

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120»
перетворювача руху з використанням верстатів ЧПК
Назва теми


Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань


Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва


Шифр ДП.ПМ.ФІТА.25.19.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-2
Шифр  Богдан БЕЦЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук,
Науковий ступінь, звання  Сава КОСТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент
Ім'я  Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Дата «19» серпня 2025

Хмельницький 2025

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК
7.02.2025

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Бецю Богдану Юрійовичу
Прізвище, ім'я, по батькові студента

- 1 Тема дипломної Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120» перетворювача руху з використанням верстатів ЧПК
керівник роботи Костюк Сава Андрійович, к.т.н
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учас звання
Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23
- 2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025
- 3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Стакан КМ 1729.4120» технічні та експлуатаційні вимоги, обсяг випуску 5 тис. шт.
- 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ
 1. Загальний розділ
 2. Технологічний розділ
 3. Конструкторський розділ
 4. Охорона праці
- 5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі (1 лист А1); кресленик заготовки (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А1);
- 6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 7.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

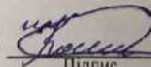
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ (аналіз конструкції деталі та базового ТП)	26.02.2025	
2 Технологічний розділ (запропонувати шляхи удосконалення ТП)	20.03.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	06.06.2025	

Студент


Підпис

Богдан БЕЦЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Сава КОСТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Бець Богдан Юрійович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Розробка технологічного процесу виготовлення деталі "Стакан КМ 1729.4120" перетворювача руху з використанням верстатів ЧПК

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Бець Б.Ю. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 12,82 %, добре 35,90 %, задовільно 51,28 %.

шкалою ЄКТС: А 9,09 %, В 1,82 %, С 25,45 %, D 27,27 %, E 36,36 %.

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Богдан Бець вгідно прістурив до виконання завдань дипломного проекту та системно працював над виконанням окреслених задач. Під час роботи проявив глибокі знання з технології машинобудування та вміння вирішувати практичні задачі. Робота виконана відповідно до завдання, в повному обсязі та Оцінка дипломного проекту (роботи) заслуговує оцінки Добре

Керівник дипломного проекту

Світлана КОСТЮК

" 24 " Червень 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Бець Б.Ю. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Т.М.

Вікторія ТКАЧУК

" 29 " серпень 2025 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

Завідувачу кафедри

Володимиру Котайко

здобувача вищої освіти (студента)

ПІБ, факультет, «курс», «група»

Білець Богдан Андрійович, ФІІА
Філія № 22-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

25.06.25

дата

Григор

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ

ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Робота термінологією через вищаві яки
 Автор Дев'ять Богдан
 Освітня програма германологія міжнародна
 Рівень вищої освіти магістр
 Спеціальність українська мова
 Науковий керівник: Костюк С.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	с
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

AP - 9/10
 КД - 59/6

Дата

Завідувач кафедри

Іван ТКАЧУК
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

Василь ШИШКО
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Світлана КОСТЮК
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну бакалаврську роботу Беця Б.Ю Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120» перетворювача руху з використанням верстатів ЧПК

Тема дипломної роботи Беця Б.Ю є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі стакан із застосуванням верстатів з ЧПК.

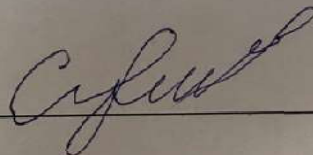
Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі стакан, спроектовано кондукторний пристрій, та контрольний пристрій для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі.

Графічна частина виконана на доброму рівні. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

В розділі охорони праці розглянуті основні заходи пожежної безпеки на об'єктах.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній бакалаврській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки «добре», а здобувач Бець Б.Ю може претендувати на присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Рецензент: к.т.н., доц. _____



С.Ф. Посонський

Тема проекту: Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120» перетворювача руху з використанням верстатів ЧПК

Автор: Б.Ю. Бець. Керівник проекту: С.А Костюк

Об'єм пояснювальної записки 66 стор. Графічна частина 7,5 листів А1.

У дипломному проекті розглянуто питання розробки ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120», що входить до складу механізму перетворення руху. Метою проекту є підвищення продуктивності та якості обробки шляхом впровадження сучасних методів обробки з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Проведено аналіз конструкції деталі та її технологічності, обґрунтовано вибір заготовки з урахуванням типу виробництва. Розроблено маршрут механічного оброблення з детальним описом операцій, підібрано оптимальні режими різання, інструмент, оснащення та обладнання. Особливу увагу приділено програмуванню обробки на верстатах ЧПК, що дозволяє забезпечити високу точність і повторюваність процесу.

У проекті виконано нормування технологічних операцій, проведено розрахунки припусків, а також оцінено економічну ефективність запропонованого процесу. Результати показують зниження трудомісткості, підвищення якості обробки та зменшення відходів матеріалу.

Крім того, у роботі розглянуто заходи з охорони праці, безпеки працівників на виробництві та дотримання екологічних норм під час експлуатації верстатів з ЧПК.

Ключові слова: *технологічний процес, перетворювач руху, механічна обробка, нормування, верстати, якість, охорона праці.*

Автор проекту: Бець Б.Ю.

2025 р.

/Підпис/

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	4
1.1 Стан питання та задач дипломного проектування. Аналіз літературних джерел та патентний пошук за темою диплому	4
1.2 Вибір методів досягнення точності та аналіз розмірних ланцюгів.....	5
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	7
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	8
1.5 Визначення типу та організаційної форми виробництва	10
1.6 Аналіз типового техпроцесу виготовлення деталі «Стакан».....	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методів її отримання	15
2.2. Вибір технологічних баз.....	19
2.3 Встановлення методів (маршруту) обробки деталі та вибір варіанту технологічного маршруту.....	20
2.4 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки	23
2.5 Розроблення технологічної операції механічної обробки 010	27
2.6. Розрахунок режимів різання	29
2.7 Розрахунок норм часу при виконанні технологічних операцій.....	31
2.8 Визначення кваліфікації робіт та кількості необхідних верстатів	33
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	37
3.1 Проектування верстатних пристроїв для закріплення деталей при механічній обробці	37
3.1.1 Розрахунок елементів пристрою на міцність	40
3.1.2 Оцінка точності кондукторного пристрою	45
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	47
3.2.1 Розрахунок пристрою на точність	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1 Передумови до забезпечення безпечних та комфортних умов праці на машинобудівному підприємстві.....	50
4.2. Безпека під час тривоги та надзвичайних ситуаціях	52
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56
ДОДАТКИ.....	58

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Бець Б.Ю.</i>			<i>Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4.120» перетворювача руху з використанням верстатів ЧПК</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Костюк С. А.</i>				<i>Н</i>	<i>2</i>	<i>65</i>
<i>Н.контр.</i>					<i>ХНУ ПМТс-22-2</i>			
<i>Затверд.</i>					<i>Пояснювальна записка</i>			

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні одним із ключових напрямів підвищення ефективності виробництва є впровадження високотехнологічного обладнання, зокрема верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Використання таких верстатів дозволяє не лише автоматизувати процес обробки, а й досягти високої точності, повторюваності розмірів та продуктивності при виготовленні складних деталей.

Однією з важливих складових машинобудівних конструкцій є вузли, що виконують функцію перетворення руху. Деталь «Стакан КМ 1729.4120» є важливим елементом такого вузла, тому до неї висуваються жорсткі вимоги щодо геометричної точності, чистоти поверхонь та взаємозамінності. Саме тому особливо актуальним є розроблення раціонального та економічно обґрунтованого технологічного процесу виготовлення цієї деталі з використанням ЧПК-обладнання.

У рамках дипломного проєкту виконано аналіз конструкції деталі та технологічності, визначено оптимальний спосіб отримання заготовки та розроблено маршрут механічної обробки. Особливу увагу приділено вибору інструментів, оснащення, режимів різання, а також створенню керуючої програми для верстата з ЧПК. З урахуванням сучасних вимог до ефективності виробництва проаналізовано економічну доцільність запропонованих рішень та виконано оцінку організаційно-технічних умов впровадження процесу у виробництво.

Також у роботі висвітлено питання охорони праці, безпечної експлуатації обладнання та дотримання екологічних стандартів, що є обов'язковою складовою кожного сучасного виробничого проєкту.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

З урахуванням вищезазначеного, задачами дипломного проєкту є:

- 1) Аналіз конструкції деталі "Стакан КМ 1729.4120" та її технологічність;
- 2) Обґрунтування способу та вибір методу виготовлення заготовки;
- 3) Розробка маршруту та операційної технології обробки з урахуванням використання верстатів з ЧПК;
- 4) Вибір необхідного технологічного оснащення (інструменту, пристосувань);
- 5) Розрахунок режимів різання, припусків та штучного часу;
- 6) Конструювання верстатного та контрольного оснащення.

Таким чином, дана робота має на меті створення ефективного, економічно доцільного та технологічно обґрунтованого процесу виготовлення деталі, що відповідатиме сучасним вимогам точності, якості та продуктивності.

1.2 Вибір методів досягнення точності та аналіз розмірних ланцюгів

До вибору методів досягнення точності технічних вимог спонукає той факт, що при складанні виробу необхідно забезпечити точність розташування усіх елементів, що входять у вузол. Тому аналіз розмірних ланцюгів складального виробу проводять на початку розроблення технологічного процесу. Кожний розмірний ланцюг вирішує лише одну окреслену задачу, яка має бути попередньо встановлена і чітко сформульована. Замикаюча ланка розмірного ланцюга впливає на вимоги до точності, які повинні задовільняти складальні з'єднання

Проведемо аналіз розмірного ланцюга для деталі, фрагмент вузла наведено на рисунку 1.1.

Розміри ланок: $A_1 = 40$ мм; $A_2 = 15$ мм; $A_3 = 15$ мм; $A_4 = 10$ мм; $A_Δ = 0^{+0,8}$ мм.

Виявляємо збільшуючі та зменшуючі розміри.

Розміри A_2, A_3, A_4 – зменшуючі, а розмір A_1 – збільшуючий, оскільки при $A_1 \uparrow \rightarrow A_Δ \uparrow; A_2 \uparrow \rightarrow A_Δ \downarrow; A_3 \uparrow \rightarrow A_Δ \downarrow$.

Номинальний розмір замикаючої ланки визначається за формулою:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк. 5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{\Delta} = A_1 (A_2 + A_3 + A_4), \quad (1.1)$$

$$A_{\Delta} = 40 (15 + 15 + 10) = 0 \text{ мм.}$$

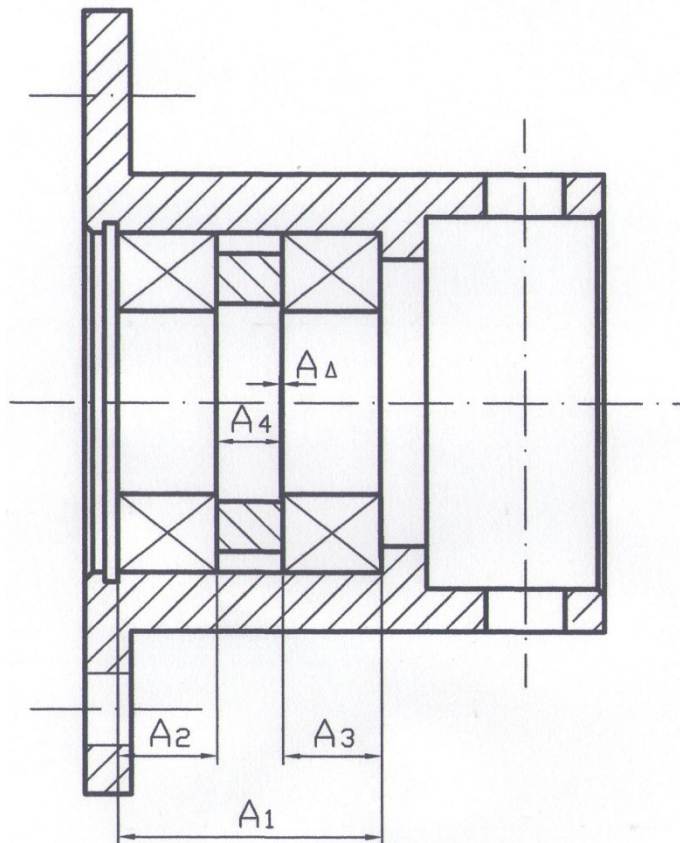


Рис. 1.1 – Схема деталі та розмірний ланцюг

Граничні відхилення замикаючої ланки:

$$ESA_{\Delta} = +0,8 \text{ мм};$$

$$EIA_{\Delta} = 0 \text{ мм};$$

$$TA_{\Delta} = 0,8 \text{ мм.}$$

Кількість одиниць допуску визначаємо за формулою:

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum i}, \quad (1.2)$$

де i – одиниці допуску, $i_{40} = 1,5; i_{15} = i_{15} = 1,27; i_{10} = 1,11$

Тоді:

$$a = \frac{800}{1,5 + 1,27 + 1,27 + 1,11} = 156$$

						ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6

порушення волокон, що позитивно впливає на міцність та надійність деталі в експлуатації.

Конструкторська документація на деталь містить повний обсяг інформації, необхідної для її виготовлення та контролю: всі проекції, розрізи, види, розміри з допусками, а також технічні вимоги до точності форми, розташування поверхонь та їх взаємного положення, що забезпечує можливість здійснення якісного технологічного процесу та подальшого контролю якості.

Матеріалом для виготовлення обрано сталь 20Л – якісну вуглецеву конструкційну сталь, хімічний склад якої регламентується ДСТУ 8781:2018 та наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Хімічний склад і мех. властивості сталі 20Л ДСТУ 8781:2018

вуглець %	хром до %	марганець до %	нікель до %	сірка до %	σ_T МПа	σ_B МПа	δ_5 %
0,15...0,25	0,25	0,8	0,25	0,04	250	430	25

Матеріал деталі сталь 20Л має розвинені механічні властивості, зокрема високу пластичність, і характеризується здатністю до зварювання, кування та штампування, що робить його придатним для виготовлення відповідальних литих деталей.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Стакан» виконує важливу функцію фіксації осевого положення вала в підшипникових вузлах. Це досягається завдяки забезпеченню необхідного натягу або точно розрахованого осевого зазору між торцем зовнішнього кільця підшипника та опорною площиною деталі.

Основні технічні вимоги до деталі:

– отвори під підшипники повинні мати точність 7–8 квалітету з допусками Н6, Н7, Js7, К6 тощо;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ			Арк. 8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

- базові внутрішні поверхні повинні відповідати 6–8 квалітету точності;
- шорсткість відповідальних поверхонь не повинна перевищувати $Ra = 1,25-3,2$ мкм;

- допуски на циліндричність і круглість посадкових ділянок – у межах 0,02–0,03 мм;

- допустиме торцеве биття відносно осі отвору – 0,03–0,05 мм.

Технологічна обробка заготовки здійснюється у напрямку справа наліво, при цьому головною базою приймається циліндрична поверхня $\varnothing 70H7$ мм, що забезпечує стабільність базування та послідовності операцій.

Оцінка технологічності деталі. Матеріал заготовки – сталь 20Л за ДСТУ 8781:2018 є однією з найбільш доступних та економічно доцільних для лиття. Цей матеріал має добрі технологічні властивості: легко піддається механічній обробці, допускає зварювання та пластичну деформацію, що робить його зручним для широкого застосування в машинобудуванні.

З конструктивної точки зору, стакан є геометрично простою деталлю з переважно циліндричними поверхнями, що полегшує маршрути обробки. Всі геометричні елементи (зовнішні та внутрішні ділянки) мають стандартну форму, яка не створює труднощів під час виготовлення.

Конфігурація деталі дозволяє отримувати заготовку литтям з високим наближенням до готових розмірів, що значно зменшує обсяг припусків і кількість технологічних переходів при обробці.

Найвідповідальніші поверхні, такі як $\varnothing 52^{+0,03}$ мм та $\varnothing 57^{+0,10}_{+0,05}$ мм, виконані з підвищеними вимогами до точності, проте вони легко обробляються на універсальному обладнанні за допомогою стандартного ріжучого інструменту, без потреби у високовартісних фінішних процесах (шліфування, полірування тощо).

На кресленні розміри нанесено раціонально, з урахуванням можливості використання спільних баз. Це дозволяє мінімізувати похибки, що виникають через переналагодження та зміну систем координат під час обробки.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Більшість допусків і параметрів шорсткості зазначено лише для функціонально критичних поверхонь, тоді як інші ділянки регламентуються загальними вимогами до оформлення конструкторської документації.

В цілому, деталь є технологічною, її виготовлення може бути реалізовано з використанням типових технологічних процесів та маршрутів в умовах серійного чи індивідуального виробництва.

1.5 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва визначається на основі коефіцієнта закріплення операцій (K_{zo}), який характеризує рівень спеціалізації робочих місць. У випадку одиничного виробництва цей коефіцієнт не нормується [3], тоді як для серійного застосовують кількісний підхід.

Для серійного виробництва K_{zo} обчислюється за формулою:

$$K_{zo} = \frac{\sum n_{oi}}{\sum P_i} \quad (1.6)$$

де:

$\sum n_{oi}$; – сумарна кількість різних операцій за місяць по дільниці з розрахунку на одного змінного майстра;

$\sum P_i$; – явочна кількість робітників дільниці виконуючих різноманітні операції при роботі в одну зміну.

Щоб знайти умовну кількість операцій на одному верстаті за місяць, використовують таку формулу:

$$n_{oi} = \frac{\eta_m}{\eta_s} \quad (1.7)$$

де:

η_m – коефіцієнт завантаження верстата операцією, яка проектується

η_s – планований нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипними операціями, прийнятий; для великосерійного – 0,75; для середньосерійного – 0,8; та для дрібносерійного виробництва – 0,9.

						ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк. 10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\eta = \frac{T_{ш.к.} N_M}{60 F_M k_g} \quad (1.8)$$

де $T_{ш.к.}$ – штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.;

N_M – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в одну зміну, шт.

$$N_M = \frac{N_p}{24}, \quad (1.9)$$

де:

N_p – річна програма випуску заданої деталі.

$$N_M = 5000 / 24 = 208,3 \text{ шт.}$$

F_M – місячний фонд часу роботи обладнання в одну зміну, год.

$$F_M = 4055 / (2 \cdot 12) = 169 \text{ год.}$$

K_v – коефіцієнт виконання норми, приймаємо рівним 1,3.

З формули 1.8 визначаємо:

$$\eta = \frac{T_{ш.к.} N_M}{60 F_M k_g} = \frac{T_{ш.к.} N_M}{60 \cdot 169 \cdot 1.3} = \frac{T_{ш.к.} N_M}{13182}, \quad (1.10)$$

Підставивши вираз 1.10 в 1.7, отримаємо залежність для визначення кількості однотипних операцій, які виконуються на одному робочому місці протягом місяця:

$$\eta_{oi} = \frac{13182 \eta_n}{T_{ш.к.} N_M}, \quad (1.11)$$

$$\eta_{o1} = 13182 \cdot 0,9 / 11,9 \cdot 208,3 = 1,5 = 4,78$$

$$\eta_{o2} = 13182 \cdot 0,9 / 5,1 \cdot 208,3 = 3,96 = 11,16$$

$$\eta_{o3} = 13182 \cdot 0,9 / 7,7 \cdot 208,3 = 6,33 = 7,39$$

$$\eta_{o4} = 13182 \cdot 0,9 / 9,9 \cdot 208,3 = 2,88 = 5,75$$

$$\eta_{o5} = 13182 \cdot 0,9 / 7 \cdot 208,3 = 2,23 = 8,13$$

$$\eta_{o6} = 13182 \cdot 0,9 / 3,154 \cdot 208,3 = 2,23 = 18,05$$

Визначаємо загальну кількість операцій, що виконуються на дільниці протягом одного місяця:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ		Арк. 11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\sum n_{oi} = n_{o1} + n_{o2} + \dots + n_{on}, \quad (1.12)$$

Тоді:

$$\sum n_{oi} = 4.78 + 11.16 + 7.39 + 5.75 + 8.13 + 18.05 = 55.26$$

Розраховуємо необхідну кількість робітників:

$$P_i = \frac{N_i t_i}{60 K_n \Phi} = \frac{n_{oi} N_m T_{ш.к.}}{60 K_g \Phi}, \quad (1.13)$$

де N_i – місячний об'єм випуску деталей, шт., за умови завантаження верстата до прийнятого значення $\eta_n : N_t = n_{oi} \cdot N_m$,

t_j – штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.

Φ – місячний фонд часу оператора (22 робочих дня в місяць). $\Phi = 22 \cdot 8 = 176$ год.

Визначаємо необхідну кількість працівників для обслуговування одного верстата:

$$P_i = 0,96 \eta_n, P_i = 0,96 \cdot 0,9 = 0,864 \quad (1.14)$$

Отже кількість працівників для одного верстату приймаємо 1.

Явочна кількість робітників дільниці визначається, як сума:

$$\sum P_i = P_1 + P_2 \dots + P_n, \sum P_i = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5 \quad (1.15)$$

Отже:

$$K_{зо} = 55,26/5 = 11,21$$

Значення показника $K_{зо}$ свідчить про те, що тип виробництва відповідає серійному.

1.6 Аналіз типового техпроцесу виготовлення деталі «Стакан»

Типовий технологічний процес виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120» передбачає обробку заготовки, отриманої методом лиття по виплавлюваних моделях. Такий метод дозволяє значно зменшити припуски на механічну обробку та зберегти безперервність внутрішньої структури матеріалу, що позитивно впливає на міцність виробу.

						ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк. 12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Загалом типовий маршрут виготовлення включає наступні етапи: чорнову і чистову токарну обробку, свердління, розточування, контроль, маркування, антикорозійний захист та пакування. У більшості випадків використовуються токарні та свердлильні верстати, а на завершальних етапах – контрольно-вимірювальні прилади.

Основна обробка виконується на токарних верстатах, що є доцільним з огляду на обертову симетричну форму деталі. Деталь має посадочні та базові поверхні, які потребують високої точності (до 6–7 квалітету), а також забезпечення співвісності та мінімального торцевого биття. Це обумовлює використання жорстких базувань та якісного інструменту. Для досягнення необхідної шорсткості (Ra 1,25–2,5 мкм) застосовуються фінішні проходи з малими подачами та гострим інструментом, або шліфування.

Матеріал заготовки – сталь 20Л – характеризується добрими ливарними та обробними властивостями. Вона є пластичною, добре оброблюється різанням, не викликає надмірного зносу інструменту, тому не потребує спеціальних режимів різання чи дорогих інструментів.

Разом з тим, типовий технологічний процес має ряд недоліків, що обмежують його ефективність у сучасних умовах:

- Відсутність інтеграції високоточних верстатів з ЧПК у всіх операціях;
- Багатоопераційність і потреба в частих переналагодженнях;
- Неоптимальне базування при деяких переходах, що збільшує похибки установки;
- Використання ручного контролю замість автоматизованого.

Удосконалення процесу можливе шляхом впровадження:

- комплексної обробки на багатофункціональних ЧПК-верстатах;
- автоматичного контролю (використання 3D-сканерів або контактних координатно-вимірювальних машин);
- оптимізації маршруту обробки з урахуванням суміщення баз;
- застосування САМ-систем для автоматичної генерації траєкторій інструмента.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Таким чином, аналіз показує, що типовий технологічний процес є раціональним для умов серійного виробництва, однак має потенціал для покращення точності, зниження трудомісткості та витрат часу за рахунок модернізації обладнання і методів обробки.

Таблиця 1.2

Типовий технологічний процес виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120»

№	Назва операції	Обладнання	Інструмент	Базування / Закріплення	Примітка
1	Лиття заготовки	Сталеливарна установка	Модель для виплавлення	—	Лиття за моделями, сталь 20Л
2	Обрізка ливникових систем	Відрізний верстат, ШЛ	Круг відрізний	—	Механічне очищення
3	Чорнове точіння	Токарний верстат 16К20	Різці чорнові	Установленн я по внутр. Ø	Обробка зовн. Ø, отвору, торців
4	Термообробка	Піч камерна	—	—	Нормалізація або відпуск
5	Напівчистове точіння	Токарно-гвинторізний або ЧПК	Різці, прохідні	Циліндрична база Ø70	Уточнення розмірів
6	Свердління/зенкерування	Верстат 2А125 або ЧПК	Свердло, зенкер	Базування від осі	Під отвори для кріплення
7	Розточування отвору	Розточувальний верстат	Розточувальна головка	Центрування по зовн. Ø	Під посадку, до Н6–Н7
8	Чистове точіння	Точний токарний ЧПК	Різці з твердосплавним и пластинами	Зовнішня база	До 7 квал., Ra ≤ 1,25 мкм
9	Шліфування (за потреби)	Шліфувальний верстат	Абразивне коло	Від внутрішньої цил. поверхні	Підвищення точності та шорсткості
10	Контроль	Вимірювальні прилади	Мікрометр, нутромір, калібри	—	Биття, співвісність, допуски
11	Маркування	Гравірувальний апарат	—	—	Індивідуальний номер
12	Антикорозійна обробка	Установка промивки	Масило, плівка	—	Консервація перед пакуванням
13	Упаковка	Ручна	Пакувальний матеріал	—	Вкладання у тару

2.2. Вибір технологічних баз

Процес вибору технологічних баз є критичним етапом при розробці технології механічної обробки, оскільки саме вони визначають точність взаємного розташування поверхонь, стабільність устанавлення заготовки на обладнанні та послідовність виконання операцій.

Технологічна база – це поверхня (або кілька поверхонь), за якими встановлюється заготовка або деталь при виконанні технологічних операцій. Вона забезпечує правильне просторове положення виробу відносно інструмента.

При призначенні технологічних баз керуються кількома фундаментальними принципами:

- Суміщення баз – по можливості, поверхні, які є конструктивними базами, повинні використовуватись і як технологічні;
- Постійність баз – використання одних і тих же баз протягом всіх стадій обробки забезпечує високу точність;
- Єдність баз – базування повинне забезпечувати зв'язок між відповідальними поверхнями у деталі.

Залежно від ролі в технологічному процесі, бази поділяються на:

- Чорнові бази – це необроблені поверхні заготовки, які застосовуються на початкових стадіях обробки. У нашому випадку, при першій токарній операції, чорною базою виступає внутрішня циліндрична поверхня заготовки.
- Чистовими базами слугують вже оброблені поверхні, які використовуються для більш точного позиціонування деталі на наступних переходах.
- Допоміжні бази – поверхні, створені виключно з технологічною метою, які не передбачені конструкцією, але необхідні для забезпечення точного та стабільного закріплення. Наприклад, при токарній і свердлувальній обробці як допоміжну базу використовують оброблену зовнішню поверхню $\varnothing 70$ мм, що забезпечує жорстке встановлення деталі.

Правильно обрана система базування значною мірою визначає якість виготовлення деталі, знижує похибки установки та підвищує стабільність розмірних параметрів у серійному виробництві.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк. 19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2z_{\max}^{np} = 51.85 - 51.53 = 0.32 = 320 \text{ мкм.}$$

Для чорнового:

$$2z_{\min}^{np} = 51.7 - 50.3 = 1.4 = 1400 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\max}^{np} = 51.53 - 49.9 = 1.63 = 1630 \text{ мкм.}$$

Результати розрахунку відображаємо у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Припуски на поверхню $\varnothing 52^{+0,03}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 52^{+0,03}$	Елементи припуску, мкм				Розраху нковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розраху нковий розмір d_p , мм.	Допу ск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	200		111	0		51,04	400	49.9	50.3		
Розточування											
чорнове	50	50	7	0	2·308	51.7	170	51.53	51.7	1400	1630
чистове	30	30	5	0	2·107	51.9	50	51.85	51.9	200	320
шліфування	10	20	-	0	2·65	52.0	30	52.0	52.03	130	150
Всього										1730	2100

Визначення значень у колонці «Розрахунковий розмір» починається з остаточного розміру 52,0 мм і здійснюється у зворотному порядку, шляхом поетапного додавання мінімальних розрахункових припусків кожного технологічного етапу до попереднього значення, що дозволяє отримати базові розміри для кожного переходу обробки.

Загальні допуски $2z_{O\min}$ та $2z_{O\max}$ рахуємо додаючи проміжні припуски:

$$2z_{O\min} = 130 + 200 + 1400 = 1730 \text{ мкм.} \quad (2.10)$$

$$2z_{O\max} = 150 + 320 + 1630 = 2100 \text{ мкм.} \quad (2.11)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$z_{\max}^{np} - z_{\min}^{np} = 150 - 130 = 20 \text{ мкм.}; \delta_3 - \delta_4 = 50 - 30 = 20 \text{ мкм.}$$

$$z_{\max}^{np} - z_{\min}^{np} = 320 - 200 = 120 \text{ мкм.}; \delta_2 - \delta_3 = 170 - 50 = 120 \text{ мкм.}$$

$$z_{\max}^{np} - z_{\min}^{np} = 1630 - 1400 = 230 \text{ мкм.}; \delta_1 - \delta_2 = 400 - 170 = 230 \text{ мкм.}$$

Загальний номінальний припуск:

$$z_{\text{ном}} = z_{O_{\min}} + B_3 - B_{\delta} = 1730 + 200 - 50 = 1880 \text{ мкм.} \quad (2.12)$$

$$d_{\text{зном}} = d_{\text{оном}} - z_{\text{оном}} = 52.0 - 1.88 = 50.12 \approx 50.1 \text{ мм.} \quad (2.13)$$

Схема розташування полів допусків та припусків на обробку поверхні $\varnothing 57 \frac{+0,1}{+0,05}$ наведена на рисунку 2.4.

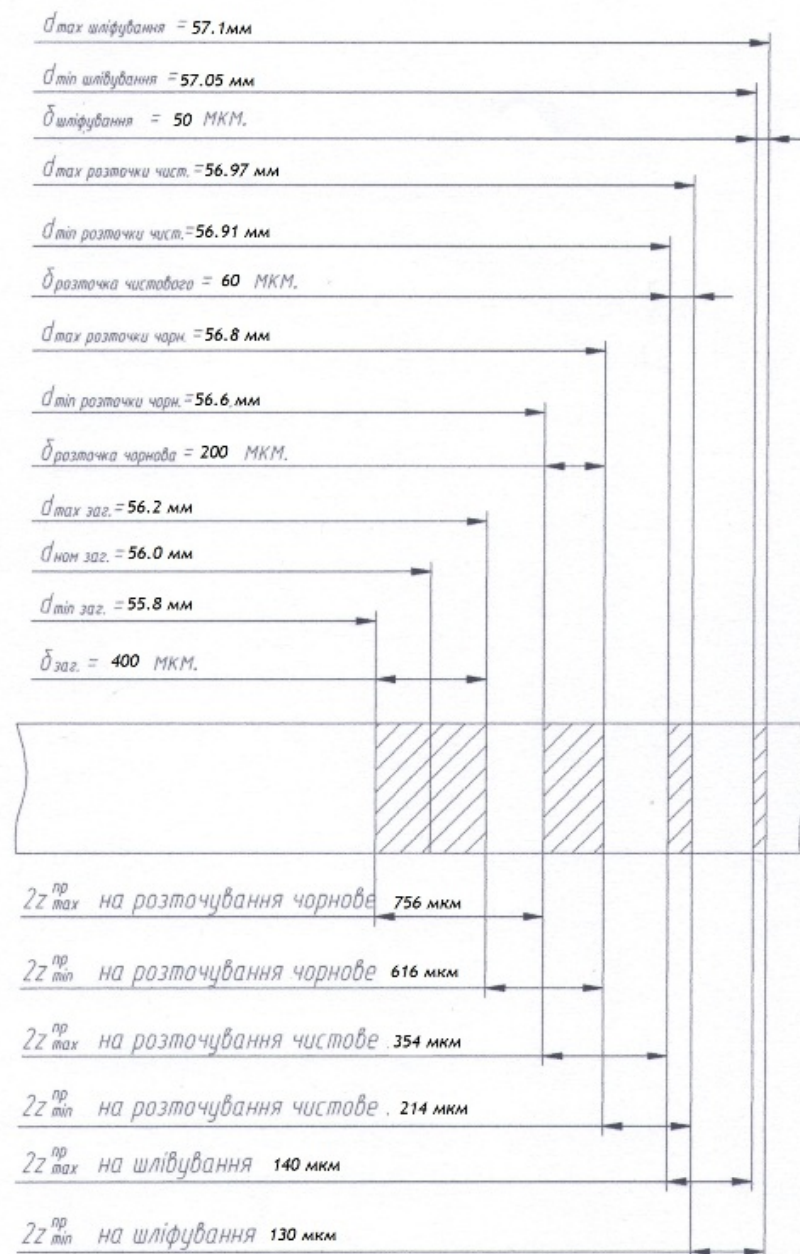


Рис.2.4 – Схема розташування полів припусків і допусків на обробку

поверхні $\varnothing 57 \frac{+0,1}{+0,05}$

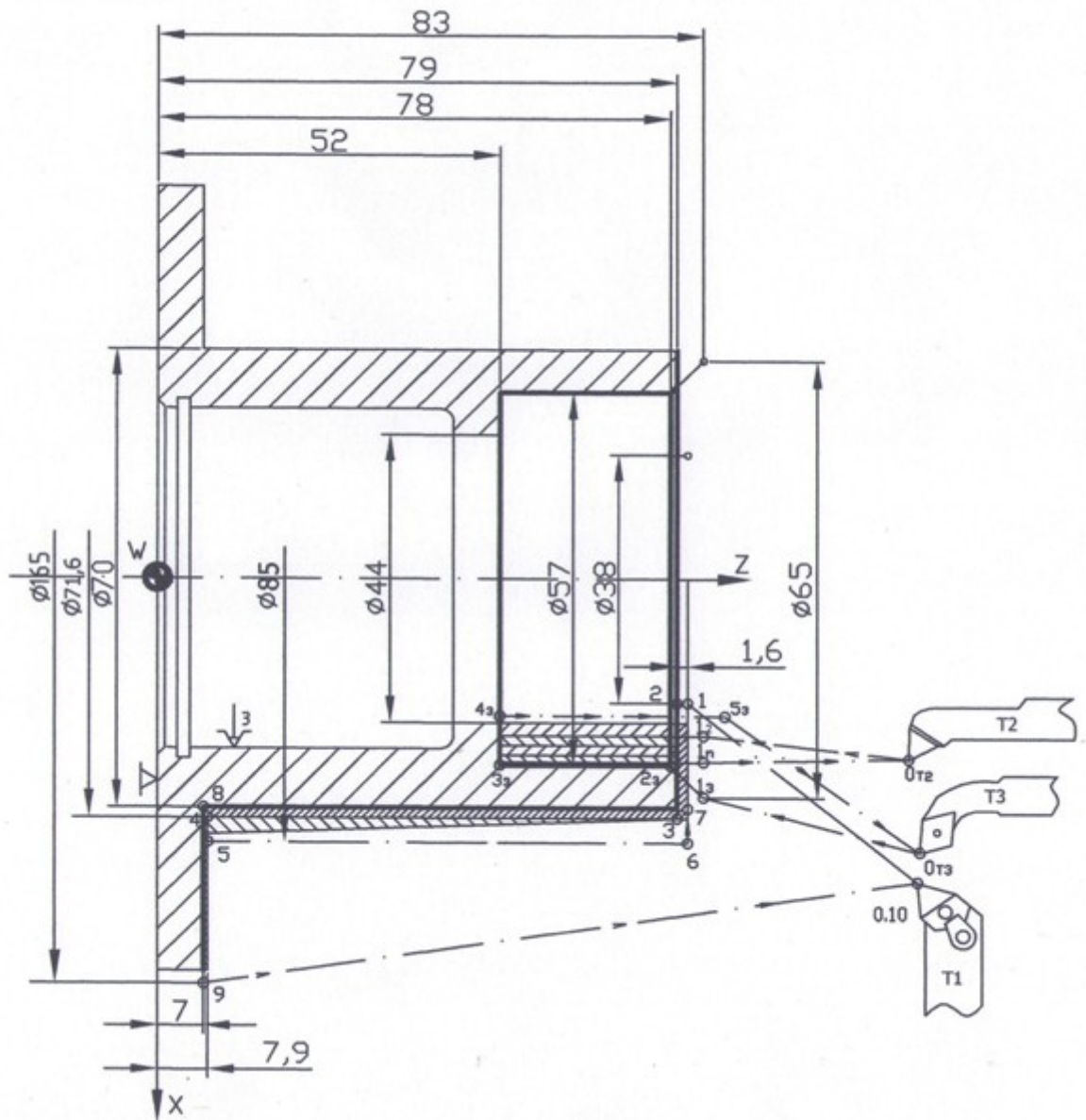


Рис. 2.5 – Операційний ескіз в абсолютній системі координат
Фрвгмент керуючої програми

N001 S0

N002 T1 S2 350 F03 *

N003 X38 Z80.6 E *

N004 X71.6 M 08*

N005 Z7.9*

N006 X85 *

N007 Z-80.6 E *

N008 X70*

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ

Арк.
28

N009 Z-7*

N010 X165 M13 *

N011 T2 S2 350 F03 *

N012 X44 Z83E*

N013 Z83 *

N014 L08 A1 P2 *

N015 X57 C-1*

N016 Z52*

N017 X42 M17*

N018 S2 1000 F0.1 T3*

N019 X42 M09 *

N020 Z87 E*

N 021 L10 B15*

N 022 M02 *.

2.6. Розрахунок режимів різання

Аналітичний розрахунок режимів різання при точінні чорновому поверхні $\varnothing 70$ мм, операція 010. Обробка ведеться на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК

Призначаємо інструмент:

обираємо різець токарний контурний з механічним кріпленням трьохгранних пластин із твердого сплаву.

$\varphi=93^\circ$; $\alpha=6^\circ$; $b \times h=25 \times 25$

$\varphi_1=10^\circ$; $\lambda=2^\circ$; $r=0,4$ мм.; $\gamma=10^\circ$

Режими:

1. Глибина різання $t = 0.8$ мм.

2. Подача $S = 0.25$ мм/об.

3. Швидкість різання

$$V = K_V \cdot C_V / (T^m \cdot t^x \cdot S^y) \quad (2.14)$$

де C_V , m , x , y – змінні параметри; $C_V=292$, $x=0,3$, $y=0,15$, $m=0,18$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Час обробки:

$$T_m = \frac{(L + \Delta + Y)i}{s_o \cdot n} \quad (2.20)$$

де Δ – величина врізання, $\Delta = 2$ мм.

Y – величина перебігу, $Y = 1$ мм.

L – довжина обробки, $L = 72$ мм.

i – кількість переходів, $i = 2$

$$T_m = \frac{(72 + 2 + 1)2}{0.25 \cdot 845} = 0.71 \text{ хв.}$$

2.7 Розрахунок норм часу при виконанні технологічних операцій

Норми часу аналітичним методом розраховуємо для операції 005, а інші операції пормуються табличним методом. Результати зведено в таблицю 2.4.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу розраховуються відповідно до методики [2], $T_{шт-к}$. визначається за формулами:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт} \quad (2.21)$$

де T_{n-3} – підготовчо-заклучний час;

$$T_{n-3} = 4 + 2 + 7 = 13 \text{ хв.} \quad [3, \text{ с.216, т. 6.5}]$$

n – кількість деталей в налагодженій партії, шт.

$$n = \frac{N \cdot a \cdot 2}{254} \quad (2.22)$$

де, N – річний випуск обсягу деталей;

a – періодичність запуску $a = 12$ днів, тоді:

$$n = \frac{5000 \cdot 12 \cdot 2}{254} = 472,5 \cdot \text{шт.}$$

$T_{шт}$ – штучний час на обробку деталі, визначаємо як:

$$T_{шт} = T_o + T_{дон} + T_{обс} + T_{відн} \quad (2.23)$$

де, T_o – основний час обробки:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Норми часу на операції ТП

Операція	T _о	T _{вст}	T _{зо}	T _{кер}	T _{вим}	T _{доп}	T _{об+Твід}	T _{шт}	T _{пз}	T _{шт-к}
005	1,75	0,32	0,6	0,65	1	9,91	0,26	11,9	13	11,93
010	3,41	0,32	0,26	0,1	-	1,49	0,22	5,1	19	5,3
015	2,78	0,32	0,6	1,0	-	4,31	0,61	7,7	17	7,74
020	6,4	0,35	1,1	0,2	-	3,3	0,2	9,9	8	10,05
025	0,4	0,35	1,1	0,2	-	6,4	0,2	7,0	9	7,12
030	0,4	0,4	0,32	0,21	0,76	1,7	0,168	2,3	8	2,38

2.8 Визначення кваліфікації робіт та кількості необхідних верстатів

Розряди виконуваних робіт визначаємо за [5].

Оператор верстатів з ЧПК – III.

Токар – III.

Свердлувальник – III

Шліфувальник – IV.

Для серійного типу виробництва кількість верстатів задіяних до реалізації процесу механічного оброблення визначають за стандартною методикою [3]:

Розрахункова кількість верстатів:

$$C_p = \frac{\sum t_{oc} \cdot N}{60 \cdot F_a \cdot m} \quad (2.28)$$

де $\sum t_{oc}$ – сумарний штучно-калькуляційний час виконання операції на однотипному обладнанні; m – кількість змін, $m = 2$.

Рівень зайнятості обладнання оцінюється за допомогою двох основних показників: коефіцієнта завантаження верстатів у часі та коефіцієнта

використання верстатів за основним (технологічним) часом. Їх значення визначаються на основі наступних формул:

$$\eta_0 = \frac{t_0}{t_{oe}} \quad (2.29)$$

$$\eta_3 = \frac{\tilde{N}_p}{C_n} \quad (2.30)$$

Загальні середні коефіцієнти завантаження визначаються за формулами:

$$\eta_{0.\text{н\ddot{a}o}} = \frac{\sum t_0}{\sum t_{oe}} \quad (2.31)$$

$$\eta_{3.\text{н\ddot{a}o}} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n} \quad (2.32)$$

Розраховуємо кількість верстатів та коефіцієнти завантаження за операціями:

Операція 005

$$C_p = \frac{11.93}{60} \cdot \frac{5000}{2078} \cdot \frac{1}{2} = 0,24$$

Приймаємо $C_n = 1,0$.

$$\eta_3 = \frac{0,24}{1} = 0,24; \quad \eta_0 = \frac{1.75}{11.93} = 0,15.$$

Операція 010

$$C_p = \frac{5.3}{60} \cdot \frac{5000}{2078} \cdot \frac{1}{2} = 0,11,$$

Приймаємо $C_n = 1,0$.

$$\eta_3 = \frac{0,11}{1} = 0,11; \quad \eta_0 = \frac{3.41}{5.3} = 0,65.$$

Операція 015

$$C_p = \frac{7.74}{60} \cdot \frac{5000}{2078} \cdot \frac{1}{2} = 0,16$$

Приймаємо $C_n = 1,0$.

$$\eta_3 = \frac{0,16}{1} = 0,16; \quad \eta_0 = \frac{2.78}{7.74} = 0,36.$$

Операція 020

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ		Арк. 34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

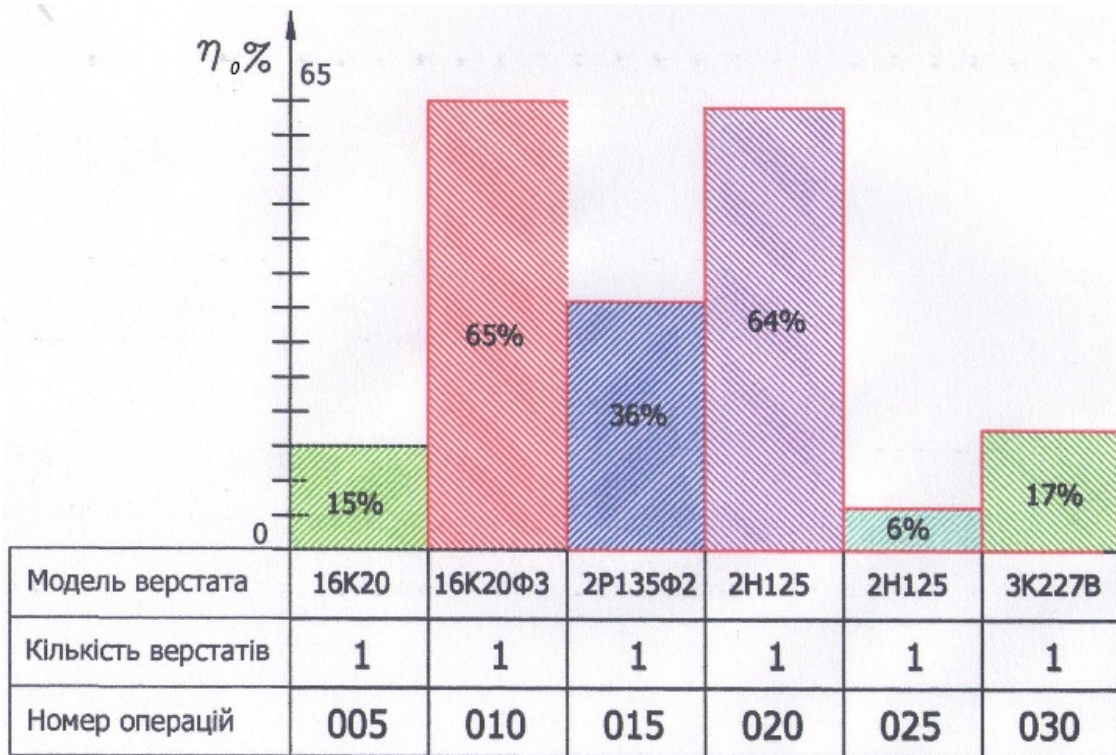


Рис. 2.6 – Використання обладнання за основним часом

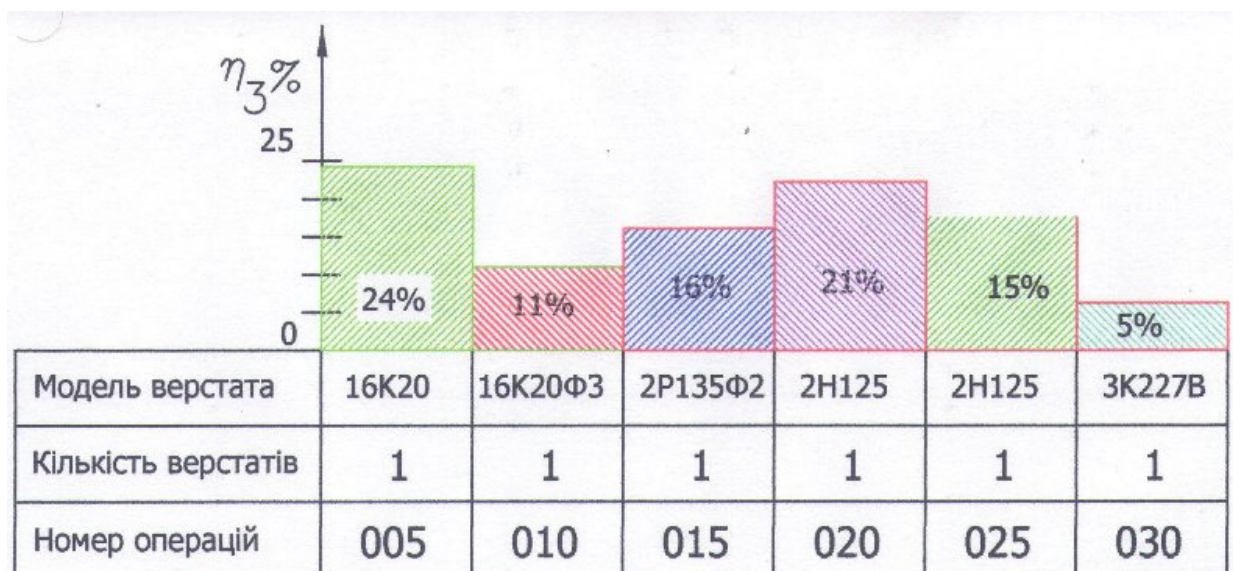


Рис.2.7 – Завантаження обладнання

У технологічній операції 020, де критично важливо витримати точні відстані отворів відносно осі й торця деталі, необхідне повне просторове закріплення заготовки.

Повне орієнтування досягається через щільне прилягання базових поверхонь заготовки до елементів технологічного оснащення, які нерухомо закріплені в корпусі пристрою. Таке положення фіксується завдяки прикладеним силам затиску. Щоб заготовка залишалася стабільною відносно всіх трьох координатних осей і не могла зміщуватися чи обертатися, як показано на рисунку 3.1, необхідно правильно розмістити опорні елементи та дотриматися принципу безвідривності базових поверхонь від опор.

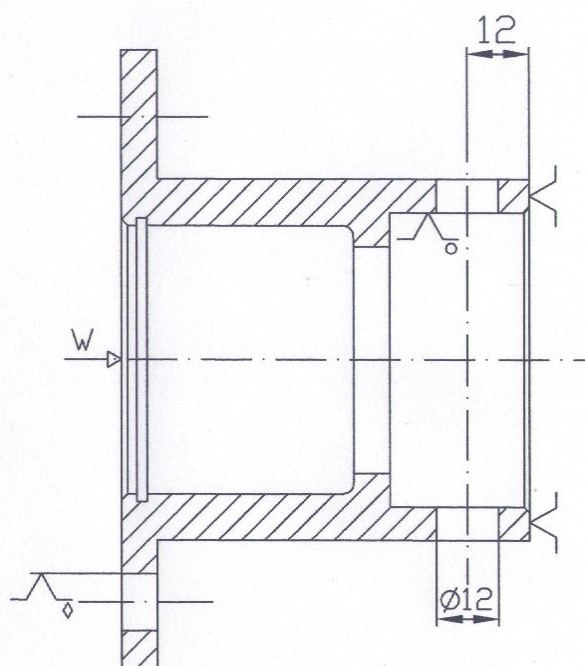
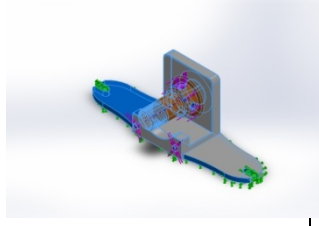


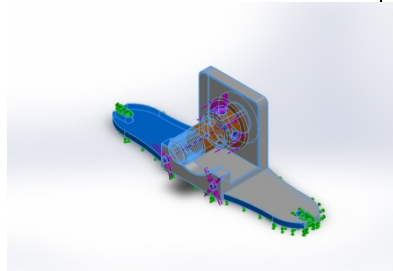
Рис. 3.1– Схема базування заготовки

Під час свердління заготовки у спеціальному кондукторному пристрої на неї діє сила різання з осьовою складовою, напрям дії якої перпендикулярний до головної осі подачі.

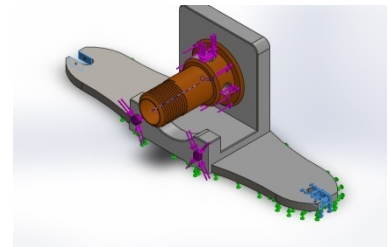
У процесі утворення отворів виникає крутний момент, який намагається повернути заготовку навколо осі свердла. Йому протидіє момент опору, що виникає внаслідок дії сил реакції в кріпильних елементах пристрою — зокрема, в болтах, які утворюють силову пару.

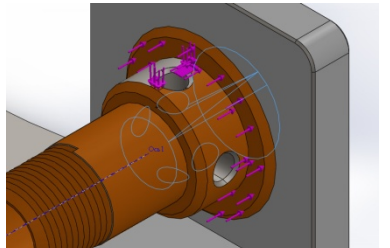
Ім'я та посилання документа	Розглядається як	Об'ємні властивості	Шлях документа/Дата зміни
Boss-Extrude3 	Тверде тіло	Маса: 11,33 55 kg Об'єм: 0,001 44844 m ³ Щільність: 7 826 kg/m ³ Маса: 111,0 88 N	E:\Диплом\Моделі\Пристрій\SW 22\Plate.SLDPRT March 20 10:25:58 2025

Властивості матеріалу

Модель	Властивості	Компоненти
	Ім'я: Steel 45 Тип моделі: Лінійний пружний Ізотропний Критерій міцності за замовчуванням: Невідомо Межа плинності: 220,594 N/mm ² Межа міцності при розтягуванні: 399,826 N/mm ²	Тверде тіло 1(Boss-Extrude3)(Plate)

Навантаження та кріплення

Ім'я кріплення	Зображення	Дані
Зафіксований-1		Об'єкти: 4 грані Тип: Зафіксована геометрія

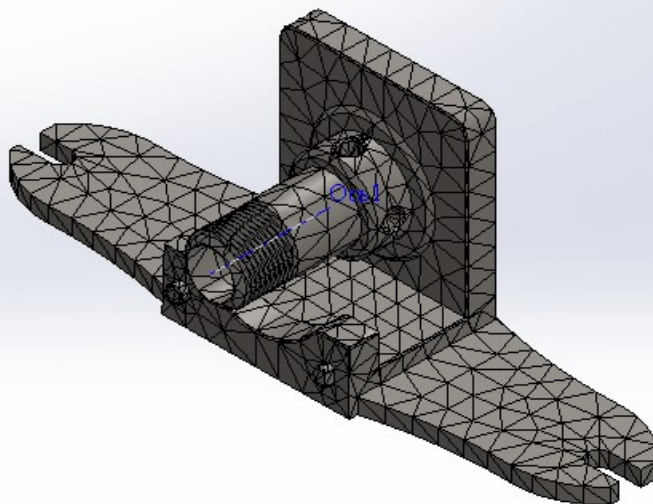
Ім'я навантаження	Зображення	Дані
Сила-1		Об'єкти: 1 грань Тип: Прикласти нормальну силу Значення: 2 569,42 N

Інформація про сітку

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття:	Стандартна сітка
Автоматичне ущільнення сітки:	Викл
Увімкнуті автоцикли сітки:	Викл
Точки Якобіана для сітки високої якості	16 Точок
Розмір елемента	11,3169 mm
Допуск	0,565847 mm
Якість сітки	Висока

Інформація про сітку. Деталізація

Усього вузлів	16218
Усього елементів	9418
Максимальне співвідношення сторін	8,5552
% елементів із співвідношенням сторін < 3	96
Відсоток елементів із співвідношенням сторін > 10	0
Відсоток спотворених елементів	0
Час для завершення сітки (hh:mm:ss):	00:00:01
Ім'я комп'ютера:	S104-3



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ

Арк.
42

Результати дослідження

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Stress	VON: Напруження Von Mises	4,046e-02N/mm ² (MPa) Вузол: 13107	2,799e+01N/mm ² (MPa) Вузол: 15152

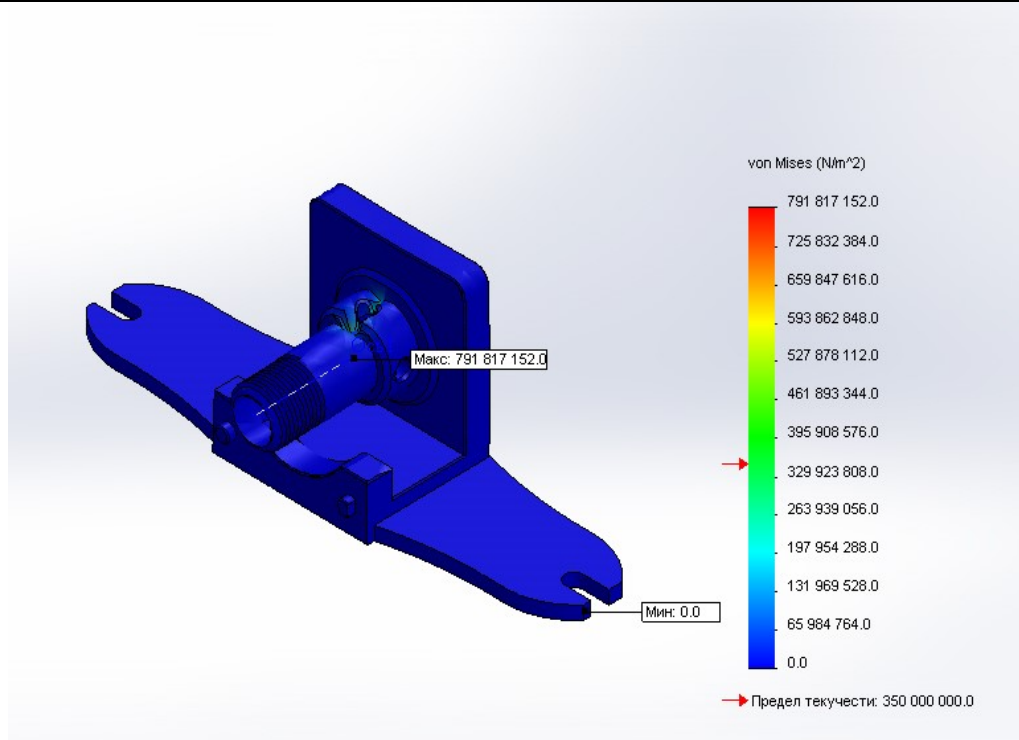


Plate-SimulationXpress Study-Напруження-Stress

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Displacement	URES: Результуюче переміщення	0,000e+00mm Вузол: 18	2,888e-02mm Вузол: 194

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ

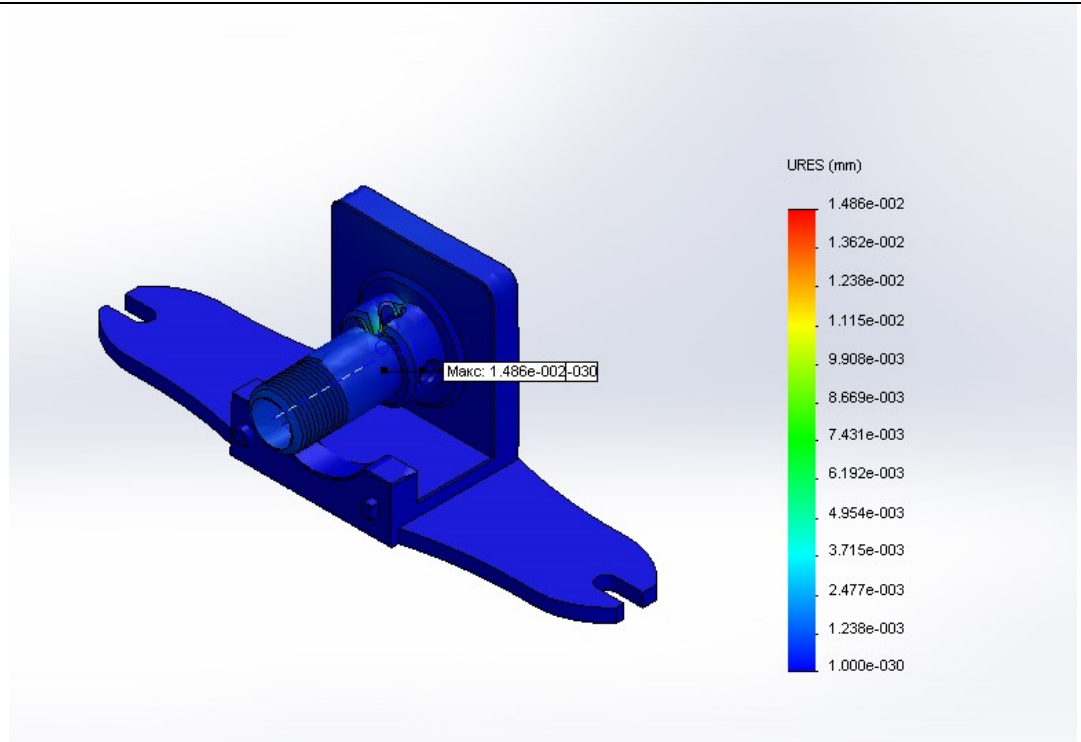


Plate-SimulationXpress Study-Переміщення-Displacement

Ім'я	Тип
Deformation	Деформована форма

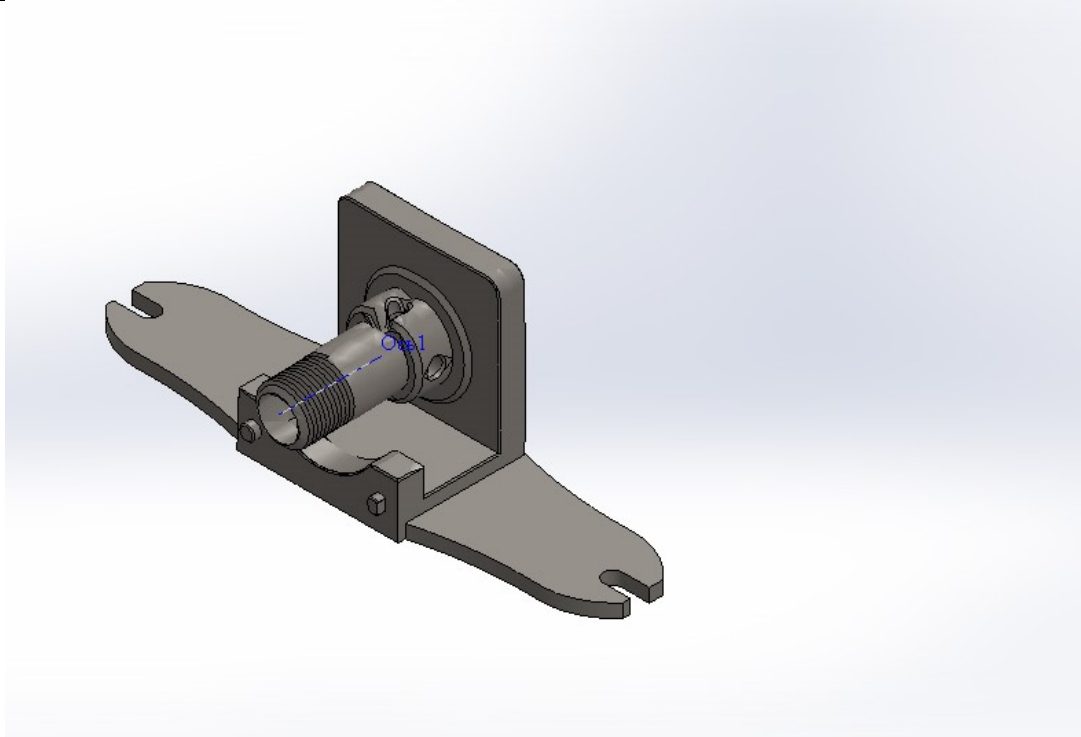


Plate-SimulationXpress Study-Переміщення-Deformation

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Factor of Safety	Максимальна напруження von Mises	7,882e+00 Вузол: 15152	5,452e+03 Вузол: 13107

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ

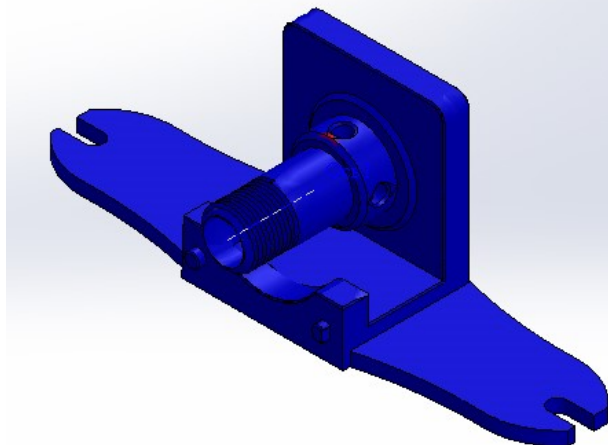


Plate-SimulationXpress Study- Запас міцності -Factor of Safety

Розрахунок показав, що коефіцієнт запасу міцності конструкції становить приблизно 7,88, що свідчить про високу надійність та значний резерв міцності. Згідно з критерієм Мізеса, максимальні еквівалентні напруження досягають лише 27,99 МПа, що суттєво нижче від межі текучості матеріалу – 220,6 МПа. Найбільше переміщення конструктивного елемента становить 0,0289 мм, що є надзвичайно малим і знаходиться в межах допустимих норм.

Таким чином, конструкція, виготовлена зі сталі 45, забезпечує надійну роботу при діючому навантаженні 2569 Н і не потребує додаткового підсилення.

3.1.2 Оцінка точності кондукторного пристрою

Проведемо розрахунок точності пристрою для свердління отвору Ø12,1. Щоб забезпечити необхідну точність обробки, сумарна похибка установки ϵ_y має бути меншою за допустиму межу:

$$\epsilon_y \leq \epsilon_{\text{доп}} \quad (3.3)$$

Похибка установки ϵ_y – це відхилення фактичного положення заготовки від номінального при її встановленні у пристрої. Вона виникає через низку факторів,

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

зокрема: невідповідність між вимірювальними та технологічними базами, зношування елементів пристрою, неточність виготовлення, неоднорідність поверхонь заготовки, змінність зусиль затиску тощо.

Загальна похибка визначається як:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{z.o.}^2} + \varepsilon_{z.u.} + \varepsilon_u + \varepsilon_{y.c} + \varepsilon_c. \quad (3.4)$$

Складові похибки:

1) Похибка базування ε_{δ} визначається як розбіжність між технологічною та вимірювальною базами у напрямку контрольованого розміру. Для отвору $\varnothing 12,1$ з відстанню до торця 12 мм при допуску $\pm 0,2$ мм:
 $\varepsilon_{\delta} = 0,2$ мм

2) Похибка закріплення ε_z обумовлена зміною положення заготовки під дією сил затиску. Обчислюється за формулою:

$$\varepsilon_z = \cos\beta(\varepsilon_{z.o.} + \varepsilon_{z.u.}) \quad (3.5)$$

Оскільки $\beta = 90^\circ$, $\cos\beta = 0$, отже: $\varepsilon_z = 0$

3) Похибка від зношування опор ε_u зумовлена зносом базових елементів у процесі тривалої експлуатації. Приймаємо допустимий знос як похибку:

$$\varepsilon_u = 0,05 \text{ мм}$$

4) Похибка виготовлення пристрою $\varepsilon_{y.c}$ виникає через неточності у виготовленні окремих елементів пристрою. Для відповідальних розмірів вона зазвичай становить 5–10% від допуску оброблюваного розміру.

$$\text{Приймаємо: } \varepsilon_{y.c} = 0,01 \text{ мм}$$

5) Похибка встановлення пристрою на верстат ε_c зумовлена можливими перекосами і зсувами корпусу пристрою при його періодичному закріпленні. Залежить від зносу базових площин і точності вивірки. Приймаємо: $\varepsilon_c = 0,02$ мм.

Підсумкова похибка установки:

$$\varepsilon_y = 0,2 + 0 + 0,05 + 0,01 + 0,02 = 0,28 \text{ мм}$$

З огляду на те, що шпиндель свердлильного верстата має здатність до самоцентрування, а сумарна похибка ε_y не перевищує критичного зміщення

інструмента, можна зробити висновок: пристрій забезпечує необхідну точність свердління отвору Ø12,1 і може надійно застосовуватись у виробництві.

Робота кондукторного пристрою.

Запропонований кондукторний пристрій призначений для експлуатації на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н125. Його основні функції включають точне базування та надійне закріплення заготовки, а також спрямування свердла через встановлену кондукторну втулку з метою забезпечення точного отвороутворення.

Основне призначення:

- Орієнтація і фіксація заготовки типу «Стакан»;
- Спрямування свердлильного інструменту під час обробки;
- Використання у складі універсального свердлильного обладнання.

Технічні характеристики:

- тип оброблюваної деталі: «Стакан»;
- тип приводу затиску: механічний;
- тусилля затиску: 600 Н;
- габаритні розміри пристрою:

довжина — 126 мм; ширина — 385 мм; висота — 145 мм.

Особливості конструкції. Закріплення корпусної плити на столі верстата здійснюється за допомогою двох стандартних кріпильних болтів, що входять у пази столу верстата моделі 2Н125.

Компактні розміри і відносно мала маса забезпечують зручність у налаштуванні та експлуатації пристрою в умовах серійного або одиничного виробництва.

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

У сучасному машинобудівному виробництві підвищення точності вимірювань є ключовим завданням, що вирішується шляхом широкого впровадження контрольно-вимірювальних пристроїв. Ці пристрої є

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

спеціалізованими засобами технічного контролю, які об'єднують у собі вузли базування, закріплення, передачі та вимірювання.

Основні функціональні елементи:

1) Базувальні елементи – відповідають за точне розміщення деталі відносно вимірювального інструменту, забезпечуючи правильність геометричного положення.

2) Затискні пристрої – гарантують надійну фіксацію деталі без погіршення зручності використання пристрою або спотворення результатів вимірювання.

3) Вимірювальні механізми – дозволяють точно оцінити параметри об'єкта контролю.

4) Передавальні механізми – забезпечують передачу руху або сили до вимірювального елемента у зручній формі.

Основні параметри, які перевіряються за допомогою контрольно-вимірювальних пристроїв:

- геометричні параметри (лінійні розміри: діаметри, довжини, висоти, глибини);
- просторове взаєморозташування поверхонь;
- відхилення від правильної форми (овальність, конусність, хвилястість тощо);
- фізико-механічні властивості (твердість, пружність, герметичність тощо);
- роботоздатність вузлів або виробів в умовах експлуатації чи в лабораторних умовах, максимально наближених до них.

При проектуванні контрольно-вимірювальних пристроїв необхідно враховувати такі ключові вимоги:

- висока точність і продуктивність вимірювання;
- технологічність виготовлення пристрою;
- надійність та зносостійкість у тривалому використанні;
- зручність в експлуатації для оператора;

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

– економічна доцільність у виробничих умовах.

Конструкція повинна не лише відповідати функціональному призначенню, а й забезпечувати економічну ефективність її застосування у серійному або масовому виробництві.

Запропонований контрольно-вимірювальний пристрій (рис 3.2), призначений для перевірки перпендикулярності осей отворів Ø12,1.

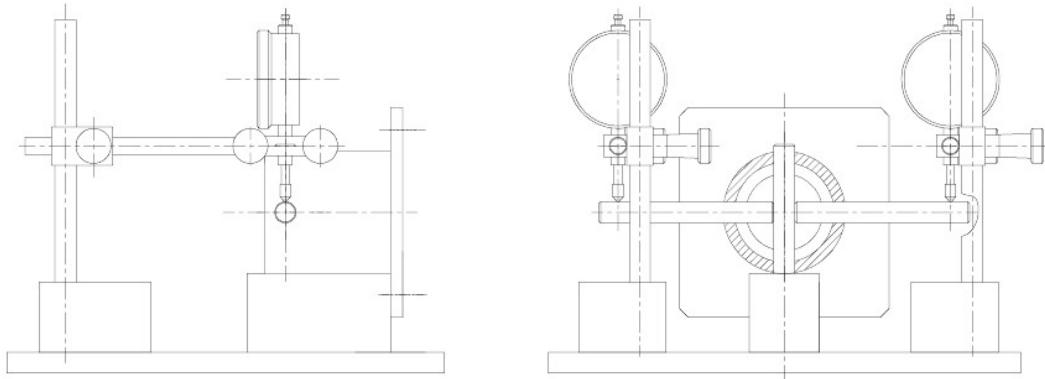


Рис.3.2–Умовна схема контролю перпендикулярності отворів Ø12,1

Пристрій забезпечує стабільність вимірювань, простоту у використанні та відповідність вимогам до точності контролю геометричних параметрів.

3.2.1 Розрахунок пристрою на точність

У розрахунку пристрою на точність визначають допустиму похибку вимірювання $\epsilon_{\text{доп}} \approx 0,3T$, де $T=0,04$ мм – допуск на контрольований параметр $\epsilon_{\text{Ф}}=0,3T=0,3 \cdot 0,05=0,015$.

Вимірювальний інструмент вибираємо в залежності від точності вимірювальної величини.

Вибираємо електронний індикатор Мікротех 1 МИГ із точністю 0,001 мм.

Фактичну похибку вимірювання визначаємо за формулою

$$\epsilon_{\text{Ф}} = \epsilon_{\text{yc}} + \sqrt{\epsilon_{\text{вип}}^2 + \epsilon_{\text{інд}}^2} \quad (3.6)$$

де $\epsilon_{\text{вип}} = 0,05 \cdot 0,015 = 7,5 \cdot 10^{-4}$ мм – випадкові похибки;

$\epsilon_{\text{інд}} = 0,002$ мм - похибка виміру; ϵ_{yc} – похибка встановлювальних елементів.

$$\epsilon_{\text{yc}} = \epsilon_{\text{Ф}} - \sqrt{\epsilon_{\text{вип}}^2 + \epsilon_{\text{інд}}^2} = 0,015 - \sqrt{(7,5 \cdot 10^{-4})^2 + 0,002^2} = 0,013 \text{ мм.}$$

Тобто відхилення від перпендикулярності осей пальців не повинно перевищувати 0,013 мм.

										ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк. 49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- огорожувальні та вібропоглинаючі конструкції;
- віброгасячі та віброізолюючі опори;
- автоматичні системи контролю, сигналізації та дистанційного керування.

Шум. Тривалий вплив шуму негативно впливає на нервову, серцево-судинну та інші системи організму. Заходи боротьби з шумом включають:

- установку звукопоглинаючих та звукоізолюючих матеріалів;
- монтаж глушників аеродинамічних шумів;
- розміщення джерел шуму в окремих приміщеннях або за звуковими бар'єрами.

Ультразвук. Ультразвукові коливання не сприймаються слухом, але можуть бути шкідливими при тривалому впливі. Заходи захисту включають:

- інструктаж персоналу;
- оптимізацію режимів праці та відпочинку;
- використання засобів індивідуального захисту.

Електромагнітні поля. Радіочастотне випромінювання, що генерується електроустановками, може викликати професійні захворювання при перевищенні допустимих рівнів.

Заходи безпеки:

- зменшення напруженості та густини потоку енергії;
- екранізація робочих місць;
- раціональне розміщення джерел випромінювання.

Іонізуюче випромінювання. Іонізуючі промені здатні викликати тяжкі порушення здоров'я та летальні наслідки. Основні методи захисту:

- зменшення часу перебування в зоні дії;
- збільшення відстані до джерела;
- застосування екранування (свинець, бетон тощо).

Електробезпека. Електричний струм може спричинити травми або смертельні ураження. Засоби захисту:

- ізоляція та екранування струмоведучих частин;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зниження напруги;
- системи заземлення та занулення;
- автоматичне вимкнення при аварійних ситуаціях;
- індивідуальні засоби захисту.

Основні технічні засоби безпеки на підприємствах. До головних засобів технічного захисту у машинобудуванні належать:

- огорожувальні пристрої;
- автоматичні системи контролю та сигналізації;
- запобіжні механізми;
- дистанційне керування;
- гальмівні пристрої;
- попереджувальні знаки небезпеки.

Обов'язковим є використання спецодягу: комбінезон з міцної тканини, закрите взуття з металевими носками (для захисту від падіння заготовок) та захисні окуляри з бічними щитками.

4.2. Безпека під час тривоги та надзвичайних ситуаціях

Забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайних ситуацій є одним із пріоритетних напрямів організації охорони праці на сучасному підприємстві. Актуальність цієї проблеми зростає в умовах загроз техногенного, природного та воєнного характеру, а також унаслідок підвищених вимог до стійкості та безперервності виробничих процесів.

1. Загальні вимоги безпеки

На підприємстві повинні бути розроблені та впроваджені інструкції з дій у разі надзвичайних ситуацій, які охоплюють різні типи тривоги:

- повітряна тривога (у разі загрози обстрілів або бомбардувань),
- пожежна тривога,
- витік небезпечних речовин (газів, парів, хімікатів),
- загроза радіаційного, хімічного або біологічного зараження,

- руйнування інженерних споруд або аварії на мережах (водо-, тепло-, електропостачання),

- виникнення терористичної загрози або збройного нападу.

Кожен працівник повинен бути ознайомлений із цими інструкціями та пройти відповідний інструктаж, який фіксується в журналі.

2. Система оповіщення та евакуації

Підприємство має бути обладнане автоматизованими системами оповіщення, які вмикаються у разі надзвичайної ситуації. Оповіщення здійснюється за допомогою звукових і світлових сигналів, а також резервного зв'язку.

У виробничих і адміністративних приміщеннях розміщуються схеми евакуації та позначення аварійних виходів. Персонал повинен знати:

- найближчі укриття або захисні споруди, до яких необхідно прямувати під час тривоги;

- шляхи евакуації;

- місця збирання після евакуації;

- порядок подання сигналу тривоги в разі виявлення загрози.

3. Захисні споруди та укриття

На підприємстві повинні бути організовані укриття цивільного захисту (або тимчасові захисні споруди), обладнані:

- запасами питної води та медичних засобів,

- вентиляцією та засобами герметизації,

- радіозв'язком або засобами альтернативної комунікації,

- автономним освітленням.

Періодично проводяться тренування з евакуації та укриття, щоб працівники знали свої дії та зменшили час реакції у критичній ситуації.

4. Забезпечення стійкості виробничого процесу

Для запобігання зупинці виробництва внаслідок аварійних ситуацій передбачаються:

- резервні джерела живлення (дизель-генератори),

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- незалежні системи опалення або обігрівальні пристрої,
- альтернативні джерела водопостачання (бак-резервуари),
- запасні канали постачання сировини та матеріалів.

5. Засоби індивідуального захисту та комплекти аварійного реагування

Підприємство повинно забезпечити працівників індивідуальними засобами захисту (ІЗЗ), які можуть включати:

- каска, протигази, респіратори,
- вогнестійкий одяг,
- аптечки першої допомоги,
- сигнальні жилети.

Також на стратегічних ділянках зберігаються аварійні комплекти, які включають інструменти, засоби пожежогасіння, вогнегасники, ліхтарі, тощо.

6. Психологічна підготовка персоналу

У ситуаціях тривоги або загрози паніка може стати причиною нещасних випадків. Саме тому важливо проводити психологічну підготовку та інструктажі, спрямовані на зниження рівня тривожності та розвиток впевнених дій у стресових ситуаціях.

Таким чином система безпеки підприємства повинна бути комплексною, включати технічні засоби, нормативну документацію, систематичне навчання персоналу та постійну готовність до дій у надзвичайних ситуаціях. Тільки за такої умови можна гарантувати збереження життя та здоров'я працівників, а також стабільність виробничого процесу у випадку загрози.

						<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	Арк. 54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Стакан КМ 1729.4120», яка є складовою частиною перетворювача руху та потребує високої точності обробки поверхонь. Враховуючи просторову геометрію та високі вимоги до якості окремих поверхонь, обробка деталі здійснюється на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК), що забезпечує стабільну точність, високу продуктивність і можливість автоматизації виробництва.

Під час виконання дипломної роботи було проведено аналіз конструкції та функціонального призначення деталі, визначено технологічність конструкції та вибрано раціональні бази обробки та розроблено поопераційний маршрут обробки з деталізацією переходів. Обґрунтовано вибір верстатів з ЧПК та оснащення, виконано необхідні розрахунки режимів різання.

Запропонований технологічний процес дозволяє забезпечити випуск якісної продукції при помірній собівартості в умовах серійного виробництва машинобудівного підприємства.

В конструкторському розділі запропоновано спеціальне оснащення для виготовлення та контролю деталі «Стакан КМ 1729.4120».

В розділі з охорони праці розглянуто питання безпеки під час роботи на верстатах з ЧПК та дій у надзвичайних ситуаціях.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>55</i>

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гордеев А.І., Урбанюк Е.А., Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів. ХНУ. Хмельницький, 2005.–294 с.
2. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 421с.
3. Нормування праці: навчально-наочний посібник для студентів денної та заочної форм навчання. – Вид. 2-ге, доп. - Дніпропетровськ: Дніпропетровська державна фінансова академія, 2013. – 158 с.
4. Патент UA 123456 «Спосіб обробки корпусної деталі на верстаті з ЧПК.
5. Патент US 9,876,543 B2 «Method for manufacturing cylindrical housing parts with CNC»
6. ДСТУ 2839-94.
7. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.tup.km.ua/course/view.php?id=801>.
8. ДСТУ 8981-2020.
9. Наказ Міністерства охорони праці України № 45 «Про затвердження Правил охорони праці під час роботи на верстатах» (2021).
- 10.ДСТУ EN ISO 12100:2019 «Безпека машин. Загальні принципи конструювання».
- 11.Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-7).
12. ДСТУ 9052:2020 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Автономні дихальні апарати на хімічно зв'язаному кисні для евакуації та аварійно-рятувальних робіт під час пожежі. Класифікація, технічні вимоги та методи випробування».
- 13.ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму».
14. ISO 16089:2015 «Безпека металорізальних верстатів».

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>56</i>

15. ДСТУ EN 149:2010 «Засоби індивідуального захисту органів дихання».
16. ISO 603-15:2017 «Характеристики шліфувальних кругів».
17. СНиП II-4-79 «Природне та штучне освітлення».
18. ДСТУ ІЕС 62493:2018 «Вимоги до світлових приладів щодо електромагнітної сумісності».
19. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.tup.km.ua/course/view.php?id=801>.
20. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=3149>
21. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. – 148 с.
22. Технологія обробки типових деталей та складання машин: Методичні рекомендації до курсового проєктування для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка/ В.Д. Каразей, С.С. Бись, С.А. Костюк. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 110 с.

						<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ</i>	Арк. 57
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ДОДАТОК А
Технологічна документація

ДОДАТОК Б
Кресленики

ДОДАТОК В
Специфікації

