

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)
Технології машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему Особливості інструментального
забезпечення в технологічному процесі
виробництва переходника регулятора з
типа нового типу.

Виконав: студент(ка) II курсу, групи МЗ-118м

Спеціальності 131 Трикосна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування
Трикосна Т.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Виникуновський Е.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Трикосна Т.В.
(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 131. прикладна механіка
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) технології машинобудування
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ доц. Доді С.І.

« 05 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Гушакімової Татни Володимирівни
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Роботизовані іскріння механічного забезпечення в технологічному процесі виконання черв'ячної рейки на верстаті з чималого тиску.
 керівник проекту (роботи) Володимирів С.В. доц.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 417

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, різна програма вигукну

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вибір методу отримання заготовок, розрахунок кінцевих та операційних розмірів, проектування конструкції, проектування операцій в Системі МХ, проектування робочого та контрольного креслення, автоматизація виробництва, обробка деталі.
 5. Перелік графічного матеріалу (з точним вказанням обов'язкових креслень) креслення деталі, заготовок, контрольних та робочих креслень, автоматизоване креслення, маршрути обробки деталі, РТК токарної, фрезерної та верстатної обробки, при мети ступенявання.
 6. Консультанти розділів проекту (роботи) _____

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Вик. розділ	Винниченко Є. В.		
Організація праці	Мисирко В. І.	4/6/19	29/11/19
Нормоконтроль	Дегдє С. І.	05/12/19	

7. Дата видачі завдання « 10 » 09 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вибір методу оптимізації	21.02.19	
2.	Розрахунок припусків та операційних розмірів	05.03.19	
3.	Проектування маршруту обробки деталі	21.04.19	
4.	Проектування та розрахунок робочого та контрольного припусків	30.05.19	
5.	Автоматизація виробництва	15.06.19	
6.	Розрахунок цінності на міцність	30.06.19	
7.	Збір даних з спецефектом	21.07.19	
8.	Збір даних з організації праці	18.10.19	

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

[Підпис]
(підпис)

Гушкова Т. В.
(прізвище та ініціали)
Винниченко Є. В.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Особливості інструментального забезпечення в тех-
нологічному процесі виготовлення перенісних нечлених
Студент (ка) Гушакішова з митишова снмсу
Таня Володимирівна
Спеціальність 131 Гудмодна мехонка
(код, найменування спеціальності)
Обсяг проекту повний
Кількість аркушів креслень 11
Кількість сторінок пояснювальної записки 126

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень
1. Технологічна частина; 2. Конструкторська частина; 3. Автоматизація; 4. Спеціальне завдання; 5. Розрахунок на міцність; 6. Визначення виконання економічних вимог; 7. Оцінка проекту.
б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню
Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи), рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи

Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням науки і техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)
При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості запропоновано використання САПР, як NX для інженерної підготовки виробництва, а також проведено економічний аналіз доцільності заміни

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

Графічна частина та пояснювальна записка виконані у відповідності до діючих стандартів.

е) відгук про проект (роботу) загалом

ціною майстерська робота студентки
групи МЗ-118 м. Луцьк. Також Володи-
мирівни відговідає виконанню вищої шкали.

ж) інші зауваження в операційних картах о-
новних та доповнених маршрутів. Контроль
карта одержана не до даних стандартів

з) оцінка проекту (роботи) Державний проект за-
середок оцінки "відмінно".

Рецензію склав

доц. Тухалевський Г. В.

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

Тух

(підпис)

« 6 » грудня 20 19 р.

[14:49:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №497 [3] (200062 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:51] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [3] (200044 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:25] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №507 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:33] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:51:19] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200056 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:52:33] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200055 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:52:51] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:54:24] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:55:19] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200071 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:56:38] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200024 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:56:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:57:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200024 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:57:37] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:58:06] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:58:56] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №567 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

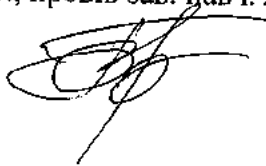
[14:58:56] Тип проверки: *Стандартная*

[14:58:56] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 26%)**

[14:58:56] **Уникальность текста 91%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи
Пушкашова Г.В., провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

03.12.2019р.



РЕФЕРАТ

ПЗ: с., 18 рисунків, 9 таблиць, додатків, 14 посилань.

Об'єкт дослідження – перехідник регулятора двигуна AI 25

Мета магістерської роботи – проектування процесу виготовлення деталей перехідників регулятору; вивчення загальної конструкції, технологічної схеми процесу, обладнання та оснащення, а також проектування технологічного процесу обробки форсунки.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний, із застосуванням спеціальних систем САПР.

Підвищення вимог надійності авіаційних деталей, збільшення їх повного і міжремонтного ресурсу, викликає підвищення вимог до технології виробництва двигунів взагалі, а особливо до механічної обробки деталей і вузлів авіаційних двигунів.

Виконуючи даний проект, закріпили і поглибили отримані знання, поповнили їх навичками прогресивних технологій, застосували нове обладнання, вивчили системи автоматизації та механізації технологічного процесу, накопичили досвід ведення самостійної інженерної діяльності, за технологією виробництва заготовок, механічної обробки деталей підвищеної точності, конструювання оснащення і ріжучого інструменту, вимірювальної та контрольної апаратури.

ПЕРЕХІДНИК РЕГУЛЯТОРА, КОМПРЕСОР СЕРЕДНЬОГО ТИСКУ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, РОЗМІР, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ВЕРСТАТ, ТЕРМООБРОБКА, НАЛАГОДЖЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат

Перелік умовних скорочень

Вступ

1 Технологічна частина

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів (1 - розрахунково-аналітичний метод, 2 - табличний метод)

1.6 Розрахунок режимів різання

1.7 Розрахунок технічної норми часу (на ці чотири операції)

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль

1.8.1 Розробка токарної операції

1.8.2 Розробка свердлильної операції

1.8.3 Розробка фрезерної операції

2 Конструкторська частина

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

2.2 Проектування контрольного пристосування

3 Автоматизація (завантаження/вивантаження заготовки; транспортування між верстатами; системи контролю).

4 Спеціальне завдання конструктивні особливості фрез для обробки титанових сплавів

5 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі

6 Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів

7 Охорона праці

Висновок

Перелік посилань

Додаток А. Специфікація на робоче пристосування

Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування

Додаток В. Комплект технологічних карт

ПЕРЕЧЕНЬ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКМ	Горизонтально-кувальна машина
ДСТУ	Державний стандарт
І	Індукційний
МГ	Магнітографічний
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
НК	Неруйнуючий контроль
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
РСЗ	Робочий стандартний зразок
РТК	Розрахунково-технологічна карта
ЗВ	Засоби вимірювання
СНтП	Система норм та правил
ЗОР	Змазуючо-охолоджуюча рідина
СЗН	Спосіб Залишкової намагніченості
СПП	Спосіб приложеного полю
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес

ВСТУП

Підвищення експлуатаційних характеристик авіаційних двигунів: енергоозброєності, ресурсу, надійності і економічності при одночасному забезпечення ефективності їх серійного виробництва, є однією з найважливіших задач розвитку і конкурентоспроможності авіаційної техніки під час переходу до ринкової економіки.

Реалізація поставленого завдання супроводжується ускладненням конструкції виробу, посиленням норм точності, оптимізацією запасів міцності деталей, застосуванням нових матеріалів, що в свою чергу вимагає вишукування технічних рішень, спрямованих на зниження собівартості виготовлення як деталей і вузлів, так і всього виробу в цілому. Необхідно також підвищувати надійність найбільш навантажених деталей двигуна, що в свою чергу дозволить підвищити надійність всього двигуна. З метою зниження собівартості виготовлення двигунів, доцільно проводити автоматизацію окремих технологічних операцій і економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Пріоритетними напрямками при вирішенні поставленого завдання в даний час і в найближчому майбутньому є:

- підвищення технологічності конструкції створюваних виробів;
- розробка безвідходних і малоенергоємних технологій;
- застосування без припускних. в тому числі і складових заготовок;
- розробка і впровадження прогресивних методів механічної, електричної та світло променевої обробки важкооброблюваних сталей і сплавів;
- використання високопродуктивного і точного обладнання;
- механізація ручної праці;
- автоматизація трудомісткого контролю;
- застосування ефективних оздоблювальних, зміцнюючих і обробно-зміцнюючих методів обробки навантажених деталей, з метою підвищення їх надійності за рахунок резервів міцності матеріалу;
- поліпшення планування і організації виробництва;

З урахуванням викладеного, був розроблений технологічний процес виготовлення фланця наполегливої сучасного газотурбінного двигуна і спроектований цех їх виготовлення в серійному виробництві.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Конструктивно центральний привід представляє собою конічні та циліндричні пари шестерень і валиків, змонтованих на підшипниках кочення в розточеннях корпусу центрального приводу і передаючих обертання агрегатів, розташованим на роздільному корпусі, його нижньому припливі і верхньої коробці приводів.

У нижньому припливі розділового корпусу розташовані приводи до паливного насоса, паливного регулятора, генератору, датчику числа обертів ротора КВД, гідронасосу, маслоагрегату, воздухоотделитель, і привід від повітряного стартера до ротора компресора високого тиску (рис. 1.1).

При запуску двигуна обертання від повітряного стартера СВ-25 передається ротору компресора високого тиску через Храпова муфту 14, три упора 15, осі 16, валик 13 (привід 1), шестерні 12 (z_{23}), 17 (z_{22}), 19 (z_{21}), подвійну шестерню 20, нижню горизонтальну шестерню-валик 9 (z_{20} - Z_{12}), шестерні z_{11} і z_{10} нижнього вертикального валика, шестерню центрального приводу z_9 - z_8 і шестерню z_7 , посаджену на шліці вала ротора компресора високого тиску. На непрацюючому двигуні Храпова муфта 14 перебуває в зачепленні з трьома упорами 15, посадженими з зазором на осі 16. В проріз упорів 15 вставлена спіральна пружина 25, один кінець якої знаходиться в поздовжньому пазу осі 16, а інший упирається в тіло упорів, постійно утримуючи їх в зачепленні з зубами храпової муфти 14 при непрацюючому двигуні.

Для того щоб при розкручуванні двигуна упори не виходили із зачеплення, поки обороти храпової муфти стартера більше, ніж обороти валика 13, на зубах храповика передбачений кут поднутрення 15° і у відповідь кут на упорі.

Агрегати систем, які обслуговують двигун і літак, отримують обертання від провідних шестерень центрального приводу z_6 і z_1 . Провідна шестерня z_6 встановлена на валу ротора компресора низького тиску і передає обертання агрегатів, розміщеним у верхній коробці приводів. Провідна шестерня z_1 посаджена на вал компресора високого тиску і передає обертання агрегатів, розташованим в нижньому припливі розділового корпусу.

У верхній коробці приводів агрегатів встановлено датчик ДТЕ-1 числа обертів ротора компресора низького тиску. Привід до датчика здійснюється від провідної шестерні ЗБ, через шестерні центрального приводу z_5 , z_4 , z_3 , верхній

вертикальний валик, конічну шестерню z_2 на ведену конічну шестерню z_1 приводу датчика (привід X).

Агрегати систем, розташовані в нижньому припливі розділового корпусу, отримують обертання від провідної шестерні z_1 , через шестерні центрального приводу z_8 - z_9 , шестерні z_{10} і z_{11} нижнього вертикального валика до нижнього горизонтального шестірні-валика 9 (z_{12}), на якому встановлені шестерні z_{13} і z_{20} .

Паливний насос 760Б і паливний регулятор 762МА отримують обертання безпосередньо від нижнього горизонтального шестірні-валика 9 і далі через подвійну шестерню 20 і шестерню-валик 7, встановлену на двох шарикопідшипниках. Шестерня-валик 9 шлицями з'єднана з валиками паливного насоса і регулятора.

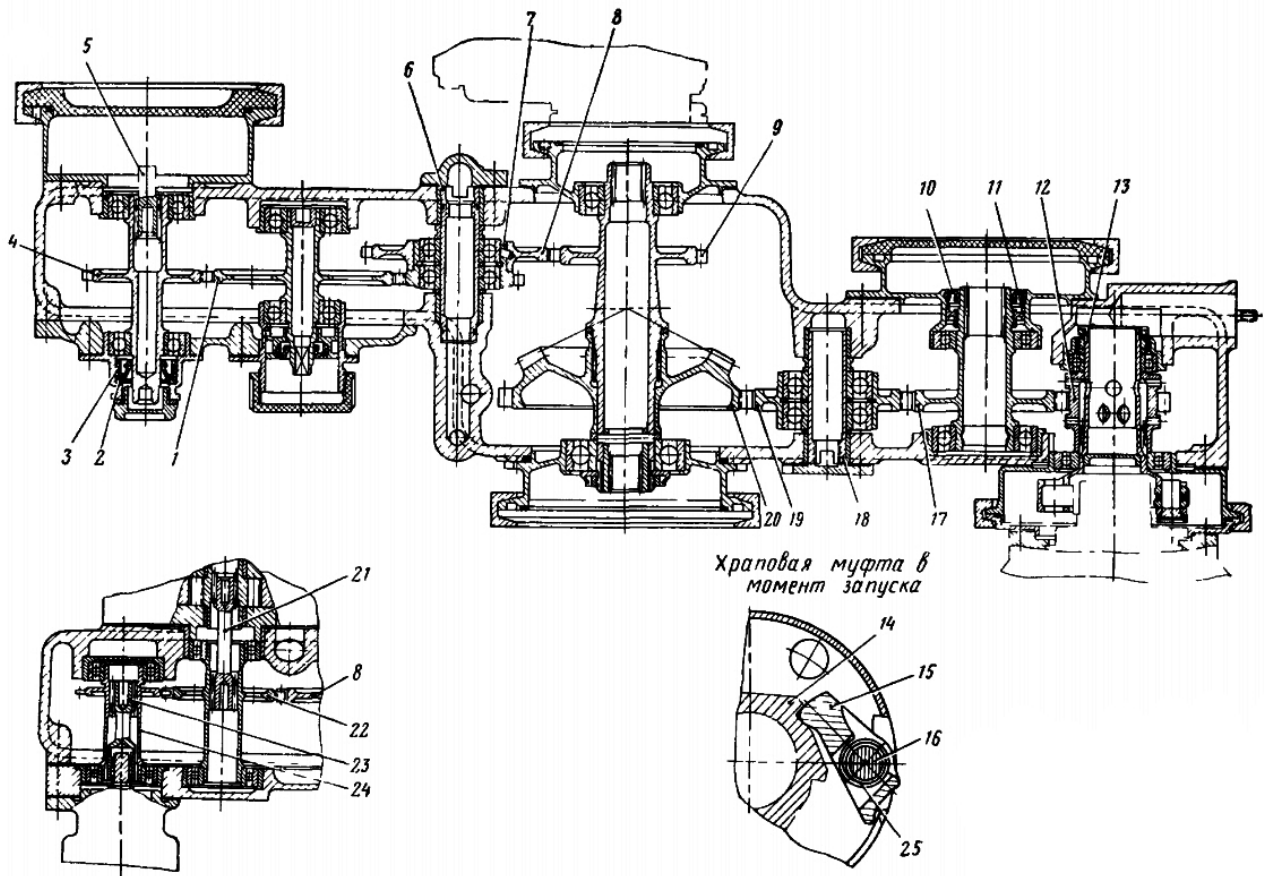


Рисунок 1.1 – Приводи розміщені у нижньому приливі розділового корпусу

Привід генератора ГСБК-9А складається з подвійної шестірні 20 (220-212), проміжної шестерні 19 (221), встановленої на двох шарикопідшипниках, насаджених на палець 18, шестерні 17 (z_{22}), встановленої на двох шарикопідшипниках і має шліци для з'єднання з ресорою генератора. На

хвостовику шестерні 17 нарізана маслосгонная різьблення, яка разом з манжетою 10 і втулкою 11 виконує роль масляного ущільнення.

Привід до датчика ДТЕ-1 числа обертів ротора компресора високого тиску здійснюється шестернею 1 (218), що входить своїм хвостовиком в зчленування з валиком датчика (привід III) і одержує обертання від нижнього горизонтального шестерні-валика 9 (z13) через проміжну шестерню 8 (214) і шестерню 7 (z1 5). Шестерня 7 з на пресованої на неї шестернею 8 встановлена на двох шарикопідшипниках, змонтованих на маслоперепускном пальці 6. Привід датчика має масляне ущільнення, аналогічне ущільнення приводу генератора. Від шестірні 1 (z18) через шестерню 4 (219), зчленовується шлицями з ресорою 5, обертання передається гідронасосу (привід VI). На іншому хвостовику шестерні 4 (219) є шестигранник під ключ для ручної прокрутки ротора компресора високого тиску (привід V). Для запобігання витікання масла і попадання бруду в порожнину припливу розділового корпусу встановлена гумова манжета 3, яка в свою чергу захищена відбивачем 2 від пошкодження її ключем при прокручуванні.

Від проміжної шестерні 8 (z14) через шестерню 22 (216) і ресору 21 обертання передається до маслоагрегату МА-25 (привід V 11), а від шестерні 22 (216) через шестерню 24 (217) і ресору 23- до воздухоотделитель (привід / V).

Деталь виготовляється з ливарного сплаву ВТ5Л. Хімічний склад показано у таблиці 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав в % материала ВТ5Л ОСТ 1-90060 - 92

Fe	C	Si	W	N	Ti	Al	Zr	O	H	Примесей
до 0.35	до 0.2	до 0.2	до 0.2	до 0.05	91.485 - 95.9	4.1 - 6.2	до 0.8	до 0.2	до 0.015	прочих 0.3

Таблица 1.2 – Механически свойства при T=20oC материала ВТ5Л .

Сортамент	Размер	Напр.	σ_b	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м2	-
			800		6		300	

Тривимірна модель показана на рисунку 1.2.

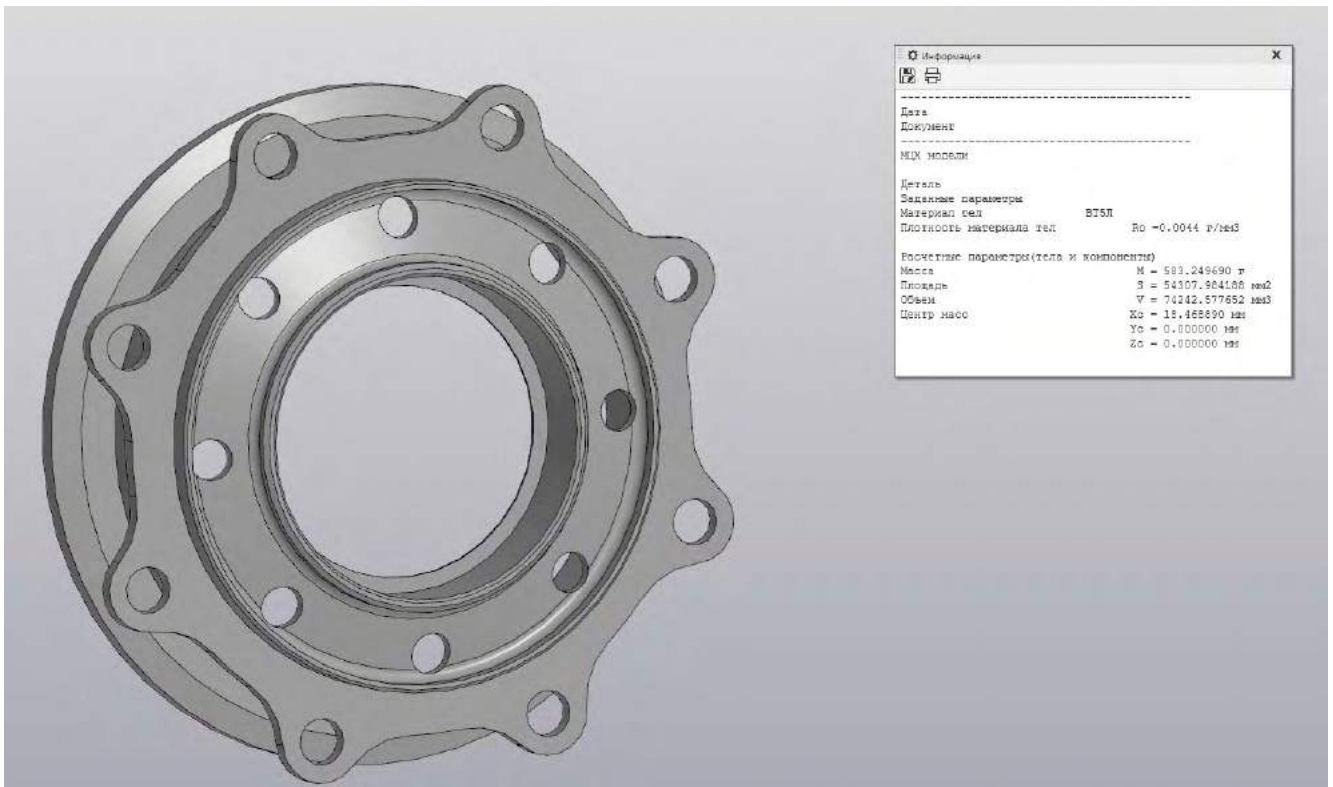


Рисунок 1.2 – Тривимірна модель перехідник регулятора

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані

річна програма випуску..... $N = 5000$ шт.

маса деталі..... $q = 0,583$ кг

Розробка технологічного процесу обробки залежить від типу виробництва і форми його організації.

Тип виробництва визначають за широтою номенклатури, регулярності і стабільності випуску виробів. Попередньо, враховуючи масу деталі і програму випуску приймаю крупносерійним тип виробництва.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi} \quad (1.1)$$

где a – периодичность запуска (2 раза в неделю);

Φ – число рабочих дней в году (250 дней).

$$n = \frac{2 \cdot 5000}{250} = 40 \text{ шт.}$$

Операції на робочих містах виконуються рівномірно та повністю завантажені одними й тими ж операціями та виробництво поточне.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Метод отримання заготовки залежить від конструктивної форми деталі і умов роботи. Будь-яка заготовка виготовляється з припуском, який представляє собою шар металу, що підлягає в процесі обробки видалення, ніж забезпечуються необхідні розміри, клас точності і величини шорсткості поверхні. Встановлення оптимальних припусків є найважливішим завданням при проектуванні технологічного процесу.

Щодо перехіднику регулятора, оптимальними є заготовки, отримані литтям, т. к. матеріал – титановий сплав ВТ5-Л. До даної деталі висувають високі вимоги за механічними властивостями, макроструктуру, залишковим напруженням. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані центробіжним литтям та литтям за витоплюваними моделями.

Остаточний вибір методу отримання заготовки проводиться на підставі економічного розрахунку шляхом порівняння собівартості деталей, отриманих різними методами.

Визначаємо припуски і розрахуємо масу заготовки, отриману будь-яким способом.

Центробіжне лиття.

Попередньо визначаємо розміри заготовки (рисунок 1.3) (1, табл 1.2 стр. 11)

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{C_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (1.2)$$

де C_B -базова собівартість 1т заготовки, $C_B=25000$ гр/т;

Q -маса заготовки, $Q=2,05$ кг;

q -маса деталі, $q=0,58$ кг;

K_T - коефіцієнт, що враховує клас точності $K_T=1$;

K_M - коефіцієнт, враховує марку матеріалу $K_M=2,4$;

K_B - коефіцієнт, враховує масу заготовки $K_B=1$;

Кп - коефіцієнт, враховує програму випуску Кп=0,5;

С_{отх} - собівартість 1т стружки, С_{отх}=1400/т.

$$C_1 = \frac{25000}{1000} \times 2,05 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (2,05 - 0,58) \times \frac{1400}{1000} = 59,44 \text{ грн}$$

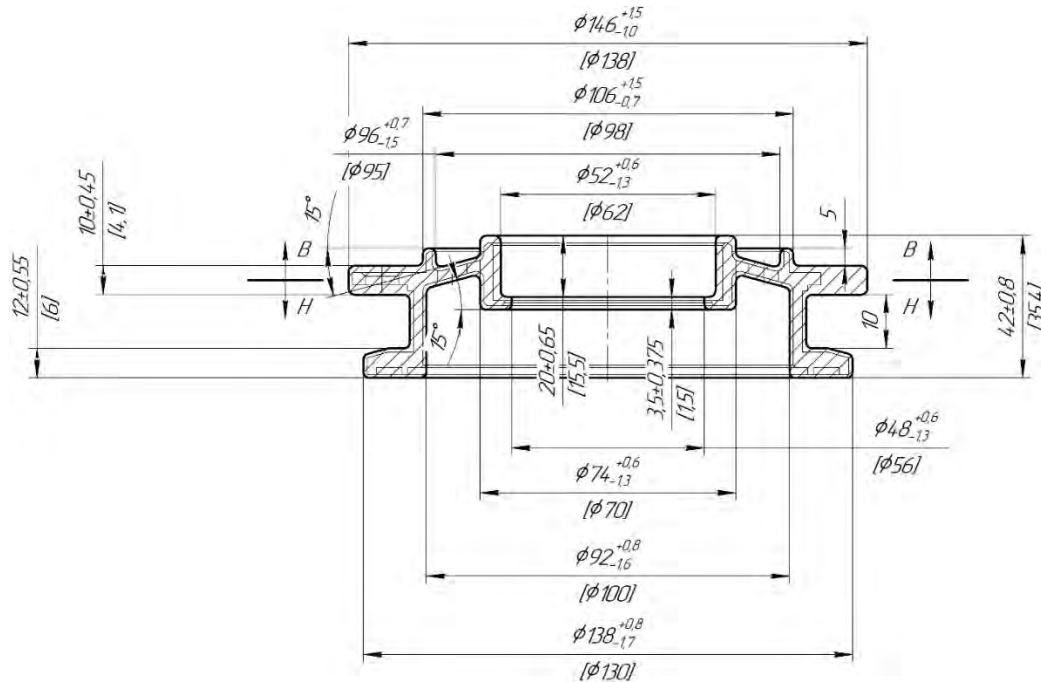


Рисунок 1.3 – Рисунок заготовки, що отримана «центробіжним литтям»

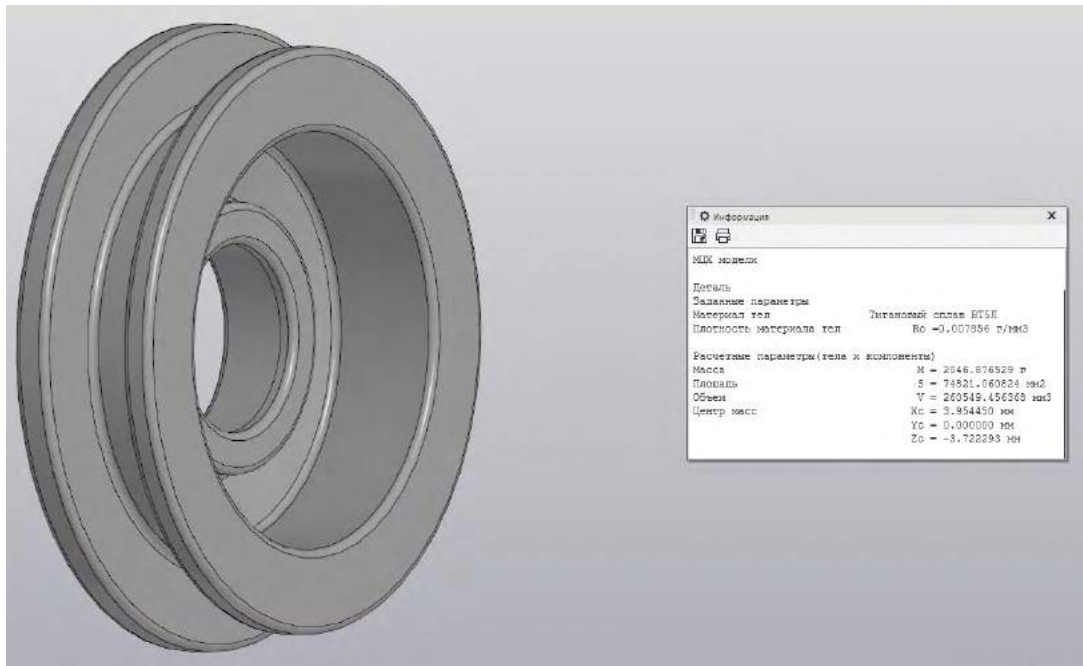


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель заготовки, що отримана «центробіжним ЛИТТЯМ»

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q}; \quad (1.3)$$

де $q = 3$ кг – маса деталі;

$Q = 5,58$ кг – маса заготовки;

$$K_{\text{им}} = \frac{0,58}{2,05} = 0,28$$

Лиття за витоплюваними моделями

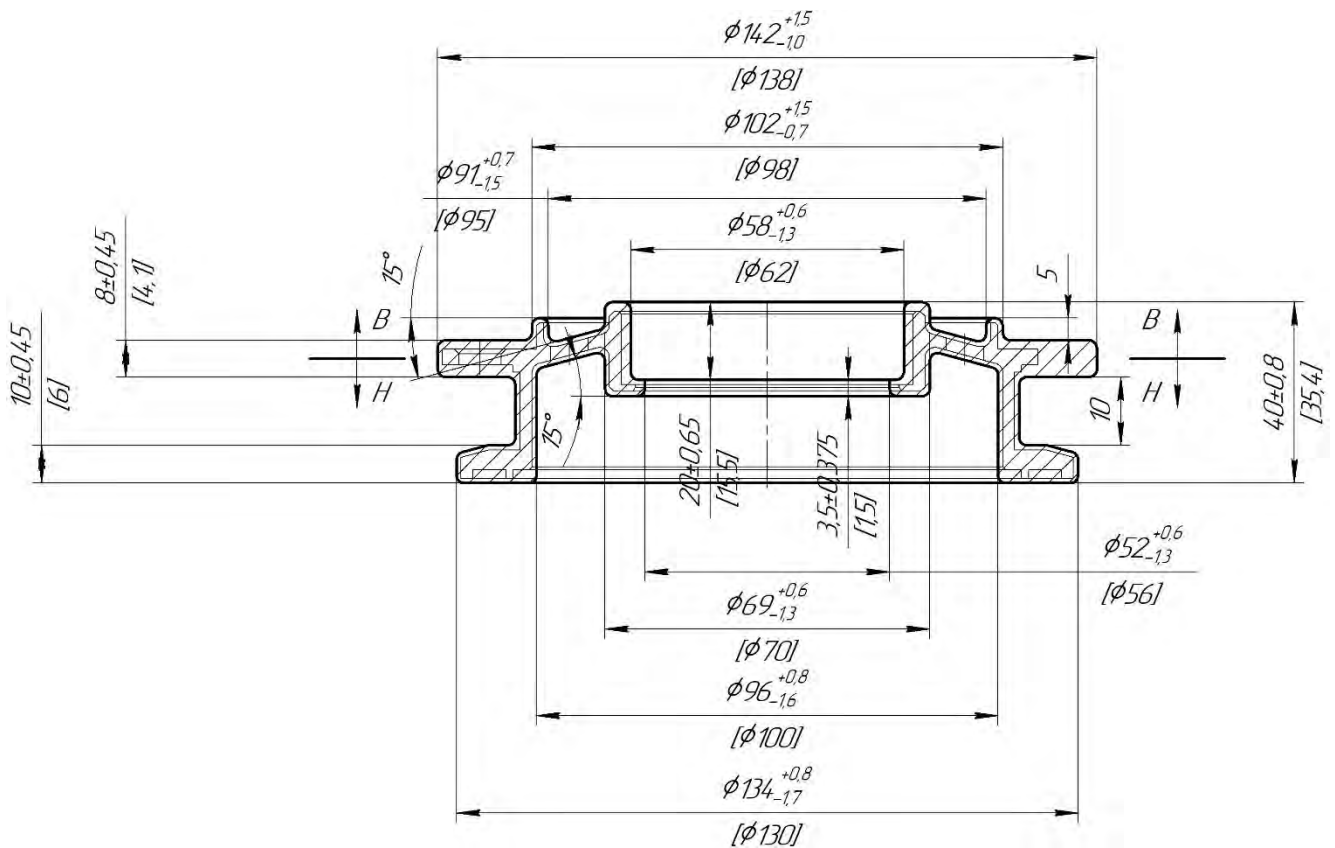


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки, що отримана литтям за витоплюваними моделями

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_2 = \frac{25000}{1000} \times 1,38 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (1,38 - 0,58) \times \frac{1400}{1000} = 40,28 \text{ грн}$$

где $K_B=1$; $K_M=2,5$; $K_P=0,5$; $K_T=1$; $C_6=26000$ грн/т; $q=0,58$ кг; $Q=1,38$ кг; $S_{отх}=1400$ грн/т.

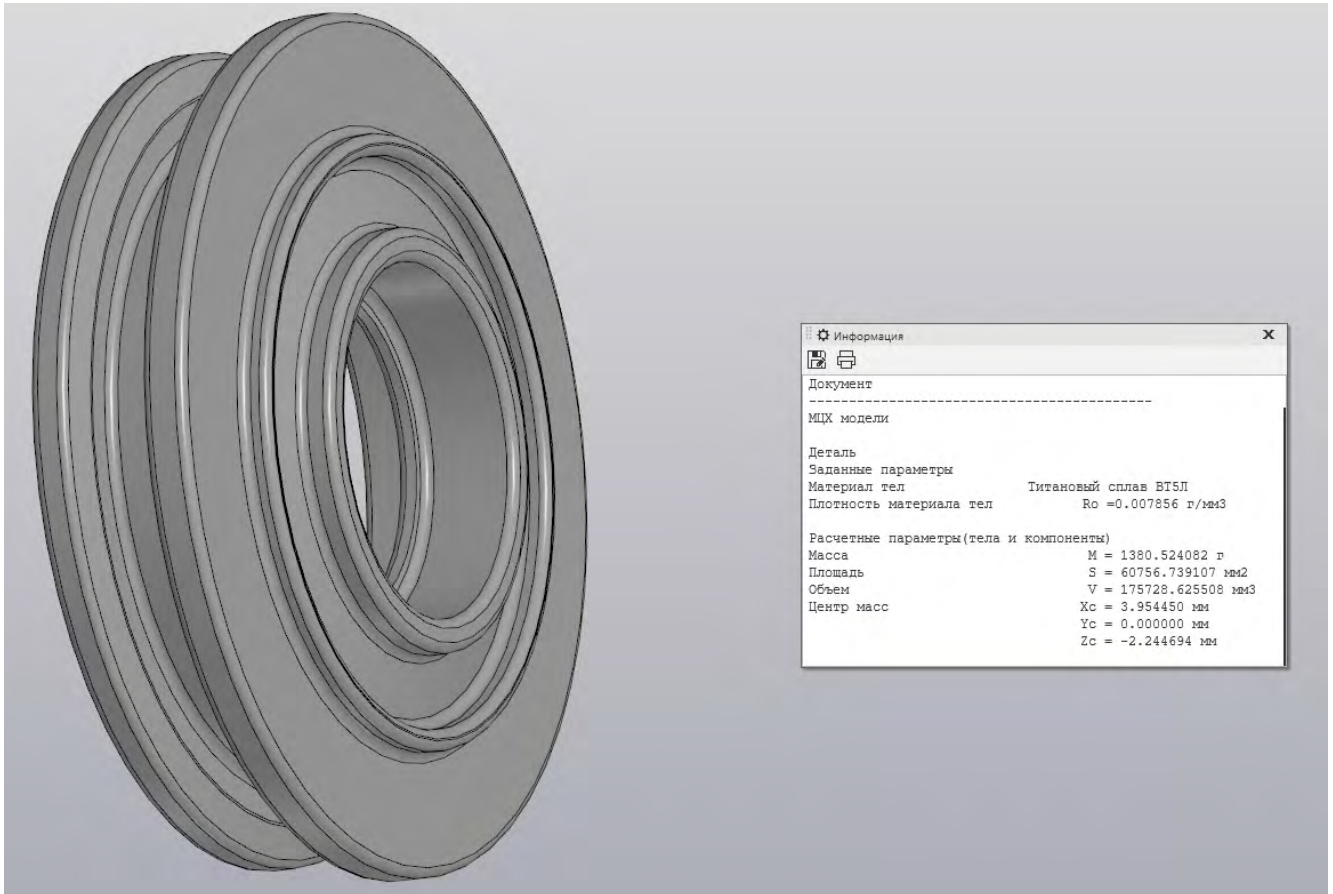


Рисунок 1.6 – Тривимірна модель заготовки, що отримана «штамповкою на КГШП»

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{им}} = \frac{0,58}{1,38} = 0,42$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-м варіанті $C_1 = 59,44$ грн; во 2-м варіанті $C_2 = 40,28$ грн; $C_1 > C_2$; $K_{\text{им}1} < K_{\text{им}2}$

Таблиця 1.3 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Центробіжне лиття	Лиття за витоплюваними моделями
Маса деталі	q	кг	2,05	1,38
Маса заготовки	Q	кг	0,58	0,58
Коефіцієнт використання матеріала	η	—	0,28	0,42
Базова ціна 1т заготовок	B _б	Грн.	25000	26000
Коефіцієнти	K _в		1	1
	K _м		2.4	2.5
	K _п		1	1
	K _т		0.5	0.5
Ціна 1т стружки	B _{отх.}	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	59,44	40,28

Витрати при литті за витоплюваними моделями нижче, а значить, цей вид заготовки економічно вигідніше.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Матеріал задовільно обробляється різанням. Деталь складної форми, тіло обертання. Чи не жорстка - тонкостінна, є наскрізні отвори.

Виконуємо якісну оцінку:

- а) деталь має геометричну форму середньої складності;
 - б) деталь має жорстку конструкцію;
 - в) деталь нормальної точності;
 - г) уніфіковані елементи: радіусу і фаски, виконані з урахуванням можливості обробки;
 - д) деталь можна обробляти звичайним інструментом;
 - ж) всі поверхні доступні для обробки;
- Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{uz} = \frac{q}{Q} = \frac{0,58}{1,38} = 0,42 < 0,8 \quad (1.4)$$

где q – маса деталі, Q – маса заготовки.

По цьому показнику деталь не технологічна.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э} > 0,6, \quad (1.5)$$

де $K_{y.э.}$ – коефіцієнт уніфікації;

$Q_{y.э.}$, $Q_э.$ – відповідно кількість уніфікованих елементів та загальна кількість елементів.

$$K_{y.э.} = \frac{29}{39} = 0,74 > 0,6$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності визначається за формулою:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} > 0,8, \quad (1.6)$$

де $K_{то}$ – коефіцієнт точності;

$A_{ср}$ – середній квалітет точності визначається за формулою

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{11,7} = 0,91 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}} < 0,32, \quad (1.7)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості;

$B_{ср}$ – середній квалітет шорсткості визначається за формулою

$$K_{ш} = \frac{1}{4,78} = 0,21 < 0,32$$

З цим показником деталь технологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки деталі (МОП) - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхонь заготовки, необхідних для досягнення заданих показників точності і якості цих поверхонь в цій деталі. МОП є технологічною основою технології механічної обробки, тому що саме в МОП, в технологічних переходах закладають механічні, хіміко - термічні і т. П. Процеси впливу на поверхню заготовки. МОП необхідний для компонування операцій ТП, розробки схем групових налагоджень і налаштувань.

Для поверхні Ø98h6 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 2,2$ мм, шорсткість деталі $R_a = 1,25$ мкм, допуск $Td = 0,022$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{2,2}{0,022} = 100 \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{1,25} = 20 \quad (1.9)$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d = 2 \cdot \lg 100 = 4 \quad (1.10)$$

Приймаємо $k = 4$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT16 - IT6 = 10 = 3 + 3 + 2 + 2$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT16 - IT13 - IT10 - IT8 - IT6$

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготовокна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл .1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{2,2}{0,81} = 2,72$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{10} = 2,5$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні Ø62H7 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,9$ мм, шорсткість деталі $R_a = 1,25$ мкм, допуск $Td = 0,03$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{1,9}{0,03} = 63,33 \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{1,25} = 20 \quad (1.12)$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник шорсткості, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot \lg 63,33 = 3,6 \quad (1.13)$$

Приймаємо $k=4$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT=IT16-IT6=10=3+3+2+2$

Встановлюємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT10-IT8-IT6

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготовокна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл .1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{1,9}{0,81} = 2,34$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{12,5} = 2$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

1.4.3 План виготовлення деталі.

Технологічний процес виготовлення перехіднику регулятора складається з різноманітних операцій, серед них токарні, свердлильні операції, фрезерно-свердлильні операції, шліфувальні операції, є деяка кількість слюсарних операцій і спеціальні операції.

Маршрут виготовлення деталі перехідник регулятора показаний на кресленні формату А1.

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 98h6(-0,022)$

Прийняті позначення: h_{i-1} – глибина дефектного слою матеріалу від попередньої операції; ρ_i – похибки форми та взаємного розташування поверхонь на попередній операції; ε_i – похибки установки на виконуємому переході.

Для заготовки нормативні значення $Rz=100\text{мкм}$ и $h=200\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як сумму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{\text{см}}$ та короблення $\rho_{\text{кор}}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво): $\rho_{\text{см}}=600\text{мкм}$, $\rho_{\text{кор}}=\Delta_k \times l=3 \times 78=234\text{мкм}=0,234\text{мм}$.

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{600^2 + 234^2} = 644,02\text{мкм} = 0,644\text{мм} \quad (1.14)$$

Отримані значення заносимо в таблицю 3.1.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h : $Rz_2=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1=0.06 \times 644=38,64\text{мкм}=0,038\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою 1.11:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25\sqrt{3,6^2 + 1} = 0,934\text{мм} = 934\text{мкм} \quad (1.15)$$

де $Td_{\text{заг}}=3,6\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_3=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3= 1,93\text{мкм}$, $\varepsilon_3=56,04\text{мкм}$.

Для точення чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_4=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,8\text{мкм}$.

Для шліфування нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_3=5\text{мкм}$,
 $h_3=5\text{мкм}$, $\rho_3= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2[50 + 50 + \sqrt{(644^2 + 934^2)}] = 2469\text{мкм} = 2,469\text{мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\min} = 2[25 + 25 + \sqrt{(38,64^2 + 56,04^2)}] = 236,1\text{мкм} = 0,236\text{мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,93^2 + 2,8^2)}] = 46,8\text{мкм} = 0,046\text{мм}$$

Для шліфування чистового:

$$2Z_{4\min} = 2[5 + 5 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 20\text{мкм} = 0,02\text{мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{НОМ}} + \text{eid}_5 = 98 + (-0,022) = 97,978\text{мм} \quad (1.16)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.17)$$

$$\begin{aligned}
d_4^{\min} &= d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 97,978 + 0,02 = 97,998 \text{ мм}; \\
d_3^{\min} &= d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 97,998 + 0,046 = 98,044 \text{ мм}; \\
d_2^{\min} &= d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 98,044 + 0,236 = 98,28 \text{ мм}; \\
d_1^{\min} &= d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 98,28 + 2,469 = 100,749 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$\begin{aligned}
d_i^{\max} &= d_i^{\min} + Td_i \quad (1.18) \\
d_5^{\max} &= d_5^{\min} + Td_5 = 97,978 + 0,022 = 98 \text{ мм}; \\
d_4^{\max} &= d_4^{\min} + Td_4 = 97,998 + 0,08 = 98,068 \text{ мм}; \\
d_3^{\max} &= d_3^{\min} + Td_3 = 98,044 + 0,34 = 98,384 \text{ мм}; \\
d_2^{\max} &= d_2^{\min} + Td_2 = 98,28 + 0,81 = 99,09 \text{ мм}; \\
d_1^{\max} &= d_1^{\min} + Td_1 = 100,749 + 2,2 = 102,949 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$\begin{aligned}
2z_i^{\max} &= d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.19) \\
2z_2^{\max} &= d_1^{\max} - d_2^{\max} = 102,949 - 99,09 = 3,859 \text{ мм}; \\
2z_3^{\max} &= d_2^{\max} - d_3^{\max} = 99,09 - 98,384 = 0,706 \text{ мм}; \\
2z_4^{\max} &= d_3^{\max} - d_4^{\max} = 98,384 - 98,068 = 0,316 \text{ мм}; \\
2z_5^{\max} &= d_4^{\max} - d_5^{\max} = 98,068 - 98 = 0,068 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

$$\begin{aligned}
2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\
4971 - 2749 &= 2200 + 22
\end{aligned}$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{мін}} + ei_1 = 100,75 + 0,7 = 101,45 \text{ мм}$$

Исполнительный размер заготовки будет равен: $\varnothing 101,5_{-0,7}^{+1,5}$
исполнительные размеры по другим переходам выполняем в системе «вала»,
то есть за номинальный размер принимается максимальное значение размера

поверхности минус допуск на обработку как нижнее отклонение, все данные заносим в таблицу 1.5.

На внутрішню діаметральну поверхню припуски розраховуємо табличним методом та данні розрахунків заносимо у таблицю 1.5.

Таблица 1.5 – Розрахунок припусків

№ Пов.	Переход	Элементы припуска, мкм				Розрахунокный		Допуск, мм	Макс. размер, мм	Миним. размер, мм	Припуск на обработку, мкм		Исполнит. размер, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мин. припуск, мкм	Размер, мм				2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø98h6 (_{-0,022})	Заготовка	100	200	644	-	-	100,749	2,2	102,949	100,749	-	-	Ø101,5 ^{+1,5 -0,7}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.	50	50	38,64	934	2469	98,28	0,81	99,09	98,28	3859	2469	Ø99,1 _{-0,81}
	Точ. п/чист	25	25	1,93	56,04	236	98,044	0,34	98,384	98,044	706	236	Ø98,4 _{-0,34}
	Точ. чист	10	10	0	2,8	46	97,998	0,08	98,068	97,998	316	46	Ø98,07 _{-0,08}
	Шлиф.	5	5	0	0	20	97,978	0,022	98	97,978	68	20	Ø98 _{-0,022}
Ø62H6 (^{+0,03})	Заготовка					-	55,75	1,9	57,65	55,75	-	-	Ø57 ^{+0,6 -1,3}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.					2500	60,15	0,81	60,98	60,15	5230	2500	Ø60,1 ^{+0,81}
	Точ. п/чист					420	61,38	0,24	61,62	61,38	1470	420	Ø61,4 ^{+0,24}
	Точ. чист					200	61,82	0,1	61,92	61,82	540	200	Ø61,8 ^{+0,1}
	Шлиф.					80	62	0,03	62,03	62	210	80	Ø62 ^{+0,03}

$K_{S\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму обраблюваної поверхні, $K_{S\Phi}=0,7$;

K_{S3} – коефіцієнт, що враховує вплив закалки, $K_{S3}=0,8$;

$K_{SЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{SЖ}=0,83$;

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує матеріал обраблюваної поверхні, $K_{SM}=1,0$.

$$K_{S_o} = 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,0 = 0,46$$

$$S_o = 0,2 \times 0,46 = 0,092 \approx 0,1 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.22)$$

$$K_V = K_{VM} \times K_{VI} \times K_{V\Phi} \times K_{VT} \times K_{VЖ} \times K_{V\Pi} \times K_{VO} \quad (1.23)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=44 \text{ м/хв}$, (3, т.36, стр. 243);

K_V – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

K_{VM} – коефіцієнт обробляемого матеріалу, $K_{VM}=0,8$;

K_{VI} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{VI}=1,0$;

$K_{V\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{V\Phi}=0,81$;

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{VT}=0,75$;

$K_{VЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{VЖ}=0,82$;

$K_{V\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан обробляемої поверхні, $K_{V\Pi}=1,0$;

K_{VO} – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР, $K_{VO}=1,0$.

$$k_v = 0,8 \times 1,0 \times 0,81 \times 0,75 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0 = 0,4$$

$$V = 44 \times 0,4 = 17,6 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.24)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 17,6}{3,14 \times 108} = 51,9 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=50 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 50 \times 108}{1000} = 16,9 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.25)$$

где, C_p – коефіцієнт, що враховує умови обробки. $C_p = 204$ (2, т.22, стр.273)

x, y, n – показники степені, що враховують умови обробки.

$n=0; x=1,0; y=0,75$; (2, т.22, стр.273)

k_p – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{qv} \cdot k_{yv} \cdot k_{lv} \cdot k_{rv}, \quad (1.26)$$

де, k_{mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюємого матеріалу

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1,31$$

$k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів режущої частини інструменту $k_{\varphi p}=1,08, k_{\gamma p}=1,15, k_{\lambda p}=1,0, k_{rp}=0,93$, (2, т. 23, стр.275)

$$k_p = 1,31 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,0 \times 0,93 = 1,51$$

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,0^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 16,9^0 \times 1,51 = 547,78 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.27)$$

де, P_z – сила різання, Н

V – швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{547,78 \times 16,9}{1020 \times 60} = 0,15 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 0,15 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Переход 2 – точити поверхню 5,6,7,12

Інструмент – різець канавочний з пластиною з твердого сплава Т5К10

Глибина різання $t_1=2$ мм

Подача:

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.28)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{II}} \times K_{S_{II}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{ж}} \times K_{S_M} \quad (1.29)$$

де $S_{o_T} = 0,3$ мм/об (3, т.26, стр. 237);

$K_{S_{II}}$ – коефіцієнт, що враховує стан обраблюваної поверхні, $K_{S_{II}}=1,0$;

$K_{S_{II}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{S_{II}}=1,0$;

$K_{S_{\phi}}$ – коефіцієнт, що враховує форму обраблюваної поверхні, $K_{S_{\phi}}=0,7$;

K_{S_3} – коефіцієнт, що враховує вплив закалки, $K_{S_3}=0,8$;

$K_{S_{ж}}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{S_{ж}}=0,83$;

K_{S_M} – коефіцієнт, що враховує матеріал обраблюваної поверхні, $K_{S_M}=1,0$.

$$K_{S_o} = 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,0 = 0,46$$

$$S_o = 0,2 \times 0,46 = 0,09 \approx 0,1 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість резання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.30)$$

$$K_V = K_{V_M} \times K_{V_{II}} \times K_{V_{\phi}} \times K_{V_T} \times K_{V_{ж}} \times K_{V_{II}} \times K_{V_O} \quad (1.31)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=64$ м/хв, (3, т.36, стр. 243);

K_V – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

K_{V_M} – коефіцієнт обробляемого матеріалу, $K_{V_M}=0,8$;

$K_{V_{II}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{V_{II}}=1,0$;

$K_{V_{\phi}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{V_{\phi}}=0,81$;

K_{V_T} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{V_T}=0,75$;

$K_{V_{ж}}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи,

$K_{V_{ж}}=0,82$;

$K_{V_{II}}$ – коефіцієнт, що враховує стан обробляваної поверхні, $K_{V_{II}}=1,0$;

K_{V_O} – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР, $K_{V_O}=1,0$.

$$K_V = 0,8 \times 1,0 \times 0,81 \times 0,75 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0 = 0,4$$

$$V = 64 \times 0,4 = 25,6 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.32)$$

де, V – швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 25,6}{3,14 \times 100} = 81,5 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=80 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 80 \times 100}{1000} = 25,12 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.33)$$

де, C_p – коефіцієнт, що враховує умови обробки. $C_p=204$ (2, т.22, стр.273)

x, y, n – показники степені, що враховують умови обробки.

$n=0; x=1,0; y=0,75$; (2, т.22, стр.273)

k_p – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{qv} \cdot k_{yv} \cdot k_{lv} \cdot k_{rv}, \quad (1.34)$$

де, k_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблююмого матеріалу

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1.31$$

$k_{fp}, k_{yp}, k_{lp}, k_{rp}$ - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів режучої частини інструменту $k_{fp}=1,08, k_{yp}=1,15, k_{lp}=1,0, k_{rp}=0.93$, (2, т. 23, стр.275)

$$k_p = 1,31 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,0 \times 0,93 = 1,51$$

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,0^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 25,12^0 \times 1,51 = 547,78 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.35)$$

де, P_z - сила резання, Н

V - швидкість резання, м/хв

$$N = \frac{547,78 \times 25,12}{1020 \times 60} = 0,22 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 0,12 \text{ кВт} \leq N_{\text{СТ}} = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машиний час

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.36)$$

де, l - довжина оброблюємої поверхні, $l = 27,4$ мм

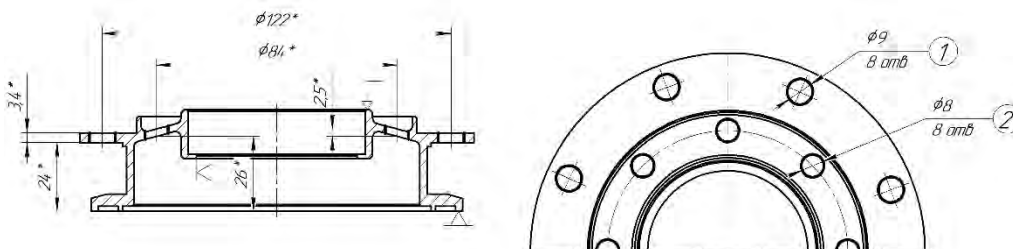
y - величина врезання, мм $y = 3$ мм;

Δ - величина перебігу інструменту, $\Delta = 3$ мм

$$T_0 = \frac{26,5 + 3 + 3}{50 \times 0,1} + \frac{51,3 + 3 + 3}{100 \times 0,1} = 12,23 \text{ мин}$$

Свердлильна операція №50

$\sqrt{Ra\ 5}$



* розмір для довідок

Рисунок 1.5 - Операційний ескіз – операція № 050

Верстат: Радіально-свердлильний с Knuth KSB 40

Перший перехід

Поверхня $\varnothing 9$ $L = 3,4$ мм $Ra = 5$ мкм;

Інструмент: Свердло спіральне $\varnothing 9$ мм, $L = 20$ мм, P6M5, ГОСТ12121-77

Свердлить відповідно ескізу сорок чотири отвора (рис. 1.5):

Довжина робочого ходу

$$Lp = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (3,4 + 5,4) = 17,6 \text{ мм}$$

де l -довжина свердління $l=3,4$ мм;

$y=0,6d_{\text{св}}$ –врезання, мм;

де $d_{\text{св}}$ -діаметр свердла, мм;

Глибина різання: $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{9}{2} = 4,5$ мм.

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_0 = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,09 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_0 = 0,1$ мм/об

Швидкість різання розраховуємо по формулі:

$$v_0 = v_m \times k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_{\phi v} \times k_{\phi 1v} \times k_r \quad (1.37)$$

$$v_0 = 4,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \times 1,03 = 1,6 \text{ м/хв}$$

де, k_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготівлі

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = 0,8 \times \left(\frac{750}{1061} \right)^1 = 0,55$$

k_r – коефіцієнт, що характеризує групу стали. $k_r=0,8$ (4, т. 2, стор.262);

σ_b - тимчасовий опір розриву, МПа. $\sigma_b=1061$ МПа;

n_v - показник степені, $n_v=1,0$ (4, т. 2, стор.262);

k_{nv} – коефіцієнт, що характеризує стан поверхні $k_{nv}=0,8$;

k_{uv} – коефіцієнт, що характеризує матеріал інструменту $k_{uv}=1,0$ (4, т. 6, стор.263);

$k_{\phi v}$, $k_{\phi 1v}$, k_{rv} , - коефіцієнти, що характеризують геометричні параметри інструменту $k_{\phi v}=1,0$, $k_{\phi 1v}=0,94$, $k_{rv}=1,03$ (4, т. 23, стор.275).

Частота обертання деталі по формулі:

$$n = \frac{1000 \times 1,6}{3,14 \times 9} = 56,6 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=55$ об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 9 \times 55}{1000} = 1,55 \text{ м/хв}$$

Крутячий момент,

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.38)$$

$$C_M = 0,041; \quad q = 2; \quad y = 0,7 \quad K_P = 1,04 \quad [3, \text{таблиця.32, стор.281}]$$

$$M_{KP} = 10 \times 0,041 \times 9^2 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 6,89 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила, Н

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P$$

$$C_P = 143; \quad q = 1; \quad y = 0,7; \quad K_P = 1,04 \quad [3, \text{таблиця.32, стор.281}]$$

$$P_O = 10 \times 87 \times 9^1 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 1624,78 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт

$$N_3 = \frac{6,89 \times 55}{9750} = 0,04 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час:

$$t_O = \frac{l + l_1}{n \cdot S} \cdot i$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l = 126,8 \text{ мм}$

l_1 – довжина врізання і перебігу інструменту $l_1 = 3,5 \text{ мм}$, [5, к.43, стор.282]

i – кількість проходів, $i = 1$

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв

S – подання інструменту, мм/об

$$t_{02} = \left(\frac{17,6}{55 \times 0,1} \right) \times 9 = 28,8 \text{ хв}$$

Другий перехід

Поверхня $\varnothing 8$ $L = 2,5 \text{ мм}$ $Ra = 5 \text{ мкм}$;

Інструмент: Свердло спіральне $\varnothing 8 \text{ мм}$, $L = 20 \text{ мм}$, Р6М5, ГОСТ12121-77

Свердлить відповідно ескізу сорок чотири отвора (рис. 1.5):

Довжина робочого ходу

$$Lp = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (2,5 + 4,8) = 14,6 \text{ мм}$$

де l -довжина свердління $l=3,4$ мм;

$y=0,6d_{\text{св}}$ –врезання, мм;

де $d_{\text{св}}$ -діаметр свердла, мм;

Глибина різання: $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ мм}$.

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_0 = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,09 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_0 = 0,1 \text{ мм/об}$

Швидкість різання розраховуємо по формулі:

$$v_0 = v_m \times k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_{\phi v} \times k_{\phi 1v} \times k_r \quad (1.37)$$

$$v_0 = 4,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \times 1,03 = 1,6 \text{ м/хв}$$

де, k_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовлі

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = 0,8 \times \left(\frac{750}{1061} \right)^1 = 0,55$$

k_r – коефіцієнт, що характеризує групу стали. $k_r=0,8$ (4, т. 2, стор.262);

σ_b - тимчасовий опір розриву, МПа. $\sigma_b=1061$ МПа;

n_v - показник степені, $n_v=1,0$ (4, т. 2, стор.262);

k_{nv} – коефіцієнт, що характеризує стан поверхні $k_{nv}=0,8$;

k_{uv} – коефіцієнт, що характеризує матеріал інструменту $k_{uv}=1,0$ (4, т. 6, стор.263);

$k_{\phi v}$, $k_{\phi 1v}$, k_{rv} , - коефіцієнти, що характеризують геометричні параметри інструменту $k_{\phi v}=1,0$, $k_{\phi 1v}=0,94$, $k_{rv}=1,03$ (4, т. 23, стор.275).

Частота обертання деталі по формулі:

$$n = \frac{1000 \times 1,6}{3,14 \times 8} = 63,69 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=65 \text{ об/хв}$.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 8 \times 65}{1000} = 1,63 \text{ м/хв}$$

Крутячий момент,

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.38)$$

$$C_M = 0,041; \quad q = 2; \quad y = 0,7 \quad K_p = 1,04 \quad [3, \text{таблиця.32, стор.281}]$$

$$M_{KP} = 10 \times 0,041 \times 8^2 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 0,21 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила, Н

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$$C_p = 143; \quad q = 1; \quad y = 0,7; \quad K_p = 1,04 \quad [3, \text{таблиця.32, стор.281}]$$

$$P_o = 10 \times 87 \times 8^1 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 1444,25 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт

$$N_{\text{э}} = \frac{0,21 \times 65}{9750} = 0,01 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час:

$$t_o = \frac{l + l_1}{n \cdot S} \cdot i$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l = 126,8 \text{ мм}$

l_1 – довжина врізання і перебігу інструменту $l_1 = 3,5 \text{ мм}$, [5, к.43, стор.282]

i – кількість проходів, $i = 1$

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв

S – подання інструменту, мм/об

$$t_{02} = \left(\frac{14,6}{65 \times 0,1} \right) \times 9 = 20,2 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (055)

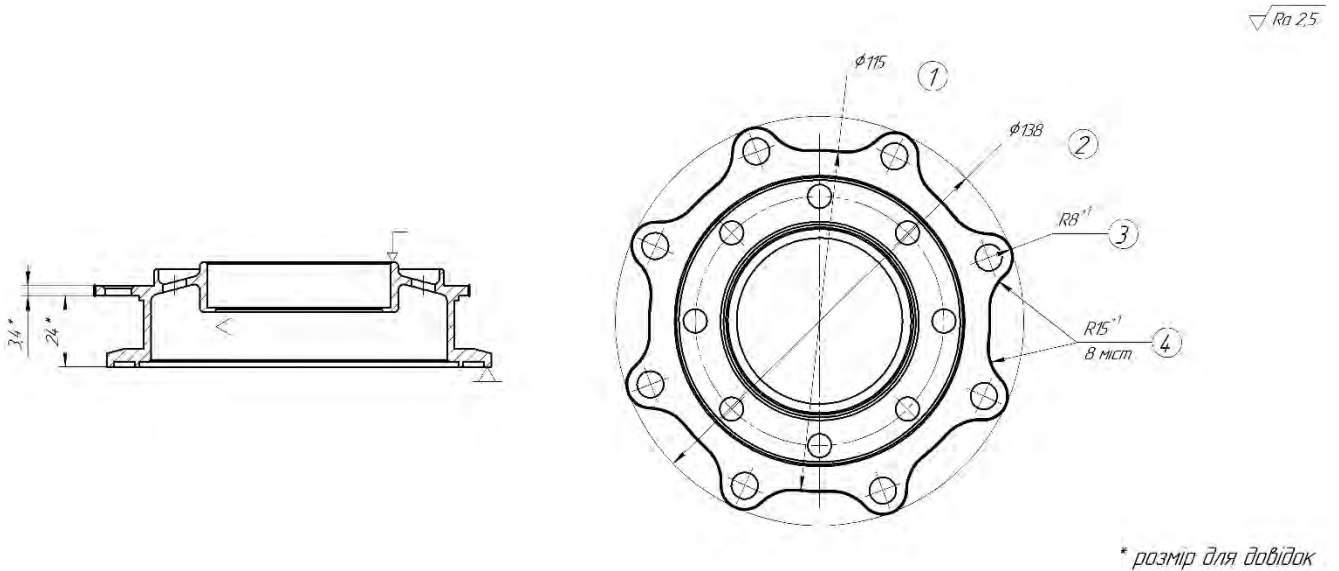


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Режучий інструмент:

Фреза концева Ø30 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_z = S_{zT} \cdot K_{sz} \quad (1.39)$$

де $S_z = 0,07$ мм/зуб – табличне значення подачі.

K_{so} – коефіцієнт, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи;

$$K_{sz} = K_{szH} \cdot K_{sz\phi} \cdot K_{szR} \quad (1.40)$$

де K_{szH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{szH} = 1$;

$K_{sz\phi}$ – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні, $K_{sz\phi} = 1$;

K_{szR} – коефіцієнт, що враховує клас чистоти, $K_{szR} = 0,5$;

$$S_z = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,035 \text{ мм / зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = V_m \cdot K_v \quad (1.41)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання

K_v – коефіцієнт, що враховує ряд конкретних умов обробки

$$K_v = K_{vM} \cdot K_{vH} \cdot K_{vO} \cdot K_{vII} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vB} \quad (1.42)$$

де K_{VM} – коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу;

K_{Vn} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$K_{V\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{VB} – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування

$$V_m = 3,6 \text{ м/хв}$$

$$K_{VM}=0,81; K_{Vn} = 1; K_{Vo}=1; K_{V\Phi} = 1; K_{Vi}=1; K_{VB} = 1.$$

$$V=3,6 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,92 \text{ м/хв}$$

Обороти:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 2,95}{3,14 \cdot 30} = 31,3 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=30$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 30}{1000} = 2,82 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі:

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot z \cdot n_d, \text{ мм/хв}$$

$$S_{\text{мин}} = 0,035 \cdot 4 \cdot 30 = 0,42 \text{ мм/хв}$$

Згідно з довідником [6], стор.522, карті 5 залежно від модуля і подачі, потрібна на різання потужність $N_H=0,8$ кВт.

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.37)$$

де $K_M=1$ – поправочний коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу;

$K_W=1,64$ – поправочний коефіцієнт, залежний від кількості осьових переміщень;

$K_K=1,1$ – поправочний коефіцієнт, залежний від кількості заходів фрези;

$K_\beta=1$ – поправочний коефіцієнт, залежний від кута нахилу зубів коліс;

$$N_{\text{рез}} = 1,44 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 7 \text{ кВт}.$$

Ефективна потужність, потрібна на різання, нижче потужності електродвигуна, що задовольняє умовам різання.

Визначаємо машинний час

$$T_0 = \frac{l+y+\Delta}{n \cdot S_0 \cdot Z} = \frac{433+3+3}{30 \times 0,035 \times 4} = 104,5 \text{ хв};$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=433$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

Δ – величина перебігання інструменту, $\Delta=3$ мм;

Z – число зубів фрези, $z=4$.

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (65)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

ПВ 300×2.8×127 63С 25 СМ1 К 35м/с 1кл ГОСТ 2424-88

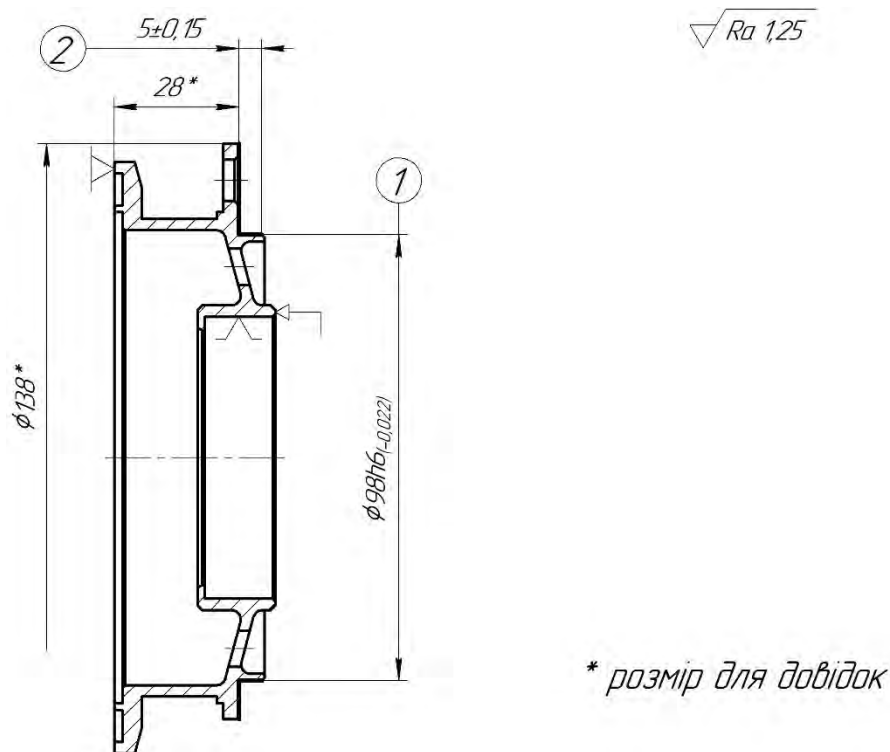


Рисунок 1.15 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 65.

Припуск на обробку поверхонь $h = 0,03\text{мм}$, [4, табл. 160, стор.343]

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга $V_{кр}$:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \quad (1.43)$$

де $n_{кр}$ - число обертів шпинделя шліфувального круга, $n_{кр} = 1590\text{об/мін}$;

D - діаметр круга, $D = 300\text{мм}$.

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 25 \text{ м/с} \leq 35\text{м/с}$$

Режими різання для поверхні 1.

Оброблюваний діаметр $D_d = 98$.

Швидкість деталі $V_d = 48 - 68\text{м/хв}$ [4,табл.161,стор.343], приймаємо $V_d = 48\text{м/хв}$.

Частота обертання деталі n_d :

$$n = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 98} = 155,9\text{об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d = 160\text{об/хв}$.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 98 \cdot 160}{1000} = 49,23\text{м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга S_t в мм/об

$$S_{tl} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.44)$$

де S_t – таблична радіальна подача круга, $S_t = 0,007\text{мм/об}$ [4,табл.163стор.346];

K_m – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_m = 0,38$;

K_D - коефіцієнт, що враховує діаметр круга, $K_D = 0,5$;

K_{V_k} - коефіцієнт, що враховує швидкість круга, $K_{V_k} = 1$;

K_t - коефіцієнт, що враховує стійкість круга, $K_t = 0,72$;

K_{IT} - коефіцієнт, що враховує точність обробки, $K_{IT} = 0,5$;

K_h - коефіцієнт, що враховує припуск на обробку, $K_h = 1$.

$$S_{tl} = 0,007 \times 0,38 \times 0,5 \times 1 \times 0,72 \times 0,5 \times 1 = 0,0005 \text{ мм/об},$$

Приймаємо радіальне подання $S_{tl}=0,001$ мм/об

Визначення радіальної хвилинної подачі S_{tm} мм/хв:

$$S_{tm} = S_{tl} \cdot n_d = 0,001 \cdot 160 = 0,16 \text{ мм/хв.}$$

Визначення потужності різання N :

$$N = \frac{N_{10} \cdot L_{акт}}{10} \quad (1.45)$$

де N_{10} - потужність на 10 мм активної поверхні круга, $N_{10}=0,43$, [5, к.8, стор.631],

$L_{акт}$ - довжина активної поверхні круга, оскільки $l_d < B_k$ то $L_{акт} = l_d = 4,2$ мм.

$$N = \frac{0,43 \cdot 4,2}{10} = 0,18 \text{ кВт}$$

Визначення основного(технологічного) часу:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.46)$$

де τ_2 - час сталого процесу, $\tau_2 = 0,19$, [5,к.12,стор.636],

τ_3 - час зачистки, $\tau_3 = 0,132$, [5,к.12,стор.637],

K - коефіцієнт, залежний від форми поверхні, $K=1$.

$$t_o = (0,19 + 0,132) \cdot 1 = 0,32 \text{ хв.}$$

1.7 Розрахунок технічної норми часу

У серійному виробництві нормою часу на операцію є штучно-калькуляційний час.

Штучно-калькуляційний час на операцію визначається по формулі:

$$t_{шт-к.} = \frac{t_{пз}}{n} + t_{шт.} \quad (1.47)$$

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.48)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв;

$t_{пз}$ - підготовчо-завершальний час, хв;

n – кількість деталей в партії, $n=40$ шт;

t_o – сумарний час на операцію, хв;

t_{ecn} – допоміжний час, хв;

$t_{обс}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

t_n – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (045)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 12,23$ хв

Допоміжний час:

$$t_{ecn} = t_{e.y} + t_{m.e.} \quad (1.49)$$

$t_{e.y.} = 0,1$ хв – час на установку і зняття деталі в патроні з ручним затиском (5, к.51, стор.138);

$t_{m.e.} = 0,19$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, таблиця.12, стор.605)

$$t_{ecn} = 0,1 + 0,19 = 0,29 \text{ хв}$$

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{n.y.} = t_o + t_{m.e.} = 12,23 + 0,29 = 12,52 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{n.y.} = 0,1 \cdot 12,52 = 1,25 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 10\% \cdot t_{n.y.} = 0,1 \cdot 12,52 = 1,25 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 12,52 + 1,25 + 1,25 = 15,02 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.50)$$

$T_{n-31} = 12$ хв – час на витрати по обслуговуванню верстата (6, стор.604)

$T_{n-32} = 6$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, таблиця.12, стор.606)

$$T_{n-3} = 12 + 6 = 18 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{18}{40} + 15,02 = 15,47 \text{ хв}$$

Технічне нормування на свердлувальну операцію (050)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 20,2$ хв

Допоміжний час:

$t_{6.у.} = 0,15$ хв – час на установку і зняття деталі (5, к.44, стор.288);

$t_{м.в.} = 0,16$ хв – час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, таблиця.12, стор.605)

$$t_{всп} = 0,16 + 0,15 = 0,31 \text{ хв}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у}$ дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{n.у.} = t_o + t_{м.в.} = 20,2 + 0,31 = 20,51 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{n.у.} = 0,08 \cdot 20,51 = 1,64 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 8\% \cdot t_{n.у.} = 0,08 \cdot 20,51 = 1,64 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 20,51 + 1,64 + 1,64 = 23,79 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32}$$

$T_{n-31} = 12$ хв – час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ(6, стор.604)

$T_{n-32} = 7$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, табл.12, стор.606),

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 23,79 = 24,26 \text{ хв}$$

Технічне нормування на фрезерну з ЧПК операцію (55)

Основний сумарний час на операцію 104,5 хв

Допоміжний час:

$t_{"0"} = 0,05$ мін - переміщення інструменту в «0» інструменту(5, до.34, стр.258);

$t_{с.б.} = 0,05$ мін - час пов'язаний зі зміною блоку(5, до.42, стр.394);

$t_{с.б.} = 0,05$ мін - час пов'язаний зі зміною блоку(5, до.42, стр.394);

$t_{в.у.} = 1,2$ мін - час на установку і зняття деталі в патроні з пневматичним затиском(5, до.51, стр.139);

$t_{м.в.} = 0,15$ мін - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні(5, до.60, стр.1525)

$$t_{всн} = 0,05 + 0,05 + 1,2 + 0,15 = 1,45 \text{ хв}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у.}$ рівно неповному оперативному часу роботи верстата :

$$t_{n.y.} = t_o. + t_{m.в.} = 104,5 + 0,16 = 104,66 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця :

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 104,66 = 8,37 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби :

$$t_n = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 104,66 = 8,37 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 104,5 + 0,16 + 8,37 + 8,37 = 121,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію:

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32}$$

Тп-31 =12 мін - час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ(5, до. 60, стор. 301);

Тп-32 =7 мін - час на витрати додаткові роботи, що враховують,(5, до. 60, стор. 301) :

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, мін

$$t_{um.-к.} = \frac{19}{40} + 121,4 = 121,87 \text{ хв}$$

Технічне нормування на круглошлифовальну операцію (70)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 0.32 \text{ хв}$

Допоміжний час:

$t_{уст} = t_{сн} = 0,1$ хв – установка на кінцеве розтискну оправку з пневмозатиском (5, к.16, стор.640)

$t_{пер} = 1,09$ хв – час, пов'язаний з переходами при шліфуванні зовнішніх циліндричних і торцевих поверхонь на круглошлифовальних верстатах (5, к.17-18, стор.641-643)

$t_{мех}$ – час технічного обслуговування робочого місця:

$$t_{мех} = \frac{t_{np} \cdot t_o \cdot 1,1}{T} = \frac{1,3 \cdot 0,32 \cdot 1,1}{7} = 0,06 \text{ хв}$$

де - $T=7$ – стійкість круга,

$t_{np} = 1,3$ хв – час правки круга (5, к.19, стор.644)

$$t_{сн} = 0,1 + 1,09 + 0,06 = 1,25 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$t_{оп.} = t_o. + t_{сн.} = 0,32 + 1,25 = 1,57 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 0,015 \cdot t_{оп.} = 0,015 \cdot 1,57 = 0,024 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_{отд} = 0,04 \cdot t_{оп.} = 0,04 \cdot 1,57 = 0,063 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = t_{оп.} + t_{обс.} + t_{отд.} = 1,57 + 0,024 + 0,063 = 1,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [5, к.20, стор.646]:
 $t_{пз} = 12$ хв.

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{12}{40} + 1,66 = 1,96 \text{ хв}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль

1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПУ АТПр 2М12СМ1. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Переход 1 – точити поверхні 1,2,3,4,8,9,10,11,13

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплава Т5К10

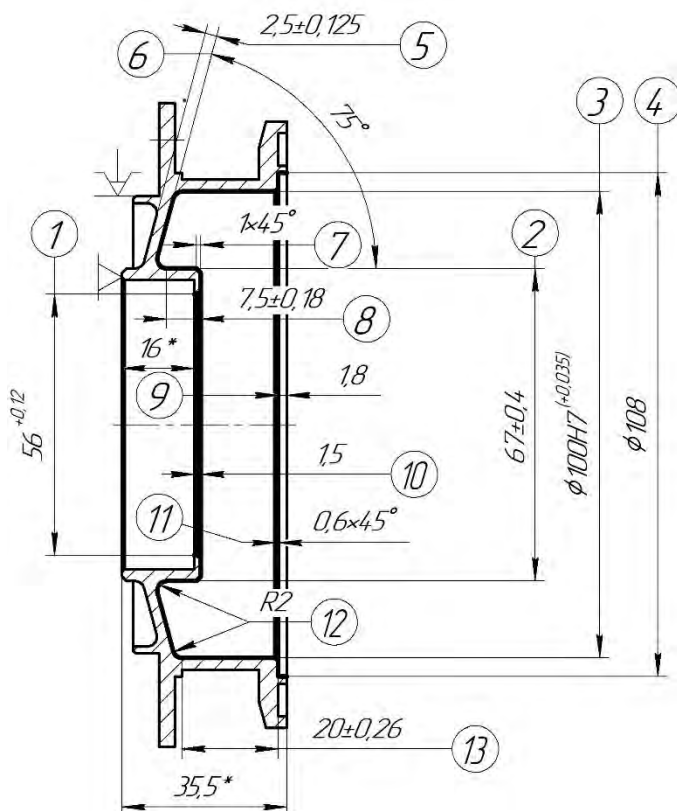
Переход 2 – точити поверхню 5,6,7,12

Інструмент – різець прохідний розточний з пластиною з твердого сплава Т5К10

Матеріал деталі – титановий сплав ВТ5Л

Операція 045 Токарна з ЧПК

$\sqrt{Ra\ 5}$



* розмір для довідок

Рисунок 1.16 – Ескиз операції №045 Токарна з ЧПУ

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

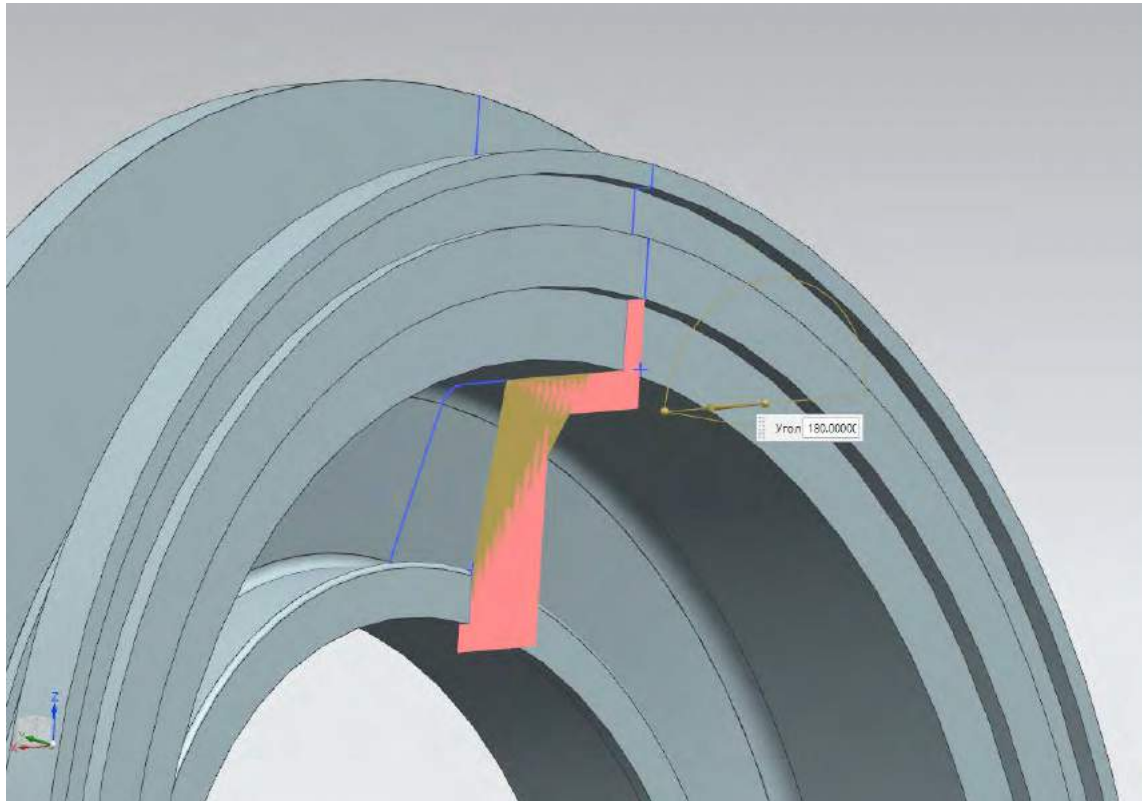


Рисунок 1.17 – Трьовимірна модель операційного ескизу операції №045
Токарна з ЧПУ 1 перехід

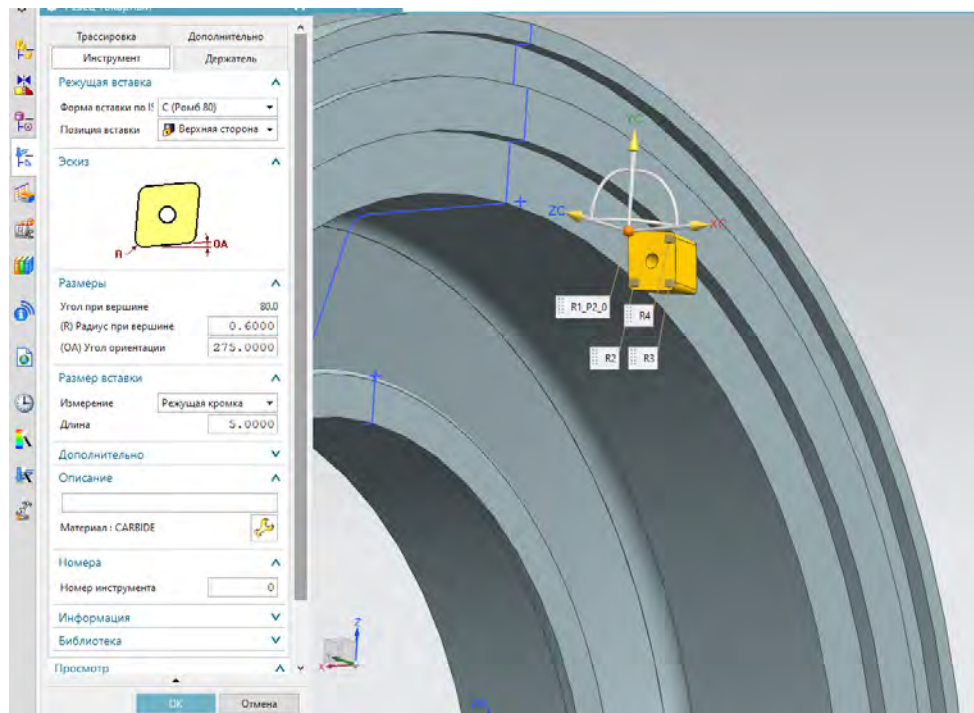


Рисунок 1.18 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки на першому переході

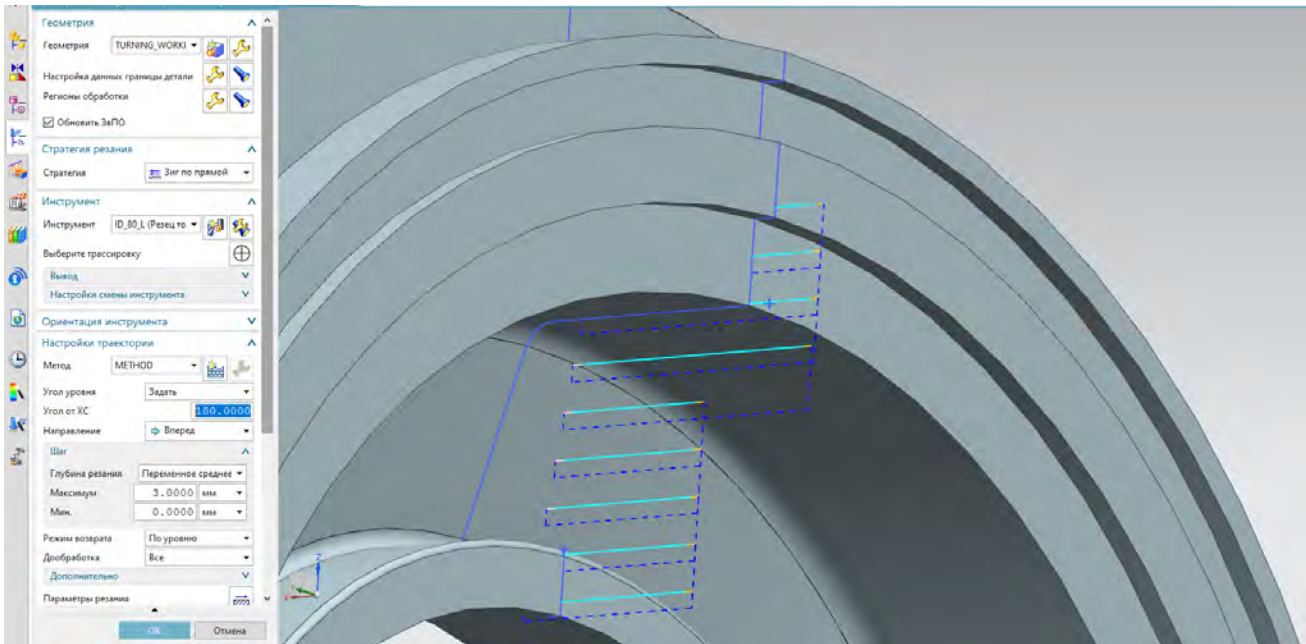


Рисунок 1.19 – Траектория обработки на первом переходе

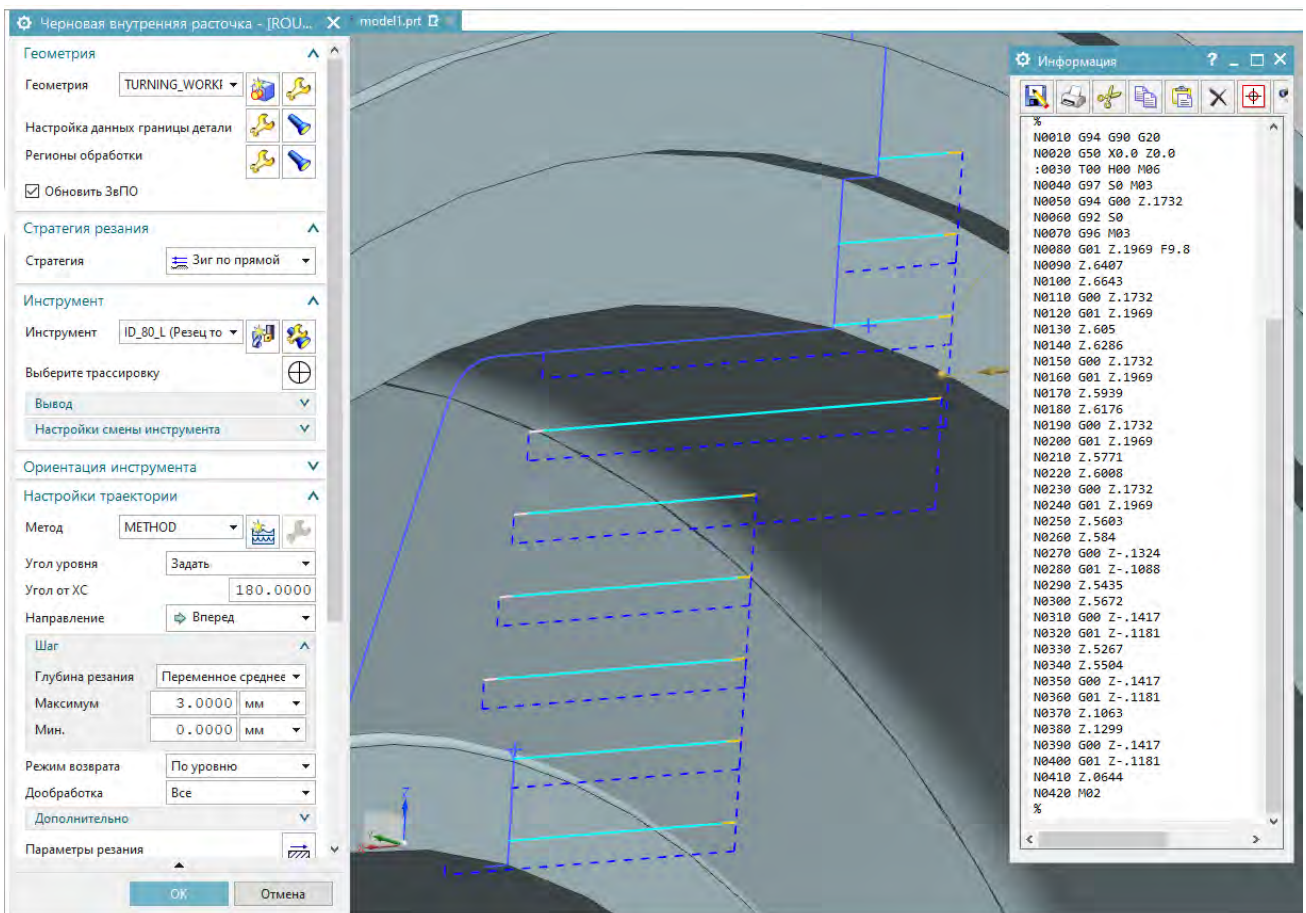


Рисунок 1.20 – Программа обработки на первом переходе

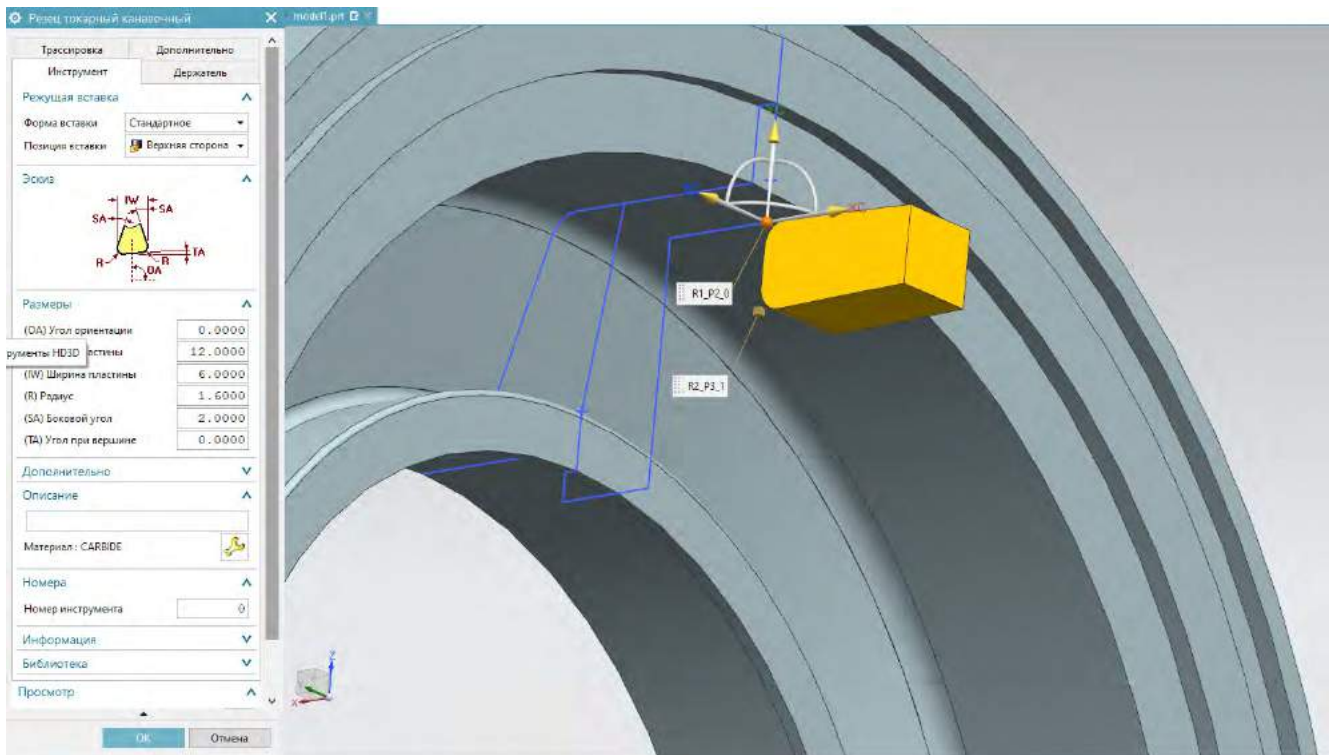


Рисунок 1.21 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки на другому переході

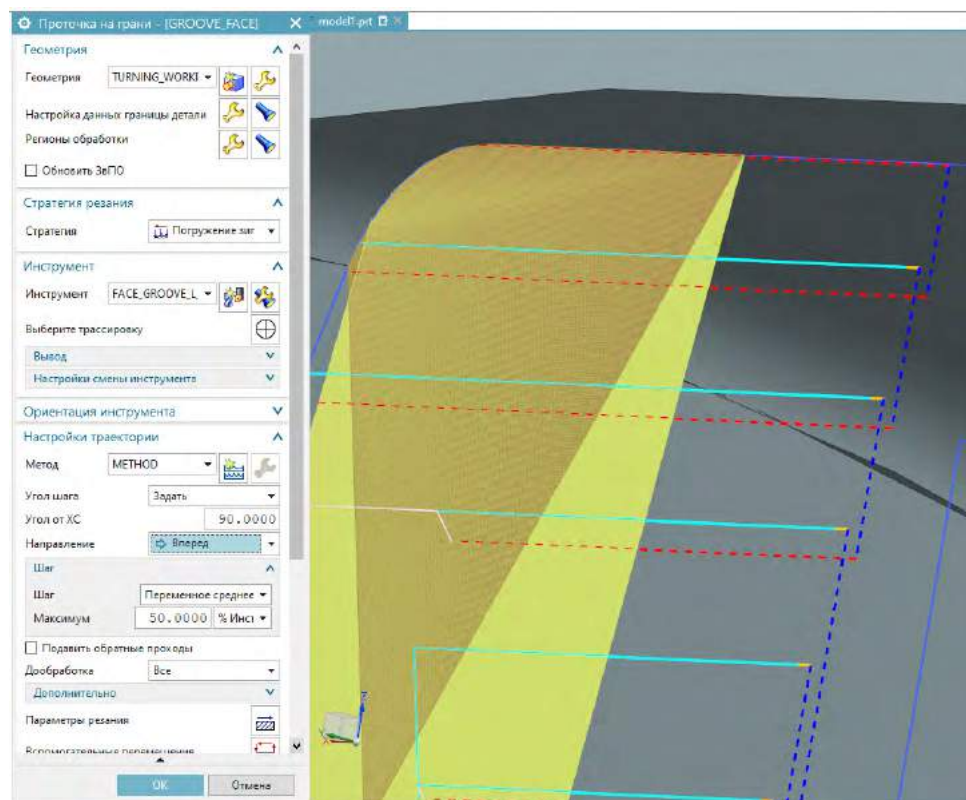


Рисунок 1.22 – Траектория обработки на втором переходе

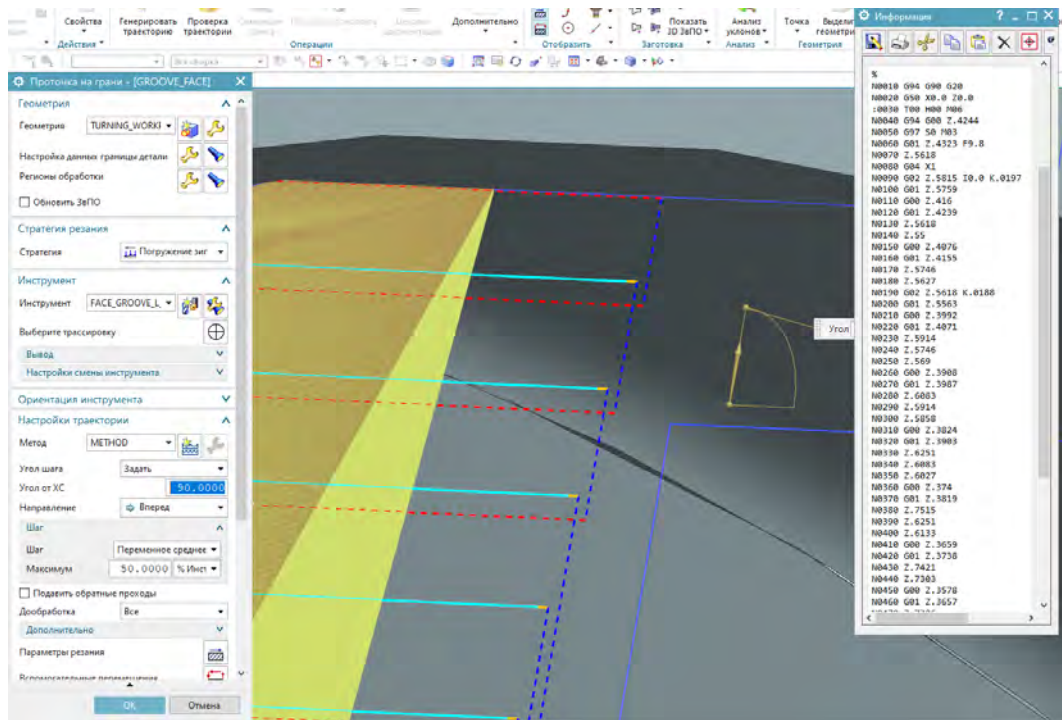
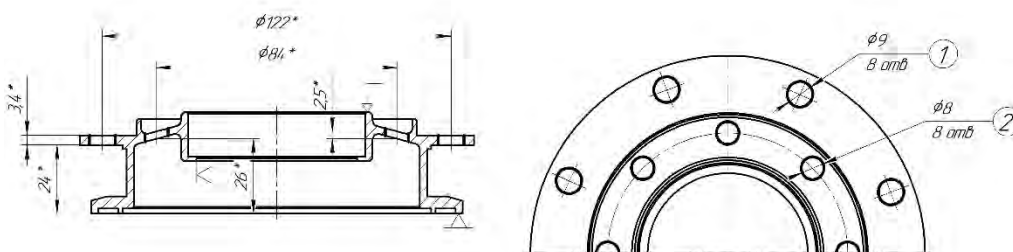


Рисунок 1.23 – Моделювання обробки на другому переході

1.8.2 Розробка свердильної операції

Свердильна операція №50

$\sqrt{Ra\ 5}$



* розмір для довідок

Рисунок 1.24 – Операційний ескіз – операція № 050

Верстат: Радиально-свердильний с Knuth KSB 40

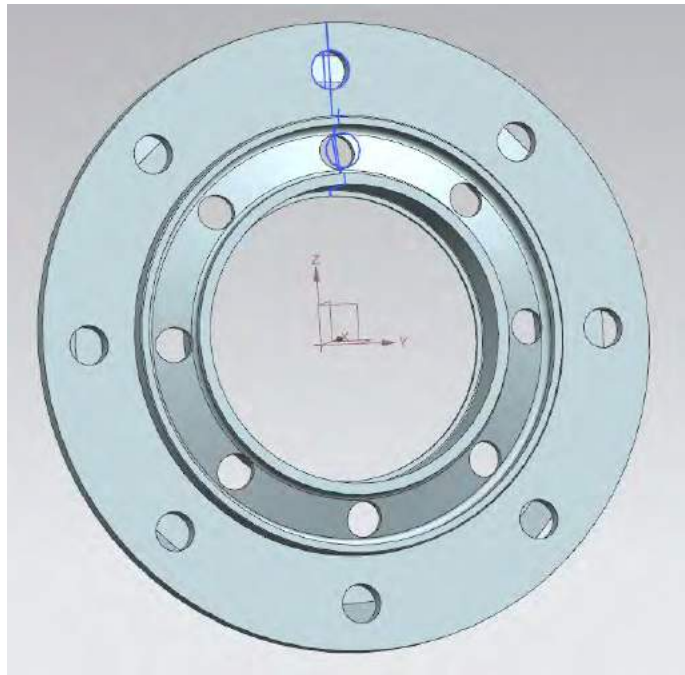


Рисунок 1.25 – Трьовимірна модель операційного ескизу операції №050
Свердлильна з ЧПУ

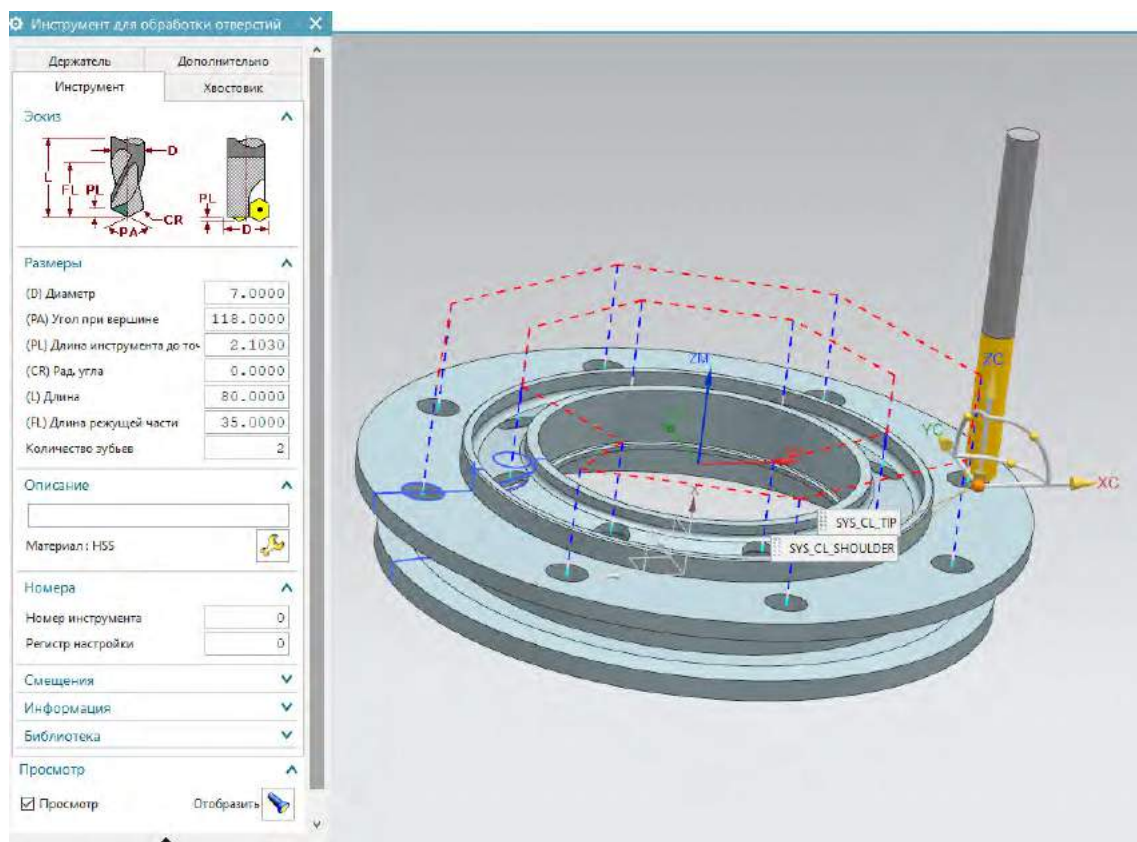


Рисунок 1.26 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

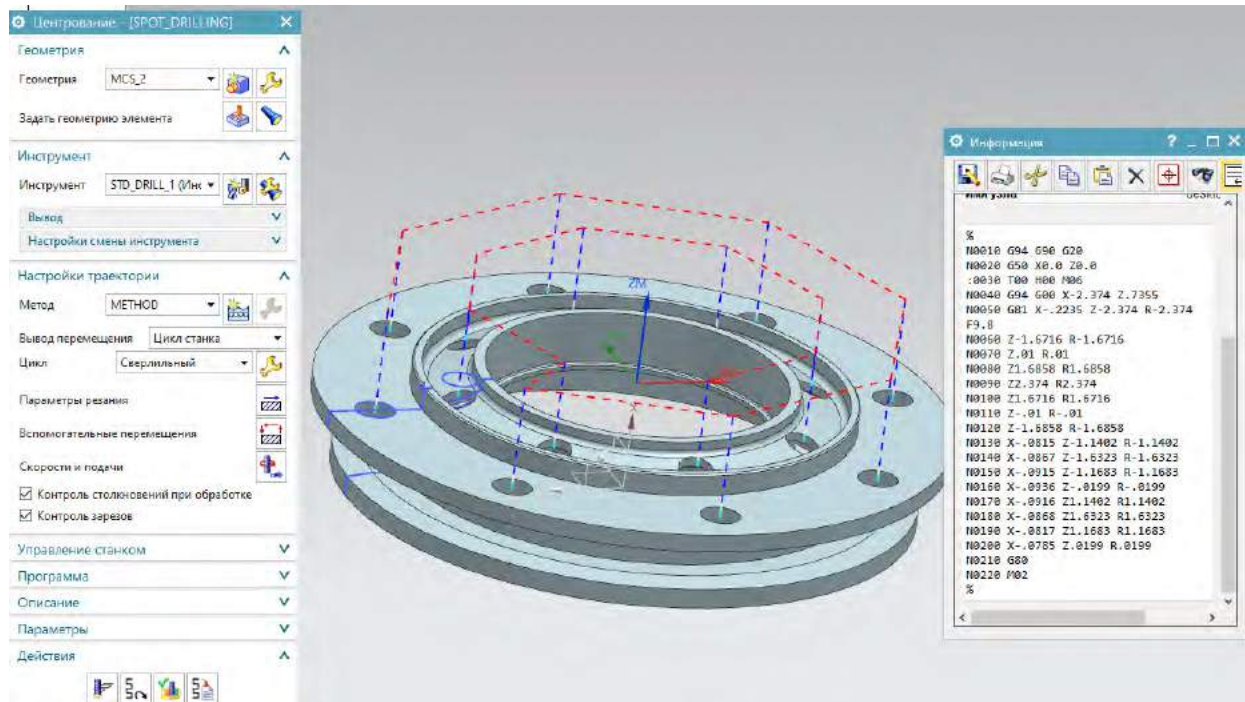


Рисунок 1.27 – Траекторія обробки на з програмою

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (055)

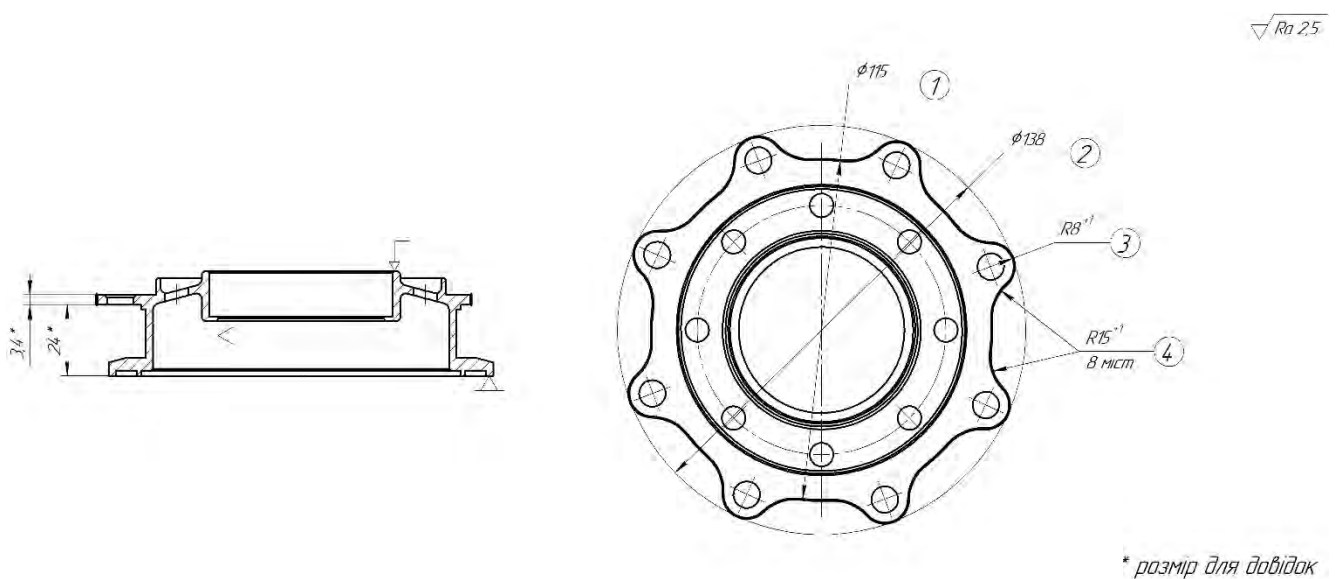


Рисунок 1.28 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза концева Ø30 P12Ф4K5 ГОСТ 17026-71

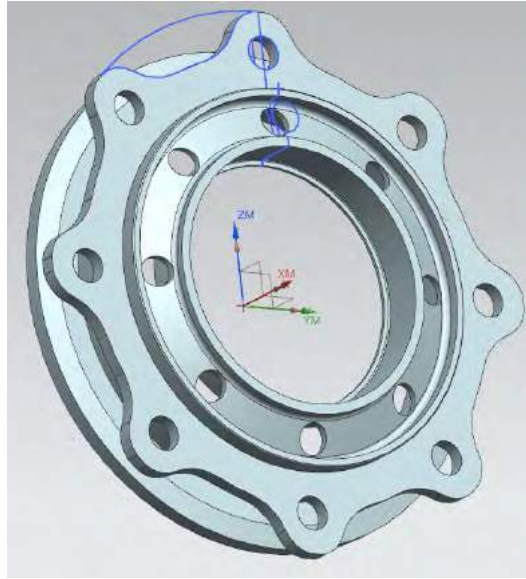


Рисунок 1.29 – Трьовимірна модель операційного ескизу операції №055
Фрезерна з ЧПУ

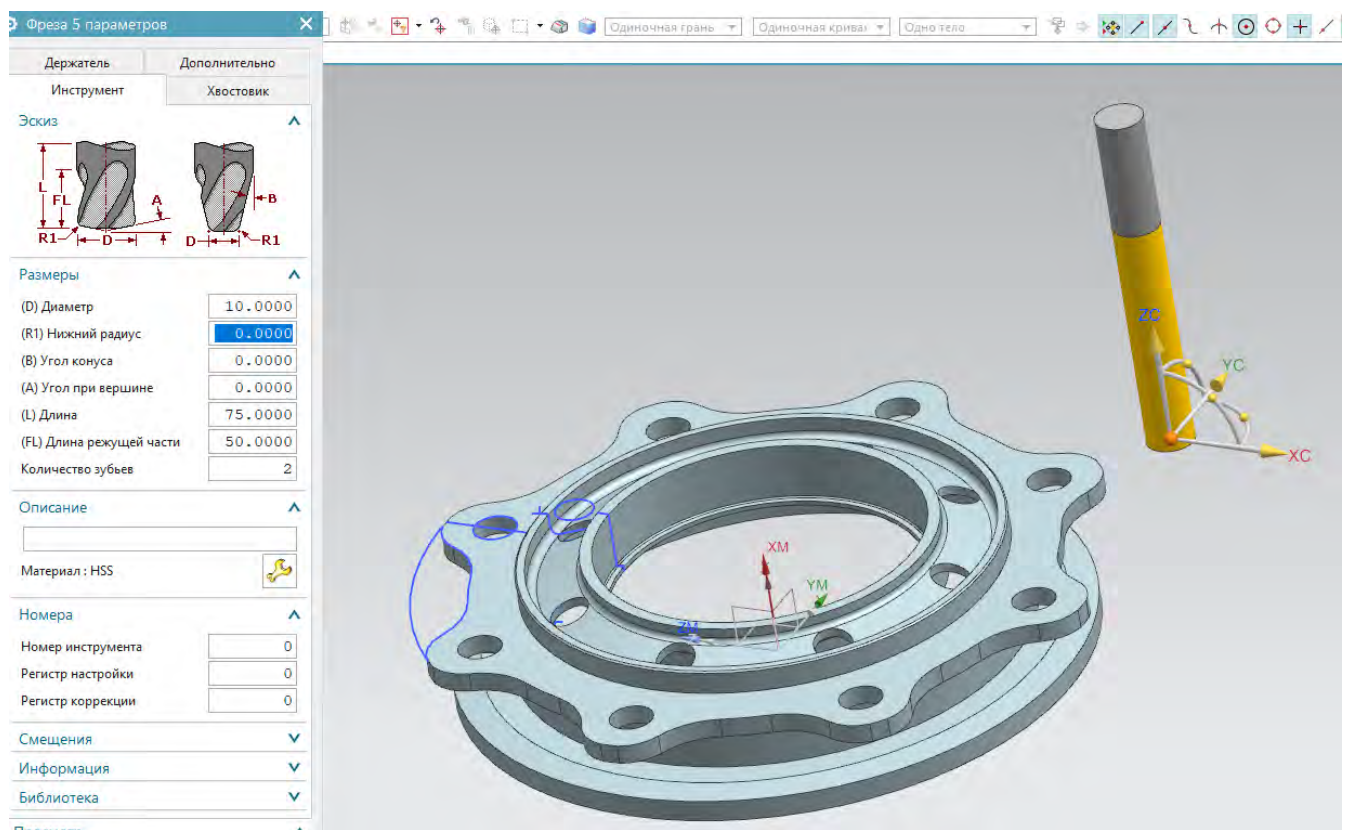


Рисунок 1.30 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

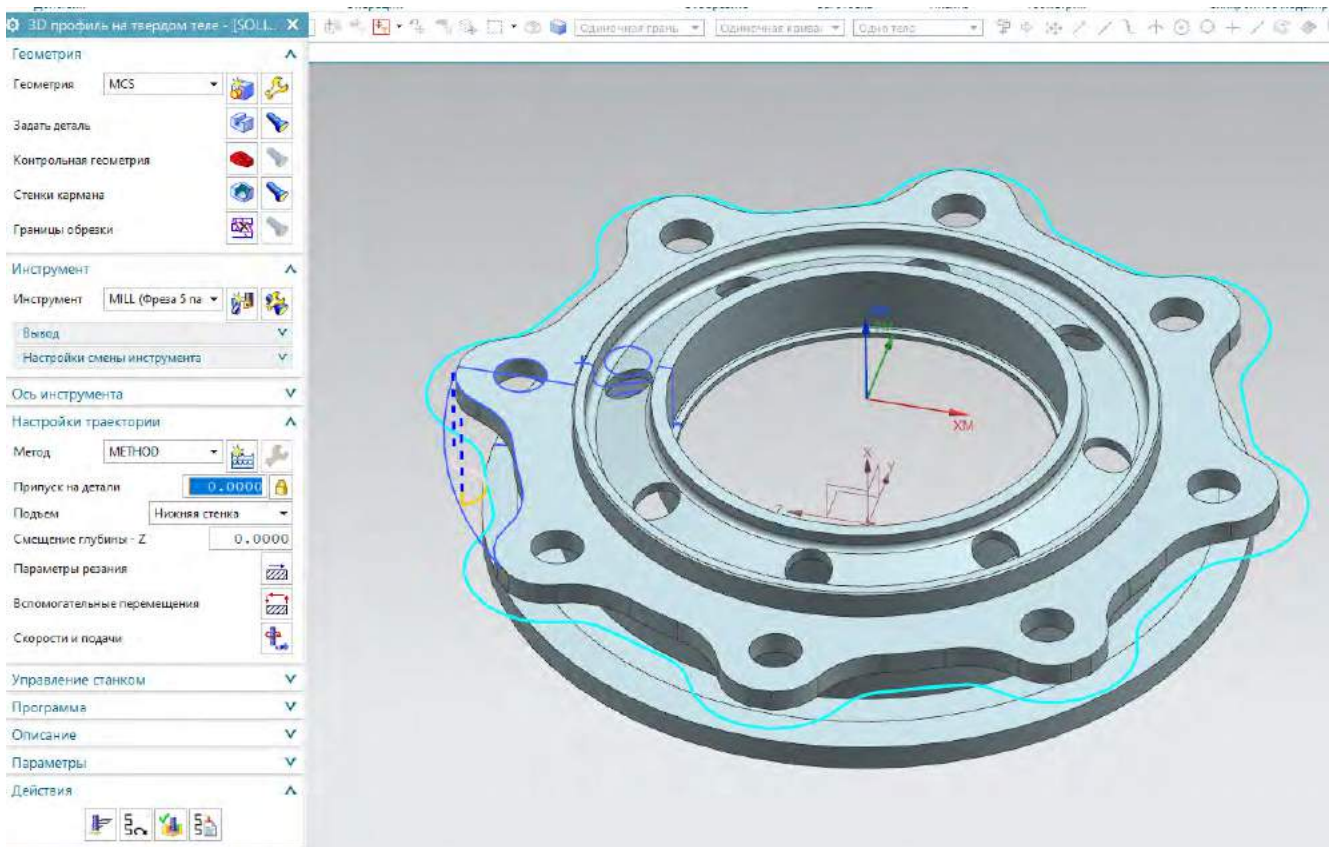


Рисунок 1.31 – Траєкторія обробки на операцію 055 Фрезерна з ЧПК

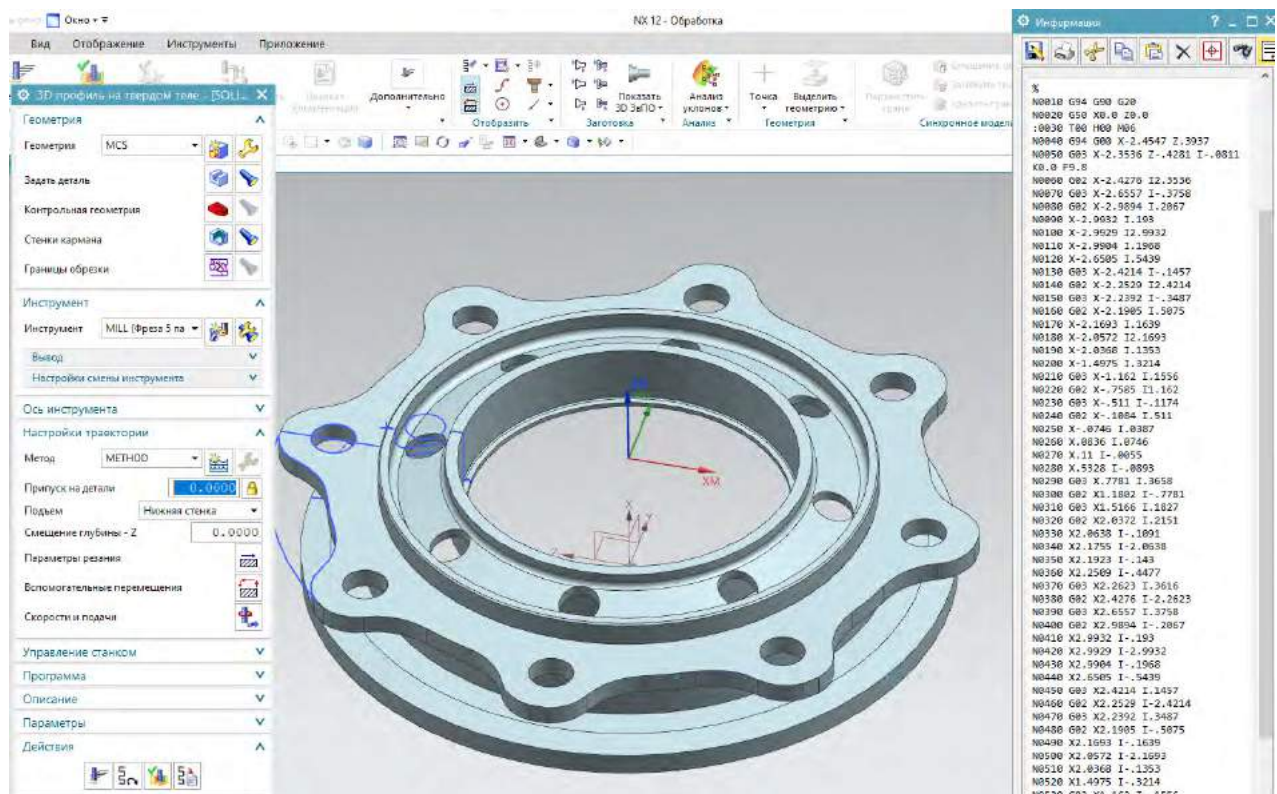


Рисунок 1.32 – Моделювання обробки з програмою

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування токарного пристрою

2.1.1 Опис конструкції та принципа роботи

Мембранні пристосування широко використовуються для затиску різних деталей, вони незамінні при обробці тонкостінних втулок і кілець великого діаметру, так як забезпечують отримання високої концентричності оброблюваного отвору щодо базової поверхні.

Для виконання технологічної операції використовується мембранне пристосування (рисунок 2.1) яке являє собою плиту 1 з отворами для установки змінної мембрани 2. Плита попередньо центрується по $\varnothing$ 180 мм і остаточно вивіряється по поверхні А. Після вивірки пристосування закріплюється до планшайби верстата за трьома отворами по різьбі М16. З метою механізації пристосування для спрощення процесу затиску мембрани використовують пневматичний привід. Пневматичний привід має ряд переваг, серед яких: швидкість дії; сталість зусилля затиску і можливість його регулювання; простота конструкції і експлуатації; незалежність працездатності від температури навколишнього середовища.

В даному випадку пропоную використовувати пневмоциліндр двосторонньої дії, прямий і зворотний хід якого здійснюється за рахунок стисненого повітря.

Після установки оброблюваної деталі до контакту з упором 3 для затиску за допомогою тяги, за допомогою пружних властивостей мембран, закріплюємо оброблювану заготовку.

Пневмоциліндр встановлюється на задньому кінці шпинделя токарного верстата і обертається разом з ним. На корпусі 5 пневмоциліндра гвинтами закріплена кришка 6. У середині корпусу розміщені поршень 7 зі штоком 8 і встановлений вал 9, в який впресовано пустотельний стрижень 10, за яким в пневмосистему надходить повітря. На вал напресовують втулки 11, положення яких на валу фіксується разжимной шайбою 12.

Повітря, що надходить в систему по каналу, а буде змушувати поршень і шток підніматися вгору, при цьому клини мембрани будуть розтискати і заготовку можна буде знімати з пристосування, при відкритті клапанів б і в заготовка буде ніяковіти мембраною, так як повітря з пневмосистеми буде виходити і поршень опуститися

восьмому квалітету знаходиться в межах 0,04 ... 0,06мм. [8, стор. 279] Отже, похибка базування складе 50 мкм.

Похибка закріплення визначається табличним методом, який враховує чистоту обробки базової поверхні, геометричні розміри заготовки, вид настановних елементів, а також тип затискних пристроїв. [1, стор. 134-136] $\varepsilon_{\text{зак}} = 40$ мкм. Тоді похибка установки складає:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64 \text{ мкм}$$

2.1.3 Визначення сил затиску

Вихідними даними для визначення сил затиску в мембранному пристосуванні є: момент різання і діаметр базової поверхні деталі.

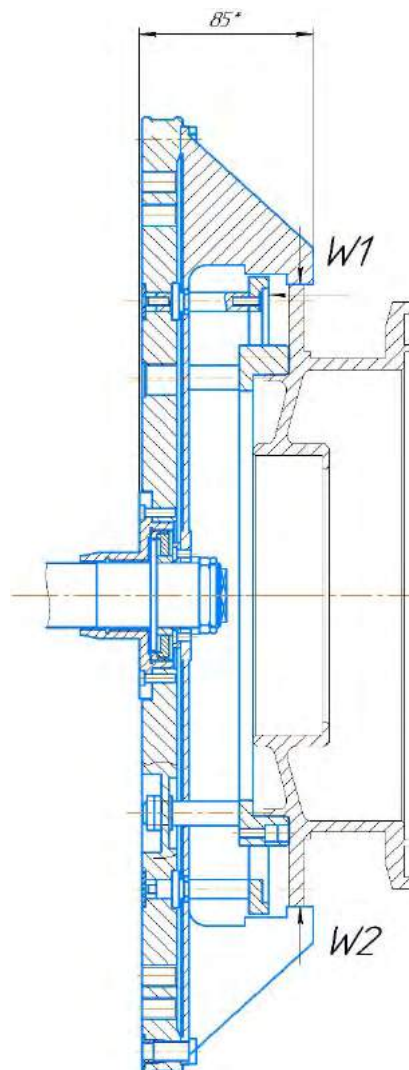


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

Розрахуємо момент різання [11].

$$M = P_x \times l \quad (2.2)$$

де P_x – осьова сила резання, що за напрямком співпадає з силою зажиму [11].

$$P_x = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times v^n \times K_p \quad (2.3)$$

де K_p – довідковий коефіцієнт, що враховує вплив геометрії ріжучого інструменту та твердість оброблюємого матеріалу [11].

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{\tau p} \quad (2.4)$$

$$K_p = 1,8 \times 0,78 \times 1,0 \times 0,85 \times 1,0 = 1,19$$

$$P_x = 10 \times 243 \times 0,8^{0,9} \times 0,2^{0,6} \times 94,2^{-0,3} \times 1,19 = 230,3 \text{ Н}$$

Тоді, момент резання дорівнює:

$$M = 230,3 \times 9,5 = 2187,8 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Радіальне зусилля затиску деталі на одному кулачке мембрани для передачі заданого моменту [11]:

$$W = \frac{k \times M}{2 \times n \times f \times d} \quad (2.5)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k=2,5$ [11];

n – кількість кулачків;

f – коефіцієнт тертя базової поверхні деталі і кулачка, приймається рівними від 0.15 до 0.18.

$$W_0 = \frac{2,5 \times 2187,85}{2 \times 12 \times 0,16 \times 905,8} = 1,57 \text{ кН}$$

За таблицею 11.1 стор. 285 [8] в залежності від діаметру базової поверхні деталі визначаємо діаметр мембрани 1000 мм, товщину мембрани – 8,5 мм.

Циліндричну жорсткість мембрани розраховуємо за [11]:

$$B = \frac{E \times s^3}{12 \times (1 - \mu^2)} \quad (2.6)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності;

s – товщина мембрани;

μ - коефіцієнт Пуассона, $\mu = 0.3$.

$$B = \frac{2 \times 10^5 \times 8,5^3}{12 \times (1 - 0,3^2)} = 11810096 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^3$$

Кут розтиску кулачків при закріпленні деталі з найменшим діаметром [11]:

$$\varphi = \frac{M_3 \times d}{2 \times B \times (1 + \mu)} \quad (2.7)$$

де $M_3 = 0.825 \text{ кН} \cdot \text{мм}$ – момент закріплення по відношенню до діаметру мембрани до діаметра заготовки.

$$\varphi = \frac{0,825 \times 10^3 \times 377,6}{2 \times 11810096 \times (1 + 0,3)} = 0,01 \text{ рад}$$

Зусилля на клині мембрани, від дії пневмоциліндра визначається за формулою [11]:

$$Q = W \times \frac{d}{D \times n} \times \text{tg } \varphi \quad (2.8)$$

де W – зусилля затиску, Н;

d – діаметр, базування заготовки, мм;

D – діаметр мембрани, мм;

φ – кути тертя в точках контакту клину з опорними роликами, град.

$$Q = 3,77 \times 10^3 \times \frac{377,6}{390 \times 12} \times \text{tg } 8^\circ = 427 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндру [11]:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta \quad (2.9)$$

де $P = 0,5 \text{ МПа}$ – тиск у пневмоциліндрі;

$\eta = 0,9$ - ККД пневмоциліндру.

Тоді,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 427}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,09 \text{ м} = 93 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра з стандартного ряду $D = 90 \text{ мм}$. [8, стор.

141, табл. 7.4]

Згідно розрахованому діаметру, вибираємо інші параметри пневмоциліндра: діаметр шпильок - М16; кількість шпильок - 4; діаметр штока - 40 мм; діаметр різьби на штоке - М36х2 товщина стінки циліндра - 7 мм.

2.2.4 Розрахунок пристосування на точність

Для забезпечення завданої точності обробки необхідно дотримуватися умови:

$$\sum E_i \leq T_{\text{обр}} \quad (2.10)$$

де $T_{\text{обр}}$ – допуск на розмір обробки.

Необхідно витримати розмір обробки $\varnothing 100_{-0,035}$ мм. Розраховуємо номінальний розмір та допуск на виготовлення габариту установка.

Визначаємо середній розмір обробки за формулою [11]:

$$A_{\text{cp}} = A - \frac{TA}{2}, \quad (2.11)$$

де A – розмір обробки, мм;

TA – допуск на розмір обробки, мм.

$$A_{\text{cp}} = 100 - \frac{0,035}{2} = 99,98 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установку:

$$H_{\text{cp}} = A_{\text{cp}} + A = \left(A - \frac{TA}{2} \right) + A \quad (2.12)$$

де A – розмір, що пов'язує розмір установку та розмір обробки.

$$H_{\text{cp}} = 99,98 + 100 = 199,98 \text{ мм}$$

Розраховуємо допуск на виготовлення установку:

$$T_H \leq T_A - (k_1 \times E_6 + E_2 + k_2 \times w) \quad (2.13)$$

де k_1 – 0.8...0.85 коефіцієнт, що враховує відхилення позиціонування значень від знаку нормального розподілення внаслідок того, що дійсний розмір поверхонь установок рідко дорівнює крайньому;

E_6 – похибка базування при виконанні операції;

E_2 – похибка закріплення, котра виникає в результаті під впливом

прикладених зусиль зажиму;

$k_2 = 0.6 \dots 0.65$ – коефіцієнт зменшення величини w , котрий враховує долю похибки обробки, визвану факторами, котрі не залежать від пристосування;

w – середня економічна точність обробки на цю операцію [1, табл. 4.2Г...4.2Е, 4.24, 4.25];

$T_{пр}$ – допуск на виготовлення пристосування.

$$T_H \leq 200 - (0,8 \times 50 + 40 + 0,6 \times 15)$$

$$T_H \leq 111$$

Визначаємо величину $\pm \frac{T_H}{2}$, округливши значення до найближчого нормалізованого. Приймаємо $\frac{T_H}{2} = \pm 0,055$ мм. Виконавчий розмір габариту установка: $\varnothing 199,98 \pm 0.055$.

2.2.5 Розрахунок пристосування на прочність

У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які зазнають різні навантаження (внутрішні, центрувальні, температурні). Напруження, які виникають в деталях називають нормальними, якщо складова напруження σ спрямована вбік по нормалі до площадки, і дотичними, якщо складові напруження τ діють в площині майданчика.

Нормальні напруження вважаються позитивними, якщо вони розтягують. Дотичні напруження знака не мають.

В пристосуванні що розраховується слабкою ланкою є різьблення на штоке пневмоциліндра. Зробимо розрахунок різьби на зріз і зминання.

Визначаємо величину напруги зрізу в різьбі тяги за формулою [11]:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{\pi \times d_1 \times k \times H \times k_m}, \quad (2.14)$$

де P – сила, діюча на витки різі, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, м;

$k = 0.87$ – коефіцієнт повноти різі;

H – довжина різі в проушині, м;

$k_m = 0.75$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження за витками різі, з врахуванням пластичної деформації.

$$\tau_{cp} = \frac{230,3}{3,14 \times 36 \times 10^{-3} \times 0,87 \times 23 \times 10^{-3} \times 0,75} = 0,14 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу для данного матеріалу дорівнює $[\tau]_{\text{ср}}=150\text{МПа}$.

Відповідно: $\tau_{\text{ср}} < [\tau]_{\text{ср}}$.

Розрахунок різі на смятие виконуємо за формулою:

$$\sigma_{\text{с.м}} = \frac{4 \times P}{\pi \times (d^2 - d_1^2) \times k_m \times z}, \quad (2.15)$$

де d – зовнішній діаметр різі, м;

z – кількість витків на довжині звинчування ($z=18$).

$$\sigma_{\text{с.м}} = \frac{4 \times 230,3}{3,14 \times (0,04^2 - 0,036^2) \times 0,75 \times 18} = 715 \text{ (кПа)}$$

Допустиме напруження смятия для матеріала тяги дорівнює $[\sigma]_{\text{ср}}=282\text{МПа}$.
Відповідно: $\sigma_{\text{ср}} < [\sigma]_{\text{ср}}$.

За результатами розрахунків робимо висновок – різь тяги витримає навантаження, що виникають при роботі пристосування.

2.3 Проектування контрольного пристосування

Для контролю точності взаємного розташування поверхонь, а саме відхилення від площинності, паралельності і циліндричної застосовується універсальне контрольне пристосування рисунок 2.3.

Деталь встановлюється за трьома спеціальними пальцями. Для зручності виконання процесу вимірювання основу пристосування розташовано під ухилом на ніжках.

Контроль заданих параметрів виконується за допомогою індикаторних годин, які підводяться в зону вимірювання за допомогою системи важеля.

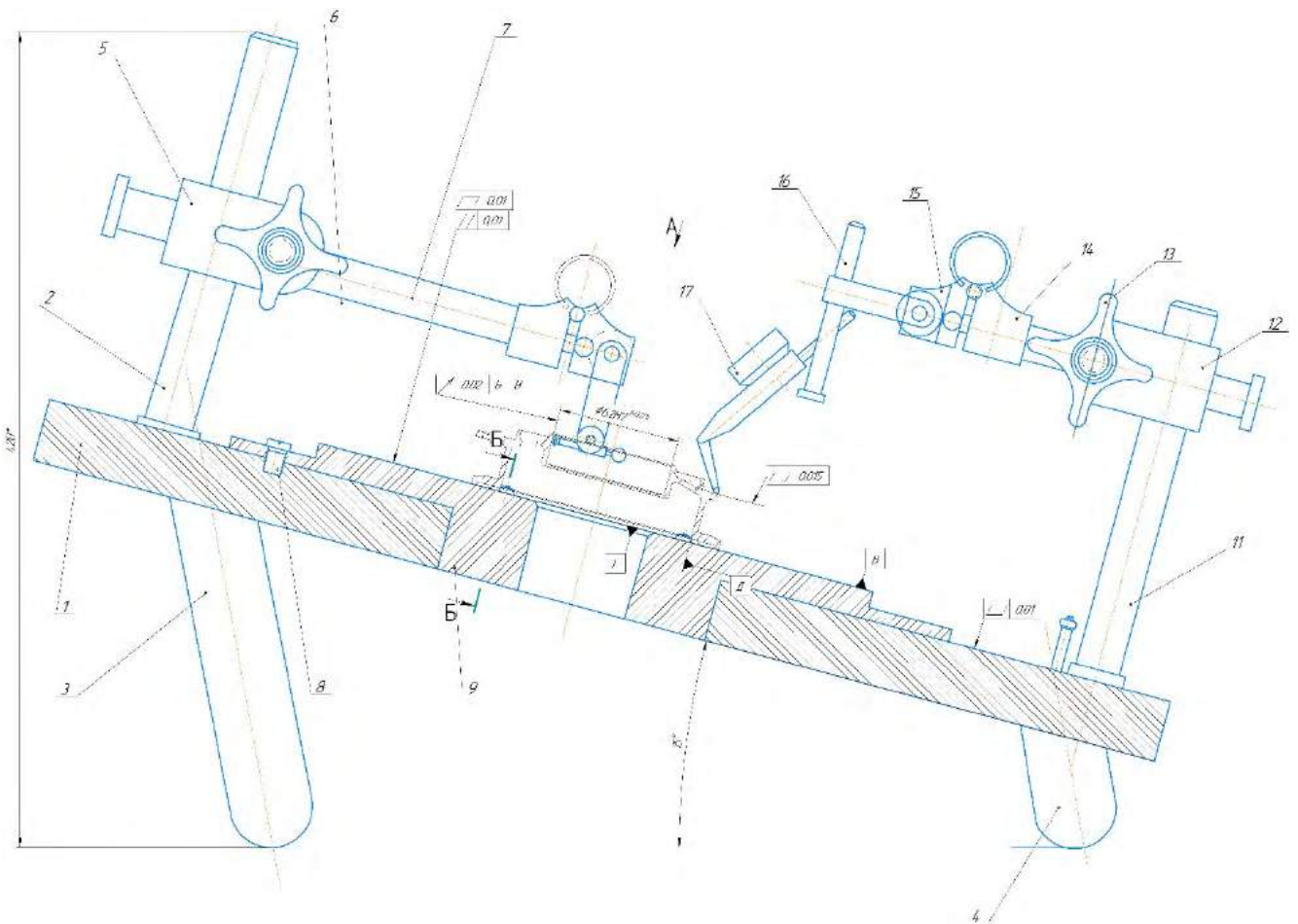


Рисунок 2.3 – Конструкція контрольного пристосування

Розрахунок на точність контрольного пристосування полягає у визначенні похибки вимірювання:

$$\Delta_{\text{изм}} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2} \quad (2.19)$$

де $\Delta_{\text{вим}}$ – суммарна похибка вимірювання;

k - коефіцієнт відносного розсіювання, $k=0,85$;

Δ_1 – похибка базування та закріплення виробу, $\Delta_1=0,001$;

Δ_2 – складаюча похибки установки опорних елементів прибора, $\Delta_2=0$;

Δ_3 – складаюча похибки конструкції прибора, $\Delta_3=0$;

Δ_4 – похибка, що залежить від ціни поділу індикатора, $\Delta_4=0,01$;

Δ_5 – похибка наладки прибора за еталонною деталлю, $\Delta_5=0,02$;

Δ_6 – похибка від контактних деформацій, $\Delta_6=0$;

Δ_7 – похибка від температурних деформацій, $\Delta_7=0,001$.

$$\Delta_{\text{изм}} = \frac{1}{0,85} \cdot \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,001^2} = 0,028$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Використання завантажувальних пристроїв у автоматизованому виробництві

Однією з основних проблем при автоматизації металорізальних верстатів є автоматизація завантаження заготовок і розвантажування (знімання) оброблених деталей, а при створенні автоматичних ліній, крім того, і автоматизація транспортних переміщень між верстатами. Це викликано різноманітністю операцій, різноманітністю форм і розмірів заготовок. Іноді конструкція заготовок така, що автоматизувати завантаження неможливо.

Автоматизація завантаження і розвантаження устаткування дозволяє змінити процес праці, підвищити безпеку роботи, збільшити коефіцієнт використання устаткування. А в деяких випадках інтенсифікувати режим роботи устаткування, напівавтоматичні верстати і верстати з ручним управлінням можна перетворити на автомати, понизивши тим самим штучний час, широко використати багатOVERстатне устаткування. Автоматично діючі завантажувальні пристрої в основному застосовуються в серійному і масовому виробництвах.

Завантажувальні пристрої можуть бути розділені на два класи: для штучних заготовок і сортового матеріалу (прутки, труби, листи). Пристрої для сортового матеріалу є вузлами металорізальних верстатів.

Ми зупинимося на завантажувальних пристроях для штучних заготовок. Завантажувальні пристрої для штучних заготовок виконують у вигляді самостійних механізмів верстатів, механізмів, пов'язаних з верстатом, або механізмів верстатних пристосувань.

Завантажувальні пристрої повинні

1) вміщувати штучні заготівлі в кількості, достатній для безперервної роботи верстата без участі робітника не менше, чим впродовж 15 хвилин(час, що забезпечує можливість багатOVERстатного обслуговування);

2) орієнтувати заготівлі відносно верстата;

3) поштучно видавати заготівлі;

4) транспортувати заготівлі до робочої зони;

5) встановлювати заготівлі на робочу позицію.

Відповідно до цього завантажувальні пристрої мають наступні вузли:

1) накопичувачі;

2) механізми орієнтації;

3) віддільники(відсікачі);

4) транспортери;

5) живильники.

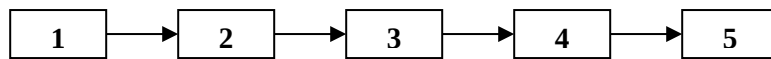


Рисунок 3.1 - Блок - схема завантажувального пристрою для штучних заготовок

Залежно від типу завантажувального пристрою деякі з перерахованих механізмів можуть бути і відсутніми. Наприклад, якщо заготовки лежать в накопичувачах орієнтовано, то не потрібний механізм орієнтації. Окремі вузли завантажувальних пристроїв можуть виконувати поєднані функції. Наприклад, віддільник може бути одночасно і живильником.

Розрізняють завантажувальні облаштування трьох типів: магазинні, бункерно-магазинні і бункерні.

Ці три різновиди завантажувальних пристроїв відрізняються один від одного головним чином по продуктивності (кількість заготовок, що подаються в робочу зону в одиницю часу). Найбільшу продуктивність мають бункерні завантажувальні пристрої, за ними йдуть бункерні магазини, потім магазини.



Рисунок 3.2 - Класифікація завантажувальних пристроїв

У магазинні завантажувальні облаштування заготівлі завантажують і орієнтують вручну в один ряд впритул, або урозрядку.

У бункерні магазини заготівлі укладають і орієнтують також вручну, але укладання вже багатошарове.

У бункерні завантажувальні пристрої заготівлі закладаються без дотримання орієнтації, тобто «навалом».

Розрахунок елементів завантажувальних пристроїв

Об'єм накопичувача

Об'єм накопичувача W_{δ} визначається по наступній формулі:

$$W_{\delta} = \frac{\omega_{заг} \cdot T}{\eta t_{on}} \left[\text{см}^3 \right],$$

де: W_{δ} - об'єм накопичувача(труби, шахти, бункери та ін.), в см³;

$W_{заг}$ - об'єм однієї заготівлі, см³;

T - час автоматичної роботи верстата, хв.

η - коефіцієнт заповнення накопичувача заготівлями. Для різних заготовок η коливається в межах 0,2-0,8.

Оскільки продуктивність завантажувального облаштування Q рівна

$$Q = \frac{1}{t_{\eta}} \left[\frac{\text{шт.}}{\text{мин.}} \right],$$

те виразимо об'єм накопичувача через продуктивність

$$W_{\delta} = \frac{\omega_{заг}}{\eta} T Q \left[\text{см}^3 \right],$$

Час t переміщення заготівлі по похилому лотку

Під час переміщення заготівлі з т.О(стани спокою) в т.А на неї діють сили

G - вага;

Y - сила інерції;

F - сила тертя;

N - реакція.

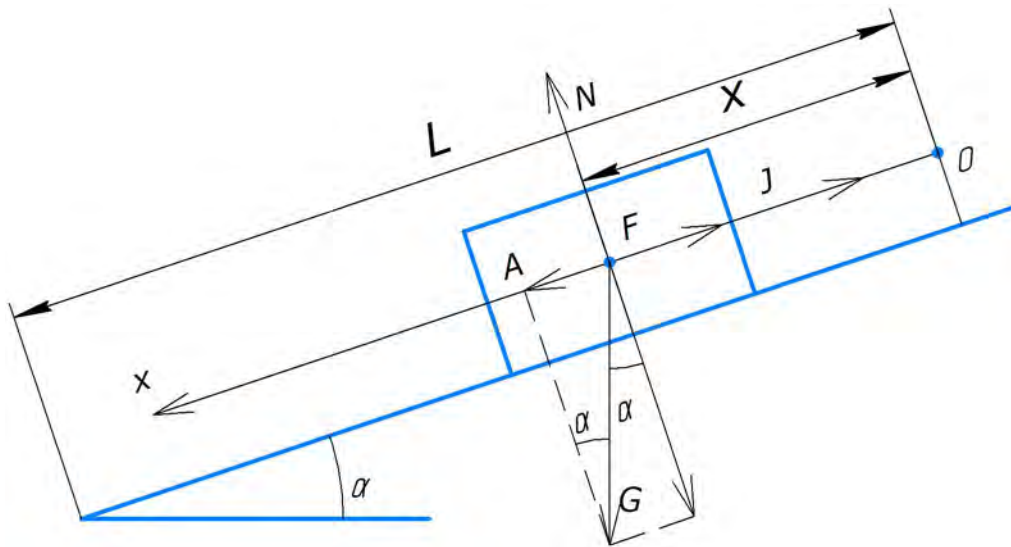


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема для визначення t

Вибравши напрям осі X , напишемо рівняння руху заготівлі

$$G \sin \alpha = F + Y$$

де: α - кут нахилу лотка;

$G = mg$;

$F = \mu G \cos \alpha = \mu mg \cos \alpha$;

$Y = m a$;

m - маса заготівлі, кг;

g - прискорення сили тяжіння, $9,8 \text{ м/сек}^2$;

μ - коефіцієнт тертя;

a - прискорення заготівлі, м/сек^2 .

Знаючи, що (V - швидкість заготівлі, м/сек.), напишемо диференціальне рівняння руху заготівлі

$$mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + m \frac{dV}{dt}.$$

Скоротимо на m , і, розділивши змінні, отримаємо

$$dv = g \sin \alpha dt - \mu g \cos \alpha dt$$

Проінтегрував, отримаємо:

$$V = dt \sin \alpha - \mu g t \cos \alpha + C_1.$$

при $x = 0$, $V = 0$, $t = 0$, означає $C_1 = 0$

$$V = gt(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

Оскільки (x - шлях, м), то підставивши в останнє рівняння отримаємо:

$$dx(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = gt \, dt.$$

Проінтегрував, отримаємо:

$$x = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \frac{gt^2}{2} + C_2.$$

Знайдемо C_2 , підставивши початкові умови $x = 0$, $t = 0$, означає і $C_2 = 0$.

Тоді час переміщення заготівлі

$$t = K_1 \sqrt{\frac{2x}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}},$$

При коченні:

$$t = K_1 \sqrt{\frac{2L}{g\left(\sin \alpha - \frac{k}{r} \cos \alpha\right)}},$$

де: $_$ - приведений коефіцієнт тертя.

Тепер знайдемо час переміщення заготівлі з т. Про в т. А. Для цього введемо в останню формулу коефіцієнт K_1 , що враховує тертя по бічних сторонах лотка, а замість x напишемо його значення L :

$$t = K_1 \sqrt{\frac{2L}{g(\sin \alpha - \cos \alpha)}}.$$

Рекомендуються наступні значення:

при ковзанні $\mu = 0,1-0,2$ $\alpha_{\min} = 25^\circ \div 30^\circ$

при коченні заготовок $\mu_{к1} = 1,5 \div 1,8$
 $\alpha = 50 \div 70$.

Про приведений коефіцієнт тертя

При русі заготівлі по кутовому лотку(рисунок3.3) маємо наступні залежності:

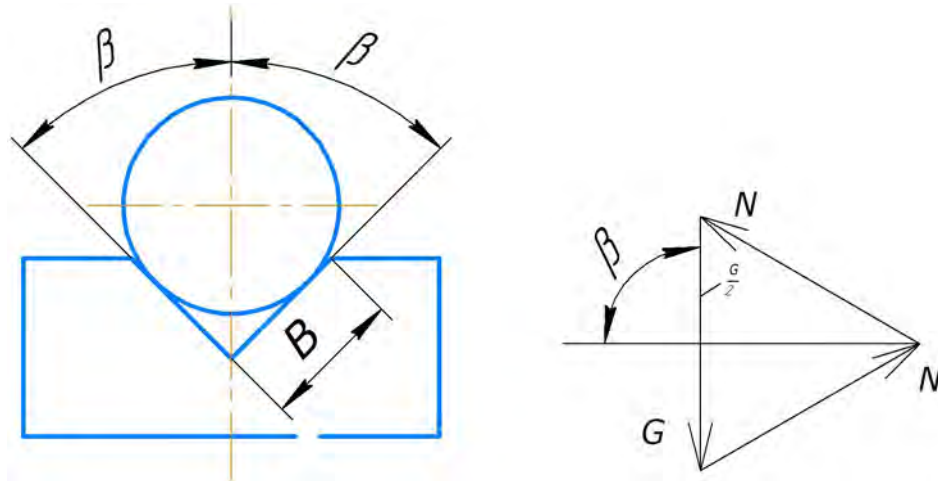


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема для визначення приведенного коефіцієнта тертя при русі по кутовому лотку

$$N = \frac{G}{2 \sin \beta},$$

$$F = \mu 2N = \mu \frac{2G}{2 \sin \beta},$$

$$F = \mu \frac{G}{\sin \beta},$$

Величина μ називається приведеним коефіцієнтом тертя.

Тоді

Тому для переміщення заготовок в кутовому лотку потрібно більші сили, ніж в плоскому лотку, отже кутовий лоток повинен мати більший кут нахилу, чим плоский.

Зазвичай кут α (25° , ширина бортів $b = (0,7 \div 0,8) d$

при m до 5 кг $\beta = 45^\circ$

при m понад 5 кг, $\beta = 60^\circ$

Умова незаклинювання заготовок при їх русі по похилому лотку

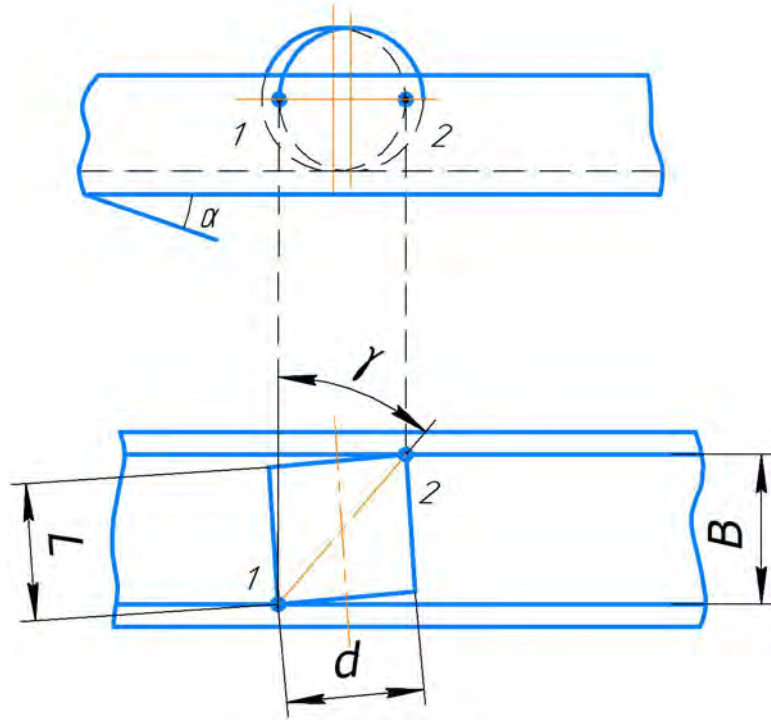


Рисунок 3.5 - Розрахункова схема для визначення ширини лотка (гладка деталь котиться по дну лотка)

Нехай по нахиленому лотку переміщається циліндрична заготівля діаметром d . Проміжок між бічними стінками лотка і заготівлею

$$S = B - l$$

Заготівля може торкатися стінок лотка в двох точках: 1 і 2. Проміжок S слід вибирати таким, щоб не було заклинювання.

Якщо кут перекоосу заготівлі γ виявиться менше або рівним куту тертя μ , то заготівля заклинить в лотку.

$$\operatorname{tg} \gamma \leq \operatorname{tg} \mu = \mu.$$

Якщо більше - те переміщатиметься по лотку без заклинювання, тобто

$$\operatorname{tg} \gamma > \operatorname{tg} \mu = \mu.$$

Умови початку заклинювання

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \mu = \mu$$

μ - коефіцієнт тертя.

З малюнка можна отримати:

З тригонометрії відомо, що

при заклинюванні, тобто при $\tan \gamma = \mu$, отримаємо _

Тоді _ _.

Щоб заготівля не заклинювалася, слід зменшити проміжок між нею і бічними сторонами лотка. Це вийде, якщо вибрана ширина лотка B буде менше її значення, що відповідає заклинюванню, і в той час більше $S_{\min}$

$$\frac{\sqrt{d^2 + \ell^2}}{\sqrt{1 + \mu^2}} > B > \ell + S_{\min}.$$

Зазвичай в ліву частину нерівності вставляють найменші граничні значення (d і ℓ), а $S_{\min}$ беруть з _). Розрахунок правої і лівої частини дає межі, в яких повинна знаходитися ширина лотка B .

У разі переміщення ступінчастої заготівлі по лотку (рисунки 3.6) у формулу для визначення B входить діаметр D_{ϕ} .

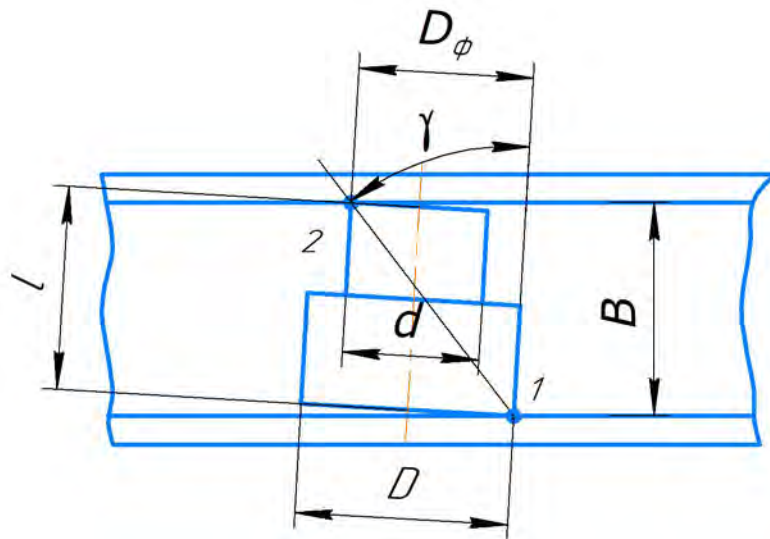


Рисунок 3.6 - Розрахункова схема для визначення ширини лотка у разі переміщення ступінчастої заготівлі

Випадок, коли по лотку переміщається заготівля з цапфами (рисунки 3.7).

$$D_{\phi} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \sqrt{D^2 - d^2},$$

$$\frac{\sqrt{D_{\phi}^2 + l^2}}{\sqrt{1 + \mu}} > B > l + S_{\min}$$

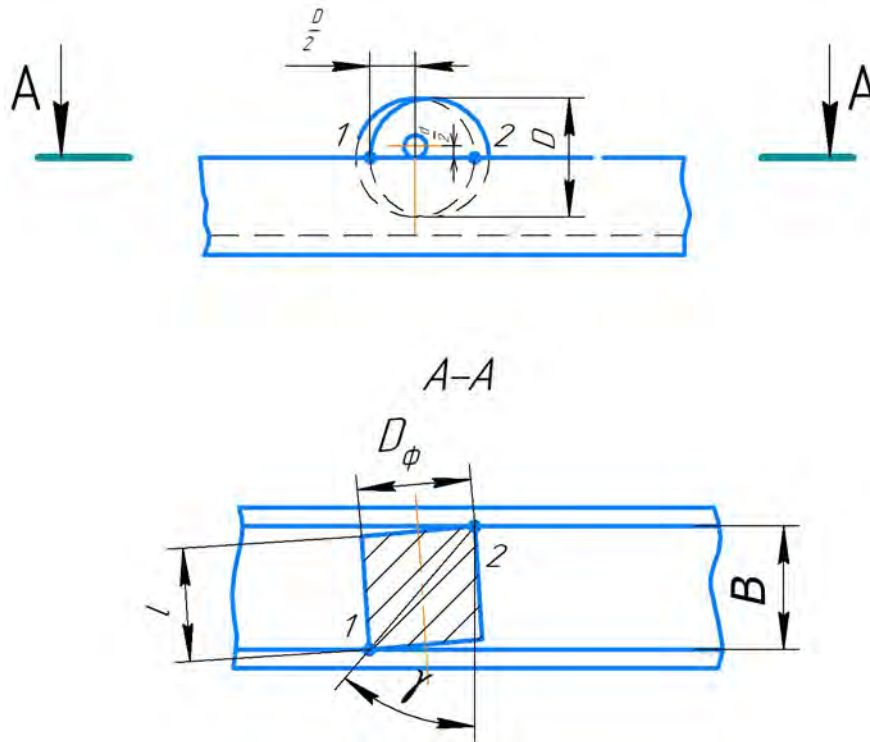


Рисунок 3.7 - Переміщення ступінчастої заготовлі, що спирається цапфами об борт лотка

Визначення мінімально допустимого радіусу закруглення R труби, що виконує призначення лотка.

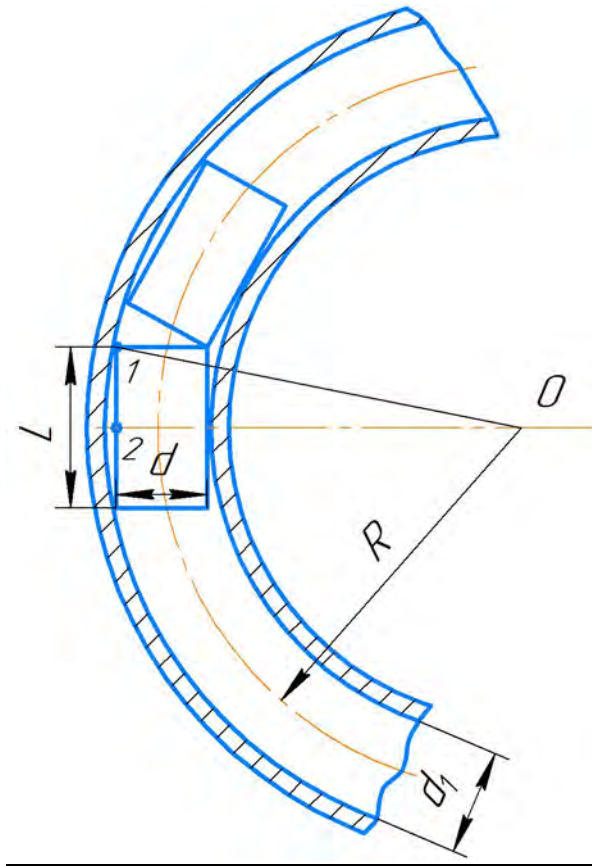


Рисунок 3.8 - Розрахункова схема для визначення R

Щоб використати трубу в якості лотка для переміщення циліндричних деталей необхідно, щоб дотримувалася наступна умова:

$$\frac{d}{\ell} = 0,12 \dots 1,0.$$

де: d - діаметр заготівлі;

ℓ - довжина заготівлі.

При _ заготівля починає заклинюватися в трубі.

При _ відбувається втрата орієнтації і заклинювання.

Діаметр отвору в трубі

$$d_1 = d(0, 5.1)$$

Значення радіусу закруглення R знайдемо з Δ Про - 1 - 2

$$\left(R + \frac{d_1}{2}\right) = \left(R - \frac{d_1}{2} + d\right)^2 + \left(\frac{\ell}{2}\right)^2,$$

$$R^2 + Rd_1 + \frac{d_1^2}{4} = R^2 - Rd_1 + \frac{d_1^2}{4} + 2Rd - dd_1 + d^2 + \frac{\ell^2}{4},$$

$$2Rd_1 - 2Rd = \frac{\ell^2}{4} - d(d_1 - d);$$

$$R = \frac{\ell^2 - 4d(d_1 - d)}{8(d_1 - d)}.$$

Самопливні магазинні завантажувальні пристрої(магазини)

Особливістю магазинів є те, що їх заповнення заготівлями робиться в один ряд з дотриманням їх орієнтації.

Розрізняють самопливні магазини і магазини-транспортери.

1. Самопливні магазини

У цих магазинах заготівлі переміщуються під дією сили тяжіння. До них відносяться трубчасті магазини, шахтні магазини і стержневі магазини.

Трубчастий магазин

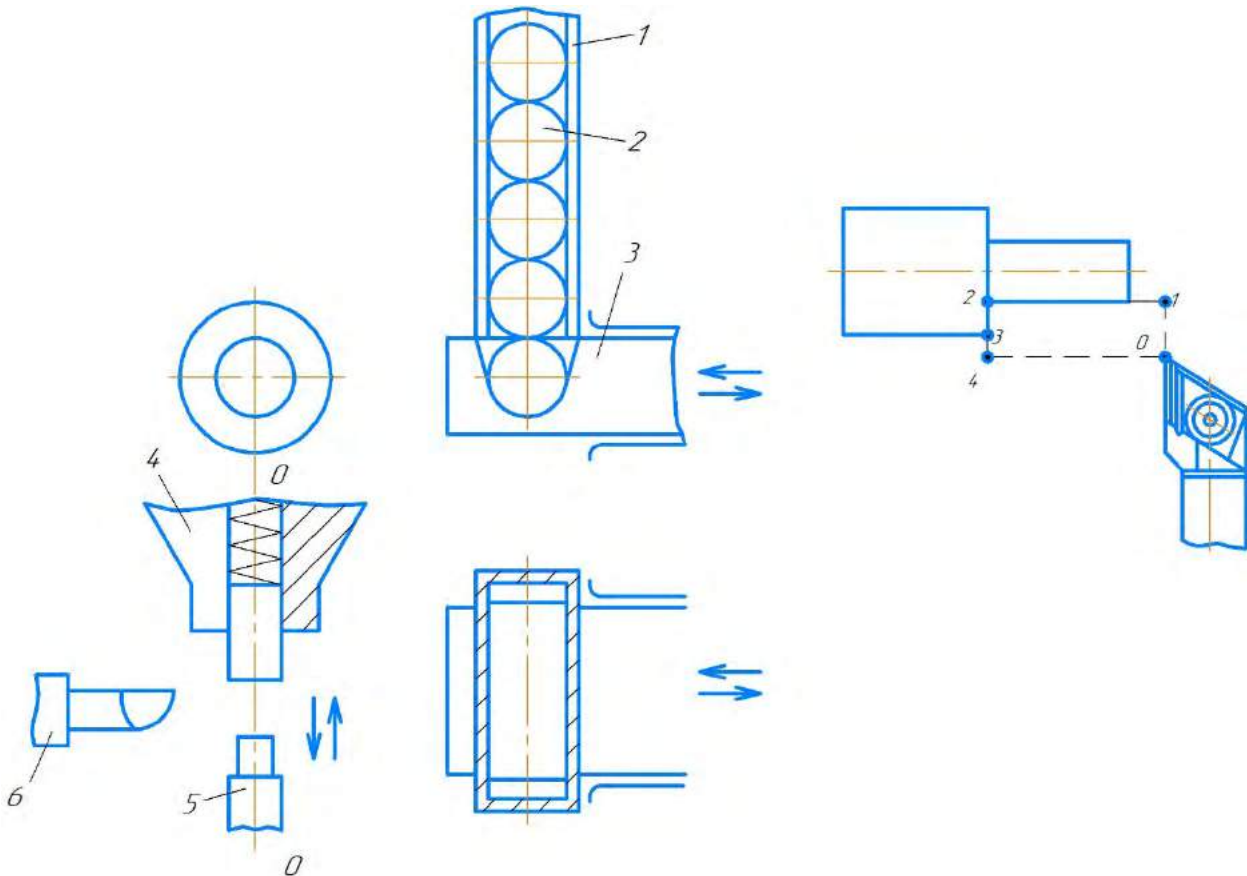


Рисунок 3.9 - Схема трубчастого магазину

Накопичувачем служить труба 1. Її переріз вибирається відповідно до форми заготівлі 2. Труба може бути прямою або зігнутою(для збільшення місткості магазину при малих габаритах).

Бувають магазини, у яких труби виконана у вигляді циліндричної пружини або гумового шланга. Віддільник 3 переміщає заготовлю на лінію центрів О-О, після цього живильник 5 направляє заготовлю в цангу, що розтискає, 4, долаючи при цьому опір пружини, яка виконує роль виштовхувача. Цанга затискає заготовлю, після чого відсікач і живильник повертаються в початкове положення. Потім починається виконання операції : різець, переміщаючись послідовно по контуру 0-1 - швидкий хід вперед, 1-2 - проточка діаметру, 2-3 - підрізування торця, 3-4 - швидкий хід назад, 4-0 - швидкий хід управо, обробляє заготовлю. Потім цикл повторюється автоматично.

Замість такого опису циклу будують циклограму. Вона містить не лише зведення про послідовність дій механізмів, але і зведення про час їх дії і про час циклу. Циклограму будують так, щоб час циклу був мінімальним, але при цьому слід звернути увагу на те, щоб частини механізмів, що рухаються, не піддавалися дії неприпустимо великих інерційних сил. Там, де це можливо, слід поєднувати рух окремих вузлів в часі.

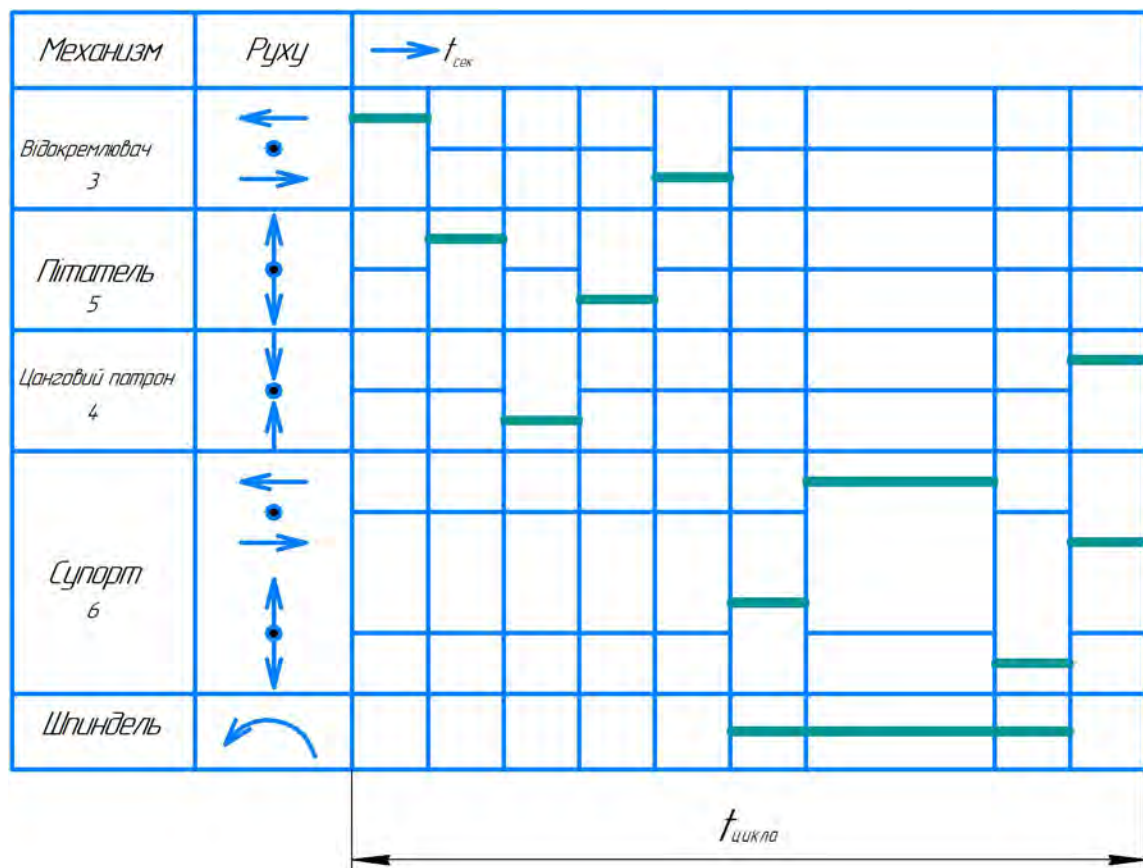


Рисунок 3.10 - Циклограма роботи верстату з трубчатим механізмом

Трубчасті магазини використовуються для кульок, для циліндричних деталей із співвідношенням $\frac{L}{d} \leq 1$, а також невеликих плоских заготовок.

Шахтні магазини

Заготівлі укладають одна на одну, при цьому орієнтують, наприклад, прорізом направо.

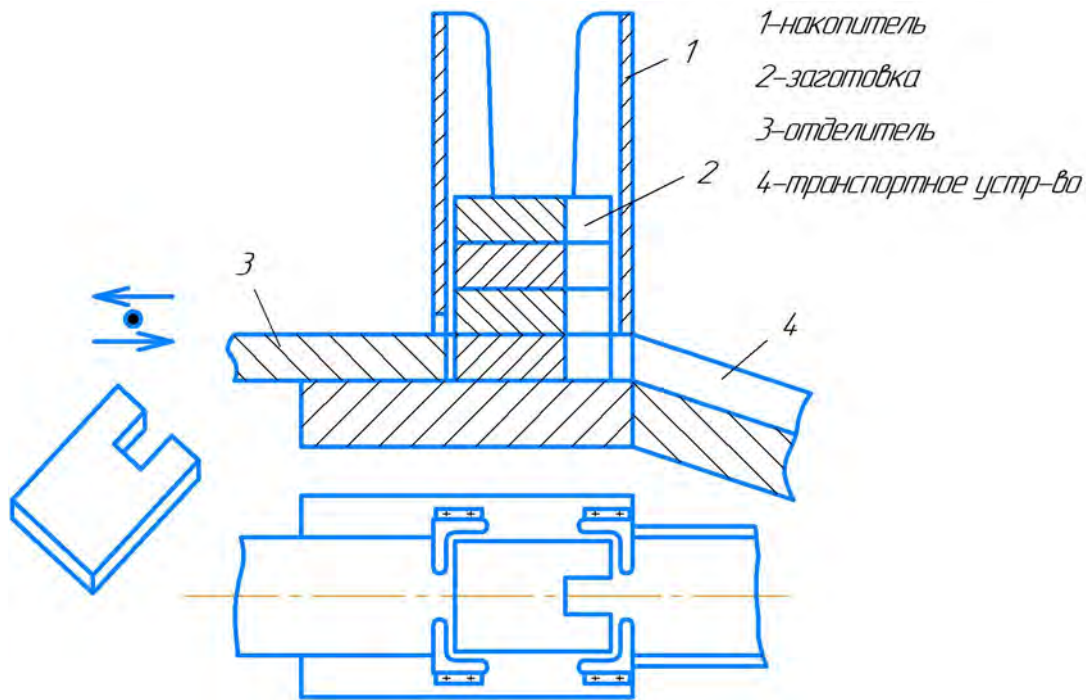


Рисунок 3.11 - Схема шахтного магазину

Шахтні магазини в основному використовують для заготовок у вигляді дисків, квадратів, прямокутників, для заготовок, що мають складну конфігурацію. Поперечний переріз відповідає профілю заготовок, що подаються. Розміри внутрішньої порожнини зазвичай на 1,2 - 3 мм більше розмірів (діаметру, сторони квадрата, прямокутника і тому подібне) заготовок. Висоту шахтних магазинів зазвичай приймають 250 - 400 мм.

Стержневий магазин

Використовують в основному для заготовок класу дисків або плоских квадратних і прямокутних заготовок. При орієнтації по отвору заготівлі надіваються на стержень накопичувача, при орієнтації по зовнішньому контуру заготівлі встановлюються між стержнями.

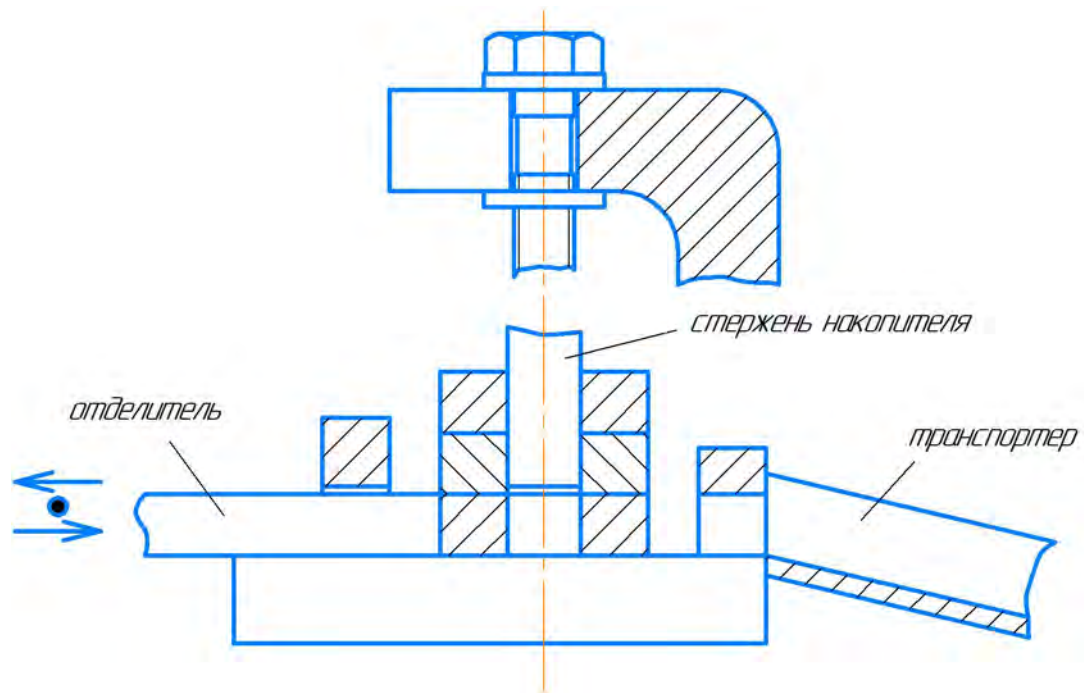


Рисунок 3.12 - Схема стержневого магазина

Лоткові магазини

У лоткових магазинах роль накопичувача виконує лоток. Лоткові магазини бувають прямі, зигзагоподібні, гвинтові та ін.

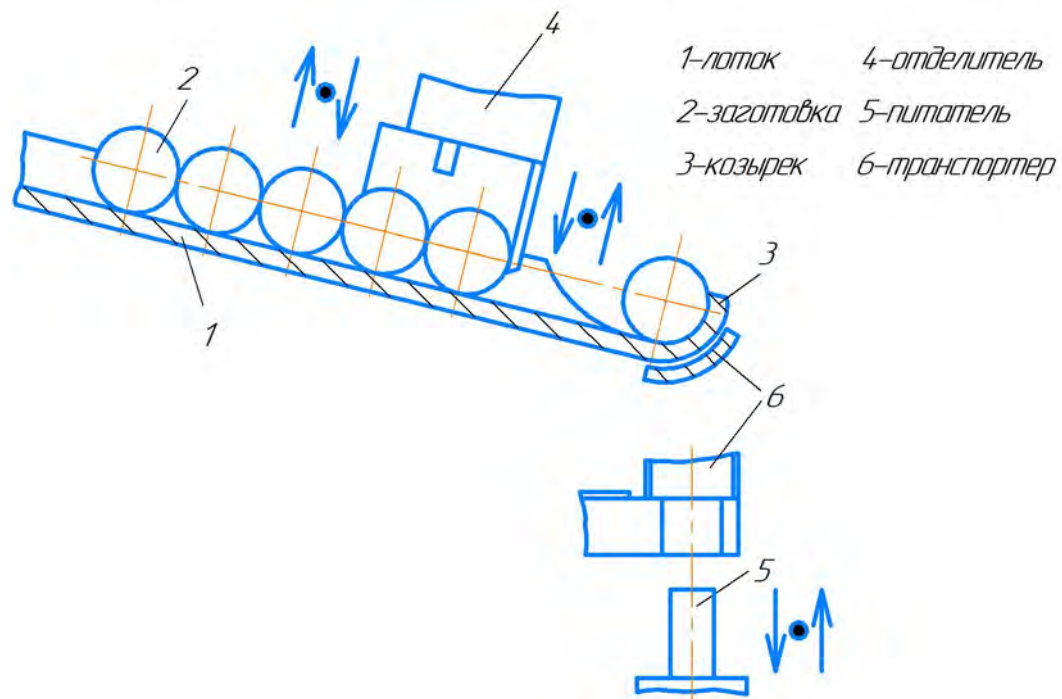


Рисунок 3.13 - Прямий лотковий магазин

Магазин із зигзагоподібним лотком

За рахунок зигзага збільшується об'єм магазину. По лотках-скатах деталі переміщуються шляхом кочення, на лотках-склизах - ковзанням. Лотки виготовляються цілісними, збірними: регульованими і нерегульованими. Форми лотків досить різноманітні і визначаються в основному розмірами і формою оброблюваних деталей.

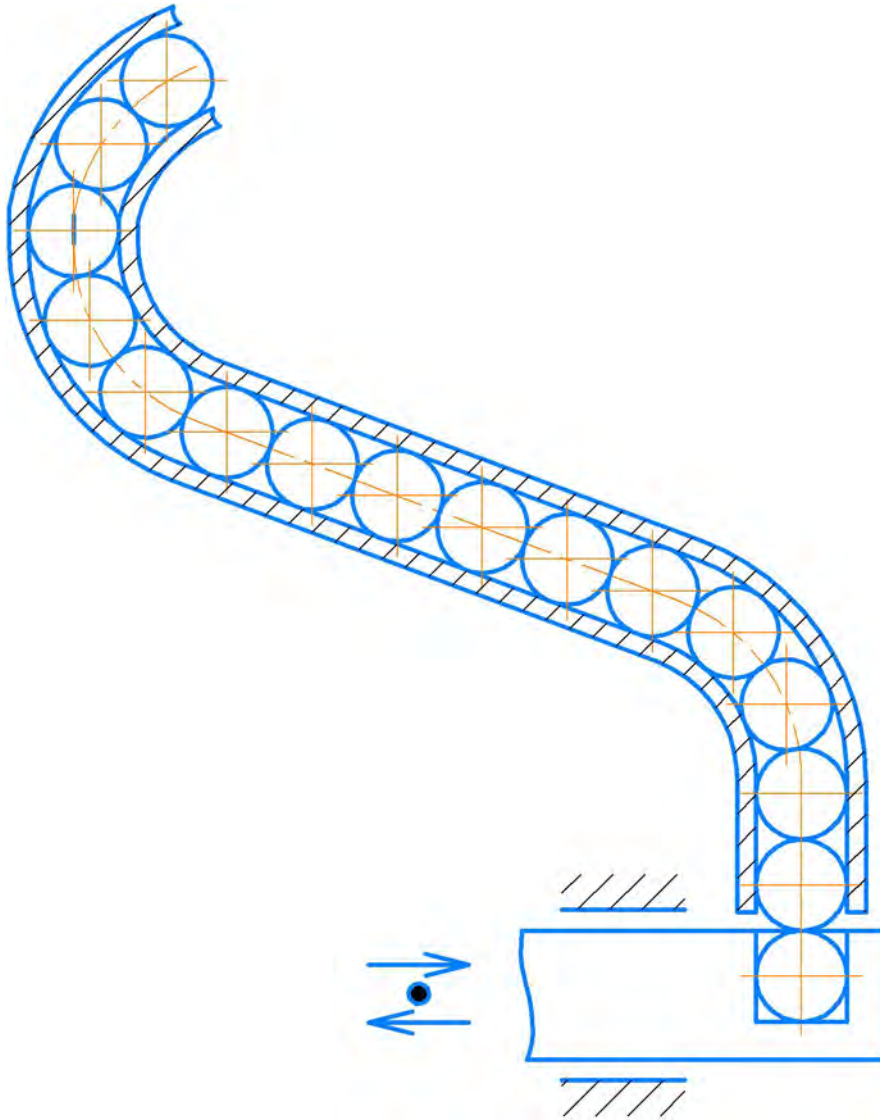


Рисунок 3.14 - Магазин із зигзагоподібним лотком

4 СПЕЦЗАВДАННЯ

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРОБКИ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Титанові сплави грають велику роль в авіаційній техніці, де вимагається отримати найбільш легку конструкцію у поєднанні з необхідною міцністю. Титанові сплави мають меншу вагу в порівнянні з іншими сплавами, але в той же час може працювати при більш високих температурах. З титанових сплавів виготовляють обшивку, деталі кріплення, силовий набір, деталі шасі, різні агрегати. Також ці матеріали застосовуються в конструкціях авіаційних реактивних двигунів. Це дозволяє зменшити їх масу на 10-25%.

Багато властивостей, які надають титановим сплавам статус привабливого матеріалу для виготовлення деталей, мають значний вплив на його оброблюваність. Це пов'язано з відносно швидким зносом інструменту. Основну долю обробки титанових сплавів для авіабудування роблять кінцевими фрезами в зв'язку наявності глибоких кишень, складних профілів і тонкостінності деталей. Тому вдосконалення конструкцій кінцевих фрез для обробки титанових сплавів є актуальною темою.

Багато властивостей, які надають титановим сплавам статус привабливого матеріалу для виготовлення деталей, мають значний вплив на його оброблюваність, а саме:

- висока міцність у поєднанні з низькою щільністю, що зменшує вагу конструкцій, його щільність складає 60% щільність сталі;
- низька теплопровідність;
- більш висока стійкість до корозії, чим нержавіюча сталь.

Усі властивості, перелічені вище, означають, що титанові сплави мають високі і концентровані сили, що діють на різальну кромку при його обробці. Це часто призводить до вібрацій при обробці і веде до швидкого зносу різальної кромки інструменту. Окрім цього, титан погано проводить тепло. Тому обробка титану вимагає від інструменту високої червоностійкості.

Одне з негативних явищ при обробці титанових сплавів являється явище адгезії (рисунок 4.1), а в деяких випадках відбувається поверхневе зміцнення титанових сплавів, що сприяє істотному затупленню РК. Вміст вуглецю більш ніж два десяті відсотки сприяє утворенню карбіду титану, у зв'язку з тим, що вуглець розчиняється в титановому сплаві тільки до 0,2%, якщо вміст вуглецю в титановому

сплаві перевершує це число, то утворюються тверді карбіді титану, які діють на різальну кромку інструменту як абразив і затуплюють її. На рисунках 4.2 і 4.3 схемний показана обробка стали і титанового сплаву.

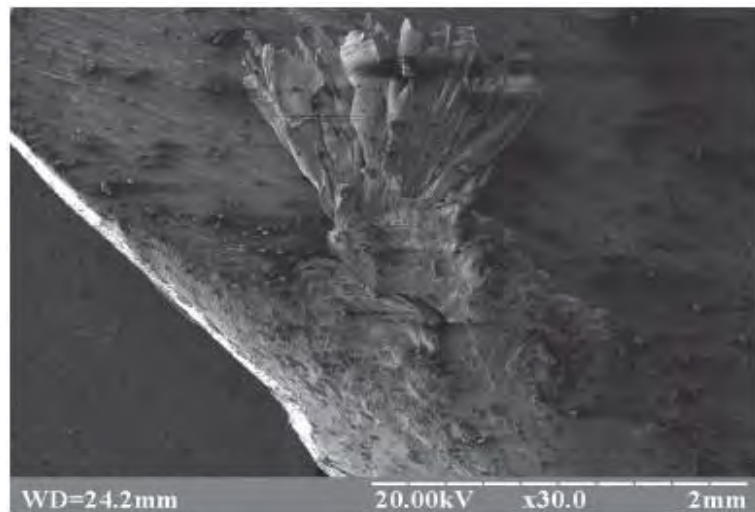


Рисунок 4.1 – Наростообразование на РИ

Крім того, при обробці титанових сплавів як показано на рисунку 4.2, порівняно з обробкою стали показаними на рисунку 4.3, довжина контакту титанової стружки з передньою поверхнею значно менша, ніж при обробці стали. Це пояснює також утворенню при різанні титанових сплавів великих кутів зрушення з малою усадкою стружки, як правило, коефіцієнт усадки її по довжині близький до одиниці. Це видно зі значень коефіцієнта усадки різних марок титанових і твердих сплавів, а також залежності подовжньої деформації стружки від швидкості різання і подання.

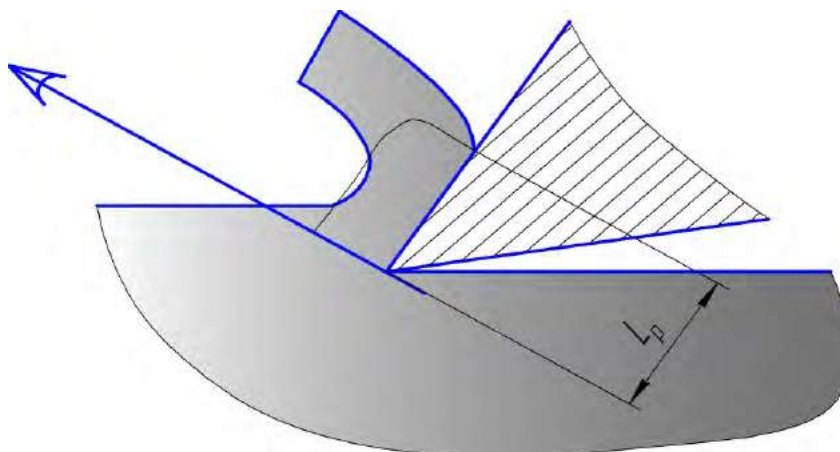


Рисунок 4.2 – Стружкоутворення при обробці стали

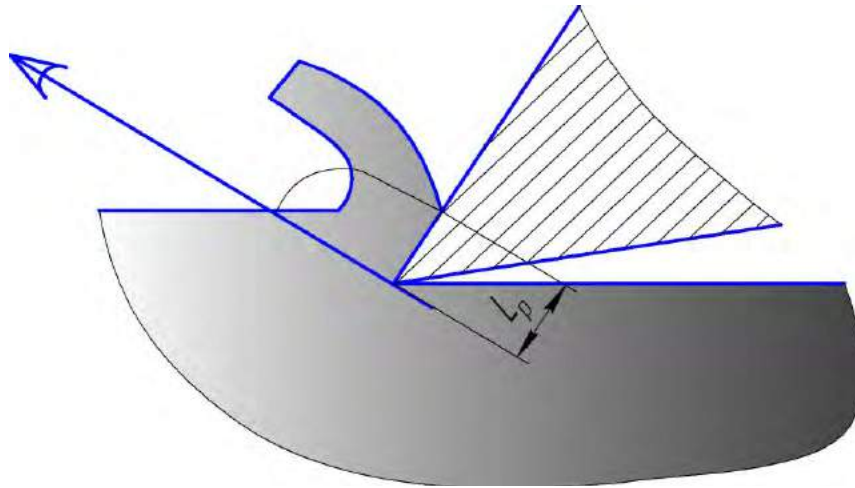


Рисунок 4.3 – Стружкоутворення при обробці титанового сплаву

У ряді випадків в результаті поглинання кисню і азоту з повітря при обробці титанових сплавів виходить так звана негативна усадка, т. е. довжина стружки, що утворюється, більше шляху різання. Зменшення усадки стружки із зростанням швидкості різання пояснюється також різким зниженням сил тертя стружки об передню поверхню різальної частини інструменту. Титанові сплави характеризуються високими коефіцієнтами тертя, що обмежує їх застосування для рухливих з'єднань. В результаті при обробці титанових сплавів усе навантаження розподіляється на дуже малій ділянці вістря леза що, згодом призводить до зниження стійкості інструменту і швидкого руйнування його різальної кромки.

Вважається, що титан важко піддається обробці, але це не типово для сучасних верстатів, інструментів і методів обробки. Частково труднощі в механічній обробці титану - це нова область, в якій доки ще не набрана достатня кількість досвіду. Титан так само може здаватися важчим в обробці в порівнянні з іншими металами, такими як: чавун або низьколеговані сталі. Механічну обробку титану слід виконувати при інших поданнях і швидкостях порівняно з іншими металами, але все таки він може бути досить легкий в обробці. Якщо деталь з титану жорстко затиснута на верстаті, спеціальним шпинделем конусної форми ISO 50, що знаходиться у хорошому стані і обладнанням, з коротким вильотом інструменту, то проблем виникати не повинно, за умови що різальний інструмент вибраний правильно.

Але стабільні і ідеальні умови не завжди є присутніми при фрезеруванні. Крім того, багато деталей з титану мають складну форму з вузькими, дрібними або глибокими і великими кишнями, тонкими фасками і стінками. Для правильної

і успішної обробки цих форм потрібний інструмент з великою довжиною різальної частини, що швидше може вести до деформації інструменту, яка виникає із-за вібрацій при обробці титану і його сплавів. Існують методи, завдяки яким можна істотно понизити вібрації при обробці титану. Більшість фрезерних верстатів, використовуваних для обробки титанових сплавів, оснащена шпинделями з конусом ISO 40. Із-за інтенсивної експлуатації цих верстатів знижується їх ефективність в плані точності і надійності обробки. Обробка титану, як правило, включає контурну обробку, розрізання канавок або обробку кромek, а усі ці операції здатні призводити до вібрації [2,3,8]. Тому необхідно вживати заходи для її запобігання, по можливості підвищуючи потужність закріплення заготівлі. Головним способом вирішення цієї проблеми є багатоступінчасте кріплення заготовок, при якому заготівлі розташовують ближче до шпинделя, що дозволяє ослабити вібрацію.

Через те, що титанові сплави зберігають міцність і твердість при високих температурах, на різальну кромку при обробці впливає велике навантаження. При цьому в місці різання виробляється велика кількість тепла, яке спричиняє за собою небезпеку деформації. Тому велике значення при обробці титану придбаває правильний вибір геометрії змінної пластинки і марки сплаву. Вирішенням цієї проблеми є пластини з покриттям PVD, які здатні істотно підвищити ефективність.

Існує ряд умов для режимів різання при обробці заготовок з титанових сплавів. Точність торцевого і раціонального биття інструментів дуже важлива при механічній обробці титану. Приміром, якщо пластина невірно встановлена в корпусі фрези, це приведе до швидкого ушкодження різальних кромek. Хоча перевага віддається геометрії з позитивним переднім кутом, інструмент з трохи негативним переднім кутом здатний вести обробку при більш високих поданнях, які досягають 0.5 мм на зуб. У такому разі важлива надійність закріплення заготівлі і жорсткість верстата. Мінімальне вживане подання при фрезеруванні титану зазвичай складає 0.1 мм на зуб. Так само можна зменшити частоту обертання шпинделя в цілях отримання рекомендованої швидкості різання як показано таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендована швидкість різання при обробці титанових сплавів

Групи титанового сплаву, його структура і марка	Матеріал різального інструменту	Швидкість різання, м/с	Коефіцієнт оброблювано- сті по відношенню до стали 45
Пластичні: - Низькій міцності VT1-1, OT4-0, AT2 - Середній міцності VT5-1, VT5, OT4, AT3	BK6M; BK8	1-1,7	0,45
Конструкційні підвищеної міцності: - VT6, ИРМ1($(\alpha+\beta)$ - структура) - VT20, AT6, OT4-2(α - структура)	BK8; BK6M; P9K5	1-2,3 0,75-1,2	0,55 0,32
Високоміцні сплави: VT14, VT16, VT22, VT23($(\alpha+\beta)$ - структура) VT15, TC6(β - структура)	BK8;BK6M	0,8-1,6 0,5-1	0,4 0,25
Жароміцні сплави: VT3-1, VT8, VT9($(\alpha+\beta)$ - структура)	BK8	0,5-1,2	0,28

Усі вищезгадані рекомендації по конструкції інструменту і режимам різання при обробці титану і його сплавів враховуються сучасними виробниками при проектуванні інструменту. Проектуються різні конструкції кінцевих фрез для обробки титанових сплавів, які підвищують продуктивність.

Чинниками, що впливають на процес різання, є: діаметр, число зубів, кут нахилу гвинтової різальної кромки, а також геометричні параметри різальної кромки представлені на рисунку 4.4.

Загальні рекомендації по застосуванню кінцевих фрез :

- вибраному діаметру фрези повинні відповідати потужність і жёсткість устаткування;
- по можливості необхідно здійснювати обробку з мінімальним вильотом фрези;
- товщина зрізаного шару при вибраному поданні на зуб не повинна призводити до інтенсивного зносу фрези;
- при виборі числа зубів фрези необхідно, щоб одночасно в різанні не брали участь надто багато зубів, оскільки це призведе до вібрацій і щоб зубів було досить для забезпечення плавності процесу різання;
- по можливості використовуйте попутне фрезерування.

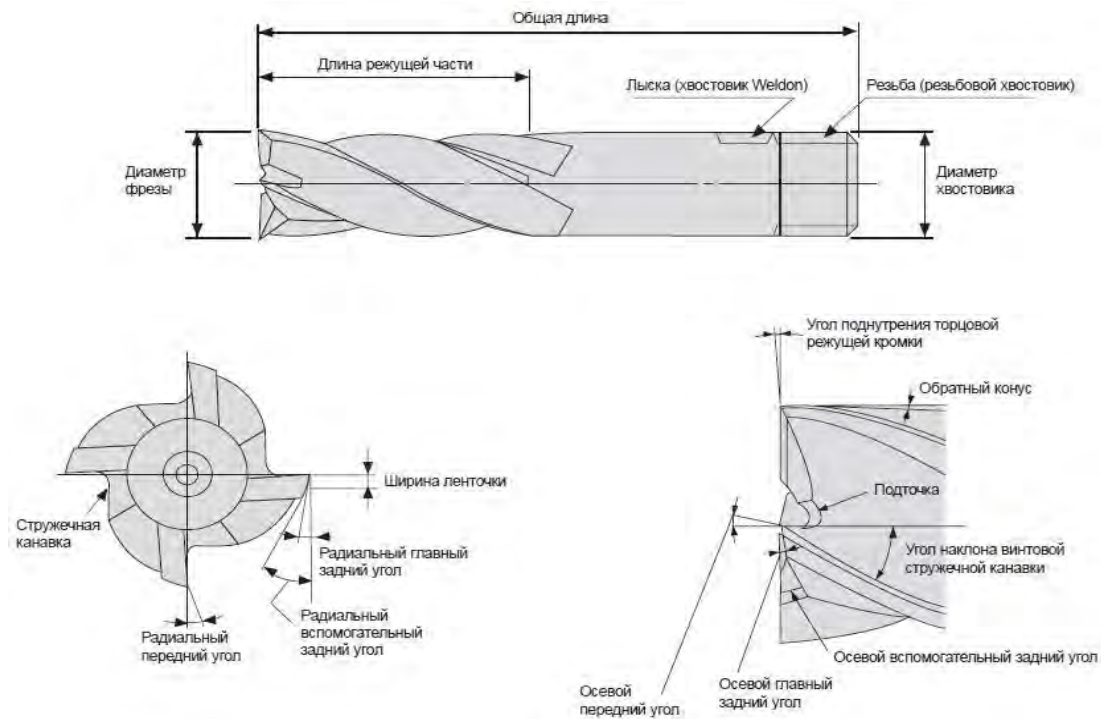


Рисунок 4.4 – Чинники, що впливають на процес різання

При зустрічному фрезеруванні(проти подання) стружка має максимальну товщину у кінці реза. Напрямок руху подання протилежний до обертання інструменту.

При попутному фрезеруванні(по поданню) стружка має максимальну товщину на початку реза. Напрямок руху подання співпадає з обертанням інструменту.

Схеми фрезерування представлені на рисунку 4.5, достоїнства і недоліки представлені в таблиці 4.2.

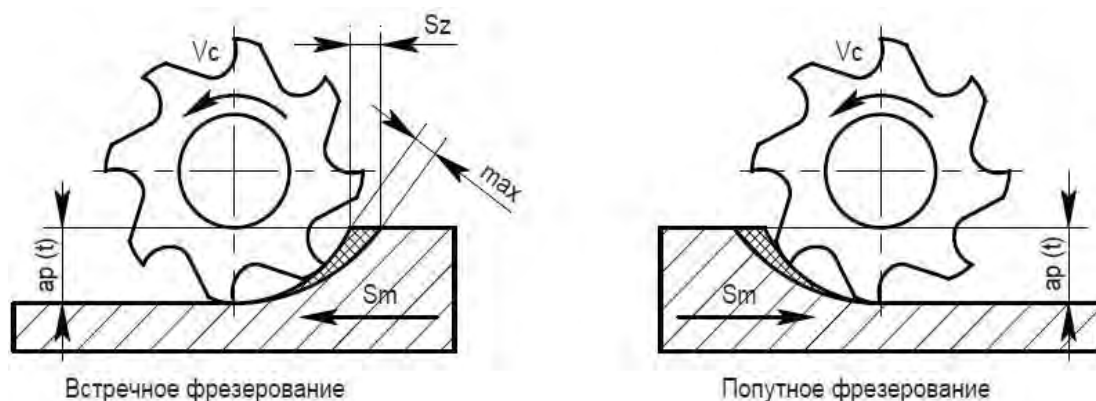


Рисунок 4.5 – Схеми фрезерування

Таблиця 4.2 – Переваги та недоліки схем фрезерування

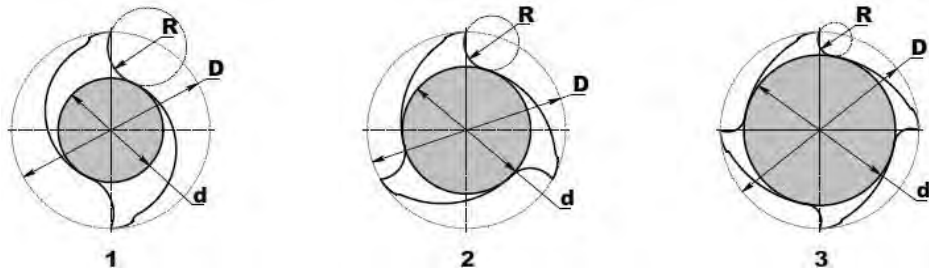
Зустрічне фрезерування	Попутне фрезерування
Плюси: - навантаження під час урізування зуба не залежить від рельєфу поверхні заготівлі - забруднення і кірка не впливають на стійкість фрези «плавний» і «м'який» процес різання	Плюси: - складова сил різання притискає заготівлю до пристосування - надійне видалення стружки - менший знос фрези, чим при зустрічному фрезеруванні - краща якість обробленої поверхні - менша споживана потужність
Мінуси: - фрезерування має схильність до вібрації - необхідність надійного закріплення заготівлі - швидший знос фрези чим при попутному фрезеруванні - ускладнено видалення стружки - із-за високого тертя при знятті стружки мінімально товщина на оброблюваній поверхні утворюється наклепання і виникає внутрішня напруга	Мінуси: - дуже велике ударне навантаження на зуб при урізуванні - менша стійкість фрези при фрезеруванні заготовок з ливарною або кувальною кіркою

Попутне фрезерування, припускає вхід в заготівлю з максимальною товщиною зрізу, а вихід - з мінімальною. При фрезеруванні периферією фреза «підминає» під себе заготівлю, створюючи товсту стружку на вході для максимального поглинання тепла і тонку стружку на виході для запобігання налипанню стружки.

Вивчивши дослідження про обробку титанових сплавів, можна зробити висновки що:

- попутне фрезерування підходить для чистової обробки, у випадках, коли знімається тонкий шар матеріалу;
- зустрічне фрезерування підходить для чорнкової обробки і роботі по кірці.

Вибір числа зубів визначають з властивостей оброблюваного матеріалу, розміру і умов обробки (рисунок 4.6).



d - діаметр серцевини; R - умовний радіус стружкової канавки

Рисунок 4.6 – Схема вибору числа зубів

Відмінності у застосування фрез з різним числом зубів представлені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Застосування фрез з різною кількістю зубів

Двухзубі	Тризубі	Чотирьохзубі (багато зубі)
- низька міцність на вигин - великий простір для стружки - надійне видалення стружки - менша жорсткість внаслідок меншої площі перерізу серцевини - обробка пазів в тяжёлых умовах - рекомендується при малій жорсткості системи	- менше простір для стружки - середня міцність на вигин - вище жорсткість изза більшої площі перерізу серцевини - краще якість обробки - універсальне застосування	- висока жорсткість - невеликий простір для стружки - висока якість - обробка по контуру, фрезерування уступів і пазів

Згідно з дослідженнями по оптимальному числу зубів фрези при чистовій обробці різних матеріалів являється число зубів близьке до п'яти, як видно з рисунка 4.7. Критерієм оцінки приймали параметр шорсткості поверхні і величину віджимання.

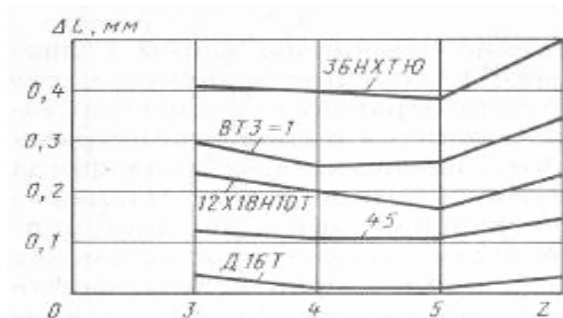


Рисунок 4.7 – Залежність величини віджимання від числа зубів ($D=20\text{мм}$, $L/D=4$) ΔL - віджимання фрези, Z - число зубів

Кут підйому гвинтової канавки (λ) є одним з найважливіших параметрів фрез, що визначає плавність роботи інструменту, шорсткість поверхні заготовлі і сили різання. Встановлено що працездатність фрез збільшується аж до $\omega \approx 55^\circ$ залежно від величини зубів і матеріалу. Виходячи з досліджень і рекомендацій оптимальним кутом підйому спіралі $\omega = 30^\circ - 50^\circ$. Великі кути створюють менші навантаження на технологічну систему. Це забезпечує оптимальну працездатність з мінімальною силою на зуб фрези.

Одній з особливістю обробки кишень і пазів кінцевими фрезами, являється метод фрезерування з урізуванням під кутом (рисунок 4.8). Ця операція дозволяє виключити попереднє свердління. Урізування під кутом - це одночасне переміщення фрези по двох осях. Максимальні кути урізування α для різних оброблюваних матеріалів представлені в таблиці 4.4.

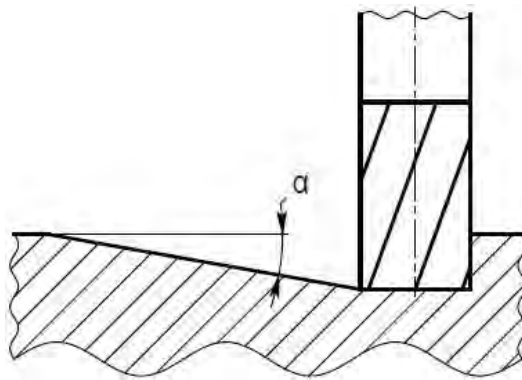


Рисунок 4.8 – Метод фрезерування з урізуванням під кутом

На основі досліджень, при обробці титанових сплавів більш прийнятною є урізування під кутом в заготовлю, чим урізування із заздалегідь розсвердленого отвору.

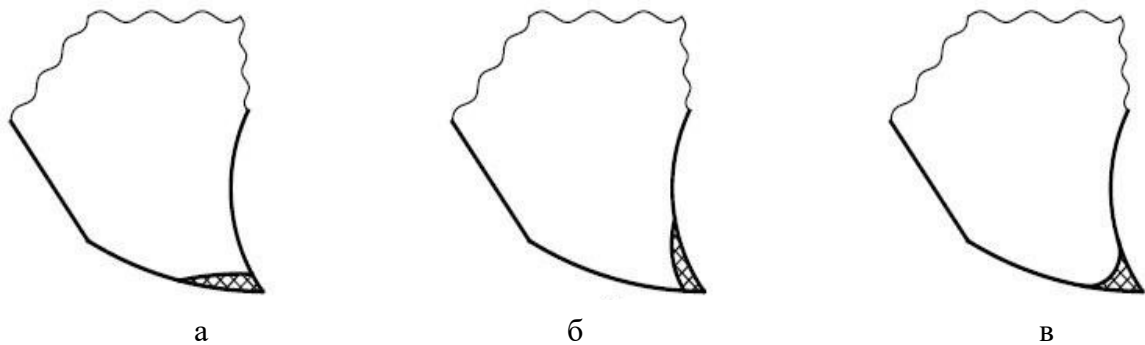
Таблиця 4.4 - Залежність кута урізування від числа зубів і матеріалу

Число зубів фрези	2	3	4 і більше
Стали, чавуни	15	10	5
Алюмінієві і мідні сплави	30	20	10
Гартувані стали	5	3	2

Основними критеріями затуплення різальної кромки є погіршення якості обробленої поверхні, шум при роботі, вібрації.

В цьому випадку фрезу необхідно переточити. Переточувати фрези рекомендується на верстатах з ЧПУ.

На рисунку 4.9 схемний показані різні типи зносу зуба кінцевої фрези:



а- по задній поверхні, б - по передній поверхні, в - кромки

Рисунок 4.9 – Знос кромки при фрезеруванні

Сучасне машинобудівні компанії все більше уваги приділяють створенню прогресивного інструменту для обробки титанових сплавів. Особливо, більша увага приділяється кінцевим фрезам, оскільки у сучасному світі все більше актуальне використання деталей складних конструкцій з титану. А складні конструкції неможливо виготовити без застосування кінцевої фрези. Виробники інструменту поставляють на ринок різні конструкції кінцевих фрез. Усі конструкції складні у виготовленні і мають свої особливості проектування представлені в таблиці 4.6. Є багато розробок і методи обробки титану, представлені в подальшому огляді.

Таблиця 4.6 – Прогресивні конструкції фрез

Фірми виробники	Діаметр робочої частини фрези	Число зубів	Вид різальної кромки	Кут підйому різальної кромки	Вид хвостовика	Матеріал різальної частини	Зображення фрези	Чорнова обробка	Чистова обробка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фрези кінцеві, ГОСТ 23248-78	8-63	4-8	Гвинтова	30° -35°	Конус морзе	P8M3K6C, P18Ф2K8M, HSS		+	+
ТОВ« ПК МІОН» (Томськ), серія 711	20-50	4-6	Змінний кут нахилу стружкових каналів	35° змінний	Weldon циліндри- чний	HSS P6M5K5		+	+
Minicut international (Канада), серія LIST 995M	10-50	4-8	Зуби з викругленнями	35° змінний	Weldon циліндри- чний	HSS PM, TiAlN		+	
Weldon (США), серія Crest - Kut, тип KPSC, KPAC	12-50	4-8	Синусоїдальна різальна кромка	38° змінний	Weldon циліндри- чний	HSS		+	+

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Melin (США), серія Aero - Cut, тип CCAC4 і CCAC6	20-50	4-6	Синусоїдальна різальна кромка	35° змінний	Whistle Notch циліндри- чний	HSS Co M42		+	+
Hanita (Ізраїль), серія Wav Cut, ТИП 1N77	6-30	4	Змінний кут нахилу стружкових каналів	38° змінний	Weldon циліндри- чний	HSS PM		+	+
ПУМОРИ (Урал) Серія Z - MILL	4-16	4-8	Змінний кут нахилу стружкових каналів	35°-50°, змінний	Weldon циліндри- чний	VNM - UF		+	
OSAWA (Італія) Серія Ultra mills	6-30	4-6	Змінний кут нахилу стружкових каналів	35°-38° змінний	циліндри- чний	HSS - P, PV200		+	
WINSTAR (Тайвань) Серія H650	3-20	2-6	Гвинтова, із стружколома і	30°	циліндри- чний	UMG - SICO		+	
STOCK (Німеччина) Серія SuperF - UT N, тип VA - X	3-25	3-6	Змінний кут нахилу стружкових каналів	35° - 38° змінний	Weldon циліндри- чний	HSS - E - PM/Твердий сплав		+	+

Як видно з таблиці, виробники РІ віддають перевагу монолітному інструменту зі швидкорізальної сталі, чим з твердих сплавів. Обумовлено це дорожнечою монолітного інструменту з твердих сплавів, що зводить економічну вигідність їх продуктивності до нуля, особливо при діаметрі зверху 16мм. Фрези із СМП виготовляються тільки для чорнової обробки, в наслідку радіального биття більше 0,06мм. Вид різальної кромки в основному або гвинтова зі змінним кутом нахилу сусідніх зубів або хвилеподібний профіль зуба. Кут нахилу стружкової канавки в діапазоні від 35° до 38°. Збірні кінцеві фрези зі змінними багатограними пластинами (СМП) Конструкція фрез із СМП представлена на рисунку 4.10.



Рисунок 4.10 – Конструкція фрез із СМП

Більшою мірою складними по конструкції фрезами є збірні кінцеві фрези із СМП для обробки титана і його сплавів. Для різних марок титанового сплаву застосовують різальні пластини з відповідними покриттями з тим, щоб забезпечити максимальну ефективність і стійкість фрези при обробці. З тією ж метою і розробляють корпуси фрез: з певними конструкціями гнізд для кріплення пластин, з певними кутами установки пластин і робочими кутами, з хвостовиками, що забезпечують надійне і жорстке закріплення інструменту в шпинделі верстата, а також з можливістю підведення СОЖ. Вищезгадані конструкції збірних кінцевих фрез із СМП для обробки титанових сплавів робляться в таких відомих фірмах як «Sandvik Coromant», «Iscar», «Mitsubishi».

Переваги:

- можливість при необхідності заміни пластин безпосередньо на

робочому місці;

- стабільність геометричних параметрів інструменту;
- можливість оперативної зміни ряду геометричних параметрів шляхом заміни пластин або касет;
- можливість оперативної зміни марок інструментальних матеріалів;
- виключення дефектів пайки і заточування інструментальних матеріалів;
- значний ресурс корпусів інструменту залежно від конструкції корпус дозволяє використати від 100 до 400 комплектів пластин.

Недоліки:

- велике биття різальних кромок, його величина залежить від класу точності пластин, точності виготовлення опорних поверхонь під пластинки і базових поверхонь самих корпусів;
- погане відведення тепла із зони різання через велику кількість стиків при установці пластин в корпусах, що знижує ефективність збірних конструкцій при обробці матеріалів з низькою теплопровідністю(важкооброблюваних), а також при обробці поверхонь великої протяжності;
- обмежені можливості варіювання рядом геометричних параметрів при створенні інструменту, що призводять до зростання динамічних навантажень на технологічну систему;
- погіршність форми обробленої поверхні, що виникає із-за установки пластин з прямолінійною різальною кромкою в корпусах під кутом до осі фрези, або якщо пластина має гвинтову різальною кромку, то кут гвинтової поверхні розрахований тільки для одного базового діаметру, для інших матиме місце погіршність форми обробленої поверхні;
- висока первинна вартість корпусів інструменту.

Вивчення літературних даних дозволило сформулювати деякі правила вибору профілю різальної кромки залежно від виду оброблюваного матеріалу :

- круглий дрібний профіль (HR) застосовують для обробки заготовок з матеріалів середньої і високої міцності : до 1400 МПа для фрез зі швидкорізальної сталі і до 1600 МПа - для твердосплавних. Використовують для чорнової обробки поверхонь з шорсткістю Ra12, 5 мкм і більше;
- круглий великий профіль (NR) застосовують для обробки заготовок з матеріалів середньої і низької міцності : до 1000 МПа фрезами зі швидкорізальної сталі і до 1200 МПа - фрезами з твердого сплаву. Використовують для чорнової

обробки поверхонь з шорсткістю Ra12, 5мкм і більше;

- асиметричний круглий профіль і надвеликий (WR) застосовують для обробки заготовок з кольорових металів (частіше - алюмінієвих сплавів) і м'якої сталі міцністю до 600 МПа. Несиметричне розташування канавок зменшує вібрації і збільшує стійкість фрези;

- плоский великий профіль з канавками (застосовують для тієї ж групи оброблюваних матеріалів, що і великий круглий профіль) радіусів, але можуть використати як для чорнової, так і напівчистої і чистої обробки. Шорсткість обробленої поверхні Ra3, 2 мкм і більше;

- плоский дрібний профіль з канавками (HF) радіусів застосовують для тієї ж групи оброблюваних матеріалів, що і дрібний круглий профіль (середній і високій міцності: до 1400 МПа фрезами зі швидкорізальної сталі і до 1600 МПа фрезами з твердого сплаву), але можна використати як для чорнової, так і напівчистої і чистої обробки. Шорсткість отримуваної поверхні Ra3, 2 мкм і більше;

- чим більше профілю різальної кромки, тим більше шорсткості обробленої поверхні;

- застосування плоского профілю з гострими канавками аналогічно застосуванню плоского профілю з канавками радіусів, але забезпечує меншу шорсткість обробленої поверхні, в порівнянні з обробкою фрезами з хвилястою різальною кромкою.

Великі експериментальні дослідження, проведені Н. И. Резниковим, В. А. Кривоуховим, М. Ф. Полетика, а також інформація із зарубіжної літератури, дозволили виявити основні особливості титанових сплавів і їх обробки :

- мала пластичність призводить до того, що при обробці утворюється специфічна стружка, на вигляд схожа на зливну, але з малим коефіцієнтом усадки. Така стружка має ще і малу площу контакту з передньою поверхнею різального інструменту, що у поєднанні з високою міцністю титанових сплавів призводить до великих нормальних тисків на різальний інструмент, що веде до підвищеного зносу і витрати інструменту;

- високе зміцнення титанових сплавів в процесі різання. Внаслідок підвищеної здатності до зміцнення при пластичній деформації їх міцностні властивості зростають в 2-4 рази, що сильно знижує оброблюваність цих матеріалів;

- знижена вібростійка процесу різання, обумовлена високою

зміцнюємістю титанових сплавів при нерівномірності протікання процесу деформації при різанні;

- висока хімічна активність, сприяюча при різанні активній взаємодії титанових сплавів з довкіллям. Внаслідок цього, при збільшенні температури в зоні різання йде сильне поглинання кисню, водню і азоту з повітря, що призводить до окислення;

- при обробці, титанові сплави чинять високу абразивну дію на різальний інструмент, із-за вмісту в них високотвердих включень у вигляді оксидів, нітриду і карбідів;

- при призначенні режимів різання титанових сплавів, особливе уваги слід приділяти питанням безпеки. Утворення тонкої стружки, покритої технічними маслянистими рідинами, призводить до її легкому займанню;

- переважним є попутне фрезерування для обробки титанових сплавів. Оскільки при урізування створюється товста стружку на вході для максимального поглинання тепла і тонка стружка на виході для запобігання налипанню стружки;

- виробники різальних інструментів з великою перевагою виготовляють монолітні кінцеві фрези для обробки титанових сплавів зі швидкорізальних сплавів, чим з твердих сплавів, особливо при діаметрі більше 16мм;

- провідними світовими виробниками різального інструменту рекомендовані наступні режими різання :

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Трьо вимірна модель показана на рисунку 5.1.

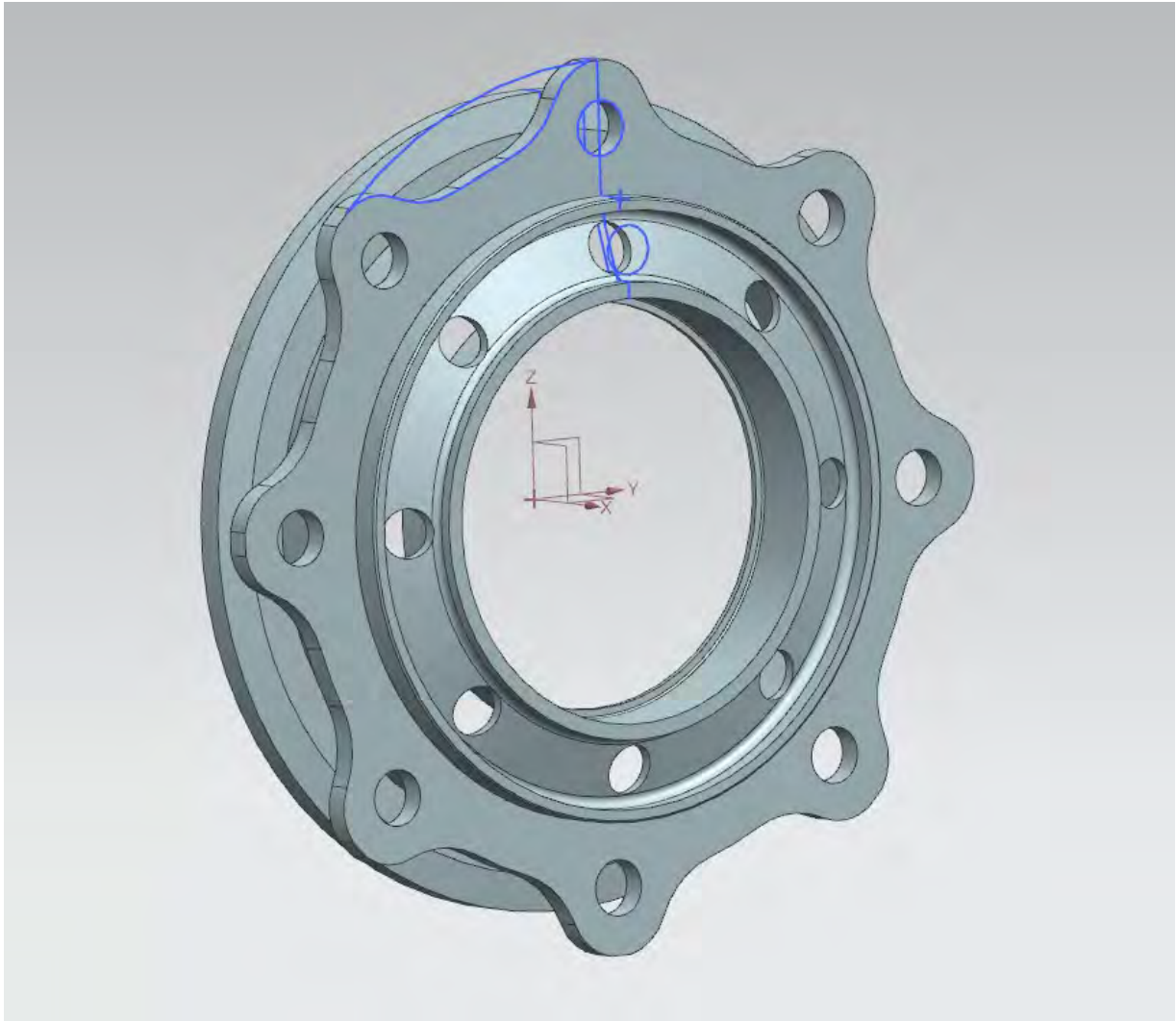


Рисунок 5.1 – Трьовимірна модель диску

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 5.2.

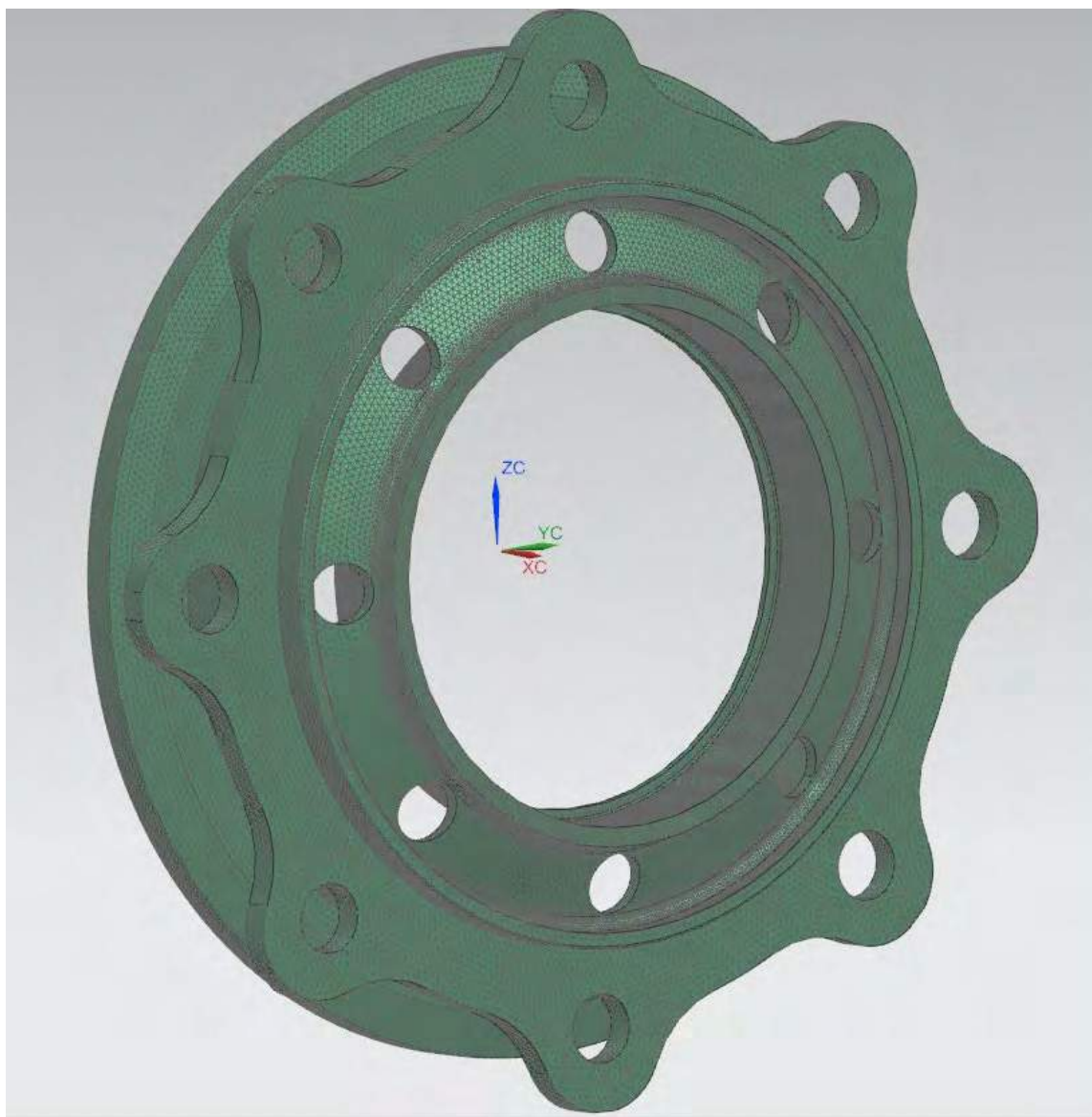


Рисунок 5.2 – Модель диску розбита на сітку нінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливлують переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 5.3).

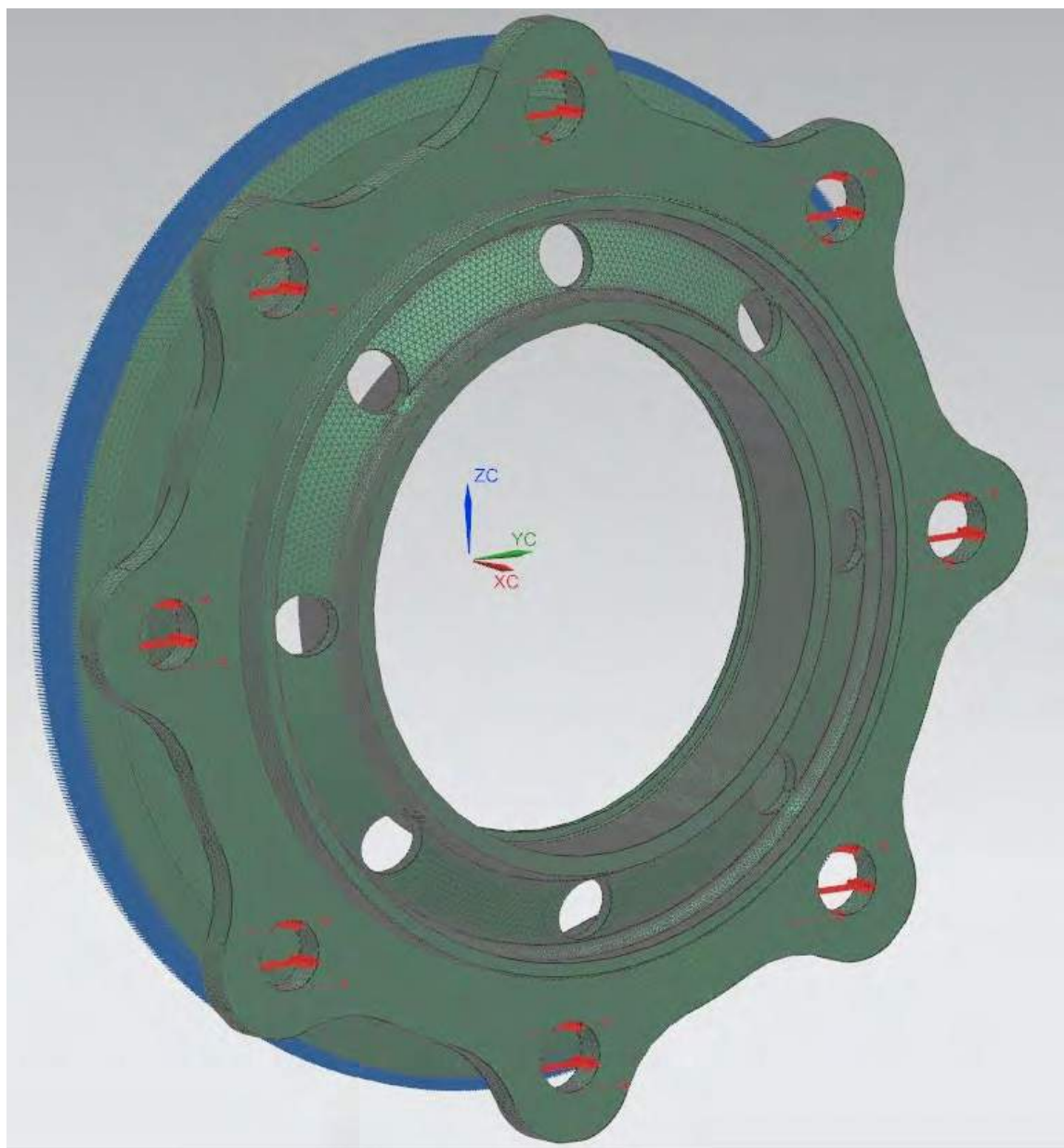


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 5.4).

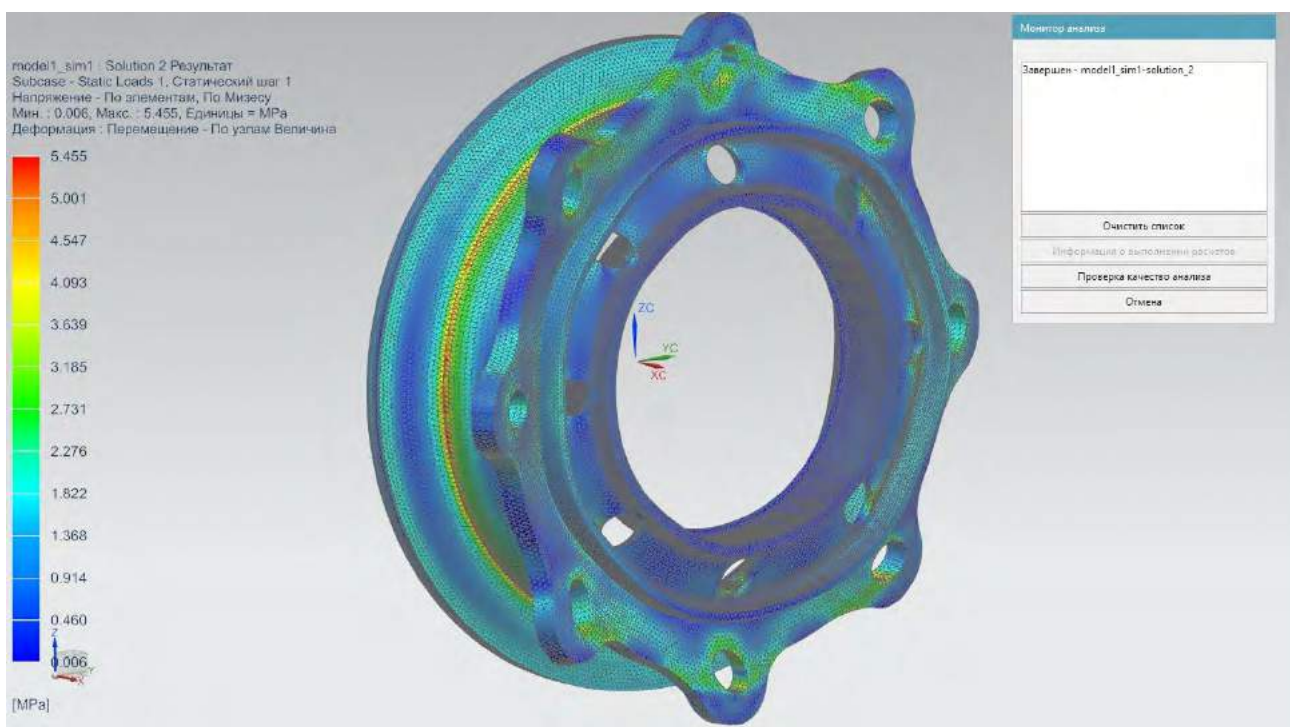


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану диску

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде галтельний перехід і для того щоби підвищити міцність деталі необхідно збільшити його радіус.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на магістерську роботу, розроблено технологічний процес механічної обробки перехідника регулятора двигуна AI 25.

Детально розроблений технологічний процес виготовлення перехідника регулятора двигуна AI 25. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено розрахунково-технологічні карти обробки деталі на верстатах з ЧПУ для токарної операції.

Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектвані верстатні пристосування дозволяють швидко і надійно закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах великосерійного виробництва дуже важливо.

Виконано спеціальне завдання на тему конструктивні особливості фрез для обробки титанових сплавів.

В економічній частині магістерської роботи виконано розрахунок отриманого економічного ефекту від впроваджених удосконалень.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика механічної обробки деталей з точки зору безпеки проведення робіт, наведена характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення перехідника регулятора двигуна AI 25.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологический процесс. : ОАО «Мотор Сич», 1992. – 245с.
2. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
3. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
4. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
5. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
6. Горохов В.А. «Проектирование и розрахунок приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
7. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “ Технологія машинобудування» (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
10. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
11. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
12. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
13. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник/ Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров 2 – е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. - 240 с.