

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

«Удосконалення технології виготовлення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» із використанням верстату з ЧПК»
Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

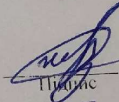
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 Прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма «Технології машинобудування»
Назва

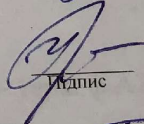
Шифр ДП.ПМ.ФІТА.25.27 ПЗ

виконав студент 4 курсу група ПМТ-21-1
Шифр


Підпис

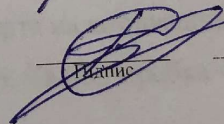
Владислав ЖИТНЯК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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


Підпис

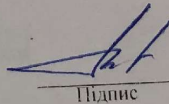
Євген УРБАНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

формоконтролер канд. техн. наук., доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

захисту допускаю:
відувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

та «24» сервня 2025

Хмельницький 2025

**ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ
КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студ. гр. ПМТ-21-1 Житняк Владислав Олександрович

Тема затверджена наказом ректора

№23 від 07.02.2025р.

Тема роботи: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» із використанням верстатів з ЧПК»

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I _____ 30.04.2025

Розділ II _____ 10.05.2025

Розділ III _____ 30.05.2025

Розділ IV _____ 05.06.2025

Перелік графічних матеріалів: 1. Кресленик деталі – 1 арк. ф.А2; 2. Кресленик заготовки – 1 арк. ф.А2; 3. Графотехнологія - 1 арк. ф.А1; 4. Карта налагодження для верстата з ЧПК – 1 арк. ф.А1; 5. Верстатний пристрій - 2 арк. ф.А1; 6. Калібр-пробка – 1 арк. ф.А3.

Термін подання закінченої роботи 10.06.2025

Завідувач кафедри _____ В.П. Ткачук

Керівник роботи _____ Є.А. Урбанюк

Студент _____ В. Житняк

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Житняк Владислав Олександрович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» з використанням верстату з ЧПК

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

Декан факультету



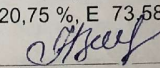
ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Житняк В.О. з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 3,57 %, задовільно 96,43 %.
шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 5,66 %, D 20,75 %, E 73,58 %.

Методист факультету



(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

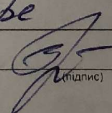
Студент

Житняк В.О. виконав кваліфікаційну роботу згідно завдання. Виявив при цьому достатній рівень освіти "бакалавр" задоволення інтелекту і спеціальної творчості. Додатково на дану тему і графічні матеріали роботи виконав з врахуванням вимог, що ставляться до технічних розробок.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

добре

Керівник дипломного проєкту



Урбанак В.А.

(ім'я, прізвище)

" 24 " серпень 2025 р.

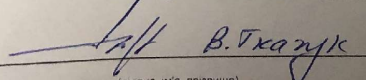
ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Житняк В.О. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(назва)



(підпис, ім'я, прізвище)

" 24 " серпень 2025 р.

Завідувачу кафедри
технології машинобудування
доц. Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Житняка В.О.
факультет інженерії, транспорту і архітектури
курс 4-й, група ПМТ-21-1

ЗАЯВА

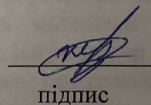
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений 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 (Unicheck 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.

15 червня 2025р.

дата


підпис

/Житняк В.О./

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Житняк В.О., гр. ПМТ-21-1

Тема: «Технологія виготовлення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» з використанням верстату з ЧПК»

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра

Кількість листів креслень 5,25 арк. ф.А1.; кількість сторінок записки 65с. з додатками

1. Короткий зміст дипломної та прийнятих рішень: розроблена технологія виготовлення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» з використанням верстатів з ЧПК, спроектований верстатний пристрій та калібр скоба; описані заходи з охорони праці на машинобудівному підприємстві.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: кваліфікаційна робота цілком відповідає виданому завданню як за змістом, так і за обсягом.
3. Характеристика виконання кожного розділу роботи, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи;
 - 1) В загальному розділі проведений аналіз конструкції деталі, вимог до її виготовлення, технологічності деталі і недоліків базового технологічного процесу.
 - 2) В технологічному розділі за результатами аналізу базового технологічного процесу запропоновані зміни: вибране обладнання та інструмент для виконання операцій, вибраний тип заготовки, визначені припуски на оброблення, розраховані та призначені режими різання і норми часу, розроблено фрагмент керуючої програми для оброблювального центру з ЧПК моделі IP500ПМФ4.
 - 3) В конструкторському розділі спроектований верстатний пристрій для свердлування отворів на оброблювальному центрі з ЧПК моделі IP500ПМФ4 та контрольно-вимірювальний пристрій - калібр-пробка.
 - 4) В розділі «Охорона праці» основні небезпеки та шкідливості розробленого технологічного процесу та особливості мікрокліматичних умов і їх вплив на працездатність працівників машинобудівних дільниць.
4. Позитивні сторони роботи: використані типові методики проектування технологічних процесів машинобудівного профілю.
5. Негативні сторони роботи: для розробленні керуючої програми для ВЧПК бажано було би використати спеціалізований пакет програм.
6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки дипломної роботи: пояснювальна записка та матеріали графічного розділу (кресленики) виконані з дотриманням, в основному, існуючих на даний час вимог.
7. Відгук про роботу в цілому: представлена до захисту кваліфікаційна робота відповідає спеціальності 131 Прикладна механіка.
8. Інші зауваження: -
9. Оцінка роботи – Загальна оцінка роботи «добре».

РЕЦЕНЗЕНТ Марченко Максим Васильович, к.т.н., доц.

Прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи

каф. галузевого машинобудування та агроінж.

«24» червня 2025р.

Реферат

Тема роботи: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» із використанням верстатів з ЧПК»

Автор ст. гр. ПМТ-21-1 Житняк В.О. Керівник роботи: доц. Урбанюк Є.А.

Обсяг пояснювальної записки 65 с. Графічна частина 5,25 аркушів ф.А1.

В загальному розділі наведено описання конструкції і призначення деталі, виконано аналіз технологічності деталі, визначений тип виробництва.

В технологічному розділі проведена оцінка нового варіанту технологічного процесу, вибране обладнання та інструмент для виконання операцій, проведені розрахунки собівартості і вибір типу заготовки, визначено припуски на оброблення, розраховані та призначені режими різання, норми часу. Режими різання визначалися як розрахунковим, так і табличним методами. Розроблено фрагмент керувальної програми оброблення на оброблювальному центрі з ЧПК моделі IP500ПМФ4.

В конструкторському розділі виконано проектування пристрою для свердлування отворів на оброблювальному центрі з ЧПК моделі IP500ПМФ4 та контрольньо-вимірювального пристрою - калібру-пробки.

В розділі «Охорона праці» розглянуто основні небезпеки та шкідливості розробленого технологічного процесу та особливості мікрокліматичних умов і їх вплив на працездатність працівників машинобудівних дільниць.

В додатках наведені 3D-модель деталі, технологічна документація на технологічний процес виготовлення деталі «Корпус НОШ 7234.41», а також специфікації до складальних креслеників верстатного пристрою і калібру-пробки.

Автор роботи: Житняк Владислав _____ 2025 р.

/Підпис/

/Дата/

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>		
2					
3					
4	A4		Завдання на КРБ		
5	A4		Реферат		
6	A4	КРБ.ФІТА.ПМ.25.00 РПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка	67	
7	A2	КРБ.ФІТА.ПМ.25.01.01	Кресленик деталі	1	
8	A2	КРБ.ФІТА.ПМ.25.01.02	Кресленик заготовки	1	
9	A1	КРБ.ФІТА.ПМ.25.02.01 ГТ	Графотехнологія	1	
10	A1	КРБ.ФІТА.ПМ.25.02.02 КН	Карта налагодження для верстата з ЧПК	1	
11	A1	КРБ.ФІТА.ПМ.25.03.01.00.00 СК	Пристрій верстатний	2	
12	A3	КРБ.ФІТА.ПМ.25.03.02.00.00 СК	Калібр-пробка	1	

					КРБ.ФІТА.ПМ.25.00 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив.		Житняк В.О.			Відомість кваліфікаційної 7 роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Урбанюк Є.А.					4	65
Н. Контр.		Бись С.С.			ХНУ гр. ПМТ-21-1			
Затвердив		Ткачук В.П.						

ЗМІСТ

	С.
Вступ	6
1 Загальний розділ	8
1.1 Основні завдання кваліфікаційної роботи	8
1.2 Службове призначення виробу	9
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	9
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва	10
2 Технологічний розділ	12
2.1 Аналіз конструкції деталі та базового технологічного процесу її виготовлення	12
2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору методу отримання заготовки	16
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі	20
2.5 Розроблення технологічних операцій механічного оброблення ...	22
2.6 Розрахунок та призначення припусків на механічне оброблення..	26
2.7 Розрахунок та призначення режимів різання	31
2.8 Технічне нормування операцій технологічного процесу	37
2.9 Проектування операції на верстаті з ЧПК	39
3 Конструкторський розділ	41
3.1 Проектування верстатного пристрою для розточування отвору ...	41
3.1.1 Особливості проектування верстатних пристроїв	41
3.1.2 Розроблення схеми базування та схеми закріплення	42
3.1.3 Визначення зусилля закріплення	42
3.1.4 Розроблення технічних умов та описання роботи пристрою	44
3.2 Проектування калібра-пробки	45
3.2.1 Загальні відомості	45
3.2.2 Розрахунок виконавчих розмірів калібр-пробки Ø30H7 (+0,021) .	52
4 Охорона праці	55
4.1 Характеристика шкідливих та небезпечних чинників технологічного процесу на машинобудівній дільниці	55
4.2 Електробезпека на машинобудівній дільниці	57
4.3 Розрахунок повітрообміну за надлишком явного тепловиділення для теплого періоду року	62
Висновки	64
Список використаної літератури	65
Додатки	

ВСТУП

Високий рівень організації машинобудівного виробництва має забезпечити випуск високоякісної продукції, яка могла би бути конкурентноздатною не тільки в Україні, а і за її межами. Для цього потрібно прикласти чимало зусиль. Рівень організації виробництва та якість продукції, що випускається, багато в чому залежить від використання напрацювань технічного прогресу, які постійно оновлюються. Відповідно до цього також значно підвищуються вимоги до продукції у замовника. Для їх задоволення необхідно впроваджувати автоматизацію технологічних процесів, підвищувати продуктивність праці, знижувати собівартість продукції, розробляти типові і спеціальні методи захисту від нещасних випадків робітників на машинобудівних дільницях.

Економічна ефективність виготовленні продукції визначається не лише економією коштів, але й підвищенням точності виготовлення виробів та скорочення термінів освоєння їх виробництва, що дозволяє швидше реагувати на вимоги ринку.

Одним із шляхів підвищення рівня організації виробництва є оцінювання методів отримання заготовок при порівнянні їх декількох варіантів, використання обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), що дає можливість зменшити кількість встановленого обладнання, залучити до процесу виробництва меншу кількість робочого персоналу тощо. Усе зазначене вище дає можливість зменшити собівартість виробів, час на їх виготовлення та підвищити якість виробу, що, відповідно, сприяє зростанню рейтингу підприємства.

Значний вплив на розвиток машинобудування в Україні має рівень освіти, яка здобувається у вузах за спеціальністю «Прикладна механіка». Для набуття відповідних теоретичних та практичних знань і навичок студенти виконують кваліфікаційну роботу бакалавра, мета якої - набуття навичок проектування технологій виготовлення продукції машинобудування, а також вибір оптимальних з точки зору техніко-економічних показників варіантів технологічних про-

цесів, оптимальних типів заготовок, застосування прогресивного інструменту та раціональних режимів оброблення, сучасного обладнання та оснащення тощо [1].

У зв'язку з цим в навчальному процесі важливе місце приділяється виконанню кваліфікаційної роботи за освітньою програмою «Прикладна механіка», яка закріплює і поглиблює рівень знань, що їх отримали студенти під час лекцій та практичних занять. Це дозволяє закріпити і поглибити навички студента в користуванні довідниковою літературою і даними стандартів ДСТУ, поєднуючи теоретичні знання з практичним досвідом, здобутим під час проходження практик.

Виконання кваліфікаційної роботи сприяє детальному і творчому аналізу існуючих технологічних процесів виготовленні даного типу деталі, дозволяє розвинути ініціативу студента при прийнятті рішень в процесі розв'язування технічних та організаційних задач.

В даній кваліфікаційній роботі як осново для розроблення КРБ були використані матеріали та кресленики, отримані під час практики на підприємства НВК1 м. Хмельницького, а також матеріали, надані керівником.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні завдання кваліфікаційної роботи

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра (КРБ) передбачає розроблення вдосконаленого варіанту технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001». При цьому необхідно вирішити цілий ряд завдань, які мають забезпечити вдосконалення процесу механічного оброблення деталі у порівнянні з базовим варіантом технологічного процесу шляхом використання прогресивних методів оброблення та відповідного технологічного устаткування. Для цього слід проаналізувати зміст кожної операції та переходу технологічного процесу з метою досягнення заданої точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, їх шорсткості тощо. Важливим є також аналіз операційних припусків, режимів різання та технічних норм часу базового технологічного процесу з метою їх осучаснення. Слід також проаналізувати необхідність застосування спеціальних верстатних пристроїв для закріплення деталі при механічному обробленні, а також засобів контролю розмірів відповідальних поверхонь деталі. Вибір типів і моделей обладнання теж має відповідати темі КРБ, окрім того, необхідно розробити для операцій, на яких вони мають використовуватись, карти їх налагодження і керувальні програми [1].

Розділ «Охорона праці», зазвичай, стосується розроблення заходів безпечних умов реалізації технологічного процесу оброблення заданої деталі.

Матеріали до виконання КРБ підбирались при проходженні переддипломної практики згідно пунктів завдання, що надане керівником.

Отже, в кваліфікаційна робота має містити наступне:

- внесення змін до базового технологічного процесу оброблення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» з метою покращення його техніко-економічних показників;

- розроблення конструкції верстатного пристрою для встановлення заготовки при її обробленні;
- розрахунок і розроблення конструкції калібру для контролю розміру відповідальної поверхні деталі;

Основними вихідними даними для розроблення КРБ є:

- робочий кресленник деталі «Корпус НОШ 7234.41.001» і технічні умови на його виготовлення;
- річна програма випуску – 1000 шт.;

Завдання КРБ передбачає розроблення технологічного процесу виготовлення деталі „Корпус НОШ 7234 41.001” із застосуванням верстатів з ЧПК. Для цього потрібно вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі, в тому числі: обґрунтовано вибрати типи обладнання для нового технологічного процесу, механізувати верстатні пристрої там, де це можливо зробити для покращення умов механічного оброблення заготовки.

1.2 Службове призначення виробу

Корпус НОШ 7234 41.001 є базовою деталлю виштовхувача, у якому для приводу переміщення штовхача у корпусі встановлюється рейкова передача. Виштовхувач НОШ 7234 41, в свою чергу, входить до складу технологічного устаткування, що призначене для очищення стрічкових транспортерів від небажаного налипання породи, що переміщається на транспортерах гірничорудного обладнання.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Корпус НОШ 7234 41.001 є корпусною деталлю, яка підлягає дії навантажень, що викликають напруження згинання, та сил тертя від переміщення рейки відносно зубчастого колеса, тому до нього ставлять особливі вимоги, так як від якості виготовлення даної деталі залежить безперебійна робота всього ме-

ханізму. Корпус, якому встановлюється зубчасте колесо та зубчата рейка, кріпиться до рами виштовхувача. Зубчасте колесо закривається кришкою і вся конструкція закріплюється за допомогою болтів, шпильок і гайок. Тому до двох торцевих поверхонь корпусу ставлять додаткові вимоги взаємного розташування цих поверхонь, їх розташування відносно отвору $\varnothing 60$ та до якості оброблення відповідальних поверхонь.

Для оброблення відповідальних поверхонь корпусу поряд із універсальним устаткуванням доцільно застосовувати також верстати з ЧПК, що забезпечить підвищення точності виготовлення деталі.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Попередньо тип виробництва визначається за масою деталі та річною програмою випуску виробу [2]. Маса корпусу - $m_d=2,95$ кг, річна програма випуску - $N=1000$ шт./рік.

Тип виробництва визначаємо із врахуванням даних базового технологічного процесу (БТП).

Штучно-калькуляційний час розраховуємо наближено за формулою:

$$T_{шт.-к.} = \varphi_k \cdot T_o \quad (1.1)$$

де $T_{шт.-к.}$ - штучно-калькуляційний час на операцію, хв.

φ_k – коефіцієнт, що враховує степінь наближеності розрахунків, $\varphi_k = 1,2$.

Необхідна кількість верстатів для виконання заданої програми за БТП визначалась за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_o}{60 F_D \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.2)$$

тут F_D – дійсний фонд робочого часу в році, днів;

$\eta_{з.н.}$ - коефіцієнт використання робочого часу нормативний.

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P, \quad (1.3)$$

де $\eta_{з.ф.}$ - коефіцієнт використання робочого часу фактичний;

P – число задіяних операцій технологічного процесу.

Кількість операцій, які виконуються на робочому місці:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.}, \quad (1.4)$$

Коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}. \quad (1.5)$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 1.1

Таблиця 1.1 - Дані для вибору типу виробництва

Операції базового ТП	T_o	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
Фрезерувальна	8,944	0,046	1	0,046	18
Свердлувальна	3,513	0,018	1	0,018	44
Шліфувальна	2,894	0,014	1	0,014	57
Розточувальна	6,104	0,031	1	0,031	25
Різенарізна	13,547	0,07	1	0,07	11

Коефіцієнт закріплення операцій: $K_{з.о.} = \frac{155}{5} = 31$.

Отже, вибираємо середньо-серійний тип виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз конструкції деталі та базового технологічного процесу її виготовлення

Згідно даних із робочого кресленика деталі (див. рис. 2.1) можна стверджувати, що наявні усі дані, які необхідні для проєктування нового ТП виготовлення деталі. Для виготовлення корпусу використовується сталь 45 ДСТУ 7809. Дана марка сталі є однією з найбільш затребуваних і популярних марок конструкційних вуглецевих сталей. Окрім того, заготовки деталей із сталі 45 можуть бути виготовлені штампуванням.

Хімічний склад сталі 45 у відповідності з ДСТУ 7809, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	P	S	As	Fe
0.42-0.5	0.17-0.37	0.5-0.8	<0.25	<0.25	<0.25	<0.035	<0.04	<0.08	~97

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 після нормалізації

Стандарт	Стан поставки	Межа плинності, Rm(МПа)	Межа короточасної міцності, ReH (МПа)	Мінімальне відносне подовження σ , %	Відносне звуження, %
ДСТУ 7809	Після нормалізації	355	600	16	40

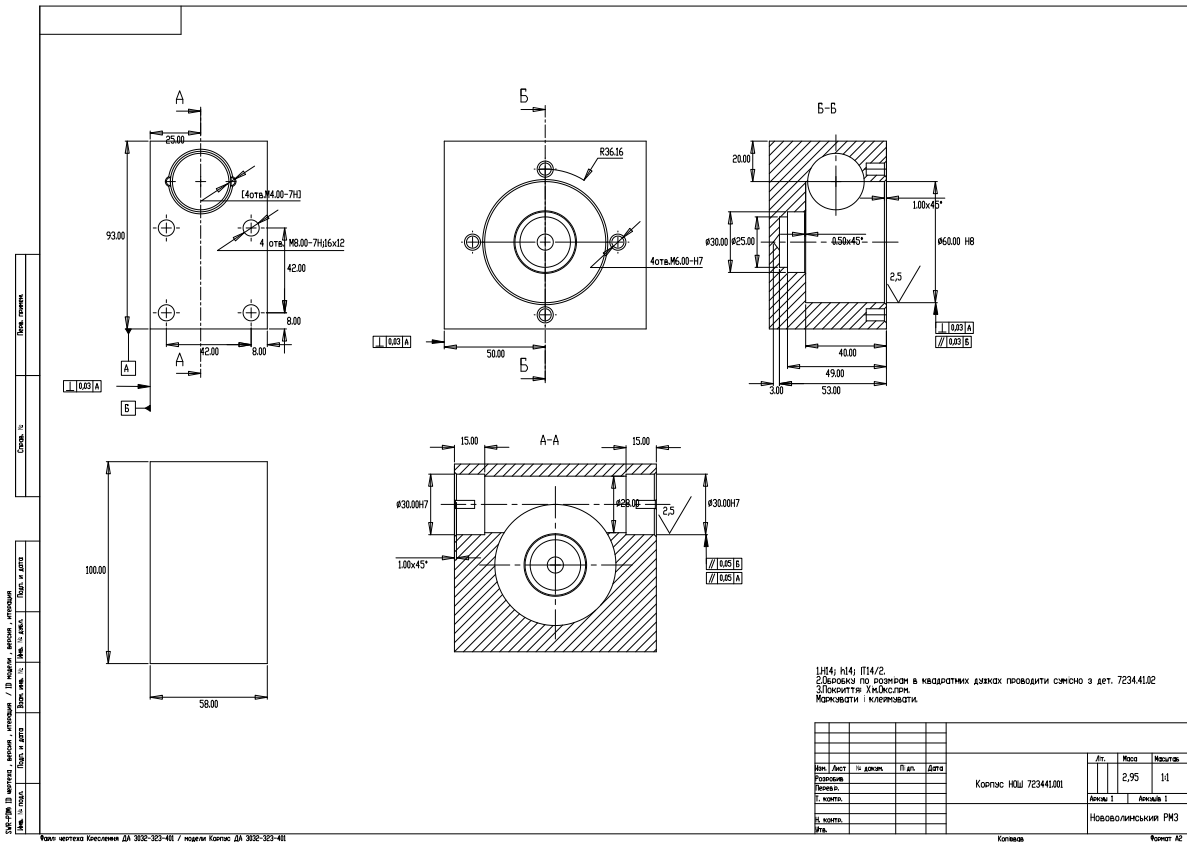


Рис. 2.1 – Робочий кресленник деталі «Корпус НОШ 7234.41.001»

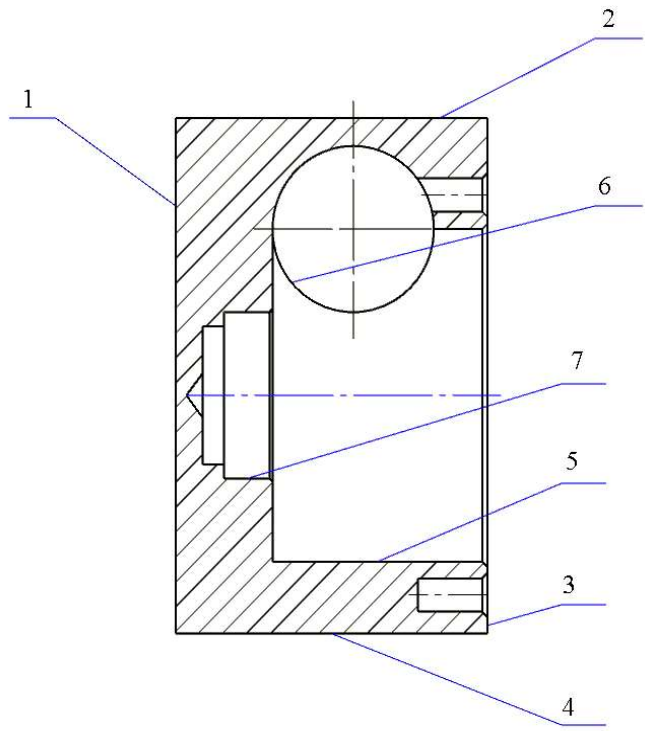


Рис. 2.2 – Перелік елементів деталі

Характеристики елементів корпусу НОШ 7234.41.001 занесені в таблицю

2.1.

Таблиця 2.1 - Перелік елементів корпусу та їх характеристики

№ з/п	Назва елемента	Квалітет то- чності	Шорсткість Ra, мкм	Призначення поверхні
1.	Плоска поверхня	14	6,3	Допоміжна поверхня
2.	Плоска поверхня	14	6,3	Допоміжна поверхня
3.	Плоска поверхня	14	6,3	Допоміжна поверхня
4.	Плоска поверхня	14	2,5	Основна поверхня, по якій базують деталь
5.	Внутрішня цилін- дрична поверхня	H8	2,5	Допоміжна поверхня
6.	Внутрішня цилін- дрична поверхня	H7	2,5	Робоча поверхня
7.	Ступінчастий глухий отвір	H7	2,5	Робоча поверхня

Структура базового технологічного процесу виготовлення корпусу, типи обладнання та пристроїв, що застосовуються, представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Базовий технологічний процес виготовлення корпусу

№ операції	Зміст операцій та переходів	Тип об- ладнання	Пристрій
1	2	3	4
005	Слюсарна		Плита
010	Газова різка (Заготовка)	ПКЦ	
015	Слюсарна		Плита
020	Маркування (на партію)		плита
025	Контрольна	Стіл ВТК	
030	Термічна	Піч	
035	Передавання на склад		
040	Вертикально-фрезерувальна. Фрезе-	6P13	Пристрій ве-

	рувати 2 площини в розмір 93,4 _{-0,2} з переустановленням		рстатний
045	Слюсарна		Верстак
050	Контрольна	Стіл ВТК	
055	Горизонтально-фрезерувальна. Фрезерувати 2 площини в розмір 58,6 _{-0,2} з переустановленням	6P83Г	Пристрій верстатний
060	Слюсарна		Верстак
065	Контрольна	Стіл ВТК	
067	Розміточна		Плита
070	Горизонтально-фрезерувальна. Фрезерувати 2 площини в розмір 100,4 _{-0,2} з переустановленням	6P83Г	Пристрій верстатний
075	Слюсарна		Верстак
080	Контрольна	Стіл ВТК	
085	Розміточна		Плита
090	Радіально-свердлувальна. Свердлувати отв. \varnothing 28мм напрохід	2M55	Пристрій верстатний
095	Слюсарна		Верстак
100	Контрольна	Стіл ВТК	
105	Плоскошліфувальна. Шліфувати площину в розмір 93мм	3Б722	Верстатний пристрій
110	Слюсарна		Верстак
115	Контрольна	Стіл ВТК	
120	Плоскошліфувальна. Шліфувати площину в розмір 58,2мм	3Б722	УСП
125	Слюсарна		Верстак
130	Контрольна	Стіл ВТК	
135	Плоскошліфувальна. Шліфувати площину в розмір 100мм	3Б722	УСП
145	Контрольна	Стіл ВТК	
150	Плоскошліфувальна. Шліфувати в розмір 58, витримати відхилення від паралельності не більше 0,02мм	3Б722	Пристрій верстатний
155	Слюсарна		Верстак
160	Контрольна	Стіл ВТК	
165	Горизонтально-розточувальна. Встановити деталь до кутника, вирівняти з точністю 0,02 мм. Розточити отв. \varnothing 30H7, витримати розміри 15мм, розточити фаску1 \times 45°. Розточити отв. \varnothing 30H7 на довжину 15мм, розточити фаску1 \times 45.	262Г	Пристрій верстатний

	Центрувати, свердлувати отв. $\varnothing 22$ мм на глибину 56. Розточити отв. $\varnothing 25$, витримавши розмір $53_{-0,1}$. Розточити отв. $\varnothing 29,2_{-0,2}$ (під $\varnothing 30H7$), витримуючи розмір 49. Розточити отв. $\varnothing 59,8_{-0,2}$, витримуючи розмір 40. Розточити отв. $\varnothing 30H7$ і фаску $0,5 \times 45^\circ$. Розточити отв. $\varnothing 60H8$, витримуючи розмір 12.		
170	Слюсарна		Верстак
175	Контрольна	Стіл ВТК	
177	Розміточна		
180	Радіально-вердлувальна. Свердлувати 4 отв. $\varnothing 6,7$ (M8-H7) і фаски $1 \times 45^\circ$ Переустановити деталь. Свердлувати 4 отв. $\varnothing 5$ (M6-H7) і фаски $1 \times 45^\circ$	2M55	Пристрій верстатний
185	Слюсарна		Верстак
190	Маркування		Плита
195	Слюсарна. Нарізати різь M8-H7 в 4-х отв., нарізати різь M6-H7 в 4-х отв.		Верстак
200	Гальванічна	Ванни	
205	Передавання на склад		

За результатами аналізу базового ТП виготовлення корпусу НОШ 7234.41.001 встановлено наступне: технологічний процес не відповідає вимогам сучасного виробництва через низький ступінь механізації і автоматизації виробничого процесу, тобто, немає застосування верстатів з ЧПК; слід відмітити також нераціональний, з нашої точки зору, вибір типу заготовки – газове вирізування із листового покату.

2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору методу отримання заготовки

Проаналізувавши конструктивні властивості деталі можна зробити висновок, що для мінімізації відходів металу, яка іде в стружку при обробленні

деталі, заготовку слід виготовляти за допомогою штампування. Але цей попередній висновок слід підтвердити техніко-економічними розрахунками.

2.2.1 Порівняння двох варіантів методу отримання заготовки

Для даної деталі варто порівняти два способи отримання заготовок:

- 1) відкрите штампування (запропонований варіант);
- 2) вирізання з прокату (базовий варіант).

Базова вартість однієї тони заготовок із сталі 45, які отриманні відкритим штампуванням складає $C=45000$ грн. Хоча вартість однієї тони заготовок, що отримані з прокату, також становить $C=45000$ грн., але кількість заготовок, отриманих із 1т прокату, буде меншою, ніж за використання 1-го способу.

Остаточню метод отримання заготовки вибираємо на основі техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості заготовок, отриманих різним способом, з допомогою спеціалізованої програми “Vartist”

Результати проведених розрахунків представлені на рис. 2.3 та рис.2.4.

Рис. 2.3 - Порівняння двох варіантів вибору заготовки за програмою “Vartist”

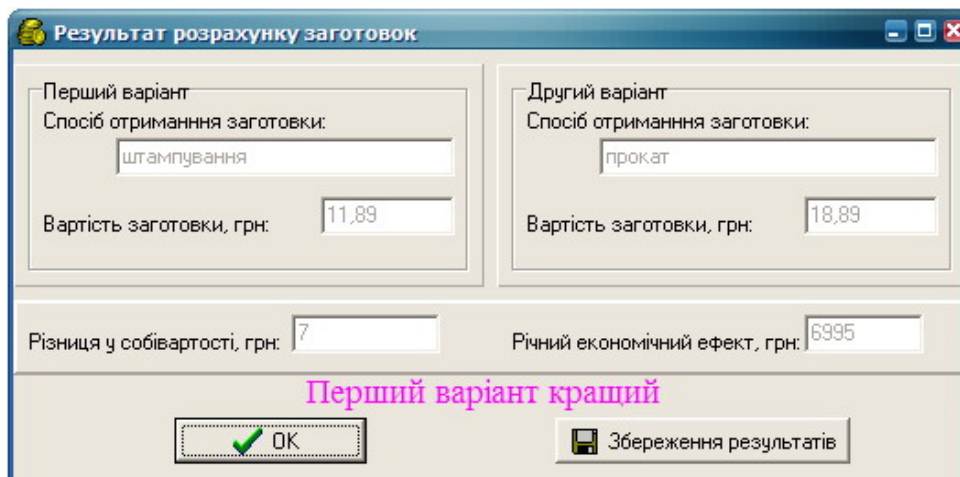


Рис. 2.3 - Результати розрахунків програми “Vartist”

Враховуючи, що програма “Vartist” була розроблена раніше і не враховує сучасних цін на продукцію заготівельного виробництва, ціни на заготовки та відходи металу корегуємо, збільшуючи у 10 разів.

Розрахунок собівартості заготовки остаточний:

Перший варіант

Спосіб отримання заготовки: штампування

Група складності заготовки: 1

Маса заготовки: 3,8 кг

Маса деталі: 2,95 кг

Базова вартість 1-ї тони заготовок: 45000 грн.

Вартість 1-ї тони відходів: 11000 грн.

Вартість заготовки: 118,9 грн.

Другий варіант

Спосіб отримання заготовки: прокат листовий

Маса заготовки: 4,6 кг

Маса деталі: 2,95 кг

Базова вартість 1-ї тони заготовок: 45000 грн.

Вартість 1-ї тони відходів: 11000 грн.

Вартість заготовки: 188,9 грн.

Висновок: Різниця у собівартості складає 70грн. Річний економічний ефект при річній програмі випуску 1000 шт. - 69950 грн.

Отже, за результатами техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості оптимальним методом отримання заготовки є відкрите штампування.

2.2.2 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки

Визначення припусків та допусків на розміри заготовки проведемо за допомогою програми “Рокровка”. Результати представлені на рис. 2.5.

1. Точность изготовления поковки - T5
 2. Группа стали - M2
 3. Степень сложности поковки - C1
 4. Поверхность разъема - плоская
 5. Расчетная масса поковки - 3,835 кг
 6. Исходный индекс - 14

7,8. Размеры поверхностей детали, припуски и допуски размеров поковки

№	Тип размера	Разм	Характер размера	Ra	Припуск	ES (es)	EI (ei)	Размер
1	Наружный	100	Длина, диаметр	от 1,6 до 10	2,3	+2,1	-1,1	104,6
2	Наружный	93	Длина, диаметр	от 1,6 до 10	2	+1,8	-1	97
3	Наружный	58	Толщина	от 1,6 до 10	2,3	+1,8	-1	62,6
4	Внутренний	60	Длина, диаметр	от 1,6 до 10	2	+1	-1,8	58
5	Внутренний	40	Длина, диаметр	от 1,6 до 10	2	+0,9	-1,6	38
6	Внутренний	25	Длина, диаметр	от 1,6 до 10	1,8	+0,9	-1,6	23,2
7	Внутренний	9	Длина, диаметр	от 1,6 до 10	1,8	+0,9	-1,6	7,2

9. Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов поковки -
 10. Штамповочные уклоны:
 на наружной поверхности - 7 град.
 на внутренней поверхности - 10 град.

Рис. 2.5 - Результати розрахунків програми “Рокровка”

Отримані результати використовуємо для встановлення розмірів заготовки, їх допусків та припусків на оброблення на відповідному кресленнику.

2.3 Вибір технологічних баз

Призначення технологічних баз є відповідальним етапом проектування технологічного процесу механічного оброблення, що тісно пов'язаний з його структурою.

Основні принципи, яких необхідно дотримуватись при призначенні баз, наступні [2]: принцип суміщення баз; принцип постійності баз; принцип єдності баз. При виборі базових поверхонь необхідно, щоб останні забезпечували добру стійкість і надійність встановлення заготовок, тобто, були достатньо розвинуті.

Проаналізувавши конструктивні властивості заготовки можна використати такі бази:

- за чорнову базу приймаємо торець 93×100 мм;
- за чистову базу - нижній торець 58×100 мм.

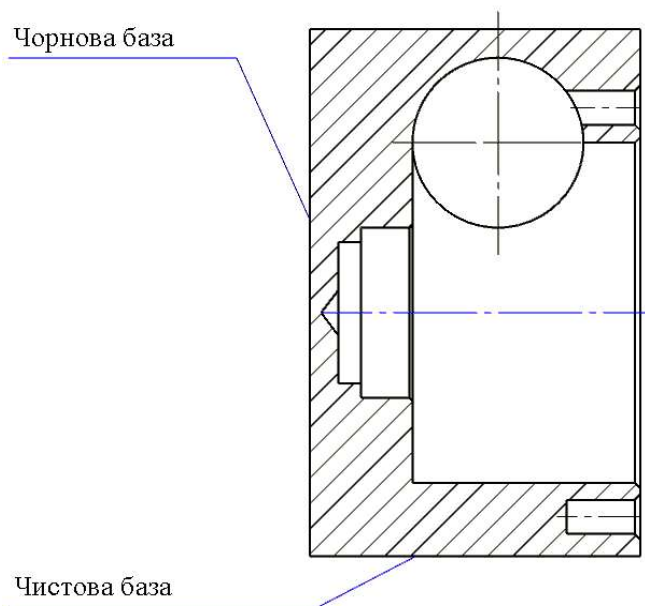


Рис. 2.5 - Технологічні бази

2.4 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі

Маршрут оброблення окремих поверхонь встановлюють, виходячи з вимог робочого кресленика і властивостей заготовки.

Послідовність методів оброблення поверхні наступна: зміст першого переходу оброблення поверхні вибирають в залежності від способу отримання за-

готовки та її точності; потім встановлюють методи кінцевого оброблення поверхні в залежності від технічних вимог, які ставляться до цієї поверхні; далі призначають методи оброблення поверхні на проміжних переходах на основі вже вибраного першого і останнього методів оброблення.

Слід пам'ятати, що кожному методу кінцевого оброблення, передує декілька попередніх переходів. Слід пам'ятати, що на чорнових операціях точність оброблення поверхні підвищується на 2...3 квалітети, на чистових - на 1...2 квалітети [3]. Враховуючи ці рекомендації, розробляємо маршрут механічного оброблення на кожну поверхню.

2.4.1 Вибір варіанта технологічного маршруту і його техніко-економічне обґрунтування

Мета даного етапу - встановити загальний план оброблення заготовки, намітити зміст операції технологічного процесу, підібрати тип обладнання.

Рішення про вибір того або іншого варіанту технологічного процесу приймають після його техніко-економічного обґрунтування. Критерій оптимальності - мінімум приведених витрат на одиницю продукції [3]. Для цього використаємо дані базового технологічного процесу.

Розглянемо це детальніше: для свердлування кріпильних отворів у корпусі можна використати вертикально-свердлувальний або радіально-свердлувальний верстат.

Собівартість оброблення на кожному верстаті визначиться за формулою:

$$C_o = \frac{C_{г.з.} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot R_g}, \text{ коп.} \quad (2.1)$$

де $C_{г.з.}$ - годинні витрати при роботі на верстаті, коп./год;

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

R_g - коефіцієнт виконання норм;

Попередньо $T_{ш-к}$ можна визначити із залежності:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k, хв \quad (2.2)$$

тут T_o - основний технологічний час, хв.

Для свердлування:

$$T_o = n \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}, хв \quad (2.3)$$

де d – діаметр отвору, що обробляється, мм;

l - глибина свердлування, мм;

n - кількість отворів.

$$T_o = 4 \cdot 0,52 \cdot 5,5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 1,144 хв.$$

Тоді штучно-калькуляційний час при обробці на верстатах буде:

- вертикально-свердлувальному

$$T_{ш-к1} = 1,144 \cdot 1,3 = 1,48 хв.$$

- радіально-свердлувальному

$$T_{ш-к2} = 1,144 \cdot 1,41 = 1,61 хв.$$

Собівартість оброблення на верстатах:

- вертикально-свердлувальному:

$$C_{o1} = \frac{110 \cdot 1,48}{60 \cdot 1,3} = 2,08 грн.$$

- радіально-свердлувальному:

$$C_{o2} = \frac{184 \cdot 1,61}{60 \cdot 1,3} = 3,8 грн.$$

Очевидно, що для виконання даної операції вибираємо вертикально-свердлувальний верстат.

2.5 Розроблення технологічних операцій механічного оброблення

В новому технологічному процесі механічного оброблення застосовуємо верстати з ЧПК з інтенсивними режимами різання, на яких за одне встановлення можливе оброблення декількох поверхонь, що веде до підвищення точності оброблення. Так як виробництво середньо-серійне, то впровадження високопродуктивного устаткування є єдиним можливим варіантом підвищення продуктивності процесу та якості оброблюваної деталі, а також зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми, зв'язані зі зміною режимів різання, переходом з оброблення однієї поверхні на іншу, зміною інструменту, що зазвичай має місце при послідовному обробленні декількох поверхонь на універсальних верстатах.

Усі робочі місця мають бути оснащені стелажми верстатника. Видалення стружки і чищення верстатів проводять гачком та щіткою при вимкненому обладнанні.

Послідовність технологічних операцій вдосконаленого маршруту механічного оброблення корпусу НОШ 7234 41.001:

001 Транспортна

Візок для перевезення металу; кран-балка $P = 10\text{т}$.

Розвантажити кран-балкою заготовки на візках.

003 Слюсарна

Верстак слюсарний 1-3-6 ОСТ 06-39-84

Зачистити облой на поверхнях корпусу.

005 Вертикально-фрезерувальна

1.Фрезерувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 93,4мм.

010 Контрольна

Контролювати паралельність площин. Стіл контрольний.

015 Вертикально -фрезерувальна

1.Фрезерувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 58,6мм.

020 Вертикально -фрезерувальна

1.Фрезерувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 100,4мм.

025 Контрольна.

Контролювати паралельність площин. Стіл контрольний.

030 Свердлувальна

Свердлувати отвір $\varnothing 28$ на прохід.

035 Плоскошліфувальна

Шліфувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 93,0мм.

040 Плоскошліфувальна

Шліфувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 58,2мм.

045 Плоскошліфувальна

Шліфувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 100мм.

050 Плоскошліфувальна

Шліфувати площину в розмір 58,0мм начисто, забезпечивши відхилення від паралельності не більше 0,02мм.

055 Розточувальна

1.Встановити деталь.

2.Розточити отвір $\varnothing 30H7$ на довжину 15мм, зняти фаску.

3.Розточити отвір $\varnothing 30H7$ на довжину 15мм з іншого боку, зняти фаску.

4.Центрувати отвір в площині під оброблення отв. $\varnothing 30H7$ і $\varnothing 60H8$.

5.Свердлувати $\varnothing 22$ на глибину 56мм.

6.Розточити отвір $\varnothing 25$, витримавши розмір 53мм.

7.Розточити отвір $\varnothing 30H7$, витримавши розмір 49мм, зняти фаску.

8.Розточити отвір $\varnothing 60H8$, витримавши розмір 40мм, зняти фаску.

060 Вертикально-свердлувальна з ЧПК

1.Свердлувати 4 отвори $\varnothing 6,7$ мм, зняти фаски.

2.Нарізати різь М8 в 4-ох отв.

Переустановити деталь.

3.Свердлувати 4 отвори $\varnothing 5$ мм, зняти фаски.

4.Нарізати різь М6 в 4-ох отв.

065 Контрольна

Контролювати відповідність деталі технічним вимогам. Стіл 8213.00.00.00. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2; нутромір НИ 50-100-1; контрольний пристрій; індикатор ИЧ10 Кл. 1..

Складаємо розширений маршрут оброблення деталі і заносимо зміст операцій, інструмент та обладнання в табл. 2.3

Таблиця 2.3 Маршрут оброблення корпусу НОШ 7234 41.001

Найменування і зміст операції	Різальний інструмент	Модель обладнання
1	2	3
005 Вертикально-фрезерувальна Фрезерувати з переустановлення деталі 2 площини, витримавши розмір 93,4- _{0,2}	Торцева насадна фреза з вставними ножами з швидкорізальної сталі ГОСТ 9473-80	6P13
015 Вертикально-фрезерувальна Фрезерувати з переустановлення деталі 2 площини, витримавши розмір 58,6- _{0,2}	Торцева насадна фреза з швидкорізальної сталі ГОСТ 9304-69	6P13
020 Вертикально-фрезерувальна Фрезерувати з переустановлення деталі 2 площини, витримавши розмір 100,4- _{0,2}	Торцева насадна фреза з швидкорізальної сталі ГОСТ 9304-69	6P13
030 Свердлувальна Свердлувати отв. $\varnothing 28$ мм напрохід	Свердло 2301-3665 ГОСТ 10903-77	2A135
035 Плоскошліфувальна Шліфувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 93,0мм.	Плоский шліфувальний круг прямого профілю ГОСТ 16169-81	3B722
040 Плоскошліфувальна Шліфувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір 58,2мм.	Плоский шліфувальний круг прямого профілю ГОСТ 16169-81	3B722
045 Плоскошліфувальна Шліфувати з переустановленням деталі 2 площини, витримуючи розмір	Плоский шліфувальний круг прямого профілю ГОСТ 16169-81	3B722

100мм.		
050 Плоскошліфувальна Шліфувати площину в розмір 58,0мм начисто, забезпечивши відхилення від паралельності не більше 0,02мм	Плоский шліфувальний круг прямого профілю ГОСТ 16169-81	ЗБ722
055 Горизонтально-розточувальна 1. Розточити отв. $\varnothing 30H7$, витримавши розмір 15мм і фаску $1 \times 45^\circ$ з одного боку; 2. Розточити отв. $\varnothing 30H7$, витримавши розмір 15мм і фаску $1 \times 45^\circ$ з іншого боку;	Різець токарний розточувальний з пластиною із твердого сплаву ВК4 ГОСТ 18872-73	ІР500ПМФ4
3. Свердлувати отв. $\varnothing 22$ мм на глибину 56мм.	Свердло спіральне ГОСТ 10903-77	ІР500ПМФ4
3. Розточити отв. $\varnothing 25$, витримавши р-р 53 _{-0,1}	Різець токарний розточувальний ГОСТ 18882-73	ІР500ПМФ4
4. Розточити отв. $\varnothing 29,2_{-0,2}$, витримуючи р-р 49мм. Розточити отв. $\varnothing 59,8_{-0,2}$, витримуючи р-р 40мм. Розточити отв. $\varnothing 30H7$ остаточно і фаску $0,5 \times 45^\circ$. Розточити отв. $\varnothing 60H8$ остаточно, витримуючи р-р 40мм.	Різець токарний розточувальний чорновий Різець токарний розточувальний чистовий	ІР500ПМФ4
060 Вертикально-свердловальна з ЧПК 1. Свердлувати 4 отв. $\varnothing 6,7$, зняти фаски $1 \times 45^\circ$; 2. Нарізати різь М8-7Н в 4-х отв. Переустановити деталь. 3. Свердлувати 4 отв. $\varnothing 5$, зняти фаски $1 \times 45^\circ$; 4. Нарізати різь М6-7Н в 4-х отв.	Свердла спіральні ГОСТ 10903-77 Мітчики ГОСТ 3266-81	2Р135Ф2

2.6 Розрахунок та призначення припусків на механічне оброблення

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на одну поверхню

Аналітичний розрахунок припусків виконуємо для переходів оброблення поверхні $\varnothing 60H8 (+0,046)$.

Кривизна профілю заготовки-поковки: $[\Delta]=0,1$ мкм на 1мм [4].

Сумарне значення просторового відхилення для заготовки даного типу визначається за формулою [4]:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}; \quad (2.4)$$

де $\rho_{кор}$ - величина короблення отвору,

$$\rho_{кор} = \rho_K \cdot D, \quad (2.5)$$

тут D – діаметр оброблюваного отвору.

$$\rho_{зм} = \delta, \quad (2.6)$$

де δ – допуск на розмір, $\delta=500$ мкм [4].

$$\rho_{кор} = 1 \cdot 60 = 60 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = \sqrt{(1 \cdot 60)^2 + 500^2} = 503,58 \text{ мкм};$$

$$\rho_1 = 503,58 \cdot 0,05 = 25,18 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 503,58 \cdot 0,004 = 2,01 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення при розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}; \quad (2.7)$$

Похибка при закріпленні заготовки становить 120мкм, тоді похибка при чорновому розточуванні буде $\varepsilon_1 = \sqrt{40^2 + 120^2} = 127$ мкм.

Залишкова похибка установки при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{ін0};$$

Так як чорнове та чистове розточування проводиться за одне встановлення, то $\varepsilon_{ін0} = 0$.

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 127 + 0 = 6 \text{ мкм}.$$

Мінімальне значення між операційних припусків:

$$2z_{\min i} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.8)$$

де Rz_{i-1} - висота мікронерівностей поверхні, які залишаються після вико-

нання попереднього переходу, мкм.

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару, який залишився після виконання попереднього технологічного переходу, мкм.

ρ_{i-1} - сумарне геометричне відхилення розташування, яке виникає на попередньому технологічному переході, мкм.

ε_{yi} - величина похибок установки заготовки при виконанні технологічного переходу, мкм.

Мінімальний припуск при розточуванні:

- чорнове розточування:

$$2z_{\min 1} = 2 \cdot \left(150 + 250 + \sqrt{503,58^2 + 127^2} \right) = 1838,69 \text{ мкм},$$

- чистове розточування:

$$2z_{\min 2} = 2 \cdot \left(20 + 30 + \sqrt{25,18^2 + 6^2} \right) = 151,76 \text{ мкм}.$$

Таким чином, маючи розрахунковий розмір після останнього переходу, для решти переходів отримуємо:

$$D_{p1} = 60,046 - 0,151 = 59,895 \text{ мм},$$

$$D_{p3} = 59,895 - 1,838 = 58,057 \text{ мм}.$$

Найбільші граничні значення:

$$D_{\max 3} = D_{\text{ном}} + ES_3 = 60 + 0,046 = 60,046 \text{ мм}.$$

$$D_{\max i} = D_{\max i+1} - 2z_{\min i+1} \quad (2.9)$$

$$D_{\max 2} = 60,046 - 0,151 = 59,895 \text{ мм}$$

$$D_{\max 1} = 59,895 - 1,838 = 58,057 \text{ мм}.$$

Найменші граничні значення:

$$D_{\min} = D_{\max i} - Td_i \quad (2.10)$$

$$D_{\min 3} = 60,046 - 0,046 = 60 \text{ мм},$$

$$D_{\min 2} = 59.895 - 0.16 = 59.735 \text{ мм},$$

$$D_{\min 1} = 58.057 - 0.4 = 57.657 \text{ мм}.$$

Мінімальні граничні значення припусків $2z_{\min}^{ep}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів того, що виконується, та попереднього переходів, а максимальне значення $2z_{\max}^{ep}$ - відповідно, різниці найменших граничних розмірів.

$$2z_{\max i} = D_{\min i} - D_{\min i-1}, \quad (2.11)$$

$$2z_{\max 2} = 60 - 59.735 = 0.265 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 1} = 59.735 - 57.657 = 2.078 \text{ мкм}.$$

$$2z_{\min i} = D_{\max i} - D_{\max i-1}, \quad (2.12)$$

$$2z_{\min 2} = 60.045 - 59.895 = 0.15 \text{ мкм},$$

$$2z_{\min 1} = 59.895 - 58.057 = 1.838 \text{ мкм}$$

Загальний номінальний припуск:

$$\begin{aligned} 2z_{0_{НОМ}} &= 2z_{0_{\min}} + B_3 - B_D = 1988 + 200 - 46 = 2142 \text{ мкм}. \\ D_{3_{НОМ}} &= D_{D_{НОМ}} - 2z_{0_{НОМ}} = 60 - 2.1 = 57.9 \text{ мкм}. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2z_{\max 2} - 2z_{\min 2} = TD_1 - TD_2, \quad (2.14)$$

$$265 - 150 = 160 - 45 = 115 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 1} - 2z_{\min 1} = TD_3 - TD_1 \quad (2.15)$$

$$2078 - 1838 = 400 - 160 = 240 \text{ мкм}.$$

Отже, проведений розрахунок вірний.

Таблиця 2.4 Припуски на оброблення поверхні $\varnothing 60^{+0,046}$

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір D_p , мм	Допуск TD, мкм.	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z\ i-1}$	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ϵ_i				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	503,58	-	-	58.057	400	57.657	58.057	-	-
1 Розточ. Чорнове	50	-	25.18	127	2.919	59.895	160	59.735	59.895	1.838	2.078
2 Розточ. Чистове	20	-	-	6	2.75	60.045	45	60.00	60.045	0.150	0.265

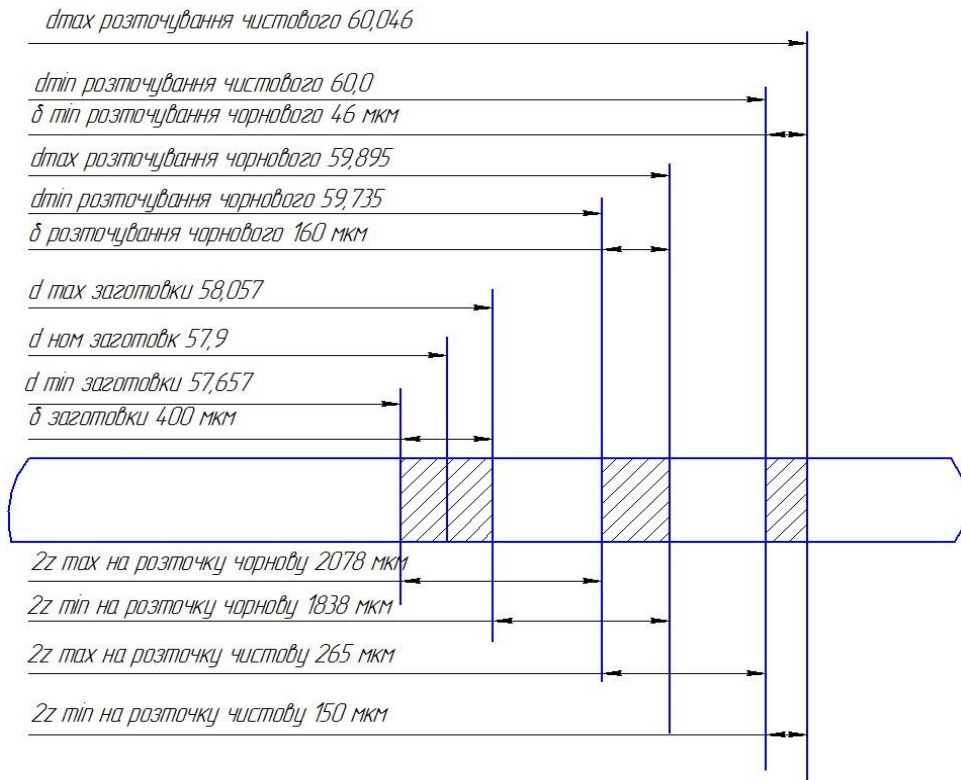


Рис. 2.6 – Схема розташування припусків та допусків

2.6.2 Розрахунок припусків табличним методом

Призначення припусків на оброблення поверхонь деталі ведемо з використанням даних [5].

Таблиця 2.5 - Зведена таблиця значень припусків

Розмір, мм	Припуск табличний, мм	Допуск, мм
Ø30	2	+0,021 0
Ø28	2	+0,021 0
Ø25	1,8	+0,021 0
Ø60	2	+0,046 0
100	2,3	0 -0,87
93	2	0 -0,87
58	2,3	0 -0,74

2.7 Розрахунок та призначення режимів різання

2.7.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом [4]

Розрахунок режимів різання аналітично проводимо на чистове розточування внутрішньої циліндричної поверхні Ø60H8.

Обладнання: оброблювальний центр IP500ПМФ4.

1. Різальний інструмент

Вибираємо розточувальний різець з механічним кріпленням непереточуваної твердосплавної пластинки вольфрамової групи ВК8 за рекомендаціями [4]. Геометричні параметри: $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\alpha = 7,5^\circ$, $\alpha_1 = 7,5^\circ$, $\gamma = 12^\circ$.

Глибина різання: $t=0,5$ мм.

Період стійкості інструменту: $T=60$ хв.

Призначаємо подачу: $s=0,09$ мм/об.

Швидкість різання V визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \text{ м/хв.} \quad (2.16)$$

де C_v - коефіцієнт, що враховує умови різання, $C_v=16,2$;

m, x, y - показники степені, $m=0,2$; $x=0,2$; $y=0,5$;

K_v - поправковий коефіцієнт.

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv}, \quad (2.17)$$

де K_{nv} - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні, $K_{nv} = 0,8$ [4],

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструмента, $K_{iv}=1$ [4],

K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки $K_{mv}=1$ [4].

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8.$$

$$V = \frac{16,2 \cdot 60^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 0,8 = 87,7 \text{ м / хв.}$$

6. Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (2.18)$$

де C_m, x, y, q - змінні параметри, $C_m=0,09$, $x=0,9$, $y=0,8$, $q=1$ [4],

K_p - поправковий коефіцієнт. $K_p=K_{mp}$, $K_p=1$ [4].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 60^1 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 6,3 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

7. Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \text{ кВт}; \quad (2.19)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/хв}; \quad (2.20)$$

$$N_e = \frac{6,3 \cdot 465,5}{9750} = 0,3 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата $N_{ун.}$, визначаємо за формулою:

$$N_{ун.} = N_{\delta} \cdot \eta, \quad (2.21)$$

де N_{δ} - потужність двигуна верстата, $N_{\delta}=10\text{кВт}$;

η - коефіцієнт корисної дії верстата, $\eta=0,75$.

$$N_{ун.} = 10 \cdot 0,75 = 7,5\text{кВт}.$$

Різання можливе, так як умова $N_{ун.}=7,5\text{ кВт} > N_p=0,3\text{ кВт}$ виконується.

2.7.2 Призначення режимів різання табличним методом

Розрахунок режимів різання табличним методом на свердлування отворів $\varnothing 6,7\text{мм}$ під різь М8.

Обладнання: вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК мод. 2Р135Ф2.

Технологічне оснащення: спеціальний верстатний пристрій.

1. Вибір різального інструменту

Вибираємо різальний інструмент: свердло $d=6,7\text{мм}$ спіральне з конічним хвостовиком із сталі Р6М5 [5].

Інші параметри свердла: довжина загальна $L=148\text{мм}$, довжина робочої частини $l=97\text{мм}$.

2. Довжина робочого ходу:

$$L_{px} = L_{риз} + y + L_{доп}, \quad (2.22)$$

де $L_{риз}$ – довжина різання, мм,

y – довжина підводу, врізання і перебігу інструмента, мм,

$L_{доп}$ – додаткова довжина ходу, викликана особливостями налагоджування і конфігурацією деталі, мм.

$$L_{px} = 16 + 5 = 21\text{мм}.$$

3. Подача:

Подача за нормативами [5] $s_o=0,09$ мм/об, уточнена подача $s_o=0,1$ мм/об.

4. Глибина різання $t=3,35$ мм.

5. Період стійкості інструменту за нормативами [5]

$$T_p = T_{xв} \cdot \lambda, \quad (2.23)$$

де $T_{xв}$ – стійкість в хвилинах машинної роботи верстата, $T_{xв}=30$ хв,

λ - коефіцієнт на врізання кожного інструменту, рівний відношенню довжини різання $L_{різ}$ цього інструменту до довжини робочого ходу $L_{рх}$, $\lambda=0,5$.

$$T_p = 30 \cdot 0,5 = 15.$$

6. Швидкість різання за нормативами [5]:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.24)$$

де $V_{табл}$ - табличне значення швидкості різання, м/хв.,

K_1 - коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу, $K_1=1,3$,

K_2 - коефіцієнт, що залежить від стійкості інструменту, $K_2=1,2$,

K_3 - коефіцієнт, що залежить від відношення довжини різання до діаметра, $K_3=1$.

$$V = 22 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 34.32 \text{ м/хв.}$$

б) частота обертання шпинделя верстата розрахункова:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв.} \quad (2.25)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 34.32}{3.14 \cdot 6,7} = 1631,3 \text{ об/хв.}$$

в) частота обертання шпинделя згідно паспорта верстата: $n=1600$ об/хв.

г) фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 6,7 \cdot 1600}{1000} = 33,7 \text{ м/хв.}$$

7. Основний (машинний) час оброблення:

$$t_m = \frac{L_{px}}{n \cdot S}, \quad (2.26)$$

$$t_m = \frac{21}{1600 \cdot 0,1} = 0,13 \text{ хв.}$$

8. Осьова сила різання

$$P_o = P_{табл} \cdot K_p, \quad (2.27)$$

де $P_{табл}$ - табличне значення осьової сили різання, $P_{табл}=900$ Н,

K_p - коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу, $K_p=0,75$.

$$P_o = 900 \cdot 0,75 = 675 \text{ Н.}$$

9. Потужність на різання:

$$N_{різ} = N_{табл} \cdot K_n \cdot \frac{n}{1000}, \quad (2.28)$$

де $N_{табл}$ - табличне значення потужності різання, $N_{табл}=0,15$ кВт,

K_n - коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу, $K_n=0,75$.

$$N_{різ} = 0.15 \cdot 0,75 \cdot \frac{1600}{1000} = 0.18 \text{ кВт.}$$

10. Перевірка за допустимим значенням зусилля подачі верстата і потужністю приводу верстата:

$$N_{різ} \leq 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta. \quad (2.29)$$

Так як $0,025 \leq 1,2 \cdot 4 \cdot 0,8 = 3,84$, то оброблення можливе.

9. Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.30)$$

де C_m - коефіцієнт, $C_m=0,0345$,

$q=2$, $y=0,8$, $K_p=0,75$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,7^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,75 = 1,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

На усі інші операції призначення режимів різання та норм часу по операціях виконуємо за аналогічною методикою і зводимо всі дані в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 Зведена таблиця режимів різання і норм часу по операціях

№ опер.	Найменування переходів	t , мм	s_o/s_{XB} , мм/об/мм/хв.	V , м/хв./м/с	n , об/хв.	T_o , хв.
005	Фрезерувати 2 площини в розмір 93,4мм.	3	0,22/63	70,3	250	2,74
015	Фрезерувати 2 площини в розмір 58,6мм.	3	0,22/53	75,5	250	1,88
020	Фрезерувати 2 площини в розмір 100,4мм.	3	0,22/63	72,8	250	2,84
030	Центрувати, свердлувати отв. $\varnothing 28$ мм напрохід	14	0,25	17,6	250	1,76
035	Шліфувати площину в розмір 93мм.	0,03	0,02	-/30	600	0,36
040	Шліфувати площину в розмір 58,2мм.	0,03	0,02	-/30	600	0,28
045	Шліфувати площину в розмір 100мм.	0,03	0,02	-/30	600	0,372
050	Шліфувати в розмір 58мм	0,03	0,02	-/30	600	0,28
055	Розточити 2 отв. $\varnothing 30$ H7 з поворотом деталі на 180° , витримавши розміри 15мм	0,8	0,51	18,06	160	5,41
	Свердлувати отв. $\varnothing 22$ мм на глибину 56мм.	1,1	0,38	15,9	250	
	Розточити отв. $\varnothing 25$, витримавши р-р 53мм	0,8	0,4	18,06	250	

	Розточити отв. $\varnothing 29,2_{-0,2}$, витримуючи р-р 49мм. Розточити отв. $\varnothing 59,8_{-0,2}$, витримуючи р-р 40мм.	0,8	0,51	15,08	160	
	Розточити отв. $\varnothing 30H7$ начисто і фаску $0,5 \times 45^\circ$. Розточити отв. $\varnothing 60H8$ остаточно, витримуючи р-р 40мм.	0,5	0,1	87,7	465	
060	Свердлувати 4 отв. $\varnothing 6,7$	3,35	0,1	15,79	750	4,3
	Нарізати різь М8-Н7 в 4-х отв.	0,65	1,0	12,2	30	
	Свердлувати 4 отв. $\varnothing 5$	2,5	0,1	11,78	750	
	Нарізати різь М6-Н7 в 4-х отв.	0,5	0,75	8,6	30	

2.8 Технічне нормування операцій технологічного процесу [5]

На операцію 030 Вертикально-свердлувальна (Свердлувати отв. $\varnothing 28$ мм напрохід) розраховуємо аналітично.

В умовах серійного виробництва норму штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$. визначають за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}, \text{ хв.} \quad (2.31)$$

де $T_{п-з}$. - підготовчо-заклучний час на оброблення;

$$T_{п-з} = 10 + 7 = 17 \text{ хв.} \quad [5]$$

n - кількість деталей в партії, шт.

$$n = \frac{N \cdot a \cdot 2}{254}, \quad (2.32)$$

де N - річний обсяг випуску деталей;

a - періодичність запуску, $a = 12$ днів;

$$n = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 2}{254} = 95 \cdot \text{шт.}$$

$T_{шт}$ - штучний час на оброблення деталі;

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{обс} + T_{відп} \quad (2.33)$$

тут T_o - основний час оброблення:

$$T_o = T_m = \frac{L_{р.х.}}{S_o} \quad (2.34)$$

$$T_o = T_m = 1,76 \text{ хв.};$$

$T_{доп}$ - допоміжний час оброблення.

$$T_{доп} = (T_{вст} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим}), \quad (2.35)$$

де $T_{вст}$ - час на встановлення і зняття деталі, хв.; $T_{вст} = 0,11 \text{ хв}$ [5]

$T_{зо}$ - час на закріплення і звільнення деталі, хв.; $T_{зо} = 0,024 \text{ хв.}$ [5]

$T_{кер}$ - час на прийоми управління, хв.; $T_{кер} = 0,01 \text{ хв}$ [5]

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв.; $T_{вим} = 0,2 \text{ хв}$ [5]

k - коефіцієнт серійності, $k = 1,85$ [5].

$$T_{доп} = (0,11 + 0,024 + 0,01 + 0,2) \cdot 1,85 = 0,636 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця $T_{обс}$:

$$T_{обс} + T_{від} = \left(\frac{T_o + T_{доп}}{100} \right) \cdot P_{відп} \quad (2.36)$$

де $T_{від}$ - час на відпочинок і на особисті потреби.

$P_{відп}$ - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби. $P_{відп} = 8\%$ [5]

$$T_{обс} + T_{від} = \left(\frac{1,76 + 0,636}{100} \right) \cdot 8 = 0,191 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 1,76 + 0,636 + 0,191 = 2,58 \text{ хв.}$$

Визначення норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = 2,58 + \frac{17}{95} = 2,758 \text{ хв.}$$

На інші операції нормативи часу розраховуємо аналогічно чи призначаємо за даними [5] і їх значення зводимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 Зведена таблиця технічних норм часу по операціях ТП, хв.

№ операції	T _о	T _{вст}	T _{зо}	T _{кер}	T _{вим}	T _{доп}	T _{об} +T _{від}	T _{шт}	T _{п.з}	T _{шт-к}
005	2,74	0,06	0,024	0,04	0,15	0,274	0,241	3,255	16	3,42
015	1,88	0,06	0,024	0,04	0,15	0,274	0,172	2,326	16	2,494
020	2,84	0,06	0,024	0,04	0,15	0,274	0,249	3,363	16	3,531
030	1,76	0,053	0,034	0,025	0,22	0,332	0,053	0,725	17	2,93
035	0,36	0,053	0,034	0,025	0,22	0,332	0,031	0,748	16	0,788
040	0,28	0,053	0,034	0,025	0,22	0,332	0,056	0,76	16	0,811
045	0,372	0,053	0,034	0,025	0,22	0,332	0,049	0,661	16	0,823
050	0,28	0,06	0,024	0,01	0,15	0,244	0,45	6,104	17	0,724
055	5,41	0,06	0,024	0,01	0,15	0,244	0,069	0,933	27	6,177
060	4,3	0,06	0,024	0,01	0,15	0,244	0,55	7,094	18	4,006

2.9 Проектування операції на верстаті з ЧПК

Для оброблення деталі на верстаті з ЧПК прийнятий оброблювальний центр з горизонтальним розміщенням шпинделя мод. IP500ПМФ4.

Технічна характеристика верстата

Найбільше програмне переміщення рухомих вузлів, мм:

- повздовжнє переміщення стола (вісь X) 800
- поперечне переміщення стола (вісь Y) 500
- вертикальне переміщення шпиндельної бабки (вісь Z) 500

Найбільше число інструментів в магазині, шт.	30
Найбільший діаметр інструмента при повному завантаженні магазину, мм	125
Відстань від площини стола-супутника до осі обертання шпинделя, мм:	
- найменше	50
- найбільше	550
Частота обертання шпинделя, об/хв	20...4500
Потужність приводу головного руху, кВт, не менше	18
Поздовжня і поперечна подача стола та вертикальна подача шпинделя, мм/хв.	1...3600

На даному верстаті виконуються операція 055. Розрахунково-технологічна карта для цієї операції представлена на відповідному аркуші графічної частини кваліфікаційної роботи.

Для оброблення корпусу НОШ 7234 41.001 на цій операції складаємо фрагмент керувальної програми.

....

N001 S2465 F0,5 T1

N002 X60 Z0 E

N003 Z40

N004 X-30

N005 Z49

N006 X-25

N007 Z53

N008 X0

N009 S2 300 F0,5 T2

N010 X60C1

N011 X-30

N012 Z40C1

N013 M02

....

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для розточування отвору

Пристрій призначений для закріплення заготовки корпуса при розточуванні базового отвору на верстаті мод. ИР500ПМФ4.

3.1.1 Особливості проектування верстатних пристроїв [6]

Точність і надійність пристроїв значною мірою залежить від правильного вибору установочних елементів. До установочних елементів ставлять наступні вимоги:

- кількість і розміщення елементів має забезпечити орієнтацію заготовки згідно прийнятої схеми базування та достатню її стійкість в пристрої. При використанні баз з параметром жорсткості $Ra > 20$ мкм установочні елементи слід виконувати з обмеженою опорною поверхнею для зменшення впливу нерівностей цих баз на стійкість заготовки. Установочні елементи не повинні псувати базові поверхні, особливо ті, які вдруге не підлягають під оброблення. Установочні елементи мають бути жорсткими. Їх жорсткість підвищують, покращуючи якість спряження елементів з корпусом пристрою, застосовуючи шліфування поверхонь стиків, а також сильно притискаючи елементи до корпуса пристрою кріпильними деталями.

Зносостійкість опорних поверхонь підвищують, виготовлюючи їх із сталей з термічним обробленням до твердості 56...61 HRC. Зношування опор можна зменшити хромуванням їх несучих поверхонь або наплавленням твердого сплаву та шліфуванням поверхні до отримання $Ra 0,63 \dots 0,32$ мкм. Як установочні елементи для корпуса в пристроях, що проектуються, застосовуємо шліфовані плоскі поверхні з твердістю 56...61 HRC.

3.1.2 Розроблення схеми базування та схеми закріплення

Схема базування деталі в пристрої на операції 055 має вигляд:

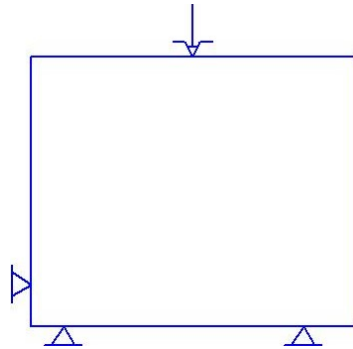


Рис. 3.1 - Схема базування корпусу при розточуванні отвору

Схема закріплення деталі при розточуванні має вигляд:

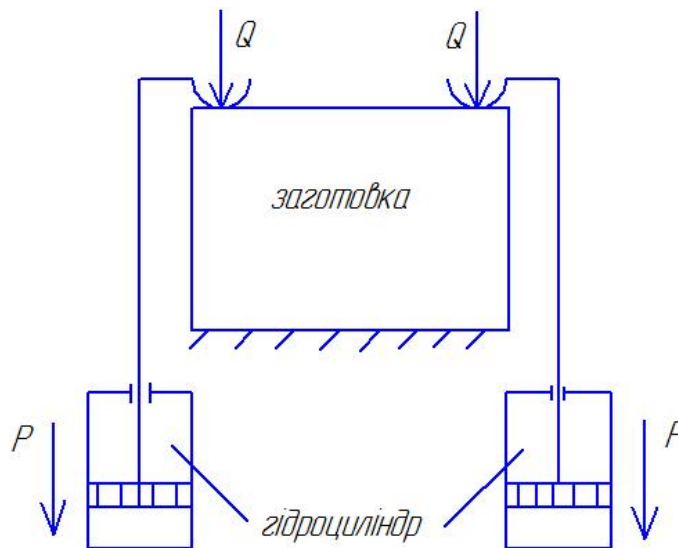


Рис. 3.2 - Схема закріплення в пристрої для розточування

3.1.3 Визначення зусилля закріплення

При розточуванні осьова сила намагається повернути заготовку навколо горизонтальної осі, що паралельна осі інструменту.

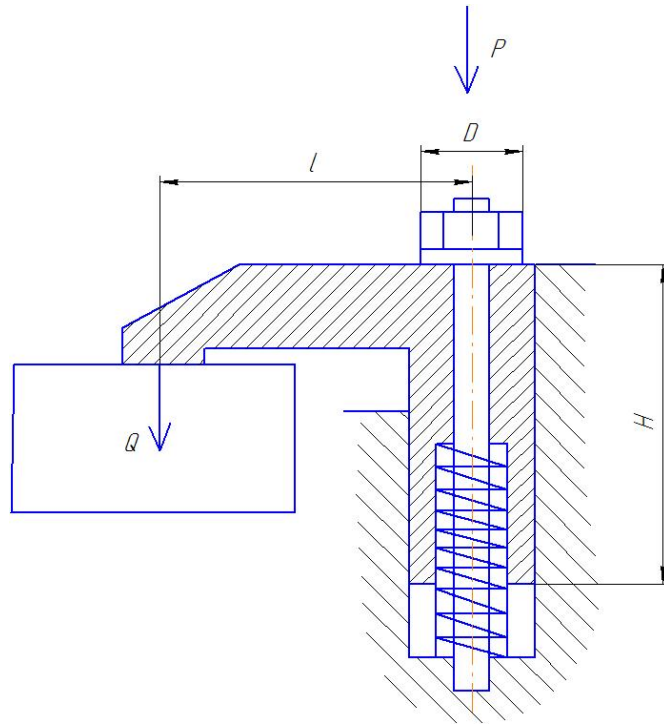


Рис. 3.3 - До розрахунку сили закріплення Г-подібним прихватом

Розрахунок сили закріплення P , яку необхідно прикладати до Г-подібного прихвату (див. рис. 3.3) [6]:

$$P = \frac{Q}{1 - 3 \frac{l}{H} \cdot f} + q \quad (3.1)$$

де Q – сила затиску заготовки, яка забезпечує її стійкість при обробленні,
 $Q = 843 \text{ Н}$;

l і H - розрахункові розміри, прийнято $l = 65 \text{ мм}$, $H = 80 \text{ мм}$;

$f = 0,15$ - сила тертя на напрямній прихваті,

q - сила опору пружини, $q = 240 \text{ Н}$.

$$P = \frac{843}{1 - 3 \cdot \frac{65}{80} \cdot 0,15} + 240 = 1557 \text{ Н}.$$

Зусилля, що розвивається на штокові гідроциліндра, залежить від робочого тиску робочої рідини і внутрішнього діаметра циліндра [7,8]:

$$D_{ш} = \sqrt{4 \cdot \frac{P \cdot (T_{np} + T_{ш})}{\pi \cdot p}} \quad (3.2)$$

де $T_{\text{пр}}$ - сила тертя на поверхні поршня;

$T_{\text{ш}}$ - сила тертя на поверхні штока;

p - тиск в гідросистемі, $p=5\text{МПа}$.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{4 \cdot \frac{1557 \cdot (7,67 + 1,25)}{3,14 \cdot 5,0}} = 59 \text{ мм} .$$

Приймаємо діаметр гідроциліндра 60мм.

3.1.4 Розроблення технічних умов та описання роботи пристрою

Пристрій для розточування призначений для встановлення деталі на оброблювальному центрі мод. ИР500ПМФ4, її базування та закріплення корпуса при розточуванні в ньому отворів.

Технічні умови:

Оброблювана деталь.....	корпус НОШ 723441.001
Привід механізму затиску	гідравлічний
Сила закріплення	850Н
Робочий тиск в гідросистемі	5 МПа
Зусилля на штоку гідроциліндра	1600Н
Габаритні розміри пристрою, мм:	
Довжина	655
Ширина	220
Висота	333
Маса не більше	56кг

Оброблювана деталь встановлюється своїми базовими поверхнями в пристрій до упору в осьовому напрямі. При вмиканні гідророзподільника робоча

рідина попадає в поршневу порожнину гідроциліндра, поршень зі штоком переміщається вниз, тягнучи за собою Г-подібний прихват, який притискає деталь до базових поверхонь пристрою. Деталь готова до оброблення. Далі розточуються отвори, після чого гідророзподільник перемикається в друге положення. Робоча рідина попадає в штокову порожнину гідроциліндра, поршень зі штоком рухається вгору, Г-подібний прихват відпускає заготовку.

Для дотримання технічних вимог, що ставляться до деталі, пристрій має відповідати наступним вимогам:

- паралельність площини планок до основи пристрою не менше 0,01мм довжини;

Цей пристрій підключений до гідросистеми верстата. Деталь встановлюють на опорні планки, які попередньо шліфовані, і впирають в регульовані гвинти 30 і планку 22. Від гідросистеми верстата робоча рідина під тиском за допомогою штуцерів і трубопроводів попадає в штокову порожнину циліндра. Під дією тиску шток починає рухатись, стискаючи пружину, та закріплює деталь.

Після оброблення отворів вимикаємо гідросистему. За допомогою двох пружин йде звільнення деталі і циліндри повертаються в початкове положення.

На верстаті пристрій кріпиться за допомогою напрямної шпонки і болтів, що встановлюються в пази шириною 18мм.

3.2 Проектування калібра-пробки

3.2.1 Загальні відомості [9]

Калібрами називають безшкальні інструменти, призначені для контролю розмірів, форми і розташування поверхонь деталей. Калібри бувають граничні і нормальні.

На ранніх етапах розвитку принципів взаємозамінності, коли формува-

лась система допусків і посадок, контроль розмірів здійснювався за допомогою нормальних калібрів.

Нормальними калібрами називають точні шаблони, які служать для контролю складних профілів, наприклад евольвентних. В даний час нормальні калібри використовуються в промисловому виробництві в основному у вигляді шаблонів при обробці криволінійних контурів і фасонних поверхонь в інструментальному виробництві, технологічному оснащенні ливарних і штампувальних виробництв і ін. Про придатність деталей судять по рівномірності зазору між профілем, що перевіряється, та робочим профілем нормального калібру.

Суть контролю нормальними калібрами полягає в тому, що для контролю валів виготовляється один калібр-кільце, до якого треба підігнати (припасувати) оброблюваний вал так, щоб калібр-кільце проходив вал плавно. Аналогічно для контролю отворів виготовлявся один калібр-пробка, до якого повинен бути підігнаний оброблюваний отвір так, щоб калібр-пробка проходив через отвір плавно. При цьому дійсні розміри калібр-пробки і калібр-кільця повинні забезпечувати необхідний характер з'єднання - посадки, передбачену робочими кресленнями до виробу, деталі котрого потребують контролю.

Істотними недоліками нормальних калібрів є низька продуктивність, потреба у високій кваліфікації робочих, відсутність об'єктивності контролю.

Граничні калібри дозволяють проконтролювати відповідність отриманих при перевірці розмірів встановленим межам допуску.

Зазвичай для утворення стандартних посадок такий контроль гарантує якісне з'єднання деталей.

Граничні калібри використовують для перевірки розмірів гладких циліндричних, конусних, різьбових і шліцьових деталей, висоти виступів і глибини западин, якщо на розміри, що перевіряються, встановлені допуски не точніше *IT6*.

До переваг граничних калібрів відносяться довговічність, а також простота і достатньо висока продуктивність контролю. Не дивлячись на ряд недоліків (складність виготовлення калібрів та ін.) граничні калібри широко застосову-

ють у масовому, крупносерійному та індивідуальному виробництвах.

Досить поширеного застосування граничні калібри набули для контролю циліндричних валів та отворів: вали перевіряють калібр-скобами (рис. 3.4,а), отвори – калібр-пробками (рис. 3.4,б).

а)

б)

**Рис. 3.4 - Контроль розмірів циліндричних поверхонь граничними калібрами:
а) - калібр-скобою; б) – калібр-пробкою**

Розміри вимірювальних поверхонь граничних калібрів (відстані між вимірювальними губками калібрів-скоб і діаметри вимірювальних вставок калібрів-пробок) призначають за відповідними граничними розмірами валів, що підлягають перевірці, та отворів. Таким чином, при контролі валів придатними вважаються ті, які проходять в розчин губок $PP = d_{\max}$, і не проходять в розчин губок $HE = d_{\min}$; при контролі отворів придатними вважаються ті, в які проходить вставка $PP = d_{\min}$, і не проходить вставка $HE = d_{\max}$. Відповідно до цього, сторони калібрів ділять на прохідні (PP) і непрохідні (HE). Деталі, які не проходять через прохідні сторони калібрів, відносяться до поправного браку, а деталі, які проходять через непрохідні сторони – до непоправного.

До калібрів-пробок відносяться: пробки двосторонні з циліндровими вставками від 1 до 3мм (рис. 3.5, а) і зі вставками з конічним хвостовиком від 1 до 50мм (рис. 3.5, б); пробки з циліндровими насадками від 3 до 100мм (рис. 3.5, в); пробки неповні від 50 до 150мм (рис. 3.5, г).

Перевагу віддають одностороннім граничним калібрам. Вони скорочують час контролю виробів і витрату матеріалу.

Рис. 3.5. - Основні типи конструкцій гладких граничних калібр-пробок

За призначенням граничні калібри поділяють на робочі, приймальні і контрольні. Робочі калібри (прохідній *ПР* і непрохідній *НЕ*) призначені для контролю деталей в процесі їх виготовлення. Ними користуються робітники і контролери ВТК заводу-виготовлювача. У останньому випадку застосовують частково зношені калібри *ПР* і нові калібри *НЕ*. Приймальні калібри (прохідній *П-ПР* і непрохідній *П-НЕ*) застосовують для прийомки деталей представниками замовника. Як правило, приймальними калібрами служать зношені прохідні і нові непрохідні робочі калібри, щоб не бракувалися деталі, правильно виготовлені і прийняті по робочих калібрах. У ЄСДП СЄВ приймальні калібри не передбачені, але можуть вводитися галузевими стандартами.

Калібри виготовляють з інструментальних або вуглецевих сталей з подальшим цементуванням (У10А, У12А, 10, 15 і ін.). Твердість робочих поверхонь гладких калібрів знаходиться в межах HRC 56-64. Для підвищення зносостійкості і зниження витрат на виробництво застосовують твердосплавні скоби і пробки (ГОСТ 16775-71; ГОСТ 16780-71), зносостійкість яких в 50...150 разів вище за зносостійкість сталевих калібрів, і в 25...40 разів вище за зносостійкість хромованих калібрів за збільшення вартості лише в 3-5 разів.

При конструюванні граничних калібрів для гладких, різьбових і інших поверхонь деталей необхідно дотримуватись принципу подібності (принцип Тейлора), суть якого можна сформулювати наступним чином: 1) так як прохідний калібр контролює відхилення розміру і форми деталі, що перевіряється, то

він повинен мати форму цієї деталі; 2) так як непрохідний калібр контролює тільки відхилення розміру, то він повинен мати точковий контакт з поверхнями деталі, що перевіряється.

Таблиця 3.1. Шорсткість вимірювальних поверхонь калібрів

Вид калібру	Виріб, що підлягає контролю	Параметр шорсткості Ra, мкм для діаметрів	
		від 0,1 до 100мм	понад 100 до 360мм
Калібр-пробка	6	0,04	0,08
	7-9	0,08	0,16
	10-12	0,16	
	13 і грубіше	0,32	0,32
Контрольний калібр	6-9	0,04	0,08
	10 і грубіше	0,08	0,16





Граничними калібрами можна одночасно контролювати всі зв'язані розміри і відхилення форми деталі, а також перевіряти, чи знаходяться відхилення розмірів і форми поверхонь деталей в полі допуску. Таким чином, виріб вважається придатним, якщо похибка розміру, форми і розташування поверхонь знаходяться в полі допуску.

При маркуванні на калібр наносять номінальний розмір деталі, для якого призначений калібр, буквене позначення поля допуску розміру деталі, граничні відхилення розміру деталі в міліметрах (на робочих калібрах), тип калібру (ПР, НЕ, К-І: К-ПР, К-НЕ) і товарний знак заводу-виготовлювача (рис. 3.6).

Рис. 3.6 - Загальний вигляд та приклад маркування калібр-пробки

Допуски калібрів. Поля допусків калібрів розташовуються щодо їх номінальних розмірів, як показано на рис. 1.5, а-г (I - непрохідна сторона; II - прохідна сторона; III - межа спрацювання) і регламентуються ГОСТ 24853-81.

Рис. 3.7 - Схеми розташування полів допусків граничних калібрів для номінальних розмірів за квалітетами:

а) – $D(d) \leq 180\text{мм}$, IT6-IT8; б) – $D(d) \leq 180\text{мм}$, IT9-IT17; в) – $D(d) > 180\text{мм}$, IT6-IT8; г) – $D(d) > 180\text{мм}$, IT9-IT17;  – поле допуску отвору;  – поле допуску валу;  – поле допуску на виготовлення робочих калібрів;  – поле допуску на виготовлення контрольних калібрів

При цьому номінальними розмірами калібрів є граничні розміри поверхонь, що перевіряються. На гладкі калібри для контролю отворів і валів з розмірами до 500мм система допусків встановлена в СТ СЄВ 157-75. Для виготовлення калібрів передбачені наступні допуски: H - на робочі калібр-пробки, H_s - на ті ж самі калібри з сферичними вимірювальними поверхнями; H_l - на калібр-скоби; H_p - на контрольні калібри, призначені для контролю скоб (див. рис. 3.7, а-г). Для квалітетів 6-10 (включно) допуски H_l для скоб приблизно на 50% більше допусків H для пробок, що пояснюється складністю виготовлення скоб. Для квалітету 11 та вище - допуски H і H_l рівні. Допуски H_p для всіх типів контрольних калібрів однакові.

Встановлені допуски на відхилення форми і шорсткість вимірювальних поверхонь калібрів. Допуски на точність розмірів і форми калібрів збільшуються із збільшенням номеру квалітету виробу, що підлягає контролю. Під допуском форми калібру розуміють допуск на різномірність калібру в будь-якому перерізі і на будь-якій його довжині. Для прохідних калібрів, які в процесі контролю зношуються, передбачений також допуск на спрацювання. Для розмірів від 1 до 500мм спрацювання калібрів PP з допуском до $IT8$ включно може виходити за межу поля допуску деталі на величину Y для пробок і Y_1 для скоб (див. рис. 3.7, а, б); для калібрів PP квалітетів 9-17 спрацювання обмежується прохідною межею, тобто, $Y=0$ і $Y_1=0$. Поле допуску на спрацювання відображає середнє можливе спрацювання калібру.

Для всіх прохідних калібрів поля допуску H (H_s) і H_l зміщені всередину поля допуску виробу на величину Z для калібрів-пробок і на Z_1 для калібрів-скоб. При номінальних розмірах понад 180мм поле допуску непрохідного калібру також зміщене всередину поля допуску деталі на величину α для пробок і α_1 для скоб, так звану зону безпеки, яка введена для компенсації похибки контролю калібрами отворів і валів при розмірах понад 180мм. Поле допуску калібрів HE для розмірів до 180мм симетричне верхньому відхиленню виробу для пробок і нижньому - для скоб, тобто, $\alpha=0$ і $\alpha_1=0$.

Зсув полів допусків калібрів і меж спрацювання їх прохідних сторін всередину поля допуску деталі усуває можливість спотворення характеру посадок і гарантує отримання розмірів придатних деталей в межах встановлених полів допусків.

Розрахунок виконавчих розмірів калібрів. Виконавчим називають розмір калібру, вказаний на кресленні таким чином, щоб допуск на його виготовлення був направлений в тіло калібру. Це фактично граничний розмір калібру, за яким виготовляють новий калібр. Таким чином, в якості виконавчого розміру скоби приймають її найменший граничний розмір з додатнім відхиленням, для пробки і контрольного калібру - їх найбільший граничний розмір з від'ємним відхиленням. Формули для обчислення виконавчих розмірів калібрів приведені у додатках 1.1 та 1.2.

3.2.2 Розрахунок виконавчих розмірів калібр-пробки $\text{Ø}30\text{H}7^{(+0,021)}$

За нормативними даними [9] встановлюємо значення виконавчих розмірів калібрів: $\Delta_{\text{O}}=4$ мкм, $H_{\text{K}}=5$ мкм, $y_{\text{B}}=3$ мкм.

Визначимо найбільший та найменший граничні розміри контрольованого отвору: $D_{\text{min}}=30$ мм; $D_{\text{max}}=D_{\text{H}}+\Delta_{\text{D}}=30+0,021=30,021$ мм.

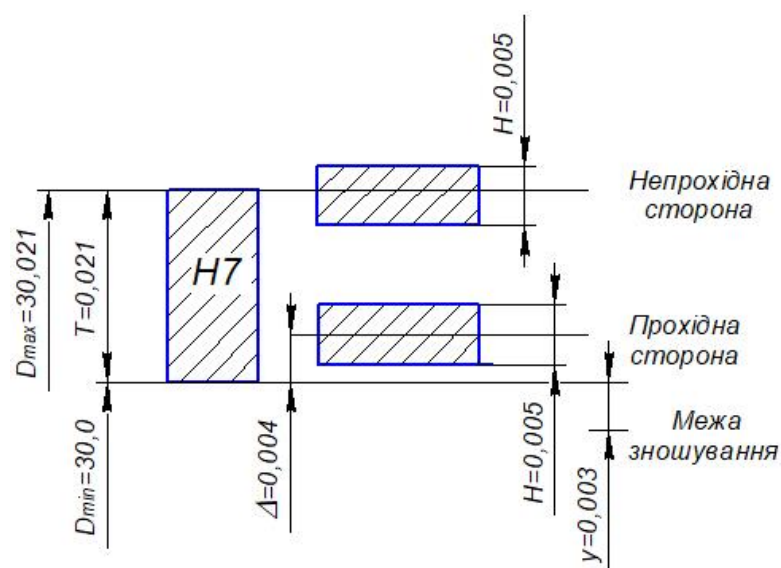


Рис. 3.8 – Поля допусків калібру-пробки

Визначимо найбільший розмір прохідного нового калібру-пробки

$$ПР_{II} = D_{\min} + \Delta_0 + H_K/2 = 30 + 0,004 + 0,005/2 = 30,0065 \text{ мм або } 30,007 \text{ мм.}$$

Визначимо найменший розмір прохідного нового калібру-пробки

$$ПР_{II} = D_{\min} + \Delta_0 - H_K/2 = 30 + 0,004 - 0,005/2 = 30,0015 \text{ мм або } 30,002 \text{ мм.}$$

Визначимо найбільший розмір непрохідного калібру-пробки

$$НЕ_{II} = D_{\max} + H_K/2 = 30,021 + 0,005/2 = 30,0235 \text{ мм або } 30,024 \text{ мм.}$$

Визначимо найменший розмір непрохідного калібру-пробки

$$НЕ_{II} = D_{\max} - H_K/2 = 30,021 - 0,005/2 = 30,0185 \text{ мм або } 30,019 \text{ мм.}$$

Визначимо граничний розмір зношеного калібру-пробки

$$ПР_I = D_{\min} - y_B = 30 - 0,003 = 29,997 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення на виконавчі розміри калібрів-пробок – 0,005 мм



Рис. 3.9 – Калібр-пробка Ø30Н7 покупна

Правила використання калібрів за ГОСТ 24851-81. Калібр-пробка гладкий прохідною стороною повинен вільно проходити через отвір під дію власної ваги або певного зусилля. Калібр-пробка гладкий непрохідною стороною, як правило, не повинен входити в отвір під дією власної ваги або певного зусилля, в крайньому випадку, закушувати.

Правила контролю розмірів калібрами. При контролі розмірів отвору або валу прохідним калібром, якщо відсутні спеціальні угоди, робітнику слід користуватися новим прохідним калібром, а контролеру підприємства виготовлювача і представникові замовника - частково зношеним калібром. Цей калібр повинен бути вилучений з використання, коли його спрацювання досягне межі, встановленої в ГОСТ 24853-81 (Калібри гладкі для розмірів до 500мм. Допус-

ки).

Під час контролю отвору або валу непрохідним калібром робітнику слід користуватися калібром з розміром, близьким до найменшого граничного розміру для калібр-пробки і найбільшому граничному розміру для калібр-скоби (кільця). Цей калібр повинен бути вилучений з використання, коли його спрацювання досягне межі, встановленої в ГОСТ 24853-81.

Контролеру підприємства-виготовлювача і представникові замовника слід користуватися калібром з розмірами, близькими до найбільшого граничного розміру для калібру-пробки і найменшого граничного розміру для калібру-скоби (кільця).

Перевірка правильності визначення розмірів виробів повинна здійснюватися калібрами з розмірами, близькими до межі спрацювання прохідного калібру і до межі поля допуску нового непрохідного (найменшого для калібр-скоби (кільця) і найбільшого для калібр-пробки).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Характеристика шкідливих та небезпечних чинників технологічного процесу на машинобудівній дільниці

На дільниці виготовлення корпуса НОШ 7234 41.001 застосовується наступне верстатне обладнання: вертикально-фрезерувальний верстат мод. 6P13, горизонтально-фрезерувальний мод. 6P80, вертикально-свердлувальний мод. 2A135, круглошліфувальний верстат мод. 3B722, горизонтально-розточувальний оброблювальний центр з ЧПК мод. IP500ПМФ4, вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2. При встановленні деталей для їх оброблення використовують також верстатні пристрої.

В процесі роботи металорізальних верстатів можуть виникати небезпеки, пов'язані з наступними чинниками [10]:

1) якщо різальний інструмент не передбачає захисного огороження. У цьому випадку можливе захоплення інструментом, що обертається, при роботі на свердлувальному верстаті мод. 2A135, а також при фрезеруванні на верстаті мод. 6P13 одягу робітника, що може призвести до нещасного випадку. Також виникає небезпека нещасного випадку при руйнуванні інструменту. Уламки, які при цьому розлітаються, можуть травмувати робітника, якщо не будуть використані огорожувальні пристрої та засоби індивідуального захисту;

2) при налагоджуванні верстатів можуть бути завдані травми рухомими частинами механізмів верстатів;

3) зливна стружка, яка виникає при різанні сталі 45, теж може нанести травму (порізи рук, ніг, інших частин тіла), інколи з важкими наслідками. Травми верстатник може отримати в процесі експлуатації верстата і при прибиранні робочого місця. При обробленні деталей, коли виникає зливна стружка, бажано використовувати різці зі стружколомами;

4) стружка при фрезеруванні деталі із сталі 45 на верстаті мод. 6P13 буде відлітати на значну відстань, що може нанести травму очей, спричинити опіки

обличчя і рук;

5) при фрезеруванні площин на верстаті мод. 6P13 і невірному розрахунку сил закріплення може відбутися викидання заготовки з пристрою;

б) рухомі частини верстатів (стіл фрезерного верстата 6P13, стіл шліфувального верстата 3Б722) теж можуть призвести до травми в разі, якщо робітник не помітить їхнього руху).

7) так як приводи усіх верстатів машинобудівної дільниці працюють від електромережі, то виникає небезпека ураження електричним струмом. Усі з'єднання, через які проходить електричний струм у даному обладнанні, мають бути надійно ізольовані, для того щоби ушкодження електричним струмом були зведені до мінімуму. Основні заходи захисту від ураження струмом: неприступність струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику; електричний поділ мережі; усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах обладнання, що досягається застосуванням захисного заземлення; організація безпечної експлуатації верстатів.

Негативним явищем роботи на дільниці є шум, який виникає внаслідок роботи приводів і робочих органів верстатів моделей 2А135, 6P13, 6P80, 3Б722, ИР500ПМФ4, 2P135Ф2. Шум, особливо сильний, шкідливо відбивається на здоров'ї і працездатності працівників. Людина, працюючи при шумі, звикає до нього, але тривала дія сильного рівня шуму викликає загальне стомлення, а також може призвести до глухоти. Впливаючи на кору головного мозку, шум спричиняє також подразнювальну дію, прискорює процес стомлюваності, послаблює увагу і сповільнює психічні реакції. З цих причин сильний шум в умовах металообробного виробництва може сприяти виникненню травматизму.

Звукові коливання сприймаються не тільки вухом, але й безпосередньо через кістки черепа (так називана кісткова провідність), що при високих рівнях шуму посилює його шкідливу дію. При рівні шуму більше 145дБ можливий розрив барабанних перетинок.

Вплив шуму різного спектрального складу різниться. Це зв'язано з тим, що органи слуху мають неоднакову чутливість до його різних частот. З погляду

тимчасових характеристик розрізняють шуми постійні (зміна за зміною в межах 5дБ) і непостійні (зміна за зміною більш 5дБ). Останні впливають на людину сильніше, тому що адаптація органів слуху до змінного звукового подразнення утруднена. Найбільш несприятливі з точки зору шкідливості для працівників імпульсні шуми, при яких послідовність звукових імпульсів дуже малої тривалості.

На машинобудівній дільниці необхідно мати освітлення робочої зони таким, що забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. Збереження зору людини, стан її центральної нервової системи і безпека працівників в умовах виробництва у значній мірі залежить від умов освітлення. Від освітлення також залежать продуктивність праці і якість продукції, що випускається.

Таким чином, кожен робітник зобов'язаний суворо виконувати всі правила безпеки, вимагати від адміністрації проведення інструктажів з техніки безпеки, обов'язково користуватися спецодягом, спеціальними рукавицями, індивідуальними засобами захисту. При виявленні можливої небезпеки слід негайно попередити колег і сповістити адміністрацію, дотримуватись чистоти й порядку на робочому місці, не мити руки в мастилі, емульсії, гасі тощо. Необхідно також постійно слідкувати за справністю верстатів та верстатних пристроїв, так як у разі виходу їх із ладу або поломки різко підвищується небезпека виникнення нещасних випадків, тому потрібно постійно слідкувати за дотриманням правил з техніки безпеки усіма працюючими на виробництві.

4.2 Електробезпека на машинобудівній дільниці [10]

Технічні засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробленні, виготовленні і монтажі відповідно до чинних нормативів. За своїми функціями технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки діляться на дві групи:

- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок;

- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при аварійних режимах роботи електроустановок.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмопровідних частин;
- недоступність струмопровідних частин;
- застосування блокувальних пристроїв;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Із метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції, в електроустановках застосовується одночасно більшість з перерахованих технічних засобів і заходів.

Ізоляція струмопровідних частин. Забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок.

Основними методами забезпечення недоступності струмопровідних частин є застосування захисних огорожень, закритих комутаційних апаратів (пакетних вимикачів, комплектних пускових пристроїв, дистанційних електромагнітних приладів управління споживачами електроенергії тощо), розміщення неізольованих струмопровідних частин на недосяжній для ненавмисного доторкання до них інструментом висоти, різного роду пристроями тощо, обмеження доступу сторонніх осіб до електротехнічних приміщень.

Застосування блокувальних пристроїв. Блокувальні пристрої застосовуються в електроустановках, експлуатація яких пов'язана з періодичним доступом до огорожених струмопровідних частин (випробувальні і дослідні стенди, установки для випробування ізоляції підвищеною напругою), в комутаційних апаратах, помилки в оперативних перемиканнях яких можуть призвести до ава-

рії і нещасних випадків, в рубильниках, пусковій апаратурі, автоматичних вимикачах, які працюють в умовах підвищеної небезпеки (електроустановки на плавзасобах, в гірничодобувній промисловості).

Призначення блокувальних пристроїв - унеможливити доступ до неізолюваних струмопровідних частин без попереднього зняття з них напруги, попередити помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допустити порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання без попереднього відключення його від джерела живлення.

Основними типами блокувальних пристроїв є механічні, електричні і електромагнітні. Механічні блокувальні пристрої виконуються, переважно, у вигляді механічних конструкцій (стопори, замки, пружинно-стержневі і гвинтові конструкції тощо), які не дозволяють знімати захисні огороження електроустановок, відкривати комутаційні апарати без попереднього зняття з них напруги.

Електричні блокувальні пристрої забезпечують розривання мережі живлення спеціальними контактами, змонтованими на дверях огороження, розподільчих щитів і шаф, кришках і дверцях кожухів електрообладнання. При дистанційному управлінні електроустановкою ці контакти доцільно включати в мережу управління пускового апарату послідовно з органами пуску. В такому разі подача напруги на установку органами пуску буде неможливою до замикання контактів електричних блокувальних пристроїв.

Електромагнітні блокувальні пристрої безпеки вимикачів, роз'єднувачів, заземлюючих ножів використовуються на відкритих і закритих розподільчих пристроях з метою забезпечення необхідної послідовності вмикання і вимикання обладнання. Вони виконуються переважно у вигляді стержневих електромагнітів. Стержень електромагніту при знеструмленні його обмотки під дією пружини заходить у гніздо корпусу органу управління електроустановки, що не дозволяє маніпулювати цим органом. При подаванні напруги на обмотку електромагніта осердя останнього втягується в котушку електромагніта, що забезпечує розблокування органу управління електроустановкою і можливість необхідних

маніпулювань цим органом.

Засоби орієнтації в електроустановках дають можливість персоналу чітко орієнтуватись при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям. До засобів орієнтації в електроустановках належать: маркування частин електрообладнання, проводів і струмопроводів (шин), бірки на проводах, забарвлення неізольованих струмопровідних частин, ізоляції, внутрішніх поверхонь електричних шаф і щитів керування, попереджувальні сигнали, написи, таблички, комутаційні схеми, знаки високої електричної напруги, знаки постійно попереджувальні тощо.

4.2.1 Технічні заходи попередження електротравм при переході напруги на неструмопровідні частини електроустановок [10]

Поява напруги на неструмопровідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне заземлення, занулення, захисне від'єднання.

Захисне заземлення. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмопровідних частин електроустановок, які можуть опинитись під напругою. При пошкодженні в установці ізоляції фазного проводу корпус установки може опинитися під напругою. Якщо людина доторкнеться до корпусу установки, то це буде майже рівноцінно доторканню до неізольованого проводу.

При наявності заземлення буде мати місце додатковий струмопровід паралельно людині і струм замикання на землю буде розподілятися між цим струмопроводом і людиною обернено пропорційно їх опорам, що забезпечує захист людини від ураження електричним струмом. Крім того, за наявності захисного заземлення має місце розтікання струму в землі, в результаті чого на поверхні землі, виникає поле підвищених потенціалів відносно нульового потенціалу землі. Тоді напруга, під яку потрапляє людина, буде визначатись різ-

ницею потенціалів корпусу установки і поверхні землі в місці розташування людини. Зі зменшенням відстані між заземлювачем і людиною напруга дотику буде зменшуватись, що сприяє поліпшенню безпеки.

Захисному заземленню підлягають:

- електроустановки напругою 380В і більше змінного струму і 440В і більше постійного струму.

- електроустановки напругою більше 42В змінного і 110В постійного струму в приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою електротравм, а також електроустановки, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах (з метою попередження вибухів).

- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки інші кабельні конструкції, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники.

Ефективність захисного заземлення залежить від опору заземлювального пристрою проходженню струму замикання на землю.

Відповідно до чинних нормативів величина опору заземлювального пристрою в установках напругою до 1000 не має перевищувати:

- 10Ом при сумарній потужності генераторів (трансформаторів) 100кВА і менше;

- 4Ом при сумарній потужності генераторів (трансформаторів) більше 100 кВА.

Опір заземлювального пристрою електроустановок, що живляться від мережі напругою більше 1000В, повинен бути не більше 0,5Ом в мережах з ефективно заземленою нейтраллю.

Заземлювальні пристрої можуть бути природними і штучними. Як природні заземлювальні пристрої використовуються прокладені під поверхнею землі трубопроводи, оболонки кабелів, арматура будівельних конструкцій, що має контакт із землею, тощо. Штучні заземлювальні пристрої - це спеціально закладені в землю металоконструкції, призначені для захисного заземлення. Штучними заземлювачами можуть бути металеві вертикально закладені в

грунт електроди (стержні, труби, кутова сталь тощо), з'єднані між собою за допомогою зварювання з'єднувальною смугою, смугова і листовая сталь та ін.

Закладені в ґрунт вертикальні електроди, з'єднані металевою смугою в загальну мережу, використовуються, переважно, для цехових заземлювальних пристроїв при значній кількості електроустановок, що заземлюються, заземлювальних пристроїв ВРП тощо. У ньому випадку, заземлювальний пристрій виконується у вигляді контурного або виносного заземлення.

З а н у л е н н я. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 занулення в загальному розумінні - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Занулення в електроустановках - це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму із глухо заземленим вводом джерела однофазного струму, з глухо заземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму.

З а х и с н е в і д'є д н а н н я. Призначення захисного відключення - вимкнення електроустановки при пошкодженні ізоляції і переході напруги на неструмопровідні її елементи. Застосовується як доповнення до захисного заземлення (занулення) для забезпечення надійного захисту, перш за все, в умовах особливої небезпеки електротравм.

Згідно з чинними нормативами, захисне від'єднання є обов'язковим в гірничодобувній промисловості і на торфорозробках.

4.3 Розрахунок повітрообміну за надлишком явного тепловиділення для теплого періоду року [11, 12]

Машинобудівна дільниця відноситься до категорії приміщень з незначними надлишками явного тепла.

Кількість тепла, яка надходить від електродвигунів:

$$Q = 10^3 N \cdot k \quad (4.1)$$

де N - установочна потужність двигуна, кВт;

k - коефіцієнт, який приймає значення 0,25...0,4 в залежності від режиму роботи двигуна.

$$Q = 10^3 \cdot 117 \cdot 0.25 = 29250 \text{ Вт.}$$

Визначення необхідної кількості вентиляційного повітря

Для цехів з виділенням надлишкового тепла, кількість припливного повітря визначається із умови асиміляції цього тепла.

$$L = \frac{Q_{\text{над}}}{C \cdot \gamma \cdot (t_g - t_n)}; \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{над}}$ - надлишкове тепло в цеху, кДж/год;

C - питома теплоємність повітря при постійному тиску, $C = 1 \text{ кДж/кгК}$;

γ - густина припливного повітря, кг/м^3 ;

t_g - температура повітря, що виходить з цеху;

t_n - температура припливного повітря;

$$L = \frac{105300}{1 \cdot 1,2 \cdot (28 - 22,5)} = 15909,1 \text{ м}^3 \quad (4.3)$$

Кратність повітрообміну визначається як:

$$k = \frac{L}{V_n} \quad (4.4)$$

$$k = \frac{15909,1}{4320} = 3,5$$

Отже розрахунок показує, що повітря в приміщенні потрібно замінювати 3...4 рази за годину.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присв'ячена вдосконаленню технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус НОШ 7234.41.001».

В загальному розділі роботи виконаний аналіз конструкції деталі, технологічності її виготовлення та базового технологічного процесу.

В технологічному розділі для вдосконалення технології виготовлення даної деталі були зроблені зміни в технологічному маршруті механічного оброблення, а також використані верстати з ЧПК, застосування яких значно скорочує як основний, так і допоміжний час оброблення. Обґрунтований вибір методу отримання заготовки: вибрано заготовку штампуванням, що зменшило собівартість деталі в порівнянні із її виготовленням із листового прокату. Призначені оптимальні припуски на оброблення по операціях, вибраний інструмент, верстатне обладнання, розраховані і призначені відповідні до прийнятого обладнання та інструменту режими різання. Виконане технічне нормування часу виконання операцій нового технологічного процесу. Розроблена розрахунково-технологічна карта та фрагмент керувальної програми для оброблювального центру з горизонтальною віссю шпинделя моделі IP500ПФ4.

У конструкторському розділі проєктований верстатний пристрій для встановлення заготовки при свердлуванні та розточуванні отворів у деталі на оброблювальному центрі. Для забезпечення затискного зусилля в пристрої застосовано гідропривід. Спроектована також калібр-пробка для контролю розміру відповідального отвору Ø30H7.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз технологічного процесу з точки зору вимог охорони праці, розглянуті і запропоновані заходи, що застосовуються для безпечної роботи працівників машинобудівних дільниць, розглянуті особливості техніки безпеки при роботі на верстатах, які застосовуються в даному технологічному процесі, а також питання організації робочого місця верстатника і системи заземлення верстатів та обладнання.

Список літературних джерел

1. Кваліфікаційна робота : Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В.П. Ткачук, В.В. Милько, С.А. Костюк. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 31с.
2. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. - Львів: Магнолія, 2006, 2021. 567с.
3. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник. – Львів: «Новий світ – 2000», 2009. 358с.
4. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / І. І. Юрчишин, та ін. / За ред. І. І. Юрчишина. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
5. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
6. Гордєєв А.І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ, 2013. 159 с., іл.
7. Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв: Навч. Посібник (ел. видання) / В.П.Приходько – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 89 с. – Доступ : https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/47783/1/Prykhodko_NP_Rozr_Verst.pdf
8. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
9. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
10. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Охорона праці. Практикум. Суми: Університетська книга, 2000.
11. В.Й. Сивко. Розрахунки з охорони праці: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 152 с.
12. Охорона праці в галузі. Індивідуальні завдання та методичні вказівки до їх розв'язання для студентів інженерних спеціальностей. Г.С. Калда, О.В. Снозик, А.В. Кирилков. – Хмельницький, 2007, - 40с.

ДОДАТКИ

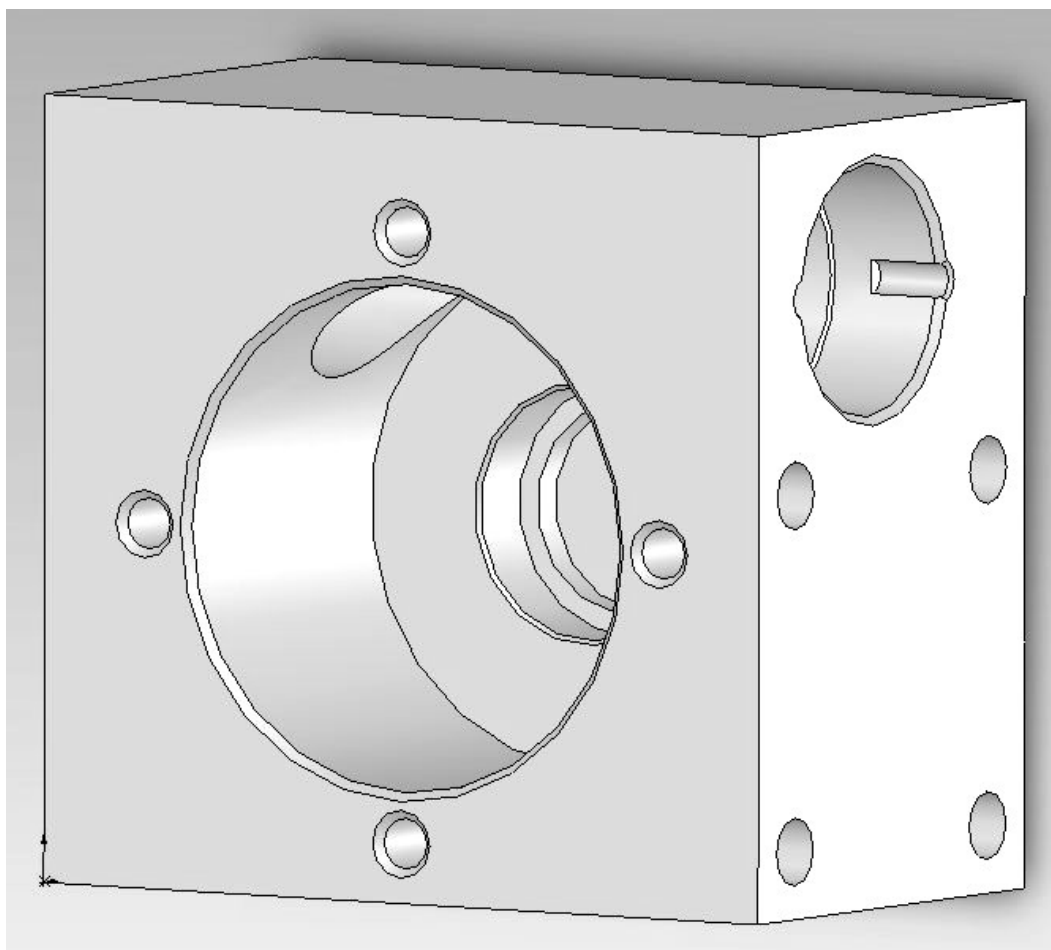


Рис. 1.Д.А – 3D-модель деталі

Технологічна документація

Специфікації до складальних креслеників