

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Стакан 709.40.08» з використанням
верстатів з ЧПК

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.32.25.ПЗ

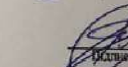
Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-2
Шифр


Підпис Мирослав ПОПОВ
Ім'я, прізвище


Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис Володимир МИЛЬКО
Ім'я, прізвище

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище


Дата 30 06 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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**

Попов Мирослав Геннадійович
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Стакан 709.40.08» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Милько Володимир Володимирович, к.т.н., доцент
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 15 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Стакан 709.40.08» та технічні вимоги до її виготовлення.

обсяг	випуску	тис.
	5000	

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 із 3D моделлю (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного калібру (1 лист А2)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.04.2025	
2 Технологічний розділ	25.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент



Мирослав ПОПОВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)



Володимир МИЛЬКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Попов Мирослав Геннадійович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Стакан 709.40.06» з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету



ОЛЕГ ПОЛІЩУК
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Попов М.Г. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 5,13 %, добре 38,46 %, задовільно 56,41 %.
шкалою ЄКТС: А 3,64 %, В 1,82 %, С 27,27 %, D 30,91 %, E 36,36 %.

Методист факультету

[Signature]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Попов М.Г. повністю виконав

завдання на дипломне проєктування.
На час виконання виконав
до високої рівень очікуване обсяг роботи
квалітет. Завершує оцінку „добре“.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

[Signature]
(підпис)

Мельник
(ім'я, прізвище)

2025

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Попов М.Г. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технологія машинобудування
(назва)

[Signature]
(підпис, ім'я, прізвище)

"30" 06 2025

Завідувачу кафедри

Тихоняку В. П.

Понцова Мирослава

здобувача вищої освіти (студента)

ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Прикладна механіка 3 курс
група ПМТс22-2

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.

23.06.2025

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ _____

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Технологія виготовлення органів Сторони 709.40.01 і органів
 Автор Роман М.
 Освітня програма Технологія виготовлення машинно-стружкових
 Рівень вищої освіти бакалавр
 Спеціальність крилате механіка
 Науковий керівник: Володимир Милько

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.	✓
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 нависні 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: Диф-Репортаж - 117
коф. Вулиця - 97

Дата _____

Завідувач кафедри

Володимир Милько
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

Володимир Милько
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Володимир Милько
 ПІСЬМЕ ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект Попова М. Г.
Тема роботи: Технологія виготовлення деталі «Стакан 709.40.08» з
використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи згідно завдання.

У проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва. Обрав (економічно обґрунтувавши) метод отримання заготовки, в подальшому був розроблений технологічний процес механічного оброблення шестерні з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК фірми HAAS. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу.

Була написана створено керуюча програма для токарно-фрезерний верстата CTX gamma 1250T у системі програмного забезпечення CAMESPRIT. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено Спеціальне механізоване оснащення.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог високому рівні.

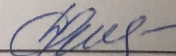
Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент: _____

« 27 » « 05 » 2025 р.



Хробеш О.С.

Реферат
Дипломного проекту на тему
Технологія виготовлення деталі «Стакан 709.40.08»з використанням
верстатів з ЧПК

Здобувач: Мирослав ПОПОВ

Керівник: к.т.н., доцент Володимир МИЛЬКО

Об'єктом дослідження та проектування є стакан 709.40.08, виробничий процес стакану в умовах виробництва.

Дипломний проект присвячено розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан 709.40.08», яка належить до типових корпусних деталей, що використовуються у машинобудуванні. У проекті обґрунтовано доцільність застосування сучасних методів механічної обробки з використанням високоточного металорізального обладнання – верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

У ході виконання роботи проведено роботу з аналізу конструкції та функціонального призначення деталі, встановлено технологічну базу, обрано раціональну заготовку, а також розроблено маршрут обробки з урахуванням вимог до точності та шорсткості поверхонь. Для ключових операцій (точіння, свердління, розточування, фрезерування) підібрано інструмент, режими різання та засоби технологічного оснащення.

Особливу увагу приділено розробці керуючої програми для токарного та фрезерного верстатів з ЧПК у САМ-системі ESPRIT. Проведено симуляцію траєкторій, розраховано машинний час та проаналізовано ефективність обробки.

У проекті також представлено заходи з охорони праці, енергоощадні рішення, а також економічне обґрунтування вибору обладнання. В результаті розроблено повний комплект технічної документації для впровадження технології у виробництво.

Ключові слова: ЧПК, технологія обробки, стакан, САМ ESPRIT, керуюча програма, точіння, фрезерування.

Автор: Мирослав ПОПОВ

/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Завдання дипломного проектування	9
1.2 Аналіз технологічності конструкції виробу	10
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	12
1.4 Форма організації виробництва	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір методу отримання заготовки	15
2.2 Розрахунок і призначення припусків на механічну обробку	17
2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	18
2.3.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	18
2.3.2 Вибір технологічних баз для обробки деталі "Стакан"	21
2.3.3 Проектування нового маршруту оброблення поверхонь деталі	22
2.3.4 Вибір технологічного обладнання	23
2.3.5 Вибір металорізального інструменту	26
2.4 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ-програми	31
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Спеціальне механізоване оснащення	36
3.2 Проектування калібр-пробки для контролю Ø50Н9	38

ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		М. Попов		
Перев.		В. Милько		
Н. контр.		С. Бись		
Затв.		В. Ткачук		
Технологія виготовлення деталі «Стакан 709.40.08» з використанням верстатів з ЧПК				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		н	5	
ХНУ гр. ПМТс-22-2				

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1 Загальні засади техніки безпеки	41
4.2 Протипожежний захист	43
4.3 Екологічна безпека	44
4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях	48
ВИСНОВКИ	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	51
ДОДАТКИ	54

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Метою дипломного проекту є розроблення технологічного процесу механічної обробки деталі «Стакан» та проектування спеціального пристосування для свердління трьох отворів у її корпусі.

Для досягнення поставленої мети у дипломному проекті реалізуються такі основні завдання:

Забезпечення максимальної продуктивності обробки, досягнення необхідної точності розмірів і шорсткості оброблених поверхонь відповідно до технічних вимог.

Підвищення ефективності виробництва шляхом застосування токарно-револьверного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), яке дозволяє суттєво скоротити допоміжний час та підвищити якість обробки.

Оптимізація обсягу механічної обробки шляхом раціонального вибору заготовки, визначення технологічних баз і зменшення обсягу припусків на різання.

Проект передбачає також проведення розрахунків продуктивності, обґрунтування вибору обладнання, інструменту, режимів різання, а також розробку конструкторської документації на спеціальне технологічне оснащення — пристосування для свердління отворів. Окремий розділ присвячено питанням охорони праці та економічному обґрунтуванню проєктних рішень.

Постійне вдосконалення сучасних машин і приладів, зростання вимог до їх якості, точності та надійності, а також підвищення ефективності виробництва зумовлюють зростання потреби у технологічній оснастці та необхідність покращення її точності, якості й надійності функціонування.

Правильно спроектовані пристосування значною мірою визначають точність виготовлення розмірів, передбачених технологічним процесом, а також зручність експлуатації, продуктивність і економічність виконання технологічних операцій.

Під технологічною оснасткою розуміють комплекс пристроїв, які доповнюють основне технологічне обладнання для забезпечення виконання

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

технологічних операцій. До складу оснастки входять: верстатні, контрольні та інші пристосування, різальний та вимірювальний інструмент.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

Метою дипломного проєкту є розробка раціонального та ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан 709.40.08», з урахуванням сучасних вимог до точності, продуктивності та якості обробки, з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

У процесі проєктування технології необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз службового призначення деталі та вимог до її точності, шорсткості та геометрії;
- обґрунтувати вибір заготовлі з урахуванням мінімізації припусків і обсягу обробки;
- визначити технологічні бази і маршрути обробки поверхонь;
- розробити технологічний маршрут і операційні карти з детальним описом переходів;
- підібрати інструмент, оснащення, пристосування та режими різання для кожної операції;
- спроектувати спеціальне пристосування для свердління трьох отворів у корпусі стакану;
- створити керуючу програму на базі САМ-системи (наприклад, ESPRIT) для обраних операцій обробки на верстатах з ЧПК;
- провести розрахунки точності, продуктивності, вибору інструмента та норм часу;
- опрацювати питання охорони праці та безпеки під час виконання операцій;
- виконати економічне обґрунтування впровадження розробленої технології у виробництво.

У результаті виконання дипломного проєкту має бути отримана оптимізована технологічна документація, яка забезпечує виготовлення деталі відповідно до вимог конструкторської документації з використанням ЧПК-обладнання.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технологічності конструкції виробу

Деталь «Стакан 709.40.08» у складі вузла виконує функції центрування штока, сприйняття радіальних навантажень та утримання мастила. Конструктивно деталь є тілом обертання і належить до групи порожнистих циліндрів. До робочих поверхонь деталі пред'являються високі вимоги щодо точності та якості обробки.

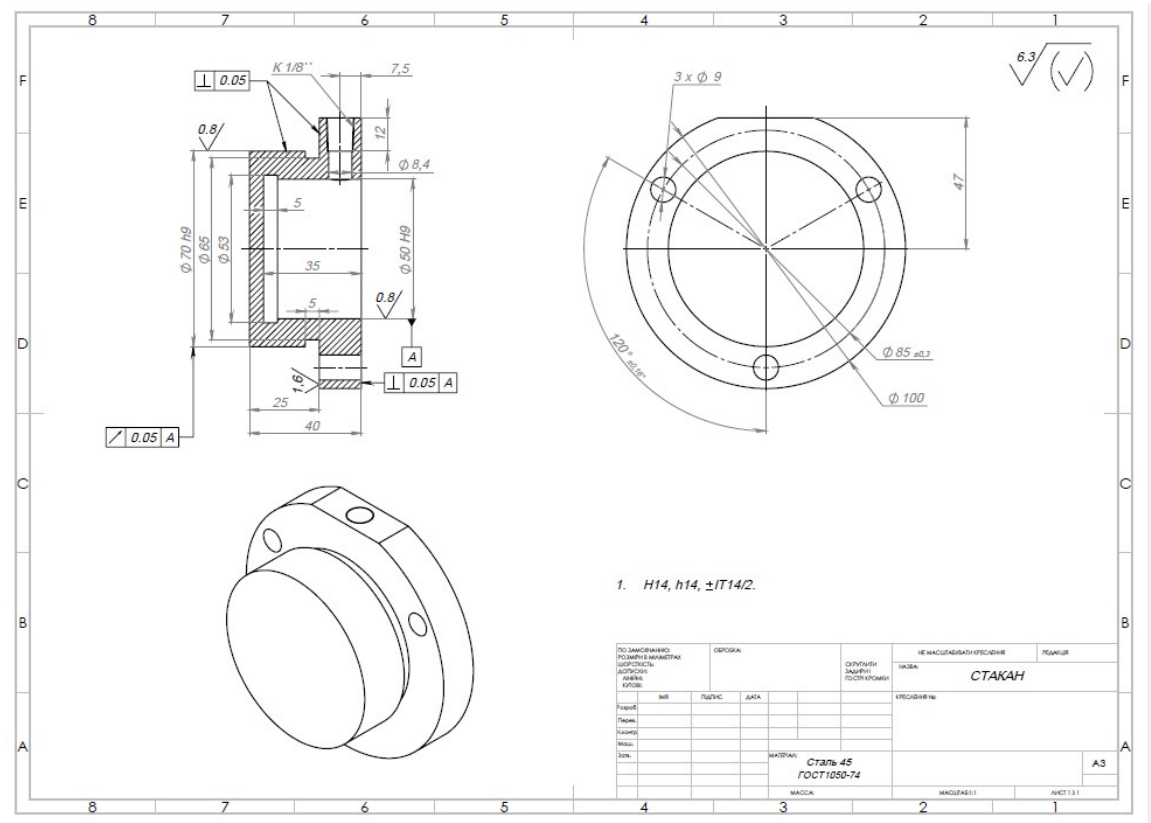


Рисунок 1.1 – Деталь стакан

Зокрема, встановлено вимогу щодо радіального биття зовнішньої робочої поверхні відносно внутрішньої, а також перпендикулярності фланцевої поверхні до внутрішньої циліндричної бази. Усі ці вимоги необхідно врахувати при розробці технологічного процесу обробки.

Деталь виготовляється з прокату типу «пруток», матеріал – сталь 45. Геометричний контур деталі є досить простим, однак отримання всіх поверхонь за один установ при токарній обробці неможливе, що призводить до зміни технологічної бази та, відповідно, до зниження точності.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ

Арк.

14

У конструкції передбачено глухий отвір, після обробки якого ускладнюються закріплення деталі, оскільки тонкі стінки можуть деформуватись при затисканні. Для уникнення пошкодження поверхонь під час затискання в кулачковому патроні рекомендується застосування розрізної втулки.

До малотехнологічних елементів відносяться пази, які ускладнюють доступ ріжучого інструменту. Це вимагає використання інструменту зі збільшеною довжиною або подовжувачами.

В іншому конструкція деталі є достатньо технологічною: вона має зручні базові поверхні для першочергового встановлення, проста за формою та допускає обробку на універсальному металообробному обладнанні, у тому числі з ЧПК.

Службове призначення деталі «Стакан» у загальному вигляді невідоме. Однак за характером оброблюваних поверхонь та заданими вимогами до точності і шорсткості можна зробити висновок, що деталь виконує функції точної центрувальної або направляючої втулки [4].

Основними функціональними поверхнями є:

- Отвір $\varnothing 50H9$, який імовірно виконує роль базового елемента для встановлення деталі у складальному вузлі.
- Циліндрична поверхня $\varnothing 70h9$, що, вірогідно, взаємодіє з іншими частинами механізму або служить зовнішньою установчою або напрямною поверхнею.

Ці поверхні мають підвищені вимоги до точності (9-й квалітет) та чистоти обробки – $R_a = 0,8$ мкм, що свідчить про їх ключову роль у забезпеченні функціональних характеристик деталі.

Інші поверхні обробляються з 14-м квалітетом точності та шорсткістю $R_a = 6,3$ мкм, що характерно для допоміжних поверхонь, які не взаємодіють безпосередньо з іншими вузлами.

Окрема поверхня з розміром 25 мм має підвищену якість – $R_a = 1,6$ мкм, ймовірно, вона слугує упорною або контактною площиною.

Точнісні вимоги:

- Радіальне биття поверхні $\varnothing 70h9$ відносно отвору $\varnothing 50H9$ не повинно перевищувати 0,05 мм.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- До поверхонь $\varnothing 70h9, 25, 40$ і $\varnothing 50H9$ встановлено допуск на відхилення від перпендикулярності – не більше 0,05 мм.

Матеріал:

Деталь виготовляється з вуглецевої конструкційної якісної сталі 45, яка має добрі механічні властивості, технологічність при обробці та придатна для загартування при необхідності підвищення зносостійкості.

1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

На даному етапі проектування тип виробництва визначається орієнтовно – залежно від маси деталі та річної програми випуску.

Таблиця 1.1 – Орієнтовне визначення типу виробництва (за масою деталі та річним обсягом випуску):

Річна програма, шт	Тип виробництва	Легкі (до 20 кг)	Середні (20–300 кг)	Тяжкі (понад 300 кг)
11–100	Одиничне			
101–500	Дрібносерійне			
501–5000	Серійне			
5001–50000	Крупносерійне			
понад 50000	Масове			

У даному випадку:

– Маса деталі: 1,1 кг (легка деталь)

– Річна програма випуску: 5000 шт.

Відповідно до таблиці, орієнтовний тип виробництва — серійне.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.4 Форма організації виробництва

Згідно з ДСТУ 8833:2019, форма організації виробництва залежить від:

- порядку виконання операцій технологічного процесу,
- розміщення обладнання,
- кількості виробів і напрямку їх руху у процесі виготовлення.

Встановлено дві основні форми організації виробництва:

- групова форма,
- поточна форма.

Доцільність застосування поточної форми встановлюється на основі порівняння середнього штучного часу $T_{\text{сп}}$ для кількох основних операцій із розрахунковим тактом випуску $T_{\text{т}}$, тобто визначається кількість робочих місць M , що припадає на одну операцію [13].

Для даної деталі (при серійному виробництві) доцільною є групова або потоково-групова форма, з урахуванням відносно великого обсягу випуску (5000 шт/рік) і використання верстатів з ЧПК. Форма організації виробництва встановлюється за формулою 1.1:

$$R_M = \frac{T_{\text{шт.сп}}}{T_{\text{в}}} \quad (1.1)$$
$$T_{\text{в}} = \frac{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{зн}}}{N} = \frac{60 \cdot 4029 \cdot 0,8}{5000} = 38,68$$
$$T_{\text{шт.сп}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.}i}}{n} = \frac{2,87 + 0,81 + 1,42 + 3,76}{4} = 2,215$$
$$R_M = \frac{2,215}{38,68} = 0,06$$

При значеннях $R_M < 0,6$ приймається групова форма організації.

Розрахунок кількості деталей партії:

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$q_3 = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{5000 \cdot 6}{254} = 118 \text{ шт}$$

Коректування розміру партії:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сп}} \cdot q_3}{476 \cdot \eta_{\text{зн}}} = \frac{2,215 \cdot 118}{476 \cdot 0,8} = 0,69$$

Прийнята кількість змін $C_{\text{пр}} = 1$ зміна

Прийнята кількість деталей в партії:

$$q_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot \eta_{\text{зн}} \cdot C_{\text{пр}}}{T_{\text{шт.сп}}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{2,215} = 17 \text{ шт}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір методу отримання заготовки

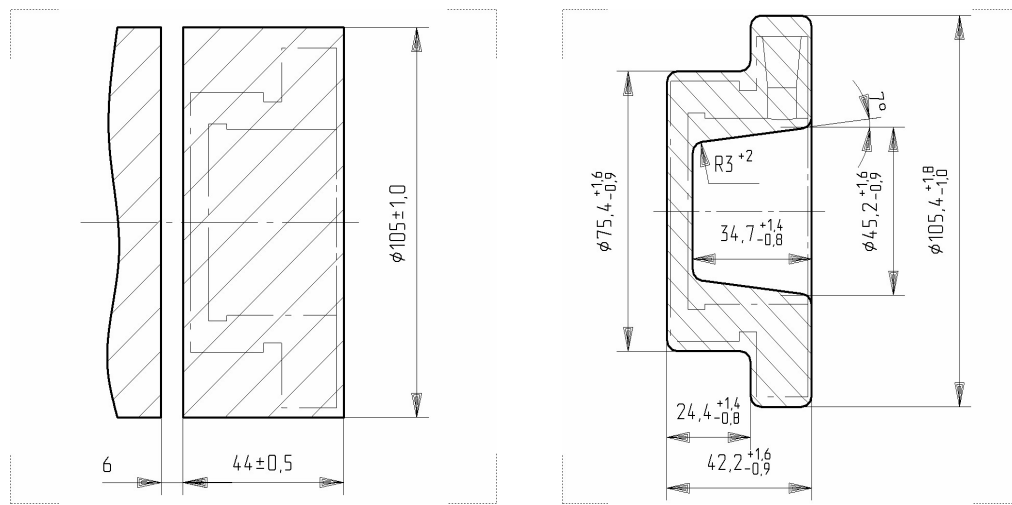
Загальні вихідні дані

Матеріал деталі — сталь 45.

Маса деталі $q = 1,1$ кг.

Річна програма випуску $N = 5000$ шт.

Тип виробництва — серійне.



1-й варіант

2-й варіант

Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

Собівартість заготовки з прокату визначаємо за формулою 2.1

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{оз}}; \quad (2.1)$$

де M – матеріальні витрати, т.грн;

$C_{\text{оз}}$ – технологічна собівартість заготівельної операції;

Витрати на матеріал визначаються за формулою 2.2

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ

Арк.

19

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}}, \quad (2.2)$$

$$M = 1,6 \cdot 602 - (1,6 - 1,1) \cdot 101,6 = 206 \text{ грн.}$$

де Q – маса заготовки ($= 0,37$ кг);

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки ($= 602$ грн.);

q – маса деталі ($= 0,205$ кг);

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1 кг відходів ($= 101,6$ грн.);

Технологічна собівартість розраховується за формулою 2.3

$$C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{нз}} \cdot t_{\text{шт}}}{60} \text{ грн}, \quad (2.3)$$

де $C_{\text{нз}} = 162,9$ грн./ч. - приведені витрати на робочому місці;

$t_{\text{шт}}$ – штучний або штучно-калькуляційний час виконання операції різання:

$$t_{\text{шт}} = \frac{L_{\text{рез}} + y}{S_M} \cdot \varphi, \quad (2.4)$$

де $L_{\text{рез}}$ – довжина різання при розрізанні прокату на окремі заготовки

($L_{\text{рез}} = D = 28$), мм;

y – величина врізання та перебігу ($6 \dots 8$ мм);

S_M – минутная подача при разрезании ($50 \dots 80$ мм/хв);

φ – коефіцієнт, що показує частку допоміжного часу в штучному ($= 1,84$).

$$t_{\text{шт}} = \frac{28 + 7}{50} \cdot 1,84 = 1,3 \text{ хв}$$

$$C_{\text{оз}} = \frac{162,9 \cdot 1,3}{60} = 35,2 \text{ грн}$$

$$S_{\text{заг}} = 206 + 35,2 = 241,2 \text{ грн.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця техніко-економічних показників

Найменування показників	1-й варіант	2-й варіант
Вид заготовки	Сталевий прокат, гарячекатаний, круглий Ø105×44	Штамповка на ГKM, 5-й клас, за ДСТУ 7505:2005
Клас точності	—	2
Група складності	—	1,6
Маса заготовки Q, кг	2,2	1,6
Вартість 1 т заготовки, грн/т (C ₁)	23	23
Вартість 1 т стружки, грн/т (Sвідх.)	—	—

2.1 Розрахунок і призначення припусків на механічну обробку

Вихідні дані:

Найменування деталі: стакан

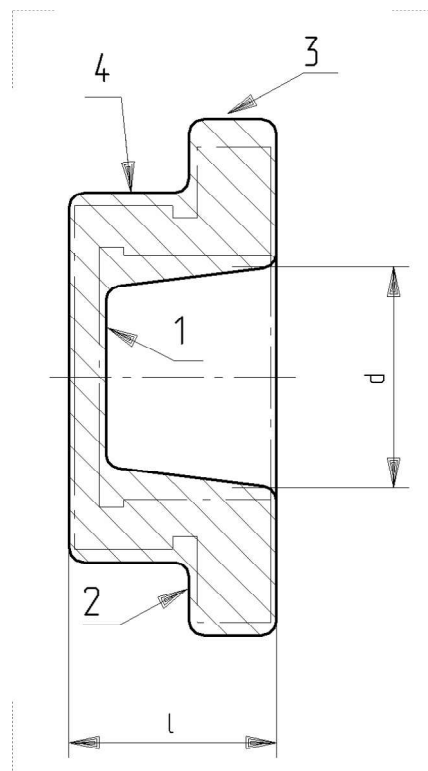


Рисунок 2.2 – Заготовка: поковка на ГKM

Маса заготовки: 1,6 кг

Клас точності: 5-й за ДСТУ 7505:2005

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

1. Розрахунок припуску на обробку отвору Ø50H9

Номінальний розмір: 50 мм

Поле допуску H9 згідно з ДСТУ ISO 286-1: верхнє відхилення +0,052 мм, нижнє – 0 мм.

Допуск: $T = 0,052$ мм

Оскільки заготівка – поковка, припускаємо попередній діаметр отвору: Ø47 мм.

Загальний припуск $Z = 50,000 - 47,000 = 3,0$ мм

Розподіл припуску за проходами:

Чернове розточування: Ø47 → Ø48,5 (припуск: 1,5 мм)

Напівчистове розточування: Ø48,5 → Ø49,4 (припуск: 0,9 мм)

Чистове розточування: Ø49,4 → Ø50,0 (припуск: 0,6 мм)

Таблиця 2.2 – Табличні припуски на інші поверхні

Поверхня	Тип поверхні	Припуск, мм
1	Торцева	1,5
2	Зовнішня Ø	2,0
3	Торцева	1,0
4	Циліндрична Ø ступінчаста	2,5

2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.3.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Стакан відноситься до деталей типу тіл обертання, має паз, внутрішні отвори, а також отвори для штифтування. Внутрішні отвори призначені для базування корпусу в центрах металообробного верстата при операціях шліфування та полірування. Деталь є досить жорсткою в осьовому та радіальному напрямку, це означає, що при виготовленні деталі можуть бути використані нормативні режими різання без їх зменшення. Стакан має хороші базові поверхні: торці та зовнішню циліндричну поверхню. Ця обставина

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

дозволяє використовувати відносно нескладні верстатні пристосування (наприклад, кондуктор) на операціях механічної обробки. Зазначимо, що поверхня корпусу хоч і піддається поліруванню, проте має точність за 14 кваліфікацією. На даній поверхні немає необхідності мати підвищену точність, а полірування зроблено для надання корпусу декоративного вигляду та гладкості (деталь контактує з рукою користувача). Відповідно до ДСТУ 3973 розраховуємо кількісні показники технологічності [1].

Визначаємо середній кваліфікація точності виготовлення поверхонь деталі за формулою 2.5:

$$IT_{cp} = \frac{\sum IT_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.5)$$

де IT_i – квалітет точності i -ї поверхні,

n_i – кількість поверхонь, які мають кваліфікацію точності IT_i .

Для розрахунку середнього квалітету точності складаємо таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Точність поверхонь деталі

Квалітет точності IT	9	12	14
Кількість поверхонь	4	3	11

$$IT_{cp} = \frac{9 \cdot 4 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 11}{4 + 3 + 11} = 11.8$$

Розраховуємо коефіцієнт точності за формулою 2.6:

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{IT_{cp}} \quad (2.6)$$

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{11.8} = 0.91$$

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості. Для цього складаємо таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Шорсткість поверхонь деталі

Значення шорсткості Ra	0,6	3,2	6,3
------------------------	-----	-----	-----

Кількість поверхонь	3	1	13
---------------------	---	---	----

Середню шорсткість визначаємо за формулою 2.7:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.7)$$

де Ra_i – значення шорсткості i -ої поверхні,

n_i – кількість поверхонь, що мають однакову шорсткість.

$$Ш_{cp} = \frac{0,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 13}{3 + 1 + 13} = 5,11 \text{ мкм}$$

Коефіцієнт шорсткості розраховуємо за формулою 2.8:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} \quad (2.8)$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{5,11} = 0,19$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою 2.9:

$$K_{u.m.} = \frac{m_d}{m_z}, \quad (2.9)$$

де m_d – маса деталі,

m_z – маса заготовки.

$$K_{u.m.} = \frac{1,1}{1,6} = 0,65$$

Відповідно до ДСТУ 2960-94 деталь є технологічною.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

2.3.2 Вибір технологічних баз для обробки деталі "Стакан"

На основі креслення деталі типу "стакан" проведено аналіз та вибір технологічних баз для забезпечення точності обробки та дотримання вимог креслення.

Установка 1: Чорнова токарна обробка

- Установча база: зовнішній діаметр $\varnothing 105,4$ мм (затиск у трикулачковий патрон).
- Осьова база (упор): торцева площина зліва.
- Закріплення: у трикулачковий або сегментний патрон.
- Оброблювані поверхні: торець, зовнішній $\varnothing 75,4$, $\varnothing 42,2$.
- Мета: формування чистового торця і зовнішніх поверхонь для подальшого базування.

Установка 2: Чистова обробка внутрішніх поверхонь

- Установча база: зовнішній $\varnothing 75,4$ або $\varnothing 42,2$ мм (уже оброблений).
- Осьова база (упор): чистовий торець, отриманий на установці 1.
- Закріплення: через центрувальну оправку або м'який патрон.
- Оброблювані поверхні: внутрішні $\varnothing 45,2$ і $\varnothing 34,7$ мм.
- Мета: забезпечення співвісності внутрішніх отворів з зовнішніми поверхнями.

Вимірювальні бази

Основна вимірювальна база: вісь внутрішнього отвору $\varnothing 34,7$ мм — для контролю співвісності.

Допоміжна вимірювальна база: зовнішній $\varnothing 75,4$ або $\varnothing 42,2$ мм – для контролю радіального биття та допусків.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Підсумкова таблиця вибору технологічних баз

Установка	Установча база	Осьова база (упор)	Оброблювані поверхні
1	Ø105,4 (зовнішня)	Торцева площа зліва	Ø75,4, Ø42,2, торець
2	Ø75,4 або Ø42,2	Чистовий торець	Ø45,2, Ø34,7 (внутрішні отвори)

2.3.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі.

Усю механічну обробку розподіляють по операціях, що дозволяє визначити їх послідовність і кількість. Для кожної операції підбирається відповідне обладнання та визначається конструктивна схема пристосування.

Поділ загального обсягу обробки на операції, вибір обладнання і формування операцій здійснюється з урахуванням конструктивно-технологічних особливостей деталі, вимог до точності обробки відповідальних поверхонь, а також виробничих умов.

Операційну технологію розробляють із урахуванням положення кожної операції у маршрутній технології. До моменту проектування кожної операції вже відомо, які поверхні та з якою точністю були оброблені на попередніх операціях, а також які поверхні та з якою точністю мають бути оброблені на даній операції.

Проектування технологічних операцій охоплює розробку структури операції, складання схем налагоджень, розрахунок настроювальних розмірів і очікуваної точності обробки, призначення режимів обробки, визначення норм часу [4].

Під час розрахунків точності або перевірки продуктивності може виникнути необхідність у коригуванні маршрутної технології, зміні обладнання або умов виконання операції.

Операційна технологія також є основою для видачі завдань на конструювання спеціального оснащення, засобів механізації й автоматизації, а також розробки допоміжного технологічного обладнання.

Проектування технологічних операцій — це задача з множинними варіантами. Її вирішення здійснюється на основі оцінки продуктивності та собівартості, з дотриманням техніко-економічних принципів і з метою досягнення максимальної економії часу та високої продуктивності.

2.3.4 Вибір технологічного обладнання

На даному етапі проектування технологічного процесу обробки деталі необхідно вибрати модель обладнання з його технологічних можливостей та габаритів робочого простору.

Від правильного вибору технологічного обладнання залежить продуктивність, економне використання виробничих площ, механізація та автоматизація ручної праці та собівартість виробу.

У разі середньосерійного виробництва доцільно використовувати верстати з ЧПУ. Ефективність застосування верстатів з ЧПУ досягається за рахунок зниження витрат на технологічне оснащення, зниження втрат від браку, скорочення виробничих площ, збільшення швидкостей різання та подач.

Виготовлення деталі "Стакан" передбачає послідовну обробку поверхонь згідно з кресленням, із забезпеченням необхідної точності, шорсткості та взаємного розташування. Процес включає наступні основні операції:

1. Заготівельна операція

- Заготовка: поковка на ГKM, маса 1,6 кг.
- Видалення литникових припливів, зачистка поверхонь.
- Візуальний контроль на наявність дефектів (тріщини, раковини).

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Установка 1 – Чорнова токарна обробка

Установча база: $\varnothing 105,4$ мм (зовнішній діаметр), упор — торцева поверхня.

Закріплення: у трикулачковий патрон.

Операції:

Підрізання торця.

Чорнове точіння зовнішніх поверхонь $\varnothing 75,4$ і $\varnothing 42,2$ мм.

Обробка торців.

3. Установка 2 – Чистова токарна обробка внутрішніх поверхонь

Установча база: $\varnothing 75,4$ або $\varnothing 42,2$ мм.

Упор: попередньо оброблений торець.

Закріплення: центрування або оправка.

Операції:

Напівчистове і чистове розточування отворів $\varnothing 45,2$ і $\varnothing 34,7$ мм.

Контроль співвісності.

4. Контрольна операція

Вимірювання $\varnothing 34,7 +1,4/-0,8$ мм та $\varnothing 45,2 +1,6/-0,9$ мм штангенінструментом або нутроміром.

Перевірка радіального биття зовнішніх поверхонь.

Контроль шорсткості Ra (наприклад, для чистових отворів — Ra 1,6–3,2).

5. Фрезерні операції

На вертикальному обробному центрі виконується фрезерування лиски, свердління та зенкування отвору під різьбу.

Підготовка отвору під нарізання конічної трубної різьби (1/8") та плоскої посадки.

5. Маркування та упаковка

Нанесення технічного маркування.

Консервація і пакування деталі.

Устаткування та інструмент

Токарний верстат з ЧПК: HAAS ST-10.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

Інструмент: твердосплавні прохідні різці, розточувальні різці, внутрішні свердла KENNAMETAL.

Контрольно-вимірювальні засоби: мікрометри, нутроміри, штангенциркулі, калібри-пробки.

Характеристики вибраних моделей верстатів наведено у таблицях.

Таблиця 2.6 – Токарний верстат с ЧПК HAAS ST-10

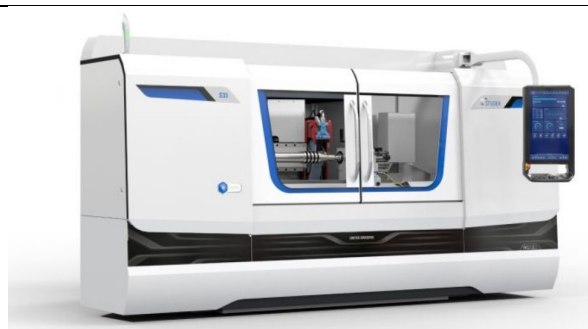
	
Найбільший діаметр прутка	44 мм
Максимальний діаметр деталі	419 мм
Максимальний діаметр обробки (в залежності від поворотної головки)	356 мм
ПОДАЧІ	
Прискорені переміщення по осях X і Z	30,5 м/хв
Максимальне навантаження по осях X і Z	14,679 кН
ГОЛОВНИЙ ШПИНДЕЛЬ	
максимальна швидкість об/хв	50 - 6 000
Максимальний крутний момент	102 Нм
максимальна потужність	11,2 кВт

Таблиця 2.6 – Вертикально-фрезерувальний з ЧПК HAAS VF-2TR



Частота обертання шпинделя	8100 об/хв
Найбільший умовний діаметр свердління сталі	50
Виліт шпинделя, мм	375-1600
Конус Морзе отвори шпинделя	5
Вісь X (поздовжнє переміщення):	762 мм
Вісь Y (поперечне переміщення):	406 мм
Вісь Z (вертикальне переміщення):	508 мм

Таблиця 2.7– Верстат універсальний шліфувальний верстат з ЧПУ STUDER S33



Діаметр отвору, що шліфується, найбільший, мм	400
Найбільша довжина шліфування при найбільшому діаметрі отвору, що шліфується, мм	320
Найбільший кут конуса, що шліфується, град.	60
Потужність приводу головного руху, кВт	7.5
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	14.63
Маса, кг	5600
Шорсткість поверхні зразка-виробу:	
циліндричної внутрішньої Ra, мкм	0.08
плоскої торцевої	0.32

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

2.3.5 Вибір металорізального інструменту

Токарна обробка

Інструмент:

Різець прохідний (чорновий):

Kennametal PCLNR 2525 M12, пластина CNMG 120408-PM KCP25

Різець прохідний (чистовий):

Sandvik SVJCR 1616 H11, пластина VCMT 110304-PM 432

Розточувальний різець:

Kennametal SCLCR 2525 M12, пластина CCMT 120408-PM KCP25

Канавковий різець:

Korloy або Iscar MGHR/L 1616-4, пластина MGMN 400-G

Фрезерування лиски:

Циліндрична фреза кінцева Ø16–20 мм, 4-зуба, твердосплавна, покриття TiAlN

(наприклад, Walter MC320 Advance)

Свердління Ø7,5 – Ø8,7:

Свердло Ø7,5 мм: Sandvik CoroDrill 860-PM

Свердло Ø8,7 мм: Seco Feedmax SD205R, тверде сплав

Зенкування Ø8,4:

Зенкер Ø8,4 мм, швидкорізальна сталь HSS, кут 90° або 120°

(наприклад, DORMER A100)

Різьбонарізання BSPT (1/8”):

Різьбовий мітчик G1/8 BSPT, покриття TiN

Розточування: Kennametal SCLCR 2525M12 + CCMT 120408-PM

Зовнішнє чистове точіння: SVJCR 1616H11 + VCMT 110304-PM

Канавка: MGMN400-G + тримач MGHR/L

Свердління і розгортання 3 отворів Ø9 H9

Свердло твердосплавне Ø8,7 (Sandvik CoroDrill)

Розгортка Ø9 або калібр-протяжка

КВМ або шаблон

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

Шліфувальний круг:

Абразив: електрокорунд білий (25А)

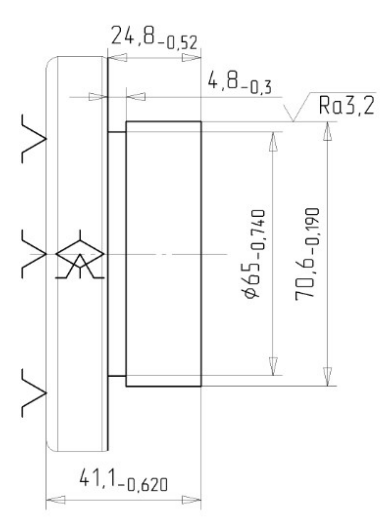
Марка круга: 25А 80 К7 V

Розміри: $\text{Ø}300 \times 40 \times 127$ мм (типовий)

Балансування: обов'язкове перед обробкою

Таблиця 2.8 – Проектний варіант техпроцесу механічної обробки деталі

«Стакан»

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання Оснастка
005	Заготівельна	відрізний 8А544 Лещата
010	Ковальська	
015	Установ А: Підрізати торець в розмір $24,8_{h11}$ $41,1_{h11}$ Обточити зовнішню поверхню $\text{Ø}70,6$ попередньо. Точити канавку шириною 4,8 до діаметра 65 Контроль після операції Канавка: перевіряється мікрометром або штангенциркулем з глибиноміром. Зовнішній діаметр $\text{Ø}70,6$: перевіряється мікрометром. Торці $\text{Ø}24,8$ або $\text{Ø}41,1$: перевіряються за допуском $h11$, бажано калібром або вимірювальним кільцем.	 <p>верстат з ЧПК HAAS ST-10</p>

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

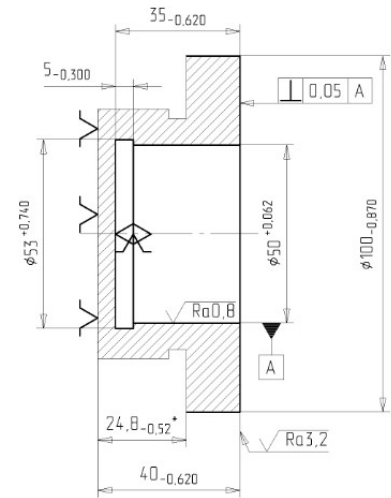
ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ

Арк.

32

020

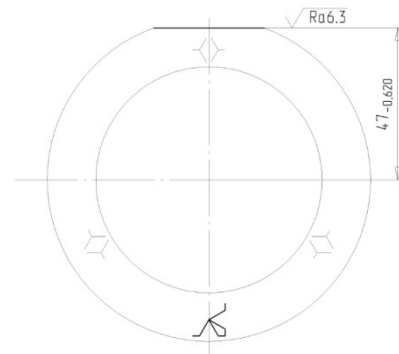
Оброблювані поверхні:
 Внутрішній отвір $\varnothing 65 -0,174$
 (довжина 70,6)
 Чистова обробка канавки до
 розміру 4,8 на $\varnothing 65$
 Зовнішній $\varnothing 41,1 h11$ (під
 посадку)
 Торці: $\varnothing 24,8 h11$, контроль по
 площинності
 Ріжучий інструмент
 (рекомендовано):
 Розточування:
 Різець: Kennametal SCLCR
 2525M12
 Пластина: CCMT 120408-PM
 KCP25
 Чистова обробка $\varnothing 41,1$:
 Різець прохідний: SVJCR
 1616H11, пластина: VCMT
 110304-PM
 Канавка:
 Канавковий різець: MGMN400-
 G, тримач MGHR/L



верстат з ЧПК HAAS ST-10

035

Фрезерувати лиску в розмір
 $47-0,62$
 Свердлувати отвір $7,5-0,36$
 зенкувати отвір до діаметра
 $8,4+0,36$
 нарізати конічну різьбу різьбу
 $1/8'$

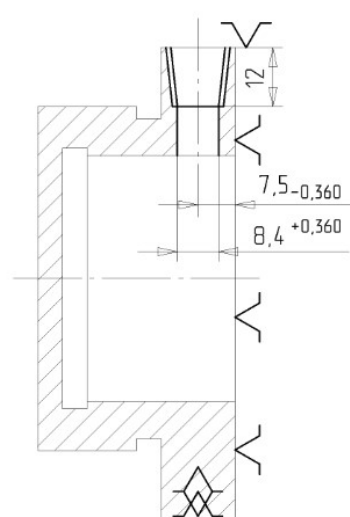


Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ

Арк.

33

		 <p>верстат з ЧПК HAAS VF-2</p>
--	--	---

040	<p>Свердління 3 отворів Ø8,7 мм Інструмент: твердосплавне свердло Ø8,7 мм (Sandvik CoroDrill) Режими: $V = 60-80$ м/хв $S = 0,1$ мм/об Розгортання або калібрування отворів до $\text{Ø}9^{+0,36}$ мм Інструмент: розгортка Ø9 або калібр-протяжка Точність: Н9 Контроль координат отворів ($120^\circ \pm 10'$) Координатно-вимірювальна машина або шаблон</p>	 <p>верстат з ЧПК HAAS VF-2</p>
-----	--	--

040	Термічна обробка	
-----	------------------	--

045	Шліфувати $\varnothing 70_{-0,074}$ Витримуючи розмір $25_{-0,52}$	 <p>Універсальний шліфувальний верстат з ЧПУ STUDER S33</p>
050	Промити деталь	Мийна машина
055	Технічний контроль	
060	Нанесення антикорозійного покриття	

2.4 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ-програми

Після виконання всіх підготовчих розрахунків, використаємо програмне забезпечення CAMESPRIT для створення керуючої програми токарного оброблення деталі типу стакан.

1. Побудова 3D-моделі

У середовищі SolidWorks було створено 3D-модель деталі «стакан» згідно з технічним кресленням (рис. 2.2), після чого модель імпортовано у середовище CAM Esprit.

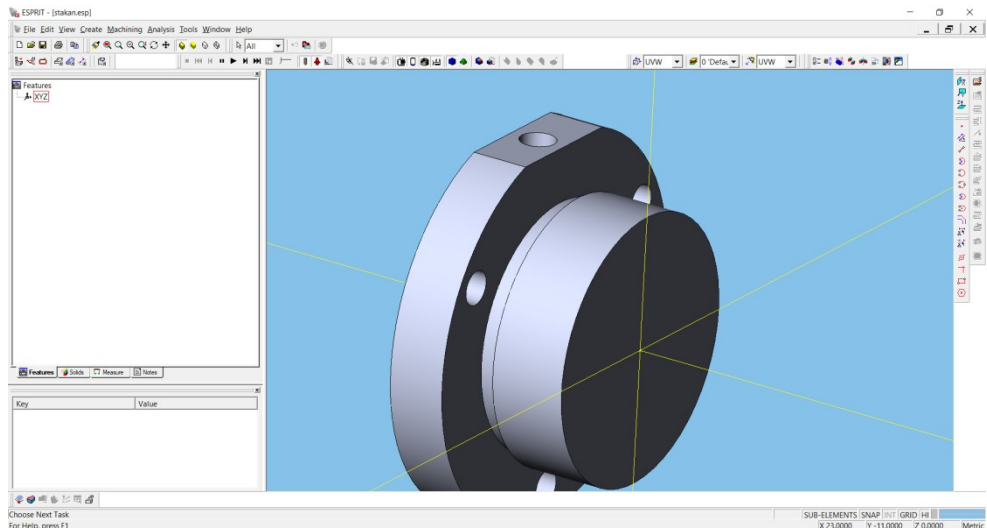


Рисунок 2.3 – 3D модель деталі стакан

2. Створення заготовки

В Esprit сформовано циліндричну заготовку з припусками на всі оброблювані поверхні (рис. 2.4).

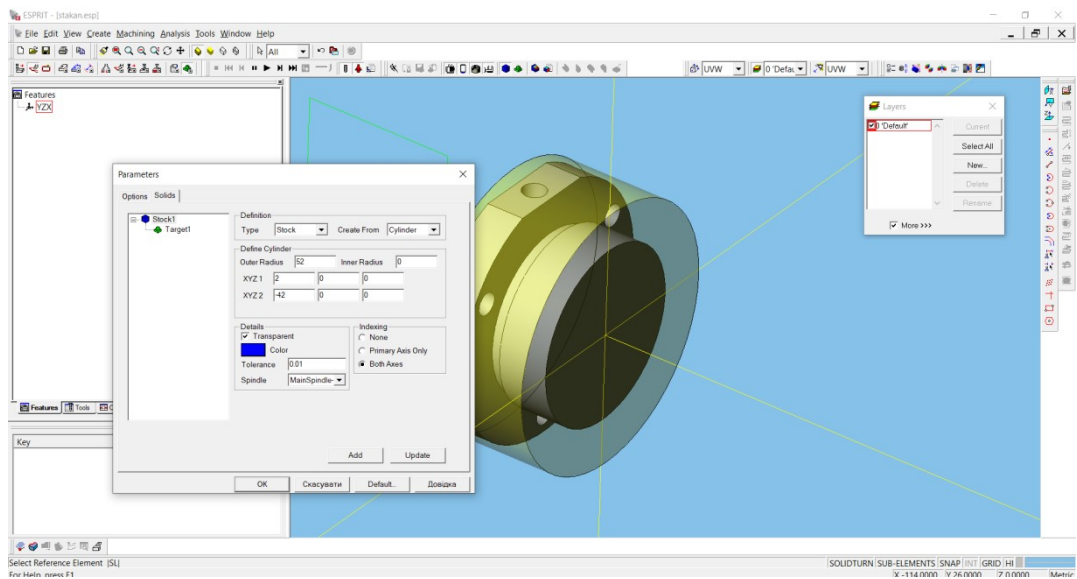


Рисунок 2.4– Модель заготовки у САМ-середовищі

3. Розпізнання елементів обробки

Здійснено автоматичне або ручне розпізнавання контурів і поверхонь для оброблення: торці, зовнішній $\varnothing 70$, внутрішній $\varnothing 65$, канавка, фаски тощо (рис. 2.5).

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ

Арк.

36

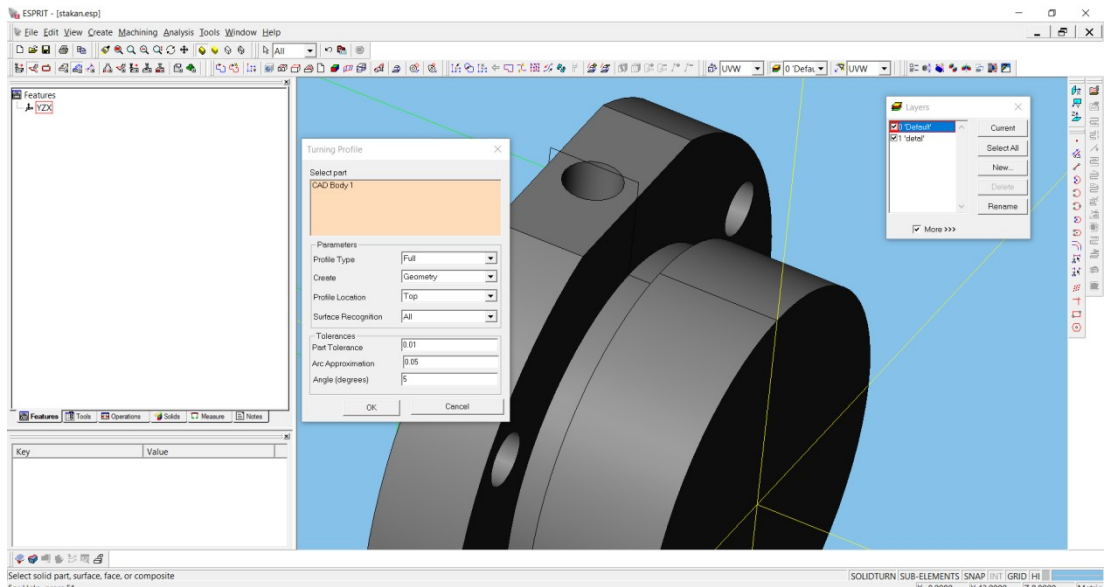


Рисунок 2.5 – Розпізнані елементи оброблення в САМ Esprit

4. Вибір типу оброблення

Обрано тип операцій: чернове точіння, чистове точіння, розточування, оброблення канавки (рис. 2.6).

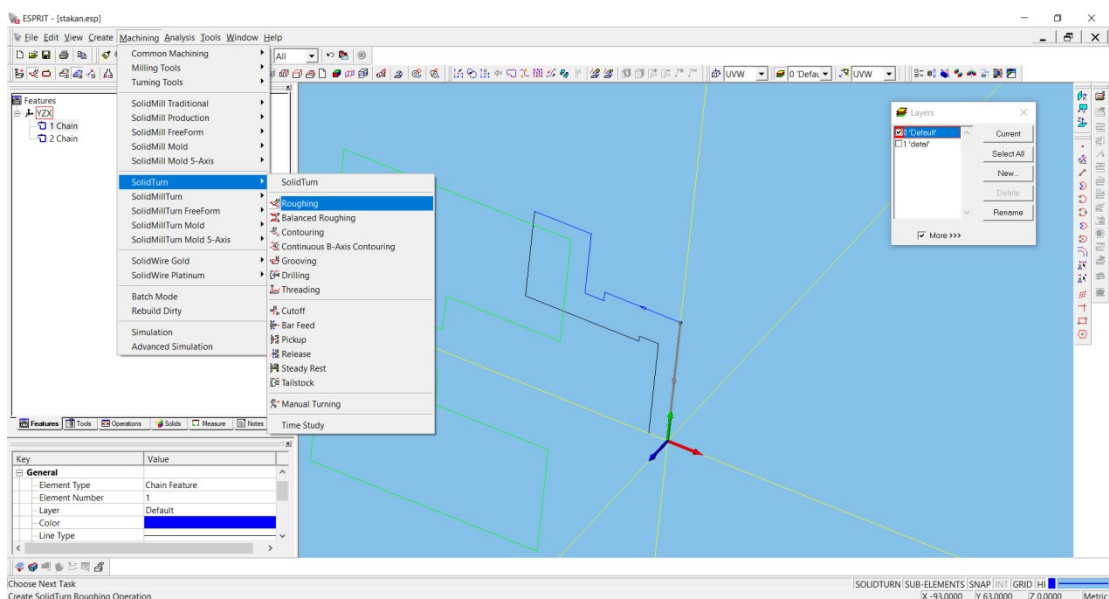


Рисунок 2.6 – Вибір операцій оброблення в Esprit

5. Вибір інструменту

Підбрано відповідні токарні різці для кожної з операцій, зокрема:

– Різець прохідний із пластиною CNMG для Ø70

										Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ					37

- Розточувальний різець з пластиною CCMT для Ø65
- Канавковий різець MGMN400 для канавки
- Вказано довжини виступів, режими охолодження (рис. 2.7)

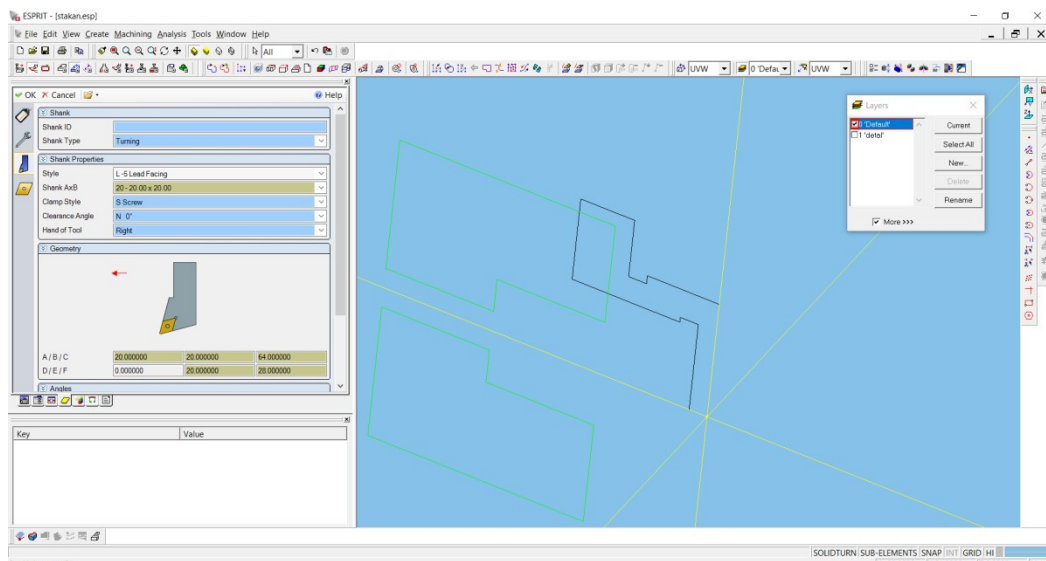


Рисунок 2.7 – Параметри вибраного ріжучого інструменту

6. Призначення режимів різання На підставі властивостей матеріалу (сталь 45 або 20X) та типу інструменту обрано режими різання: – V (швидкість різання), – S (число обертів), – f (подача), глибина різу (рис. 2.8).

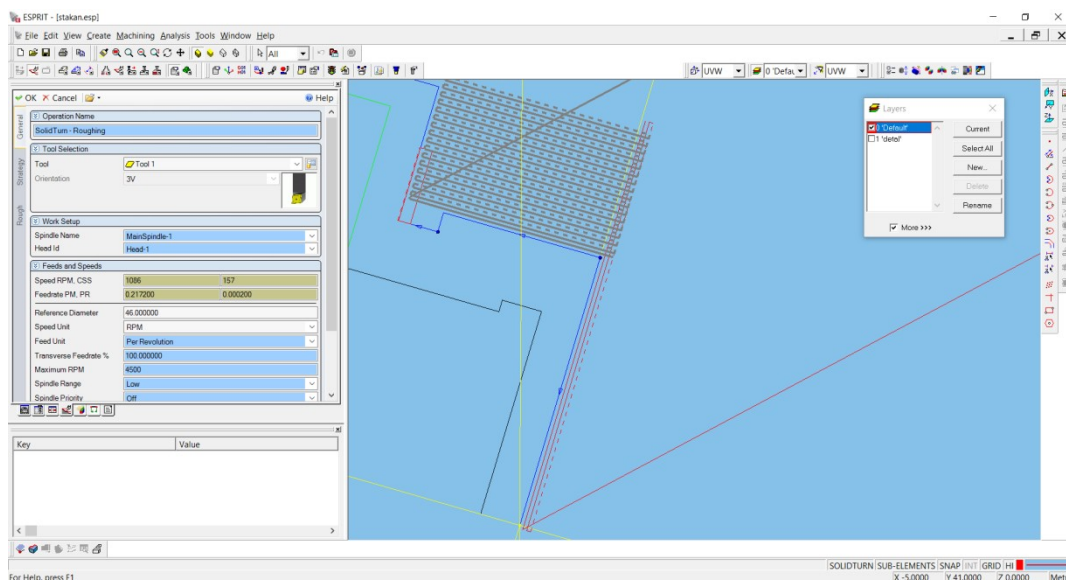


Рисунок 2.8– Вибір режимів різання

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ

Арк.

38

7. Побудова траєкторій обробки Згенеровано траєкторії інструмента для кожної з поверхонь, враховуючи підходи/відходи, відступи, чистові проходи (рис. 2.9).

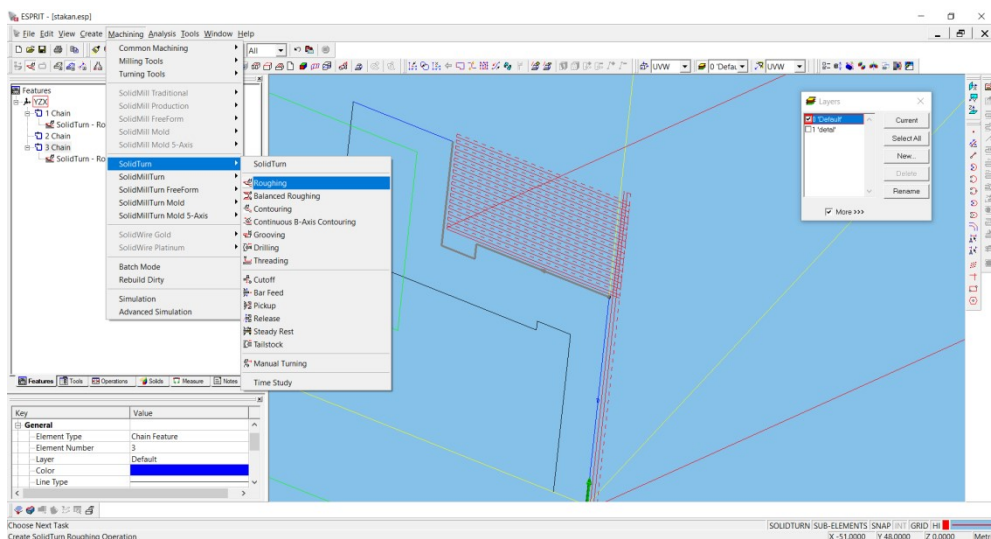


Рисунок 2.9 – Траєкторія інструменту при точінні деталі стакан

8. Генерація програми в G-кодах

Після перевірки симуляції та усунення помилок виконано постпроцесування програми відповідно до керуючої системи верстата (HAAS ST-10) (рис. 2.9).

9. Перегляд та оптимізація програми

Фрагмент G-кодів вручну перевірено для відповідності технічному завданню. Програма експортується на ЧПК-верстат.

Текст згенерованої програми наведено у додатку до пояснювальної записки.

Усі обробки виконуються на HAAS ST-10 – токарному верстаті з ЧПК.

Якщо потрібно, можна створити візуалізацію/імітацію роботи Esprit або G-коди.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ

Арк.

39

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Спеціальне механізоване оснащення

Силовий розрахунок пристосування.

Деталь базується на зовнішній робочій поверхні і точці. Для цієї мети використовується призма.

При фрезеруванні лиски виникає осьова сила $P_z = 942$ Н. Зсуву заготовки перешкоджає конструктивне розташування опорних поверхонь пристосування

Розраховується сила, з якою плашка притискає заготовку. Ця сила повинна бути більшою за крутний момент кінцевої фрези. Тільки за цієї умови не буде прокручуватися при фрезеруванні [2]. .

Сила, що виникає при фрезеруванні: $P_z = 942$ Н

Тангенційна сила: $P_x = 0.3 \cdot P_z = 282.6$ Н

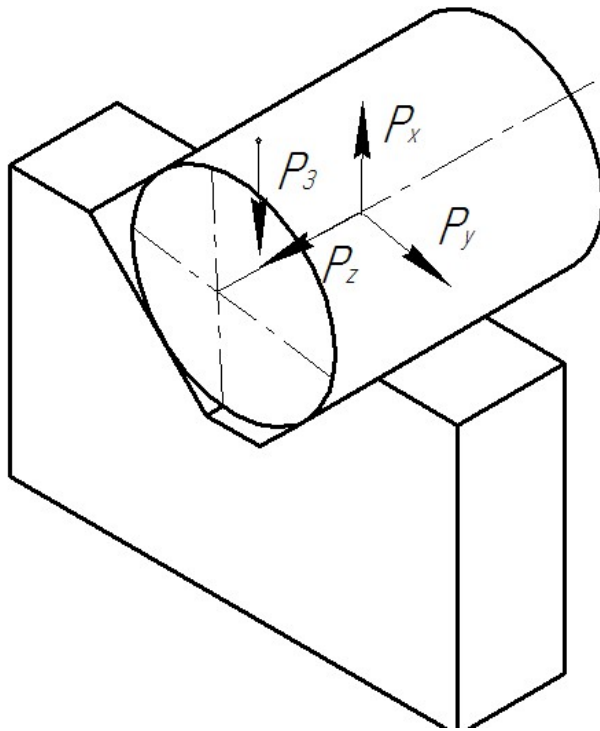


Рисунок 3.1 – Схема для силового розрахунок пристосування

Сила притиснення заготовки розраховується за формулою 3.1:

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40

$$P_3 = \frac{KP_y}{(f_2 + 0,5f_1 / \sin 0,5\alpha)} \quad (3.1)$$

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

$K_0=1.5$ (гарантований запас)

$K_1=1$ (при чистовій обробці)

$K_2=1.2$ (при фрезеруванні циліндричною фрезою)

$K_3=1$ (не торцеве фрезерування)

$K_4=1.3$ (ручний привід)

$K_5=1$ (при зручному розташуванні)

$K_6=1.5$ (при встановленні на опори)

$K=1,5 \times 1 \times 1,2 \times 1 \times 1,3 \times 1 \times 1,5=3,51$

$\alpha=90^\circ$

$f_1=f_2=0.16$

$$P_3 = \frac{3,51 \cdot 282,6}{(0,16 + 0,08 / \sin 45)} = 768H$$

Допустиме зусилля штиря визначимо за умовою міцності формула 3.2:

$$Q = 0.64\pi d^2 [\sigma_p] / 4 \quad (3.2)$$

$$Q = 0,5d^2 [\sigma_p] = 0.5 \cdot 0.011^2 \cdot 75 \cdot 10^6 = 4537 H.$$

$[\sigma_p]$ – допустиме розтягування матеріалу штиря при змінних навантаженнях (для сталі 45 $[\sigma_p] = 75$ МПа)

D – діаметр канавки штиря ($d = 11$ мм).

Сила при фрезеруванні порядком менша за силу закріплення пристосування.

Спроектований універсально-збірний пристрій здатний витримати навантаження від сили різання при фрезеруванні лисок.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

3.2 Проектування калібр-пробки для контролю $\text{Ø}50\text{H}9$

Розрахуємо калібр-пробку для контролю отвору діаметром $\text{Ø}50\text{H}7$. Згідно з вимогами ДСТУ 2485-2001, встановлюються наступні параметри допусків для калібру: допуск Z становить 15 мкм, відхилення прохідної сторони Y дорівнює 0 мкм, а відхилення непрохідної сторони H дорівнює 6 мкм. Це означає, що прохідна частина калібру-пробки повинна відповідати максимально допустимому розміру отвору (тобто 50,000 мм), у той час як непрохідна частина буде більша на 15 мкм, але з урахуванням додаткового відхилення на 6 мкм (тобто 50,021 мм). В результаті калібр-пробка матиме дві контрольні частини: прохідну з точним розміром 50,000 мм і непрохідну з розміром 50,062 мм. Ці значення забезпечують надійний контроль отвору, гарантуючи, що фактичний розмір знаходиться у межах поля допуску. Схема розташування полів допусків для калібру-пробки представлена на рисунку 3.2, при цьому всі відхилення зазначено в мікрометрах.

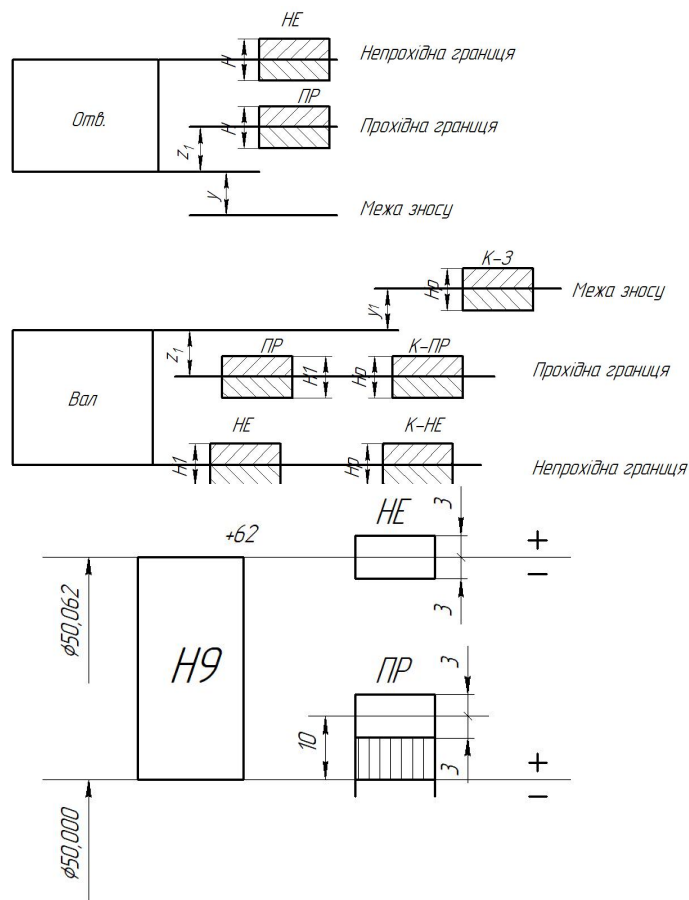


Рисунок 3.2 – Поля допусків

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

Прохідний калібр – пробка:

Виконавчий розмір калібру пробки:

$$D_{\text{и min}} + Z + \frac{H_{\text{ц}}}{2} = 50 + 0,062 + \frac{0,006}{2} = 50,062 - 0,003 \text{ мм};$$

Середньостатистичне зношування пробки:

$$Z_{\text{ср}} = Z = 10 \text{ мкм}; \quad (3.3)$$

$$30\% \text{ } \mathcal{B}_{\text{ср}} = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ мкм} = 0,003 \text{ мм}; \quad (3.4)$$

Зношування здійснене робітником допускається до розміру:

$$D_{\text{min}} + 30\% \text{ } \mathcal{B}_{\text{ср}} = 50 + 0,0045 = 62,0045 \text{ мм}; \quad (3.5)$$

Зношування здійснене цеховим контролером допускається до розміру:

$$D_{\text{min}} = 50 \text{ мм.}$$

Непрохідний калібр-пробки

Виконавчі розміри:

$$D_{\text{и max}} + \frac{H_{\text{ц}}}{2} = 50,015 + \frac{0,006}{2} = 50,018 - 0,003 \text{ мм.} \quad (3.6)$$

Результати розрахунку (в мм) зведено до таблиці 3.2:

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків виконавчих розмірів калібру-пробки

Найменування калібру	Номінальний розмір калібру	Виконавчий. розмір калібру	Середнє зношування Z_{cp}	Зношування робітн.	Зношування цеховим контролером
ПР	50	50,018 _{-0,06}	0,015	50,015	50
НЕ	50,033	50,033 _{-0,06}	—	—	—

Кресленики двох розроблених односторонніх калібрів-пробок подано в додатку.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні засади техніки безпеки

Промислова дільниця, на якій здійснюється механічна обробка деталей типу тіл обертання, оснащена сучасним високотехнологічним обладнанням. Виробничий процес включає токарну, свердлильну, фрезерну, а також зовнішню та внутрішню шліфувальні операції. Для забезпечення цих процесів використовуються верстати з числовим програмним керуванням: HAAS ST-10 (токарний), HAAS VF-2TR (фрезерний центр) і STUDER S33 (шліфувальний верстат). Дільниця працює у три зміни. У першій та другій змінах задіяно по п'ять працівників. Розміри приміщення – 22,7 метра завдовжки, 24 метра завширшки і 9,25 метра заввишки – відповідають вимогам ергономіки, нормативам охорони праці та пожежної безпеки.

4.2. Техніка безпеки

4.2.1. Організація охорони праці на дільниці

На виробничій дільниці можуть виникати небезпечні ситуації, пов'язані з технічними несправностями верстатів, помилками в експлуатації, захаращеністю робочого простору та можливим ураженням електричним струмом. За дотриманням правил безпеки відповідає начальник дільниці, а в кожній зміні – призначений майстер. Для запобігання нещасним випадкам запроваджено обов'язкове навчання працівників правилам охорони праці за системою інструктажів. При прийомі на роботу кожен працівник проходить вступний інструктаж у кабінеті охорони праці. Далі, перед початком виконання виробничих завдань, здійснюється первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці з демонстрацією безпечних методів роботи. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на пів року з метою актуалізації знань і підвищення рівня усвідомлення вимог безпеки. У разі впровадження нових технологій, змін у нормативних документах або

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

порушення працівником встановлених вимог виконується позаплановий інструктаж. Перед виконанням разових або потенційно небезпечних робіт проводиться цільовий інструктаж за нарядом-допуском.

Усі види інструктажів реєструються в спеціальних журналах або в особових картках з обов'язковим засвідченням підписами. Медичне обслуговування працівників здійснюється через заводську амбулаторію. У виробничому приміщенні передбачено наявність аптечки швидкої допомоги, а персонал проходить навчання з основ надання домедичної допомоги постраждалим у разі аварійних ситуацій.

4.2.2. Технічні засоби попередження травматизму

На дільниці застосовується сучасне металорізальне обладнання, що відповідає вимогам чинних міжнародних і гармонізованих національних стандартів безпеки, таких як ДСТУ EN ISO 23125:2016 для токарних верстатів, ДСТУ EN 12417:2016 для фрезерних обробних центрів, ДСТУ EN 13218:2017 для шліфувальних верстатів, а також загального стандарту машинної безпеки ДСТУ EN ISO 12100:2014. Усі верстати мають конструктивні елементи, що забезпечують безпечну експлуатацію: захисні кожухи, прозорі екрани, стаціонарні огороження, блокування та кнопкові панелі аварійної зупинки. Металеві частини, які можуть опинитися під напругою, обладнані системою заземлення.

Обладнання розміщено з урахуванням безпечних відстаней між верстатами та елементами виробничого простору. Проходи шириною не менше 2 метрів і транспортні проїзди шириною 3 метри не захищаються й позначаються сигнальними елементами. Робочі місця спроектовані з урахуванням ергономіки, що сприяє зниженню ризику виробничого травматизму. Працівники дільниці забезпечуються засобами індивідуального захисту відповідно до затверджених норм, включаючи спецодяг, захисні окуляри та, за потреби, інші захисні елементи.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.2.3. Електробезпека

Електроживлення технологічного обладнання здійснюється від трифазної мережі з напругою 380 В. Загальне освітлення працює на напрузі 220 В, а місцеве — на зниженій безпечній напрузі 36 В. Усі електроустановки змонтовані відповідно до вимог чинних нормативних документів, зокрема Правил улаштування електроустановок. Передбачено системне заземлення всього обладнання ділянки.

Внутрішній контур заземлення реалізовано шляхом прокладення металевих шин по периметру виробничого приміщення на висоті 20 см від підлоги з підключенням до корпусів верстатів. Зовнішній контур заземлення розташовано за межами приміщення на глибині 0,7 метра. Як заземлювачі використано відрізки кутової сталі №5 завдовжки 2,8 м, з'єднані сталеву стрічкою перерізом 4×40 мм. Розрахунок виконано для умов використання мережі з ізольованою нейтраллю, із допустимим опором заземлювального пристрою не більше 4 Ом, при питомому опорі ґрунту $1,8 \times 10^4$ Ом·см.

4.2.4. Правила безпеки на робочому місці

У рамках організації безпечних умов праці для верстатників передбачено чітке дотримання низки вимог. Робоче місце повинно підтримуватись у чистоті та бути вільним від сторонніх предметів, які можуть заважати руху оператора або створювати небезпеку. Перед початком роботи, а також упродовж зміни працівник зобов'язаний контролювати технічний стан обладнання, перевіряти справність верстата і всіх допоміжних пристроїв.

Виконання технологічних операцій допускається лише за умови наявності справного спецодягу та головного убору. Під час роботи оператор повинен бути уважним до потенційно небезпечних елементів обладнання, особливо до рухомих частин, що не мають огорожень. Забороняється передавати предмети через робочу зону верстата під час його роботи, оскільки це може спричинити травмування. Обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту очей, таких як захисні окуляри або екрани, особливо

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

при обробці матеріалів, які утворюють стружку, що може відлітати з високою швидкістю.

4.3. Мікрокліматичні умови на ділянці

4.3.1. Мікроклімат ділянки

Для створення безпечних і комфортних умов праці на ділянці передбачено підтримання мікрокліматичних параметрів у межах допустимих значень згідно з чинними санітарними нормами. У холодний та перехідний періоди року температура повітря підтримується на рівні 18–20 °С, відносна вологість становить 40–60 %, а швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. У теплий період року допустима температура повітря становить 21–23 °С, вологість залишається в межах 40–60 %, а швидкість руху повітря допускається не більше 0,33 м/с. Задля підтримання вказаних параметрів на ділянці передбачається використання системи аерації, механічної витяжної вентиляції та повітряного опалення.

4.3.2. Опалення і вентиляція

Опалення виробничого приміщення здійснюється за допомогою повітряно-рециркуляційної установки типу СДТ, яка монтується біля одного з торців приміщення. Така система забезпечує рівномірний розподіл тепла по всій робочій зоні. Вентиляція запроєктована комбінованою: природна вентиляція реалізується через відкриті фрамуги світлових прорізів у верхній частині стін, а механічна витяжка здійснюється за допомогою вентиляторної установки, розрахованої на необхідний повітрообмін.

Об'єм приміщення ділянки становить 5535,2 м³. Для розрахунку ефективності механічної вентиляції прийнято коефіцієнт кратності повітрообміну $K = 1,2$. Це забезпечує оновлення повітряного середовища відповідно до санітарно-гігієнічних вимог і підтримання допустимих мікрокліматичних умов упродовж усього виробничого циклу.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

1. Необхідна продуктивність вентилятора визначимо за формулами, (4.1) :

$$Q = K \times V = 1,2 \times 5535,2 = 6642,24 \text{ м}^3/\text{ч},$$

За [27] приймемо вентилятор із загального призначення радіальний типу В-Ц4-70 номер 6,3 із продуктивністю ($Q_v = 7500 \text{ м}^3/\text{г}$, тиском $H_v = 110 \text{ кгс/м}^2$ і коефіцієнтом корисної дії $\text{ККД} = 0,8$).

2. Визначаємо потужність двигуна:

$$N = K_z \frac{Q_v \cdot H_v}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_n \cdot \eta_v}; \quad (4.1)$$

де, K_z – коефіцієнт запасу потужності двигуна, $K_z = 1,1$.

Q_v – продуктивність вентилятору, $\text{м}^3/\text{г}$ $Q_v = 7500$.

H_v – тиск вентилятору, кгс/м^2 , $H_v = 110$.

η_n – ККД підшипника, $\eta_n = 0,95$.

η_v – ККД вентилятору, $\eta_v = 0,8$.

Підставимо відомі дані в (4.1):

$$N = 1,1 \frac{7500 \cdot 110}{3600 \cdot 102 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 3,1 \text{ кВт}$$

За [27] приймаємо до установки електродвигун типу 4А100L4 потужністю $N = 4,0 \text{ кВт}$ та числом обертів $n = 1465 \text{ об/хв}$.

4.4. Протипожежний захист ділянки

Пожежі на виробництві становлять серйозну загрозу як для життя і здоров'я працівників, так і для матеріальних ресурсів підприємства. Саме тому організація протипожежного захисту на виробничих об'єктах, зокрема в цехах і на ділянках, є важливою складовою загальної системи охорони праці. Значну роль у

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

попередженні пожеж відіграють підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій, які здійснюють державний пожежний нагляд та координують профілактичну роботу.

Нормативно-правовими актами передбачено відповідальність працівників за дотримання правил пожежної безпеки на робочих місцях. Також визначено обов'язковість навчання персоналу заходам пожежного захисту, створення добровільних пожежних формувань та належне технічне оснащення діляниць засобами гасіння вогню.

У межах проєктного рішення передбачено оснащення діляниці автоматизованою пожежною сигналізацією, що забезпечує своєчасне виявлення займання та подачу відповідного сигналу. Розроблено схему евакуації працівників у разі виникнення пожежі з урахуванням розміщення обладнання, проходів та аварійних виходів.

За класифікацією об'єктів щодо вибухопожежної та пожежної небезпеки, діляниця належить до категорії «Д», що характеризується наявністю негорючих матеріалів і відсутністю високотемпературних процесів. Конструктивно приміщення відповідає другому ступеню вогнестійкості, що гарантує достатню межу вогнетривкості будівельних конструкцій.

Найбільш імовірними джерелами займання можуть бути електрообладнання, а також мастильні або обтиральні матеріали, що застосовуються під час обслуговування верстатів. З метою оперативного реагування у випадку загоряння на діляниці передбачено встановлення пожежного крана зі шлангом довжиною 20 метрів і пожежним стволом. Також передбачено типовий протипожежний стенд, на якому розміщуються вуглекислотний вогнегасник ОУ-5, пінний вогнегасник ОХП-10, а також резервуар з водою та ящик із піском для локалізації можливих вогнищ загоряння.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Стакан 709.40.08» в умовах дрібносерійного виробництва з використанням сучасного металорізального обладнання з числовим програмним керуванням. Основою для побудови процесу стали вихідні конструкторські дані: креслення деталі, матеріал, а також серійність виробництва.

Проведено всебічний аналіз технологічності конструкції, в результаті якого виявлено низку нетехнологічних елементів, що ускладнювали обробку. Запропоновано шляхи їх усунення за допомогою відповідних конструктивних рішень і впровадження оснащення, яке спрощує базування та закріплення заготовки.

Обґрунтовано вибір способу отримання заготовки на основі аналізу габаритів, форми деталі, особливостей матеріалу та типу виробництва. Розроблено та оформлено креслення заготовки відповідно до вимог ДСТУ 3.1128:2014.

Створено маршрут обробки деталі з розподілом поопераційного переходу, підбрано обладнання з ЧПК, зокрема токарні та фрезерні верстати, наведено їх основні технічні характеристики. Також здійснено вибір відповідного оснащення та ріжучого інструменту, що забезпечують необхідну точність та чистоту оброблюваних поверхонь. Визначено режими різання для ключових операцій, включаючи токарну, фрезерну та шліфувальну обробку. Для вертикально-фрезерувальної операції проведено розрахунок технологічної норми часу.

До проєкту включено комплект технологічної документації: маршрутні карти всього процесу, операційні карти та карти ескізів на окремі переходи. Крім того, розроблено креслення наладки для чотирьох обробних операцій, що виконуються на верстатах з ЧПК.

Таким чином, у дипломному проєкті вирішено комплекс практичних завдань з розробки технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан 709.40.08», що відповідає сучасним вимогам до організації виробництва, точності обробки та раціонального використання обладнання з числовим програмним керуванням.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
4. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. ДСТУ EN ISO 4414:2018 Пневмоприводи. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складових частин (EN ISO 4414:2010, IDT; ISO 4414:2010, IDT).
6. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
7. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови
8. ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. Наказ від 18.12.2015 № 197
9. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови.
10. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT)
11. ДСТУ ISO 866:2018 Свердла центрувальні для свердління центрових отворів без запобіжних фасок. Тип А (ISO 866:2016, IDT)

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

12. ДСТУ ISO 603-4:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 4. Шліфувальні круги для плоского шліфування, шліфування периферією круга (ISO 603-4:1999, IDT)
13. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку Наказ від 24.02.2020 № 41 Про прийняття та скасування національних стандартів.
14. ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.
15. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Наказ від 27.02.2019 № 38
16. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
17. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.-358 с.
18. Плєскач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плєскача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
19. Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 256 с
20. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
21. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
22. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

23. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
24. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
25. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
26. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
27. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. Суми : Університетська книга, 2023. - 557 с. І8ВХ 978-966-680-577-8

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.32.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55