

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 впливу зносу ріжучого інструменту на особливості динаміки процесу механічної обробки муфти»

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Мз-112м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технологія машинобудування

МАРЧЕНКО М.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КОНДРАТЮК Е.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.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)

МАРЧЕНКО Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження впливу зносу ріжучого інструменту на особливості динаміки процесу механічної обробки муфти

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент КОНДРАТЮК Едуард Васильович,
 (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=5000шт

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 ., доц. КОНДРАТЮК Е.В,		
6	к.т.н ., доц. ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
7	к.т.н ., доц. ШМИРКО В.І.		
нормоконтроль	к. т. н., доц. ДЯДЯ С І		

7. Дата видачі завдання 01.09.2023 р.

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	02.12.2023	
10	Рецензія	05.12.2023	
11	Захист дипломного проекту	12.12.2023	

Студент

(підпис)

Максим МАРЧЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Едуард КОНДРАТЮК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 101 с., 31 рис., 22 табл., 3 додатки, 24 джерел.

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

Об'єкт дослідження – Муфта.

Мета роботи – дослідити вплив зносу ріжучого інструменту на особливості динаміки процесу механічної обробки муфти.

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

В магістерській роботі розглянуто види зношення інструменту, вплив вібрацій на зношення інструменту, досліджено вплив зносу ріжучого інструменту на особливості динаміки механічної обробки муфти, спроектовано технологічний процес виготовлення муфти, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче пристосування для свердлильної операції та контрольне пристосування, проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання в програмі NX, розроблено керуючі програми для операцій з ЧПК, запропоновані рекомендації та обладнання для автоматизації токарних операції шляхом застосування роботизованого комплексу, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	
Вступ.....	8
1. Дослідження впливу зносу ріжучого інструменту на особливості динаміки механічної обробки.....	9
1.1 Види зношення інструменту.....	9
1.2 Вплив вібрацій на зношення інструменту.....	14
2. Технологічна частина.....	20
2.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	20
2.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт.....	21
2.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	22
2.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	25
2.4.1 Вибір технологічних баз.....	25
2.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	26
2.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	30
2.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	33
2.6 Розрахунок режимів різання.....	38
2.6.1 Операція 030 – токарна з ЧПК.....	38
2.6.2 Операція 075 – шліфувальна.....	42
2.6.3 Операція 040 – фрезерна з ЧПК.....	44
2.6.4 Операція 045 – свердлильна з ЧПК.....	47
2.7 Технічне нормування операцій.....	50
2.7.1 Технічне нормування операції 030.....	50
2.7.2 Технічне нормування операції 075.....	52
2.7.3 Технічне нормування операції 040.....	53
2.7.4 Технічне нормування операції 045.....	54

2.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	56
2.8.1 Операція 030 – токарна з ЧПК.....	56
2.8.2 Операція 040 – фрезерна з ЧПК	58
2.8.3 Операція 045 – свердлильна з ЧПК	61
3. Конструкторська частина.....	63
3.1 Проектування робочого пристосування.....	63
3.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	63
3.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосувань на точність.....	64
3.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	66
3.2 Проектування контрольного пристосування.....	70
3.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	70
3.2.2 Розрахунок контрольного пристосування на точність.....	71
4. Автоматизація.....	73
4.1 Роботизований комплекс для токарної обробки.....	73
5. Розрахунок деталі на міцність	77
5.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	77
5.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції.....	77
5.3 Оптимізація геометрії деталі.....	78
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів.....	81
7 Охорона праці.....	90
7.1 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	90
Висновки	93
Перелік джерел посилання.....	94
Додаток А. Визначення маси деталі та заготовок за допомогою масово-центру-вальних характеристик програмного забезпечення NX.....	97
Додаток Б. Специфікація робочого пристосування	99
Додаток В. Специфікація контрольного пристосування	101

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КГШП – кривошипно-гарячештампувальний прес

ККД – коефіцієнт корисної дії

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

Вплив зносу інструменту на ефективність механічної обробки є однією з ключових проблем, що вимагає глибокого розгляду та вивчення. У цьому контексті, магістерська робота розглядає різноманітні аспекти цієї проблематики, зосереджуючись на види зношення інструменту та їх взаємодії з вібраціями, що виникають під час механічної обробки.

Особлива увага приділяється дослідженню впливу зношення ріжучого інструменту на вібрацій та їхній вплив на динаміку механічної обробки. В роботі проведено аналіз впливу зносу інструменту на вібростійкість процесу різання та визначення значення коефіцієнта демпфування.

У результаті досліджень встановлено, що ефективне управління вібраціями може не лише значно зменшити зношення інструменту, але й максимально збільшити його стійкість. Отримані результати роботи вказують на те, що усунення вібрації при механічній обробці може бути вирішальним фактором для забезпечення стабільності та якості обробки матеріалів. Такий підхід до проблеми має потенціал не лише підвищити продуктивність, але й сприяти тривалому та надійному використанню інструменту в індустріальних умовах.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНОСУ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ МУФТИ

1.1 Види зношення інструменту

Про правильність вибору інструменту та режимів обробки можна судити за ознаками зношування інструменту. На вигляд зношення твердосплавних пластин можна оцінити процеси, що відбуваються, і вжити заходів для підвищення ефективності обробки [1].

Зношування інструменту (рис. 1.1) це абсолютно нормальний і природний процес, що виникає в процесі обробки металів різанням через взаємодію ріжучої кромки і оброблюваної поверхні. При цьому ріжуча кромка піддається відразу декільком видам впливу: механічному, температурному, хімічному, фрикційному та ін.



Рисунок 1.1 – Зношування та поломка інструменту

Однак видів зносу інструменту існує досить багато, і не всі є природними. Деякі види зношування виникають внаслідок неправильного використання металорізального інструменту або внаслідок некоректного вибору самого інструменту.

Зазвичай виділяють три типи зношення ріжучої кромки: абразивний, адгезійний та дифузійний. При абразивному зношенні тверді частинки матеріалу, що обробляється, дряпають поверхню ріжучого інструменту, поступово стираючи її. Процес адгезійного зношення пов'язаний з напаяванням (прилипанням) поверхонь, що труться одна по іншій, після чого відбувається відрив мікрочастинок з поверхні ріжучої кромки, що з часом призводить до утворення великих западин (лунок) на поверхні інструменту. Цей процес, як правило, відбувається при відносно невисоких температурах у зоні різання. Дифузійне зношення настає при високих температурах, коли атоми інструменту та оброблюваної заготовки змішуються, виникає хімічна реакція, в результаті якої змінюється фізико-хімічний склад верхнього шару інструменту, його опір зношуванню зменшується, а надалі виникають лунки на його передній поверхні. Будь-яке зношування утворюється або на задній, або на передній поверхні інструменту, а іноді і на обох поверхнях відразу [1].

Внаслідок абразивного зношування (рис. 1.2, а) відбувається стирання задньої поверхні ріжучого інструменту. Відбувається він через тертя задньої поверхні інструменту про оброблювану поверхню. Такий знос є найкращим, оскільки настає він поступово і передбачувано.

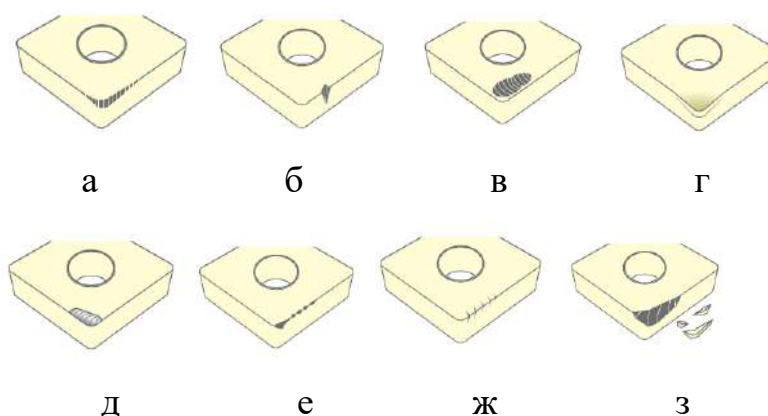


Рисунок 1.2 – Види зношування: по задній поверхні (а), утворення бороздок (б), по передній поверхні (в), пластична деформація (г), наростоутворення (д), викрашування ріжучої кромки (е), термічні тріщини (ж), руйнування пластини (з) [1]

Якщо в ході обробки послідовно виникає зношування по задній поверхні, то це ознака нормальної експлуатації інструменту.

У той же час, якщо задня поверхня зношується дуже швидко, це може бути ознакою того, що використовується недостатньо твердий сплав.

Також причиною занадто інтенсивного зношування по задній поверхні може бути надмірна швидкість різання. З трьох основних параметрів режимів різання: подача, швидкість різання і глибина різання - саме швидкість різання найбільше впливає на знос інструменту.

Подача інструменту менш впливає на знос, але від величини подачі залежить, наскільки інтенсивно буде зношуватися передня поверхня інструменту. Глибина різання несуттєво впливає на зношування інструменту, але важливо не перевищувати рекомендованих параметрів по глибині, щоб не допустити механічного навантаження та руйнування пластини.

Відповідно, для боротьби з цим типом зносу слід знизити швидкість різання і вибрати твердіший, а значить, більш зносостійкий сплав.

Бороздка (рис. 1.2, б), або проточина виникає на рівні глибини різання. Причиною такого зносу може стати кірка на поверхні заготовлі або тверді мікровключення в матеріалі, що обробляється [1].

Даний вид зносу обумовлений зміцненням оброблюваної поверхні і характерний для в'язких матеріалів, таких як нержавіючі та жароміцні сталі.

Для боротьби з утворенням бороздок рекомендується зменшити швидкість різання, зменшити подачу, вибрати міцніший сплав, а також зменшити кут у плані. Утворення борозенки можна запобігти зміні стратегії обробки, наприклад, зробивши змінною глибину різання.

Передня поверхня – це поверхня, по якій сходить стружка в процесі різання, і саме ця поверхня найбільше контактує зі стружкою. Зношування по передній поверхні (рис. 1.2, в) настає внаслідок того, що гаряча стружка, стикаючись з передньою поверхнею ріжучого інструменту, розкладає кобальтову зв'язку і розчиняє карбід вольфраму. Тверді включення в матеріалі,

що обробляється, врізаються в пластину, покриття сколюється, і його частинки вдавлюються в передню поверхню [1].

Для вирішення проблеми в даному випадку слід знизити швидкість різання або подачу, вибрати твердіший сплав, а також перевірити коректність вибору стружколому. Можливо, що геометрія стружколома не підходить для конкретної обробки. Наприклад, при чорновій обробці використовується стружколом, призначений для чистових операцій, відповідно, стружка не правильно сегментуватиметься, а зіштовхуватиметься з передньою поверхнею, руйнуючи її.

Якщо в процесі обробки генерується занадто велика кількість тепла і також виникає механічне навантаження пластини, то під впливом температури розм'якшується твердий сплав, кобальтова зв'язка плавиться і відбувається пластична деформація ріжучої кромки (рис. 1.2, г) [1].

У цьому випадку перш за все варто звернути увагу на зниження температури в зоні різання, а найефективніше це можна зробити, знизивши швидкість різання, а також включивши змащувально-охолоджувальне технічне середовище (ЗОТС), якщо ЗОТС не використовувалася раніше. Важливо, щоб ЗОТС подавали саме в зону різання для того, щоб максимально ефективно знизити температуру. Для цього можна використовувати спеціальні державки з можливістю спрямованої подачі ЗОТС. Крім того, бажано вибрати більш зносостійкий (твердий) сплав та геометрію з великим радіусом ріжучої кромки, оскільки температура буде розподілятися з більшої площі поверхні, що призведе до її зниження.

При високому тиску і низькій температурі в зоні різання матеріал, що обробляється, може прилипати до ріжучої кромки, а потім при відриві цього нарости він захоплює з собою частинки покриття і основу сплаву, відповідно, пластина швидко руйнується (рис. 1.2, д) [1]. Додатковою проблемою є те, що при утворенні даного наросту геометрія пластини змінюється, і це може позначитися як на якості поверхні, що обробляється, так і на її кінцевому

чистовому розмірі. Як правило, наростоутворення відбувається при обробці в'язких матеріалів, таких як нержавіюча сталь або алюміній.

За такої проблеми слід збільшити температуру шляхом збільшення швидкості різання. Однією з найпоширеніших помилок є обробка в'язких матеріалів із низькою швидкістю різання. Також рекомендується по можливості вибрати пластину з більш гострою геометрією та тонким покриттям.

В основному причиною викрашування (рис. 1.2, е) служать тверді мікровключення в оброблюваному матеріалі, вібрації, а також уривчасте різання.

Насамперед варто перевірити стабільність обробки, чи добре закріплена деталь на верстаті і чи немає вібрацій. При виявленні вібрацій та неможливості поліпшити жорсткість закріплення заготовки варто змінити кут у плані на ближчий до 90 градусів. Це призведе до збільшення осьових сил різання та зменшення радіальних, а, як відомо, саме радіальна складова сили різання викликає вібрації. Якщо причина не в цьому, варто зменшити подачу, особливо на врізанні і на виході з різання. Також слід вибрати більш в'язкий сплав і міцнішу геометрію ріжучої кромки, можливо, з більшим радіусом.

Термічні тріщини (рис. 1.2, ж) легко ідентифікується, оскільки має явні ознаки – тріщини, перпендикулярні ріжучій кромці. Виникає через різницю температур між нагрітим і охолодженим станом ріжучої кромки [2].

Термотріщини особливо характерні для фрезерування, так як використовується кілька зубів інструменту, які поперемінно знаходяться в матеріалі, то виходять з нього, піддаючись таким чином швидкій зміні температури.

При появі такого виду зносу перш за все потрібно припинити подачу ЗОС або, навпаки, використовувати надмірну кількість охолоджувальної рідини для підтримки постійного рівня температури ріжучої кромки. Також варто зменшити швидкість різання і вибрати в'язкіший сплав, який менш схильний до такого типу зносу.

Поєднання механічного та термічного навантаження є таким великим, що пластина руйнується в перші секунди роботи (рис. 1.2, з), причому одночасно і

по задній, і передній поверхні. Причиною, як правило, є один із попередніх видів зносу. Також можливо встановлені сильно завищені режими різання або некоректно обрана геометрія пластини [2].

У цьому випадку рекомендується зменшити глибину різання, зменшити подачу, вибрати міцніший сплав. Іноді може допомогти заміна пластини більш товсту або, наприклад, заміна двосторонньої пластини на односторонню.

Варто зауважити, що інтенсивність і характер зносу сильно залежить не тільки від параметрів металорізального інструменту, але і від матеріалу, що обробляється, так, наприклад, при обробці чавуну характерний знос по задній поверхні, тому що стружка добре сегментується і майже не взаємодіє з передньою поверхнею, а пластична деформація можлива при обробці жароміцних матеріалів, у процесі різання яких генеруються дуже високі температури [2].

Розрізняють такі види зносу: розмірний, лінійний, відносний, масовий. При чистових режимах обробки визначальним стає розмірний знос різця, який вимірюється в напрямку перпендикулярному оброблюваній поверхні. Цей знос впливає зменшення (при розточуванні) чи збільшення (при зовнішньому точенні) обсягу деталі. Швидкість розмірного зносу різця, приблизно можна прийняти для постійного режиму різання змінним пропорційно глибині різання.

1.2 Вплив вібрацій на зношення інструменту

На різницю між реальним і розрахунковим профілем істотно впливають вібрації інструменту і заготовлі, які залишають на оброблюваній поверхні сліди коливань з амплітудою A . У ході роботи верстата основні види вібрації, що виникають, це вимушені, вільні і самозбуджувальні (автоколивання). Коливання, що виникають у процесі різання та способи боротьби з ними досить повно описані, цьому присвячено багато робіт [2]. Коливання з найбільш характерною

формою та з найбільш складною природою – це автоколивання. Вони виникають за будь-якого виду обробки та відсутності видимих причин для цього. Коливання майже завжди призводять до змін товщини зрізу, це відбивається на профілі обробленої поверхні. Поряд із стійкістю інструменту та продуктивністю обробки вібрації сильно впливають на якість обробленої поверхні [3]. У деяких випадках можуть створюватися умови для переходу коливань, що виникли, в незагасаючі автоколивання. Відомо, що зі збільшенням амплітуд автоколивань пропорційно погіршуються параметри шорсткості, зростає висота хвилястості обробленої поверхні. Це відбувається не тільки при точенні та розточуванні, але і майже в усіх інших видах механічної обробки (фрезерування, свердління, розгортання і т. д.) хвилястість поверхні деталі визначається величиною амплітуд та биття вібрацій.

Під час процесу різання вібрація інструменту та заготівлі неминуча, наслідком чого стає геометрична неточність, зниження стійкості інструменту, удар по ріжучій кромці різця, що може призвести до псування ріжучої частини інструменту. Тому головним завданням діагностування є виявлення залежності вібрації і шуму різання від зносу ріжучого інструменту при різних режимах різання [4].

У роботі [4] були побудовані загальні графіки залежності вібрації та шуму різання від зношування. На рис. 1.3 та 1.4 представлені графіки залежності віброшвидкості від зносу ріжучого інструменту при швидкостях різання 128 м/хв і 16м/хв відповідно.

З графіка рис. 1.4 бачимо, що найбільш лінійна залежність при режимі з подачею 0,05 мм/об глибиною різання 0,5 мм. За інших трьох режимах графіки залежності менш лінійні. Загалом можна сказати, що при збільшенні зносу значення віброшвидкості зростають, але не так значно, як ми бачимо на рис. 1.3. За всіх режимів залежності практично лінійні.

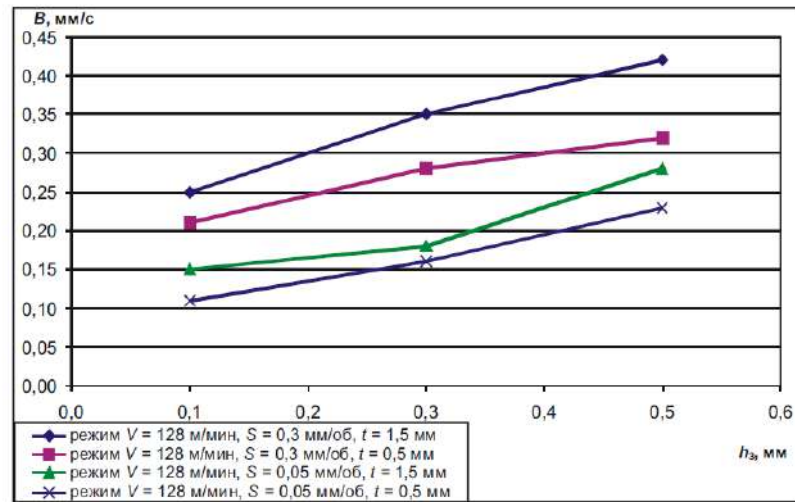


Рисунок 1.3 – Графік залежності амплітуди вібрацій від зношування ріжучого інструменту при 128 м/хв [4]

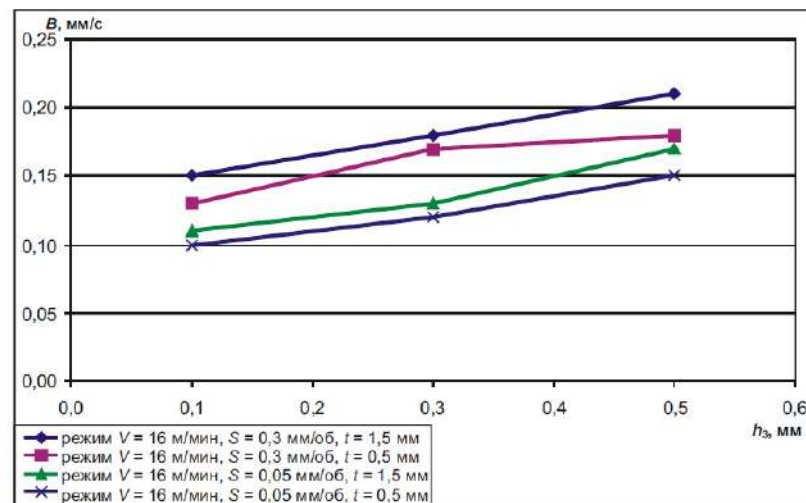


Рисунок 1.4 – Графік залежності віброшвидкості від зносу ріжучого інструменту при 16 м/хв [4]

Отримані дані автор переводив у дБ, і побудував графіки залежності шуму різання від зносу ріжучого інструменту при швидкостях різання 128 і 16 м/хв відповідно (рис. 1.5, 1.6).

З графіка залежності шуму різання (рис. 1.5) бачимо, що різко зростаючого графіка зі збільшенням зносу немає. Для кожного режиму графік змінюється не більше 5 дБ. Також виглядає графік залежності при мінімальній швидкості різання (рис. 1.6). Зона розкиду значень шуму різання становить від 32 до 39 дБ.

Загалом можна сказати, що при збільшенні зносу шум різання, безсумнівно, зростає, хоча й незначно.

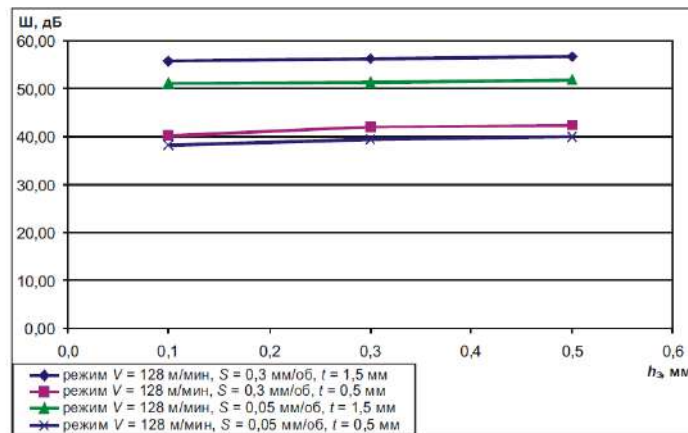


Рисунок 1.5 – Графік залежності шуму різання від зносу ріжучого інструменту при 128 м/хв [4]

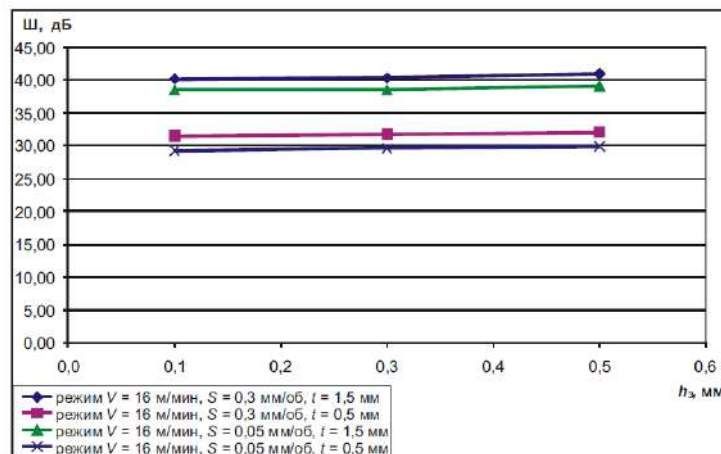


Рисунок 1.6 – Графік залежності шуму різання від зносу ріжучого інструменту при 16 м/хв [4]

При збільшенні зношування ріжучою інструменту збільшуються значення параметрів режимів різання. Але зміни режимів різання ми можемо простежити за фізичними явищами силою різання, амплітудою вібрації, температурою, шумом різання, потужністю різання.

Також у роботі [5] проводився аналіз впливу зносу інструменту на вібростійкість різання (рис. 1.7) та значення коефіцієнта демпфування (рис. 1.8).

Як видно із рис. 5.7 при обробці гострозаточеним різцем область стійких режимів різання обмежується 1000 об/хв. При обробці зношеним різцем вібрації мали місце лише при 3500 об/хв та глибині різання 1,5 мм.

Таким чином у роботі [6] показана істотна роль складових сил різання на задній поверхні інструменту на демпфування вібрацій та збільшення межі вібростійких режимів обробки при точенні в області низьких швидкостей різання.

У роботі [7] наведено залежності складових сили різання від зношування різця від 0,05 до 0,35 мм при обробці заготовок з твердістю 56-60 і 59-60 HRC. Видно, збільшення розкиду твердості заготовок призводить до значного зростання амплітуди коливань, особливо при $h_z = 0,35$ мм. Зміна h_z від 0,05 до 0,35 мм призвела до збільшення складових сили різання в 1,5-3,0 разів. (рис. 1.9)

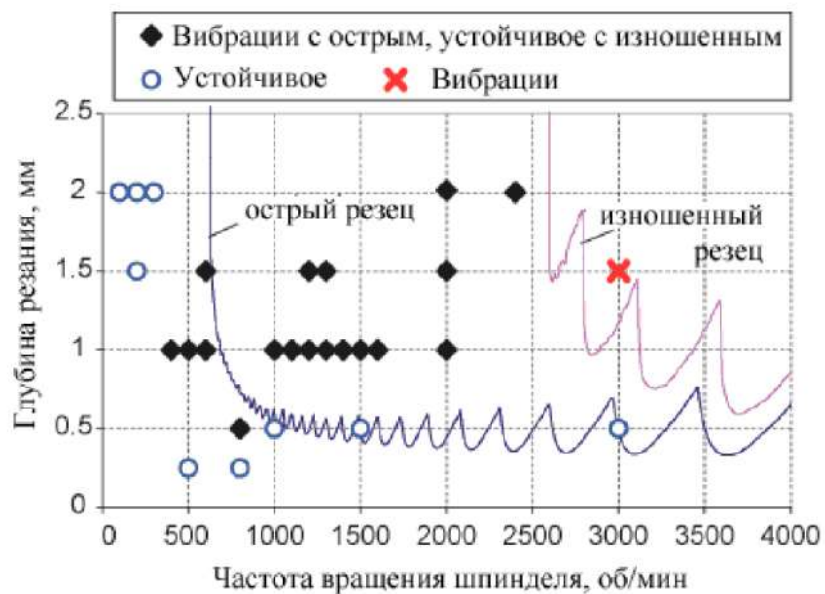


Рисунок 1.7– Діаграми вібростійкості для нового та зношеного інструменту (фаска зносу – 0,08 мм) [7]

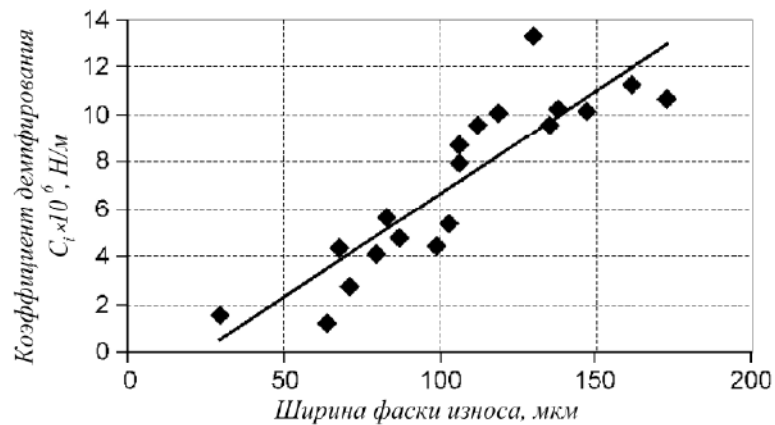


Рисунок 1.8 – Вплив зносу різця на значення коефіцієнта демпфування [7]

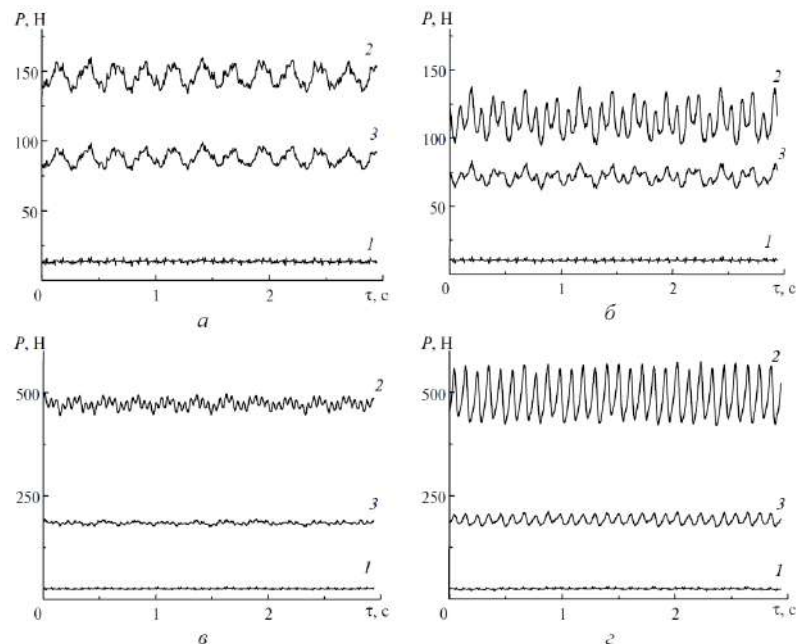


Рисунок 1.9 – Осцилограми складових P_x (1), P_y (2), P_z (3) сили різання при обробці заготовок твердістю 59–60 (а, в), 56–60 (б, г) HRC: величина зносу різця $h_z = 0,05$ (а, б), $0,35$ (в, г) мм [7]

Усунувши вібрацію при механічній обробці можна не тільки зменшити зношування інструменту, максимально збільшити його стійкість, але можна забезпечити стабільну і якість обробки. Тому наступним етапом роботи є проектування сталого процесу механічної обробки деталі «Муфта».

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Муфта» (рис. 2.1) входить до складу приводного механізму редуктора. Муфта призначена для передачі обертового руху та крутного моменту з валу електродвигуна на бистрохідний вал редуктору, котрий розташований на одній осі з першим, без зміни крутного моменту за величиною.

Крім зазначеного, муфта виконує інші важливі функції: компенсує невеликі монтажні відхилення взаємного розташування вузлів і агрегатів, дає можливість роз'єднувати приводні вали, автоматично керує роботою редуктора, плавно сполучає вали при запуску редуктора, захищає редуктор від поломок в аварійному режимі.

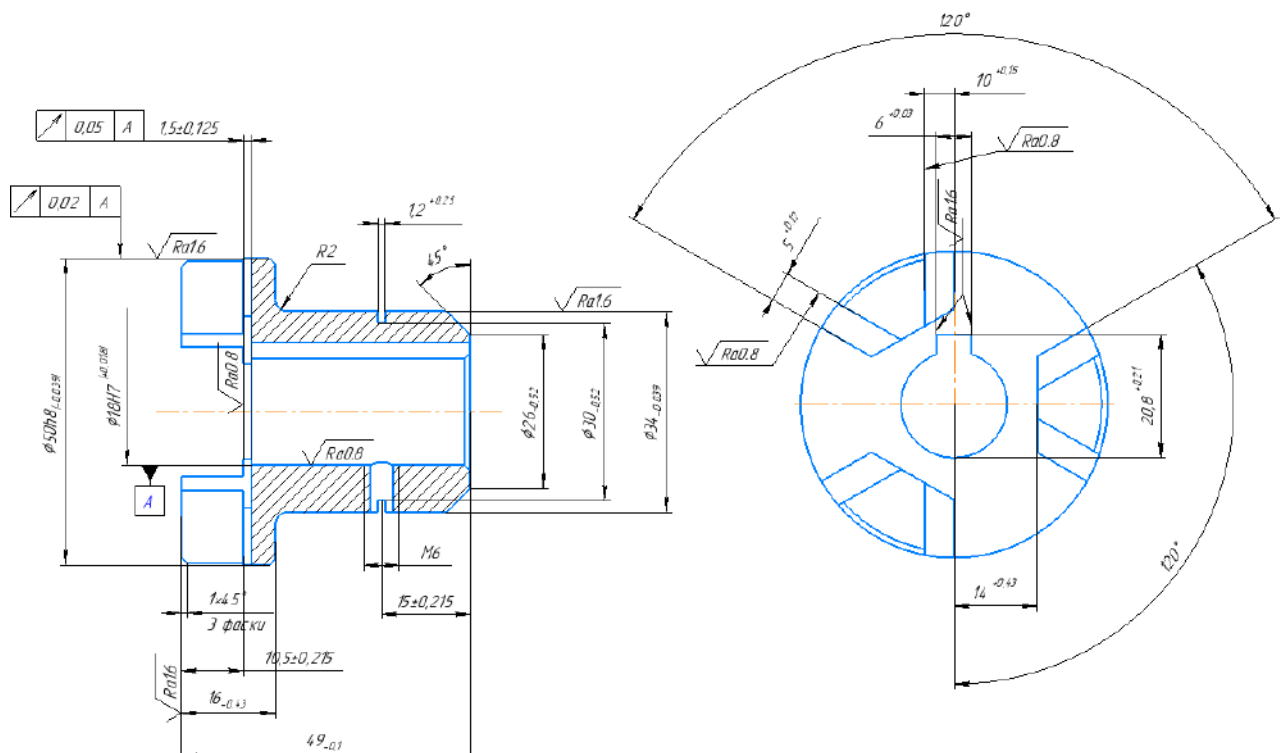


Рисунок 2.1 – Ескіз муфти

Деталь «Муфта» виконана з конструкційної сталі 45, фізичні та хімічні властивості якої наведено в таблицях 2.1, 2.2. Технічні вимоги до деталі:

твердість – 28...32 HRC, покриття – Хім. Окс.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 [1]

C	Cr	Ni	Mn	Si	Cu	S	P
0,42...0,5	<0,25	<0,3	0,5...0,8	0,17...0,37	<0,3	<0,04	<0,035

Таблиця 2.2 – Фізичні властивості сталі 45 [1]

Властивість	Значення
Щільність	7850 кг/м ³
Межа міцності при розтягуванні	600 МПа
Межа плинності	355 МПа
Відносне подовження	16 %
Ударна в'язкість	490 кДж/м ²

2.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Виходячи із маси деталі (0,24 кг) та програми випуску (5000шт) попередньо тип виробництва призначаємо як серійний [8]. Згідно нормативних документів [9] згідно порядку виконання операцій технологічного процесу (ТП), кількості партії оброблюваних деталей обираємо поточну форму організації робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей:

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

де N – річна програма випуску, $N=5000$ шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво, $\alpha=3...5$;

A – кількість робочих днів на рік, $A=250$ днів.

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{250} = 100 \text{ шт}$$

2.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Аналізуючи конструкцію деталі, її матеріал та програму випуску в якості методів отримання заготовки обираємо:

- штампуванням на кривошипному гарячештампованому пресі (КГШП);
- прокат.

Для заготовки отриманої на КГШП встановлюємо наступні параметри [10]: клас точності – Т1; група сталі – М1; ступінь складності – С1; нахили для зовнішніх поверхонь – 5°; зовнішні радіуси заокруглень – 4 мм, внутрішні радіуси заокруглень – 6 мм.

Припуски для заготовки отриманої на КГШП приймаються [11]: для розмірів до 50 мм – 1,9 мм; для розмірів 50...120 мм – 2,0 мм. Для заготовки з прокату – 2,5...3 мм.

Ескізи заготовок отриманих методом штамповки на КГШП та з прокату наведені на рис. 2.2, 2.3.

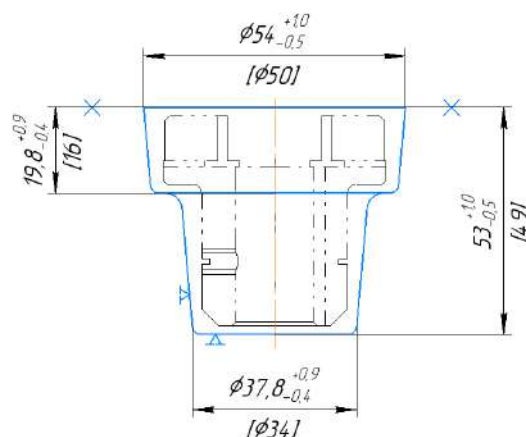


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки отриманої на КГШП

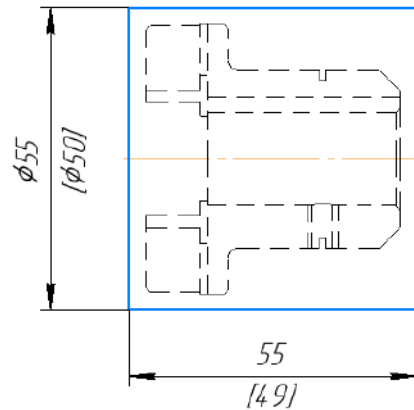


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки з прокату

Маси заготовок визначаємо за допомогою програмного забезпечення (Додаток А).

Собівартість виготовлення однієї заготовки:

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

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовки заготовок, грн. [11];

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [11];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [11];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [11];

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [11];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [11];

$B_{\text{відх}}$ – вартість 1 т стружки [11].

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 - (0,73 - 0,24) \cdot \frac{140}{1000} = 3,7 \text{ грн}$$

$$B_{\Pi} = \frac{1140}{1000} \cdot 1,02 - (1,02 - 0,24) \cdot \frac{140}{1000} = 1,05 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,24}{0,73} = 0,32$$

$$\eta_{\text{П}} = \frac{0,24}{1,02} = 0,23$$

Порівняльні показники обраних методів заготовки заносяться в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків показників економічного вибору заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	Прокат
Вага заготовки	Q	кг	0,73	1,02
Базова вартість 1 т заготовки	B_B	грн	3500	1140
Коефіцієнти	K_T		1,0	
	K_M		1,51	
	K_C		0,77	
	K_3		1,27	
	$K_{\text{П}}$		1,0	
Вартість 1 т стружки	$B_{\text{відх}}$	грн	140	140
Собівартість виготовлення заготовки	B_3	грн	3,7	1,05
Коефіцієнт використання матеріалу	η		0,32	0,23

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок [11]:

$$E_B = (B_{\text{КГШП}} - B_{\text{П}}) \cdot N, \quad (2.4)$$

де N – річна програма випуску, шт.

$$E_B = (3,7 - 1,05) \cdot 5000 = 3250 \text{ грн}$$

Заощадження на металі при виготовленні заготовки штампуванням [11]:

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

$$M_e = \frac{0,24 \cdot (0,32 - 0,23)}{0,32 \cdot 0,23} \cdot 5000 = 1467 \text{ кг}$$

$$B = \frac{3500}{1000} \cdot 1467 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 = 7583 \text{ грн}$$

Враховуючи те, що $E_B < B$ обираємо варіантом отримання заготовки штампування на ГКШП.

2.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

2.4.1 Вибір технологічних баз

На першій операції чорнового точіння в якості чорнових баз обираємо необроблені поверхні: зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 34$ та правий крайній торець (рис. 2.1). Ці поверхні забезпечують найменшу похибку встановлення при виконанні даної операції.

Для подальших токарних операцій призначаємо в якості баз обробленні попередньо поверхні: зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 50$ та $\varnothing 34$, крайні торці.

Для фрезерування виступів в якості баз призначаємо: зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 34$ та крайній торець.

Для круглошліфування в якості баз використовуємо базування на центральний отвір.

Для свердлильної операції в якості баз використовуємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 34$ та крайній торець.

При такому призначенні баз забезпечується точність обробки, тому що установочні та вимірювальні бази співпадають.

2.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Перед розробкою маршруту обробки поверхонь (МОП) проведемо нумерацію поверхонь деталі (рис. 2.4).

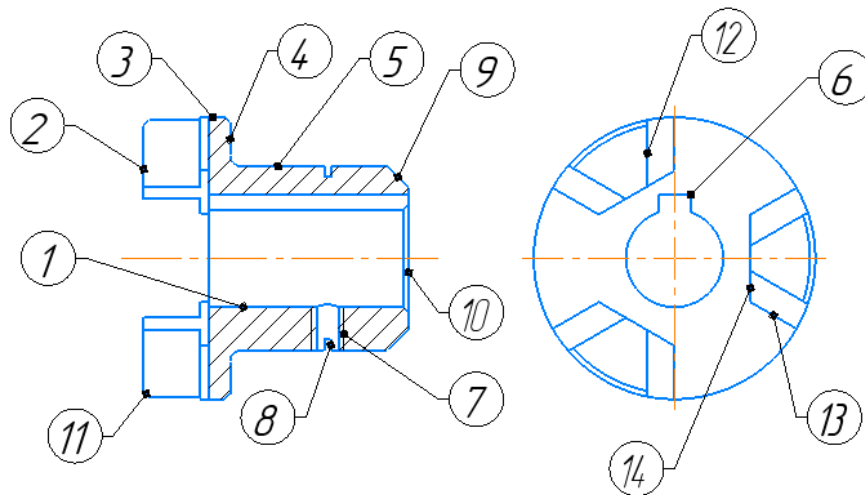


Рисунок 2.4 – Технологічна розмітка поверхонь деталі

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.

Для поверхні $\varnothing 50_{-0,039}$ уточнення дорівнюють:

$$\varepsilon_d = \frac{1,5}{0,039} = 38,5;$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{1,6} = 15,6;$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,5}{0,02} = 25;$$

Розраховуємо кількість переходів за формулою:

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

$$k = 2 \cdot \lg 38,5 = 3,05 \rightarrow 3$$

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) Для допуску – IT17 $\rightarrow$ h12 $\rightarrow$ h10 $\rightarrow$ TO $\rightarrow$ h8;

2) Для шорсткості – Ra25 $\rightarrow$ Ra6,3 $\rightarrow$ Ra3,2 $\rightarrow$ TO $\rightarrow$ Ra1,6

МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, термічна обробка (ТО), шліфування.

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=250$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [12].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1500}{250} = 6;$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 3,9.$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2}=100$ мкм; $T_{Ra2}=1,6$ мкм [12].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{250}{100} = 2,5;$$

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

Перевірка:

$$\begin{aligned}\prod \varepsilon_{di} &= 6 \cdot 2,5 = 15 < \varepsilon_d = 38,5; \\ \prod \varepsilon_{Ra} &= 3,9 \cdot 2 = 7,8 < \varepsilon_{Ra} = 15,6.\end{aligned}$$

Четвертий перехід – шліфування: $T_{D4}=39$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [12].

Уточнення:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{d4} &= \frac{100}{39} = 2,5; \\ \varepsilon_{Ra4} &= \frac{3,2}{1,6} = 2.\end{aligned}$$

Перевірка:

$$\begin{aligned}\prod \varepsilon_{di} &= 15 \cdot 2,5 = 37,5 < \varepsilon_d = 38,5; \\ \prod \varepsilon_{Ra} &= 7,8 \cdot 2 = 15,6 < \varepsilon_{Ra} = 15,6.\end{aligned}$$

Проведемо розрахунок уточнень для поверхні – $\varnothing 34_{(-0,039)}$:

$$\begin{aligned}\varepsilon_d &= \frac{1,3}{0,039} = 33,3; \\ \varepsilon_{Ra} &= \frac{25}{1,6} = 15,6; \\ \varepsilon_{\Delta} &= \frac{0,5}{0,025} = 20;\end{aligned}$$

Розраховуємо кількість переходів за формулою (2.9):

$$k = 2 \cdot \lg 33,3 = 3,05 \rightarrow 3$$

ПШТЯ:

1) Для допуску – IT17 → h12 → h10 → TO → h8;

2) Для шорсткості – Ra25 → Ra3,2 → TO → Ra1,6.

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

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=250$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [12].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1300}{250} = 5,2;$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 3,9.$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2}=100$ мкм; $T_{Ra2}=1,6$ мкм [12].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{250}{100} = 2,5;$$

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

Перевірка:

$$\Pi \varepsilon_{di} = 5,2 \cdot 2,5 = 13 < \varepsilon_d = 33,3;$$

$$\Pi \varepsilon_{Ra} = 3,9 \cdot 2 = 7,8 < \varepsilon_{Ra} = 15,6.$$

Четвертий перехід – шліфування: $T_{D4}=39$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [12].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{100}{39} = 2,5;$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2.$$

Перевірка:

$$\Pi \varepsilon_{di} = 13 \cdot 2,5 = 32,5 < \varepsilon_d = 33,3;$$

$$\Pi \varepsilon_{Ra} = 7,8 \cdot 2 = 15,6 < \varepsilon_{Ra} = 15,6.$$

Цим же методом виконуємо розрахунок для інших поверхонь. Отримані дані заносимо до табл. 2.4.

2.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Під технологічним маршрутом виготовлення деталі (МВД) розуміється послідовність виконання технологічних операцій з визначенням змісту операцій, вибором обладнання та технологічного оснащення для їх виконання. Для деталі «Муфта» МВД має вигляд:

- 1) I етап – отримання заготовки;
 - ТО;
- 2) II етап – механічна обробка:
 - чорнова токарна обробка;
 - чистова токарна обробка;
 - свердлильна обробка;
 - фрезерна обробка;
 - протяжка;
- 3) III етап – мийка, контроль.
- 4) IV етап – ТО;
- 5) V етап – механічна обробка:
 - шліфування;
- 6) VI етап – мийка, контроль.

Маршрут виготовлення деталі наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 713003.047.

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня Ø50 _(-0,039) Ra1,6	Td	33,3	3,05	3	$\Delta IT = IT17 - h8 = 9$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow$ $Ra1,6$	1	Заготовка-штамповка	1500	25	-	-
	Ra	15,6				2	Точіння чорнове	250	6,3	6	3,9
						3	Точіння чистове	100	3,2	2,5	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування	39	1,6	2,5	2
Зовнішня циліндрична поверхня Ø34 _(-0,039) Ra1,6	Td	33,3	3,05	3	$\Delta IT = IT17 - h8 = 9$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow$ $Ra1,6$	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-
	Ra	15,6				2	Точіння чорнове	250	6,3	5,2	3,9
						3	Точіння чистове	100	3,2	2,5	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування	39	1,6	2,5	2

2.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для поверхні – $\varnothing 50_{(-0,039)}$, припуск розрахуємо розрахунково-аналітичним методом:

1) для заготовки: $Rz_1 = 160$ мкм та $h_1 = 200$ мкм [12];

Просторові відхилення заготовки:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (2.10)$$

де $\rho_{зм} = 0,5$ мм – відхилення від соосності [12];

$\rho_{кор}$ – похибка від короблення.

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (2.11)$$

де $\Delta_{кор} = 1,5$ мкм/мм кривизна поковки [6].

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 49 = 73 \text{ мкм};$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,5^2 + 0,073^2} = 0,505 \text{ мм}.$$

2) для чорнового точіння: $Rz_2 = 40$ мкм та $h_2 = 40$ мкм [12];

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

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

де $K_{ут} = 0,06$ – коефіцієнт уточнення переходів механічної обробки по [12].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 505 = 30 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення: $\varepsilon_2 = 0,45$ мм

3) для чистового точіння: $Rz_3 = 20$ мкм та $h_3 = 20$ мкм [12];

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 30 = 1,2 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = K_{\text{ут}} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (2.13)$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 450 = 18 \text{ мкм}$$

4) для ТО:

$$\rho_4 = \Delta_{\text{к}} \cdot L \quad (2.14)$$

де $\Delta_{\text{кор}} = 0,1$ мкм/мм кривизна після ТО [6].

$$\rho_4 = 0,1 \cdot 49 = 5 \text{ мкм}$$

5) для шліфування: $Rz_5 = 10$ мкм та $h_5 = 15$ мкм [12];

$$\rho_5 = 0,03 \cdot (5 + 1,2) = 0,2 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 18 = 0,5 \text{ мкм}.$$

Мінімальні припуски для переходів механічної:

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

$$2z_2^{\text{min}} = 2(160 + 200 + \sqrt{505^2 + 450^2}) = 2072 \text{ мкм};$$

$$2z_3^{\text{min}} = 2(40 + 40 + \sqrt{30^2 + 18^2}) = 230 \text{ мкм};$$

$$2z_5^{\text{min}} = 2(20 + 20 + \sqrt{6,2^2 + 0,5^2}) = 92 \text{ мкм};$$

Максимальний розмір поверхні:

$$d_5^{\text{max}} = d_5^{\text{min}} + ES_{d5} \quad (2.16)$$

$$d_5^{\text{max}} = 50 + 0 = 50 \text{ мм}$$

Максимальний розмір для механічних переходів:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (2.17)$$

$$d_3^{\max} = 50 + 0,092 + 0,1 = 50,192 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = 50,192 + 0,23 + 0,25 = 50,672 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = 50,672 + 2,072 + 1,5 = 54,244 \rightarrow 54,2 \text{ мм}.$$

Мінімальний розмір поверхні:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (2.18)$$

$$d_5^{\min} = 50 - 0,039 = 49,961 \text{ мм};$$

$$d_3^{\min} = 50,192 - 0,1 = 50,092 \text{ мм};$$

$$d_2^{\min} = 50,672 - 0,25 = 50,422 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = 54,2 - 1,5 = 52,7 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

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

$$2z_2^{\max} = 54,2 - 50,422 = 3,778 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 50,672 - 50,092 = 0,58 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = 50,192 - 49,961 = 0,231 \text{ мм};$$

Схема розташування допусків, припусків та технологічних розмірів наведено на рис. 2.5 та табл. 2.5.

Перевірка правильності розрахунків технологічних розмірів:

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

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

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max}; \quad (2.22)$$

$$2z_0^{\max} = 54,2 - 49,961 = 4,239 \text{ мм};$$

$$2z_0^{\min} = 52,7 - 50 = 2,7 \text{ мм};$$

$$TD_0 = 1,5 + 0,039 = 1,539 \text{ мм};$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 4,239 - 2,7 = 1,539 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 53,2^{+1}_{-0,5}$ мм.

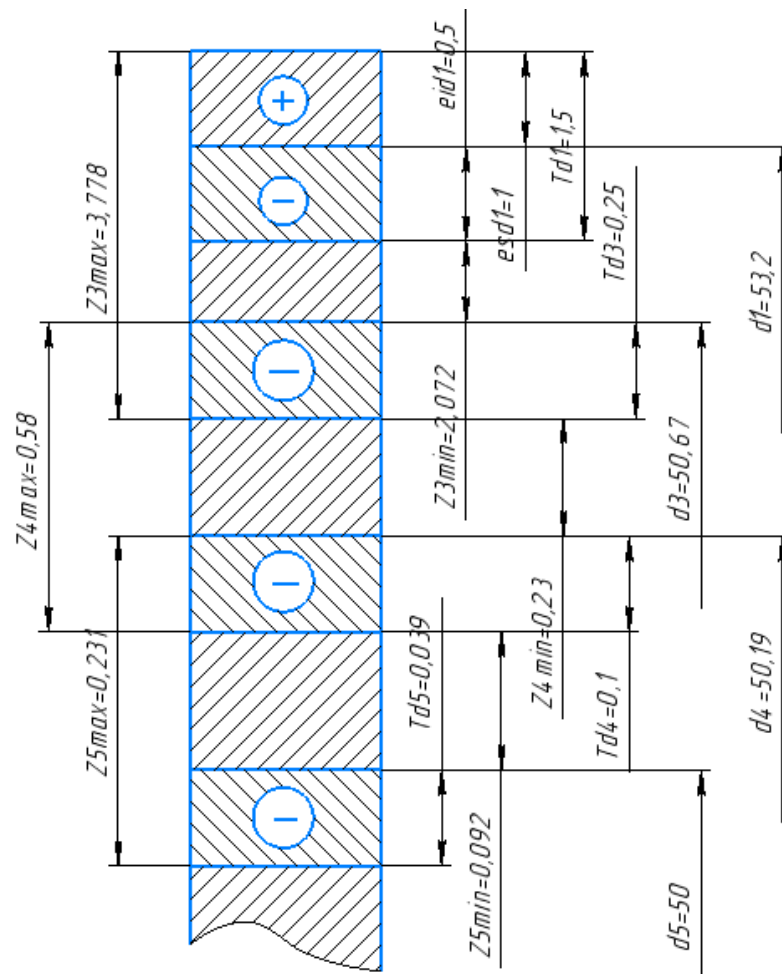


Рисунок 2.5 – Схема розташування припусків та технологічних розмірів

Для поверхонь $\varnothing 34_{-0,039}$, $5^{(+0,12)}$, $49_{(-0,1)}$ припуски призначаємо табличним методом. Згідно цього методу припуски на всі переходи призначаються по таблицям довідкової літератури [10].

Для поверхні $\varnothing 34_{-0,039}$:

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

Для поверхні 49_(-0,1) :

- 1) Чорнове точіння: $2Z^{min} = 3$ мм;
- 2) Чистове точіння: $2Z^{min} = 1$ мм;
- 3) Шліфування: $2Z^{min}=0,2$ мм.

Для поверхні 5^(+0,12) :

- 1) Фрезерування: $2Z^{min} = 3$ мм;
- 2) Шліфування: $2Z^{min}=0,2$ мм.

Таблиця 2.5 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск мм	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір
	IT	Метод обробки		d_i^{max} , мм	d_i^{min} , мм	$2z_i^{max}$	$2z_i^{min}$	
Ø34 _(-0,039) Ra1,6 ↑=0,025	17	Заготовка	1,3	40,7	39,4	-	-	Ø39,8 ^{+0,9} _{-0,4} Ø 36,25 _{-0,25} Ø 34,6 _{-0,1} - Ø34 _{-0,039}
	-	Точін. чорн.	0,25	36,25	36	4750	3200	
	12	Точін. чист.	0,1	34,6	34,5	1750	1400	
	10	ТО	-	-	-	-	-	
	8	Шліфування	0,039	34	33,961	639	500	
	6,789-5,45=1,3+0,039			1,339=1,339		6,789	5,45	
Ø50 _(-0,039) Ra1,6 ↑=0,02	17	Заготовка	1,5	54,2	52,7	-	-	Ø53,2 ⁺¹ _{-0,5} Ø 50,67 _{-0,25} Ø 50,19 _{-0,1} - Ø50 _{-0,039}
	-	Точін. чорн.	0,25	50,672	50,422	3778	2072	
	12	Точін. чист.	0,1	50,192	50,092	580	230	
	10	ТО	-	-	-	-	-	
	8	Шліфування	0,039	50	49,961	231	92	
	4,239-2,7=1,5+0,039			1,539=1,539		4,239	2,7	
5 ^(+0,12) Ra0,8 ↑=0,025	17	Заготовка	-	-	-	-	-	— 4,8 ^{+0,3} - 5 ^{+0,12}
	14	Фрезеруван.	0,3	5,1	4,8	3300	3000	
	-	ТО	-	-	-	-	-	
	12	Шліфування	0,12	5,12	5	320	200	
49 _(-0,1) Ra1,6 ↑=0,025	17	Заготовка	1,5	55,6	54,1	-	-	54,6 ⁺¹ _{-0,5} 51,07 _{-0,62} 49,45 _{-0,25} - 49 _{-0,1}
	14	Точін. чорн.	0,62	51,07	50,45	5120	3000	
	12	Точін. чист.	0,25	49,45	49,2	1870	1000	
	-	ТО	-	-	-	-	-	
	10	Шліфування	0,1	49	48,9	550	200	
	6,67-5,07=1,5+0,1 1,6=1,6					6,67	5,07	

Операція складається із наступних переходів:

- Чистового точіння зовні;
- Точіння канавки.

Інструмент:

1) різець підрізний $\varphi=95^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8$ мм, 25x16x140, ВК6 ГОСТ 18880-73 [13];

2) різець канавочний спеціальний ВК4;

Виконаємо розрахунок першого переходу – зовнішнього чистового точіння.

Загальна глибина різання:

$$h = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{дет}}}{2}, \quad (2.21)$$

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

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

$$h = \frac{36,25 - 34,6}{2} = 0,8 \text{ мм}$$

Глибина різання для одного проходу:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (2.22)$$

де i – кількість проходів.

$$t = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (2.23)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,48$ мм/об [14];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{Sp} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Sm} \cdot K_{S\ell} \cdot K_{S\varepsilon} \quad (2.24)$$

де K_{Sp} – коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення ріжучої пластини,

$$K_{Sp} = 1,0 \text{ [14];}$$

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує діаметр до обробки і після, $K_{Sd} = 0,62 \text{ [14];}$

K_{Si} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Si} = 0,8 \text{ [14];}$

K_{Sn} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні деталі, $K_{Sn} = 1,0 \text{ [14];}$

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,
 $K_{Sm} = 0,8 \text{ [14];}$

$K_{S\ell}$ – коефіцієнт, що враховує відношення вильоту різця до його довжини, $K_{S\ell} = 0,74 \text{ [14];}$

$K_{S\varepsilon}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{S\varepsilon} = 1,0 \text{ [14].}$

$$K_S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,74 \cdot 1,0 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,29$$

$$S_0 = 0,48 \cdot 0,29 = 0,12 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (2.25)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 241 \text{ м/хв [14];}$

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{Vm} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VT} \cdot K_{VHB} \cdot K_{V\varepsilon} \cdot K_{Vж} \quad (2.26)$$

де K_{Vm} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{Vm} = 0,85 \text{ [14];}$

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Vi} = 0,8 \text{ [14];}$

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{Vj} = 1,0 \text{ [14];}$

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{Vo} = 0,9 \text{ [14];}$

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента,
 $K_{VT} = 0,7 \text{ [14];}$

K_{VHB} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,
 $K_{VHB} = 1,0 \text{ [14];}$

$K_{V\varepsilon}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\varepsilon} = 1,0$ [14];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 1,0$ [14].

$$K_V = 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,43$$

$$V = 241 \cdot 0,43 = 103 \text{ м/хв}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (2.27)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 103}{3,14 \cdot 52} = 630 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 650$ об/хв.

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

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (2.28)$$

$$V_d = \frac{650 \cdot 3,14 \cdot 52}{1000} = 106 \text{ м/хв}$$

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

$$L_{рх} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (2.29)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання [14];

$l_{пер}$ – перебігу [14].

$$L_{рх} = 2 + 4 + 5,7 + 29 + 9 + 1,4 + 2 = 53,1 \text{ мм}$$

Режими різання на наступного переходу розраховуються аналогічно. Результати розрахунків режимів різання за переходами наведено в таблиці 1.6.

Основний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.30)$$

$$t_{o1} = \frac{53,1}{0,1 \cdot 650} \cdot 2 = 1,6 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{2+2,3}{0,05 \cdot 650} \cdot 1 = 0,13 \text{ хв}$$

$$\Sigma T_o = 1,6 + 0,13 = 1,73 \text{ хв}$$

2.6.2 Операція 075 – шліфувальна

Шліфування виконуємо на круглошліфувальний верстат 3А130.
Операційний ескіз зображено на рис. 2.7.

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 280мм;
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 700 мм;
- 3) частота обертання круга – 2110 об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя (безступінчаста) – 50...400 об/хв;
- 5) подача шліфувального круга – 0,0025...0,01 мм/об
- 6) потужність – 4 кВт.

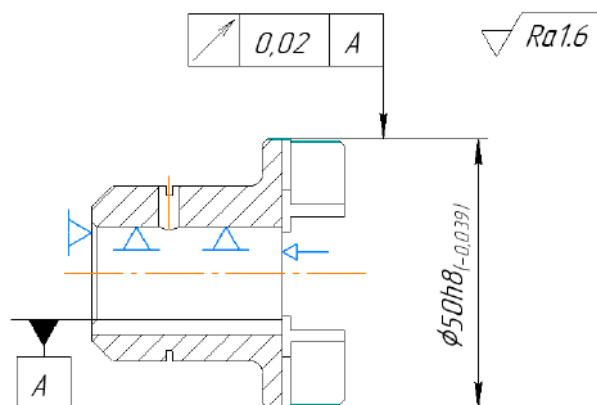


Рисунок 2.7 – Операційний ескіз

Інструмент: шліфувальний круг 1 350x20x127 15А 40Н СТ1 6 К8 А 45м/с
ГОСТ 2424-83.

Пристосування: центри, хомутик повідковий.

Припуск на обробку $z=0,231/2=0,115$ мм (табл. 2.4).

Подача радіальна розраховуємо по формулі (2.23), (2.24):

де S_T – табличне значення подачі $S_T=0,008$ мм/об [14];

K_D – коефіцієнт враховуючий діаметр круга $K_D=0,42$ [14];

K_R – поправочний коефіцієнт враховуючий радіус галтелі $K_R=0,85$ [14];

K_T – поправочний коефіцієнт враховуючий стійкість круга $K_T=1,0$ [14];

K_h – поправочний коефіцієнт враховуючий припуск на обробку $K_h=1,0$ [14];

K_{IT} – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру $K_{IT}=0,5$ [14];

K_M – поправочний коефіцієнт враховуючий матеріал деталі $K_M=1,0$ [14].

$$S_{\text{поп}} = 0,008 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0014 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\text{рад}}=0,0025$ мм/об.

Табличне значення швидкості різання:

- для круга – $V_{\text{ш.кр.}}=45$ м/с [15];
- для деталі – $V_{\text{ш.дет.}}=50$ м/хв [15].

Частоту обертання розраховуємо за формулою:

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.кр.}} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (2.31)$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot V_{\text{ш.дет.}}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (2.32)$$

$$n_{\text{ш.кр.}}^p = \frac{1000 \cdot 45 \cdot 60}{3,14 \cdot 350} = 2456 \text{ об/хв};$$

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 50} = 318,4 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо за паспортом верстату: $n_{\text{ш.кр.}}=2110$ об/хв, $n_{\text{дет.}}=300$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (2.28):

$$V_{\text{ш.кр.}} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 2110}{1000 \cdot 60} = 38 \text{ м/с};$$

$$V_{\text{дет.}} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 300}{1000} = 47 \text{ м/с.}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{z \cdot k}{n_{\text{дет}} \cdot S_{\text{поп}}}, \text{ хв} \quad (2.33)$$

де $k=1,7$ – коефіцієнт уточнення.

z – припуск під шліфування, мм.

$$T_o = \frac{0,115 \cdot 1,7}{300 \cdot 0,0025} = 0,52 \text{ хв.}$$

2.6.3 Операція 040 – фрезерна з ЧПК

Для фрезерування трьох виступів призначаємо вертикально-фрезерний верстат з ЧПК DOOSAN T4000. Операційний ескіз операції наведений на рис.

2.8. Технічна характеристика верстата:

1) найбільше переміщення столу:

- повздовжнє – 520 мм;
- поперечне – 400 мм;
- вертикальне – 350 мм;

2) ємність магазину – 21;

3) діапазон частот обертання шпинделя, об/хв – 50...12000;

4) розмір столу, мм – 650x400

5) повздовжня та поперечна подача столу, мм/хв – 50...48000;

6) потужність двигуна – 3,7 кВт;

Інструмент: кінцева фреза $D=10$ мм, $z=4$, Р6М5 ГОСТ 17025-71 [12].

Подачу обираємо за довідковою літературою [12]:

- повздовжня – $Sz^{\text{табл}}=0,022$ мм/зуб;

Глибина різання: $t=2$ мм.

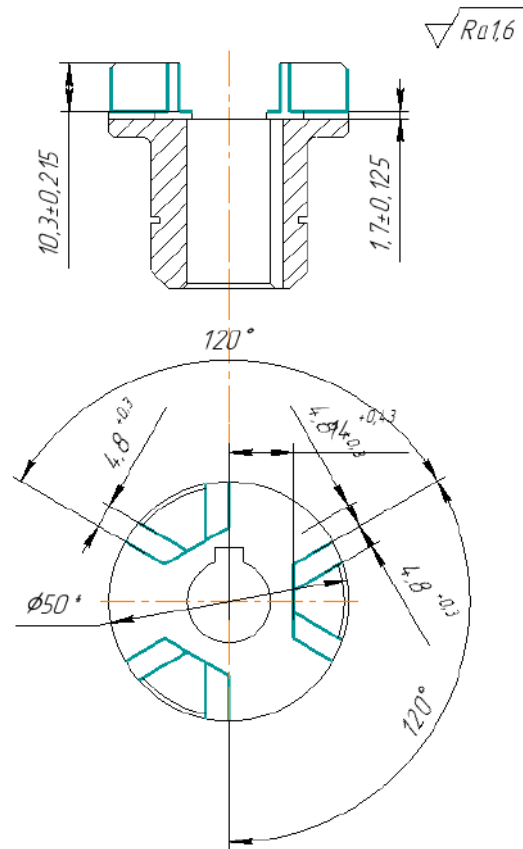


Рисунок 2.8 – Операційний ескіз

Розраховуємо швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D_\phi^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_{zy} \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_{VM} \cdot K_{VII} \cdot K_{V\Pi}, \text{ м/хв} \quad (2.34)$$

де C_v, q, x, y, u, p, t – показники ступеня [12];

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [12];

$K_{VII}=1$ – коефіцієнт, враховуючий властивості матеріалу ріжучої частини інструмента [12];

$K_{V\Pi}=1$ – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки [12];

$T=80$ хв – період стійкості інструменту;

D_ϕ – діаметр фрези.

$$K_{VM} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{650} \right)^{0.9} = 1.13 \quad (2.35)$$

$$V_p = \frac{12 \cdot 10^{0.3}}{120^{0.26} \cdot 2^{0.3} \cdot 0.022^{0.25} \cdot 5^0 \cdot 4^0} \cdot 1.13 \cdot 1 \cdot 1 = 16.7 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (2.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 16.7}{3.14 \cdot 10} = 531.8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 500 \text{ об/хв}$.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (2.28):

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 10 \cdot 500}{1000} = 15.7 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу інструменту за формулою:

$$S_m = S_z \cdot n \cdot z \quad (2.34)$$

$$S_{m \text{ повз}} = 0.022 \cdot 500 \cdot 4 = 44 \text{ мм/хв}$$

Обираємо за паспортом верстата $S_{m \text{ повз}} = 50 \text{ мм/хв}$.

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_{\text{повз}}} i, \text{ хв} \quad (2.35)$$

де l – довжина фрезерування, мм;

i – кількість проходів;

l_1 – величина врізання, мм.

l_2 – величина перебігу, мм.

$$l_1 = 0,5 \cdot D_\phi \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot t}{D_\phi} \right) \right), \text{ мм} \quad (2.36)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 10 \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 2}{10} \right) \right) = 4 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{50+4+2}{50} \cdot 42 = 47 \text{ хв.}$$

2.6.4 Операція 045 – свердлильна з ЧПК

Для свердління отвору під різьбу М6 обираємо вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2. Операційний ескіз зображено на рис.

2.9. Технічні характеристики верстата:

- 1) Найбільший умовний діаметр свердління – 35 мм;
- 2) Найбільше переміщення столу:
 - повздовжнє – 630 мм;
 - поперечне – 360 мм;
 - вертикальне – 560 мм;
- 3) Конус в отворі шпинделя – 5;
- 4) Число швидкостей шпинделя – 12;
- 5) Частота обертання шпинделя – 45..2000 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.

Інструмент: свердло спіральне діаметром 5 мм з Р6М5 за ГОСТ 10902-

77.

Пристосування: кондуктор

K_{vo} – коефіцієнт що враховує вплив ЗОТС, $K_{vo}=1,0$ [15].

$$K_p = 1 \cdot 0.91 \cdot 0.9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,82$$

$$V_p = 83 \cdot 0,82 = 67.9 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання розраховуємо за формулою (2.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 67,9}{3,14 \cdot 5} = 4324,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстату: $n=2000$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (2.28):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 2000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв;}$$

Визначаємо основний час за формулою:

$$t_o = \frac{l+l_1+l_2}{S_n} \quad (2.37)$$

де l – довжина свердління, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

l_2 – довжина перебігу, мм.

$$l_1 = \frac{D_{cb}}{2 \operatorname{tg} 120/2}, \text{ мм} \quad (2.38)$$

$$l_1 = \frac{5}{2 \operatorname{tg} 120/2} = 1,5 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{1,5+8+2}{2000 \cdot 0,1} = 0,06 \text{ хв.}$$

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

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

Номер та назва операції	Номер	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кіль- кість прохо- дів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
015 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,2	125	710
	02	5	1	0,2	35	300
020 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,2	120	710
025 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,1	115	710
	02	1	2	0,1	110	1500
030 Токарна з ЧПК	01	0,4	2	0,1	106	650
	02	1,2	1	0,05	69	650
035 Протяжна	01	2,8	1	5 мм/хв	5	-
040 Фрезерна з ЧПК	01	2	42	50 мм/хв	15,6	500
045 Свердлильна з ЧПК	01	2,5	2	0,1	19,6	1250
070 Координатно-шліфувальна	01	0,1	30	0,005	40	12000
075 Круглошліфувальна	01	0,115	1	0,0025	38/47	2110/300
080 Круглошліфувальна	01	0,2	1	0,0025	38/40	2110/400
090 Плоскошліфувальна	01	0,2	1	10 мм/хв	35	2740
095 Плоскошліфувальна	01	0,2	3	1045 мм/хв	35	2740

2.7 Технічне нормування операцій

2.7.1 Технічне нормування операції 030

Допоміжний час на операцію:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{пр.рух.}} + t_{\text{контр}}, \quad (2.39)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі [16];

$t_{\text{уп}}$ – час на управління верстатом [16];

$t_{\text{пр.рух.}}$ – час пришвидшених рухів [16];

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

$$t_{\text{доп}} = 0,5 + 0,1 + 0,3 + 0,3 = 1,2 \text{ хв}$$

Оперативний час:

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

$$t_{оп} = 1,73 + 1,2 = 2,93 \text{ хв}$$

Додатковий час:

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

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [16].

$$t_{дод} = 2,93 \cdot 0,1 = 0,29 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі:

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

$$t_{шт} = 2,93 + 0,29 = 3,22 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3} \quad (2.43)$$

де $t_{пз1}$ – час, що включає наладку верстату, інструменту, пристосування [16];

$t_{пз2}$ – час на отримання інструменту, пристосування [16].

$$t_{пз} = 10 + 5 = 15 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час:

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

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

$$t_{шт-к} = 3,22 + \frac{15}{100} = 3,37 \text{ хв}$$

2.7.2 Технічне нормування операції 075

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (2.39):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі $t_{\text{вст}} = 0,2$ хв [16];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь $t_{\text{мд}} = 0,5$ хв [16];

$t_{\text{контр}}$ – час на вимірювання $t_{\text{контр}} = 0,1$ хв [16].

$$t_{\text{доп}} = 0,2 + 0,5 + 0,1 = 0,8 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (2.40):

$$t_{\text{оп}} = 0,52 + 0,8 = 1,32 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (2.41):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [16].

$$t_{\text{дод}} = 1,32 \cdot 0,1 = 0,13 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{шт}} = 1,32 + 0,13 = 1,45 \text{ хв}$$

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 $t_{\text{пз1}} = 10$ хв [16];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, $t_{\text{пз2}} = 12$ хв [16].

$$t_{пз} = 10 + 12 = 22 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (2.44):

$$t_{шт-к} = 1,45 + \frac{22}{100} = 1,67 \text{ хв}$$

2.7.3 Технічне нормування операції 040

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (2.39):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,35 \text{ хв}$ [16];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,6 \text{ хв}$ [16];

$t_{контр}$ – час на вимірювання, $t_{контр} = 0,15 \text{ хв}$ [16].

$$t_{доп} = 0,35 + 0,6 + 0,15 = 1,1 \text{ хв.}$$

Оперативний час розраховується за формулою (2.40):

$$t_{оп} = 47 + 1,1 = 48,1 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (2.41):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [16].

$$t_{дод} = 48,1 \cdot 0,1 = 4,81 \text{ хв}$$

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

$$t_{шт} = 48,1 + 4,81 = 52,91 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний 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, $t_{пз1} = 13 \text{ хв}$ [16];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, $t_{пз2} = 14 \text{ хв}$ [16].

$$t_{пз} = 15 + 10 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (2.44):

$$t_{шт-к} = 52,91 + \frac{25}{100} = 53,16 \text{ хв}$$

2.7.4 Технічне нормування операції 045

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (2.39):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,2 \text{ хв}$ [16];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,5 \text{ хв}$ [16];

$t_{контр}$ – час на вимірювання, $t_{контр} = 0,12 \text{ хв}$ [16].

$$t_{доп} = 0,2 + 0,5 + 0,15 = 0,85 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (2.40):

$$t_{оп} = 0,06 + 0,85 = 0,91 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (2.41):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [16].

$$t_{\text{дод}} = 0,91 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{шт}} = 0,91 + 0,09 = 1,0 \text{ хв}$$

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, $t_{\text{пз1}} = 15 \text{ хв}$ [16];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, $t_{\text{пз2}} = 13 \text{ хв}$ [16].

$$t_{\text{пз}} = 15 + 13 = 28 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (2.44):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,0 + \frac{28}{100} = 1,28 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для решти операцій наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_o , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{шт-к}}$, хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	3,5	1,2	0,47	5,17	15	5,32
020 Токарна з ЧПК	4,6	1,2	0,58	6,38	15	6,53
025 Токарна з ЧПК	8,2	1,2	0,94	10,34	15	10,49
030 Токарна з ЧПК	1,73	1,2	0,29	3,22	15	3,37
035 Протяжна	1,5	0,65	0,22	2,37	27	2,64
040 Фрезерна з ЧПК	47	1,1	4,81	52,91	25	53,16
045 Свердлильна з ЧПК	0,06	0,85	0,09	1,00	28	1,28
070 Координатно-шліфувальна	0,8	1,3	0,21	2,31	19	2,50

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7
075 Круглошліфувальна	0,52	0,8	0,13	1,45	22	1,67
080 Круглошліфувальна	0,45	0,8	0,13	1,38	22	1,60
090 Плоскошліфувальна	0,6	1,05	0,17	1,82	20	2,02
095 Плоскошліфувальна	4,6	1,05	0,57	6,22	20	6,42

2.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

2.8.1 Операція 030 – токарна з ЧПК

Для токарної операція 030 керуючу програму (КП) розробимо за допомогою програми Siemens.NX. Для цього розробимо 3D моделі деталі та заготовки (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – 3D модель деталі після обробки (а) та до обробки (б)

В програмі визначаємо робочу геометрію WORKPIECE (рис. 2.11).

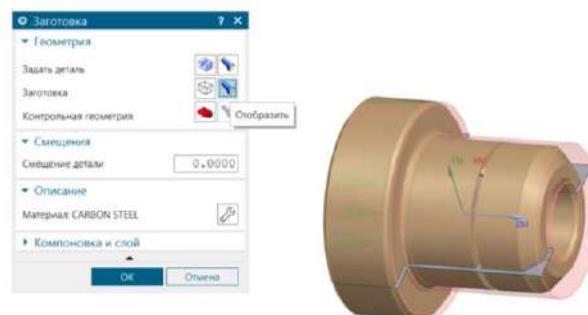


Рисунок 2.11 – Робоча геометрія

Генеруємо токарний переріз (рис. 2.12).

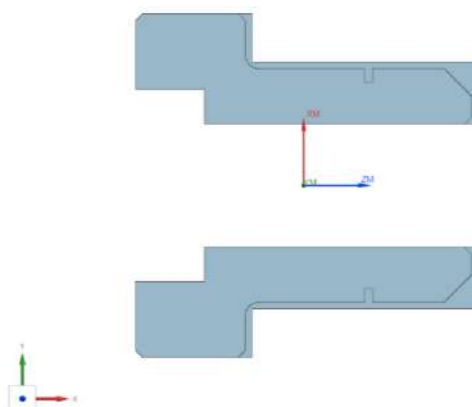


Рисунок 2.12 – Токарний переріз

Задаємо інструмент (рис. 2.13).

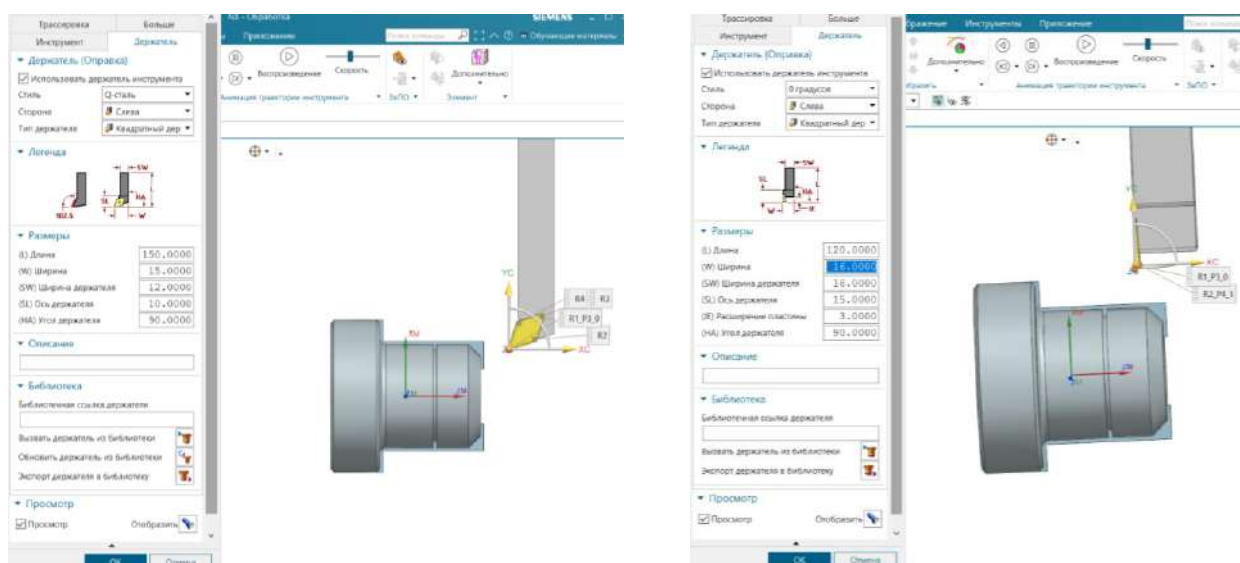


Рисунок 2.13 – Визначення інструменту

Створюємо перший перехід – точіння зовні та другий перехід – точіння канавок. Траєкторія приведена на рис. 2.14, візуалізація обробки наведено на рис. 2.15.

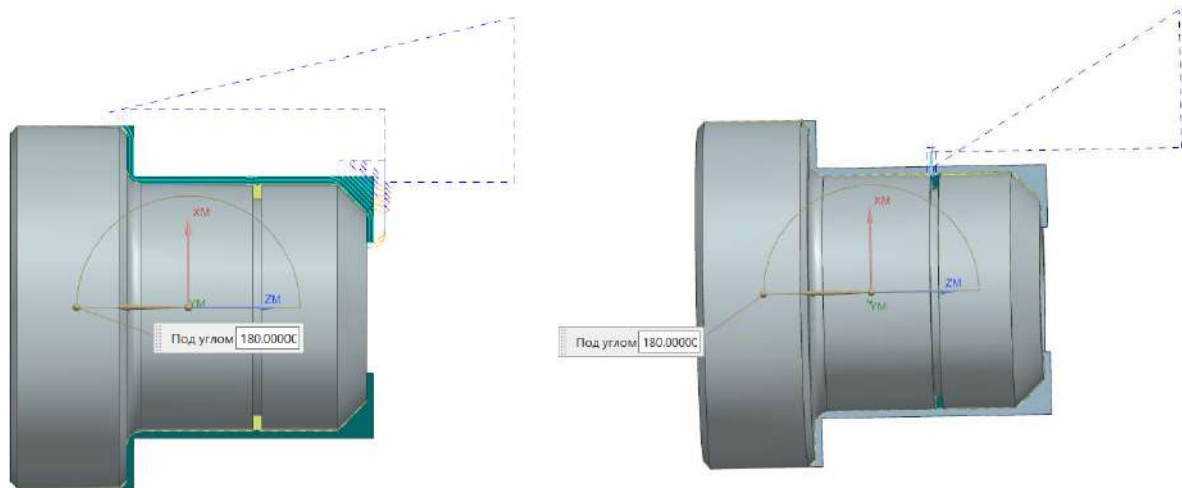


Рисунок 2.14 – Траєкторія обробки

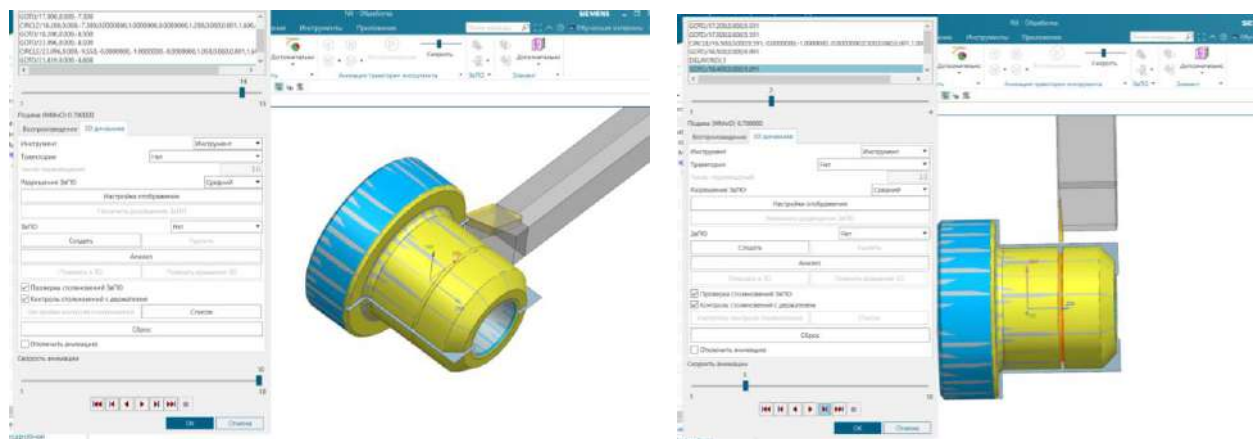
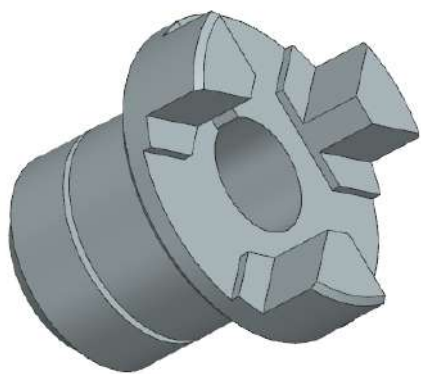


Рисунок 2.15 – Візуалізація обробки

Послідовність розробки КП токарної операції в модулі Siemens.NX наведено в графічній частині дипломного проекту.

2.8.2 Операція 040 – фрезерна з ЧПК

Для фрезерної операції №040 КП розробимо за допомогою програми Siemens.NX. 3D моделі деталі та заготовки показано на рис. 2.16.



а



б

Рисунок 2.16 – 3D модель деталі після обробки (а) та до обробки (б)

Створюємо робочу геометрію, контрольну геометрію (рис. 2.17).

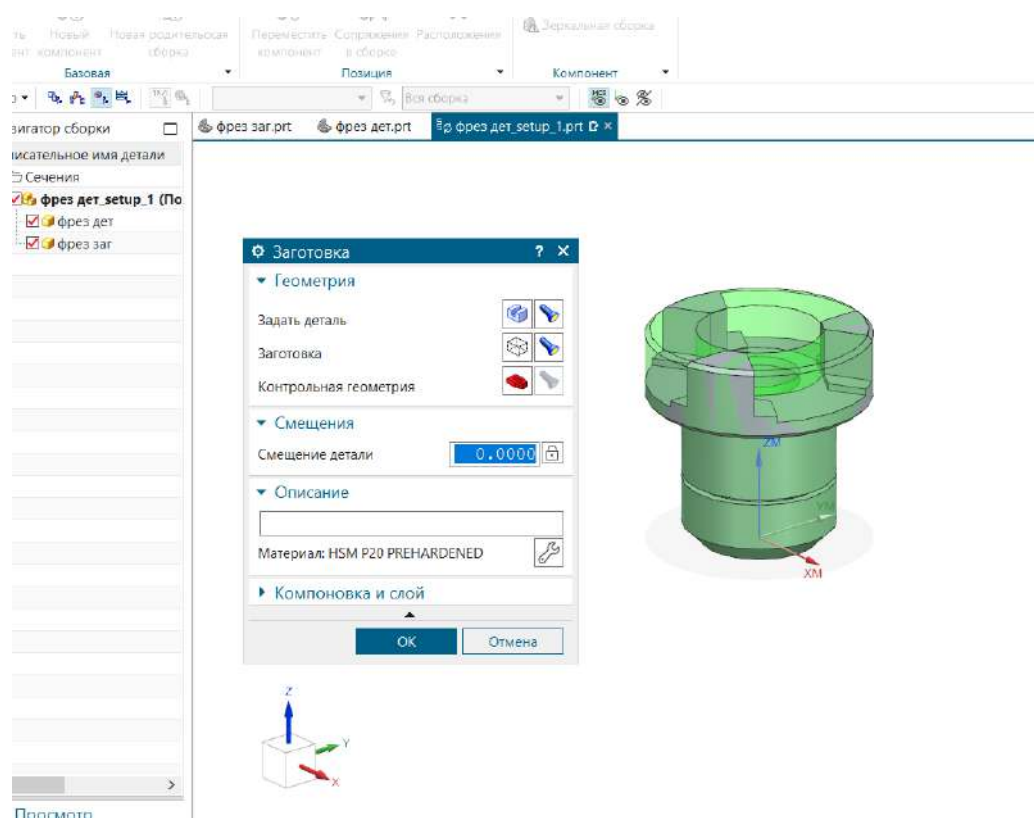


Рисунок 2.17 – Визначення робочої геометрії

Розроблюємо перший перехід – фрезерування шпонкового пазу (рис. 2.18). Візуалізація обробки показано на рис. 2.19.

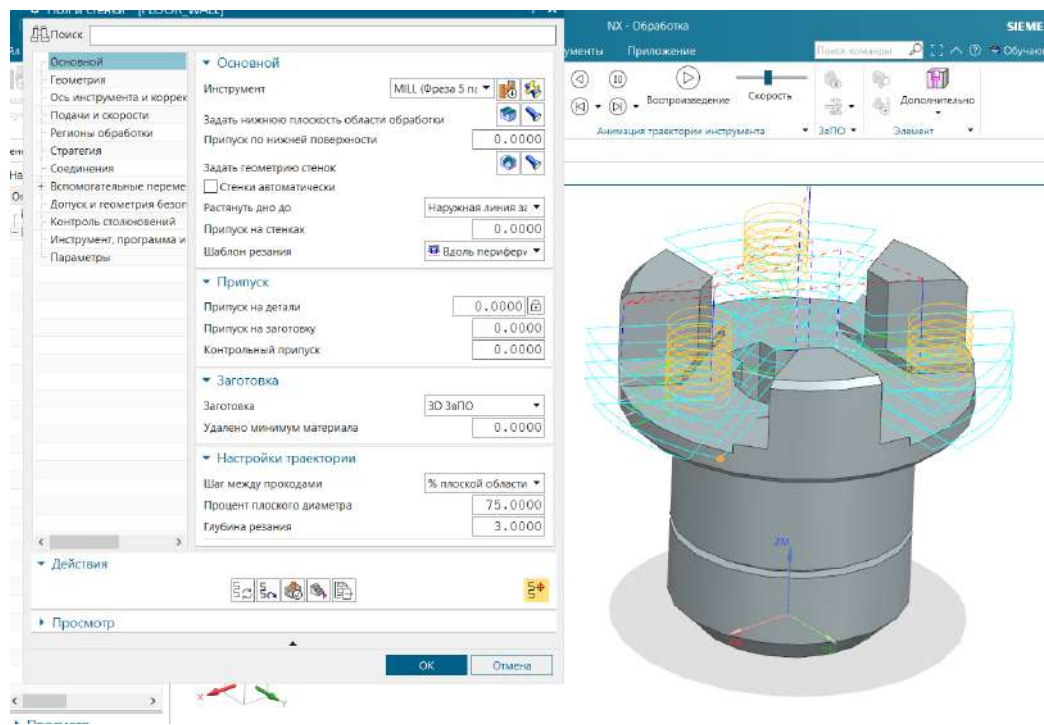


Рисунок 2.18 – Траєкторія обробки

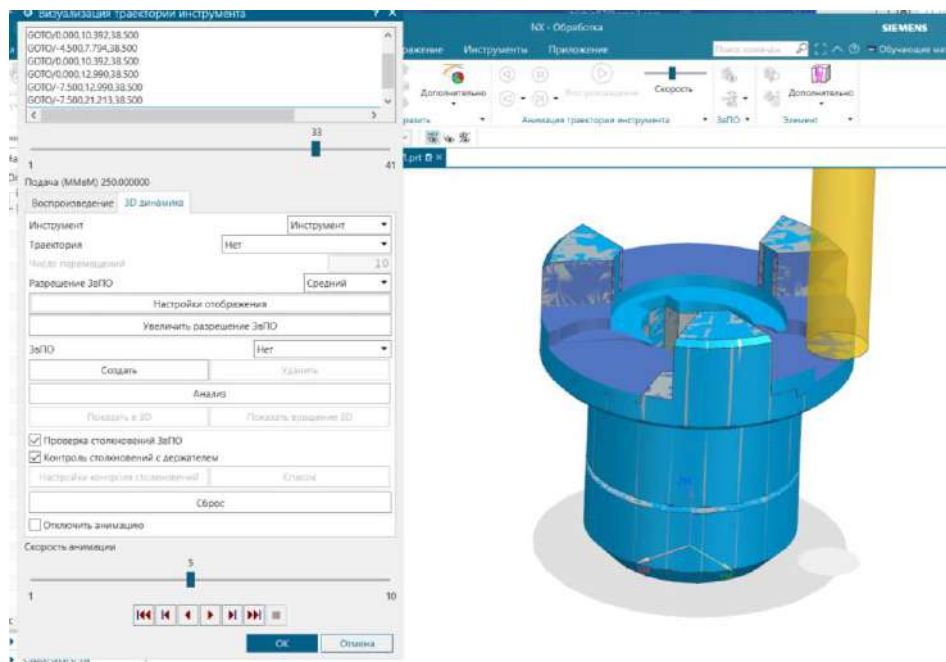


Рисунок 2.19 – Схема обработки

Послідовність розробки КП фрезерної операції в модулі Siemens.NX наведено в графічній частині дипломного проекту.

2.8.3 Операція 045 – свердлильна з ЧПК

Для свердлильної операції №045 КП розробимо за допомогою програми Siemens.NX. 3D модель деталі та заготовки приведено на рис. 2.20.

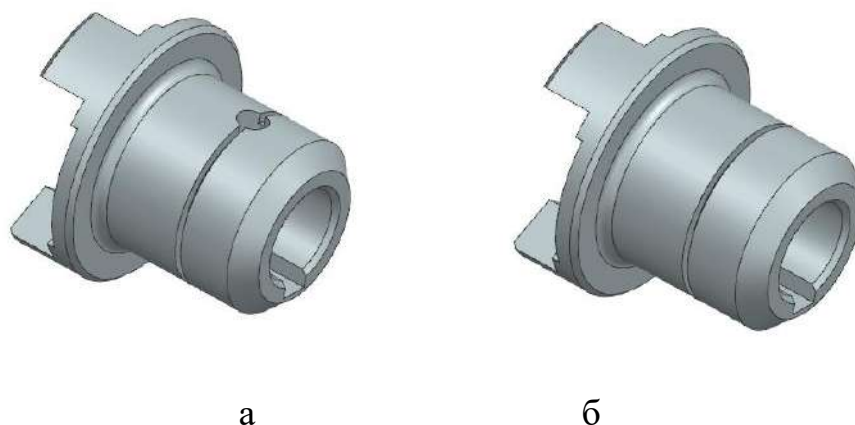


Рисунок 2.20 – 3D модель деталі після обробки (а) та до обробки (б)

Визначаємо робочу геометрію, контрольну геометрію (рис. 2.27).

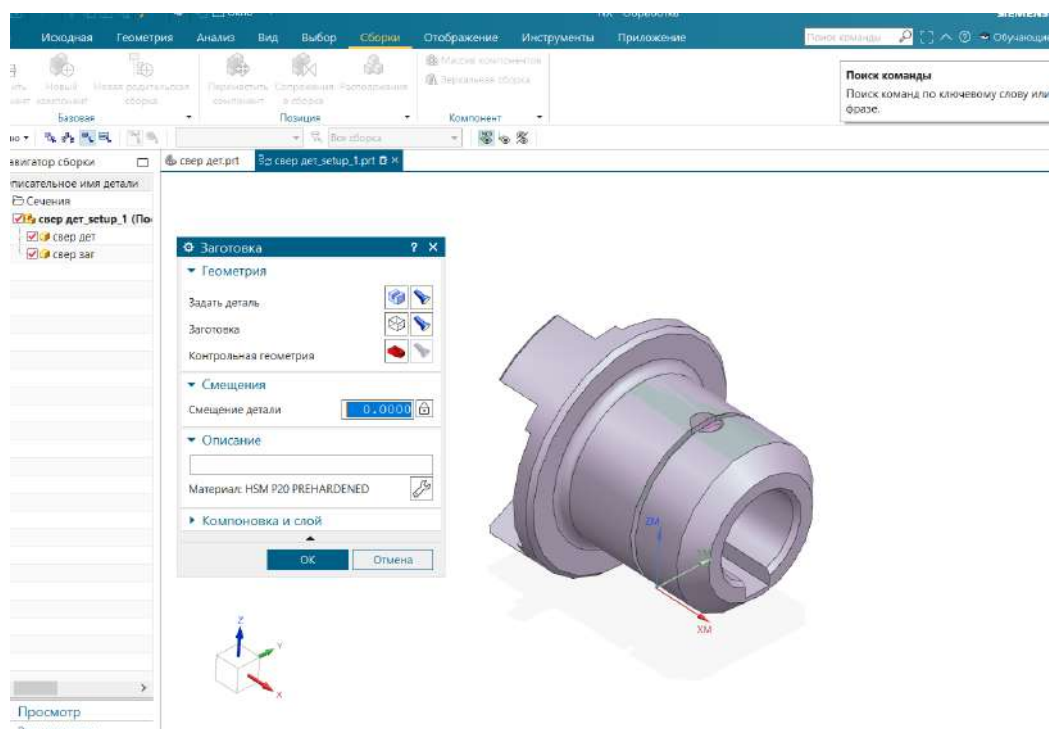


Рисунок 2.21 – Визначення робочої геометрії

Розроблюємо перший перехід – свердління отвору (рис. 2.22), візуалізація обробки наведено на рис. 2.23.

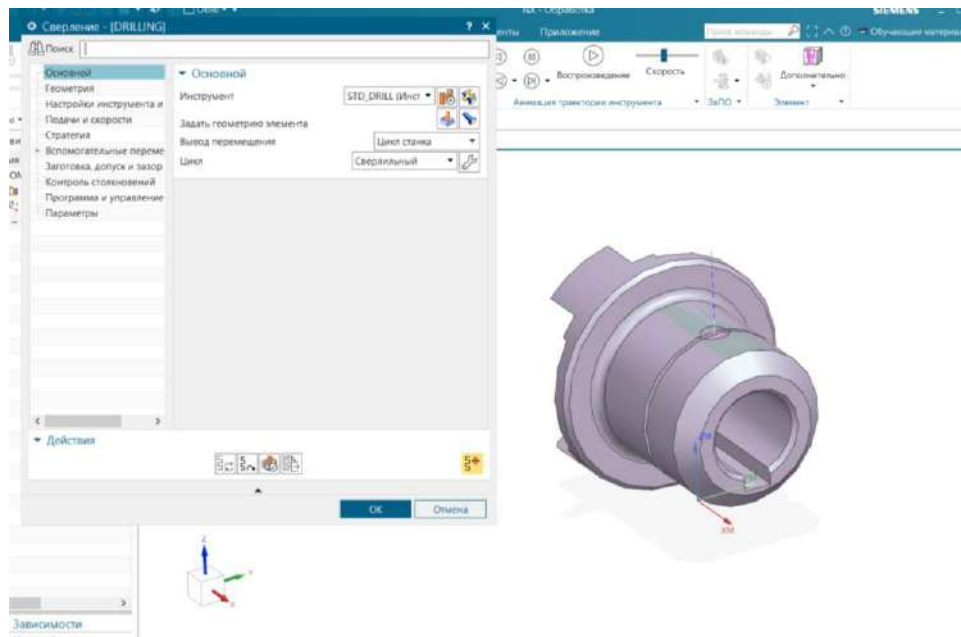


Рисунок 2.22 – Траектория обробки

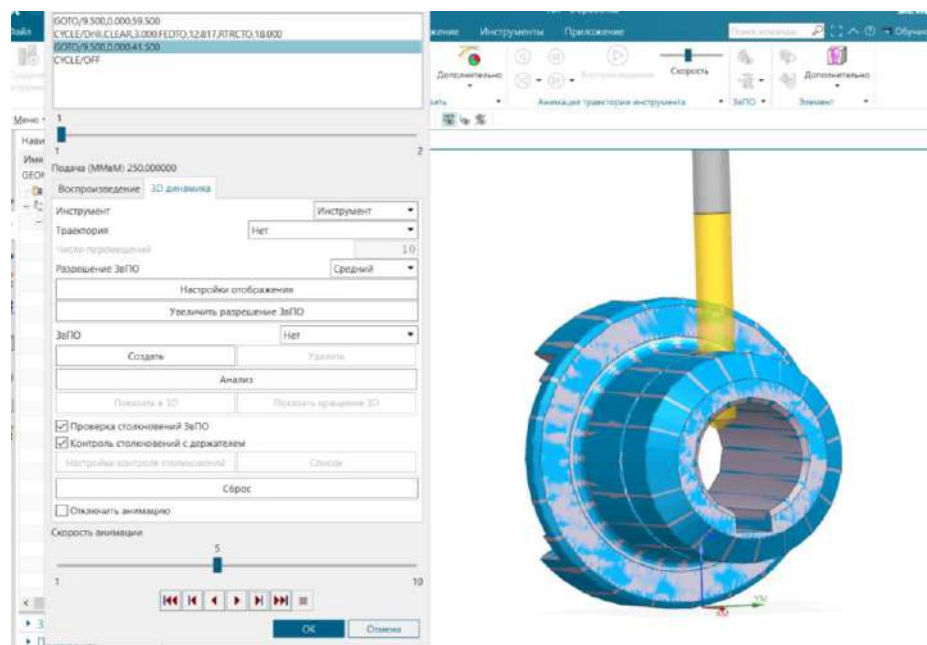


Рисунок 2.23 – Схема обробки

Послідовність розробки КП свердлильної операції в модулі Siemens.NX наведено в графічній частині дипломного проекту.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування робочого пристосування

3.1.1 Конструкція та принцип роботи пристосування

Спроековано пристосування (рис. 3.1), яке призначено для базування та фіксації деталі під час свердління отвору.

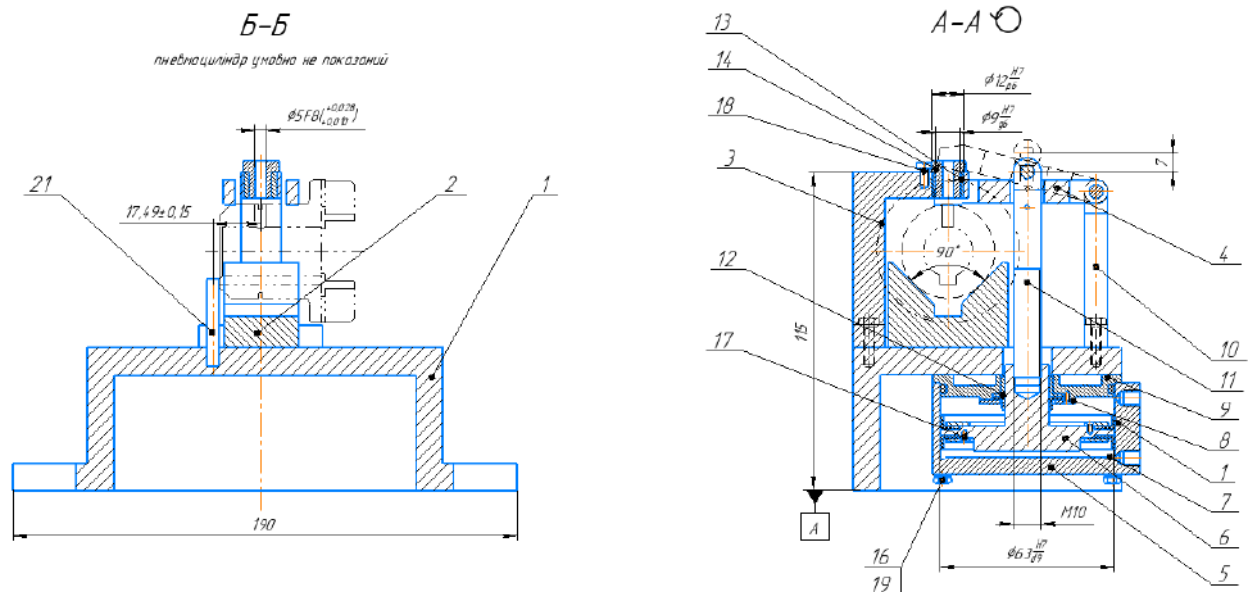


Рисунок 3.1 – Робоче пристосування

Пристосування складається з корпусу 1, на якому встановлена призма 2. В пристосуванні змонтований пневмоциліндр для створення сили закріплення деталі. Також на пристосуванні мається штифт 21 для осьового базування деталі під час обробки. Після встановлення деталі на призму 2 в запоршневую область пневмоциліндру подається повітря під тиском. Шток 11 рухається вниз та тягне важіль 4, який притискає деталь. Після обробки тиск повітря подають в поршневу область пневмоциліндру, шток 11 рухається до гори та важіль 4 звільняє деталь.

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

Похибку встановлення розрахуємо за формулою [17]:

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

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

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

Похибку базування визначимо зі схеми встановлення деталі (рис. 3.2). Деталь встановлюється по $\varnothing 34,6$ на призму з кутом 90° .

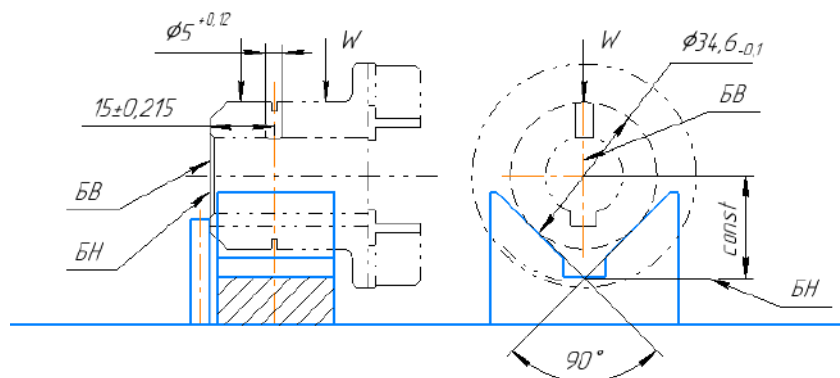


Рисунок 3.2 – Схема установки у призму

Похибка базування дорівнює нулю, так як вимірювальна база співпадає з базою налаштування. При закріпленні деталі на призмі похибка дорівнює нулю, так як напрям сили затиску перпендикулярний розміру обробки.

Похибка встановлення згідно формули (3.1):

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

Розрахуємо пристосування на точність, для цього визначимо виконавчі розміри розміщення кондукторної втулки (рис. 3.3).

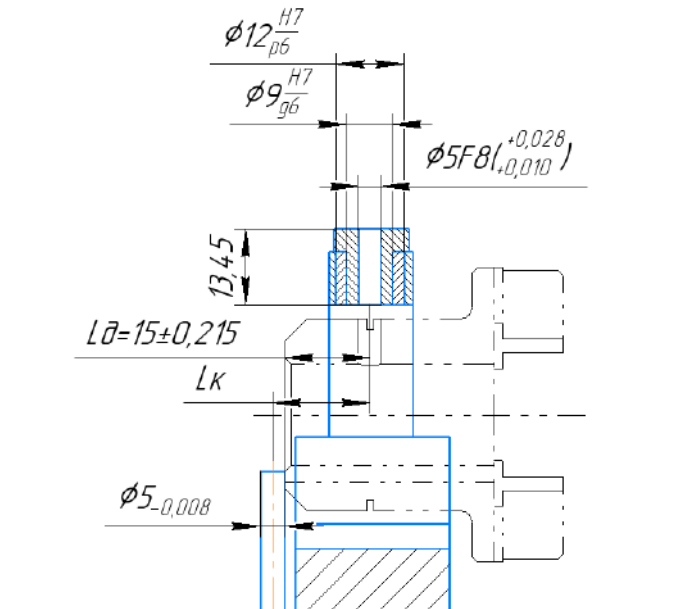


Рисунок 3.3 – Схема розрахунку розміру розміщення втулки

Розраховуємо допуск на розмір кондукторної втулки L_k , L_d [17]:

$$T_k \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (3.2)$$

де $T_d=0,43$ мм – повне поле допуску розмір обробки;

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

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

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

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

$\Delta_4=0,015$ мм – частка похибки обробки, яка залежить від величини

допустимого зносу;

Δ_5 – частка похибки обробки, що враховує перекіс інструменту в процесі обробки [18]:

$$\Delta_2 = S_{2\max} = d_{\max} - d_{0\min} = 0 \text{ мм} \quad (3.3)$$

$$\Delta_5 = \frac{\Delta_1 \cdot (H + 2a)}{H} \quad (3.4)$$

де a – відстань від кондукторної втулки до деталі;

$$\Delta_1 = S_{1\max} = d_{3\text{м.}\max} - d_{\text{св.}\min} = 5,028 - 4,97 = 0,058 \text{ мм} \quad (3.5)$$

$$a = (0,5 - 0,8)d_{\text{св}} = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ мм} \quad (3.6)$$

$$\Delta_5 = \frac{0,058 \cdot (14 + 2 \cdot 2,5)}{14} = 0,092 \text{ мм}$$

$$T_k \leq 0,43 - 1 \cdot \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 0,01^2 + 0,015^2 + 0,092^2} = 0,3 \text{ мм}$$

$$\frac{T_k}{2} \leq \frac{0,3}{2} \Rightarrow \pm 0,15$$

Виконавчий розмір установка:

$$L_k = \left(L_d + \frac{4,992}{2} \right) \pm \frac{T_k}{2} \quad (3.7)$$

$$L_k = 17,49 \pm 0,15$$

3.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу

Визначення моменту різання [14]:

$$M_{kp} = 10 C_m D^q s^y K_p \quad (3.8)$$

де C_m , q , y , K_p – коефіцієнти [14].

$$K_p = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,92$$

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 $k_6=1$.

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

$$W = 1,58/0,014 \cdot (\operatorname{ctg}(45/2) - 0,15 \cdot \cos^2(45/2)) = 257,7 \text{ Н}$$

Сила закріплення згідно формули (2.30):

$$W_{\partial} = 3,06 \cdot 257,7 = 788,8 \text{ Н}$$

Визначимо силу на штоці, для чого розгляне кінетичну схему пристосування (рис. 2.5) [18]:

$$\sum M_o = 0; \quad (3.12)$$

$$W \cdot L - Q \cdot L_1 + F_1 \cdot R_1 + F_2 \cdot R_2 + F_3 \cdot h = 0; \quad (3.13)$$

$$Q(L - L_1) - N \cdot L = 0; \quad (3.14)$$

$$N = \frac{Q(L - L_1)}{L} \quad (3.15)$$

$$F_1 = f \cdot N = f \frac{Q(L - L_1)}{L}; \quad (3.16)$$

$$F_2 = f \cdot Q; \quad (3.17)$$

$$F_3 = f \cdot Q \quad (3.18)$$

$$W \cdot L - Q \cdot L_1 + f \frac{Q(L - L_1)}{L} \cdot R_1 + f \cdot Q \cdot R_2 + f \cdot W \cdot h = 0; \quad (3.19)$$

$$W \cdot L + f \cdot W \cdot h = Q \cdot L_1 - f \frac{Q(L - L_1)}{L} \cdot R_1 - f \cdot Q \cdot R_2; \quad (3.20)$$

$$W(L + f \cdot h) = Q(L_1 - f \frac{Q(L - L_1)}{L} \cdot R_1 - f \cdot R_2); \quad (3.21)$$

Сила на штоці [18]:

$$Q = \frac{W(L+f \cdot h)}{L_1 - f \frac{(L-L_1)}{L} \cdot R_1 - f \cdot R_2} \quad (3.22)$$

$$Q = \frac{788,8 \cdot (0,054 + 0,15 \cdot 0,005)}{0,025 - 0,15 \frac{(0,054 - 0,025)}{0,054} \cdot 0,003 - 0,003 \cdot 0,15} = 1727,5 \text{ H}; \quad (3.23)$$

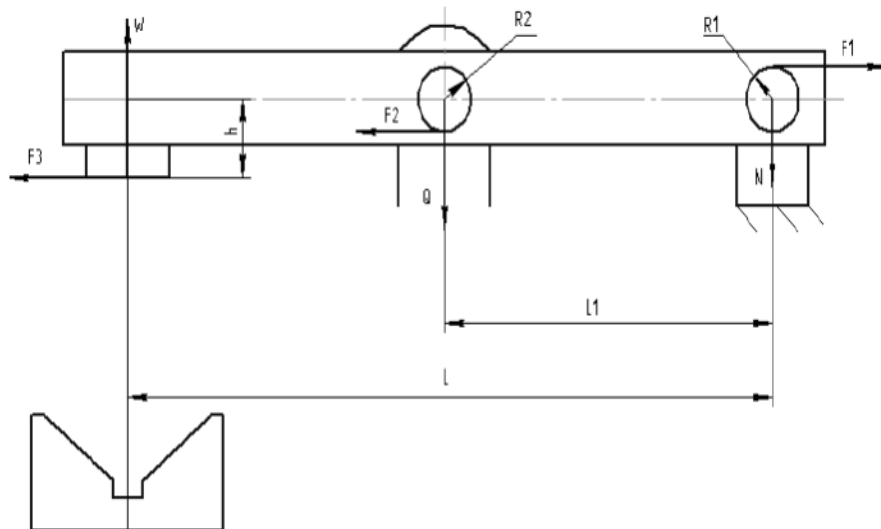


Рисунок 3.5 – Кінематична схема пристосування [18]

Мінімальний діаметр штока [18]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (3.24)$$

де α – коефіцієнт затягування;

$[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг для сталі 40Х.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 1727,5}{3,14 \cdot 100}} = 7 \rightarrow 10 \text{ мм}$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (3.25)$$

де p – тиск в пневмосистемі;

η – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1727,5}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,85}} + 10^2 = 62,8 \rightarrow 63 \text{ мм}$$

3.2 Проектування контрольного пристосування

3.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 3.6) складається зі корпусу 5, на якому встановлюється два центри 1, 2 та стійка індикаторна 3. Контрольне пристосування призначено для контролю радіального биття $\varnothing 50$ рівне 0,02 мм. Центри 1, 2 мають можливість повздовжнього переміщення та перезакріплення. Штанга має можливість обертатися та змінювати відстань по висоті індикаторного годинника по відношенню до осі деталі.

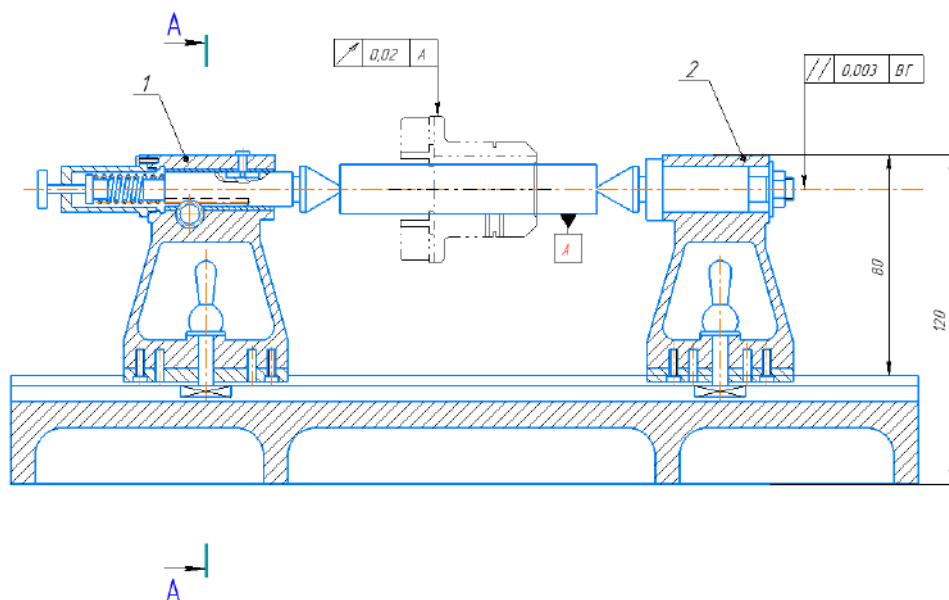


Рисунок 3.6 – Контрольне пристосування

Перед початком контролю деталь по отвору встановлюють на легкоконусну оправку, а потім оправку встановлюють в центри 1, 2. Ніжка індикаторного годинника встановлюється на контрольований діаметр. Шляхом обертання деталі в центрах 1, 2 по індикаторному годиннику знімають значення биття.

3.2.2 Розрахунок контрольного пристосування на точність

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначають за формулою [18]:

$$\varepsilon_{изм} = \varepsilon_{uy} + \varepsilon_{un} + \varepsilon_{um} + \sqrt{\varepsilon_{нб}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{uc}^2 + \varepsilon_{зп}^2 + \varepsilon_{cu}^2 + \varepsilon_{др}^2} \quad (3.26)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\varepsilon_{ип}=\Delta_{рд}+\Delta_{ру}+\Delta_{рн}+\Delta_{рк}+\Delta_{ра} \quad (3.27)$$

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

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

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

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

Δ_{pp} – похибка прямої передачі.

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

$$\begin{aligned} \varepsilon_{uzm} &= 0,0015 + 0,0002 + 0 + \sqrt{0 + 0 + 0 + 0,006^2 + 0,001^2 + 0,0015^2} \\ &= 0,008 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{uzm} = 0,008 \text{ мм} \leq [\varepsilon_{uzm}] = 0,05 \text{ мм}$$

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

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ

4.1 Роботизований комплекс для токарної обробки

В сучасному виробництві значну увагу приділяють вдосконаленню процесів виробництва, що дозволяє забезпечити високу якість продукції, скоротити витрати робочої сили та підвищити загальну продуктивність. Однією з важливих сфер автоматизації є процеси фрезерного оброблення деталей, де використання роботів та роботизованих установок здатне внести значні покращення [19].

У контексті фрезерного оброблення автоматизація завантаження та вивантаження деталей (рис. 4.1) полягає в використанні спеціалізованих роботів та систем для перенесення деталей до та з робочої зони. Це дозволяє уникнути простоювання обладнання, збільшити продуктивність і забезпечити постійний режим роботи. Завдяки високоточним системам визначення положення деталей, можливо досягти мінімальної кількості помилок під час завантаження та вивантаження.



Рисунок 4.1 – Використання роботів при завантаженні деталей

Роботи та роботизовані установки часто використовуються для автоматизації процесів оброблення деталей. Вони володіють високою точністю та повторюваністю рухів, що дозволяє досягти високої якості оброблення. Роботизовані установки навіть можуть самі виконувати різноманітні прості операції, такі як фрезерування, свердління, різання та інші, забезпечуючи універсальність у виробничому процесі.

Інтеграція роботів у виробничі цехи (рис. 4.2) передбачає створення спеціалізованих робочих місць для роботів, де вони можуть взаємодіяти з операторами, іншими роботами та обладнанням. Це може включати розробку програмного забезпечення для керування роботами, візуалізацію процесів та моніторингу. Інтеграція дозволяє забезпечити гнучкість виробничого процесу та здійснювати швидке переналаштування під нові завдання.



Рисунок 4.2 – Інтеграція роботів у цеху з виробництва пресформ

Загальна схема застосування роботів при фрезерній обробці (рис. 4.3) складається з наступних ланок:

- 1) Машина з ЧПК: автономно обробляє деталі.
- 2) Затискне автоматичне пристосування: утримує деталі під час їх обробки.
- 3) Контролер: координує рухи машини.
- 4) Оператор: Керує машиною та роботом.
- 5) Підвіска для навчання: портативний пристрій, який використовується для програмування робота.
- 6) Деталі: матеріал, який надходить у машину у вигляді необроблених деталей (зазвичай по одній) і виходить у вигляді оброблених деталей.
- 7) Захват: захоплює сировину, поміщає її в машину та збирає оброблену деталь після процесу перетворення.
- 8) Робот: виконує виснажливі дії із завантаження та вивантаження деталей для оператора, зокрема відкриває та закриває двері з ЧПК.
- 9) Дверцята з ЧПК: утримує металеве сміття всередині верстата з ЧПК і запобігає проекції деталей під час роботи верстата.



Рисунок 4.3 – Схема застосування робота

Серед провідних виробників роботизованих установок можна виділити такі компанії:

- 1) Fanuc: Ця компанія відома своїми індустріальними роботами та автоматизованими системами керування.
- 2) ABB: Виробник промислових роботів та рішень з автоматизації виробництва.
- 3) KUKA: Компанія спеціалізується на виробництві роботів для різних галузей, включаючи металообробку.
- 4) Yaskawa: Виробник роботів та автоматизованих систем, що застосовуються у виробництві та логістиці.

Автоматизація завантаження та вивантаження деталей під час фрезерного оброблення за допомогою роботів та роботизованих установок вже стала важливою складовою сучасного виробництва. Це дозволяє підвищити продуктивність, знизити витрати та забезпечити стабільну якість продукції.

5. РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

5.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Деталь «Муфта» у складі приводного механізму редуктора передає крутний момент рівний 150 Нм зі сторони електродвигуна через шпонковий паз на бистрохідний вал через три виступи на фланці. Під дією крутних моментів муфта зазнає кручення із згином. Розрахунок муфти на міцність проведено за допомогою програмного забезпечення Siemens.NX. Для проведення розрахунку було створено 3D модель деталі (рис. 5.1).

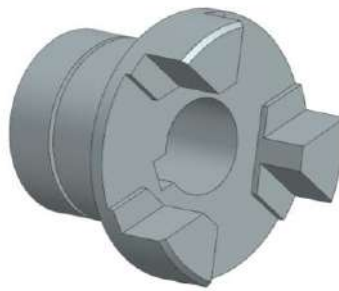


Рисунок 5.1 – 3D модель деталі

5.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Для виконання розрахунку 3D модель валу було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 5.2).

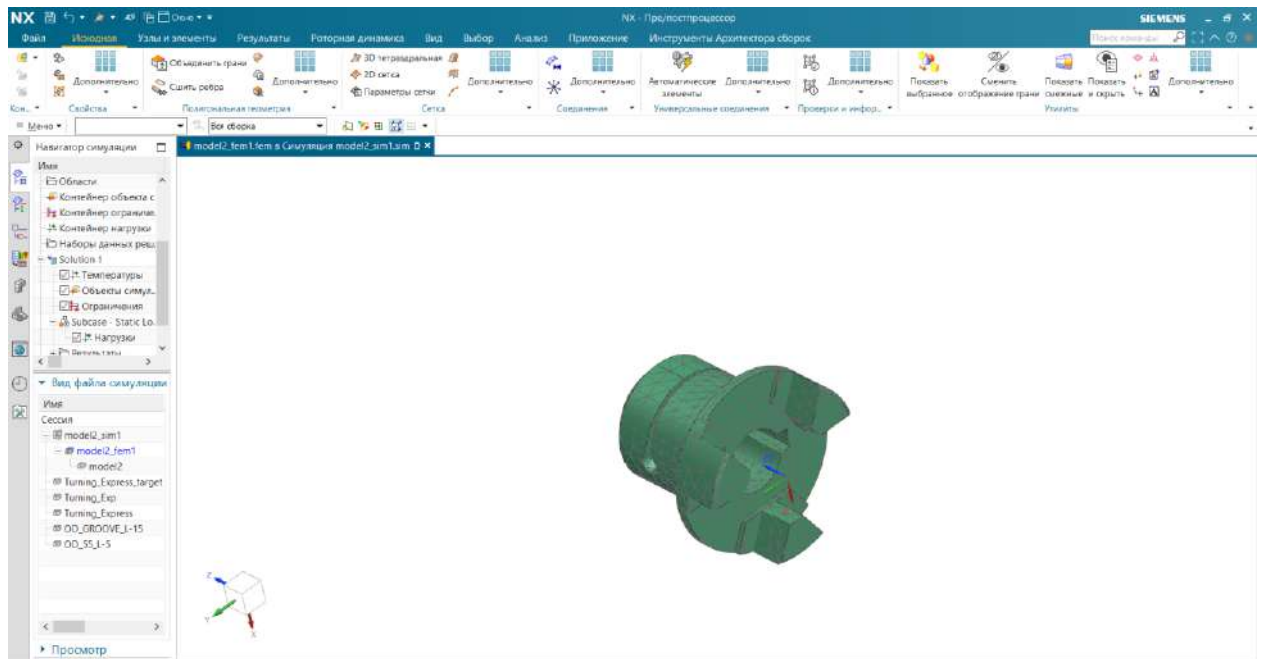


Рисунок 5.2 – Модель деталі розбита на сітку кінцевих елементів

В місці встановлення шпонки в отворі муфти було прикладено крутний момент (рис. 2.10). А три виступи на фланці були заневолені (рис. 5.3).

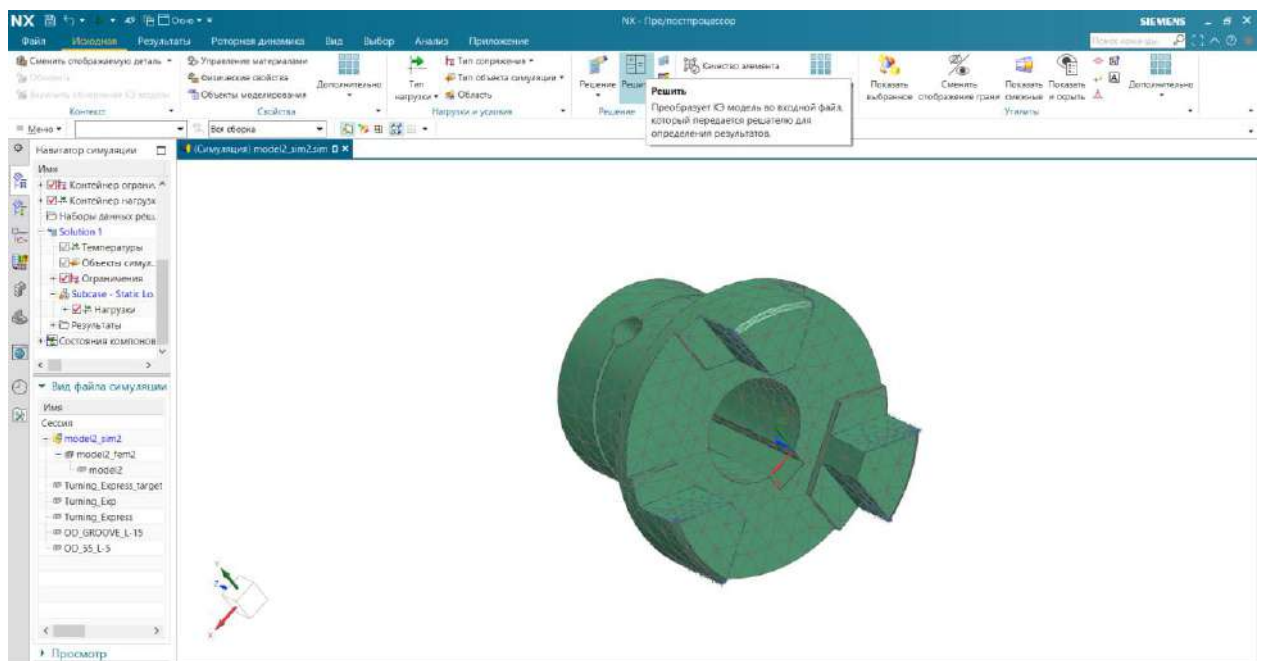


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень

Після виконання розрахунку напружено-деформованого стану муфти було отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 5.4).

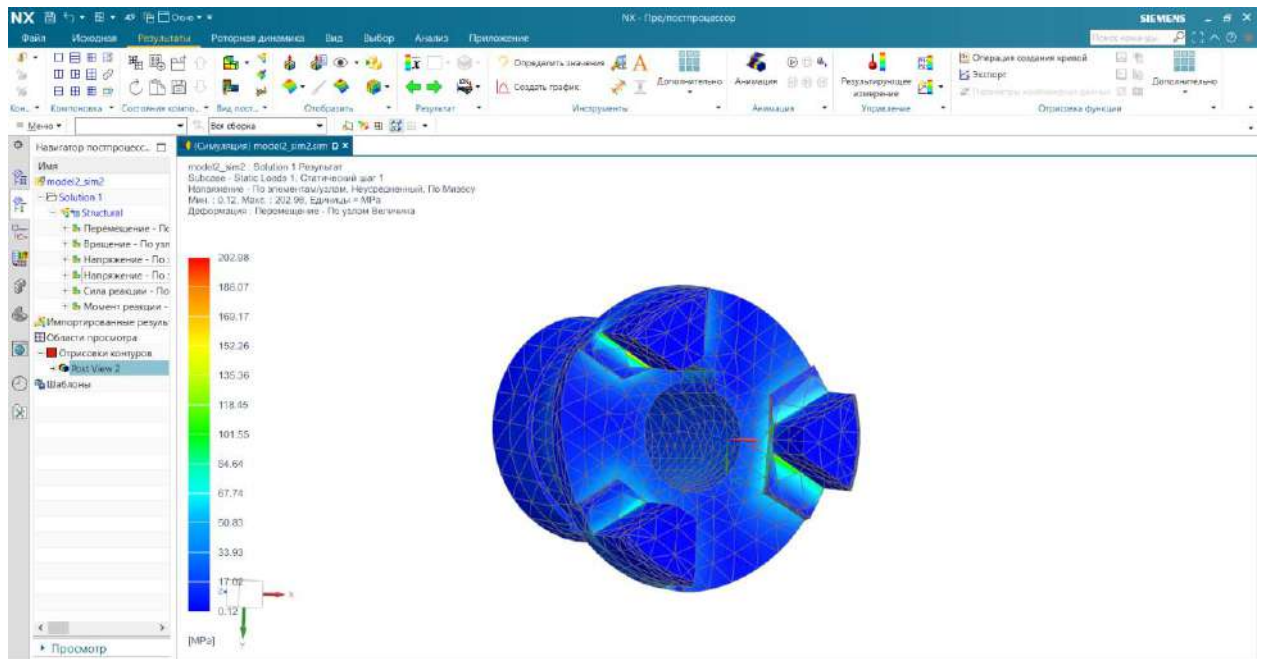


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку

5.3 Оптимізація геометрії деталі

Перевірка запасу міцності проводимо по розрахунку коефіцієнту запасу міцності, який визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} \quad (5.1)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі плинності для сталі 45 $[\sigma]=355$ МПа [12];

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження.

Проведенні розрахунок напружено-деформованого стану муфти виявив небезпечний переріз, який знаходиться біля основи трьох виступів на фланці. Максимальне напруження в цьому перерізі дорівнює 202,98 МПа.

$$k = \frac{355}{202,98} = 1,75$$

Проведена перевірка виявила більше ніж 1,75 рази перевищення запасу міцності муфти. Тому конструкцію деталі ті її розміри можна вважати прийнятими.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

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

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія						Нова технологія			
Модель верстата	16K30	16K30	16K30	16K30	16K30	16K30	GT2100	GT2100	GT2100	GT2100
Штучний час $t_{шт}$, хв	18	15	15	12	10	8	5,17	6,38	10,34	3,22
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	107152						1790090			
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N_a , %	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	14,2	14,2	14,2	14,2
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	13	13	13	13	13	13	15	15	15	15

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі [20]:

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

де $m_{оп}$ – кількість операцій у технологічному процесі;

t_{umi} – норма штучного часу виконання i -ой 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	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_o$, грн
010	Токарна	18	76,6	1,2	1,4	38,61
015	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
020	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
025	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
030	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
035	Токарна	8	76,6	1,2	1,4	17,16
					Σ	167,29

Таблиця 6.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_o$, грн
015	Токарна	5,17	57,5	1,2	1,4	8,32
020	Токарна	6,38	57,5	1,2	1,4	10,27
025	Токарна	10,34	57,5	1,2	1,4	16,65
030	Токарна	3,22	57,5	1,2	1,4	5,18
					Σ	40,43

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою [20]:

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

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

$Ч_{\text{н}}$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

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

$m_{\text{оп}}$ – 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	$C_{\text{тар, грн}}$	$Ч_{\text{н}}$	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$З_o$, грн
015	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
020	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
025	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
030	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
						Σ	39,32

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [20]:

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

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 [20]:

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

де $C_{\text{ін}ij}$ – 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;

$\eta_{\text{м}}$ – 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	18	107152	16,2	4015	1,30
015	Токарна	15	107152	16,2	4015	1,08
020	Токарна	15	107152	16,2	4015	1,08
025	Токарна	12	107152	16,2	4015	0,86
030	Токарна	10	107152	16,2	4015	0,72
035	Токарна	8	107152	16,2	4015	0,58
					Σ	5,62

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	5,17	1790090	14,2	4015	5,46
020	Токарна	6,38	1790090	14,2	4015	6,73
025	Токарна	10,34	1790090	14,2	4015	10,91
030	Токарна	3,22	1790090	14,2	4015	3,40
					Σ	26,5

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	18	Різець прохід.	250	2	80	10	0,4	2,05
015	Токарна	15	Різець прохід.	250	2	80	10	0,4	1,14
			Свердло	250	2	45	6	0,4	1,59

Продовження таблиці 6.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
020	Токарна	15	Різець прохід.	250	2	80	10	0,4	1,14
			Свердло	250	2	45	6	0,4	1,59
025	Токарна	12	Різець розточ.	250	2	80	10	0,4	1,36
030	Токарна	10	Різець прох.	250	2	80	10	0,4	1,14
035	Токарна	8	Різець канав.	250	2	80	10	0,4	0,91
								Σ	10,9

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	66,66	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	0,33
			Свердло	150	1	120	1	0,4	0,54
020	Токарна	203,72	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	0,71
025	Токарна	50,82	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	0,37
			Свердло	150	1	120	1	0,4	1,00
			Різець розточ.	250	1	180	4	0,4	0,33
030	Токарна	42,08	Різець прох.	250	1	180	4	0,4	0,22
			Різець канав.	200	1	180	4	0,4	0,11
								Σ	3,62

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [20]:

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

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);

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

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_g – 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	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	S_e
010	Токарна	18	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,23
015	Токарна	15	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,52
020	Токарна	15	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,52
025	Токарна	12	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,82
030	Токарна	10	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,35
035	Токарна	8	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,88
										Σ	18,32

Таблиця 6.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	S_e
015	Токарна	5,17	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,45
020	Токарна	6,38	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	4,25
025	Токарна	10,34	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	6,90
030	Токарна	3,22	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,15
035	Токарная	5,17	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,45
										Σ	16,75

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою [20]:

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

де $C_{то}$ – 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	107152	0,02	0,64	0,27
015	Токарна	107152	0,02	0,64	0,27
020	Токарна	107152	0,02	0,64	0,27
025	Токарна	107152	0,02	0,64	0,27
030	Токарна	107152	0,02	0,64	0,27
035	Токарна	107152	0,02	0,64	0,27
				Σ	1,65

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	1790090	0,02	0,78	5,59
020	Токарна	1790090	0,02	0,78	5,59
025	Токарна	1790090	0,02	0,78	5,59
030	Токарна	1790090	0,02	0,78	5,59
035	Токарна	1790090	0,02	0,78	5,59
				Σ	27,93

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули [20]:

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

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

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

t_{in} – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{in} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{in} = 5$ 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	$C_{гн}$, грн/год	n_i	t_{in} , хв	K_T	T_M	m	S_n грн
015	Токарна	Різець прохід.	2,8	50,9	6	4	0,9	180	4	0,02
		Свердло	1,9	50,9	6	1	0,9	120	4	0,005
020	Токарна	Різець прохід.	5,6	50,9	6	4	0,9	180	4	0,03
025	Токарна	Різець прохід.	3	50,9	6	4	0,9	180	4	0,02
		Свердло	3,6	50,9	6	1	0,9	120	4	0,01
		Різець розточ.	2,7	50,9	6	4	0,9	180	4	0,01
030	Токарна	Різець прох.	1,7	50,9	6	4	0,9	180	4	0,01
		Різець канав.	1	50,9	6	4	0,9	180	4	0,01
									Σ	0,1

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [20]:

$$I_H = Z_o \cdot k_{zag} \quad (6.8)$$

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

$$I_{H1} = 167,29 \cdot 0,2 = 33,46 \text{ грн}$$

$$I_{H2} = 40,43 \cdot 0,2 = 8,08 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [20]:

$$C_T = Z_o + Z_n + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_e + S_p + S_n + I_n \quad (6.9)$$

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_o	167,29	40,43
Заробітна плата наладчика	Z_n		39,32
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	5,62	26,5
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	10,9	3,62
Витрати на електроенергію	S_e	18,32	16,75
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	1,65	27,93
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_n		0,1
Витрати інші	I_n	33,46	8,08
Технологічна собівартість	C_T	237,24	162,73

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [20]:

$$E_{\text{ур}} = (C_{T_1} - C_{T_2}) \cdot N \quad (6.10)$$

$$E_{\text{ур}} = (237,24 - 162,73) \cdot 5000 = 372550 \text{ грн}$$

Згідно проведених розрахунків оцінки очікуваної економічної ефективності впровадження вдосконаленої технологічної обробки деталі «Муфта» з заміною обробки на універсальних верстатах обробленням на верстатах з ЧПК дає змогу зекономити 372550 грн.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Пожежа – це приклад надзвичайної ситуації, яка може виникнути на будь якому виробництві, в адміністративному приміщенні, в освітньому закладі, у побуті. Площа на якій може розповсюджуватися пожежа залежить від декількох факторів, а саме: від типу матеріалів, що можуть горіти, від пожежної небезпеки виробництва, від метеорологічні умови (особливо негативно впливає швидкість переміщення повітря), від швидкості реагування і професійних дій під час тушіння пожежі. Термін, коли небезпека для людей стає вже смертельною дуже незначний і не перевищує п'яти хвилин. Згідно статистичних даних кількість пожеж збільшується кожного року і, відповідно, збільшується і кількість постраждалих, матеріальні збитки. Пожежа - це багатовекторна небезпека, масштабність якої ілюструє таблиця 7.1.

Виникають пожежі внаслідок порушення правил безпеки; несправність електрообладнання; перевантаження системи електропостачання; старіння ізоляції, короткого замикання. Халатна поведінка людей, неадекватна оцінка ймовірності процесу горіння також може стати причиною розповсюдження пожежі. [21].

На початковій стадії пожежі виділяється тепло, поступово збільшується концентрація токсичних продуктів згорання, знижується концентрація кисню у повітрі, можливе руйнування конструкцій. Саме цей період і є потенційно можливим для евакуації із небезпечної зони. Ефективна евакуації можлива лише тоді, коли тривалість виходу людей із приміщення не перевищує критичної тривалості пожежі, яка становить небезпеку для людей. [22].

Швидкість розповсюдження пожежі та ступінь небезпеки для людей, що знаходяться у приміщенні, суттєво залежності від речовин, що можуть горіти у зазначеному приміщенні. Клас можливої пожежі, визначено в документі ДСТУ EN 2:2014 "Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)",

Таблиця 7.1 – Фактори потенційних небезпек при пожежі

Характеристики пожежі	Характеристики будівлі	Характеристики постраждалих
вогонь ($t=1200-1400^{\circ}\text{C}$) задимленість (подразнення слизових оболонок, погіршення видимості) прогин стіни, стелі, підлоги руйнування приміщення	промисловий об'єкт житлове приміщення адміністративне лікувальний заклад кінотеатр, розважальний комплекс коледж або університет торгівельний центр готель	вік стать освітній рівень попередній досвід здатність до переміщення обмеження рухової активності
ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)»: А – пожежа твердих речовин В - горючих речовин і матеріалів Г - негорючих речовин у розжареному стані Д - негорючих речовин у холодному стані Е - горіння електроустановок	ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. кількість поверхів шахти, підвали площа підлоги розташування виходів розташування сходових клітин складність пошуку простору/шляху форма будівлі візуальний доступ	Знання та досвід знайомство з будівлею минулий досвід пожежі інструктаж з пожежної безпеки (НПАОП 0.00-4.12-05) знання схеми евакуації (ДБН В.1.1-7:2016) інші навички поведінки в надзвичайних ситуаціях
Нюхові сигнали запах гару їдкий запах токсичність продуктів згорання 0,4% оксиду вуглецю є смертельною дозою	Діяльність у будівлі працююча особа відпочиває чи спить прийом їжі шопінг перегляд вистави, фільму концерту, спортивних змагань	Стан на момент події поодинокі проти інших активний лідер проти пасивного попередження під наркотиками, алкоголем, ліками
Звукові сигнали (ДСТУ ISO 6309:2007) розтріскування розбите скло руйнування будівельних конструкцій вибухова хвиля збільшення площі горіння	Особливості пожежної безпеки сигнал пожежної тривоги система голосового зв'язку план пожежної безпеки навчений персонал	Особистість під впливом інших осіб лідерство негативне ставлення до ситуації тривожний істеричний панічний (дії неконтрольовані та неадекватні)
Інші фактори підвищена температура середовища (до 60°C - життєво небезпечно) відстань між людиною та полум'ям		Функція особистості в приміщенні відвідувач співробітник власник

відповідно якого класи пожежі поділяють на А, В, С, D, F, Е в залежності від речовини, що може горіти у приміщенні. [23].

Освітні заклади, адміністративні приміщення належать до приміщення категорії Д – (тому що їх можна охарактеризувати як виробництво з негорючими речовинами і матеріали в холодному стані). [24].

Розробляючи правила поведінки під час пожежі, необхідно передбачити евакуаційні виходи, які розміщуються на максимальній відстані між собою у кількості не менше двох. Важливо, щоб евакуаційні виходи, коридори та сходи не були зашарашені будь-якими предметами і обладнанням, в умовах недостатньої видимості та паніки це може стати додатковим фактором небезпеки. Для швидкого виходу з приміщення мінімальна ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 метра, а дверей - не менше 0.8метра, які відкриваються назовні.

Таким чином, для профілактики ймовірності виникнення пожежі передбачаються, на сам перед, організаційні заходи, виконання яких постійно контролюється. На сьогоднішній день більшість виробничих приміщень оснащена системами пожежної безпеки та протипожежного захисту, що відповідають вимогам ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Наявність плану евакуації дозволяю швидко зорієнтуватись та прийняти правильне рішення в надзвичайній ситуації.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологію виготовлення муфти у серійному виробництві. Для виготовлення деталі обрано метод отримання заготовки – штампування на КГШП. При даному методу отримання заготовки коефіцієнт використання матеріалу становив 0,32, економічний ефект – 7583 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, який містить замість токарної обробки на універсальних токарно-гвинторізних верстатах обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі, економічний ефект становив 372550 грн.

Була розроблена керуюча програма за допомогою програмного забезпечення Siemens.NX для токарної, фрезерної та свердлильної обробок.

Було спроектовано робоче пристосування для свердління отвору. Було розраховано похибку встановлення та розраховані розміри розміщення кондукторної втулки. Було визначено зусилля затиску та обраний пневмоциліндр з діаметром 63 мм.

Розглянуто види зношення інструменту, вплив вібрацій на зношення інструменту, досліджено вплив зносу ріжучого інструменту на особливості динаміки механічної обробки муфти. Встановлено, що усунувши вібрацію при механічній обробці можна не тільки зменшити зношування інструменту, максимально збільшити його стійкість, але можна забезпечити стабільну і якість обробки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Виды износа инструмента: Как с ними бороться? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ritm-magazine.com/ru/public/vidy-iznosa-instrumenta-kak-s-nimi-borotsya> (дата звернення: 12.11.2023). – Назва з екрана.
2. Dyadya S. Regularities of Oscillations During Turning and End Milling / Dyadya S., Vnukov Y., Kozlova O., Trishyn P. // In Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes. 2023. – P. 136-144.
3. Леонов СЛ. Влияние деформаций, износа инструмента и вибраций на шероховатость при растачивании / Леонов СЛ., Шаяхметов Е.Я. // Технические науки–от теории к практике. 2016 – Т. 8. –№ 56. –С. 82-88.
4. Макаров В.Ф. Влияние износа резца на изменение физических параметров процесса резания / Макаров В.Ф., Шохрин А.В., Потягайло О.Н. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2010. – Т. 12(3). – С. 24-30.
5. Логоминов, В.А. Анализ подходов по учету динамики сил резания при прогнозировании виброустойчивости механической обработки (обзор) / Логоминов, В. А., Внуков, Ю. Н. // Резание и инструмент в технологических системах. 2011. – №79. – С. 132-153.
6. Altintas Y. Identification of Dynamic Cutting Force Coefficients and Chatter Stability with Process Damping / Altintas Y. // CIRP Annals – Manufacturing Technology. 2008. – №57. – P. 371-374.
7. Девин Л.Н. Исследование влияния износа резца из композита на основе КНБ на вероятность его разрушения при чистовом точении закаленных сталей / Девин Л. Н., Стахнив, Н. Е. // Сверхтвердые материалы. 2012. – №4. – С. 67-74.
8. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под. ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.

9. 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.
10. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
11. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.
12. 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.
13. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.– 652 с.
15. 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.
16. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.
17. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.
18. 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.

19. Cvitanic T. Pose optimization in robotic machining using static and dynamic stiffness models / Cvitanic T., Nguyen V., Melkote S.N. // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2020. – Vol. 66. – P. 101992.

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. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник / Жидецький В. Ц. // вид. 5-те, доп. – К. : Знання, 2014. – 373 с.

22. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги [Текст] : ДБН В.1.1-7:2016. – К. : Мінрегіон України, 2017. – 47 с.

23. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) [Текст] : ДСТУ EN 2:2014. 2014. – 7 с.

24. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст] : ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с.

ДОДАТОК А

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

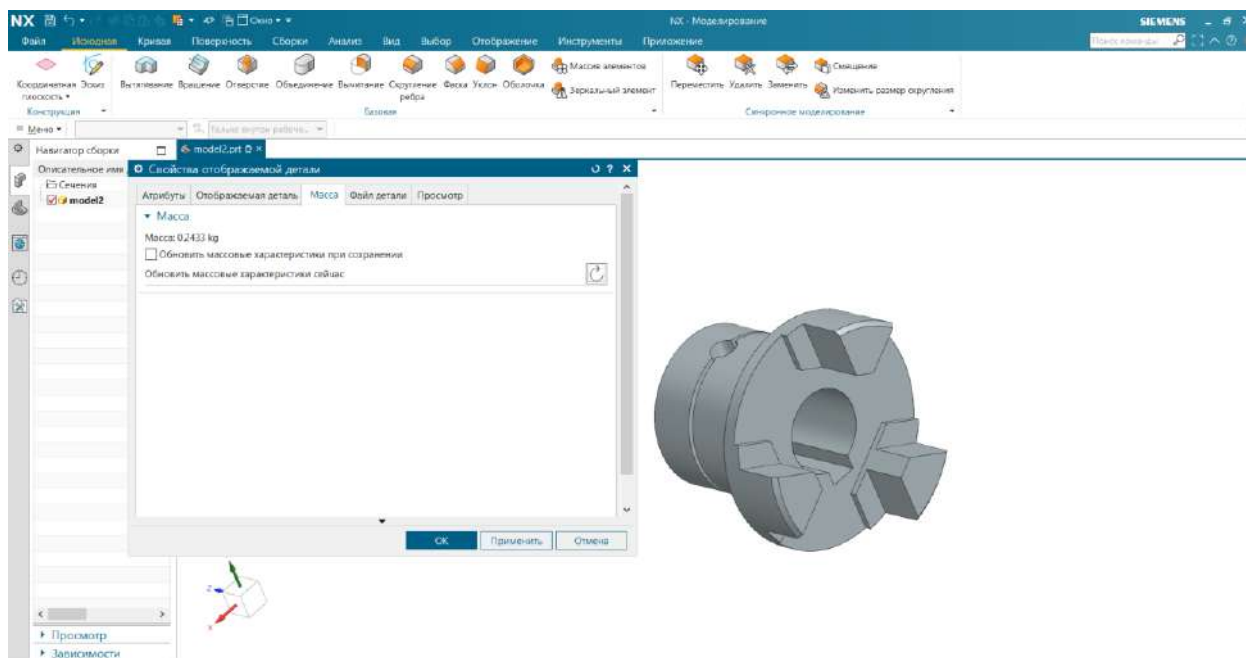


Рисунок А.1 – Маса деталі

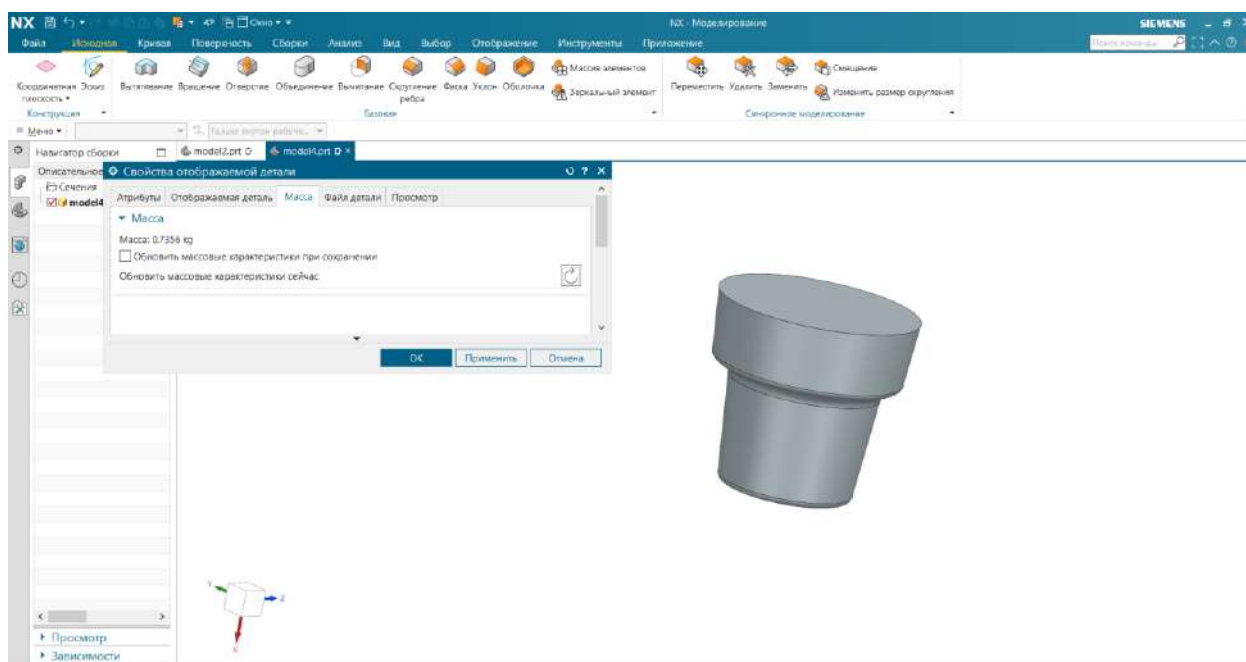


Рисунок А.2 – Маса штамповки на КГПП

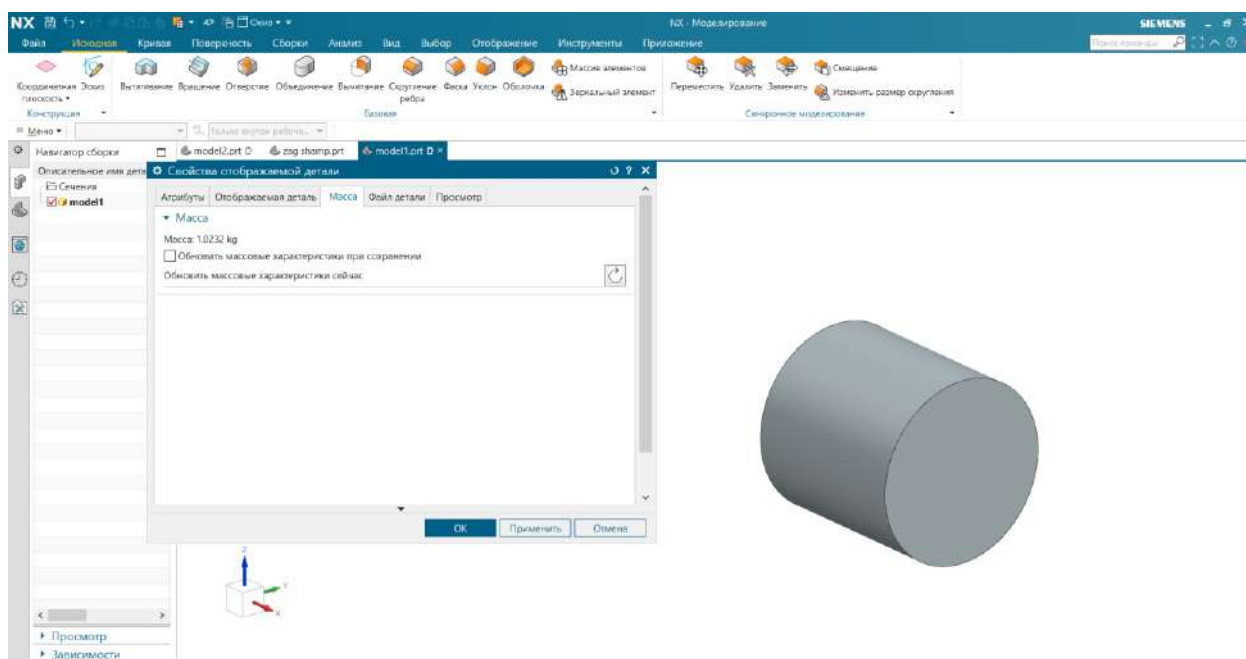


Рисунок А.3 – Маса заготовки з прокату

[illegible]

ДОДАТОК В Специфікація контрольного пристосування

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перед. примеч.						
				Документация		
			НУЗП 402153.0047	Складальне креслення	1	
Стор. №				Сборочные единицы		
		1		Корпус лівого центру	1	
		2		Корпус правого центру	1	
		3		Стійка індикаторна	1	
		4		Ручка	2	
Підп. і дата				Детали		
		4		Основа	1	
		6		Плита	1	
Взам. шк. №				Стандартные изделия		
		7		Гвинт М10х40 ГОСТ 1491-70	4	
		8		Штифт 10х50 ГОСТ 3128-70	2	
Нд. № подл.	НУЗП 402153.047					
	Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист
	Разраб. Марченко				1	1
	Проб. Кондратюк					
Нконтр. Дядя				НУЗП		
Утв. Дядя				зр. Мз-112м		
Копировал				Формат А4		