

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)

Технологія машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Дослідження методів підвищення довговічності шліцевого з'єднання
маточини»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи M-122м

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Технології машинобудування

БОБРОВНИК А.В.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ТРИШИН П.Р.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет Машинобудівний
 Кафедра «Технологія машинобудування»
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ
 « » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

БОБРОВНИК Андрій Валерійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження методів підвищення довговічності шліцевого з'єднання маточини

керівник проєкту (роботи) к.т.н., ст. викладач ТРИШИН Павло Романович,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» листопада 2023 року №436

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 02.12.2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі; програма випуску N=2000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2. Конструкторська частина; 3. Автоматизація; 4. Розрахунок деталі на міцність; 5. Спеціальне завдання; 6. Економічне обґрунтування вибору варіанта операції; 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки; 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з ЧПК; плакат автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; плакат розрахунку деталі на міцність; плакати спецзавдання. Кількість слайдів -

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	к.т.н., ст. викладач ТРИШИН П.Р.		
7	к.т.н., доц. ШМИРКО В.І.		
6	к.т.н., доц. ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
нормоконтроль	к.т.н., доц ДЯДЯ С І		

7. Дата видачі завдання 01.09.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2023	
2	Конструкторська частина	08.10.2023	
3	Автоматизація	15.10.2023	
4	Розрахунок на міцність	22.10.2023	
5	Спецзавдання	05.11.2023	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності	12.11.2023	
7	Охорона праці	26.11.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2023	
9	Нормоконтроль	08.12.2023	
10	Рецензія	10.12.2023	
11	Захист дипломного проекту	12.12.2023	

Студент

(підпис)

Андрій БОБРОВНИК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Павло ТРИШИН

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 109 с., 48 рис., 23 табл., 3 додатки, 22 джерел.

МАТОЧИНА, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – маточина.

Мета роботи – дослідити методи підвищення довговічності шліцьового з'єднання маточини.

Методи дослідження – аналіз існуючих публікацій; розрахунково-аналітичний; комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки.

В магістерській роботі розглянуто конструкції шліцьових з'єднань, основні види пошкоджень шліцьових з'єднань, вплив геометричних та фізико-механічних параметрів шліцьових з'єднань на їх зносостійкість, запропоновані методи підвищення довговічності шліцьового з'єднання маточини шляхом застосування полімерного покриття, спроектовано технологічний процес виготовлення маточини, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче пристосування для свердління отворів та контрольне пристосування для контролю биття в центрах, проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання, розроблено керуючі програми для операцій з ЧПК, запропоновані рекомендації та обладнання для автоматизації заготівельної операції шляхом застосування роботів для створення ливарних форм, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Дослідження методів підвищення довговічності шліцьового з'єднання маточини.....	9
1.1 Конструкції шліцьових з'єднань.....	9
1.2 Основні види пошкоджень шліцьових з'єднань.....	10
1.3 Вплив геометричних та фізико-механічних параметрів шліцьових з'єднань на їх зносостійкість.....	12
1.4 Основні шляхи підвищення довговічності шліцьових з'єднань.....	14
1.5 Види покриттів шліцьових з'єднань	17
2 Технологічна частина.....	21
2.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	21
2.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт.....	22
2.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням..	23
2.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	26
2.4.1 Вибір технологічних баз.....	26
2.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	27
2.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	33
2.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	36
2.6 Розрахунок режимів різання.....	41
2.6.1 Операція 030 – токарна з ЧПК.....	41
2.6.2 Операція 070 – шліфувальна.....	45
2.6.3 Операція 020 – токарна з ЧПК	47
2.6.4 Операція 040 – свердлильна з ЧПК	50
2.7 Технічне нормування операції.....	54
2.7.1 Технічне нормування токарної операції 030	54
2.7.2 Технічне нормування шліфувальної операції 070.....	55

2.7.3 Технічне нормування токарної операції 020.....	57
2.7.4 Технічне нормування свердлильної операції 040.....	58
2.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	60
2.8.1 Операція 040 – свердлильна з ЧПК.....	60
2.8.2 Операція 030 – токарна з ЧПК.....	63
2.8.3 Операція 020 – токарна з ЧПК	66
3 Конструкторська частина.....	70
3.1 Проектування робочого пристосування.....	70
3.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	70
3.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосувань на точність.....	70
3.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	74
3.2 Проектування контрольного пристосування.....	76
3.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	76
3.2.2 Розрахунок контрольного пристосування на точність.....	77
4. Автоматизація.....	79
4.1 Автоматизація ливарного виробництва	79
5 Розрахунок деталі на міцність	83
5.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	83
5.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції.....	84
5.3 Оптимізація геометрії деталі.....	85
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів.....	86
7. Заходи по забезпеченню безпеки в машинобудуванні.....	96
7.1 Освітлення робочого місця та захист від підвищеного рівня шуму.....	96
Висновки	101
Перелік джерел посилання.....	102
Додаток А. Визначення ваги деталі та заготовок за допомогою масово-центрувальних характеристик програмного забезпечення NX.....	105
Додаток Б. Специфікація робочого пристосування	107
Додаток В. Специфікація контрольного пристосування	109

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

РТК – розрахунково-технологічна карта

САПР – системи автоматизованого проектування

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Сучасні інженерні рішення в галузі машинобудування та транспортного машинобудування вимагають постійного удосконалення конструкційних елементів для забезпечення найвищого рівня надійності та довговічності технічних систем. Одним із ключових елементів, який піддається великому впливу динамічних та статичних навантажень, є шліцьове з'єднання маточини.

В ході експлуатації транспортних засобів, маточині шліцьові з'єднання стикаються з різноманітними впливами, які можуть призвести до пошкоджень та зниження їхньої довговічності. Розуміння основних видів пошкоджень, врахування геометричних та фізико-механічних параметрів шліцьових з'єднань стає важливим завданням для забезпечення стійкості та оптимальної ефективності трансмісійних систем.

Ця магістерська робота розглядає різноманітні конструкції шліцьових з'єднань, аналізує основні види пошкоджень, досліджує вплив геометричних та фізико-механічних параметрів на зносостійкість шліцьових з'єднань, а також пропонує інноваційні методи підвищення їхньої довговічності за допомогою полімерних покриттів. Полімерні матеріали вирізняються високою стійкістю до агресивних середовищ, а також здатністю поглиблювати зносостійкість металевих поверхонь. Дане дослідження спрямоване на вивчення ефективності такого підходу, де шліцьова пара працює у режимі взаємодії метал по полімеру.

Результати цього дослідження можуть бути використані для вдосконалення виробництва маточин, для забезпечення підвищення їх надійності та тривалості служби у механічних системах.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ШЛІЦЬОВОГО З'ЄДНАННЯ МАТОЧИНИ

1.1 Конструкції шліцьових з'єднань.

Шліцьові з'єднання мають дуже велике застосування у різних галузях машинобудування. Існуючий технологічний процес утворення шліців різанням відноситься до найбільш складних та трудомістких операцій. Виготовлення їх фрезеруванням з подальшим шліфуванням після термообробки є малопродуктивним та дорогим процесом, багато металу при цьому йде у стружку [1].

Шліцьові з'єднання широко застосовують у навантажених механізмах. Достоїнствами шліцьового з'єднання є найкраще центрування деталей на шліцьових валах і більш висока міцність шліцьових валів порівняно зі шпонковими, особливо при динамічних навантаженнях. Недоліком є велика складність виготовлення шліцьового з'єднання порівняно зі шпонковим.

Найбільш важливими перевагами шліцьових з'єднань перед шпонковими є можливість передачі великих крутних моментів, висока міцність і надійність з'єднання, підвищена точність центрування та напрямки втулок на валу. Шліцьові сполуки залежно від профілю зубців поділяються на прямобічні, евольвентні та трикутні. Шліцьові з'єднання з евольвентним профілем зубців мають суттєві переваги в порівнянні з прямобічними вони можуть передавати великі крутні моменти, мають на 10...40% меншу концентрацію напруги у основи зубців, підвищену циклічну міцність, забезпечують краще центрування і напрямки деталей, простіше при виготовленні [1]. Шліцьові з'єднання з трикутним профілем не стандартизовані їх застосовують найчастіше замість посадок з натягом, а також при тонкостінних маточинах для передачі невеликих крутних моментів.

Шліцьові вироби повинні відповідати вимогам взаємозамінності. Ці вимоги виконуються за умови виготовлення шліцьового валу та маточини в

заданих ступенях точності та під необхідну посадку по кожному з елементів. Залежно від прийнятих методів центрування різним елементам виробу встановлюються різні відхилення від номінального розміру і різні ступеня точності. Точністю та відхиленнями вищевказаних елементів не вичерпується питання про взаємозамінність шліцьових виробів. При правильному виконанні лінійних розмірів з'єднання валу і маточини буде можливим лише в тому випадку, якщо зубці розташовані досить рівномірно по колу (постійність кроку) і паралельно осі виробу. Відхилення окружного кроку зубців від номіналу не повинні перевищувати певних величин, останні не регламентуються числовими значеннями і перевіряються диференційовано у заводській практиці. Контроль зовнішнього діаметра валу, внутрішнього діаметра маточини, товщини зубців валів і ширини западин отворів проводиться диференційовано за допомогою звичайних гладких граничних калібрів [2].

1.2 Основні види пошкоджень шліцьових з'єднань

Характер пошкодження шліцьових з'єднань залежить від умов навантаження, конструкції, технології виготовлення та ін. Відомі такі основні види ушкодження шліцьових з'єднань: знос контактуючих поверхонь зубців; зминання зубців; поломка та зріз зубців; поломка або скручування шліцьового валу; розрив маточини із внутрішніми зубцями. З названих видів пошкоджень шліцьових з'єднань переважає знос контактуючих поверхонь зубців у вигляді вироблення в місці сполучення валу з маточиною. Це основна причина виходу з ладу шліцьових з'єднань у трансмісіях тракторів, автомобілів, будівельних, дорожніх, сільськогосподарських та інших машин [1]. Зносостійкість – основний критерій працездатності більшості шліцьових з'єднань. Зношування зубців є наслідком дії навантаження та відносних переміщень (ковзання) контактуючих поверхонь. Причинами ковзання є перекіс або неспіввісність деталей шліцьового

з'єднання, похибки просторового положення елементів шліцьового профілю, зміщення осей валу та маточини під дією радіальної сили.

Аналіз умов роботи та характеру навантаження шліцьових з'єднань показує, що одним із основних шляхів підвищення їхньої зносостійкості є зменшення полів, що може бути досягнуто за рахунок застосування відповідних конструктивних та технологічних заходів. У практиці експлуатації відоме зношування шліцьових з'єднань і в тому випадку, коли відносні переміщення контактуючих поверхонь зведені до мінімуму, наприклад, у нерухомих з'єднаннях при застосуванні перехідних посадок. Зношування викликається виникненням і руйнуванням тонких окисних плівок при мікропереміщеннях, це називається контактною корозією [2]. Продукти зносу є порошок бурого кольору, що нагадує іржу. Частки оксидів залишаються в зоні контакту і внаслідок малих відносних переміщень поверхонь не виносяться звідти. Маючи більш високу твердість, частинки оксидів діють як абразиви та сприяють посиленому зношуванню матеріалу. За даними роботи [2], у високооборотних з'єднаннях авіаційних двигунів швидкість зношування через контактну корозію при роботі без мастильного матеріалу досягає 25 мкм/год. Виникненню контактної корозії сприяють такі умови: великий тиск в контакті; відносні переміщення контактуючих поверхонь з малою амплітудою (до часток мікрметра) та великою частотою; відсутність мастила в зоні тертя або обмежена її кількість; однорідні метали та низька твердість поверхонь; доступ кисню до зони контакту. Відповідно до цього заходи для запобігання або обмеження контактної корозії зводяться до зменшення контактних тисків, введення в область контакту мастила високої в'язкості, підвищення твердості робочих поверхонь, застосування різномірних матеріалів. Зминання зубців шліцьових з'єднань спостерігається при низькій твердості їх робочих поверхонь, що характерно для з'єднань, що зазнають великих динамічних навантажень, наприклад шліцьових з'єднань механізму повороту екскаваторів [2]. Поломки зубців та їх зріз зустрічаються рідко і є наслідком дефектів механічної чи термічної обробки, помилок під час проектування чи аварійної ситуації.

Поломки шліцевого валу носять, як правило, втомний характер і є наслідком концентрації напруг у перехідних ділянках шліцевого профілю та місцях вибігу різального інструменту. Спостерігається злам валу у торця втулки і в місці уступів на зубцях, що утворилися на межі зношених і незношених ділянок, що пояснюється більш високою концентрацією напруги в цих місцях [2]. Причинами поломок можуть бути статичні перевантаження і дефекти механічної або термічної обробки.

Розрив маточин із внутрішніми шліцями викликають розпірні сили у з'єднаннях евольвентного та трикутного профілів та відцентрові сили у високошвидкісних приводах. Іноді зустрічаються й інші види пошкоджень шліцевих з'єднань, наприклад, втомне руйнування поверхневого шару матеріалу зубців, заїдання при дії великих, навантажень і високої температури в зоні контакту, тріщини на зубцях.

1.3 Вплив геометричних та фізико-механічних параметрів шліцевих з'єднань на їх зносостійкість

В роботі [2] розглянуті прямобічні шліцеві з'єднання валу та шестерні. Шестерня була виготовлена із сталі 18ХГТ з твердістю поверхні шліцевого отвору HRC 60...62. Досліджували геометричні параметри шліцевого з'єднання: зазор центруючого діаметру; зазор з бокових поверхонь зубців; відхилення від паралельності зубців валу щодо його осі; похибка окружного кроку зубців і твердість зубів. Поряд з відхиленням від паралельності зубців, похибками виготовлення шліцевих з'єднань є похибки по окружному кроці та формі бічних поверхонь зубців у поперечному перерізі та поздовжньому напрямку. В даній роботі пропонується гіпотеза, що підтвердилася в процесі досліджень, що ці похибки впливають на роботу з'єднання тільки в початковий період – період приробітку. При дослідженні зносостійкості зубців [2] розглянуто похибку по

окружному кроці, як найбільш характерну для вивчення процесу приробітку. В роботі сверджується, що найважливішим чинником, що впливає на зносостійкість, є твердість поверхневого шару матеріалу. Виходячи з цього, розглянуто твердість зубів валу для сталей двох груп: високовуглецевих (цементованих) та середньовуглецевих. З цементованих при дослідженні [2] використана сталь 18ХГТ, як найпоширенішу у машинобудуванні. Інші марки цементованих сталей не розглядали, оскільки дослідженнями зносостійкості зубчастих коліс встановлено, що вміст легуючих елементів у цих сталях не помітно впливає на знос [2]. З середньовуглецевих сталей досліджено сталь 40Х і сталь 45. Випробування на зношування проводили на стенді із замкнутим силовим контуром. Деталі шліцевого з'єднання змащували мастилом АК-15, що заливається в редуктор. Зношування зубців валу вимірювали після приробітку шліцевих пар на універсальному вимірювальному мікроскопі УІМ-21. Описані у [2] дослідження показали, що збільшення зазору по центруючому діаметру у певному діапазоні (0...0,14 мм) підвищує фактично діючі навантаження на зубці зубчастих коліс і, отже, на шліцеві пари. Збільшення зазору понад 0,14 мм на навантаженість зубчастих коліс та шліцевих з'єднань, а також на взаємні переміщення зубчастого колеса та валу не впливає, тому що в цьому випадку центруючі поверхні не беруть участі в роботі. Як було показано в [2], відхилення від паралельності зубів валу щодо його осі призводить до перекосу зубчастого колеса на валу і, як наслідок, до зміщення точок контакту зубів у радіальному та осьовому напрямках при обертанні з'єднання. У зв'язку із збільшенням відхилення від паралельності зубців збільшується ковзання в шліцевому з'єднанні (шлях тертя) і, отже, знос зубців. Були випробувані шліцеві з'єднання з двома значеннями відхилення від паралельності зубців валу 0,02 та 0,26 мм на 100 мм довжини. Встановлено [2], що збільшення відхилення від паралельності зубців призводить до різкого підвищення їхнього зносу. За 75 год роботи з'єднання середнє зношування зубів валу з відхиленням від паралельності 0,02 мм становило 104 мкм, а з відхиленням 0,26 мм – 450 мкм, тобто в 4,3 рази більше. Зносостійкість шліцевого з'єднання однаковою мірою відносяться і до

відхилення від паралельності бічних поверхонь западин шліцьового отвору зубчастого колеса [2].

Для експериментального дослідження [2] приробітку випробували шліцьове з'єднання, вал якого виготовлений з великими похибками кроку зубців. Відхилення від паралельності зубців валу щодо його осі становило 0,04...0,05 мм на 100 мм довжини зубця, зазори по центруючому діаметру і бічні зазори були відповідно рівні 0,14...0,15 мм і 0,20..0,22 мм. Випробування показали, що знос зубів після приробітку пропорційний числу циклів навантаження (за цикл навантаження приймає один оборот валу), причому зі збільшенням твердості швидкість зношування знижується. Виявлена залежність зносу зубців від їх твердості дозволила зробити висновок про наявність деякого критичного тиску, як нижньої межі тисків, що викликають практично відчутний знос шліцьових з'єднань. Встановлено, що залежність зношування зубців від навантаження в прийнятому діапазоні її зміни має лінійний характер. Так, для валу з твердістю HRC 20...22 після роботи протягом 156 год з таким навантаженням знос робочих поверхонь зубців валу практично був відсутній.

1.4 Основні шляхи підвищення довговічності шліцьових з'єднань

Термін служби шліцьових з'єднань скорочується через роботу в умовах підвищених навантажень на бічні поверхні зубців при повільному ковзанні деталей. Це призводить до схоплювань, утворення задирів, стирання та появи люфту [2].

Залежно від умов роботи можуть додаватися й інші несприятливі фактори, що призводять до посиленого зношування – корозійно-активне середовище, висока запиленість, підвищені температури.

Щоб забезпечити штатну експлуатацію шліцевих з'єднань, необхідно наносити у вузол мастильний матеріал з високою зносостійкістю,

протикорозійними властивостями, водостійкістю, антизадирними характеристиками.

При зростанні навантажень і температури масляна плівка руйнується, через що деталі починають схоплюватися. Це призводить до заїдань, появи задирів і підвищеного зношування [2].

Досвід заводів, аналіз даних експлуатації та проведені дослідження [2] визначають основні шляхи підвищення довговічності шліцьових з'єднань, а саме: оптимізація технічних вимог до точності виготовлення та геометрії шліцьових з'єднань, застосування раціональних методів механічного зміцнення, термічної та хіміко-термічної обробки, зменшення сил тертя на поверхнях, що контактують та розробка достовірних методів розрахунку шліцьових з'єднань. Для підвищення зносостійкості і довговічності шліцьових з'єднань маточин, що сполучаються з валом, доцільно призначення посадок по центруючому діаметру шліцьового з'єднання з мінімальними зазорами. В даний час в машинобудуванні освоєно технологічні процеси обробки шліцьових валів і маточин, що забезпечують можливість застосування таких посадок, як при центруванні за внутрішнім, так і зовнішнім діаметром. При зменшенні зазору по центруючому діаметру обмежується перекіс маточини на валу, який може виникнути за рахунок відхилення від паралельності зубців валу або маточини щодо осі. Як показали дослідження [2], бічний зазор у шліцьовому з'єднанні при постійному односторонньому навантаженні практично не впливає на довговічність з'єднання. Однак такий режим не характерний для більшості машин під час роботи в умовах експлуатації. При цьому слід враховувати, що бічні зазори в шліцьовому з'єднанні істотно впливають на загальний зазор кутовий в кінематичному ланцюгу механізму. Так, наприклад, у коробці зміни передач автомобіля ЗІЛ-130 частку шліцьових з'єднань припадає близько 55...70% сумарного кутового зазору [2]. При певному перевищенні цього зазору різко збільшуються вібрації, шум, підвищується навантаженість деталей, що у деяких випадках може призвести до аварійних ситуацій. Тому ці фактори слід вважати такими, що обмежують застосування великих бічних зазорів. Зменшення

відхилення від паралельності зубців валу щодо його осі є найважливішим фактором підвищення довговічності маточин та зносостійкості шліцевих з'єднань. При виробництві шліцевих валів цього можна досягти шляхом введення у технологічний процес операції шліфування зубців після термічної обробки. Шліцешліфувальні верстати забезпечують обробку зубців з відхиленнями від паралельності трохи більше 9 мкм на 300 мм довжини.. Існуючий метод виробничого контролю шліцевих валів комплексним калібром (шліцевим кільцем) не забезпечує контролю граничної величини відхилення від паралельності зубців у зв'язку із зазорами з бокових і центруючих поверхонь зубців [2]. Введення контролю відхилень від паралельності зубців не викликає збільшення трудомісткості у виробництві шліцевих валів.

За наявності перекосу валів, що з'єднуються, потенційна навантажувальна здатність шліцевого з'єднання різко зменшується. При перекосі характер контакту змінюється від контакту по всій поверхні до контакту тільки двох зубців. Якщо величина деформації ведучого зуба перевищує величину зазорів в інших зубів, то стикаються і ці зуби, однак вони сприйматимуть відповідно менші навантаження, ніж ведучі зуби. Крім того, при перекосі є відносні переміщення контактуючих поверхонь, величина і швидкість яких підвищуються зі збільшенням кута перекосу деталей, що з'єднуються. У роботі [2] зроблена оцінка навантажувальної здатності восьмизубцевого евольвентного шліцевого з'єднання, виготовленого зі сталі з твердістю HB 2250 Н/мм². Розрахунок показав, що при куті перекосу $0,05^\circ$ з'єднання може нести навантаження, що дорівнює 70% від навантаження в з'єднанні без перекосу. Підрахунок навантажень для шліцевих з'єднань з різною довжиною маточини показав, що за винятком випадку нульового перекосу допустимі навантаження загалом більше для з'єднань з меншою довжиною, що стає більш очевидним у міру збільшення кута перекосу. Звідси випливає, що довжину шліцевого з'єднання, що працює в умовах перекосу, слід приймати якомога коротшою, наскільки це дозволяють інші умови. Для зменшення довжини з'єднання вигідніше застосовувати більші модулі шліцевого з'єднання.

Підвищення довговічності деталей шліцьового з'єднання з класом шорсткості поверхні не нижче 7-го класу та високою точністю виготовлення забезпечується за рахунок застосування полімерних антифрикційних покриттів, наприклад, на основі нейлону [1]. Нейлон відрізняється хорошими антифрикційними властивостями та високою зносостійкістю, у тому числі за наявності абразивних частинок у зоні тертя. Він хімічно стійкий до дії мастил і може застосовуватися у поєднанні з такими наповнювачами, що знижують коефіцієнт тертя, як тефлон, дисульфід молібдену та графіт. Через зниження коефіцієнта тертя зменшується нагрівання шліцьового з'єднання, в результаті чого запобігається швидке погіршення мастильних властивостей. Нейлонове покриття добре змащується різними сортами мастил. При застосуванні нейлонового покриття в шліцьовому з'єднанні покращується демпфування вібрацій, підвищується опір втоми зубців, так як навантаження розподіляється по робочій поверхні рівномірніше внаслідок підвищеної порівняно зі сталевими поверхнями податливістю матеріалу. Шліцьове з'єднання з нейлоновим покриттям практично не зазнає конструктивних змін, за винятком деякого зменшення товщини та зовнішнього діаметра зубів карданного валу. Застосування нейлонового покриття дозволило зменшити коефіцієнт тертя з 0,3 до 0,06 та збільшити довговічність шліцьового з'єднання валу [2].

1.5 Види покриттів шліцьових з'єднань

Найбільш результативним та сучасним способом захисту шліцьових з'єднань від зносу є застосування антифрикційних покриттів. Вони можуть наноситися як до застосування пластичних мастил, так і використовуватись самостійно.

Антифрикційні покриття призначені для змащування та захисту від корозії деталей різних галузей промисловості. Вони особливо ефективні там, де не працюють пластичні мастила.

Класичні мастила не завжди здатні забезпечити надійну та тривалу експлуатацію деталей. При підвищених навантаженнях, збільшенні температур у місці контакту поверхонь, впливу несприятливих факторів при втраті герметичності вузла мастила втрачають свою ефективність.

Покриття виступають у ролі аварійного мастила, і навіть часто наносяться самостійно, забезпечуючи підвищення ресурсу з'єднань.

Покриття на шліцьових з'єднаннях виконують такі функції:

- 1) Зниження тертя;
- 2) Запобігання схоплюванню та задиркам;
- 3) Захист від зношування при тривалому дефіциті пластичного мастильного матеріалу та перегріві;
- 4) Підвищення плавності руху деталей;
- 5) Усунення шуму під час переміщення.

Сьогодні часто на шліцьових з'єднаннях почало застосовуватись антифрикційне твердозмащувальне покриття Modengy 1002 (рис. 5.1). Воно наноситься на деталі методом розпилення та твердіє при кімнатній температурі [3].

Після затвердіння покриття утворює тонкий шар розділення з високою зносостійкістю, який не виділяє токсичних випарів. Також матеріал ефективно захищає деталі від корозії. Крім того, покриття для шліцьових з'єднань не потребують оновлення.

Якщо мастило витекло з вузла, видавалося при високих навантаженнях, вимилося, не було вчасно оновлено або з інших причин перестало виконувати свої функції, шар антифрикційного покриття дозволяє ефективно знижувати тертя та знос протягом тривалого часу.

Від обраного способу змащування шліцьових з'єднань залежить надійність і термін служби деталей. При нестачі мастильного матеріалу деталі починають

переміщатися на суху, що призводить до швидкого виходу вузла з ладу. Тому рекомендується замінювати пластичні мастила на покриття для шліцьових з'єднань. Найбільш ефективно їхнє комплексне використання [3].

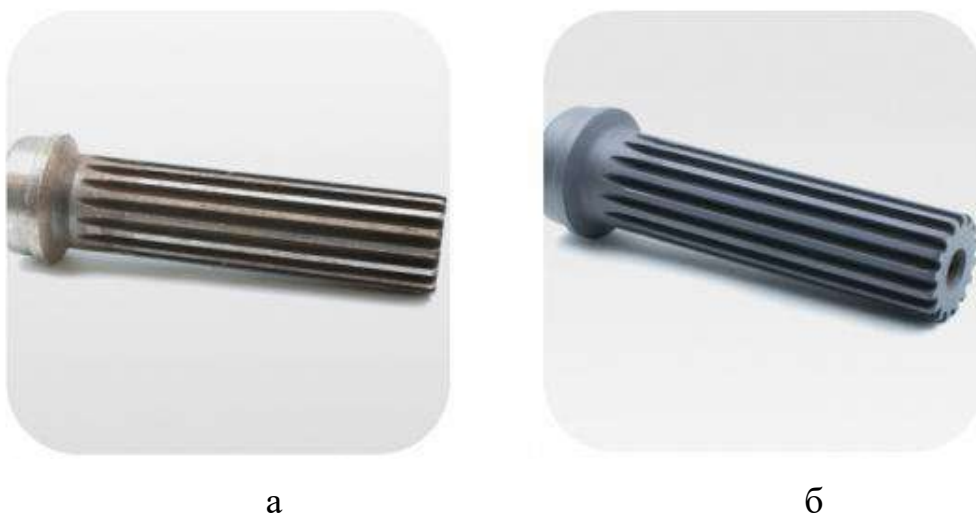


Рисунок 5.1 – Шліцьовий вал до покриття (а) та після (б) [3]

Іншим представником твердих покриттів є Rilsan – це природний матеріал, в основі якого смола рослини "Клющевиця". Технологія покриття Rilsan шліцьових маточин і валів застосовується майже на всіх сучасних автомобільних підприємствах при виробництві таких марок автомобілів як: Mercedes, Volvo, Man, Iveco, Daf, Scania, Kamaz, Uaz, Maz і багатьох інших [3]. Використовують технологію покриття Rilsan тому, що це дуже надійне покриття. Шліцьова пара при даному покритті вже не працює по-старому – метал по металу, а метал по полімеру (рис. 5.2) [4].

Результати проведеного дослідження можуть бути використані для вдосконалення виробництва маточин, для забезпечення підвищення їх надійності та тривалості служби у механічних системах. Згідно результатів дослідження пропонується інноваційний метод підвищення довговічності шліцьового з'єднання маточини за допомогою полімерних покриттів. Але впровадження отриманих результатів потребує вдосконалення технології

виробництва маточин. Тому далі в роботі буде наведено розробку вдосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі «Маточина».



а



б

Рисунок 5.2 – Шліцьовий вал до покриття (а) та після (б) [4]

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Маточина розташована на тихохідному валу редуктора (рис. 2.1). Маточина призначена для передачі обертального моменту від тихохідного валу на вал приводу генератора, забезпечуючи його роботу. Деталь складається переважно з концентрично розташованих поверхонь. Задана кресленням точність обробки поверхонь не викликає особливих труднощів при обробці деталі на металорізальних верстатах і розташування більшості поверхонь дозволяє вести обробку на прохід або упор. Найбільш точний діаметр по 6 квалітету легко обробляється на сучасних токарних та шліфувальних верстатах.

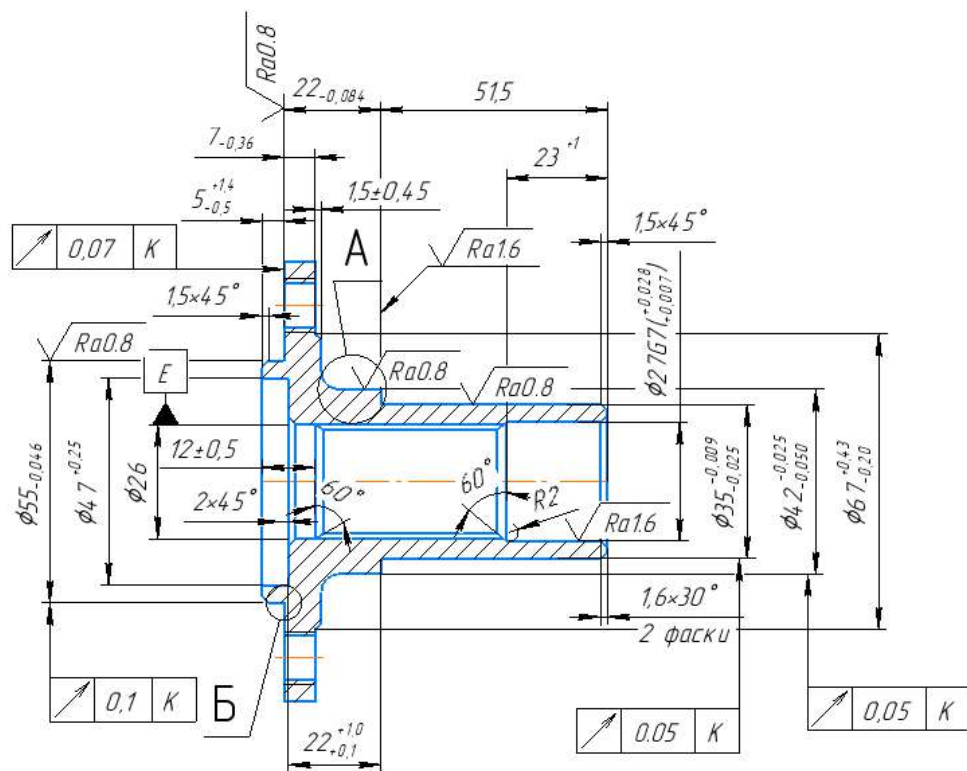


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі

Матеріал деталі – чавун СЧ 30 (табл. 2.1). Цей матеріал має хорошу міцність, що дозволяє йому добре чинити опір динамічним і змінним

навантаженням тривалий час. Фізичні властивості чавуну СЧ 30:

- 1) Щільність – 7300 кг/м³;
- 2) Межа міцності при розтягуванні – 300 МПа;
- 3) Коефіцієнт температурного (лінійного) розширення – $10,5 \cdot 10^{-6}$ 1/Град;
- 4) Модуль пружності – $1,3 \cdot 10^5$ МПа.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад СЧ 30 [5]

С	Si	Mn	Fe	S	P
3...3,2%	1,3...1,9%	0,7...1%	основа	Не більше	
				0,12%	0,2%

2.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних та економічних умов здійснення виробничого процесу всі різноманітні виробництва умовно поділяються на три основні види: одиничне, серійне та масове. У кожного з цих видів виробничий та технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

Попередньо тип виробництва вибираємо за [6, 7], знаючи масу деталі 0,72 кг та річну програму випуску 2000 шт як серійний, із змінно-потоковою формою організації виконання операцій технологічного процесу (ТП).

Кількість партії оброблюваних деталей розраховується за формулою:

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{A}, \text{ шт} \quad (2.1)$$

де N – річна програма випуску, шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво;

A – кількість робочих днів на рік.

$$n = \frac{5 \cdot 2000}{250} = 40 \text{ шт}$$

2.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Згідно аналізу креслення деталі, маси (0,72 кг), матеріалу (СЧ 30) та програми випуску (2000 шт) в якості методів отримання заготовки обираємо наступні:

- лиття в землю;
- лиття по витоплюваним моделям.

Маси заготовок визначаємо за допомогою програмного забезпечення шляхом виміру масово-центровочних характеристик (Додаток А). Ескізи заготовок отримані різними методами лиття наведені на рис. 2.2, 2.3.

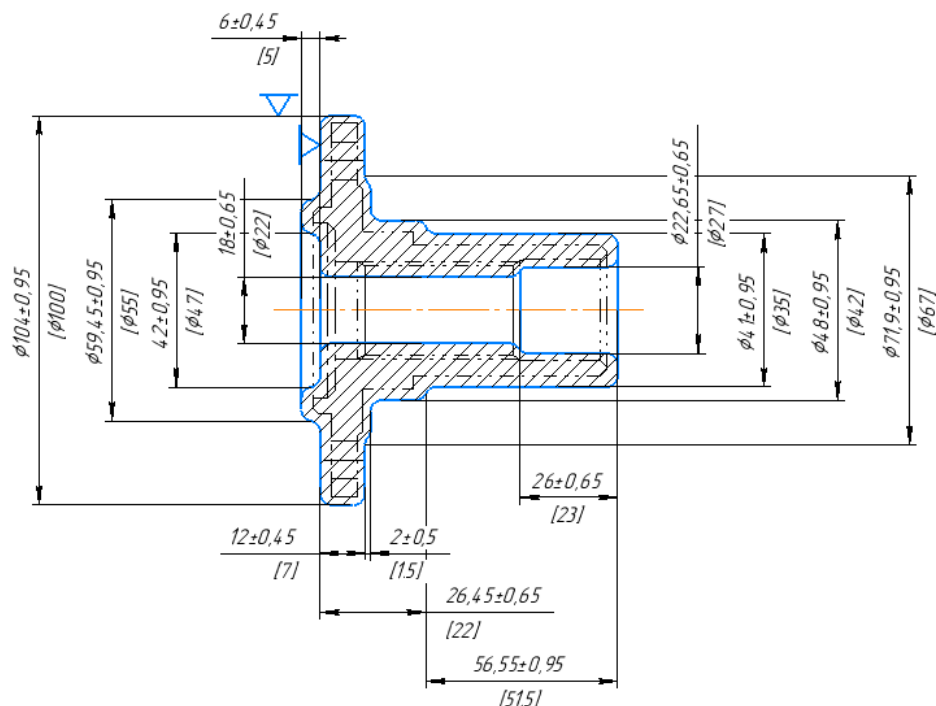


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки, що отримується литтям в землю



Рисунок 2.3 – 3D-модель заготовки, що отримується литтям по витоплюваним моделям

Для техніко-економічного обґрунтування методу отримання заготовок оцінимо собівартість їх виготовлення. Собівартість виготовлення однієї заготовки B , грн, розраховується за формулою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \frac{B_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.2)$$

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовки заготовок, грн. [8];

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [8];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [8];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [8];

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [8];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [8];

$B_{\text{відх}}$ – вартість 1 т стружки [8].

$$B_3 = \frac{2900}{1000} \cdot 1,35 \cdot 0,72 \cdot 1,03 \cdot 2,4 \cdot 0,83 \cdot 1,07 \cdot 0,5 - (1,35 - 0,72) \cdot \frac{170}{1000} = 5,52 \text{ грн}$$

$$B_B = \frac{16000}{1000} \cdot 1,02 \cdot 1,03 \cdot 2,4 \cdot 0,83 \cdot 1,07 \cdot 0,5 - (1,02 - 0,72) \cdot \frac{170}{1000} = 16,66 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (2.3)$$

$$\eta_3 = \frac{0,72}{1,35} = 0,53$$

$$\eta_B = \frac{0,72}{1,02} = 0,7$$

Порівняльні показники обраних методів заготовки заносяться в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків показників економічного вибору заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			В землю	По витопл. моделям
Вага заготовки	Q	кг	1,35	1,02
Базова вартість 1 т заготовки	В _Б	грн	2900	16000
Коефіцієнти	К _Т		1,03	1,03
	К _М		2,4	2,4
	К _С		0,83	0,83
	К _З		1,07	1,07
	К _П		0,5	0,5
Вартість 1 т стружки	В _{відх}	грн	170	170
Собівартість виготовлення заготовки	В _з	грн	5,52	16,66
Коефіцієнт використання матеріалу	η		0,53	0,7

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок розраховується за формулою:

$$E_B = (B_B - B_3) \cdot N, \quad (2.4)$$

де N – річна програма випуску, шт.

$$E_B = (16,66 - 5,52) \cdot 2000 = 22280 \text{ грн}$$

Річні заощадження витрат матеріалу розраховується за формулою:

$$M_e = \frac{q(\eta_{\text{кгшп}} - \eta_M)}{\eta_{\text{кгшп}} \cdot \eta_M} \cdot N \quad (2.5)$$

$$M_e = \frac{0,72 \cdot (0,7 - 0,53)}{0,7 \cdot 0,53} \cdot 2000 = 659,8 \text{ кг}$$

$$B_3 = \frac{2900}{1000} \cdot 659,8 \cdot 0,72 \cdot 1,03 \cdot 2,4 \cdot 0,83 \cdot 1,07 \cdot 0,5 = 1512,2 \text{ грн}$$

В якості оптимального методу отримання заготовки обираємо лиття в землю, тому що собівартість виготовлення даним методом нижча в порівнянні з заготовкою отриманою литтям по витоплюваним моделям.

2.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

2.4.1 Вибір технологічних баз

Так як оброблювана заготівля – отримана литтям у землю, то необроблені поверхні як бази використовуються тільки на першій операції механічної обробки. Для першої операції – зовнішню поверхню діаметром 100мм та крайній торець.

Для другої та наступних токарних операцій як бази будемо використовувати оброблені поверхні: крайні торці і зовнішні циліндричні поверхні діаметром 100мм та 42мм. При шліфуванні будимо використовувати фаски центрального отвору. При свердлінні будимо використовувати шийку діаметром 42мм та крайній торець.

2.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) містить кількість технологічних переходів, послідовність цих переходів, способи обробки поверхонь. Для спрощення проектування МОП проведемо нумерацію поверхонь деталі (рис. 2.4). Основні показники точності та якості поверхонь деталі наведено в таблиці 2.3.

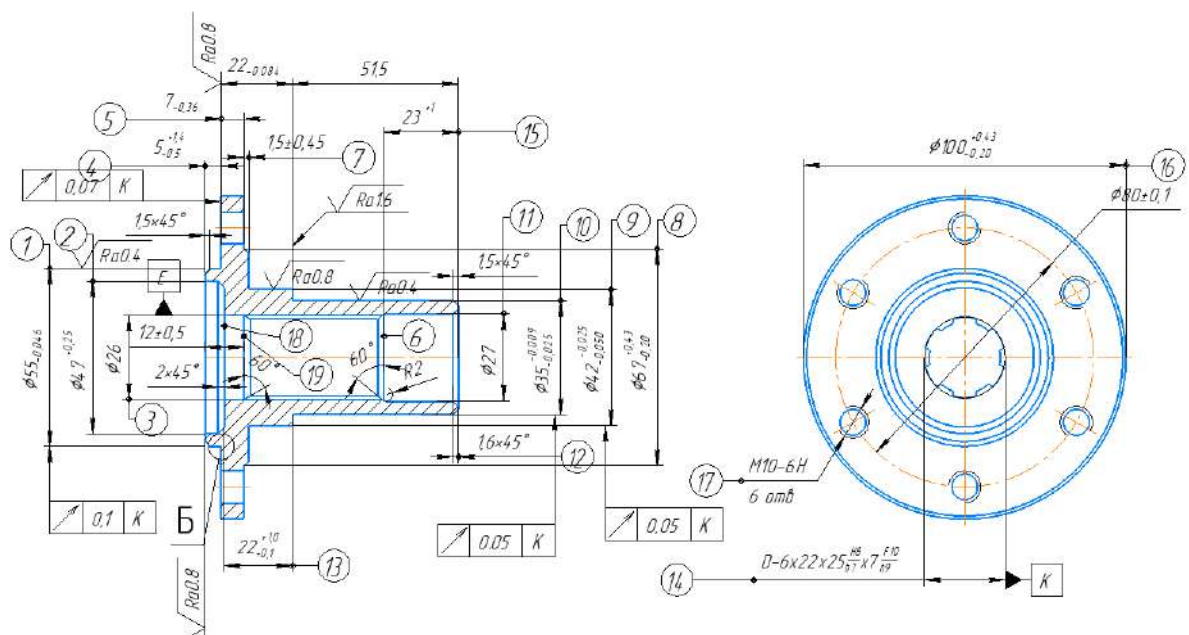


Рисунок 2.4 – Технологічна розмітка поверхонь деталі

Загальне уточнення за показниками точності та шорсткості поверхні розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (2.6)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (2.7)$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (2.8)$$

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Таблиця 2.3 – Показники точності та якості поверхонь деталі.

Номер поверхні	Характер поверхні		Показники					
			Квал. точності		Шорсткість $Ra, \text{мм}$		Допуск $TI, \text{мм}$	
	Вид	Тип	Загот.	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет.
10- $\phi 35_{-0,025}^{-0,009}$	Цилін	Зовніш	IT16	IT6	25	0,4	1,6	0,016
9- $\phi 42_{-0,050}^{-0,025}$	Цилін	Зовніш	IT16	IT7	25	0,8	1,6	0,025
8- $\phi 67_{-0,20}^{+0,43}$	Цилін	Зовніш	IT16	IT14	25	6,3	1,9	0,63
11- $\phi 27_{+0,52}^{+0,27}$	Цилін	Внутр.	IT16	IT7	25	1,6	1,3	0,52
3- $\phi 26_{+0,52}^{+0,26}$	Цилін	Внутр.	IT16	IT14	25	6,3	1,3	0,52
2- $\phi 47_{+0,25}^{+0,47}$	Цилін	Внутр.	IT16	IT12	25	6,3	1,6	0,25
1- $\phi 55_{-0,046}^{-0,055}$	Цилін	Зовніш	IT16	IT8	25	0,4	1,9	0,046
16- $\phi 100_{-0,20}^{-0,43}$	Цилін	Зовніш	IT16	IT14	25	6,3	2,2	0,63
5-7- $0,36_{-0,36}^{+0,36}$	Торц	Зовніш	IT16	IT14	25	0,8	0,9	0,36
4-5- $0,5_{-0,5}^{+1,4}$	Торц	Зовніш	IT16	IT16	25	6,3	1,9	1,9
15-23- 1_{+1}^{+1}	Торц	Зовніш	IT16	IT16	25	6,3	1,3	1
7-22- $0,084_{-0,084}^{+0,084}$	Торц	Зовніш	IT16	IT10	25	1,6	1,3	0,084
13-22- $0,9_{+0,1}^{+1,0}$	Торц	Внутр.	IT16	IT16	25	6,3	1,3	0,9
17-M10-6H	Різьба	Внутр.	-	6H	-	3,2	-	0,180
19-12 $\pm 0,5$	Торц	Зовніш	IT17	IT14	25	6,3	1,1	1,0

Для поверхні 1 – $\phi 55_{-0,03}$

$$\varepsilon_d = \frac{1,9}{0,03} = 63,3$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0,8} = 62,4$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{1,2}{0,05} = 24$$

Кількість переходів розраховується по превалюючому показнику за формулою:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (2.9)$$

$$k = 2 \cdot \lg 63,3 = 3,6$$

Приймаємо $k=4$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=4$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT=IT16-h8=8=4+2+2+1$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

- 1) Для допуску – $IT16 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow TO \rightarrow h8 \rightarrow h7$
- 2) Для шорсткості – $Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow TO \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0.8$

МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, шліфування чорнове, шліфування чистове.

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=300$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1900}{300} = 6,3$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{6,3} = 7,9$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2}=120$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{300}{120} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,9$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 6,3 \cdot 2,5 = 15,7 < \varepsilon_d = 63,3$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,9 \cdot 1,9 = 15 < \varepsilon_{Ra} = 62,4$$

Третій перехід – шліфування: $T_{D4}=46$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d3} = \frac{120}{46} = 2,6$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 15,7 \cdot 2,6 = 40,9 < \varepsilon_d = 63,3$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15 \cdot 2 = 30 < \varepsilon_{Ra} = 62,4$$

Четвертий перехід – шліфування: $T_{D4}=30$ мкм; $T_{Ra4}=0,8$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{46}{30} = 1,5$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 40,9 \cdot 1,5 = 61,3 < \varepsilon_d = 63,3$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 30 \cdot 2 = 60 < \varepsilon_{Ra} = 62,4$$

Для поверхні 10 – Ø35g6

$$\varepsilon_d = \frac{1,9}{0,016} = 118$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0,8} = 62,4$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{1,2}{0,05} = 24$$

Кількість переходів розраховується по превалюючому показнику за формулою (2.9):

$$k = 2 \cdot \lg 118 = 4$$

Приймаємо $k=4$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=4$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT=IT16-g6=10=4+2+2+2$.

ПІТЯ:

- 1) Для допуску – $IT16 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow g6$
- 2) Для шорсткості – $Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow TO \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8$

МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, шліфування чорнове, шліфування чистове.

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=250$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1900}{250} = 7,6$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{6,3} = 7,9$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D3}=100$ мкм; $T_{Ra3}=3,2$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d3} = \frac{250}{100} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{6,3}{3,2} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 7,6 \cdot 2,5 = 19 < \varepsilon_d = 118$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,9 \cdot 2 = 15,8 < \varepsilon_{Ra} = 62,4$$

Третій перехід – шліфування чернове: $T_{D3}=39$ мкм; $T_{Ra3}=16$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d3} = \frac{100}{39} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 19 \cdot 2,5 = 47,5 < \varepsilon_d = 16,1$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15,8 \cdot 2 = 31,6 < \varepsilon_{Ra} = 7,9$$

Четвертий перехід – шліфування чистове: $T_{D3}=16$ мкм; $T_{Ra3}=0,8$ мкм [9].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d3} = \frac{39}{16} = 2,4$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{16}{0,8} = 2$$

Перевірка:

$$\Pi \varepsilon_{di} = 47,5 \cdot 2,5 = 114 < \varepsilon_d = 118$$

$$\Pi \varepsilon_{Ra} = 31,6 \cdot 2 = 62,4 < \varepsilon_{Ra} = 62,4$$

Тим самим методом робимо розрахунки і для інших поверхонь. Отримані дані заносимо до таблиці 2.4.

2.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі можна розділити на наступні етапи: заготівельний, чорновий, чистовий, фінішний. Складаємо етапний маршрут виготовлення деталі:

- 1) I етап – отримання заготовки,
- 2) II етап – термічна обробка (ТО);
- 3) III етап – механічна обробка:
 - токарна обробка (чорнова, чистова);
 - протяжна обробка;
 - свердлильна обробка;
 - слюсарна обробка
- 4) IV етап – ТО;
- 5) V етап – механічна обробка:
 - шліфування (чорнове, чистове);
- 6) V етап -мийка, контроль.

Маршрут виготовлення деталі наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 713003.024

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер Поверхні	показ	уточ	Кіл.перех		Показатели ППТК	МОП		Допуски,мкм			Уточнения		
			розр	прийн		ІТ	Метод обраб.	разм	R _z	↑ мм	Геом. разм	ше рох	↑
	J	ε ₀											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1) Зовн. цилін. Ø55h7- _{0,03} Ra=0,8; ↑=0,05; Загот.: ІТ16; Ra50; ↑=1,2	d	63,3	3,6	4	$\Delta_{\kappa\phi}$ =16-7=9=4+2+2+1 ІТ16→h12→h10→h8→h7 $\Delta_{\kappa\lambda}$ =9-3 =6=3+1+1+1 Ra50→Ra6,3→Ra3,2→ Ra1,6→Ra0,8 Δ_{cm} = 16-7=9=3+2+2+2 ↑1,2→↑0,5→↑0,2→↑0,1→↑0,05	16	Загот	1900	50	1,2	-	-	-
		24				-	ТО	-	-	-	-	-	-
						12	Точен чорн.	300	6,3	0,5	6,3	7,9	2,4
						10	Точен чист.	120	3,2	0,2	2,5	1,9	2,5
						8	Шліф. чор	46	1,6	0,1	2,6	2	2
	Ra	62,4				7	Шліф. чист	30	0,8	0,05	1,5	2	2
											60	61,3	24
10) Зовн. цилін. Ø35g6 Ra=0.8; ↑=0,05; Загот.: ІТ16; Ra50; ↑=1,2	d	118	3,58	3	$\Delta_{\kappa\phi}$ =16-6 =10=4+2+2+2 ІТ16→h12→h10→h8→g6 $\Delta_{\kappa\lambda}$ =9-3 =6=3+1+1+1 Ra50→Ra6,3→Ra3,2→ Ra1,6→Ra0,8 Δ_{cm} = 16-7=9=3+2+2+2 ↑1,2→↑0,5→↑0,2→↑0,1→↑0,05	16	Загот	1900	50	1,2	-	-	-
		24				-	ТО	-	-	-	-	-	-
						12	Точен чорн.	250	6,3	0,5	7,6	7,9	2,4
						10	Точен чист.	100	3,2	0,2	2,5	2	2,5
						8	Шліф. чор	39	1,6	0,1	2,5	2	2
	Ra	62,4				6	Шліф. чист	16	0,8	0,05	2,4	2	2
											114	62,4	24

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15) Зовн. торц. 51,5±0,15; Ra=0,8; ↑=0,1; Загот.: IT16; Ra50; ↑=1,2	d	6.3	2,1	2	$\Delta_{\kappa\theta} = 16-14=2=2+0$ IT16→h14→h12→h12→h12 $\Delta_{\kappa L} = 9-3 = 6=3+1+1+1$ Ra50→Ra6,3→Ra3,2→ Ra1,6→Ra0,8 $\Delta_{cm} = 16-9=7=3+2+2+0$ ↑1,2→↑0,5→↑0,2→↑0,1→↑0,1	16	Загот	1900	50	1,2	-	-	-
						-	ТО	-	-	-	-	-	-
		12				14	Точен чорн.	740	6,3	0,5	2,5	7.9	2.4
						12	Точен чист.	300	3.2	0,2	2.4	2	2.5
	Ra	15.8				12	Шліф. чор	300	1.6	0.1	1	2	2
						12	Шліф. чист	300	0.8	0.1	1	2	1
											6	62.4	12
5) Зовн. торц. 22 -0,084; Ra=1,6; ↑=0,07; Загот.: IT16; Ra25; ↑=1,2	d	15.4	3	3	$\Delta_{\kappa\theta} = 16-10=6=2+2+2+0$ IT16→h14→h12→h10→h10 $\Delta_{\kappa L} = 9-3 = 6=3+1+1+1$ Ra50→Ra6,3→Ra3,2→ Ra1,6→Ra0,8 $\Delta_{cm} = 16-9=7=3+2+1+1$ ↑1.2→↑0.6→↑0.2→↑0.1→↑0.07	16	Загот	1300	50	1,2	-	-	-
						-	ТО	-	-	-	-	-	-
		17.14				14	Точен чорн.	520	6,3	0,6	2.5	7.9	2
						12	Точен чист.	210	3.2	0.2	2,5	2	3
	Ra	62.4				10	Шліф. чор	84	1.6	0,1	1	2	2
						10	Шліф. чист	84	0.8	0,07	1	2	1,42
											15,47	62.4	17.1

2.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Виконаємо розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом на поверхні 1 – Ø55h7(-0,03):

1) для заготовки $Rz_1 + h_1 = 400$ мкм [9]

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

$$\rho_1 = \Delta_{\text{пер}} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (2.10)$$

де $\Delta_{\text{пер}} = 10$ мкм/мм перекіс отвору [9].

$$\rho_1 = 10 \cdot 78,5 = 785 \text{ мкм}$$

2) для ТО:

$$\rho_2 = \Delta_k \cdot l \quad (2.11)$$

де $\Delta_k = 1,5$ мкм/мм кривизна після ТО [9].

$$\rho_2 = 0,1 \cdot 78,5 = 7,85 \text{ мкм}$$

3) для чорнового точіння $Rz_2 = 50$ мкм та $h_2 = 50$ мкм [9];

Просторові похибки для механічних переходів розраховуються з урахуванням коефіцієнту уточнення за формулою:

$$\rho_j = K_{\text{ут}} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (2.12)$$

де $K_{\text{ут}} = 0,06$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [6].

$$\rho_3 = 0,06 \cdot (7,85 + 785) = 47,5 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} \quad (2.13)$$

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{1,9^2 + 1} = 0,536 \text{ мм}$$

4) для чистового точіння $Rz_3=25$ мкм та $h_3=25$ мкм [9];

де $K_{yt} = 0,04$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [9].

$$\rho_4 = 0,04 \cdot 47,5 = 1,4 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_4 = K_{yt} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (2.14)$$

$$\varepsilon_4 = 0,04 \cdot 536 = 21 \text{ мкм}$$

5) для шліфування чорнового $Rz_5=10$ мкм та $h_5=20$ мкм [9];

де $K_{yt} = 0,03$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [9].

$$\rho_5 = 0,03 \cdot 1,4 = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 21 = 0,7 \text{ мкм}$$

6) для шліфування чистового $Rz_5=5$ мкм та $h_5=15$ мкм [9];

де $K_{yt} = 0,02$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [9].

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0 = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_6 = 0,02 \cdot 0,7 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.15)$$

$$2z_2^{\min} = 2(400 + \sqrt{785^2 + 536^2}) = 2701 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{47,5^2 + 21^2}) = 304 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{1,4^2 + 0,7^2}) = 103 \text{ мкм}$$

$$2z_6^{\min} = 2(10 + 20 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 60 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} d_6^{\max} &= d_6^{\min} + ES_{d6} \\ d_6^{\max} &= 55 + 0 = 55 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} d_i^{\max} &= d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \\ d_5^{\max} &= 55 + 0,06 + 0,046 = 55,106 \text{ мкм} \\ d_4^{\max} &= 55,106 + 0,12 + 0,103 = 55,329 \text{ мкм} \\ d_3^{\max} &= 55,329 + 0,3 + 0,304 = 55,933 \text{ мкм} \\ d_1^{\max} &= 55,933 + 2,701 + 1,9 = 60,534 \rightarrow 60,5 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$\begin{aligned} d_i^{\min} &= d_i^{\max} - Td_i \\ d_6^{\min} &= 55 - 0,03 = 54,97 \text{ мм} \\ d_5^{\min} &= 55,106 - 0,046 = 55,06 \text{ мм} \\ d_4^{\min} &= 55,329 - 0,12 = 55,209 \text{ мм} \\ d_3^{\min} &= 55,933 - 0,3 = 55,633 \text{ мм} \\ d_1^{\min} &= 60,5 - 1,9 = 58,6 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.18)$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (2.19)$$

$$2z_3^{\max} = 60,5 - 55,633 = 4,867 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 55,933 - 55,209 = 0,724 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 55,329 - 55,06 = 0,269 \text{ мм}$$

$$2z_6^{\max} = 55,106 - 54,97 = 0,136 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} \quad (2.20)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (2.21)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\max} = 60,5 - 54,97 = 5,53 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 58,6 - 55 = 3,6 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1,9 + 0,03 = 1,93 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 5,53 - 3,6 = 1,93 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 59,55 \pm 0,95$ мм (рис. 2.5).

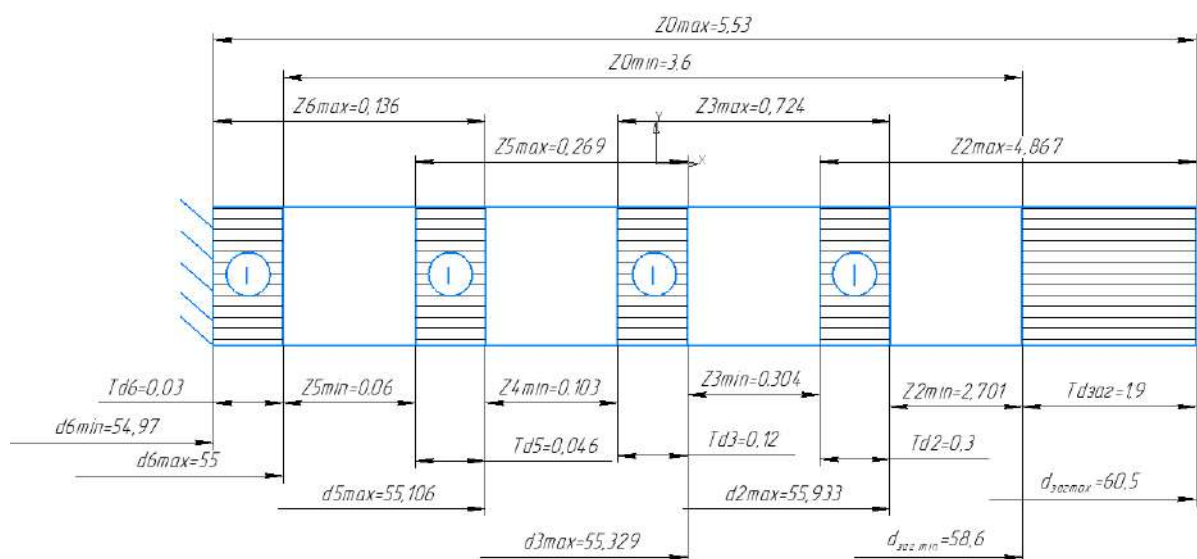


Рисунок 2.5 – Схема розташування припусків та технологічних розмірів

Для інших поверхонь припуски призначаємо табличним методом [8], результати наведено в таблиці 2.4.

Для поверхні 22_{-0,084}:

- 1) Чорнове точіння: $2Z^{min} = 2 \text{ мм}$;
- 2) Чистове точіння: $2Z^{min} = 1 \text{ мм}$
- 3) Шліфування чорнове: $2Z^{min}=0,5 \text{ мм}$;
- 4) Шліфування чистове: $2Z^{min} = 0,2 \text{ мм}$.

Для поверхні 51,5±0,15:

- 1) Чорнове точіння: $2Z^{min} = 2 \text{ мм}$;
- 2) Чистове точіння: $2Z^{min} = 1 \text{ мм}$
- 3) Шліфування чорнове: $2Z^{min}=0,5 \text{ мм}$;
- 4) Шліфування чистове: $2Z^{min} = 0,2 \text{ мм}$.

Таблиця 2.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск Td, мм	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір
	IT	Метод обробки		d_i^{max} , мм	d_i^{min} , мм	$2z_i^{max}$	$2z_i^{min}$	
Ø55h7 Ra=0,8	16	Заготовка	1,9	60,5	58,6	-	-	Ø59,55±0,95
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точен. чорн.	0,3	55,933	55,633	4867	2701	Ø 55,933 _{-0,3}
	10	Точен. чист.	0,12	55,329	55,209	724	304	Ø 55,329 _{-0,12}
	8	Шліф. чорн.	0,046	55,106	55,06	269	103	Ø 55,106 _{-0,046}
	7	Шліф. чист.	0,03	55	54,97	136	60	Ø 55,106 _{-0,046}
		5,53-3,6=1,9+0,03 1,93=1,93				5,53	3,6	Ø 55 _{-0,03}
51,5±0,15 Ra0,8	16	Заготовка	1,9	58,6	56,7	-	-	57,65±0,95
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	14	Точен. чорн.	0,74	54,69	53,95	6550	2000	54,32±0,37
	12	Точен. чист.	0,3	52,95	52,65	2040	1000	52,8±0,15
	12	Шліф. чорн.	0,3	52,15	51,85	1100	500	52±0,15
	12	Шліф. чист.	0,3	51,65	51,35	800	200	55±0,15
		7,24-5,04=1,9+0,3 2,2=2,2				7,24	5,04	
22(-0,084) Ra0,8	16	Заготовка	1,3	27,8	26,5	-	-	27,15±0,65
	-	Точен. чорн.	0,52	24,514	23,994	3820	2000	24,514 _{-0,52}
	14	Точен. чист.	0,21	22,994	22,784	1730	1000	22,994 _{-0,21}
	12	ТО	-	-	-	-	-	-
	10	Шліф. чорн.	0,084	22,284	22,2	794	500	22,284 _{-0,039}
	10	Шліф. чист.	0,084	22	21,916	368	200	22 _{-0,084}
		5,898-4,514=1,3+0,084 1,384=1,384				5,898	4,514	

2.6 Розрахунок режимів різання

2.6.1 Операція 030 – токарна з ЧПК

Чистове точіння поверхонь виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі 16K20Ф3. В якості пристрою використовуємо трикулачковий патрон. Ескіз операційний представлений рис. 2.6. Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 400мм;
- 2) найбільша довжина заготовки, що обробляється – 1000 мм;
- 3) частоти обертання шпинделя – 12,5...2000об/хв;
- 4) подачі супортів мм/хв
 - поздовжнього – 3...1200;
 - поперечного – 1,5...600;
- 5) потужність – 11 кВт.

Інструмент:

- 1) різець підрізний $\varphi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{мм}, 16\times 25\times 140, \text{T15K6 ГОСТ 18880-73 [10]}$;
- 2) різець розточувальний $\varphi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{мм}, 16\times 25\times 140, \text{T15K6 ГОСТ 18883-73 [10]}$;
- 3) різець канавочний спеціальний.

Глибина різання розраховується за формулою:

$$h = L_{\text{заг}} - L_{\text{дет}} = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{дет}}}{2}, \quad (2.23)$$

де $D_{\text{заг}}$ – розмір заготовки, мм;

$D_{\text{дет}}$ – операційний розмір деталі, мм.

$$h_1 = \frac{102 - 100}{2} = 1 \text{ мм}$$

$$h_2 = 23,514 - 22,994 = 0,52 \text{ мм}$$

$$h_3 = \frac{55,933 - 55,329}{2} = 0,3 \text{ мм}$$

$$h_4 = \frac{45-47}{2} = 1 \text{ мм}$$

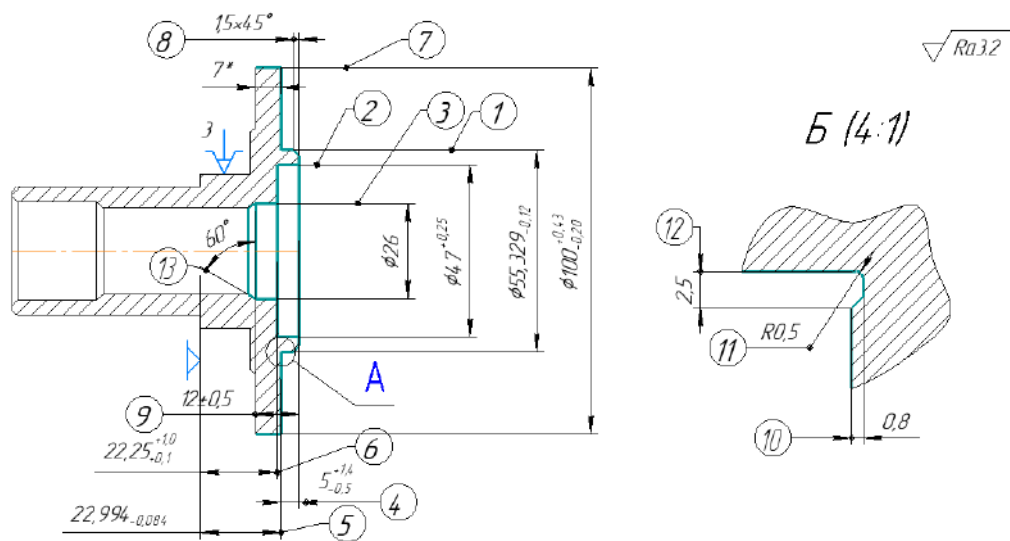


Рисунок 2.6 – Операційний ескіз токарної операції

Глибина різання для одного проходу розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (2.24)$$

де $i=2$ – кількість проходів.

$$t_1 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{0,52}{2} = 0,26 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ мм}$$

$$t_4 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (2.25)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі $S_{0T} = 0,17 \text{ мм/об}$ [11];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{S_K} \cdot K_{S_y} \cdot K_{S_\varphi} \cdot K_{S_r} \cdot K_{S_M} \quad (2.26)$$

де K_{S_K} – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки, $K_{S_K} = 1,0$ [11];

K_{S_r} – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця, $K_{S_r} = 0,85$ [11];

K_{S_φ} – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані, $K_{S_\varphi} = 1,0$ [11];

K_{S_y} – коефіцієнт, що враховує схему встановлення заготовки, $K_{S_y} = 1,2$ [11];

K_{S_M} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{S_M} = 0,8$ [11].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 0,81$$

$$S_0 = 0,17 \cdot 0,81 = 0,14 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S = 0,1$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (2.27)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання $V_m = 487$ м/хв [11];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_{\text{и}}} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_0} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_\varphi} \cdot K_{V_{\text{ж}}} \quad (2.28)$$

де K_{V_c} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{V_c} = 1,0$ [11];

$K_{V_{\text{и}}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{V_{\text{и}}} = 0,8$ [11];

K_{V_j} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{V_j} = 0,7$ [11];

K_{V_0} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{V_0} = 1,0$ [11];

K_{V_T} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{V_T} = 0,6$ [11];

K_{V_M} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{V_M} = 0,7$ [11];

K_{V_φ} – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V_\varphi} = 1,0$ [11];

$K_{V_{\text{ж}}}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{V_{\text{ж}}} = 1,0$ [11].

$$K_V = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,23$$

$$V = 487 \cdot 0,23 = 114 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (2.29)$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 100} = 363 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 47} = 772 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_1=300$ об/хв, $n_2=700$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (2.30)$$

$$V_{d1} = \frac{300 \cdot 3,14 \cdot 100}{1000} = 94 \text{ м/хв}$$

$$V_{d2} = \frac{700 \cdot 3,14 \cdot 47}{1000} = 103 \text{ м/хв}$$

Розрахунок режимів різання при точінні канавки наведено в таблиці 2.5.

Довжина робочого ходу L_{px} , мм розраховується за формулою:

$$L_{px} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (2.31)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання $l_{вр} = 2$ мм [11];

$l_{пер}$ – перебігу $l_{пер} = 2$ мм [11].

$$L_{px1} = 2 + 4 + 5 + 22,5 + 7 + 2 = 42,5 \text{ мм}$$

$$L_{px2} = 2 + 6 + 10,5 + 6 + 2,3 + 2 = 28,8 \text{ мм}$$

$$L_{px3} = 2 + 0,8 = 2,8 \text{ мм}$$

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.32)$$

$$t_{o1} = \frac{42,5}{0,1 \cdot 300} \cdot 2 = 2,83 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{28,8}{0,1 \cdot 700} \cdot 2 = 0,82 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{2,8}{0,05 \cdot 600} \cdot 2 = 0,09 \text{ хв}$$

$$\Sigma T_o = 2,83 + 0,82 + 0,09 = 3,65 \text{ хв}$$

2.6.2 Операція 070 – шліфувальна

Чистове шліфування шийки діаметром 55 мм виконуємо на круглошліфувальному верстаті моделі 3А151. Операційний ескіз зображено на рис. 2.7. В якості інструменту використовуємо шліфувальний круг 1 600х63х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 35 м/с ГОСТ 2424-83. В якості пристосування використовуємо центра, хомутик повідковий. Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 200мм;
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 700 мм;
- 3) частота обертання круга – 1272об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя (безступінчаста) – 63...400 об/хв;
- 5) потужність – 7,5 кВт.

Припуск на обробку діаметру 55 мм дорівнює $Z_1 = 0,136/2 = 0,068$ мм, а торцю – $Z_2 = 0,368/2 = 0,134$ мм.

Подача радіальна розраховуємо по формулі (2.25), (2.26):

де S_T – табличне значення радіальної подачі, $S_T = 0,008$ мм/об [11];

K_D – коефіцієнт враховуючий діаметр круга, $K_D = 0,82$ [11];

K_R – поправочний коефіцієнт враховуючий радіус галтелі, $K_R=1,0$ [11];

K_T – поправочний коефіцієнт враховуючий стійкість круга, $K_T=1,0$ [11];

K_h – поправочний коефіцієнт враховуючий припуск, $K_h=1,0$ [11];

K_{IT} – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру, $K_{IT}=0,8$ [11];

K_M – поправочний коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $K_M=1,0$ [11].

$$S_{\text{поп}} = 0,008 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,0052 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\text{поп}}=0,005$ мм/об.

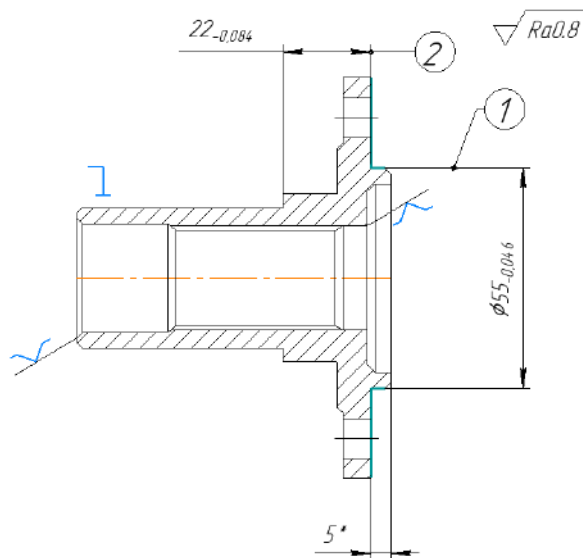


Рисунок 2.7 – Операційний ескіз

Табличне значення швидкості різання визначаємо за довідковою літературою [11]:

- швидкість обертання круга – $V_{\text{ш.кр.}}=35$ м/с;
- швидкість обертання деталі – $V_{\text{ш.дет.}}=50$ м/хв.

Частоту обертання розраховуємо за формулою:

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.кр.}} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (2.33)$$

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1114 \text{ об/хв}$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.дет}}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (2.34)$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 55} = 289 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{\text{ш.кр.}}=1272$ об/хв, $n_{\text{дет.}}=250$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (2.30):

$$V_{\text{ш.кр.}} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1272}{1000 \cdot 60} = 40 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{дет.}} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 250}{1000} = 43 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{z \cdot k}{n_{\text{дет.}} \cdot S_{\text{поп}}}, \text{ хв} \quad (2.35)$$

де $k=1,7$ – коефіцієнт уточнення.

$$T_o = \frac{22,5 \cdot 1,7}{1272 \cdot 0,005} + \frac{0,068 \cdot 1,7}{250 \cdot 0,005} = 6,01 + 0,09 = 6,1 \text{ хв}$$

2.6.3 Операція 020 – токарна з ЧПК

Чорнове точіння поверхонь виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі 16K20Ф3. В якості пристрою використовуємо трикулачковий патрон. Ескіз операційний представлений рис. 2.8. В якості інструменту використовуємо:

1) різець підрізний $\varphi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{мм}, 16 \times 25 \times 140, \text{ T15K6 ГОСТ 18880-73 [10];}$

2) різець розточувальний $\varphi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{мм}, 16 \times 25 \times 140, \text{ T15K6}$

ГОСТ 18883-73 [10];

Припуск на обробку зовнішніх поверхонь розраховується за формулою (2.23):

$$h_1 = \frac{59,55 - 55,933}{2} = 1,8 \text{ мм}$$

$$h_2 = \frac{45 - 42}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

$$h_3 = 25,65 - 24,51 = 1,14 \text{ мм}$$

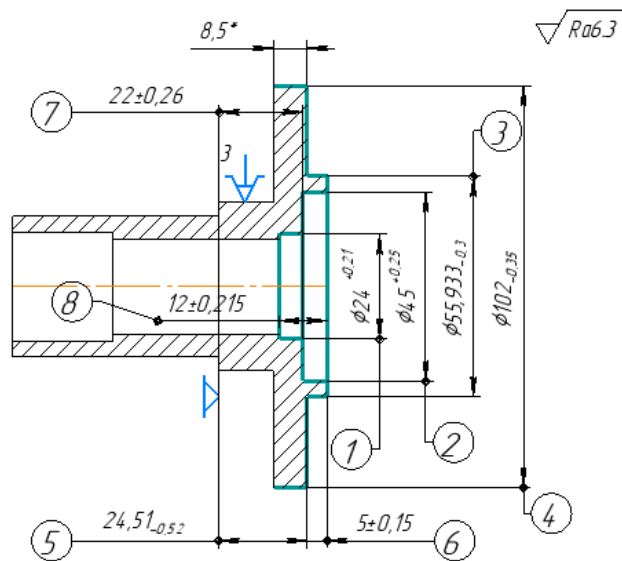


Рисунок 2.8 – Операційний ескіз токарної операції

Глибина різання t , мм розраховується за формулою (2.24):

$$t_1 = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{1,14}{2} = 0,57 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою (2.25), (2.26):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,44$ мм/об [11];

K_{SK} – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки, $K_{SK} = 1,0$ [11];

K_{Sr} – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця, $K_{Sr} = 0,85$ [11];

$K_{S\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані, $K_{S\varphi} = 1,0$ [11];

K_{Sy} – коефіцієнт, що враховує схему встановлення, $K_{Sy} = 1,2$ [11];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{SM} = 0,8$ [11].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 0,81$$

$$S_0 = 0,44 \cdot 0,81 = 0,35 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата, $S = 0,3$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою (2.27), (2.28):

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 357$ м/хв [11];

K_{Vc} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{Vc} = 1,0$ [11];

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Vi} = 0,8$ [11];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{Vj} = 0,7$ [11];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{Vo} = 1,0$ [11];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{VT} = 0,6$ [11];

K_{VM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{VM} = 0,7$ [11];

$K_{V\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\varphi} = 1,0$ [11];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 1,0$ [11].

$$K_V = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,23$$

$$V = 357 \cdot 0,23 = 82 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв розраховується за формулою (2.29):

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 102} = 256 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 45} = 580 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_1=250$ об/хв, $n_2=550$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою (2.30):

$$V_{d1} = \frac{250 \cdot 3,14 \cdot 102}{1000} = 80 \text{ м/хв}$$

$$V_{d2} = \frac{550 \cdot 3,14 \cdot 45}{1000} = 78 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу L_{px} , мм розраховується за формулою (2.31):

$$L_{px1} = 2 + 5 + 6 + 23 + 8,5 + 2 = 46,5 \text{ мм}$$

$$L_{px2} = 2 + 6 + 10 + 6 + 2 = 26 \text{ мм}$$

Машинний час розраховується за формулою (2.32):

$$t_{o1} = \frac{46,5}{0,3 \cdot 250} \cdot 2 = 1,24 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{26}{0,3 \cdot 550} \cdot 2 = 0,31 \text{ хв}$$

$$\sum T_0 = 1,24 + 0,31 = 1,55 \text{ хв}$$

2.6.4 Операція 040 – свердлильна з ЧПК

Свердління шести отворів під різьбу виконуємо на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК 2Р135Ф2. Ескіз операції зображено на рис. 2.9. В якості інструменту обираємо свердло $\phi 8,5$ Р6М5 ГОСТ 10902-77. Технічні характеристики верстата:

- 1) Найбільший умовний діаметр свердління – 35 мм;
- 2) Найбільше переміщення столу:
 - повздовжнє – 560 мм;
 - поперечне – 360 мм;
 - вертикальне – 560 мм;
- 3) Конус в отворі шпинделя – 4;
- 4) Число швидкостей шпинделя – 12;
- 5) Частота обертання шпинделя – 31,5..1400 об/хв;
- 6) Число подач шпинделя – 18;
- 7) Швидкість швидкого переміщення столу:
 - поздовжнього та поперечного – 10...500 мм/хв;
 - вертикального – 10...500 мм/хв;
- 8) Потужність електродвигуна головного руху – 3,7 кВт.

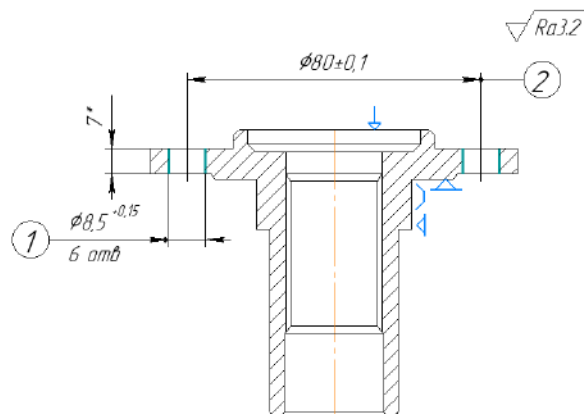


Рисунок 2.9 – Операційний ескіз

Глибина свердління по формулі (1.24):

$$t = \frac{8,5}{2} = 4,25 \text{ мм}$$

Подачу розраховуємо за формулою (2.25), (2.26):

де $S_{табл}$ – табличне значення подачі, $S_{табл}=0,3\text{мм/хв}$ [12];

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління, $K_{Sl} = 1,0$ [12];

$K_{Sж}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість системи, $K_{Sж} = 1,0$ [12];

K_{Si} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{Si} = 1,0$ [12];

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує наскрізний отвір, $K_{Sd} = 1,0$ [12];

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу, $K_{Sm}=1,0$ [8].

$$S_p = 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,3 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S=0,3\text{мм/об}$.

Розраховуємо швидкість різання за формулою (2.27), (2.28):

де $V_{табл}$ – табличне значення швидкості, $V_{табл} = 79\text{м/хв}$ [12].

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу, $K_{VM}=0,8$ [12];

K_{VI} – коефіцієнт, враховує властивості матеріалу різальної частини інструмента $K_{VI}=0,91$ [11];

K_{Vd} – коефіцієнт, враховує наскрізний отвір, $K_{Vd}=0,9$ [12];

K_{Vl} – коефіцієнт, враховує глибину свердління, $K_{Vl}=1,0$ [12];

K_{VO} – коефіцієнт, враховує вплив змащувально-охолоджувального технічного середовища (ЗОТС), $K_{VO}=1,0$ [12].

$$V_p = 79 \cdot 0,8 \cdot 0,91 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 51,7\text{м/хв}$$

Частота обертання шпинделя розраховуємо за формулою (2.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 51,7}{3,14 \cdot 8,5} = 1937 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату: $n=1400\text{об/хв}$.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (2.30):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 1400}{1000} = 37 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо основний машинний час обробки:

$$t_o = \frac{(L + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}) \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв} \quad (2.36)$$

де $L_{\text{вр}} -$ величина врізання;

$L_{\text{пер}} -$ величина перебігу;

$i -$ кількість отворів.

$$L_{\text{вр}} = \frac{D_{\text{св}}}{2} \operatorname{ctg} \frac{120}{2} \quad (2.37)$$

$$L_{\text{вр}1} = \frac{8,5}{2} \operatorname{ctg} 60 = 2,5 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{(2,5 + 7 + 2) \cdot 6}{0,3 \cdot 1400} = 0,16 \text{ хв},$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кількість проходів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
015 Токарна з ЧПК	01	2	1	0,4	35	200
	02	1,5	2	0,3	105	250
	03	1,5	2	0,3	105	550
020 Токарна з ЧПК	01	0,9	2	0,3	80	250
	02	0,75	2	0,3	78	550
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	102	500
	02	0,3	2	0,1	114	900
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	94	300
	02	0,15	2	0,1	103	700
	03	2,5	1	0,05	104	600
035 Протяжна	01	1,5	1	0,05	5	-
040 Свердлильна з ЧПК	01	4,25	6	0,3	37	1400
045 Круглошліфувальна	01	0,3	3	0,005	40/42	1272/250
050 Круглошліфувальна	01	0,5	3	0,005/2	40/40	1272/250
055 Круглошліфувальна	01	0,25	3	0,005	40/45	1272/250
	02	0,2	3	0,005	40/45	1272/250
060 Круглошліфувальна	01	0,5	3	0,005	40/43	1272/250
065 Круглошліфувальна	01	51,5	3	0,005/2	40/38	1272/250
070 Круглошліфувальна	01	5	3	0,005	40/43	1272/250
	02	0,134	3	0,005	40/43	1272/250

2.7 Технічне нормування операцій

2.7.1 Технічне нормування токарної операції 030

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (2.38)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,5$ хв [13];

$t_{\text{мд}}$ – час пов'язаний з управлінням верстатом, $t_{\text{мд}} = 0,18$ хв [13];

$t_{\text{контр}}$ – час на контроль деталі, хв.

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (2.39)$$

де $t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,2$ хв [13];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,5$ [13].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,5 + 0,18 + 0,1 = 0,78 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (2.40)$$

$$t_{\text{оп}} = 3,65 + 0,78 = 4,43 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (2.41)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 9\%$ [13].

$$t_{\text{дод}} = 4,43 \cdot 0,09 = 0,44 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{дод} \quad (2.42)$$

$$t_{шт} = 4,43 + 0,44 = 4,87 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} \quad (2.43)$$

де $t_{пз1}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни $t_{пз1} = 8 \text{ хв}$ [13];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, $t_{пз2} = 7 \text{ хв}$ [13];

$$t_{пз} = 8 + 7 = 15 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (2.44)$$

де n – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво (п. 2.2).

$$t_{шт-к} = 4,87 + \frac{15}{40} = 5,24 \text{ хв}$$

2.7.2 Технічне нормування шліфувальної операції 070

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (2.38), (2.39):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,32 \text{ хв}$ [13];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,8 \text{ хв}$ [13];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 0,21 \text{ хв}$ [13];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 1$ [13].

$$t_{контр} = 0,21 \cdot 1 = 0,21 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,32 + 0,8 + 0,21 = 1,33 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (2.40):

$$t_{\text{оп}} = 6,1 + 1,33 = 7,43 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (2.41):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 9\%$ [13].

$$t_{\text{дод}} = 7,43 \cdot 0,09 = 0,67 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (2.42):

$$t_{\text{шт}} = 7,43 + 0,67 = 8,1 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (2.43):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 18 \text{ хв}$ [13];

$t_{\text{пз2}} = 9 \text{ хв}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 10 \text{ хв}$ [13].

$$t_{\text{пз}} = 18 + 9 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (2.44):

$$t_{\text{шт-к}} = 8,1 + \frac{27}{40} = 8,77 \text{ хв}$$

2.7.3 Технічне нормування токарної операції 020

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (2.38), (2.39):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,5$ хв [13];

$t_{\text{мд}}$ – час пов'язаний з управлінням верстатом, $t_{\text{мд}} = 0,18$ хв [13];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,2$ хв [13];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,5$ [13].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,5 + 0,18 + 0,1 = 0,78 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (2.40):

$$t_{\text{оп}} = 1,55 + 0,78 = 2,33 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (2.41):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 9\%$ [13].

$$t_{\text{дод}} = 2,33 \cdot 0,09 = 0,21 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (2.42):

$$t_{\text{шт}} = 2,33 + 0,21 = 2,54 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (2.43):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 8$ хв [13];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, $t_{\text{пз2}} = 7$ хв [13];

$$t_{пз} = 8 + 7 = 15 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (2.44):

$$t_{шт-к} = 2,54 + \frac{15}{40} = 2,92 \text{ хв}$$

2.7.4 Технічне нормування свердлильної операції 040

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (2.38), (2.39):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,4 \text{ хв}$ [13];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,21 \text{ хв}$ [13];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 0,04 \text{ хв}$ [13];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 6$ [13].

$$t_{контр} = 0,04 \cdot 6 = 0,24 \text{ хв}$$

$$t_{доп} = 0,4 + 0,21 + 0,24 = 0,85 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (2.40):

$$t_{оп} = 0,16 + 0,85 = 1,01 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (2.41):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 9\%$ [13].

$$t_{дод} = 1,01 \cdot 0,09 = 0,09 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (2.42):

$$t_{шт} = 1,01 + 0,09 = 1,1 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (2.43):

де $t_{пз1}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{пз1} = 18 \text{ хв}$ [13];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, $t_{пз2} = 7 \text{ хв}$ [13].

$$t_{пз} = 18 + 7 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (2.44):

$$t_{шт-к} = 1,1 + \frac{25}{40} = 1,73 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для решти операцій наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_o , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{пз}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
015 Токарна з ЧПК	5,3	0,78	0,61	6,69	15	7,06
020 Токарна з ЧПК	1,55	0,78	0,21	2,54	15	2,92
025 Токарна з ЧПК	6,5	0,78	0,73	8,01	15	8,38
030 Токарна з ЧПК	3,65	0,78	0,44	4,87	15	5,24
035 Протяжна	2,5	0,9	0,34	3,74	20	4,24
040 Свердлильна з ЧПК	0,16	0,85	0,09	1,10	25	1,73
045 Круглошліфувальна	1,2	1,33	0,25	2,78	27	3,46
050 Круглошліфувальна	0,8	1,33	0,21	2,34	27	3,02
055 Круглошліфувальна	1,3	1,33	0,26	2,89	27	3,57
060 Круглошліфувальна	0,9	1,33	0,22	2,45	27	3,13
065 Круглошліфувальна	0,6	1,33	0,19	2,12	27	2,80
070 Круглошліфувальна	6,1	1,33	0,67	8,1	27	8,47

2.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

2.8.1 Операція 040 – свердлильна з ЧПК

Для свердлильної обробки створимо керуючу програму (КП) в програмному забезпеченні NX CAM. Спочатку створимо 3D моделі деталі та заготовки (рис. 2.10).

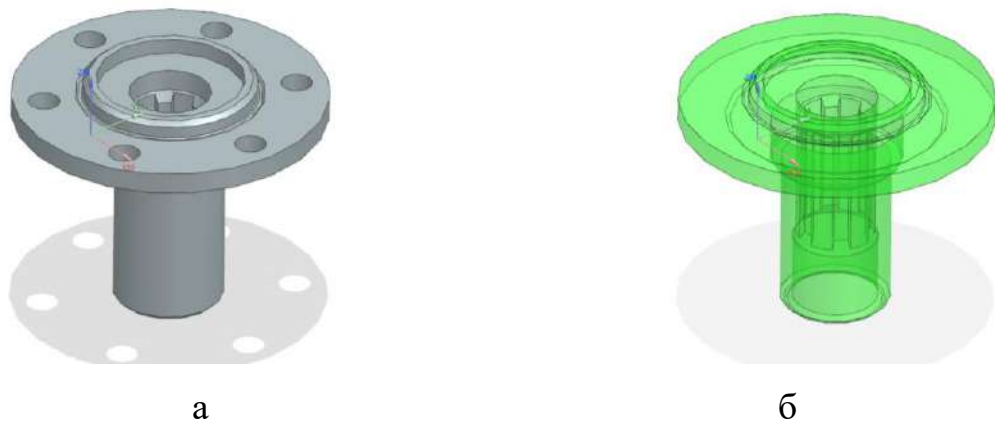


Рисунок 2.10 – 3D зображення деталі (а) та заготовки (б)

Наступним кроком створення КП було накладання зображення заготовки на зображення деталі (рис. 2.11, а), причому було витримано симетричне розподілення припусків. Визначаємо в системі NX CAM деталь та заготовку (рис. 2.11, б).

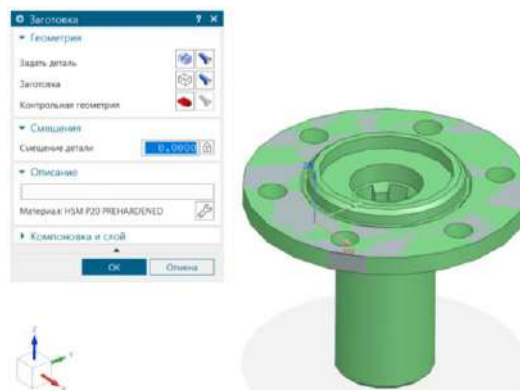


Рисунок 2.11 – Визначення деталі та заготовки в системі NX CAM

Далі в системі NX CAM був визначений весь необхідний ріжучий інструмент (рис. 2.12) та методи обробки, в яких визначено припуски на послідовую обробку та точність рухів інструменту при генеруванні КП.

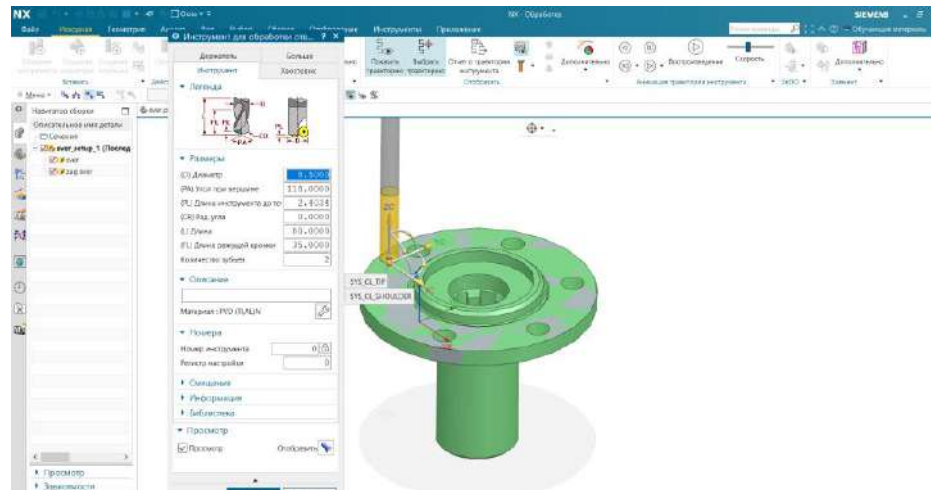


Рисунок 2.12 – Створення інструменту

Далі визначаємо положення системи координат в залежності від базування та закріплення деталі (рис. 2.13).

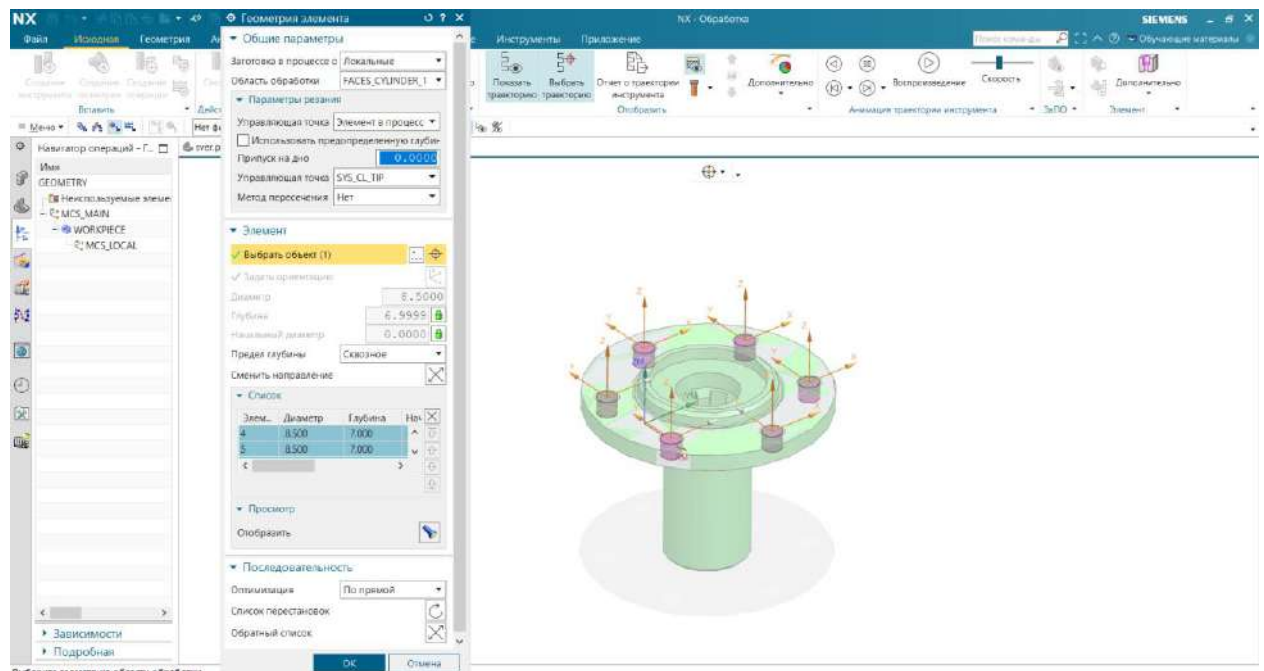


Рисунок 2.13 – Визначення системи координат

Генеруємо траєкторію цього переходу (рис. 2.14) та робимо візуалізацію обробки (рис. 2.15).

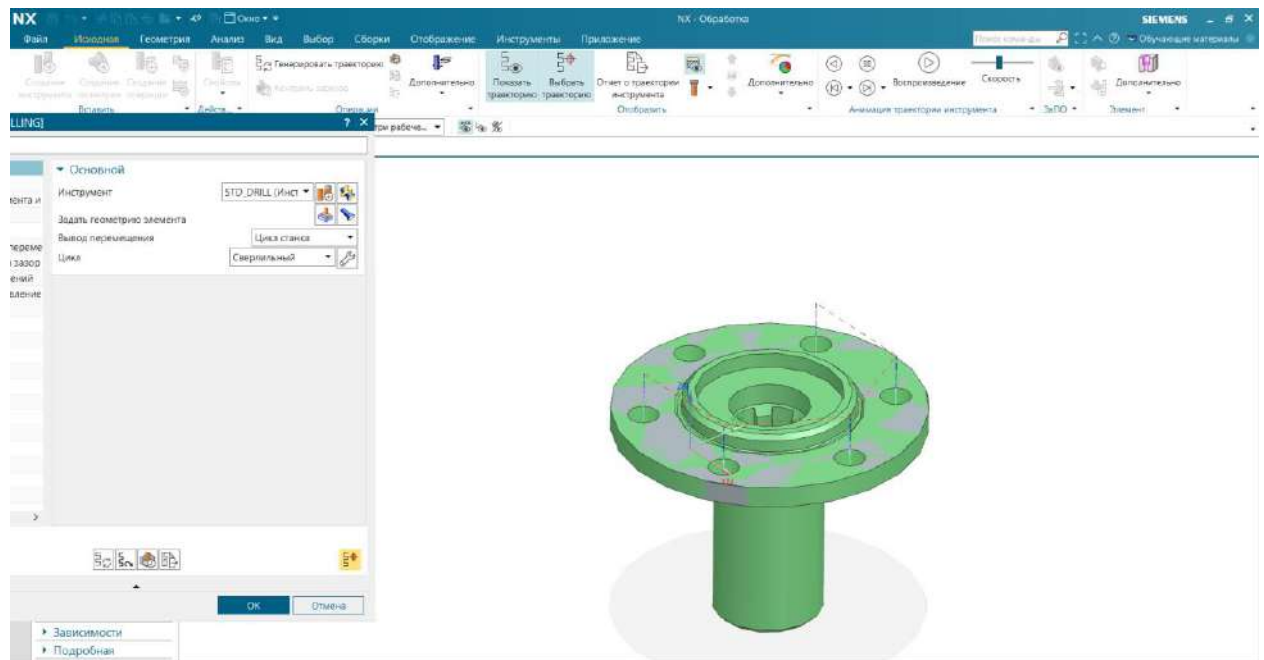


Рисунок 2.14 – Траєкторія обробки

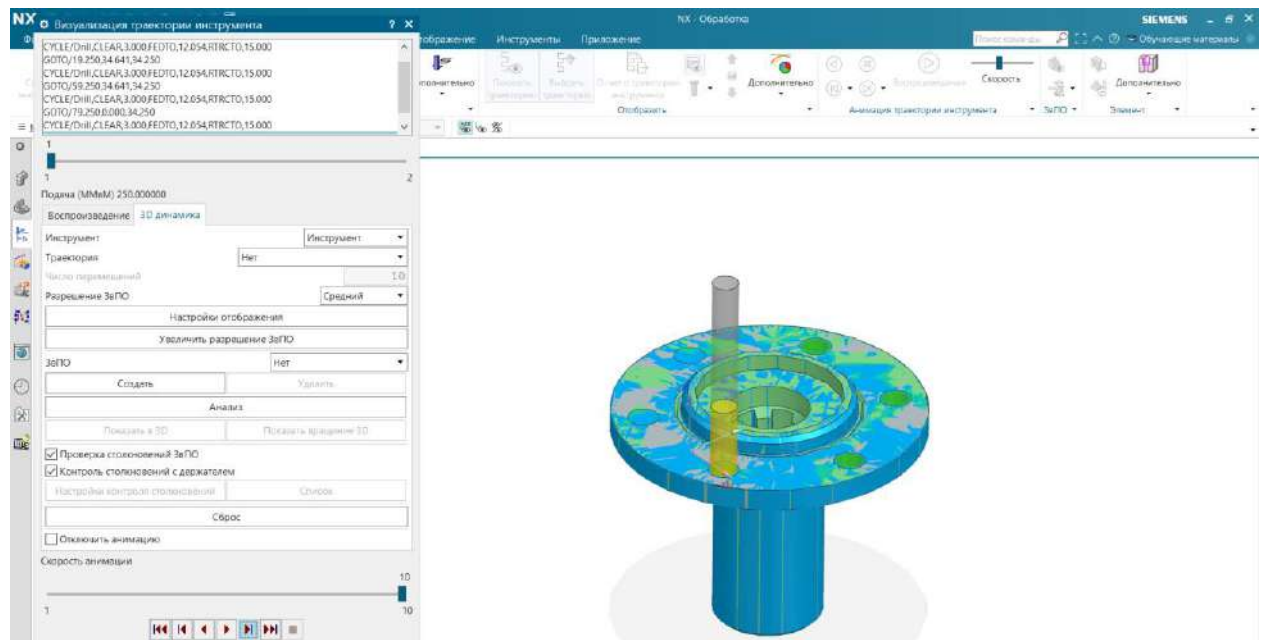


Рисунок 2.16 – Візуалізація обробки

Послідовність розробки КП свердлильної операції в модулі Siemens.NX наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 713004.024.

2.8.2 Операція 030 – токарна з ЧПК

Для токарної операції №030 КП розробимо за допомогою програми Siemens.NX. 3D моделі деталі та заготовки показано на рис. 2.17, токарний переріз показано на рис. 2.18.

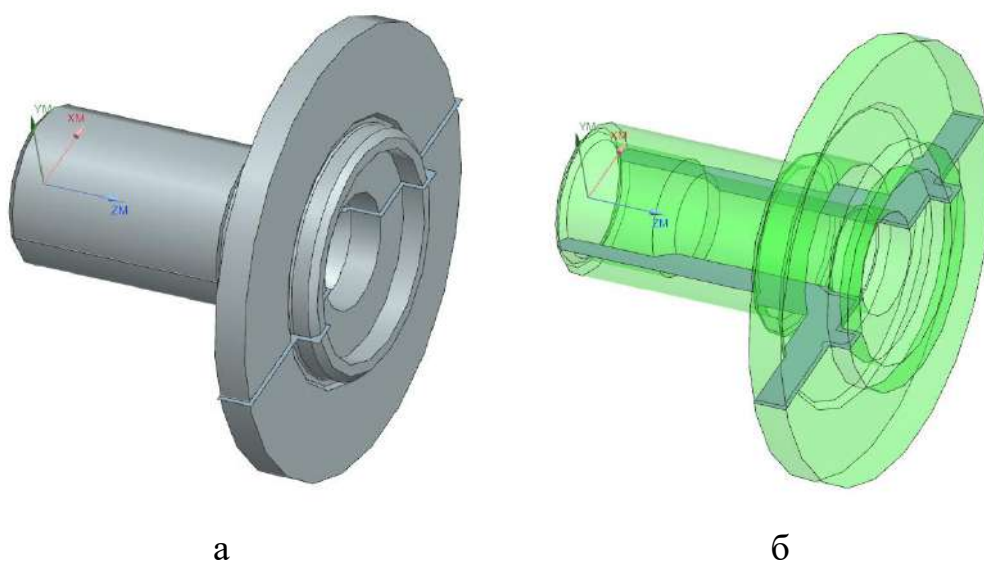


Рисунок 2.17 – 3D модель деталі (а) та заготовки (б)

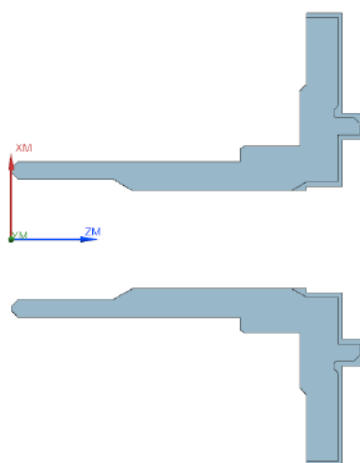


Рисунок 2.18 – Токарний переріз

Створюємо інструмент необхідний для обробки (рис. 2.19).

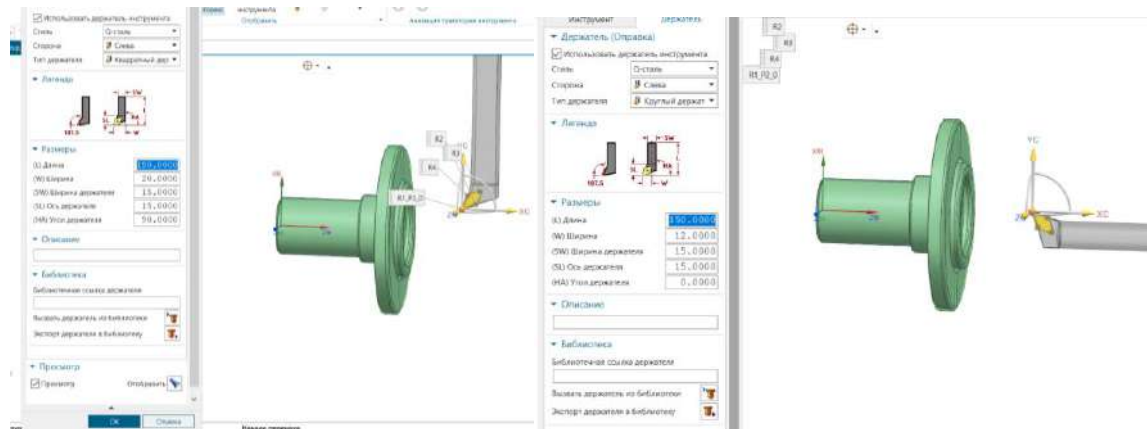


Рисунок 2.19 – Инструменты

Створюємо робочу геометрію, контрольну геометрію (рис. 2.20).

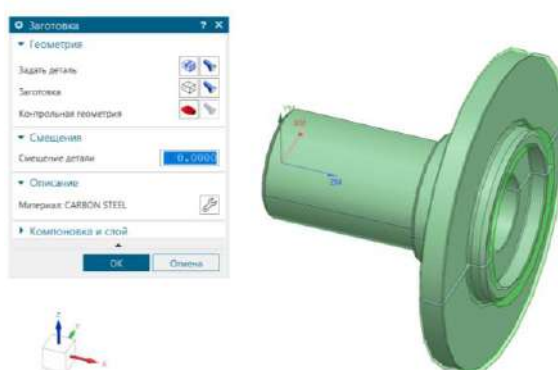


Рисунок 2.20 – Визначення робочої геометрії

Розроблюємо чистове точіння, траєкторія зображена на (рис. 2.21).
Візуалізація обробки показано на рис. 2.22.

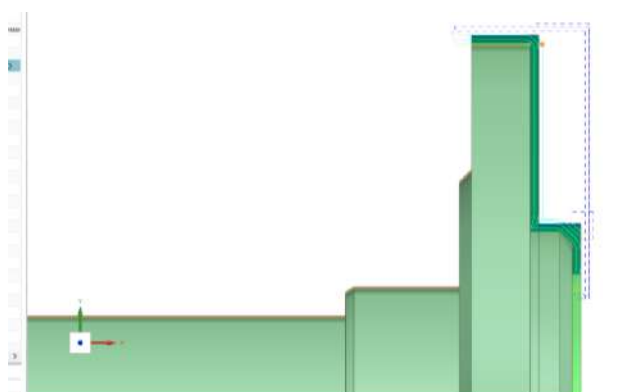


Рисунок 2.21 – Траектория обработки

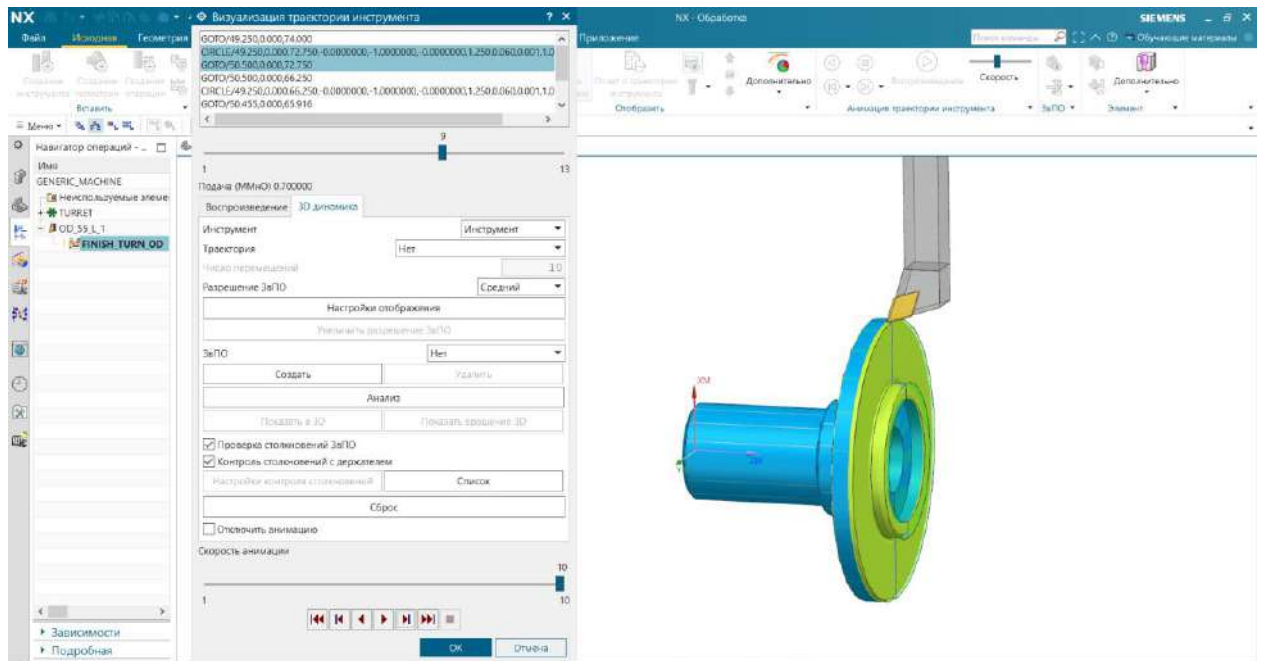


Рисунок 2.22 – Схема обработки

Розроблюємо перехід – розточування отвору, траєкторія зображена на рис. 2.23, візуалізація обробки показано на рис. 2.24.

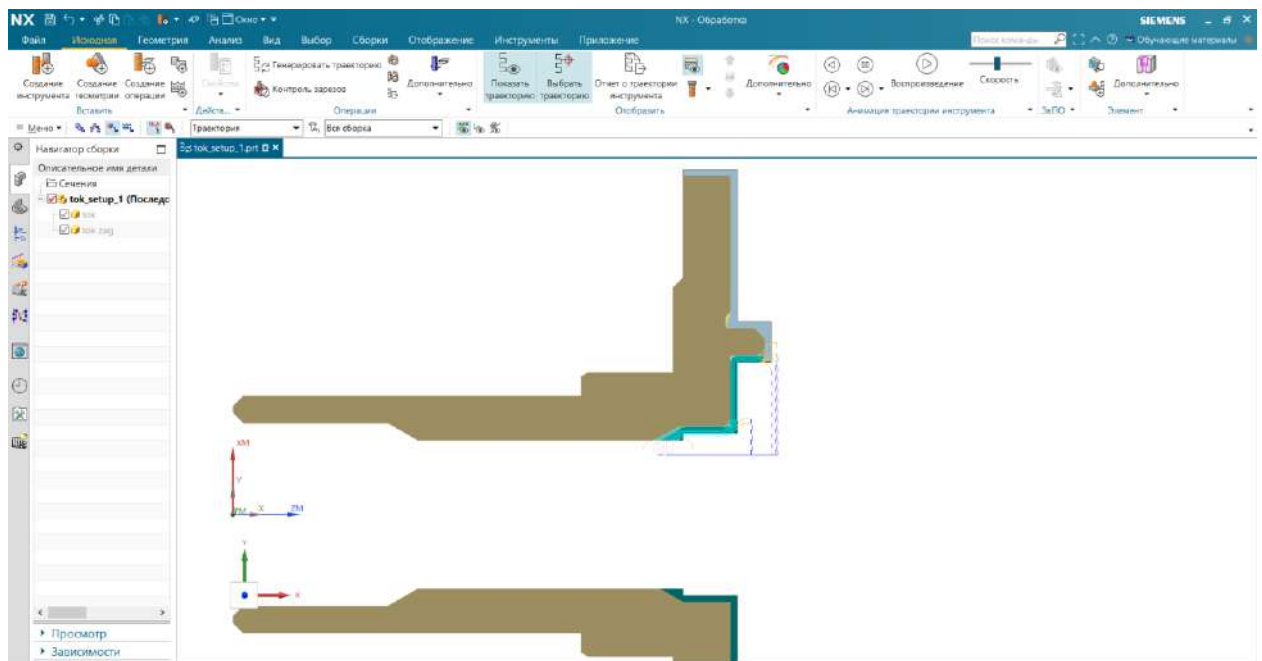


Рисунок 2.23 – Траєкторія обробки

Послідовність розробки КП токарної операції в модулі Siemens.NX наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 713004.024.

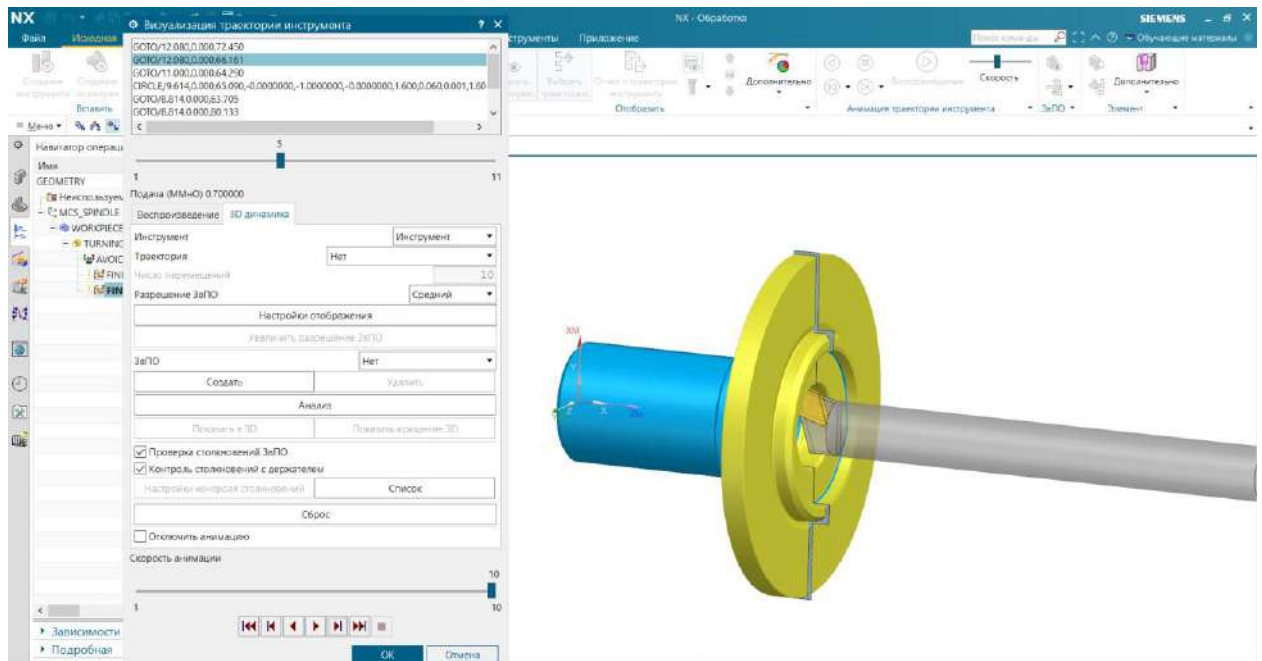


Рисунок 2.24 – Візуалізація обробки

2.8.3 Операція 020 – токарна з ЧПК

Для токарної операції №020 КП розробимо за допомогою програми Siemens.NX. 3D модель деталі та заготовки приведено на рис. 2.25

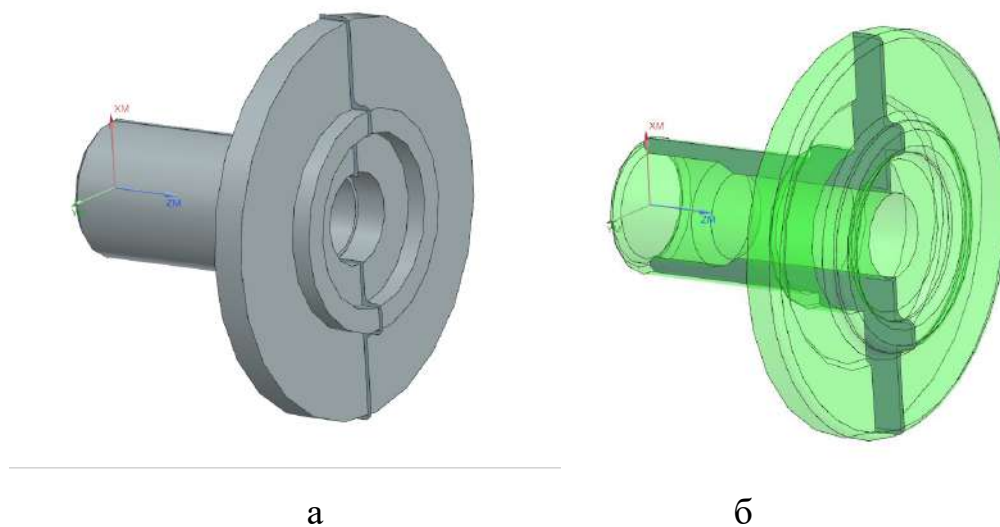


Рисунок 2.25 – 3D моделі деталі (а) та заготовки (б)

Визначаємо робочу геометрію, контрольну геометрію (рис. 2.26).

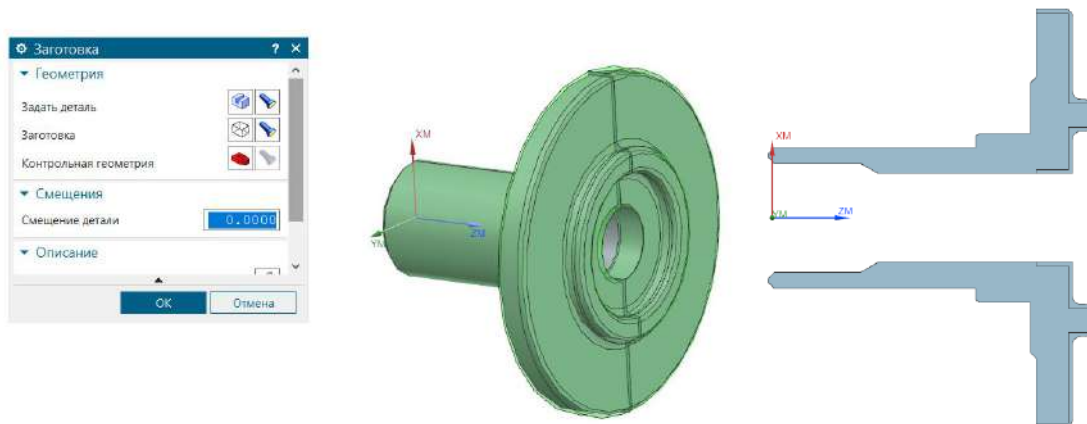


Рисунок 2.26 – Визначення робочої геометрії

Далі в системі NX CAM був визначений весь необхідний ріжучий інструмент (рис. 2.27) та методи обробки, в яких визначено припуски на послідовую обробку та точність рухів (допуск) інструменту при генеруванні керуючої програми.

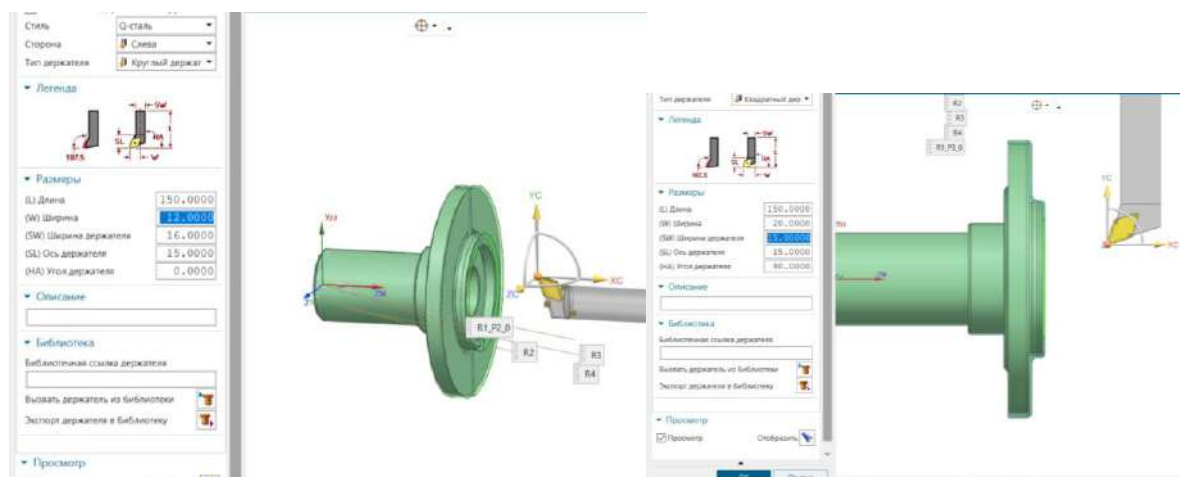


Рисунок 2.27 – Визначення ріжучого інструменту

Створюємо перший перехід – точіння зовні. Траєкторія приведена на рис. 2.28, візуалізація на рис. 2.29.

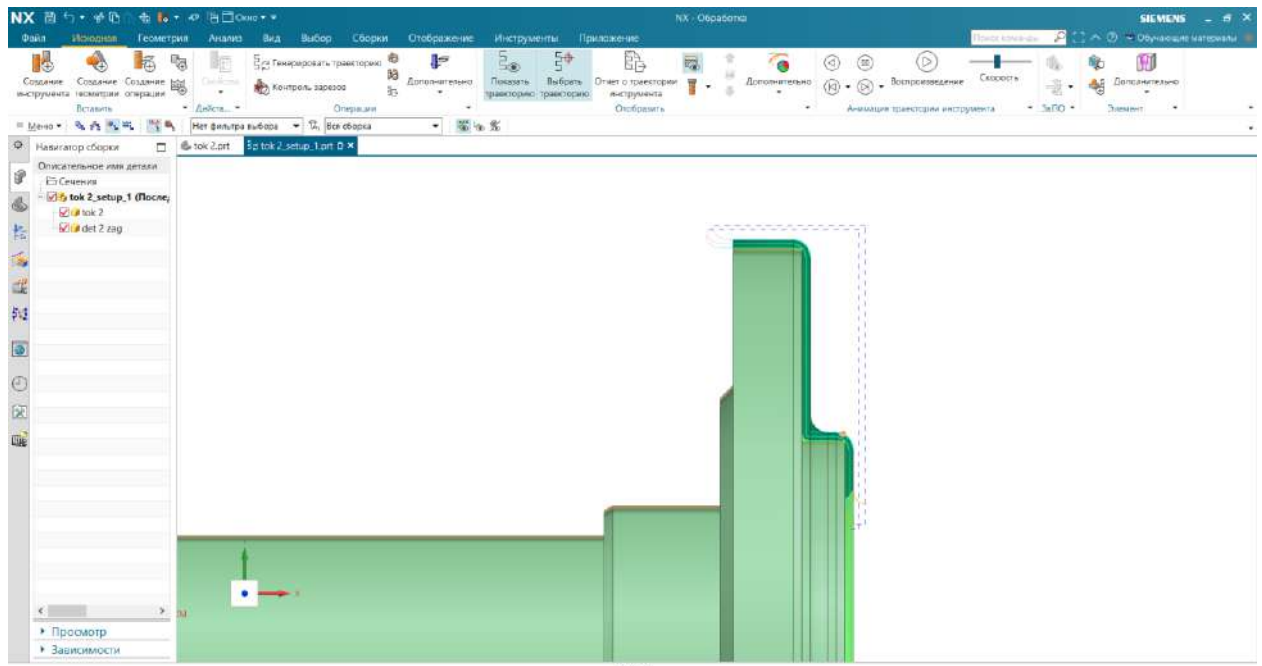


Рисунок 2.28 – Траєкторія обробки

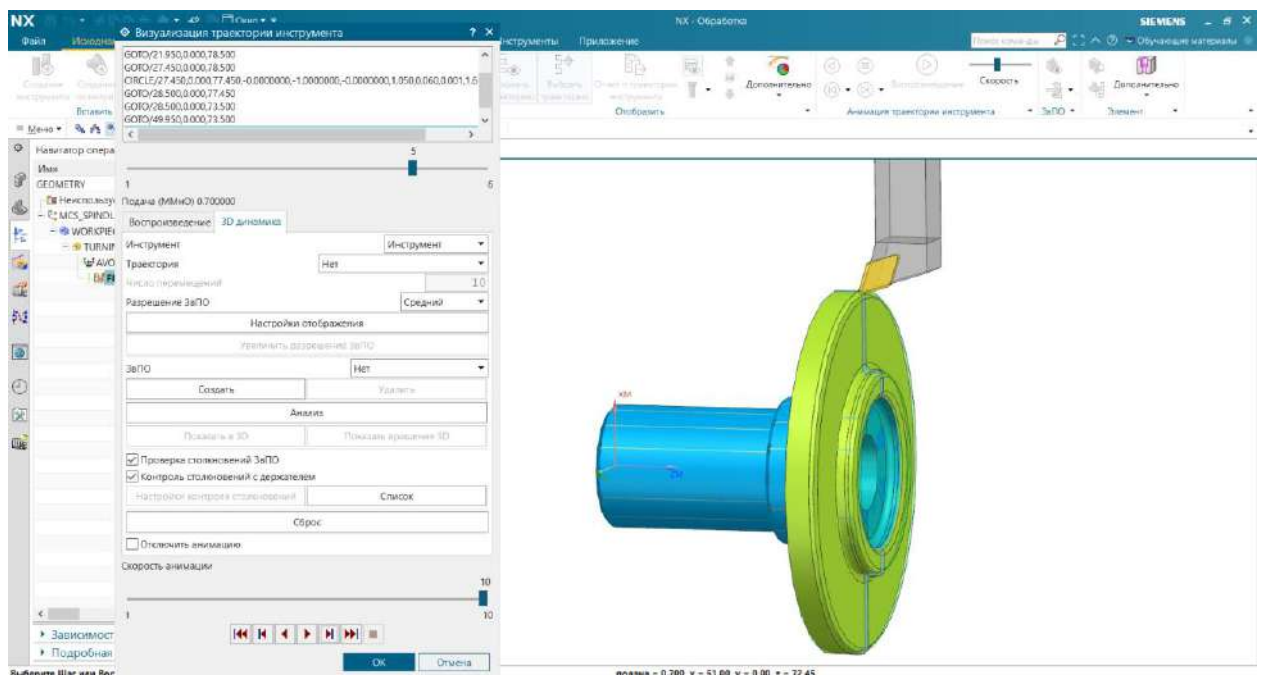


Рисунок 2.29 – Візуалізація обробки

Розроблюємо другий перехід – розточування отвору (рис. 2.30).
Візуалізація обробки показано на рис. 2.31

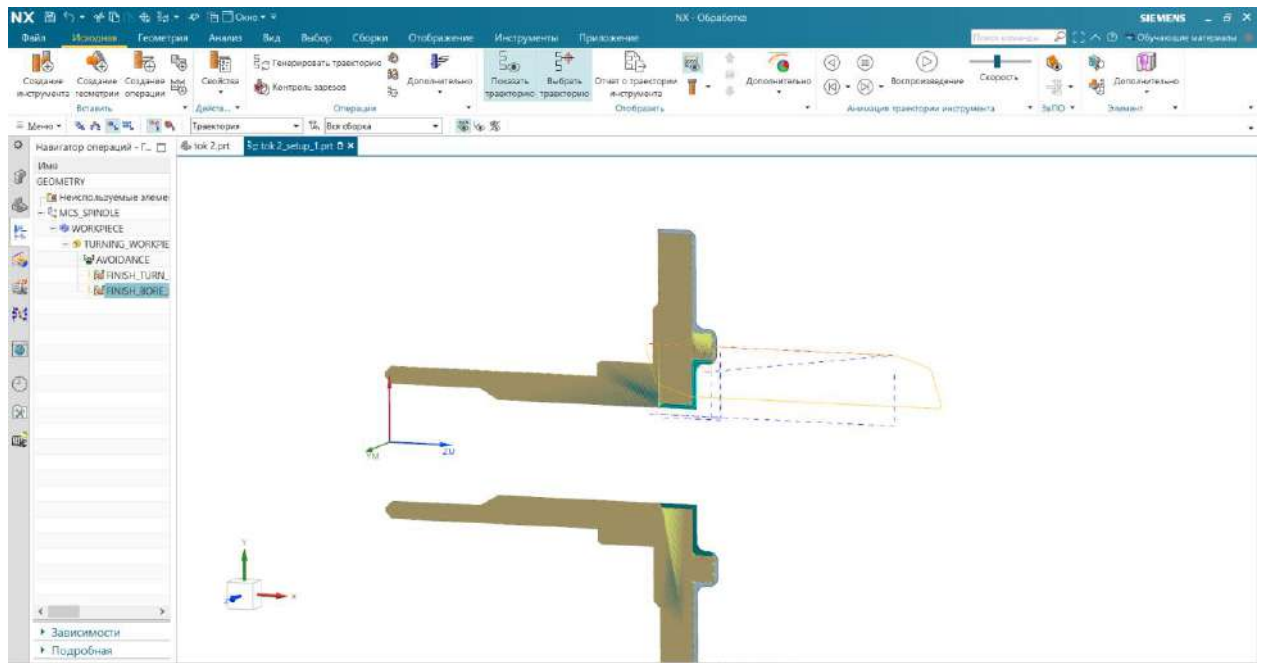


Рисунок 2.30 – Траєкторія обробки

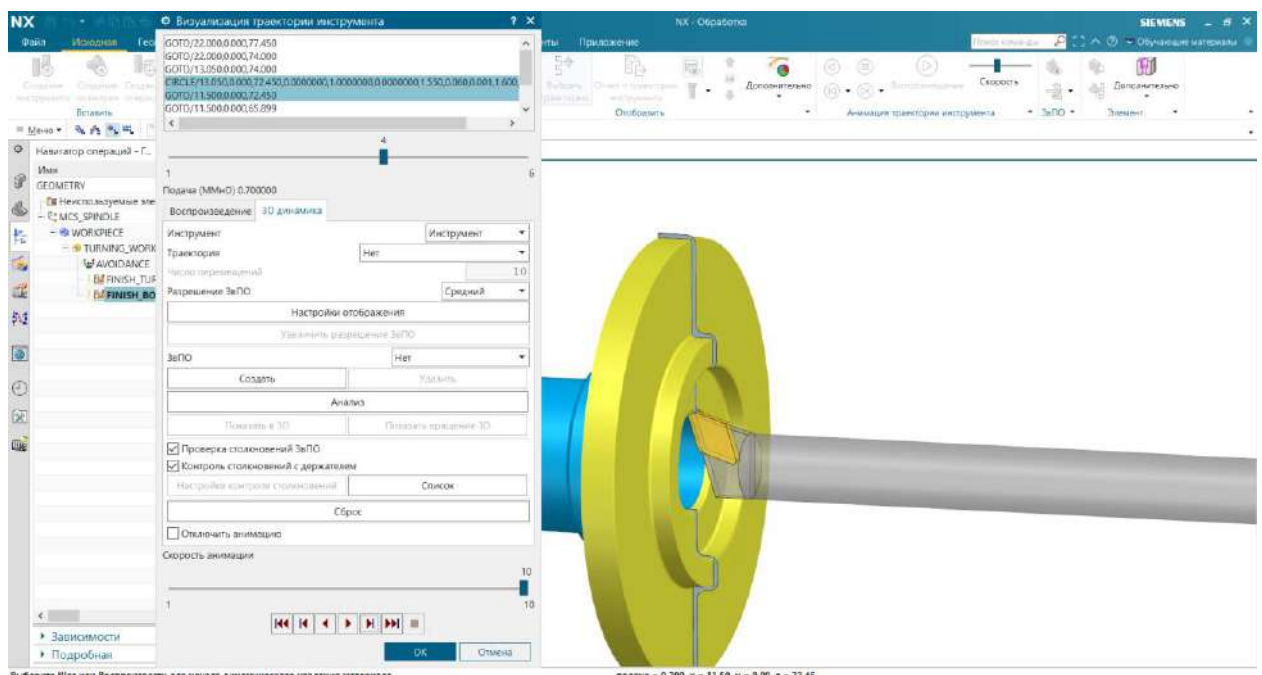


Рисунок 2.31 – Візуалізація обробки

Послідовність розробки КП токарної операції в модулі Siemens.NX наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП713004.024.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування робочого пристосування

3.1.1 Конструкція та принцип роботи робочого пристосування

Робоче пристосування використовується для свердління отворів у деталях типу «Маточина» (рис. 3.1). Деталь, що свердлиться, встановлюється в оправку 8. Пневмациліндр, встановлений у корпусі 2, при включенні редуктору 1 та при пересуванні вниз поршню 5 за допомогою штока 4 тисне на кондукторну плиту 3, яка притискає деталь. Після закінчення обробки шток 4 пневмациліндра переміщається нагору і підіймає кондукторну плиту 3, яка звільняє оброблену деталь.

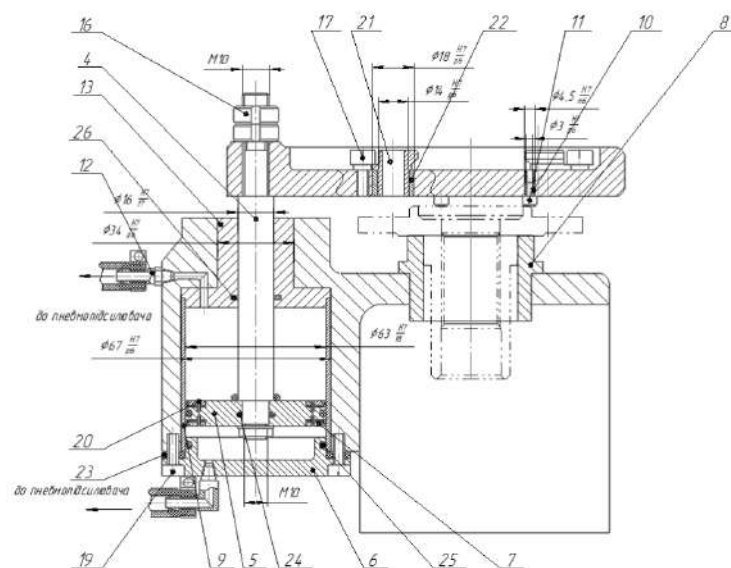


Рисунок 3.1 – Конструкція пристосування

3.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Похибка встановлення, як одна із складових загальної похибки

виконаного розміру, підсумовується з похибок базування, закріплення. За своїм фізичним змістом величина виражає похибку установки заготівлі. Похибка встановлення розраховується за формулою [14]:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2} \quad (3.1)$$

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення

Деталь встановлюємо по шийці $\varnothing 42$ (рис. 3.2).

Похибка базування дорівнює половині максимального зазору в посадці по отвору та розраховується згідно формули [14]:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}}/2 \quad (3.2)$$

де S_{max} – зазор максимальний в з'єднанні.

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} \quad (3.3)$$

$$S_{\text{max}} = 42,025 - 41,938 = 0,087 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,087 \text{ мм}$$

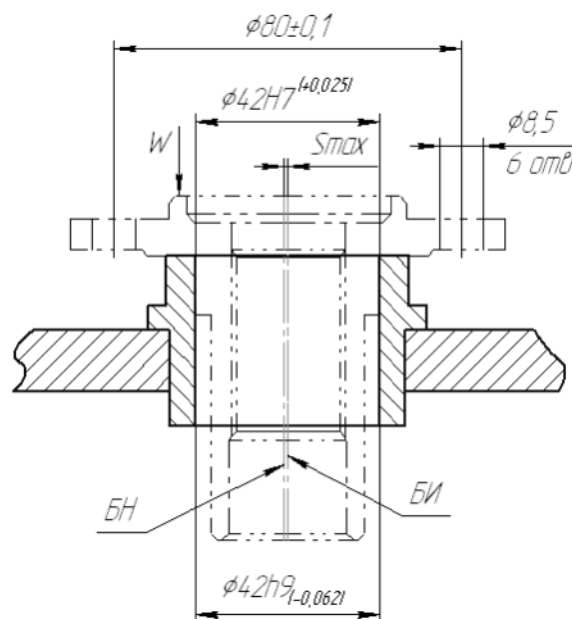


Рисунок 3.2 – Схема встановлення деталі

Похибка закріплення дорівнює нулю, так як напрям сили затиску перпендикулярний розміру на обробку.

Похибка встановлення:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,087^2 + 0^2} = 0,087 \text{ мм}$$

Розрахунок на точність пристосування полягає у визначенні виконавчих розмірів на розташування осей кондукторних втулок та допусків на ці розміри. На рис.3.3 наведено розрахункову схему.

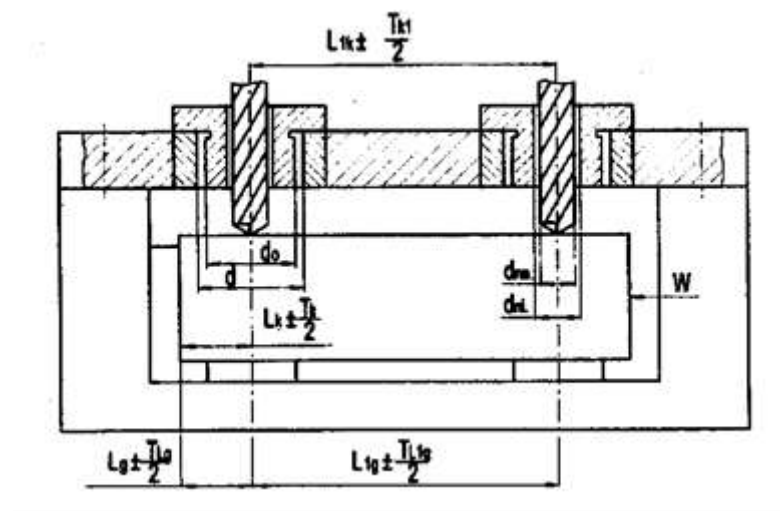


Рисунок 3.3 – Схема розрахунку точність пристосування [14]

Розраховуємо допуск на розмір кондукторних втулок L_{k1} , L_{d1} [14]:

$$T_k \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (3.4)$$

де T_d – повне поле допуску розмір обробки $T_d=0,2$ мм;

k – коефіцієнт, враховуючий відхил відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок $k=1$;

Δ_2 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі змінної втулки щодо постійної:

$$\Delta_2 = S_{2\max} = d_{\max} - d_{0\min} \quad (3.5)$$

$$\Delta_2 = 14,018 - 13,983 = 0,035 \text{ мм}$$

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок, $\Delta_3 = 0,01 \text{ мм}$;

Δ_4 – частка похибки обробки, яка залежить від величини допустимого зносу, $\Delta_4 = 0,024 \text{ мм}$;

Δ_5 – частка похибки обробки, що враховує перекіс інструменту в процесі обробки:

$$\Delta_5 = \frac{\Delta_1 \cdot (H + 2a)}{H} = \frac{0,07 \cdot (20 + 2 \cdot 4,25)}{20} = 0,1 \text{ мм} \quad (3.6)$$

де Δ_1 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі свердла щодо осі отвору змінної втулки;

a – відстань від кондукторної втулки до деталі;

$$\Delta_5 = \frac{0,07 \cdot (20 + 2 \cdot 4,25)}{20} = 0,1 \text{ мм}$$

$$\Delta_1 = S_{1\max} = d_{3\text{м.}\max} - d_{\text{св.}\min} \quad (3.7)$$

$$\Delta_1 = S_{1\max} = 8,535 - 8,465 = 0,07 \text{ мм}$$

$$a = (0,5 - 0,8) d_{\text{св}} \quad (3.8)$$

$$a = 0,5 \cdot 8,5 = 4,25 \text{ мм}$$

$$T_k \leq 0,2 - 1 \cdot \sqrt{0,087^2 + 0^2 + 0,035^2 + 0,01^2 + 0,024^2 + 0,1^2} = 0,042 \text{ мм}$$

$$\frac{T_k}{2} \leq \frac{0,042}{2} \Rightarrow \pm 0,02$$

Виконавчий розмір установка:

$$[L_k] = L_k \pm \frac{T_k}{2} \quad (3.9)$$

$$L_k = 80 \pm 0,02$$

3.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу

Затискні пристрої служать для утримання заготовлі під час її обробки. Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку та місця застосування сили. Згідно схеми закріплення (рис. 3.4) сила затиску визначається за формулою [15]:

$$W_{\phi} = \frac{3 \cdot M_{кр} \cdot \kappa}{f \left[\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) + \left(\frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \right) \right]} \quad (3.10)$$

де $f = 0,15$ – коефіцієнт тертя;

$D=56\text{мм}$, $d=42\text{мм}$, $D_1=(55-1,5 \cdot 2)=52\text{мм}$, $d_1=47\text{мм}$ – розміри.

κ – коефіцієнт запасу закріплення.

Визначимо момент різання [10]:

$$M_{різ} = 10 C_m D^q s^y K_p \quad (3.11)$$

де $C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$ – коефіцієнти.

$$M_{різ} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8,5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,05 = 3,92 \text{ Нм}$$

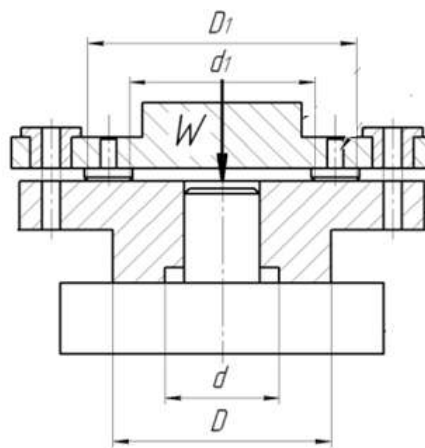


Рисунок 3.4 – Схема по визначенню сили закріплення [15]

Коефіцієнт запасу закріплення [15]:

$$k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (3.12)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу $k_0=1,5$;

k_1 – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці $k_1=1$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту $k_2=1,7$;

k_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання $k_3=1,2$;

k_4 – коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами $k_4=1$;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток $k_5=1$;

k_6 – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту $k_6=1$.

$$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,06$$

Сила закріплення згідно формули (3.29):

$$W_d = \frac{3 \cdot 3,92 \cdot 3,06}{0,15 \left[\left(\frac{0,056^3 - 0,042^3}{0,056^2 - 0,042^2} \right) + \left(\frac{0,052^3 - 0,047^3}{0,052^2 - 0,047^2} \right) \right]} = 1199,5 \text{ H}$$

Розраховуємо силу на штоці згідно рис. 3.5 по формулі [15]:

$$Q = W + F = W + \frac{3WLf}{H} = W \left(1 + \frac{3Lf}{H} \right) \quad (3.13)$$

$$Q = W \left(1 + \frac{3Lf}{H} \right) = 1199,5 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 0,076 \cdot 0,15}{0,03} \right) = 1367 \text{ H}$$

Мінімальний діаметр штоку [15]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot W}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.14)$$

де α – коефіцієнт затягування $\alpha=2,25$;

$[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг для сталі 45 $[\sigma]=100$ МПа.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 1366}{3,14 \cdot 100}} = 6,2 \rightarrow 16 \text{ мм}$$

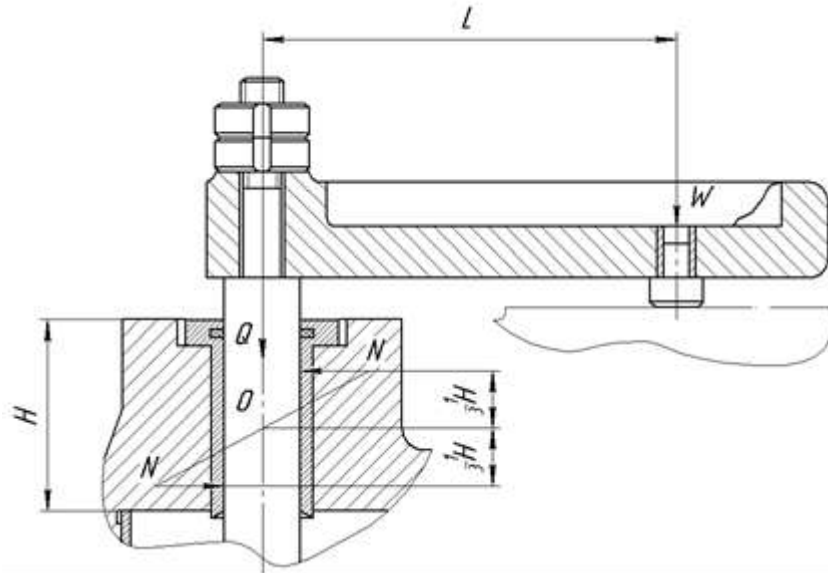


Рисунок 3.5 – Схема до визначення сили на штоці [15]

Діаметр циліндра [15]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (2.15)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя $\eta = 0,85 \dots 0,9$.

p – тиск в пневмосистемі, $p=0,5 \dots 0,7$ МПа;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1366}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,85} + 16^2} = 60,5 \rightarrow 63 \text{ мм}$$

3.2 Проектування контрольного пристосування

3.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 3.6) призначено для контролю

радіального биття шийок 0,05 мм та радіального биття торцю 0,07 мм відносно шліцевого отвору. Контрольне пристосування складається з корпусу 5, на якому встановлено два центри 1, 2. Також на корпусі 5 розміщено штангу 3 з індикаторним годинником. Штанга 3 з індикаторним годинником може переміщатися у вертикальній площині та обертатися. Деталь під час контролю закріплюється на шліцевій оправці та опирається на центри 1, 2 через центральні отвори. Центри 1, 2 можуть горизонтально переміщатися та фіксуватися. При обертанні деталі за допомогою індикаторного годинника фіксують значення радіального биття.

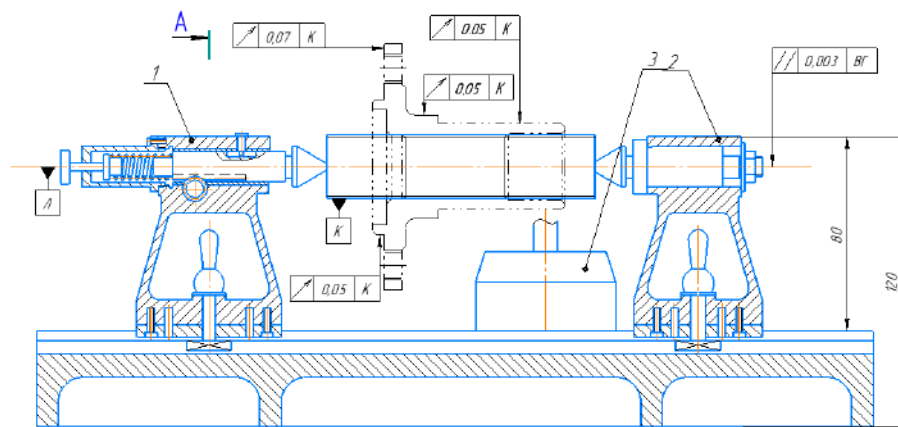


Рисунок 3.6 – Контрольне пристосування

3.2.2 Розрахунок контрольного пристосування на точність

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначають за формулою [15]:

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \varepsilon_{uy} + \varepsilon_{up} + \varepsilon_{um} + \sqrt{\varepsilon_{нб}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{uc}^2 + \varepsilon_{зп}^2 + \varepsilon_{cu}^2 + \varepsilon_{dp}^2} \quad (3.16)$$

де $\varepsilon_{им}$ – похибка, спричинена неточністю еталона. У цьому пристрої еталон не використовується, $\varepsilon_{им}=0$.

$\varepsilon_{нб}$ – похибка базування, тому що настроювальна та вимірювальні бази збігаються, $\varepsilon_{нб}=0$;

$\varepsilon_{ис}$ – похибка закріплення, оскільки схема виміру в пристосуванні не затискається, $\varepsilon_{ис}=0$;

$\varepsilon_{иу}$ – частка похибки конструкції пристосування, $\varepsilon_{иу}=0,0015\text{мм}$;

$\varepsilon_{зп}$ – похибка, що виникає через зазори між осями важелів передавальних пристроїв за їх наявності, $\varepsilon_{зп}=0,006\text{мм}$;

$\varepsilon_{си}$ – похибка засобу вимірювання, $\varepsilon_{си}=0,001\text{мм}$;

$\varepsilon_{др}$ – похибка, викликана дією випадкових факторів, $\varepsilon_{др}=0,0015\text{мм}$.

$$\varepsilon_{ип} = \Delta_{рд} + \Delta_{ру} + \Delta_{рн} + \Delta_{рк} + \Delta_{ра} \quad (3.46)$$

$\Delta_{рд}$ – похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів, $\Delta_{рд}=0$;

$\Delta_{ру}$ – похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів, $\Delta_{ру}=0$;

$\Delta_{рн}$ – похибка від непропорційного переміщення плечей важелів, $\Delta_{рн}=0$;

$\Delta_{рк}$ – похибка від зміщення точки контакту важелів, $\Delta_{рк}=0$;

$\Delta_{рп}$ – похибка прямої передачі.

$$\varepsilon_{ип} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0,0002 = 0,0002 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{вим} = 0,0015 + 0,0002 + 0 + \sqrt{0 + 0 + 0 + 0,006^2 + 0,001^2 + 0,0015^2} = 0,01\text{мм}$$

$$\varepsilon_{вим} = 0,01\text{мм} \leq [\varepsilon_{вим}] = 0,025\text{мм}$$

Умова придатності виконується, пристрій можна використовувати для даної контрольної операції.

4. АВТОМАТИЗАЦІЯ

4.1 Автоматизація ливарного виробництва

Робота з гарячим металом завжди вважалася складною справою. Висока температура, загазованість, важкі інструменти роблять ливарне виробництво малопривабливим місцем роботи. Останнім часом ситуація на ринку праці стала дуже важкою. Але робот вирішує цю проблему. Спеціальне виконання робота для ливарної промисловості – роботизований осередок – дозволяє використовувати його і там.

Ливарне виробництво відрізняється небезпечними та шкідливими для людини умовами праці. І головним чинником тут є не швидкодія робота, а його здатність працювати в такому середовищі. Сюди ж можна віднести і роботу робота для створення ливарних форм за моделями (рис. 4.1), що виплавляються, обслуговування цехів гарячого кування, чушкоукладчики на заводах кольорової металургії [16].



Рисунок 4.1 – Робот для створення ливарних форм за витоплювальними моделями [16]

Також слід враховувати підвищене фізичне навантаження на працівника, підвищену температуру повітря, а також велику вагу металевих виливків. Стомлюваність працівника веде до зниження продуктивності дільниці. Застосування роботів на ливарному виробництві дозволить значно знизити величину прямих та непрямих виробничих витрат, при цьому помітно збільшивши продуктивність. Робот може проводити завантаження металу в ливарні машини, вивантаження готових виливків, обробку прес-форм, охолодження виливків, контроль виливки, обрізання облою і литників, завантаження виливків на верстати.

Промислові роботи, встановлені на ливарних виробництвах, можуть виконувати широкий перелік завдань:

- 1) Обслуговування ливарних машин;
- 2) Обслуговування пресів;
- 3) Сорткування та відбраковування деталей;
- 4) Маркування, нанесення етикеток та відміток;
- 5) Палетизацію та депалетизація чушок кольорових металів;
- 6) Збір та укладання готової продукції в певному порядку;
- 7) Складання стрижнів;
- 8) Створення оболонок для лиття за моделями, що виплавляються;
- 9) Переміщення заготовок, а також багато інших.

Роботи-чушкоукладачі застосовуються для штабелювання злитків у палети. Встановлюються відразу після приймально-передавального транспортера, не вимагають ні кантального пристрою, ні дотримання рівних проміжків між чушками. Ряди штабеля формуються відповідно до обраної програми, розкид лінійних розмірів чушки не має значення. Роботи-чушкоукладачі прийшли на заміну застарілим штабелерам ЧАП, які формували пакет на консольному підйомнику.

У сучасному виробництві дуже важлива сталість якості, а хто як не робот зможе збирати форми і встановлювати в них стрижні (рис. 4.2) завжди в одне й те саме положення. У цьому процесі роботи можуть застосовуватися для

збирання форм, встановлення піщаних стрижнів. Автоматизація ливарного виробництва дозволяє монтувати форми та встановлювати піщані стрижні, а також заливати метал за допомогою роботів [17]. Застосування роботів дозволяє досягти сталості якості: робот збирає форми та встановлює стрижні в них завжди в одному положенні. Роботи забезпечують повторюваність заливок та оптимізують їх за часом, а значить, підприємство отримує метал однорідної структури з мінімізованою необхідністю обробки відливої деталі.

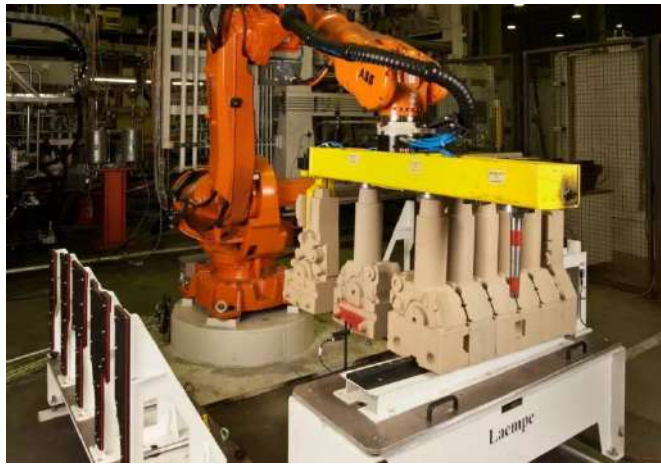


Рисунок 4.2 – Робот встановлює стрижні [17]

Лиття під тиском буквально створена для роботизації. Застосування роботів (рис. 4.3) для отримання готової продукції дозволяє значно збільшити обсяги виробництва на тому ж обладнанні і домогтися швидкої окупності [18].



Рисунок 4.3 – Робот для лиття під тиском [18]

Роботи в ливарному виробництві застосовуються у спеціальному виконанні – герметизований корпус, захист IP67, 2-х шарове забарвлення, додатково охолодження та інші опції. У такому виконанні роботи не бояться ні бризок, ні високих температур. Робот може: передати виріб на блок контролю та за необхідності відбракувати, додатково видалити литникові елементи, зачистити облій (рис. 4.4). У цьому випадку на виході ми отримуємо вже повністю готовий виріб, який не треба відвозити контролерам, не треба передавати на ділянку механічної обробки, а можна одразу відвести на збирання [19].

Також роботи застосовуються і для заливки металу. Що дозволяє забезпечити повторюваність заливок та оптимізувати їх за часом. В результаті – однорідна структура металу, мінімізація подальших обробок.



Рисунок 4.4 – Робот для зачистки відливків [19]

Металургія почала розвиватися у світі кілька століть тому, і ця робота завжди вважалася важкою та шкідливою для людини, проте була необхідною для технічного прогресу. Наразі роботи можуть замінити людину на більшості операцій, що виконуються на металургійному виробництві. Автоматизація металургійного виробництва дозволяє виконувати більшу частину технологічних процесів без участі людини: персонал тільки спостерігає та за необхідності обслуговує обладнання.

5. РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

5.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Перевірку маточини на міцність виконаємо на основі отриманих максимальних навантажень в небезпечному перерізі. Для деталі небезпечними місцями є щіли, отвори. Оцінку міцності деталі виконаємо на основі порівняння отриманого коефіцієнту запасу міцності з довідковим.

Коефіцієнт запасу міцності залежить від ступеня відповідальності конструкції та умов її експлуатації. Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3 \quad (5.1)$$

де $[\sigma]=200$ МПа – допустиме значення границі плинності для СЧ30;

σ_{max} – максимальне напруження, яке виникає в деталі.

Тому напруження, яке виникає в деталі повинне відповідати наступній вимозі:

$$\sigma_{max} \leq \frac{[\sigma]}{k} \quad (5.2)$$

Під час роботи маточина зазнає дії згину та кручення. Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у модулі NX CAM. Перед початком розрахунку було створено частину 3D-моделі маточини, для спрощення розрахунків була використана половина моделі. Далі 3D-модель було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 5.1). На наступному етапі на деталі було прикладено обмеження: закріплення по отворах та крутний момент на шліцах (рис. 5.2).

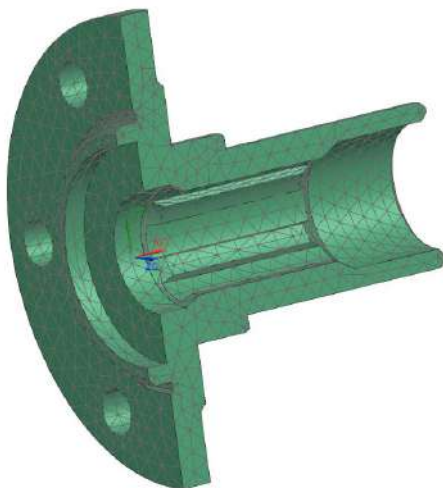


Рисунок 5.1 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

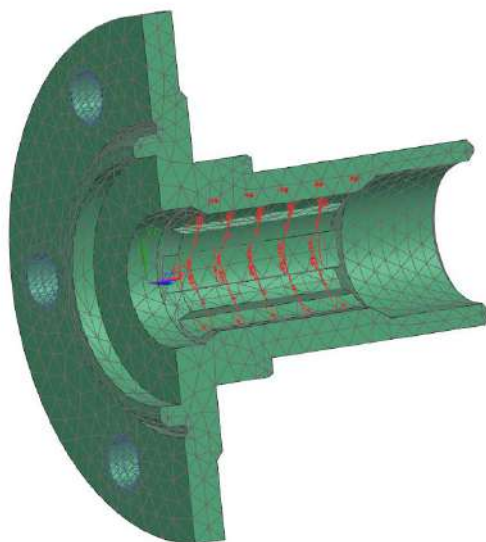


Рисунок 5.2 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

5.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Згідно проведених розрахунків напружено-деформованого стану маточини отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 5.3). Максимальне значення напруження становило 109,44 МПа. Небезпечний

переріз знаходився в гострих кутах шліців.

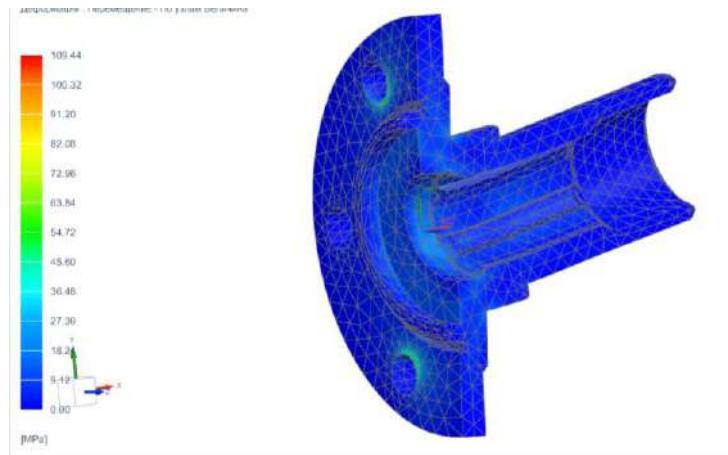


Рисунок 5.3 – Розподіл напружень

5.3 Оптимізація геометрії деталі

Виконаємо для небезпечного перерізу перевірку запасу міцності. Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою (5.1):

$$k = \frac{200}{109,44} = 1,83$$

Проведена перевірка виявила більше ніж 1,5 рази запас міцності маточини. Тому конструкцію деталі ті її розміри можна вважати прийнятими.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При вдосконаленні технологічного процесу виготовлення деталі «Маточина» було замінено обробку на універсальних токарних верстатах обробкою на верстатах з ЧПК (табл. 6.1). Розрахунок проводимо згідно рекомендацій [20].

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія						Нова технологія			
Модель верстата	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20Ф3	16K20Ф3	16K20Ф3	16K20Ф3
Штучний час $t_{шт}$, хв	13	11	8	10	5	5	6,69	2,54	8,01	4,87
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата F , грн	307200						1584000			
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань H_a , %	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі:

$$Z_o = \frac{\sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт-кі} \cdot C_{тар} \cdot K_6 \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{60} \quad (6.1)$$

де m_{on} – кількість операцій у технологічному процесі;

t_{umi} – норма штучного часу виконання i -ої операції, год;

$C_{тар}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції, грн/год;

K_6 – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $K_6=0,39$;

$k_{доп}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату, $k_{доп.} = 1,2$;

$k_{соц}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески, $k_{соц} = 1,4$.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.2, 6.3.

Таблиця 6.2 – Заробітна плата верстатника за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_о$, грн
010	Токарна	13	76,6	1,2	1,4	27,88
015	Токарна	11	76,6	1,2	1,4	23,59
020	Токарна	8	76,6	1,2	1,4	17,16
025	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
030	Токарна	5	76,6	1,2	1,4	10,72
035	Токарна	5	76,6	1,2	1,4	10,72
					Σ	111,53

Таблиця 6.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_о$, грн
015	Токарна	6,69	57,7	1,2	1,4	10,77
020	Токарна	2,54	57,7	1,2	1,4	4,09
025	Токарна	8,01	57,7	1,2	1,4	12,90
030	Токарна	4,87	57,7	1,2	1,4	7,84
					Σ	35,6

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою:

$$З_o = \frac{\Phi_p \cdot C_{\text{тар}} \cdot Ч_n \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{соц}}}{N} \quad (6.2)$$

де $C_{\text{тар.н}}$ – годинна тарифна ставка, грн;

$Ч_n$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

Φ_p – річний фонд часу одного, $\Phi_p = 2028$ год;

m_{on} – кількість операцій у технологічному процесі.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Φ_p , год	$C_{\text{тар}}$, грн	$Ч_n$	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$З_o$, грн
015	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	24,57
020	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	24,57
025	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	24,57
030	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	24,57
						Σ	98,29

Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{on}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{\text{шт-кі}}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (6.3)$$

де K_i – первісна вартість обладнання на i -ої операції, грн;

H_{ai} – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання на i -ої операції, %.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.5, 6.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою:

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{Ц_{\text{ін}ij} \cdot t_{\text{шт}ij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (6.4)$$

де $Ц_{\text{ін}ij}$ – ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, грн/шт;

$t_{\text{шт}ij}$ – штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{\text{маш}}/t_{\text{шт}}$;

T_{ij} – період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції, хв;

n_{in} – номенклатура інструментів на i -ої операції;

n_j – число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.7, 6.8.

Таблиця 6.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
010	Токарна	13	307200	14,2	4015	2,35
015	Токарна	11	307200	14,2	4015	1,99
020	Токарна	8	307200	14,2	4015	1,45
025	Токарна	10	307200	14,2	4015	1,81
030	Токарна	5	307200	14,2	4015	0,91
035	Токарна	5	307200	14,2	4015	0,91
					Σ	9,42

Таблиця 6.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	6,69	1584000	12,2	4015	5,37
020	Токарна	2,54	1584000	12,2	4015	2,04
025	Токарна	8,01	1584000	12,2	4015	6,43
030	Токарна	4,87	1584000	12,2	4015	3,91
					Σ	17,74

Таблиця 6.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	Найменування інструменту	C_i , грн	n_{in}	T , хв	n_j	η_{MI}	S_{in} , грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010	Токарна	13	Різець прохід.	150	1	60	10	0,4	0,64
			Різець. розт.	200	1	60	10	0,4	0,73
015	Токарна	11	Різець. прохід.	150	1	60	10	0,4	0,45

Продовження табл. 6.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Різець. розт.	200	1	60	10	0,4	0,73
020	Токарна	8	Різець. прохід.	200	1	60	10	0,4	0,61
			Різець. розт.	150	1	60	10	0,4	0,27
025	Токарна	10	Різець. прохід.	200	1	60	10	0,4	0,73
			Різець. розт.	200	1	60	10	0,4	0,48
030	Токарна	5	Різець. прохід.	200	1	60	10	0,4	0,48
			Різець. розт.	200	1	60	10	0,4	0,12
035	Токарна	5	Різець. прохід.	150	1	60	10	0,4	0,45
								Σ	5,7

Таблиця 6.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{мі}	S _{ін} грн
015	Токарна	6,69	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	0,38
			Різець розт.	250	1	180	4	0,4	0,37
020	Токарна	2,54	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	0,17
			Різець розт.	250	1	180	4	0,4	0,11
025	Токарна	8,01	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	0,69
			Різець розт.	250	1	180	4	0,4	0,20
030	Токарна	4,87	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	0,28
			Різець розт.	250	1	180	4	0,4	0,26
								Σ	2,46

Визначимо витрати на електроенергію за формулою:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t_{шт-к}}{\eta \cdot k_B \cdot 60} \cdot C_e \quad (6.5)$$

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК – 0,9, для решти обладнання – 0,8);

k_q – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК – 0,7, для решти обладнання – 0,6);

k_{od} – середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК – 1, для решти обладнання – 0,6);

k_w – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу, $k_w = 1,08$;

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_s – коефіцієнт виконання норм часу;

C_e – вартість електроенергії, $C_e = 3,45$ грн/кВт×год.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.9, 6.10.

Таблиця 6.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	k_q	k_{od}	k_w	η_e	k_b	S_e
010	Токарна	13	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,58
015	Токарна	11	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,19
020	Токарна	8	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,59
025	Токарна	10	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,99
030	Токарна	5	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	0,99
035	Токарна	5	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	0,99
										Σ	10,33

Таблиця 6.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	k_q	k_{od}	k_w	η_e	k_b	S_e
015	Токарна	6,69	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,27
020	Токарна	2,54	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	1,24
025	Токарна	8,01	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,92
030	Токарна	4,87	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,38
										Σ	10,81

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою:

$$S_p = \frac{Ц_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (6.6)$$

де $Ц_{то}$ – залишкова вартість обладнання, грн

K_p – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, $K_p = 0,02$.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.11, 6.12.

Таблиця 6.11 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
010	Токарна	307200	0,02	0,64	1,97
015	Токарна	307200	0,02	0,64	1,97
020	Токарна	307200	0,02	0,64	1,97
025	Токарна	307200	0,02	0,64	1,97
030	Токарна	307200	0,02	0,64	1,97
035	Токарна	307200	0,02	0,64	1,97
				Σ	11,8

Таблиця 6.12 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
015	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
020	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
025	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
030	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
				Σ	19,77

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{\text{гн}} \cdot t_{\text{ін}} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (6.7)$$

де φ – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту, $\varphi = 1,3$;

$C_{\text{гн}}$ – середньогодинна заробітна плата наладчиків, грн./год;

$t_{\text{ін}}$ – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{\text{ін}} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{\text{ін}} = 5$ хв – для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп).

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв;

K_m – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі;

T_M – середня стійкість інструменту, хв.;

m – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.13.

Таблиця 6.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	t_o , хв	$C_{\text{гн}}$, грн/год	n_i	$t_{\text{ін}}$, хв	K_T	T_M	m	S_H грн
015	Токарна	Різець прохід.	2,9	50,9	6	4	0,9	180	4	0,02
		Різець розт.	3,1	50,9	6	4	0,9	180	4	0,02
020	Токарна	Різець прохід.	1,3	50,9	6	4	0,9	180	4	0,01
		Різець розт.	0,9	50,9	6	4	0,9	180	4	0,00
025	Токарна	Різець прохід.	5,8	50,9	6	4	0,9	180	4	0,03
		Різець розт.	1,6	50,9	6	4	0,9	180	4	0,01
030	Токарна	Різець прохід.	2,2	50,9	6	4	0,9	180	4	0,01
		Різець. розт.	2,1	50,9	6	4	0,9	180	4	0,01
									Σ	0,11

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою:

$$I_{\text{н}} = Z_{\text{о}} \cdot k_{\text{заг}} \quad (6.8)$$

де $k_{\text{заг}}$ – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників, $k_{\text{заг}} = 0,20 \dots 0,25$.

$$I_{\text{н1}} = 111,53 \cdot 0,2 = 22,3 \text{ грн}$$

$$I_{\text{н2}} = 35,6 \cdot 0,2 = 7,12 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою:

$$C_{\text{т}} = Z_{\text{о}} + Z_{\text{н}} + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_{\text{е}} + S_{\text{р}} + S_{\text{н}} + I_{\text{н}} \quad (6.9)$$

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за двома варіантами наведено у табл. 6.14.

Таблиця 6.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	$Z_{\text{о}}$	111,53	35,6
Заробітна плата наладчика	$Z_{\text{н}}$		98,29
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	9,42	17,74
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	5,7	2,46
Витрати на електроенергію	$S_{\text{е}}$	10,33	10,81
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	$S_{\text{р}}$	11,8	19,77
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	$S_{\text{н}}$		0,11
Витрати інші	$I_{\text{н}}$	22,3	7,12
Технологічна собівартість	$C_{\text{т}}$	171,08	152,59

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою:

$$E_{\text{ур}} = (C_{\text{т1}} - C_{\text{т2}}) \cdot N \quad (6.10)$$

$$E_{\text{ур}} = (171,08 - 152,59) \cdot 2000 = 36980 \text{ грн}$$

Згідно проведених розрахунків оцінки очікуваної економічної ефективності впровадження вдосконаленої технологічної обробки деталі «Маточина» з заміною обробки на універсальних верстатах обробленням на верстатах з ЧПК дає змогу зекономити 36980 грн.

7 ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ В МАШИНОБУДУВАННІ

7.1 Освітлення робочого місця та захист від підвищеного рівня шуму.

Охорона праці це важливий аспект розгляду забезпечення безпеки і здоров'я працівників. І освітлення є однією з ланок цього процесу. Наявність освітлення на робочих місцях впливає на зір робітника, комфорт та продуктивність праці [21].

Вимогами до освітлення є рівномірність, не засліплювання очей та добра контрастність робочої поверхні.

Освітлення всього приміщення повинно бути рівномірним та частково окремим. Однаково рівномірне освітлення монтують у цехах де проводяться одно типові роботи на усій площі робочого приміщення. Окреме освітлення монтують на лініях потоку, коли характер робіт різноманітний за характером на окремих робочих місцях і коли треба направленість світлового потоку на певну ділянку цеху. Найбільш не шкідливе освітлення-це природне. Окрім цього є освітлення штучне та сумісне. У приміщеннях з незначною кількістю диму, пилу, кіптяви треба обов'язково не рідше двох разів на рік робити обов'язкове очищення скла на дахах та стінах. Освітлення повинно рівномірно розподілятися по всій робочій зоні, щоб не було часткової тіні, різновидів плям відсутності освітлення на деяких ділянках цеху, різкого переходу з малої кількості освітлення на сильне, що може погано впливати на зорову якість сприйняття ситуації.

Регулярне обслуговування та перевірка є фактором надійного ефективного освітлення робочих місць підприємства. В нормативних та законодавчих актах є конкретні вимоги та рекомендації по освітленню на робочих місцях приміщення підприємства. Тому для забезпечення цих вимог проводиться перевірка та аудит освітлення. Він може робити перевірку

інтенсивності потоку світла та виявляти проблеми з відблисками та рівномірністю освітлення, дотримання норм законодавчих актів [21].

Немало важливим запитом є достатність освітлення робочих місць, які повинні освітлені без напруження зору під час робітничих процесів. Втома очей долається періодичними перервами, використанням різних типів освітлення (наприклад лампи світлодіодні які мають низьке мерехтіння променів та звичайними лампами розжарювання або люмінесцентними) Потрібно також пам'ятати що вимоги до освітлення залежать від місця знаходження регіону, діяльності та внутрішньої політики окремо взятого підприємства. Ще на підприємствах найпоширенішим є явище підвищених рівнів шуму на які не завжди звертають свою увагу, тому є виникає поганий ефект внаслідок чого розвиваються хвороби та наступна втрата слуху від шуму під час виробничого процесу, це все відбувається не зразу. Через деякий час може погіршитись або зовсім зникнути у працівника слух.

Шум на рівні менше 80 дБ не несе загрози для здоров'я, а шуми з понад 90 дБ вже можуть впливати на органи слуху. Є поняття порогу чутності який з часом стає якби постійним [22]. І цей процес пришвидшується в проміжку часу. Але у людей чутливість може відрізнятись. Підвищені шуми присутні на робочих місцях негативно впливають виробничі завдання. Якщо виконуються складні завдання, які потребують увагу та часткову концентрацію, то шум більше 90 дБ буває наслідком виникнення виробничого браку, виходу з ладу устаткування та можливість отримання травм. Вплив негативних шумів продовжується і після припинення. Умови праці при підвищених шумах можуть бути наслідком для захворювань серцево-судинних органів і безсонням.

Заходами боротьби з шумом на виробництві є розділ забезпечення загального захисту робітників і окремо для працюючих. Залежно від виду шумів, частоти та інтенсивності вибираються засоби для захисту слуху, які підходять якнайліпше до даного виду робіт [22]. Одним з видів протишумових захисних пристосувань є так звані беруші, які встановлюються в слуховий

отвір та надійно знижують рівень шуму. беруші є одно та багаторазові. виготовляються з поліуретану та м'яких полімерів, вони комфортні під час використання, відновлюють свою форму після використання. Також для уникнення впливу шуму використовують різноманітні види навушників, які теж зменшують негативний вплив підвищених шумів на виробництві. Але необхідно буде звернути увагу що проти шумні навушники потрібно використовувати не довго тривало. Навіть дуже комфортні навушники чинять деякий тиск на ділянки голови людини.

Засоби захисту від шуму мають різні характеристики по шумоізоляції, зниження шуму у всіх засобів різне, але всі вони виконують однакову роботу по захисту органів слуху працюючої людини.

Порахувати крокову напругу ,під яку наразиться людина,якщо крок, $a = 0,8\text{м}$. Вихідні данні приведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані

Наіменування заданих параметрів	Значення
x – відстань від провідника, м	3,0
Струм замикання на землю, A	90
ρ – удільний спротив ґрунту, $\text{Ом} \cdot \text{м}$	40
Вид ґрунту	Глина

Напругою кроку є напруга між двома комами ланки току, які знаходяться одна від другої на відстані кроку, на яких стоїть людина (ГОСТ 12.1.009-76).

Якщо людина знаходиться на поверхні землі, маючій різні потенціали у місці знаходження стоп, то на протязі його кроку з'являється напруга кроку. Це виникає в містах сполуки на землю обірваного проводу чи біля однакового заземлення малого розміру, біля опору електропередачі напруга кроку має

найбільше значення. При попаданні людини під вплив крокової напруги струм через його тіло буде протікати по колу «нога – нога».

При малому його значенні, коли потерпілий знаходиться на ногах, його звільнення повинно бути в розриві току у ланцюгу «нога – нога» дією підняття однієї ноги – зникає різниця потенціалів і людина звільняється від дії електричного струму. Переміщатися з зони дії крокової напруги треба не великими підскоками на одній нозі. Якщо сталося попадання потерпілого під дію крокової напруги, течія напруги по ланцюгу «нога – нога» визиває судомим'язів ніг і людина падає, його можливо звільнити ізолюючи ступні ніг, взуття за допомогою резинових чобіт, сухої тканини і т.п.

На рис. 7.1 зображена схема дії крокової напруги на людину.

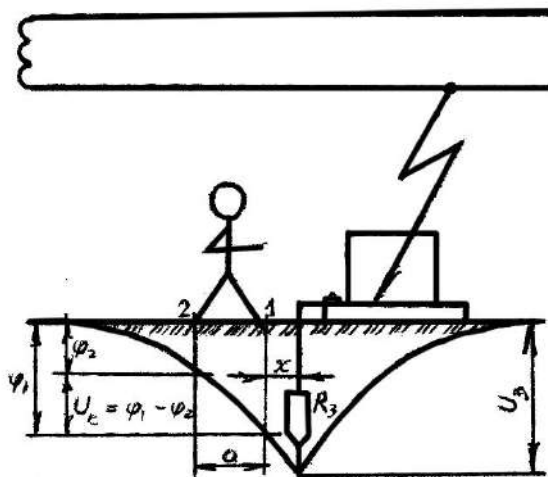


Рисунок 7.1 – Крокова напруга

Крокова напруга U_k прораховується як різниця потенціалів між крапками 1 і 2, на яких стоять ноги людини:

$$U_k = \varphi_1 - \varphi_2$$

Якщо крапка 1 знаходиться на відстані δ від заземлення, то її потенціал при півсферичному заземленні рівне:

$$\varphi_1 = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot x} \quad (7.1)$$

Крапка 2 знаходиться на відстані $x + a$, де a - величина кроку людини. В цьому випадку її потенціал рівен:

$$\varphi_2 = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot (x+a)} \quad (7.2)$$

Тоді:

$$U_K = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \cdot \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) = \frac{I_3 \cdot \rho \cdot a}{2\pi \cdot x \cdot (x+a)} = \frac{90 \cdot 40 \cdot 0,8}{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 3,8} = 40,23V \quad (7.3)$$

З формули та малюнка видно, що крокова напруга знижується з віддаленістю від міста замикання на землю і при зменшенні кроку людини.

ВИСНОВКИ

Розглянуто конструкції шліцевих з'єднань, основні види пошкоджень шліцевих з'єднань, вплив геометричних та фізико-механічних параметрів шліцевих з'єднань на їх зносостійкість. Запропоновані методи підвищення довговічності шліцевого з'єднання маточини шляхом застосування полімерного покриття.

Було розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Маточина». Було економічно обґрунтовано отримання заготовки литтям у землю, розраховано масу заготовки рівну 1,35 кг, коефіцієнт використання матеріалу – 0,53 Економічний ефект від впровадження отримання заготовки литтям у землю становив 22280 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, який містить замість токарної обробки на універсальних верстатах обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення, економія склала 36980 грн.

Для токарної та свердлильної операцій з ЧПК були розроблені керуючі програми в програмному забезпеченні NX.

Запропоновані рекомендації та обладнання для автоматизації заготівельної операції шляхом застосування роботів для створення ливарних форм.

Було спроектовано робоче пристосування для свердлильної операції. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний пневмоциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю биття зовнішнього діаметра в центрах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Клоков В.Г. Детали машин и основы конструирования : конспект лекций / Клоков В.Г. – М.: МГИУ, 2008. – 176 с.
2. Бутенко А.Ф. Детали машин и основы конструирования. [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Ф. Бутенко, А. Б. Портаков – Электрон. дан. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2020. – 178 с.
3. Покрывание MODENGY для деталей ДВС снижает износ шлицевых соединений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/o/b/572555013197401414>. (дата звернення: 13.11.2023). – Назва з екрана.
4. Ремонт, восстановление шлицевого соединения карданного вала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://podolsk.kardanniy-val.ru/services/zamena>. (дата звернення: 13.11.2023). – Назва з екрана.
5. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под. ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.
6. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
7. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
8. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.
9. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна

інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.

11. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.– 652 с.

12. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания при нормировании работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 472с.

13. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.

14. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.

15. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Металорізальні верстати та » усіх форм навчання / Укл. О.Б. Козлова. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 118 с.

16. Роботизированные ячейки для литейного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sixdof.ru/products/litejnoe-proizvodstvo>. (дата звернення: 13.11.2023). – Назва з екрана.

17. Автоматизация литейного и металлургического производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ds-robotics.ru/articles/avtomatizaciya-litejnogo-i-metallurgicheskogo-proizvodstva>. (дата звернення: 13.11.2023). – Назва з екрана.

18. Высокоточное литье под давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotec.kz/uslugi/vysokotochnoe-lit-e-pod-davleniem>. (дата звернення: 13.11.2023). – Назва з екрана.

19. Специальное оборудование для обрубки, обрезки, отшлифовки, чистки отливок деталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://stankialiance.ru/processing-cleaning-of-castings-and-special-solutions/special-equipment-for-cropping-trimming-athlitiki-cleaning-castings-parts>. (дата звернення: 13.11.2023). – Назва з екрана.

20. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 41 с.

21. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. – [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с.

22. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. (дата звернення: 13.11.2023). – Назва з екрана.

ДОДАТОК А

Визначення ваги деталі та заготовок за допомогою масово-центрувальних характеристик програмного забезпечення NX

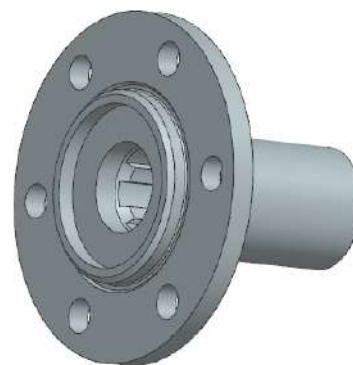
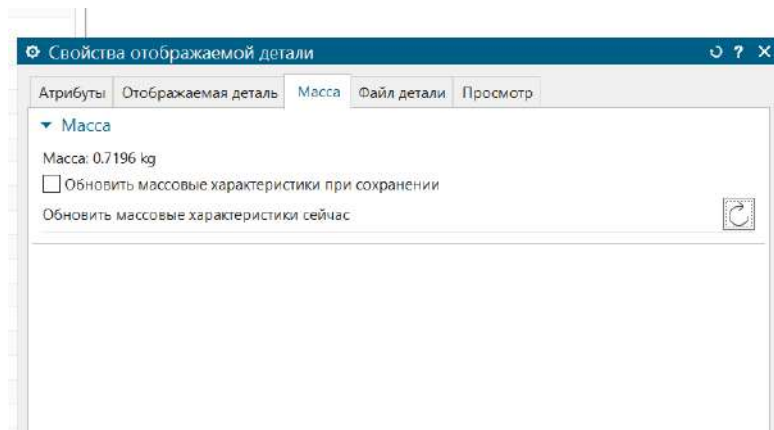


Рисунок А.1 – Визначення ваги деталі

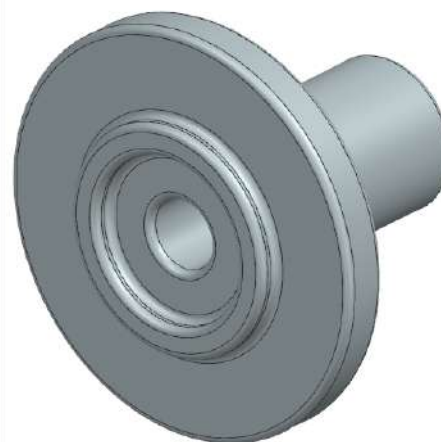
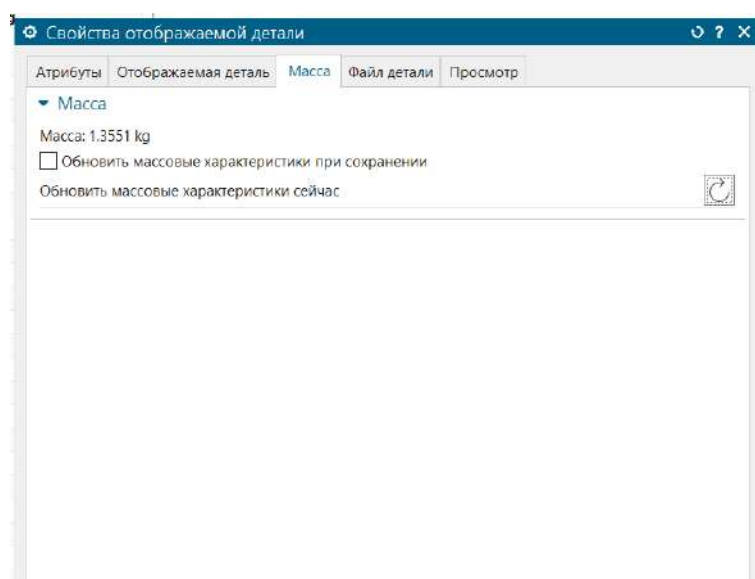


Рисунок А.2 – Визначення ваги заготовки отриманої литтям в землю

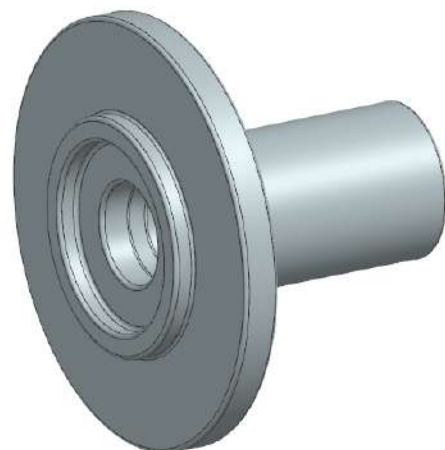
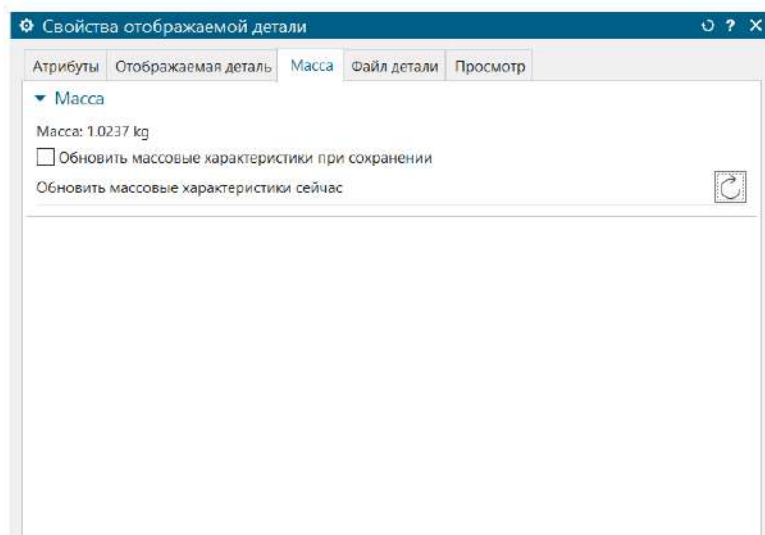


Рисунок А.3 – Визначення ваги заготовки отриманої литтям по
витоплюванням моделям

ДОДАТОК Б Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
				Документация		
			НУЗП 293226.024	Сборочный чертеж		
Справ. №						
				Сборочные единицы		
		1		Редуктор	1	
Подп. и дата				Детали		
		2		Корпус	1	
		3		Плита	1	
		4		Шток	1	
		5		Поршень	1	
		6		Кришка	1	
		7		Кольце	2	
		8		Втулка	1	
		9		Стакан	1	
		10		Втулка	3	
		11		Палец	3	
		12		Перехідник	2	
		13		Втулка	1	
		14		Втулка	2	
		15		Шток	2	
Инд. № подл.	НУЗП 293226.024					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Бойровник				
	Проб.	Тришин				
	Н.контр.	Дядя				
Инд. № подл.	Утв.	Дядя				
	Кондуктор для свердління 6 отворів $\phi 8,5$ мм			Лист	Лист	Листов
				1	1	2
				НУЗП гр. М-122м		
				Деталь		

[illegible]

Κοινωνία

Φορματίτη Α4

