти при умові, що температура повітря за межами цеху 15°C , густина повітря, $\rho = 1,293 \text{ кг}/\text{м}^3$, а теплоємність повітря при постійному тиску $C_p = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$. Розрахунки проводимо за формулою (4.4).

Надлишкова теплота, що надходить у виробниче приміщення визначається за формулою

$$Q = Q_{обл} + Q_{осв} + Q_{люд}, \quad (4.5)$$

де $Q_{обл}$ – теплота, що виділяється працюючим устаткуванням, Дж/год;

$Q_{осв}$ – теплота, що виділяється освітлювальною системою, Дж/год;

$Q_{люд}$ – теплота, що виділяється обслуговуючим персоналом, Дж/год.

$$Q_{обл} = Q_{vi}, \quad (4.6)$$

де Q_{vi} – теплота, що виділяється кожним працюючим верстатом, Дж/год.

Теплота, що виділяється працюючим металорізальним верстатом визначається за формулою

$$Q_s = 3,6 \cdot 10^6 \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4, \quad (4.7)$$

де N – потужність двигуна приводу головного руху, кВт;

η_1 – коефіцієнт використання потужності верстата $\eta_1 = 0,7...0,9$;

η_2 – коефіцієнт завантаження верстата $\eta_2 = 0,5...0,8$;

η_3 – коефіцієнт одночасної роботи верстатів $\eta_3 = 0,6...0,9$;

η_4 – коефіцієнт, що враховує частину потужності електродвигуна, яка

перетворюється в тепло $\eta_4 = 0,5...0,6$.

Теплота, що виділяється освітлювальною системою визначається за формулою

$$Q_{осв} = 3,6 \cdot 10^6 \cdot N_{осв} \cdot k \quad (4.8)$$

де $N_{осв}$ – потужність освітлювальної системи, кВт;

k – коефіцієнт, що враховує частину потужності ламп, яка перетворюється в тепло $k \approx 0,95$.

Теплота, що виділяється обслуговуючим персоналом визначається за формулою

$$Q_{люд} = 3,6 \cdot 10^3 \cdot n \cdot q, \quad (4.9)$$

де n – кількість працюючих, чол;

q – кількість тепла, що виділяє одна людина, яка виконує відповідну роботу, Вт.

Визначимо теплоту, що виділяє працююче устаткування за формулою 4.7.

$$\sum Q_e = 3,6 \cdot 10^6 \cdot 125,7 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 101,4 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Теплота, що виділяється освітлювальною системою за формулою 4.8.

$$Q_{осв} = 3,6 \cdot 10^6 \cdot 4,5 \cdot 0,95 = 15,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Теплота, що виділяється обслуговуючим персоналом за формулою 4.9.

$$Q_{люд} = 3,6 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 215 = 38,7 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Надлишкова теплота, що надходить у виробниче приміщення за формулою 4.5.

$$Q = 101,4 \cdot 10^6 + 15,3 \cdot 10^6 + 38,7 \cdot 10^6 = 155,4 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Для видалення з приміщення цеху надлишків теплоти необхідний повітрообмін визначаємо за формулою 4.4.

$$L = \frac{155,4 \cdot 10^6}{1000 \cdot 1,293 \cdot (20 - 15)} = 24037 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4.4 Висновки до розділу

У розділі описані основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори ділянки цеху, на якій здійснюється виготовлення деталі, розроблені відповідні заходи щодо їх зниження, узагальнені питання пожежної профілактики. При цьому викладений матеріал базується на навчально-методичних працях, а також нормативних документах. Наведено розрахунок загальнообмінної вентиляції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було розроблено технологічний процес виготовлення валу ОЛВ 52.24 зі сталі 30HGS PN (Poland Norm). Він адаптований конкретних виробничих умов через урахування технологічних можливостей виробництва. Зокрема на підприємстві в наявності було таке технологічне устаткування: відрізний круглопильний дисковий автомат 8Г681; токарно-гвинторізні верстати JET GHB-1330A DRO та 16K20; токарні верстати MONFORTS KNC 5-1500-ID15205, Haas TL 2; круглошліфувальний 3A164; фрезерний з ЧПК Haas DM-1, 6P13; вертикально-свердлильний з ПК 2P135Ф2. З огляду на це, та на дрібносерійний тип виробництва, у спроектованому ТП відрізну операцію доцільно здійснювати на відрізному круглопильному дисковому автоматі 8Г681. Токарне чорнове оброблення та різенарізання доцільно здійснювати на токарно-гвинторізному верстаті мод. JET GHB-1330A DRO та токарному верстаті з ЧПК мод. MONFORTS KNC 5-1500-ID15205. Операцію шліфування виконано на круглошліфувальному напівавтоматі мод. 3M194.

В результаті проектних розрахунків показано, що найраціональнішим варіантом початкової заготовки є товстостінний круглий прокат.

У роботі також виконано розмірний аналіз з метою визначення оптимальних припусків на механічне оброблення, розраховані режими різання та припуски, складено програму для оброблення деталі на верстаті з ЧПК, вибрано та обґрунтовано стандартне технологічне пристосування – люнет. Також наведено елементи розрахунків дільниці цеху та собівартості виготовлення валу. На основі цього бачимо, що наявне на підприємстві устаткування та його кількість є достатніми для реалізації спроектованого ТП.

Також у роботі описані основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори дільниці цеху, на якій здійснюється виготовлення деталі, розроблені відповідні заходи щодо їх зниження, узагальнені питання пожежної профілактики. При цьому викладений матеріал базується на навчально-методичних працях, а також нормативних документах. Наведено розрахунок загальнообмінної вентиляції.

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: Vasylyk 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: Vasylyk 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: Vasylyk 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: Vasylyk V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

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

6. Vasylyk 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. Vasylyk V.V. Technologies of workpieces manufacturing by casting: manual / V.V. Vasylyk, 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. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські

розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль: ТДТУ, 2001. 277 с.

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

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

12. 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

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

14. 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.

15. 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.

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

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

18. 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.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

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