

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

ДО дипломної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)
магістра
(освітній ступінь)

на тему «Технологічна підготовка виробництва деталей насосних агрегатів літальних апаратів»

ХАІ.104.1-96А.23О.134.19-9/22-1ф ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи № 1-96А
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)

Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код та найменування)

Освітня програма «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів»
(найменування)

Шушаков Дмитро Андрійович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Катерина МАЙОРОВА
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Сергій ІВАНОВ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ літакобудування _____

Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Галузь знань _____ 13 «Механічна інженерія» _____
(код та найменування)

Спеціальність _____ 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» _____
(код та найменування)

Освітня програма _____ «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів» _____
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Катерина МАЙОРОВА _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Шушаков Дмитро Андрійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Технологічна підготовка виробництва
деталей насосних агрегатів літальних апаратів» _____

керівник кваліфікаційної роботи _____ Майорова Катерина Володимирівна, к.т.н.,
доцент _____

затверджені наказом Університету № 2054-уч від « 30 » 11 2023 року
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____ 08 січня 2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) _____

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024
Технологічний розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024
Економічний розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024
Спеціальний розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024

Нормоконтроль _____ « ____ » _____ 20__ р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	08.01.2024	
2	Технологічний розділ	08.01.2024	
3	Економічний розділ	08.01.2024	
4	Спеціальний розділ	08.01.2024	

Здобувач_____
(підпис)Шушаков Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи_____
(підпис)Катерина МАЙОРОВА

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота містить 4 розіли, 8 таблиць, 46 рисунків, 128 сторінок.

У кваліфікаційній роботі магістра наведено чотири розділи: конструкторський – конструкторсько-технологічний аналіз крила літака типу Ан-140 та корпусу гідравлічного приводу насосних агрегатів літака; технологічний – аналіз технологічності конструкції корпусу, вибір виду заготовки і обґрунтування методу її виготовлення, вибір обладнання та планування цеху; економічний – розрахунок собівартості та кількість деталей, необхідної для прибутку виробництва; спеціальний – аналіз головних параметрів при формоутворенні механічним обробленням.

Зміст

Анотація	1
ВСТУП	4
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	5
1.1 Загальні відомості про конструкцію пасажирського літака і конструктивно-силової схеми...	6
1.2 Технологічні особливості конструкції пасажирського літака і крила	8
1.3 Конструктивно-технологічний аналіз консольної частини крила	10
1.4 Проектувальний розрахунок крила на міцність	12
1.5 Розподіл повітряного навантаження по довжині крила	13
1.6 Проектування панелей	19
1.7 Ваговий аналіз конструктивних рішень	21
1.8 Технічні умови на виготовлення крила пасажирського літака.....	21
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	23
2.1 Конструктивно-технологічний аналіз корпусу гідравлічного приводу.....	25
2.1.1 Конструктивні особливості складальної одиниці	25
2.1.2 Хімічний склад і властивості матеріалів для виготовлення деталей вузла	27
2.2 Аналіз технологічності конструкції корпусу.....	27
2.2.1 Призначення конструктивних баз	28
2.2.2 Якісна оцінка технологічності.....	31
2.2.3 Кількісна оцінка технологічності.....	32
2.3 Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її виготовлення.....	33
2.3.1 Вибір і обґрунтування технологічних баз.....	34
2.3.2 Розрахунок операційних припусків і визначення розмірів заготовки.....	36
2.3.3 Розробка комплексної технологічної операції, виконуваної на спеціалізованій ділянці	38
2.4 Вибір обладнання	38
2.5 Критерії та порядок вибору конструкції і геометричних параметрів різального інструменту	40
2.6 Розрахунок режимів різання.....	42
2.6.1 Комплексна операція 030.....	42
2.6.2 Розробка технологічної операції 030 з використанням САПР Solid CAM і створення керуючої програми для обробного комплексу Spinner VC450	50
2.6.3 Етапи розробки КП обробки.....	51
2.6.4 Візуалізація послідовності процесу обробки.....	57
2.6.5 Технічне нормування операції	59
2.6.6 Проектування верстатного пристосування для обробного комплексу Spinner VC450....	63
2.6.7 Загальні відомості про верстатні пристосування. призначення пристосувань	63
2.6.7 Проектування верстатного пристосування	64
2.7 Розрахунок пристосування на точність.....	66

	3
2.8 Проектування цеху.....	68
2.8.1 Розрахунок кількості основного виробничого устаткування.....	69
2.8.2 Визначення розрахункової і прийнятої кількості верстатів.....	70
2.8.3 Розрахунок коефіцієнта завантаження верстатів і побудова графіку завантаження верстатів ділянки.....	71
2.8.3 Розрахунок кількості виробничих робітників.....	72
2.8.4 Попереднє визначення площ ділянки і цеху.....	73
2.9 Класифікатор деталей.....	75
2.10 Оформлення карт технологічної документації.....	76
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	77
3.1 Характеристика товару.....	78
3.2 Аналіз ринку.....	79
3.4 Вихідні дані.....	79
3.5 Визначення виробничої собівартості одиниці виробу.....	79
3.6 Визначення повної собівартості одиниці виробу.....	83
3.7 Визначення точки безбитковості.....	84
4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	85
Головні параметри при формоутворенні механічним обробленням.....	86
4.1 Чорнове оброблення.....	87
4.2 Напівчистове оброблення.....	90
4.3 Чистове оброблення.....	91
4.4 Фінішне оброблення.....	93
4.5 Моделювання процесів зміни макрогеометрії при лезвійному обробленні.....	94
4.5.1 Моделювання формоутворювальних переміщень.....	95
4.5.2 Моделювання видалення матеріалу.....	99
4.5.3 Прогнозування сили різання під час моделювання.....	101
4.5.4 Високошвидкісне оброблення.....	103
4.6 Методи та засоби вимірювання параметрів макрогеометрії поверхонь.....	108
ВИСНОВКИ.....	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ.....	122
ДОДАТКИ.....	125

ВСТУП

Вантажно-пасажирський літак типу Ан-140 (рис. 1) є розробкою інженерного складу українських авіаторів [1].



Рисунок 1 – Складання літака Ан-140 [1]

Літак Ан-140 в Україні є регіональним вантажнопасажирським літаком ДП Антонов з інтер'єром пасажирського салону, що був розроблений та виготовлений ІнтерАМИ Інтер'єр, і призначений для пасажирських та змішаних грузопасажирських перевезень на відстань до 3 700 км. За своєю конструкцією він є двохдвигунним високо планом [2]. В середині 1993 року в АНТК ім. О.К.Антонова почалася розробка пасажирського літака для місцевих авіаліній Ан-140, який повинен замінити морально застарілі літаки Ан-24, що знаходяться в експлуатації понад 30 років. Літак Ан-140 створювався відповідно до російських і американських норм льотної придатності. Відмінною особливістю літака Ан-140 є низький рівень витрат на технічне обслуговування і застосування принципу експлуатації "за технічним станом". Літак зможе автономно експлуатуватися на невідготовлених аеродромах. Свій перший політ літак Ан-140 здійснив 17 вересня 1997. Крім основного виробництва у Харкові, літак до 2015 року збирався під ліцензією HESA (в Ірані під назвою «IR.AN-140» – всього було випущено 7 літаків). До 2015 року вироблявся також у Російській Федерації, проте внаслідок санкцій з боку України через агресію РФ 2014 року, програму було призупинено. Літак може перевозити до 52 пасажирів [3].

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про конструкцію пасажирського літака і конструктивно-силової схеми

Основна комплектація літака Ан-140 є високоплан з класичним оперенням і двома турбогвинтовими двигунами ТВ3-117ВМА-СБМ1, встановленими на крилі. Допоміжна силова установка АІ9-3Б, розміщена у хвостовій частині фюзеляжу, забезпечує автономну експлуатацію літака на необладнаних аеродромах. У хвостовій частині фюзеляжу і під підлогою пасажирської кабіни розміщені багажно-вантажні відсіки загальним об'ємом 9,1 м³ і вантажністю 1,84 тонни. Об'єми багажно-вантажних відсіків у 1,3-1,5 раза більше, ніж в інших літаках аналогічного класу. На літаку в передній частині пасажирського салону передбачено можливість перевезення вантажів на спеціальних піддонах, за умови зняття крісел. Для цього з правого боку фюзеляжу розміщено вантажні двері, а підлогу підсилено. Шасі підвищеної прохідності з пневматиками низького тиску і високе розташування двигунів, що виключає пошкодження повітряних гвинтів і повітрозабірників сторонніми предметами під час злітання чи сідання, дозволяють експлуатувати літак на ґрунтових, галькових, льодових і засніжених аеродромах та майданчиках.

Пасажирський салон літака Ан-140 базової конфігурації розраховано на перевезення 52 пасажирів. Літак має основний багажний відсік об'ємом 6 м³, а для розміщення додаткових вантажів може бути використано додатковий багажний відсік об'ємом 3 м³, що розташований під підлогою вантажної кабіни. Інтер'єр літака містить зручні пасажирські крісла, шумопоглинальні панелі, системи індивідуальної вентиляції, багатоканальну аудіосистему, багажні полицки оригінальної конструкції [3].

В конструкції літака Ан-140 закладено ряд параметрів, які роблять цей літак незамінним для України: експлуатація на коротких ВПП та ґрунтових аеродромах; відповідність вимог міжнародних норм; можливість виконувати пасажирські та вантажопасажирські перевезення; компактність; автономна експлуатація; низький рівень витрат на техобслуговування та експлуатацію; невисока ціна; хвостовий

багажник збільшеного об'єму; можливість застосування вітчизняного та закордонного обладнання та двигунів.

Планер являє собою цільнометалевий моноплан з високорозташованим крилом, однокілевим вертикальним оперенням розташованим на фюзеляжі в хвостовій частині. Фюзеляж являє собою цільнометалевий напівмонокок з повздовжнім набором з стрингерів та балок, поперечним набором з силових та рядових шпангоутів, робочої обшивки. Крило – високорозташоване, вільно несуче, малої стріловидності. По конструктивно-силовій схемі крило – кесонної конструкції та прикріплене до фюзеляжу за допомоги спеціальних вузлів. Горизонтальне та вертикальне оперення – суцільнометалеве, агрегати лонжеронної конструкції. Загальний вид літака зображений на рис. 1.1.

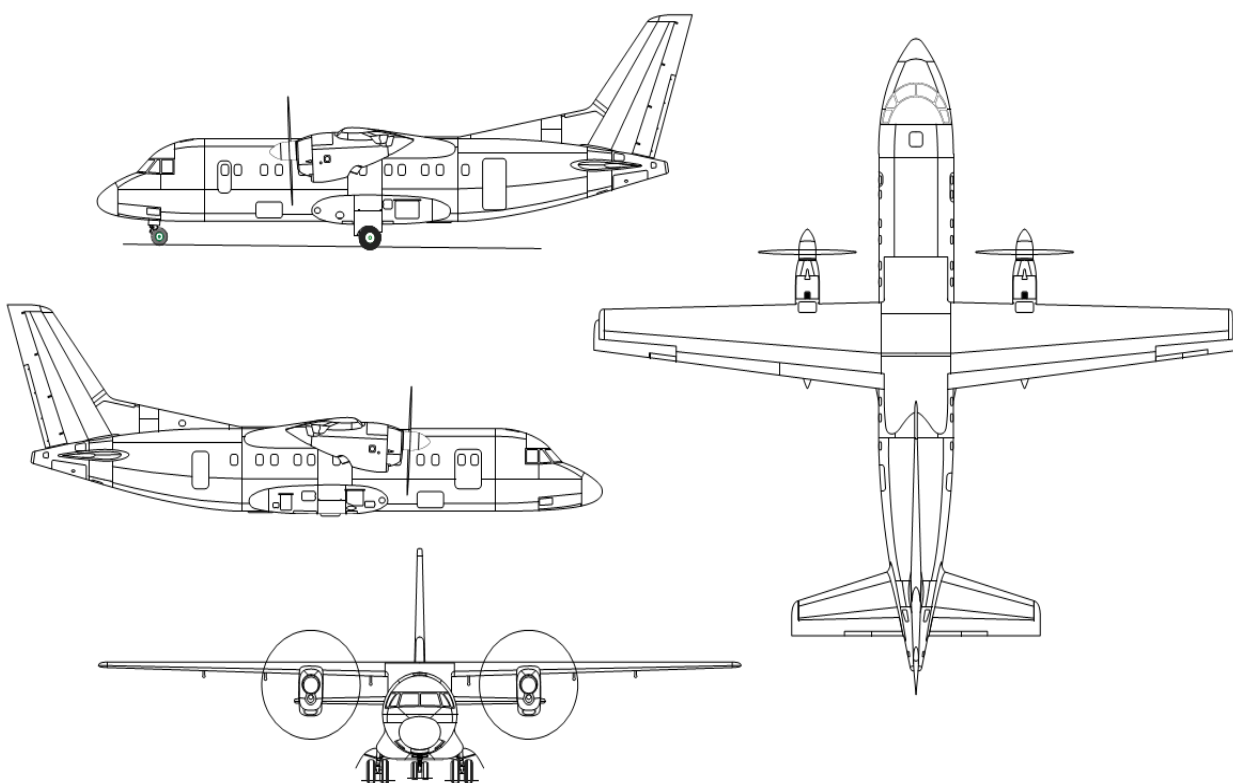


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд пасажирського літака аналога АН-140 [2]

На сьогодні на літаку Ан-140 використовується цифровий комплекс авіоніки EFIS. Двигуни: 2 х ТВД Пратт-Уїтні Канада PW127A (2х2750 к.с.) або 2 х ТВЗ-117ВМА-Сб2 потужністю 2 х 1838 (2500) к.с.

Тактико-технічні данні літака наступні.

Максимальне комерційне навантаження 6,12 т.

Кількість пасажирів при кроці крісел 762 мм (30") – 68 чол.

Крейсерська швидкість: - максимальна 575 км / год за максимальної дальності польоту 500-520 км.

Крейсерська висота 7200 м.

Практична дальність (при АНЗ на 45 хв): з максимальним навантаженням 1700 км; 68 пасажирами 1700 км; з 52 пасажирами 2950 км; з максимальним паливом і вантажем 3080 км; перегоночная 3400 км.

Витрати палива 580 кг/год.

Потрібна довжина ЗПС (СА, Н = 0):

- для зльоту 1350 м;

- для посадки 1350 м.

Екіпаж 2 чол. Бортпровідники – 2 чол.

1.2 Технологічні особливості конструкції пасажирського літака і крила

Конструкція літака за своїми конструктивно-технологічними особливостями володіє високою спадкоємністю по відношенню до конструкцій літаків Ан-24, Ан-72. Основні матеріали, що застосовуються на фюзеляжі: обшивка 1163АТВ, Д16, типові стрингера - 1450 т; силові шпангоути, кронштейни - 1933Т2.

Конструктивно-технологічні рішення, що впливають на технологію виготовлення фюзеляжу:

- застосування клеєних металевих конструкцій автоклавного склеювання;
- застосування заклепок підвищеного ресурсу та герметичності з зменшеною висотою заставної головки для панелей фюзеляжу;
- стик центроплана з крилом - фланцеве;
- оптимальне для даного класу машин застосування на фюзеляжі композиційних матеріалів (залісини, обтічники шасі, панелі пасажирського салону і багажного відсіку).

Фюзеляж не має конструктивно-експлуатаційних роз'ємів по довжині. Герметизуючими матеріалами і матеріалами антикорозійного захисту в конструкції фюзеляжу застосовують герметик У30МЕС-5М, ВМТЕФ-1НГ, заповнювач ВЗ-27М,

грунти ЕП-0214 і ЕП-0215, емаль ЕП-140, протикорозійне засіб НГ-222, що дозволяє застосувати традиційну технологію і існуючі засоби механізації.

Технологічні особливості конструкції крила:

- нероз'ємність крила за розмахом з технологічним фланцевим стиком центральній частині крила (ЦЧК) і окремих частин крила (ВЧК);
- наявність знімних панелей на ЦЧК і ВЧК, люки на нижніх панелях для установки і демонтажу паливних агрегатів;
- панелі КЧК збірно-клепаної конструкції;
- лонжерони збірно-клепаної конструкції (матеріал поясів - 1973Т2, стійок - пресований профіль 1161Т, стінка - Д16Т);
- вузли навішування рами кріплення силової установки виконані з матеріалу ЗОХГСНА, силові кронштейни вузлів навішування зі сплаву 1933Т2;
- хвостова частина, закрилки, елерони крила виконані з алюмінієвих і композиційних матеріалів;
- болтові з'єднання - з пружнопластичним натягом, болти в основному з титанових сплавів ВТ-16;
- заклепувальні з'єднання - підвищеного ресурсу та герметичності.

Конструкція крила дозволяє виділити в самостійні підборки секції панелей, лонжерони з носової і хвостової частини, нервюри, і виконувати остаточне складання консолі крила в стапелі на базі КФО, які закладаються в нервюрах і лонжеронах, з використанням ручних та вбудованих в стапель механізованих пристроїв.

Взаємозамінність крила за конструктивними і технологічними рішеннями по відношенню до сімейства літаків «Ан» становить 80%. При розгляді застосовуваних в конструкції літака матеріалів виявляється, що в літаку в значно менших обсягах по відношенню до літаків Ан-72, Ан-74 застосовані титанові сплави і полімерні композиційні матеріали, що дозволяє істотно знизити трудомісткість виготовлення деталей і вузлів.

1.3 Конструктивно-технологічний аналіз консольної частини крила

Основний каркас крила складається з центральної і консольної частини крила. КЧК трапецієподібної форми в плані і включає в себе: силовий каркас, виконаний у вигляді кесона, носову частину і хвостовий відсік. Кесон ОЧК (міжлонжеронний частина) складається з поздовжнього і поперечного наборів, двухлонжеронной конструкції, максимальні габарити 10500x1470x495 мм.

Поперечний набір складається з 24 нервюр (4-27) збірно-клепаной конструкції балкового типу. Нервюри складаються зі стінок, верхнього і нижнього поясів, стійок і кріпляться до панелей, стрингерам за допомогою компенсаторів, розташовані перпендикулярно СПК, паралельно осі симетрії. Між нервюрами 13 і 15 розташований видатковий бак.

Поздовжні набір складається з двох лонжеронів складально-клепаной конструкції, нижньої і верхньої панелей. Перший і другий лонжерони складаються з верхнього (В95ПЧТ2) і нижнього (1163АТ) поясів з пресованих профілів, стінки (1163АТ), стійок (Д16Т) і кронштейнів (1933Т2). На першому лонжероні по нервюрам 8, 9 і 10 і на нижній панелі встановлені вузли навішування ферми кріплення двигунів. На другому лонжероні по нервюрам 4, 9, 13, 18, 21, 23 і 26 встановлені кронштейни механізми кріплення закрилків і елеронів.

Панель верхня складально-клепаной конструкції, складається з трьох окремих панелей, виконаних з фрезерованного листа з приклепанними стрингерами, матеріал В95ПЧТ2. Перша і третя панелі мають поперечний стик по 18 нервюрі, який ділить їх на дві частини (3-18 н. і 18-27 н.). Стрингери за розмахом виконані зі стиком по 24 нервюрі і мають $I_{\max} = 9600$ мм, матеріал В95ПЧТ2.

По 3 нервюрі на верхній панелі встановлюється профіль роз'єму, що складається з трьох частин, матеріал - В95ПЧТ2. Середня панель з'ємна, складається з 4 частин, зі стиками по 13, 24 і 25 нервюрам.

Панель нижня (матеріал 1163АТВ) складається з однієї збірно-клепаной панелі між першим і другим лонжеронами, виконаної фрезеруванням з листа з приклепанними стрингерами і має стик по 18 нервюрі, який виконаний через підкладну накладку. На нижній панелі передбачені овальні люки для

обслуговування паливних насосів. Стрингери за розмахом виконані зі стиком по 24 нервюрі, матеріал 1163АТ. По нервюрі на панелі встановлюють профіль роз'єму, аналогічно верхній панелі, але складається з п'яти частин. У профілях роз'ємів по третій нервюрі виконані стикувальні отвори і циліндричні колодязі для установки стикувальних болтів. Площина роз'єму кесона по третій нервюрі розташована паралельно осі симетрії літака.

Носова частина крила включає в себе кореневу і кінцеву частини. Коренева носова частина крила між нервюрами №4-8 нез'ємна, складається з оболонки кесонної конструкції, закріпленої на кесоні крила і підкріпленої клепами нервюрами і двох нижніх відкидних панелей клеєної конструкції. Всі деталі виконані з листів і пресованих профілів. Кінцева носова частина крила між нервюрами №10-27 – нез'ємна, оснащена повітряно-тепловою протиобліднювальною системою, складається з оболонки, закріпленої на кесоні крила, підкріпленої клепами нервюрами, стінки теплової камери і чотирьох нижніх з'ємних панелей клеєної конструкції. Оболонка клеєної конструкції з гофрами, що служать для подачі і розподілу гарячого повітря по всій поверхні. Оболонка разом зі стінкою утворює герметичну теплову камеру.

Хвостовий відсік крила складається з хвостової частини (між нервюрами №4-20 та №20-27), закрилків, елерона і закінцівки. Хвостові частини крила включають в себе верхню і нижню тришарові композиційні панелі і каркас, виконаний у вигляді поздовжніх верхніх і нижніх балок, закріплених на нервюрах хвостової частини крила і на кронштейнах навішування закрилків. Для забезпечення доступу в нішу хвостової частини нижні панелі виконані з'ємними на замках. Двохщільні (з фіксованим дефлектором) поворотні закрилки виконані двохопорними з підведенням управління по приводним нервюрам хвостовій частині крила в зоні нервюр №6 і №15.

Конструкція закрилків складально-клепана, дволонжеронний дефлектор виконаний з композиційних матеріалів. Елерони складально-клепаної конструкції трьохпорні з роговою і осьовою компенсаціями, забезпечені сервокомпенсаторами.

Центроплан і консольна частина крила збираються в різних стапелях, і тільки потім збираються по стику, розташованому по нервюрі №3. Фрезерування площини роз'єму ВЧК з центропланом виконується на поздовжньо-фрезерному верстаті з ЧПУ ФП-9М із застосуванням спеціального пристосування. Заклепувальні з'єднання включають високоресурсні і звичайні заклепки.

Обшивка панелей виконана із застосуванням хімічного фрезерування, що полегшує конструкцію ВЧК. Вхідні деталі в КЧК можна виготовляти із застосуванням високопродуктивних оброблювальних верстатів з ЧПУ. Ескіз ОЧК наведено на рис. 1.2.

1.4 Проектувальний розрахунок крила на міцність

Дані для проектувального розрахунку:

$$\begin{aligned} m_o &= 19025 \text{ кг} & S_{кр} &= 56 \text{ м}^2 \\ m_r &= 4000 \text{ кг} & \lambda_{кр} &= 10 \\ m_{дв} &= 382,8 \text{ кг} & G_0 &= 186,445 \text{ кН} \\ I_{кр} &= 24,505 \text{ м} & G_r &= 39,2 \text{ кН} \\ c_{кр} &= 12 \dots 16\% & G_{дв} &= 3,75 \text{ кН} \end{aligned}$$

Коренева площа кесона $S_o = 0,47 \text{ м}^2$; кінцева площа кесона $S_a = 0,07 \text{ м}^2$.

По формулам [4] виконаємо розрахунок:

$$G_{i,i+1} = 1/3 \gamma h (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}}), \quad (1.1)$$

$$z_{ц.м.i,i+1} = 1/4h \frac{S_i + 3S_{i+1} + 2\sqrt{S_i S_{i+1}}}{S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}}}, \quad (1.2)$$

де $\gamma = 8 \text{ кН/м}^3$.

Наступним є виконання розрахунків з ваги і центру тяжіння секцій - баків. 3 – площа більшої основи, S_{i+1} – площа меншої, h - висота. Розподіляємо крило на перерізи. Результати розрахунків зведено в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати проектувального розрахунку крила на міцність

№ перер.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
S_i	0,47	0,386	0,318	0,249	0,195	0,166	0,127	0,106	0,076
S_{i+1}	0,386	0,318	0,249	0,195	0,166	0,127	0,106	0,076	0,07
h_i	0,494	0,452	0,384	0,354	0,315	0,284	0,247	0,209	0,178
$G_{i,i+1}$	1,389	3,321	3,492	–	1,397	1,144	0,916	0,722	–
$Z_{п.т.i,i+1}$	0,65	0,6	0,729	–	0,458	0,449	0,456	0,444	–

$$\sum G_{i,i+1} = 15,328 \text{ кН}$$

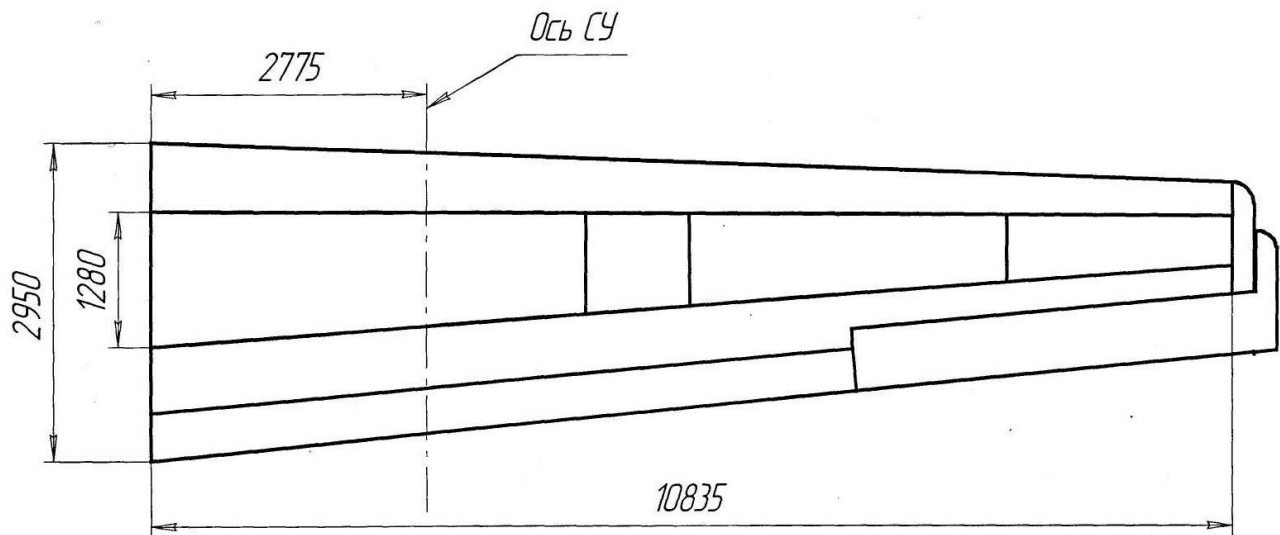


Рисунок 1.2 – Загальний вид крила (ВЧК)

1.5 Розподіл повітряного навантаження по довжині крила

За розмахом крила навантаження Y розподіляється по закону відносної циркуляції, тобто:

$$q_y^d = \frac{n^p G_0}{L} \Gamma \quad (1.3)$$

де $n^p = n^p f$ – розрахункове перенавантаження; n^p – експлуатаційне перенавантаження; $f = 1,5$ – коефіцієнт безпеки; $n^p = 3 * 1,5 = 4,5$; $G_0 = 323,7$ кН; $L = 24,32$ м; Γ – циркуляція.

Нехтуючи закрученням та $X_{кр}$ визначимо звуження крила $\eta = 2$.

$$q_y^d = \frac{4,5 * 186,445}{24,32} \Gamma = 34,5243 \text{кН}.$$

Розподіл масової навантаження конструкції крила.

Масове навантаження q_{Py} знаходимо за такою методикою:

$$G_{кр}/2 = q_1/l_0/2$$

У наближених розрахунках можна вважати, що погонне навантаження масових сил крила пропорційне хордам. Тоді скористаємося формулою:

$$q_y^{kp} = \frac{n^P G_{kp}}{S} b(z), \quad (1.4)$$

де $b(z)$ - хорда крила, $q_y^{kp} = \frac{4,5 * 16,17}{55} b(z) = 1,323 b(z) \text{кН} / \text{м}.$

Визначимо складові сумарного погонного навантаження на крило по формулі $q_i(z) = q_y^b - q_y^{kp}.$

Розподіл поперечних сил і згинальних моментів по розмаху крила визначаємо за формулами:

$$\Delta Q_i = (q_i - q_{i+1}) \frac{\Delta z_i}{2}, \quad (1.5)$$

$$Q_i = \Delta Q_{i+1} + Q_{i+1}, \quad (1.6)$$

де $i=8, 7, 6.$

$$\Delta M = (Q_i + Q_{i+1}) \frac{\Delta z_i}{2}, \quad (1.7)$$

$$M = \Delta M_{i+1} + M_{i+1} \quad (1.8)$$

де $i=8, 7, 6; M_a=0.$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 1.2 і за отриманими результатами побудуємо графік.

Перевірка:

$$Q_{\Sigma \text{корн}} = 4,5 * 1/2 * (186,445 - 16,17) = 323,1 \text{кН};$$

(похибка $\Delta=0,03\%$).

$$M_{\text{корен}} = n_p * 1/2 * (G_0 - G_{кр}) * c, \quad (1.9)$$

де $n=2$; $c=(2+2)/(1+2)*20,95/6=4,6$ м; $M_{\text{корен}} = 4,5*(186,445-16,17)*4,6 = 1412,3$ кН*м (похибка $\Delta=0,06\%$).

Епюра наведених моментів від повітряної навантаження в зв'язаній системі координат

$$q_n^{\theta} = \frac{\cos(\theta - a)}{\cos \theta} q_y. \quad (1.10)$$

Розкладемо навантаження повітрям на складові.

Профіль крила NACA 0015

Кут атаки $a = 18^\circ$; $\theta = \text{arctg}(C_x/C_y)$.

Для NACA 0015 $C_x = 0,119$; $C_y = 1,3$

Тоді

$$q_n^B = q_y^B \frac{\cos(0,314 - 0,0899)}{\cos 0,0899} = 0,973 q_y^B.$$

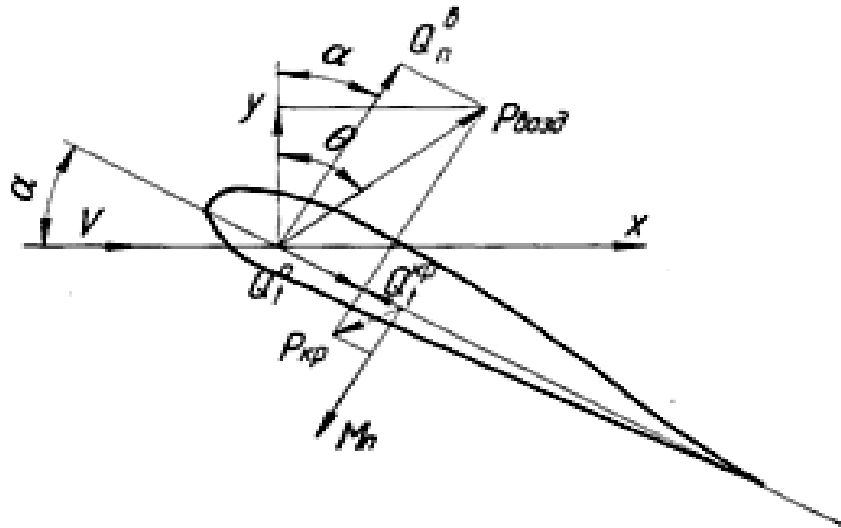


Рисунок 1.3 – Розподіл повітряних навантажень на крило

Масові навантаження від крила знаходимо за формулою

$$q_n^{kp} = \frac{\cos(\theta - a)}{\cos \theta} * q_y^{kp} = 0,979 q_y^{kp}$$

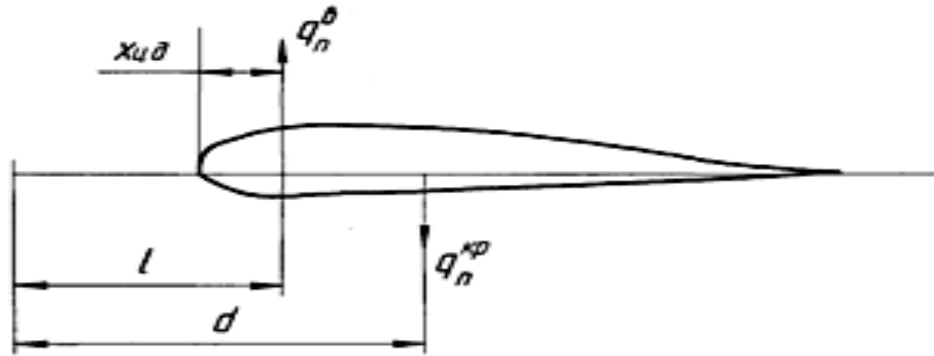


Рисунок 1.4 – Розподіл навантажень

Для НАСА 0015 при $\alpha = 18^\circ$ $x_{цд} = 0,238$

$$x_{цдi} = x_{цд} * b_i;$$

Перевірка:

$$M_{зккор} = n^p (1/2 G_0 l - 1/2 G_{кр} d), \quad (1.11)$$

де l та d лежать в площині z-c: $c=4,6$ м; $l=0,639$ м; $d=0,948$ м.

$$M_{зккор} = 4,5(1/2 * 186,445 * 0,639 - 1/2 * 16,37 * 0,948) = 194,31 \approx 19248 \text{ (кН / м)}.$$

Облік маси двигуна і палива

$$Q(m_T) = Q(m_T)_i + Q(m_T)_{i+1}; \quad (1.12)$$

$$M_{(П)_i} = m(m_T)_i * 1 * z_i \quad (1.13)$$

$$M_{(П8-7)} = G_{(Т8-7)} * l_k = 0,68 * 8,291 = 5,57 \text{ (кН)};$$

$$M_{(П7-6)} = 0,88 * 7,265 = 6,39 \text{ (кН)}; M_{(П6-5)} = 1,1 * 6,326 = 6,95 \text{ (кН)};$$

$$M_{(П5-4)} = 1,38 * 5,388 = 7,4 \text{ (кН)}; M_{(П4-3)} = 1,38 * 5,388 = 7,4 \text{ (кН)};$$

$$M_{(П3-2)} = 3,45 * 3,239 = 11,17 \text{ (кН)}; M_{(П2-1)} = 3,28 * 1,894 = 6,2 \text{ (кН)};$$

$$M_{(П1-0)} = 4,6 * 0,65 = 2,99 \text{ (кН)}; M_{об} = 3,75 * 2,509 = 9,4 \text{ (кН)};$$

Наближене визначення $M_{кр}$ в розрахунковому перерізі

$$M_{кр} = n^p \left(\frac{S_{отс}}{S_{конс}} (G_0 l - G_{кр} d) - \sum G_T \delta_i r_i \right) \quad (1.14)$$

Вибираємо розрахунковий переріз №4:

$$S_{отс} = 9,208 \text{ м}^2; l_0 = 0,63 \text{ м}; d = 0,94 \text{ м}; M_{кр} = 125 \text{ (кНм)}.$$

Результати обчислень за всіма перерізами зведені в таблицю 1.2. За ними будемо графіки (рисунок 1.5).

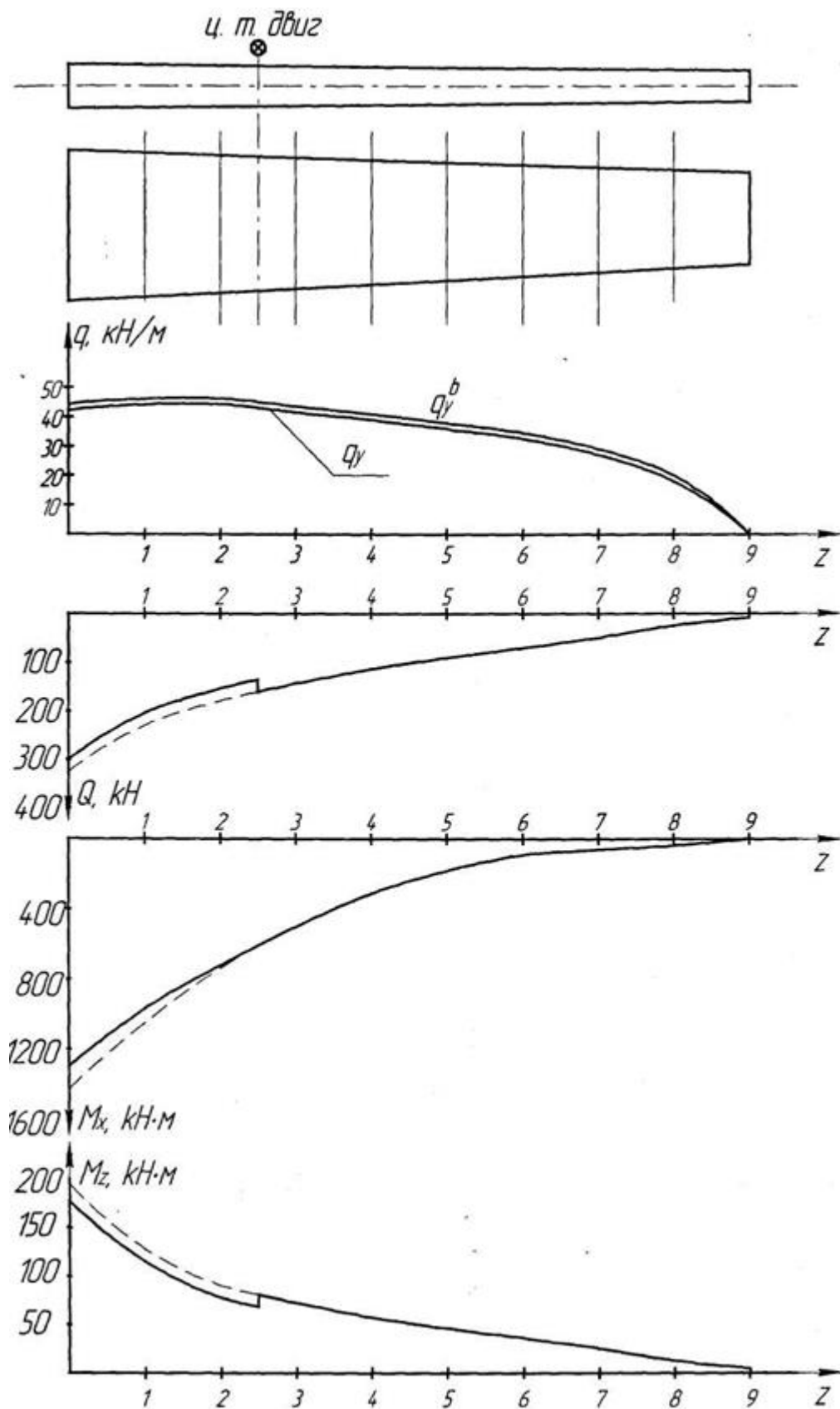


Рисунок 1.5 – Графік результатів розрахунків навантажень на крило

Таблиця 1.2. Результати розрахунків розподілу навантажень на крило.

i	z	Γ	q_y^b , кН/м	ΔQ_i , кН	Q_i , кН	ΔMx_i , кНм	Mx_i , кНм	q_{ni}^b , кН/м	l_i , м	d м	q_y^{kp} , кН/м	q_{ni}^{kp} , кН/м	m z _i , кНм	ΔM_{z_i} кНм	M_{z_i} кНм	q кН/м
0	0	1,272	43,91	0	321,86	0	1407	42,98	0,67	1,08	3,57	5,5	25	0	192,48	40,33
1	0,128	1,262	42,82	53,47	268,39	395,7	1011,3	41,88	0,66	1,03	3,35	328	24,26	33,02	159,46	39,43
2	0,239	1,236	41,75	45,39	223	285,6	725,7	40,87	0,65	1,018	3,08	3,02	23,49	27,75	131,71	38,67
3	0,385	1,189	38,64	56,94	166,06	247,5	428,2	37,83	0,64	0,96	2,85	2,79	21,53	34,43	97,28	35,79
4	0,47	1,129	37,26	31,32	134,74	133,86	294,3	36,48	0,63	0,94	2,67	2,61	20,53	18,72	78,56	34,59
5	0,56	1,059	35,19	31,72	103,02	112,08	182,26	34,45	0,62	0,918	2,49	2,44	19,12	18,69	59,87	32,7
6	0,65	0,898	32,43	29,6	73,42	83,17	99,09	31,75	0,61	0,896	2,34	2,29	17,32	17,18	42,69	30,09
7	0,74	0,808	29,67	27,13	46,29	56,43	42,66	29,05	0,60	0,87	2,2	2,15	15,56	15,49	27,2	27,47
8	0,83	0,651	25,88	24,18	22,11	32,24	10,42	25,34	0,59	0,85	2,05	2,01	14,59	14,21	12,99	23,83
9	0	0	0	22,11	0	10,42	0	0	0,58	0,81	0	0	0	12,99	0	0

1.6 Проектування панелей

У конструкції планера літака широко застосовуються панелі різних видів: збірні і монолітні, з однією і двома несучими обшивками, виконані з металевих і неметалевих матеріалів. Кожен вид має свої переваги і недоліки. Нижче наведено проектувальний розрахунок тришарової панелі, після чого проведений порівняльний аналіз в процентному відношенні.

Тришарова панель зі стільниковим заповнювачем визначається рядом параметрів: δ_1 , δ_2 , $2h, r$ (рисунок 1.6). Всі ці параметри повинні задовольняти умовам міцності, жорсткості і мінімуму маси: δ_1 - товщина верхнього несучого шару; δ_2 - товщина нижнього несучого шару; $2h$ - висота блока сотового наповнювача; r – радіус комірки сот.

Матеріалом несучого шару вибираємо алюмінієвий сплав системи Al-Zn-Mg-Cu – AA2124 или 2024 (США) [4]:

$$\sigma_b = 4200 \text{ даН/см}^2$$

$$r_s = 2730 \text{ даН/см}^2$$

$$E = 7,2 \cdot 10^5 \text{ даН/см}^2$$

Для сотового наповнювача вибираємо фольгу АМг-2-Н

$$\sigma_s = 2600 \text{ даН/см}^2$$

$$r_b = 1690 \text{ даН/см}^2$$

Визначимо зусилля стиснення N і зсуву τ на одиницю ширини панелі. Проектована панель сприймає 70% моменту, що вигинає, а також зусилля зсуву, яке виникає внаслідок дії крутильного моменту:

$$N_{сж} = \frac{P_{пан}}{B_{пан}} = \frac{225302}{0,85} = 253148,31 (H / м),$$

де $P_{пан}$ - навантаження, діюча на панель; $B_{пан}$ - зведена ширина панелі (середня).

$$\tau_{сд} = \frac{M_{кр}}{2F} = 112040,48 (H / м)$$

$M_{кр} = Q \cdot a$ - крутильний момент в перерізі, де Q - відстань від ц.в. перетину до лінії дії сили Q .

$$M_{кр} = 166060 - 0,336 = 55796,16 \text{ (Н/м)}$$

$$F = 0,249 \text{ (м}^2\text{)}$$

При спільній дії стиснення і зсуву критичне значення наведеної навантаження визначають за формулою:

$$N_e^* = \sqrt{N_{cm}^2 + 3\tau_{cd}^2} = 318971695 \text{ (Н / м)} \quad (1.15)$$

Умовна ширина панелі:

$$b^* = \beta \cdot b,$$

де $\beta = 0,47$ при $a/b > 3$, $w = 0,005$.

Таким чином, $b^* = 0,89 - 0,47 = 0,4211 \text{ (м)}$.

Розрахуємо

$$N_e^*/b^* = 759457,02 \text{ (Н/м}^2\text{)}.$$

За графіком з методичного посібника [1] для $N_e^*/b^* = 7,6 \text{ (даН/см}^2\text{)}$ та $w = 0,005$ знаходимо оптимальне співвідношення

$$\frac{2(L + \delta)}{b^*} \quad (1.16)$$

Вирішуємо систему рівнянь, визначаємо параметри стільників:

$$\begin{cases} \frac{\delta}{2(L + \delta)} = 0,0244 \\ \frac{2(h + \delta)}{b^*} = 0,0535 \\ \frac{\delta_c}{r} = 0,016 \end{cases}$$

Отримуємо: $\delta = 0,0005482 \text{ (м)}$, $2h = 0,0214 \text{ (м)}$.

З огляду на обмеження, які викладені в методичному посібнику [5], отримуємо: товщина зовнішнього шару: $\delta_1 = 0,001 \text{ (м)}$; товщина внутрішнього шару: $\delta_2 = 0,0003 \text{ (м)}$; товщина стінки стільників: $\delta_c = 0,00004 \text{ (м)}$; радіус: $r_1 = 2,5 \text{ (мм)} = 0,0025 \text{ (м)}$.

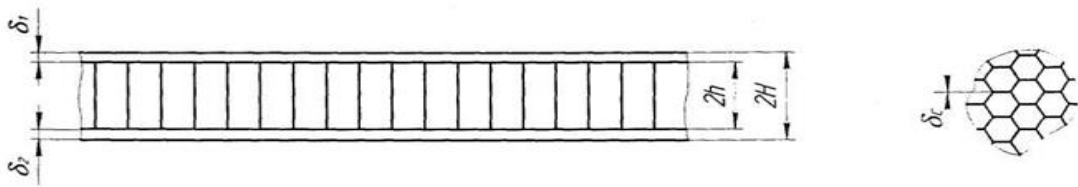


Рисунок 1.6 – Тришарова панель

1.7 Ваговий аналіз конструктивних рішень

Запишемо рівняння балансів для тришарової панелі:

$$G_{mp} = G_{зап} + G_{обш} + G_{кл} \quad (1.17)$$

де $G_{зап}$ - вага заповнювача; $G_{обш}$ - вага обшивки; $G_{обш} = (\delta_1 + \delta_2)\gamma S$,

де δ_1, δ_2 - товщина верхнього та нижнього шару; S - площа панелі; γ - питома вага панелі ($\gamma = 2700 \text{ кг/м}^2$);

$G_{кл}$ - вага клею ($C_{кл} = 140-170 \text{ г/м}^2$)

$$\delta_{зап} = 1,54 \cdot 2h \frac{\delta_c}{r} A_1 \quad (1.18)$$

де A_1 - коефіцієнт, враховуючий вагу клею, що з'єднує осередки заповнювача ($A_1 = 1,01$).

$$G_{мон} = 120,132 \text{ (кг)};$$

$$G_{mp} = 83,47 \text{ (кг)}.$$

Коефіцієнт зменшення ваги агрегату

$$a = 83,47 / 120,132 = 0,69.$$

Виграш тришарової панелі над складально-клепаною становить 11,3%. У зв'язку з цим більш доцільно застосовувати в конструкції ВЧК тришарові панелі.

1.8 Технічні умови на виготовлення крила пасажирського літака

1. Незазначені граничні відхилення розмірів форми та розташування поверхонь по ОСТ 100022-80;

2. * Розміри для довідок;

3. Зображена права частина крила. Ліва частина крила від площини симетрії літака - дзеркальне відображення правої частини крила;
4. Болти поз. 35 встановлювати на гр. ЕП-0215 ТУ6-10-1966-84 після виконання вантажно-розвантажувальних робіт;
5. Головки болтів покрити: емаль ЕП-140, темно-зелений, 73ОСТ 1.90055-85;
6. Установка болтів і гайок за РТМ 1.4.1941-89 на герметику 930МЕС-5М. Отвори під болти обробляти по Н7 1.6 ;
7. Затягування болтів по ОСТ 1.31066-86 і ОСТ 1.12085-77;
8. Покриття гайок і головок заклепок всередині кесона Гр. ЕП-0214 ОСТ 190055-82. Поза кесоном використовувати ЕП-140, темно-зелений, 473ОСТ 190055-85;
9. Деталі БЧ виготовляти по шаблонах з плаза;
10. Шорсткість оброблюваних деталей БЧ 3.2;
11. Гострі кромки притупити;
12. Металізація по ОСТ 101025-82 за допомогою заклепок;
13. Клепати по ТІ 36-21-86 і ТИ 36-53-93;
14. Зенкеровані отвори під заклепки ОСТ 1.34055-92 по АНУ 0500.088.002.
15. Стільникові панелі ставити на герметик У-30МЕС-5НТ;
16. Підслою клею ВК-25 нанести по інструкції ОПИ-356-78.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості виробів при одночасному зниженні витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови розмірних зв'язків у процесі обробки, обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

Будь-яке необґрунтоване встановлення допусків на розміри деталей призводить до подорожчання виробництва. Зайве посилення допусків викликає потребу в точному обладнанні і оснащенні, більш точних заготовках.

Ефективність технологічного процесу істотно залежить також від раціонального вибору припусків. Надмірні припуски тягнуть за собою перевитрату матеріалу і вимагають введення додаткових технологічних переходів, збільшуючи витрату різального інструменту і електроенергії, трудомісткість обробки і в кінцевому підсумку - собівартість продукції. Зважаючи на високу вартість авіаційних матеріалів зменшення припусків зазвичай окупає витрати на виготовлення точних заготовок, проте необґрунтовано занижені припуски не забезпечують видалення дефектної частини поверхневого шару і досягнення заданої точності, збільшуючи ймовірність шлюбу.

Відповідно до загальних правил розробки технологічних процесів комплексу завдань розмірного аналізу передують такі найважливіші етапи, як вибір виду вихідної заготовки, методу її виготовлення і технологічних баз, розробка варіантів технологічного маршруту обробки, а також вибір засобів технологічного оснащення.

Етап визначення припусків і операційних розмірів безпосередньо передус етапи розрахунку оптимальних режимів обробки і технічного нормування операцій, що обумовлює значний вплив розмірних розрахунків на зниження металоємності продукції і ефективність використання обладнання.

Таким чином, як висновок можна зробити висновок, що в умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства матиме застосування більш продуктивних, з найменшою собівартістю коштів праці, які

забезпечують необхідну якість; виконання конструкторських і технологічних робіт зі складанням мережевої моделі роботи підприємства; застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

2.1 Конструктивно-технологічний аналіз корпусу гідравлічного приводу

2.1.1 Конструктивні особливості складальної одиниці

Креслення складальної одиниці виконаний на двох аркушах формату А1 і приведений в додатку.

Вже згадана складальна одиниця (рис. 1 (А) і 2.1 (б)) являє собою монолітний корпус складної форми з різноманітними отворами і проточек.

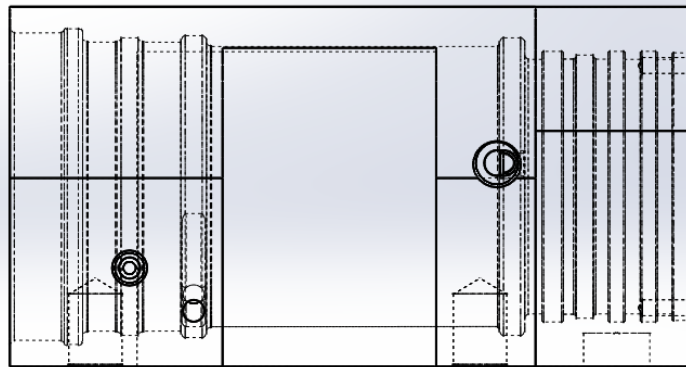


Рисунок 2.1(А) – Ескіз вузла

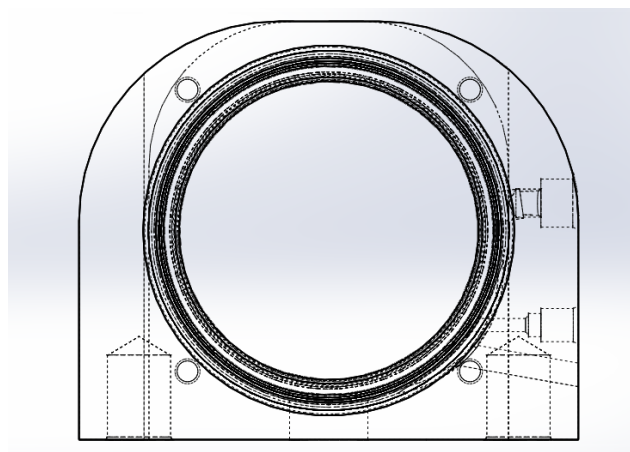


Рисунок 0.1(Б) – Ескіз вузла

Вузол є корпусом гідравлічного приводу механізації крила. Він знаходиться в умовах постійного тертя під дією змінних навантажень. Тому до

нього пред'являються жорсткі вимоги по чистоті і точності поверхонь, а також по їх формі і взаємного розташування (допуск симетричності, позиційний допуск, допуск биття).

Вузол складається в основному з поверхонь обертання (циліндричних, конічних) і плоских поверхонь. Торці вузла перпендикулярні осі вузла і паралельні між собою. Внутрішні циліндричні і зовнішні плоскі поверхні зручні для використання в якості настановних баз. Частина оброблених поверхонь є закритими і важкодоступними, що тягне за собою використання спеціального інструм і обладнання.

Твердотельная модель вузла (аналітичний еталон) створена в САПР Solid Works 2017 і зображена на рисунку 2.3. Створення твердотільної моделі дозволяє обчислити об'єм, масу та інші параметри деталі. Дані, отримані з моделі, створеної згідно конструкторському кресленням з урахуванням властивостей матеріалу, в подальшому будуть використані для розрахунків.

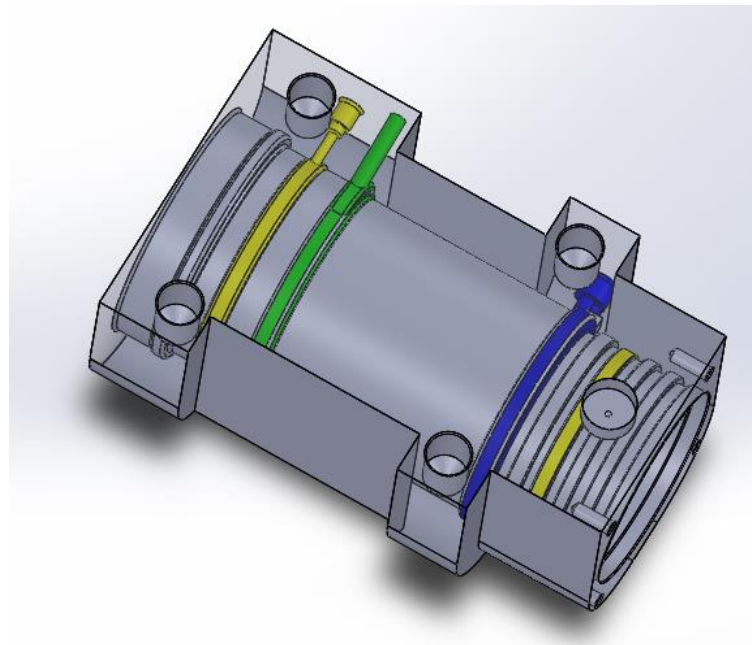


Рисунок 0.2 – Модель вузла в перетині

Габаритні розміри, мм	160 × 100 × 84
маса, г	3787
Об'єм, мм ³	485566

2.1.2 Хімічний склад і властивості матеріалів для виготовлення деталей вузла

Вузол працює в умовах підвищеного тиску робочої рідини, що діє на його стінки при роботі насоса, і в умовах постійного тертя. Для протистояння підвищеного тиску і циркуляційних навантажень корпус виконується зкорозійностійкої жароміцної сталі 14X17H2.

Сталь має високу міцність і зносостійкість, а також досить високу твердість, добре обробляється різанням.

Дані про хімічний склад, фізичних і фізико-механічні властивості сталі 14X17H2 наведені в таблицях 2.1, 2.2, 2.3.

Таблиця 0.1 – Хімічний склад сталі 314X17H2

Основні компоненти ($Fe \sim 78\%$ - інше),%								
Mn	Ni	C	Si	S	P	Cr	Ti	Cu
до 0,8	1,5 ... 2,5	0,11 ... 0,17	до 0,8	до 0,025	до 0,03	16 ... 18	до 0,2	до 0,3

Таблиця 0.2 – Фізичні властивості сталі 14X17H2

Модуль пружності нормальний, $MПа$	Щільність, $кг / м^3$	Температурний коефіцієнт лінійного розширення, $1/С^0$	Теплопровідність, $Вт / (м \cdot С^0)$
1.67	7750	0,0000108	23.4

Таблиця 0.3 – Фізико-механічні властивості сталі 30X3BA-III (ТУ 14-1-950-86)

Відносне звуження, %	Відносне подовження після розриву, %	Межа міцності при розтягуванні, $MПа$	Межа плинності, $MПа$	Твердість по Бріннелю, $HВ$
30	10	1080	835	285

2.2 Аналіз технологічності конструкції корпусу

Опрацювання конструкції на технологічність є комплексом заходів щодо забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції за встановленими показниками, спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на виготовлення виробу при забезпеченні необхідного його якості. Оцінка технологічності може бути якісною і кількісною. Якісна

оцінка дає уявлення про забезпечення якісних вимог до технологічності і є необхідною, але не достатньою при прийнятті конкретних конструктивно-технологічних рішень, так як не визначає ступінь відмінності порівнюваних варіантів. Остаточне рішення щодо вибору найбільш оптимального варіанта виробу з ряду можливих альтернатив може бути прийнято тільки за результатами кількісної оцінки. Дискретна оцінка буде проводитися якісно, а загальна оцінка - кількісно. Значимість кожного параметра технологічності умовно приймемо еквівалентної для можливості проведення кількісної оцінки. Якісну і кількісну оцінку виконаємо за рекомендаціями з [1, с. 31] і [6].

2.2.1 Призначення конструктивних баз

Ескіз вузла з нумерацією поверхонь представлений на малюнках 2,4(А), 2.4(Б) і 2.4(В)

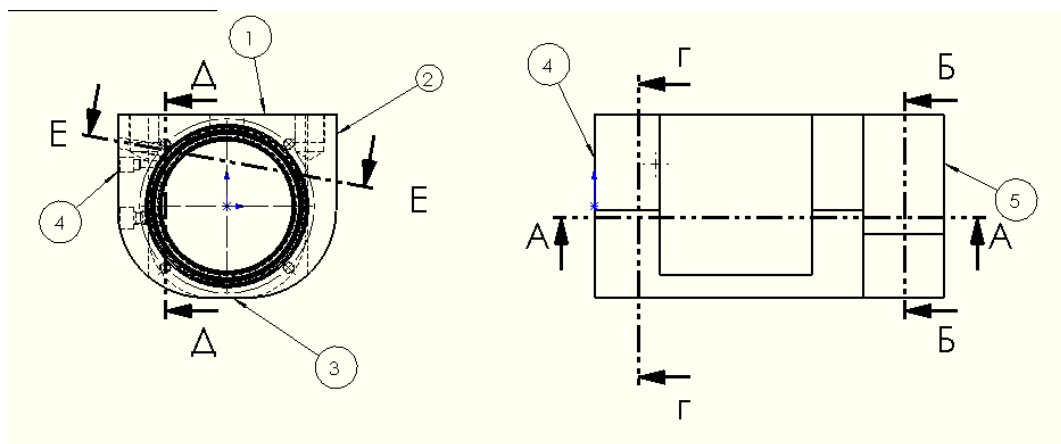


Рисунок 0.3(А) – Ескіз корпусу з нумерацією поверхонь

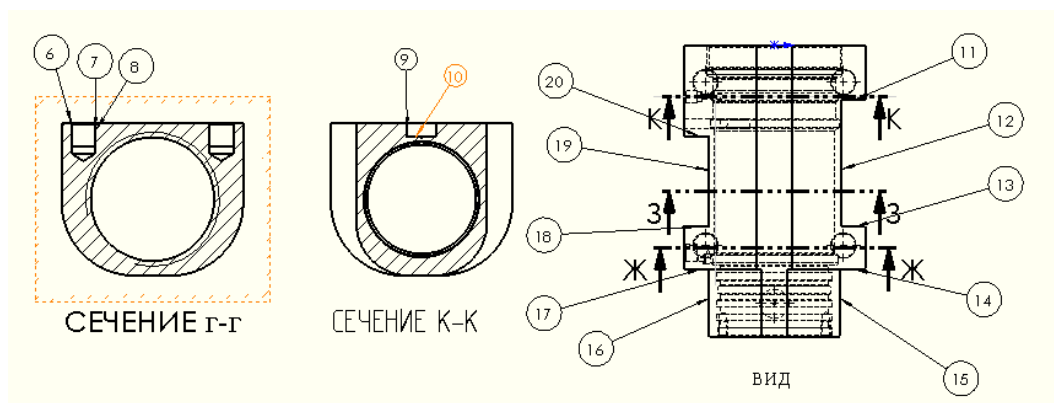


Рисунок 0.4(Б) – Ескіз корпусу з нумерацією поверхонь

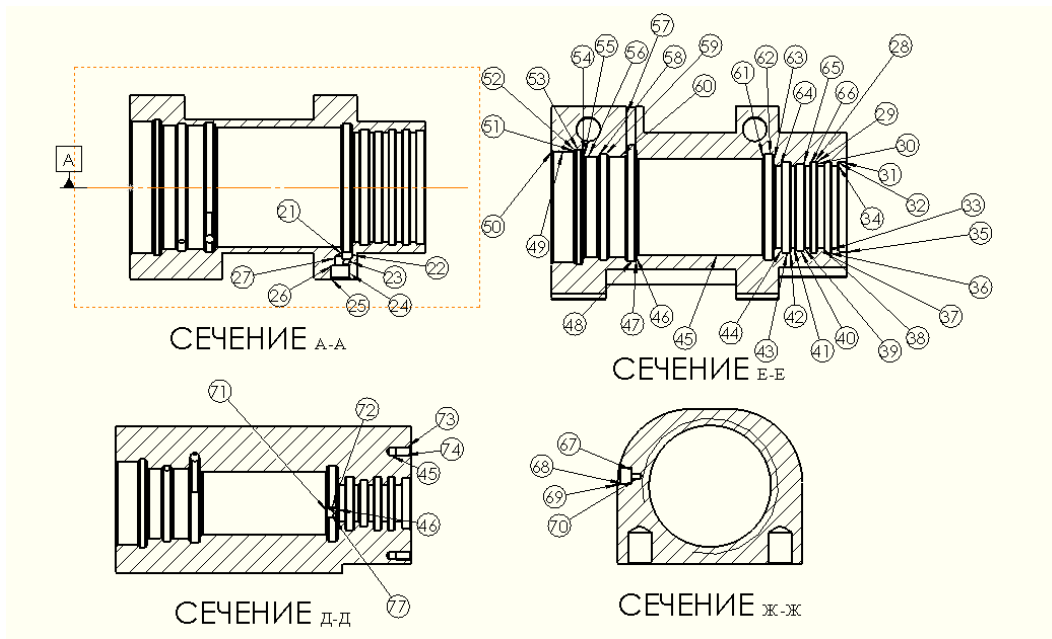


Рисунок 0.5(В) — Ескіз корпусу з нумерацією поверхонь

Підсумки аналізу геометричних параметрів вузла наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 0.4 – Аналіз геометричних параметрів корпусу

№ пов-ні	Вид поверхні по розташуванню	форма поверхні	Квалітет точності	шорсткість	конструктивна база
1	зовнішня	плоска	h15	Ra2,5	поверхню 1, вісь А
2	зовнішня	фасонна	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
3	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
4	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 7
5	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 4, вісь А
6	внутрішня	конічна	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
7	внутрішня	циліндрична	h11	Ra2,5	поверхню 1, вісь А
8	внутрішня	циліндрична		Ra2,5	поверхню 1, вісь А
9	внутрішня	циліндрична	h10	Ra2,5	поверхню 1, вісь А
10	внутрішня	циліндрична	H10	Ra2,5	поверхню 1, вісь А
11	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
12	зовнішня	фасонна	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
13	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
14	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
15	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
16	зовнішня	фасонна	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
17	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
18	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
19	зовнішня	фасонна	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
20	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 1, вісь А
21	внутрішня	плоска	h10	Ra2,5	поверхню 7, 4
22	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
23	зовнішня	плоска	h15	Rz20	поверхню 7, 4
24	внутрішня	циліндрична		Ra2,5	поверхню 7, 4

№ пов-ні	Вид поверхні по розташуванню	форма поверхні	Квалітет точності	шорсткість	конструктивна база
25	внутрішня	конічна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
26	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
27	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
28	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
29	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
30	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
31	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
32	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
33	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
34	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
35	внутрішня	конічна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
36	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
37	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
38	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
39	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
40	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
41	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
42	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
43	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
44	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
45	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
46	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
47	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
48	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
49	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
50	внутрішня	конічна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
51	внутрішня	конічна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
52	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
53	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
54	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
55	внутрішня	конічна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
56	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
57	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
58	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
59	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
60	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
61	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
62	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
63	внутрішня	внутрішня	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
64	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
65	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
66	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
67	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
68	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
69	внутрішня	конічна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
70	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
71	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4

№ пов-ні	Вид поверхні по розташуванню	форма поверхні	Квалітет точності	шорсткість	конструктивна база
72	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
73	внутрішня	фасонна	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
74	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
75	внутрішня	циліндрична	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
76	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4
77	внутрішня	плоска	h9	Ra2,5	поверхню 7, 4

2.2.2 Якісна оцінка технологічності

Якісну оцінку технологічності корпусу проведемо за наступними критеріями: технологічність конструкції за матеріалом деталі, технологічність конструкції по геометричній формі і якості поверхонь, технологічність по простановке розмірів, технологічність щодо засобів контролю, технологічність по механічній обробці, технологічність щодо потреби в спеціальних інструментах і технологічній оснастці.

Вибір матеріалу для виготовлення деталей вузла продиктований умовами його роботи, вимогами щодо міцності, зносостійкості, оброблюваності ріжучим інструментом, корозійної стійкості, упрочнюємості, дефіцитності і вартості.

Істотних проблем з обробкою матеріалу різанням немає. Корозійна стійкість нормальна. Матеріал не є дефіцитним. Загальна оцінка з використовуваних матеріалів - добре.

Геометрична форма вузла в основному включає в себе площині і поверхні обертання (зовнішні і внутрішні циліндри і конуси). Також є фасонні поверхні. З точки зору жорсткості форма вузла і співвідношення розмірів елементів досить раціональні. Загальна оцінка - добре.

Розмірні зв'язку між конструкторськими, технологічними і вимірювальними базами відповідає принципу суміщення баз, що дозволяє говорити про технологічність вузла за цим параметром.

Контроль більшості розмірів вимагає застосування спеціального вимірювального інструменту та обладнання: граничних калібрів (пробок і скоб), нутромірів, глибиномірів, шаблонів, що збільшить період підготовки виробництва.

Для виготовлення корпусу необхідно використовувати невелику номенклатуру технологічних операцій, які дозволяють отримати з заготовки готову деталь. В основному це операції токарно-фрезерні та доопрацювання поверхонь (шліфувальна, доводочна, приробітку). Як заготовки будемо використовувати прутки круглого перетину. Його подальша обробка призведе до зняття досить великої кількості матеріалу. Це призведе до збільшення витрат на обробку, трудомісткості і часу виготовлення деталі, зносу інструменту та обладнання. Є поверхні з високими показниками шорсткості ($Ra_{0,16}$) і високої точності виконання. Високі вимоги пред'являються до відхилень форм деяких поверхонь і їх взаємного розташування. Це також призведе до збільшення трудомісткості і засобів. Таким чином,

Для виготовлення корпусу потрібна велика номенклатура ріжучого інструменту. Більшість - це стандартні різці, фрези і свердла. При виконанні деяких операцій необхідно використання спеціальних верстатних пристосувань а також електроерозійного обладнання.

2.2.3 Кількісна оцінка технологічності

Умовну кількісну оцінку проведемо на базі інформації, отриманої при якісній оцінці, за допомогою введення умовного коефіцієнта технологічності K . Кількісну оцінку показників технологічності проведемо в табличному вигляді (таблиця 2.5).

Коефіцієнт технологічності обчислимо за формулою:

$$K = \frac{\Sigma_{оценок}}{\Sigma_{показателей}} \quad (0.1)$$

Задовільною будемо вважати оцінку $K = 0,7$.

Таблиця 0.5 – Кількісна оцінка технологічності блоку циліндрів

№ показника	найменування показника	оцінка
1	Матеріал деталі: - міцність	+
2	- зносостійкість	+
3	- оброблюваність	+/-
4	- корозійна стійкість	+/-
5	- упрочнюємость	+
6	- дефіцитність	+
7	- вартість	+/-
8	Геометрична форма і якість поверхонь: - форма поверхонь	+
9	- шорсткість	+/-
10	- точність	+
11	- жорсткість	+
12	Проставлення розмірів: - суміщення баз	+
13	- раціональність граничних відхилень	+
14	засоби контролю	+/-
15	Механічна обробка: - КІМ	-
16	- трудомісткість	-
17	- знос інструменту та обладнання	+/-
18	Інструменти і пристосування: - використання стандартного інструменту	+
19	- пристосування	+/-

Примітка: "+" відповідає оцінці 1; "+/-" відповідає оцінці 0,5; "-" відповідає оцінці 0.

Таким чином, маємо:

$$K = \frac{\Sigma \text{Оценок}}{\Sigma \text{Показателей}} = \frac{13,5}{19} = 0,71.$$

Так як $K \geq 0,7$, Конструкцію в цілому можна вважати технологічною, тобто задовольняє вимогам раціонального високопродуктивного виробництва.

2.3 Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її виготовлення

При виборі заготовки для заданої деталі призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови на її виготовлення. Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальної собівартості. Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструктивними формами і розмірами деталі і програмою випуску. При виборі заготовки будемо використовувати рекомендації, викладені в [6, с.114-135] і [7, с. 39].

З огляду на відповідальність і умови роботи корпусу, найбільш підходящою заготівлею для нього є штампування або кування. Однак, на дану складальну одиницю поставлені дуже жорсткі умови по биттю поверхонь, площинності, зміщення поверхонь щодо номінального розташування і несиметричності. В результаті цього необхідно вводити додаткові операції зі зніманням металу, що збільшує загальний припуск, що знімається з поверхні. Таким чином, виходить конфігурація заготовки, неприйнятна для виконання штампування або поковки. Виливок для такого типу деталей неприйнятна, так як в литві можуть утворитися тріщини, усадочні раковини і т.п., також у виливки структура металу гірше, ніж у поковки або прутка.

Отже, в якості заготовки для корпусу приймаємо пруток з високоякісної легованої сталі з наступними параметрами:

матеріал	сталь 314X17H2
сортамент	Пруток з легованої високоякісної сталі
ббробка	гаряча прокатка
форма	коло

2.3.1 Вибір і обґрунтування технологічних баз

Для вибору технологічних баз скористаємося вказівками [7, с. 56].

При виборі технологічних баз необхідно провести: виявлення конструкторських баз розташування поверхонь і відліку координатних розмірів і зв'язків з ними вихідних поверхонь заготовки і необроблюваних поверхонь деталі. Перевірка можливості використання при базуванні на перших операціях необроблюваних поверхонь деталі для матеріалізації прихованих основних баз, а так же вихідних поверхонь заготовки в якості технологічних баз для обробки явних основних баз. Ухвалення попередніх рішень (після виконання перших операцій) про можливість суміщення технологічних баз з конструкторськими або про доцільність застосування спеціальних технологічних баз; встановлення

технологічних комплексів поверхонь, що представляють собою сукупність поверхонь, які слід обробити з єдиної настановної бази.

Вибрані технологічні бази наведені на рисунку 2.5.

На перших етапах обробки при виготовленні корпусу в якості настановних баз будемо використовувати зовнішню циліндричну поверхню і торець заготовки. Після подальшої обробки отримаємо ще дві настановних бази - центральний отвір і часу установче отвір. Після комплексної обробки деталі отримаємо основну базу - торці (1 і 2) деталі та установчі бази (3 і 4).

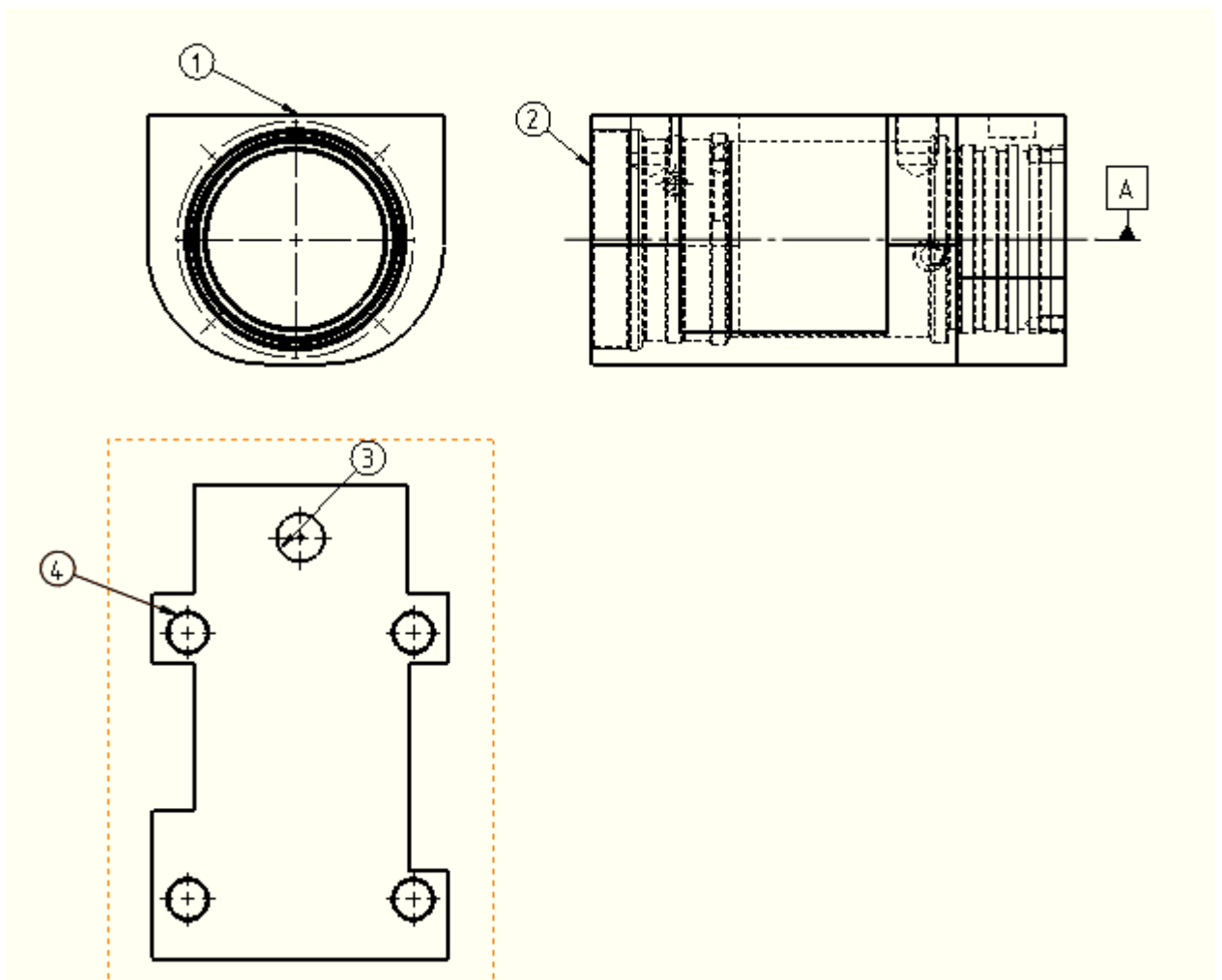


Рисунок 0.6 – Технологічні бази корпусу

Точність взаємного розташування поверхонь одного комплексу не залежить від похибок установки і обумовлена лише похибкою обробки. Тому в технологічний комплекс зазвичай включають поверхні, жорстко пов'язані допусками на взаємне розташування.

2.3.2 Розрахунок операційних припусків і визначення розмірів заготовки

Припуск – шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі (розмірів, форми, шорсткості, твердості і т.п.).

Величина припуску вимірюється по нормалі до оброблюваної поверхні і відраховується для поверхонь обертання, а також деяких симетричних поверхонь на розмір (симетричний припуск), а для торцевих поверхонь, площин, фасонних поверхонь - на сторону (асиметричний припуск).

Загальний припуск - шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки в результаті виконання всіх технологічних операцій обробки даної поверхні - визначається різницею розмірів вихідної заготовки і готової деталі.

Операційним припуском називається припуск, що видаляється при виконанні однієї технологічної операції, проміжним - при виконанні одного технологічного переходу.

Припуск на обробку визначається шляхом підсумовування його по всіх операціях (переходах) для кожної поверхні деталі. Односторонній проміжний припуск визначається за формулою:

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (0.2)$$

Мінімальний припуск при обробці поверхонь обертання розраховується за формулою:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (0.3)$$

де Z_{\min} - мінімальний проміжний припуск на обробку; Rz_{i-1} - висота мікронерівностей на попередньому переході; h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході; $\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне відхилення розташування поверхні; ε_i - похибка установки заготовки при виконуваному переході.

Розрахунок припусків починається з останньої (завершальній) операції та підсумовується по етапах техпроцесу. Розрахунок будемо проводити в

табличному вигляді, керуючись рекомендаціями, викладеними в [4, с.176], з використанням розрахункової карти [6, с.193].

Розрахуємо припуск на обробку поверхні 45 з розміром 66H7 (див. рис. 2.4). Розрахунок представлений в таблиці 2.9.

Таблиця 0.5 – Розрахункова карта припусків для поверхні 45

Технологічний перехід обробки	Складові елементи припусків, мкм				Розрахунковий операційний припуск, мкм	Розрахунковий операційний розмір, мм	Мін. припуск, мм	Загальний припуск, мм	Прийнятий розмір, мм
	Rz_i	h	Δ_Σ	ε_i					
свердління чорнове					-	64,31	1,69	1,69	64
точіння чорнове	20	60	300		1005	65,36			
точіння чистове	20	40	200		380	65,74			
шліфування	2,5	-	-	-	260	66			

Було прийнято рішення використовувати пруток стандартного діаметра. Тому за допомогою комп'ютерної системи моделювання SolidWorks 2017 був підібраний пруток найменшого діаметра в Котория можливо було вписати деталь.

Ескіз заготовки зображений на рисунку 2.6.

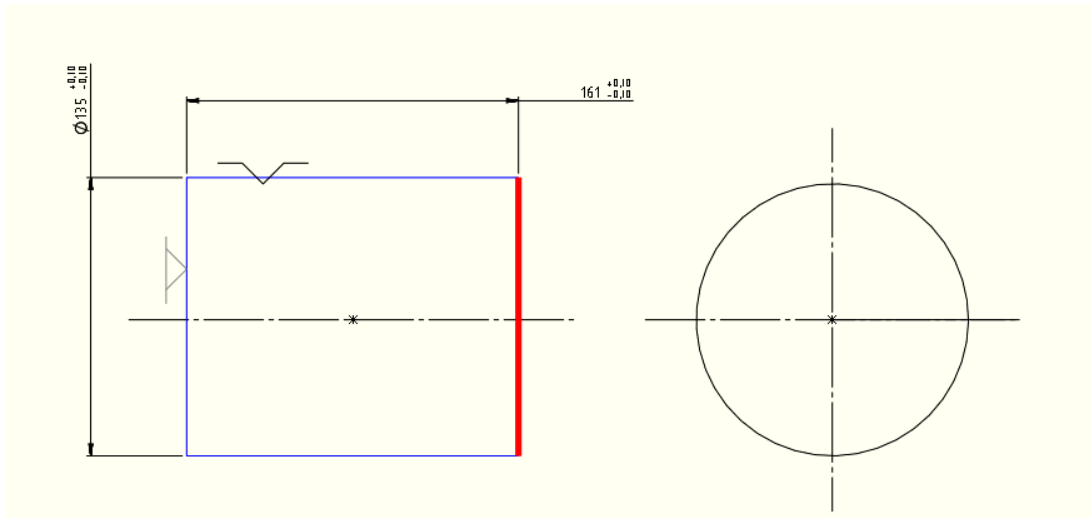


Рисунок 0.6 – Ескіз заготовки

2.3.3 Розробка комплексної технологічної операції, виконуваної на спеціалізованій дільниці

Аналізуючи спроектований вище за заводськими прототипам технологічний процес виготовлення деталі, проведемо його удосконалення.

Одним з найважливіших аспектів у виготовленні сталеві частини вузла є забезпечення високої точності взаємного розташування поршневих отворів і їх високого класу точності. Об'єднаймо операції, пов'язані з обробкою поршневих отворів, для виконання їх на прогресивному обладнанні з одного установа. Отримаємо комплексну технологічну операцію 245, яка включає в себе операції 190, 220, 230, 240 для сталеві частини вузла (Див. таблицю 2.10).

Розробка включатиме в себе: вибір обладнання; підібраний інструмент і оснащення; розрахунок режимів різання.

2.4 Вибір обладнання

Операцію 030 виконуватимемо на вертикально-фрезерному обробному центрі Spinner кафедри 104 (рисунок 2.7). 4-осьовий вертикально-фрезерний обробний центр з ЧПУ VC 1150-10 вироблений фірмою Spinner із системою управління Siemens 840DE / Shop-Mill у 2017 році, оснащений робочим столом розміром 1400 x 620 мм, системою автоматичної зміни інструменту на 32 позиції. SK 40, шпинделем з максимальною частотою обертання до 10000 об/хв, транспортером для відведення стружки, бездротовим настільним зондом для

вимірювання інструменту, системою ІКЗ з промиванням під високим тиском 22 бар [8].



Рисунок 0.7 – Оброблювальний центр Spinner VC450

2.5 Критерії та порядок вибору конструкції і геометричних параметрів різального інструменту

Ріжучий інструмент є складовою частиною комплексної автоматизованої системи верстата з ЧПУ, що забезпечує його ефективну експлуатацію. Від вибору і підготовки інструменту залежать продуктивність верстата і точність обробки. Для забезпечення автоматичного циклу роботи потрібна висока надійність інструменту.

Ріжучий інструмент для верстатів з ЧПУ повинен відповідати таким вимогам:

- мати стабільні ріжучі властивості;
- задовільно формувати і відводити стружку;
- забезпечувати задану точність обробки;
- бути універсальним (можливість застосування для обробки інших деталей і на верстатах інших моделей);
- бути швидкозмінним при переналадці на іншу оброблювану деталь або заміні затупившого інструменту;
- забезпечувати можливість попередньої налагодки на розмір поза верстата (спільно з застосовуваним допоміжним інструментом);
- володіти високою стійкістю.

Вибір різального інструменту (його конструкції, матеріалу і геометричних параметрів) визначається конфігурацією оброблюваної поверхні, матеріалом заготовки і перетином зрізаного шару. Ріжучий інструмент будемо вибирати з каталогів провідних фірм з виробництва металорізального інструмента: SANDVIK Coromant [8] і Iscar [9].

Основні операції, що входять до складу комплексної:

I. Свердління.

II. Фрезерування.

III. Точіння.

При виборі інструмента для вищенаведених операцій будемо керуватися наступними алгоритмами, рекомендованими фірмою Sandvik Coromant.

I. Свердління.

1. Визначити діаметр і глибину свердління.
2. Знайти в таблицях діапазони діаметрів і довжин.
3. Вибрати тип свердла.
4. Вибрати свердло для виконуваної операції - чорновий або чистової обробки.
5. Перевірити, чи підходить вибране свердло для матеріалу, що підлягає обробці.
6. Вибрати тип хвостової частини, відповідний обладнанню, на якому буде проводитися свердління.
7. Зробити остаточний вибір свердла - знайти той діапазон діаметрів, який потрібен, і остаточно визначте код свердла.

II. Фрезерування.

1. Визначити вид фрезерування відповідно до типу операції:
 - торцеве фрезерування;
 - фрезерування уступів;
 - профільне фрезерування;
 - фрезерування пазів.
2. Визначити, до якої групи оброблюваних матеріалів по ISO відноситься опрацьований матеріал.
3. Виберіть тип фрези.
4. Вибрати тип кріплення.
5. Зробити остаточний вибір фрези.

III. Точіння.

6. Вибрати державка прямокутного перетину або з хвостовиком Coromant Carpo в залежності від типу закріплення інструменту в револьверній голівці або шпинделі.

7. Визначитися з типом операції:

- поздовжнє гостріння;
- контурна обробка;
- підрізування торця;
- прорезка.

8. Вибрати ріжучу пластину:

- форма;
- розмір;
- геометрія;
- галузь застосування;
- марка сплаву.

2.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо вести на **сайті [10]**. На ньому можна отримати рекомендовані режими різання спеціально для інструменту фірми SANDVIK Coromant при фрезеруванні, обробці отворів і токарній обробці (рис. 2.10).



Рисунок 0.8 – Розрахунок режимів різання

2.6.1 Комплексна операція 030

Ескіз до комплексної операції 030 наведено на рисунку 2.9.

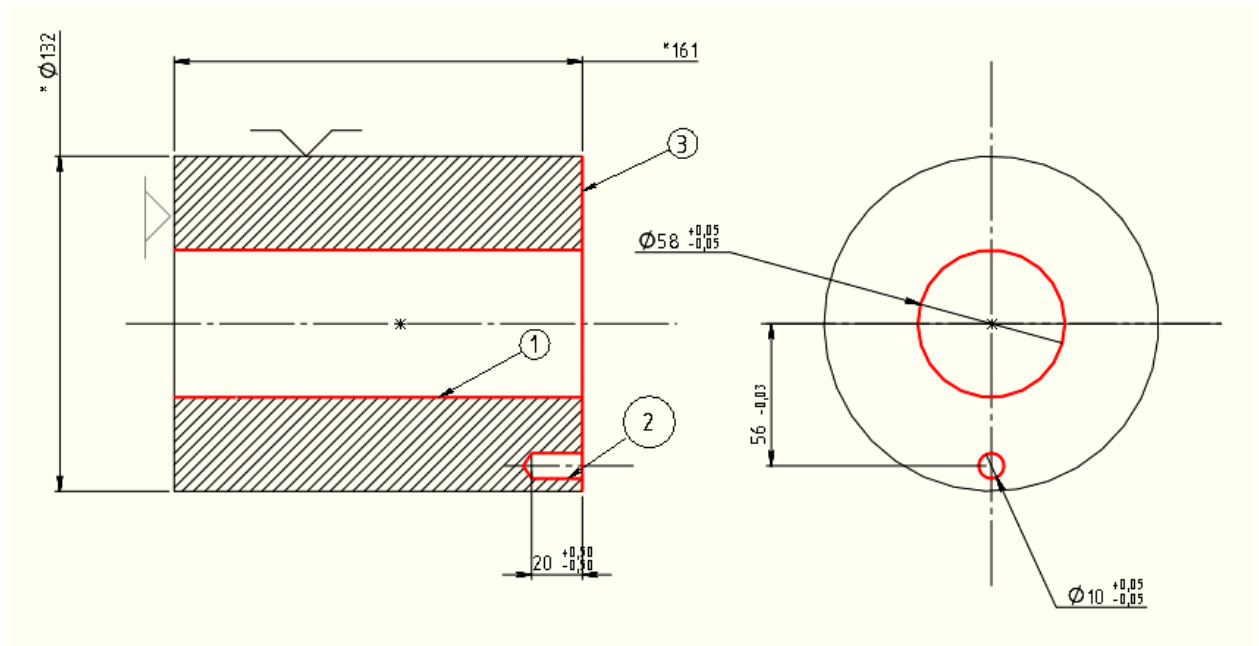


Рисунок 0.9 – Ескіз до комплексної операції 020

Комплексна операція включає в себе наступні переходи:

- 5. Підрізати торець 3 остаточно.
- 10. Центрованим 1 отвір 1.
- 15. Свердли 1 отвір 1.
- 20. Свердли 1 отвір 2.
- 25. фрезерувати 1 отвір 2 остаточно.

Підберемо ріжучий інструмент для переходів, використовуючи описані в пункті 2.9.2 алгоритми.

Перехід 5. Підрізати торець 3.

Тип фрезерування: кругова інтерполяція (Рисунок 2.10).

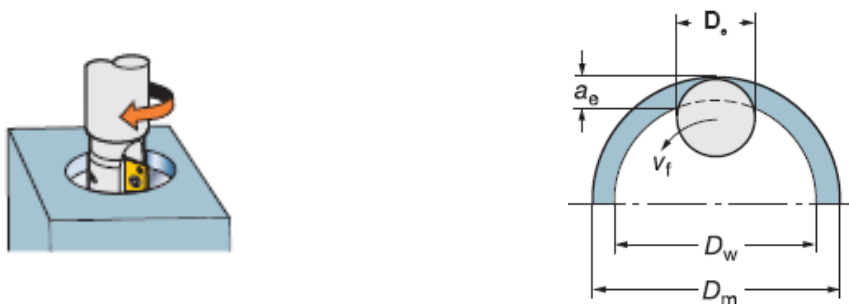


Рисунок 0.10 – Кругова інтерполяція

Вибираємо фрезу фірми Sandvik Coromant з сімейства збірних фрез CoroMill R300-20EH20-10L.

Вид – кінцеві фрези зі змінною глибиною стружкових канавок з циліндричним хвостовиком (рис. 2.11). Параметри фрези наведені в таблиці 2.14

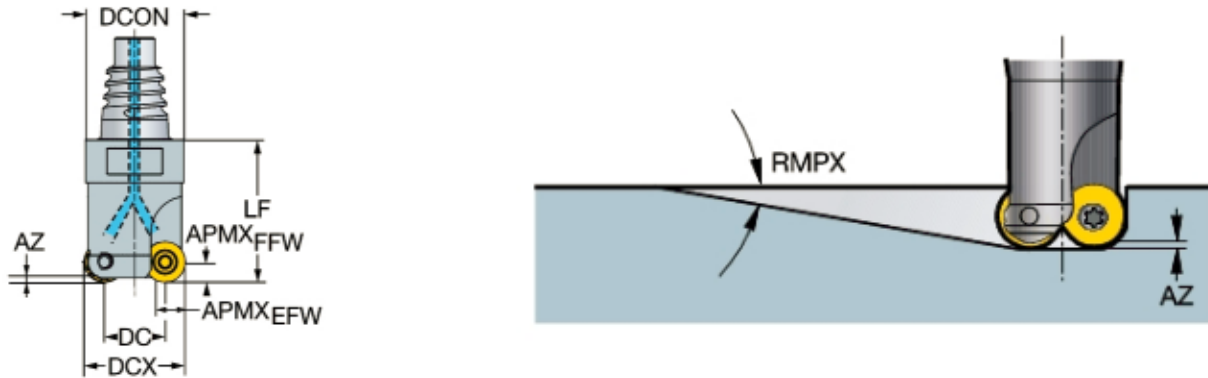


Рисунок 0.9 – Фреза кінцева CoroMill R300-20EN20-10L

Таблиця 0.14- Параметри фрези кінцевий CoroMillR300-20EN20-10L

Код	D_c	dm_m	l_2	ch_1	b_n	$\max(a_p)$	Сплав
	мм						
R216.33-04050- AK11H	10	20	35	0,1	5	20	GC1620

Для розрахунку режиму різання вибираємо тип фрезерування і тип фрези (рис. 2.12).



Рисунок 0.10 – До розрахунку режиму різання при фрезеруванні

Задаємо вихідні дані (рис. 2.15) і отримуємо рекомендований режим різання (рис. 2.16).

Тип операции СТРТ	Черновая обр... ▾
Глубина элемента обработки DEPTH	1 мм
Ширина WIDTH	132 мм
Длина LENGTH	132 мм
Инструмент	
Диаметр резания DC	10 мм

Рисунок 0.11 – Вихідні дані до розрахунку режиму різання для переходу 5

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FZ [mm] ПОДАЧА НА ЗУБ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ	VFM [mm/min] ПОДАЧА НА ОБРАБАТЫВАЕМОМ...
311	0.333	6190	4130
AE [mm] ШИРИНА ФРЕЗЕРОВАНИЯ	AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	NOPAE ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AE	NOPAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP
8.8	1	15	1
QQ [cm ³ /min] СКОРОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ		
36.3	2.83		

Рисунок 0.16 - Режим різання для переходу 5

Обороты шпинделя приймаємо максимально можливими для верстата, тобто $n = 20000 \text{ мин}^{-1}$.

Перехід 10. Центрованим 1 отвір 1.

Вибираємо свердло центровочне заводської конструкції (рис. 2.17) зі сплаву P9K5 з параметрами, наведеними в таблиці 2.15.

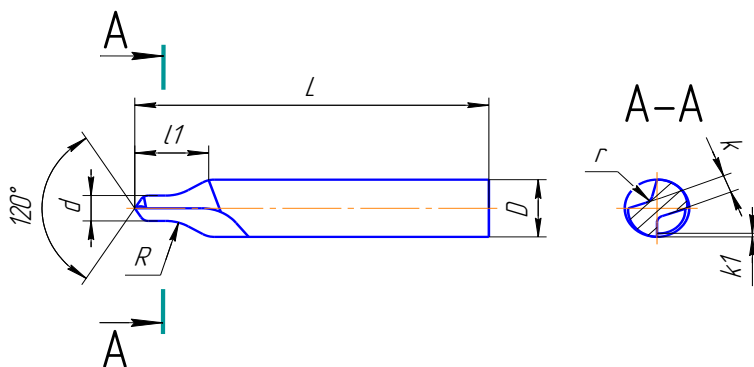


Рисунок 0.12 – Свердел центрувальне заводської конструкції

Таблиця 0.15 – Параметри Свердла

Позначення	D	d	L	l	l_1	R	r	k	k_1	сплав
	мм									
61000053	8	3,15	52	14	8,5	10	0,5	0,16	0,63	P9K5

Перехід 15. Свердлити 1 отвір 1.

Вибираємо свердло з сімейства CoroMill Plura (Рисунок 2.18) з параметрами, наведеними в таблиці 2.16

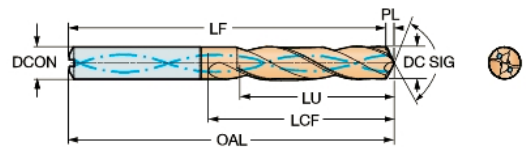


Рисунок 2.18

Таблиця 0.16 – Параметри свердла CoroMill 880-D5800L40-03

КОД	D_c ,	l_2	b_n	сплав
	мм			
880-D5800L40-03	58	174	1.4	GC1620

Вихідні дані і рекомендований режим різання для переходу 15 наведені на малюнках 2.19, 2.20.

Способность выполнять сквозные отверстия ВОЗМОЖНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Обрабатываемый диаметр DM	<input type="text" value="58"/> mm
Глубина элемента обработки DEPTNMF	<input type="text" value="161"/> mm
Точность отверстия TSHA	<input type="text" value="H10"/>
Верхнее отклонение диаметра DTOLL	<input type="text" value="0,12"/> mm
Нижнее отклонение диаметра DTOLL	<input type="text" value="0"/> mm

Рисунок 0.19 – Вихідні дані до розрахунку режиму різання для переходу 15

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ	VF [mm/min] МИНУТНАЯ ПОДАЧА
1 138	0.24	759	182
PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	FFF [N] УСИЛИЕ ПОДАЧИ	
1 24.7	311	8930	

Рисунок 0.20 – Режим різання для переходу 15

Обороти шпинделя приймаємо максимально можливими для верстата, тобто $n = 20000 \text{ мин}^{-1}$.

Перехід 20. Свёрдли 1 отвір 2.

Вибираємо свердло з сімейства CoroMill 860.1-1000-031A1-PM 4234 (рис. 2.21) з параметрами, наведеними в таблиці 2.17.

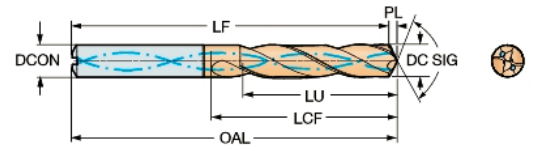
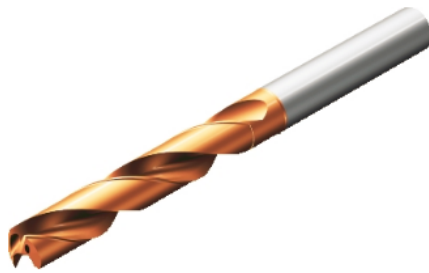


Рисунок 2.21

Таблица 0.17 - Параметры свердла CoroMill 880-D5800L40-03

КОД	D_c ,	b_n		СПЛАВ
	мм			
880-D5800L40-03	10	31.6	1.6	GC1620

Вихідні дані і рекомендований режим різання для переходу 15 наведені на малюнках 2.22, 2.23.



Способность выполнения/наличие глухих отверстий ВОЗМОЖНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ	
Обрабатываемый диаметр DM	<input type="text" value="10"/> mm
Глубина элемента обработки DEPTMMF	<input type="text" value="20"/> mm
Точность отверстия ТСНА	H10 
Верхнее отклонение диаметра DTOLL	<input type="text" value="0,07"/> mm
Нижнее отклонение диаметра DTOLL	<input type="text" value="0"/> mm

Рисунок 0.22 – Вихідні дані до розрахунку режиму різання для переходу 15

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ	VF [mm/min] МИНУТНАЯ ПОДАЧА
1 180	0.24	5730	1380
PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	FFF [N] УСИЛИЕ ПОДАЧИ	
1 5.62	9.36	1500	

Рисунок 0.23 – Режим різання для переходу 15

Обороты шпинделя приймаємо максимально можливими для верстата, тобто $n = 20000 \text{ мин}^{-1}$.

Перехід 5. Підрізати торець 3.

Тип фрезерування: кругова інтерполяція (рис. 2.24).



Рисунок 0.24 – Кругова інтерполяція

Вибираємо фрезу фірми Sandvik Coromant з сімейства збірних фрез CoroMill R300-8EH8-10L.

Вид – кінцеві фрези зі змінною глибиною стружкових канавок з циліндричним хвостовиком (рис. 2.25). Параметри фрези наведені в таблиці 2.18.

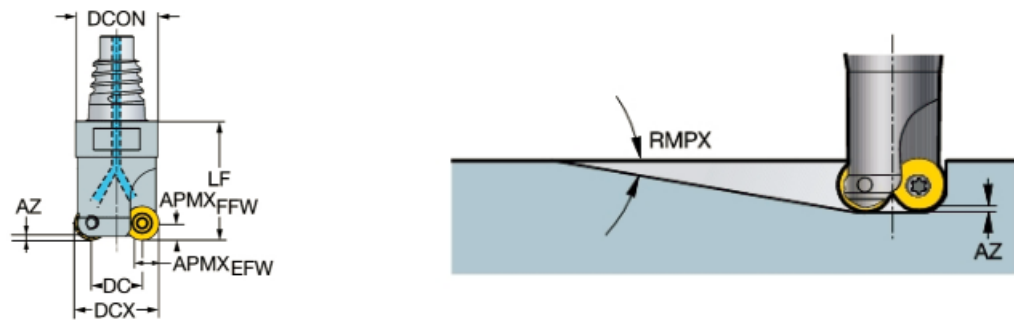


Рисунок 0.25 – Фреза кінцева CoroMillR300-8E H8-10L

Таблица 0.18 – Параметры фрезы кінцевий CoroMillR300-8E H8-10L

код	D_c	dm_m	l_2	ch_1	b_n	$\max(a_p)$	сплав
	мм						
R216.33-04050-AK11H		10	35	0,1		20	GC1620

Для розрахунку режиму різання вибираємо тип фрезерування і тип фрези (рис. 2,26).



Рисунок 0.26 - До розрахунку режиму різання при фрезеруванні

Задаємо вихідні дані (Рисунок 2.27) і отримуємо рекомендований режим різання (рис. 2.28).

Тип операции СТРТ	Черновая обр... ▾
Глубина элемента обработки DEPTH	1 mm
Ширина WIDTH	132 mm
Длина LENGTH	132 mm
Инструмент	
Диаметр резания DS	10 mm

Рисунок 0.27 – Вихідні дані до розрахунку режиму різання для переходу 5

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FZ [mm] ПОДАЧА НА ЗУБ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ	VFM [mm/min] ПОДАЧА НА ОБРАБАТЫВАЕМОМ...
1 311	0.333	6190	4130
AE [mm] ШИРИНА ФРЕЗЕРОВАНИЯ	AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	NORAE ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AE	NORAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP
1 8.8	1	15	1
QQ [cm ³ /min] СКОРОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ		
1 36.3	2.83		

Рисунок 0.28 – Режим різання для переходу 5

Обороты шпинделя приймаємо максимально можливими для верстата, тобто $n = 20000 \text{ мин}^{-1}$.

2.6.2 Розробка технологічної операції 030 з використанням САПР Solid CAM і створення керуючої програми для обробного комплексу Spinner VC450

Комп'ютеризація інженерних задач - один з основних шляхів підвищення конкурентоспроможності продукції будь-якого машинобудівного підприємства незалежно від типу виробництва.

Ключовим моментом сучасного етапу виробництва є перехід від дискретного до електронного опису виробу (EOI). Основою EOI є безпаперове уявлення інформаційної моделі виробу, що включає в себе всі дані про виріб з урахуванням міжнародних стандартів.

Основні компоненти ЕОІ:

- комплекс програмних засобів для автоматизованого проектування виробів САД (САД - Computer Aided Design);
- система автоматизації технологічної підготовки виробництва САМ (САМ- Computer Aided Manufacturing);
- система інженерного аналізу САЕ (САЕ - Computer Aided Engineering);
- система управління даними про виріб РДМ (РДМ - Product Data Management).

На підприємствах аерокосмічної галузі в якості базових засобів комп'ютерних інтегрованих технологій використовуються системи високого рівня Unigraphics, CATIA, CADD5-5, EUCLID і ін. До складу даних систем входять програми побудови математичної моделі поверхні створюваного виробу, розробки внутрішньої компоновки відсіків, агрегатів і ЛА в цілому, ведення бази даних проекту, забезпечення технологічної підготовки виробництва, планування і диспетчеризації робіт.

Конструювання деталей, заготовок, засобів технологічного оснащення на основі об'ємного моделювання, розробка креслярської документації, підготовка керувальної програми (КП) для обладнання з ЧПУ - всі ці завдання вирішуються із застосуванням цілого ряду комп'ютерних інтегрованих САД / САМ - систем.

2.6.3 Етапи розробки КП обробки

КП обробки як сукупність команд на мові програмування, з точки зору технолога, являє собою опис операційного ТП на вхідній мові пристрою ЧПУ верстата.

Етапи створення КП обробки на базі комп'ютерних інтегрованих систем представлені на рис. 2.29.

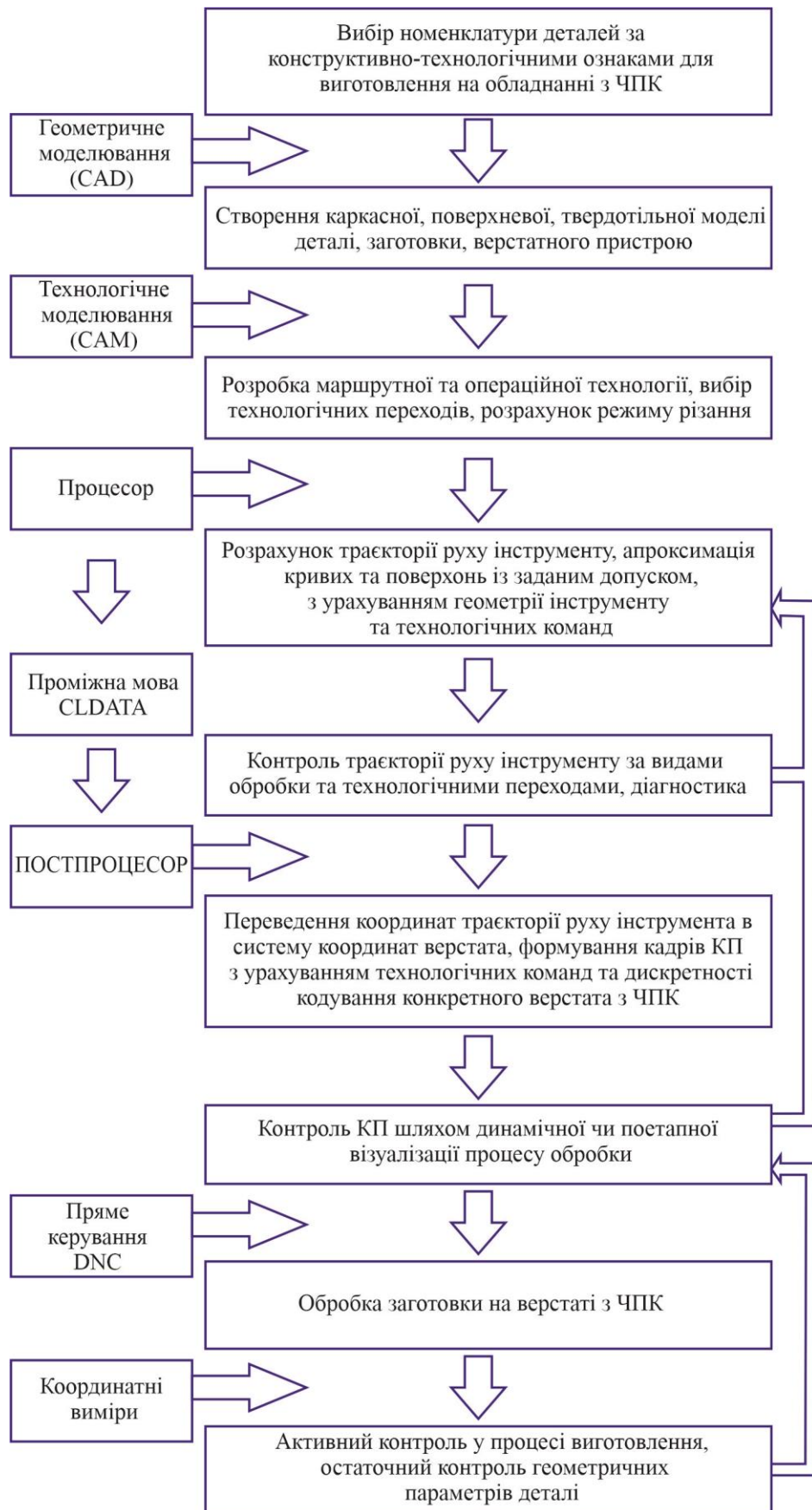


Рисунок 0.29 – Етапи створення КП обробки

Підсистема ЧПУ, будучи однією з компонент комп'ютерної системи, використовує необхідну інформацію з єдиної бази даних системи. Зовнішньою вихідною інформацією для підсистеми ЧПУ є геометрична модель оброблюваної деталі (рис. 2.3) і її заготовка перед операцією (рис. 2.31) Каркасного або поверхневого уявлення.

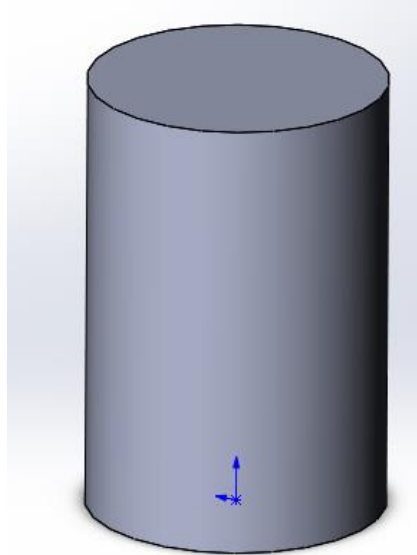


Рисунок 0.30 – Модель заготовки перед операцією 020

Розробка операційної технології і переходів починається з того, що задаються параметри операції: Нуль деталі, постпроцесор (система ЧПУ), який відповідає цьому станку, параметри інструменту, вибирається матеріал заготовки, вибирається модель заготовки і деталі, які попередньо потрібно створити.

Нулем деталі призначаємо верхню точку на перетині осі заготовки з верхньої торцевої поверхнею заготовки, так як від цієї поверхні відраховується глибина всіх отворів. У параметрах інструменту вказуємо тип подачі - мм / хв.

Після того, як обрані параметри операції, переходимо до розробки переходів. Перехід являє собою параметризовані опис траєкторії руху інструменту, технологічних режимів обробки - подачі, частоти обертання шпинделя і геометрії інструменту.

1. Геометрія, яка потрібна для центрування і свердління отворів це нуль заготовки, координати центрів цих отворів і послідовність переходу від одного отвору до іншого.

2. Заносимо в таблицю інструментів дані по обраному інструменті (Рисунок 2.31) І задаємо розраховані режими різання (рис. 2.32).

3. Призначаємо площину безпеки, безпечну відстань, верхню площину різання і глибину свердління. Тип циклу - свердління.

Имя	Номер	Диаметр	Углово...	Угол	Тип	Поставщик	ИД прод...
#1 - Ø20 mm с плоским ... Торец1	1	20mm			Фреза с плос...		
#2 - Ø56 mm сверление Сверление1	2	56mm		118°	Сверление		
#3 - Ø8 mm сверление Сверление2	3	8mm		118°	Сверление		
#5 - Ø6 mm с плоским т... Адаптивная5	5	6mm			Фреза с плос...		

Рисунок 0.31 – Таблица інструментів в Solid CAM

Відмінність контурного переходу від 3D-фрезерування в тому, що геометрією для нього може бути як контур моделі деталі, так і ескіз контуру. При цьому необхідно тільки задати положення інструмента щодо геометрії, напрямок обробки, глибину контуру, площини переходу, припуск на контур і крок по осі Z.

Для переходу фрезерування задаються параметри, які покажемо на прикладі фрезерування поверхні 3 (рис. 2.9)

Скорость шпинделя:	2330rpm
Скорость резания:	146.398m/min
Наклонная скорость шпинделя:	2330rpm
Рабочая подача:	1398mm/min
Подача на зуб:	0.2mm
Подача подвода:	1398mm/min
Подача отвода:	1398mm/min

Рисунок 0.32 – Параметри фрезерування

1. Геометрія, яка потрібна для тривимірного фрезерування це оброблювані контури (рис. 2.33) І модель заготовки після переходу.

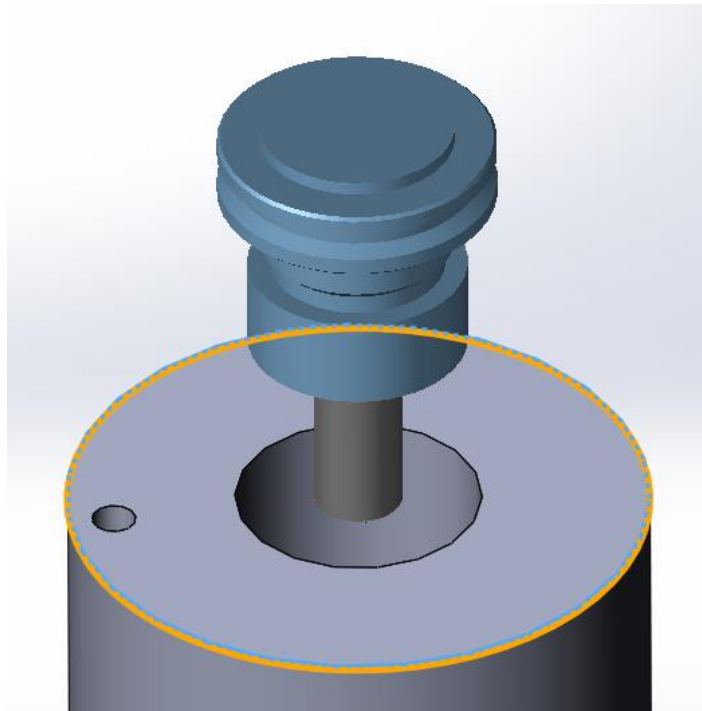


Рисунок 0.33 – Геометрія для контурного фрезерування

2. Вибираємо інструмент з таблиці інструментів операції (рис. 2.31) і задаємо режими різання, які вже розраховані (рис. 2.32).

3. Призначаємо площину безпеки, безпечну відстань, верхню площину різання (висота заготовки) та глибину контуру.

4. Задаємо положення інструменту - зліва, глибина контуру - постійна, обробка - чорнова, припуск на контур - 0,05 мм, підведення і відведення інструменту - по дузі

Формування власне УП програми здійснюється в два етапи.

На першому етапі обробку вхідної інформації реалізує процесор.

Процесор - програма первинної переробки інформації, що формує дані по обробці незалежно від типу верстата.

Процесор виконує наступний комплекс завдань із розрахунку траєкторії руху інструменту: приведення опису всіх заданих геометричних об'єктів до канонічної форми; знаходження точок і ліній перетину різних геометричних елементів; апроксимація різних кривих і поверхонь із заданим допуском; апроксимація або інтерполяція таблично заданих функцій; облік геометричних параметрів інструменту при побудові траєкторії руху.

Результатом роботи процесора є повністю розрахована траєкторія руху інструменту (рис. 2.40).

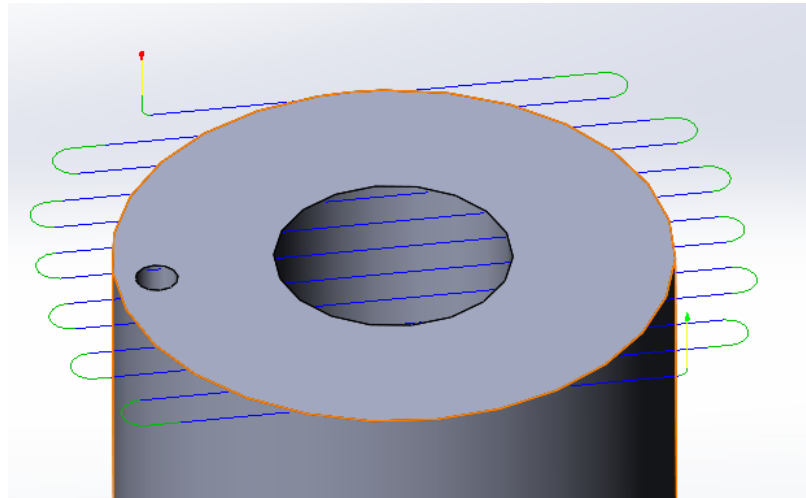


Рисунок 0.40 – Траєкторія руху інструменту при свердлінні отворів

Другий етап переробки інформації реалізує постпроцесор, який орієнтований, на відміну від процесора, на конкретну модель технологічного обладнання з ЧПУ.

постпроцесор - согласующая програма, яка враховує особливості системи ЧПУ конкретного верстата і формує кадри УП на мові програмування в кодах ISO.

Постпроцесор виконує такі типові функції:

- переклад координат траєкторії руху інструменту в систему координат технологічного обладнання;
- призначення величин подачі робочих і допоміжних переміщень з паспортних характеристик подач конкретного верстата;
- формування та кодування підготовчих і допоміжних функцій, команд на координатні переміщення з урахуванням значення одиниці дискретності (ціни імпульсу) пристрої ЧПУ;
- кодування значень подач і частоти обертання шпинделя;
- формування команд зміни інструменту, а також корекції його довжини і радіуса, включення і виключення подачі MOP;

- виконання ряду сервісних функцій (підрахунок обсягу УП, часу обробки деталі на верстаті і ін.).

При формуванні команд на переміщення постпроцесор враховує вид інтерполяції (лінійна, кругова), спосіб завдання переміщення (в абсолютній системі, в збільшеннях). Найважливіша функція постпроцесора - облік обмежень технологічного обладнання з ЧПУ. До цих обмежень відносяться: межі переміщень виконавчих органів обладнання, зміни швидкостей подачі і частоти обертання шпинделя; максимально допустимі швидкості і перепади швидкостей виконавчих органів обладнання; межі зміни радіуса дуги окружності при круговій інтерполяції та ін.

Результатом врахування обмежень можуть бути автоматичне коректування постпроцесор величин і режимів подачі, зміна швидкості шпинделя і траєкторії руху інструменту, видача діагностичного повідомлення.

Траєкторія руху інструменту може бути змінена, наприклад, при завданні переміщення на прискореній подачі більш ніж по одній координаті одночасно, що неприпустимо для більшості верстатів. У такій ситуації постпроцесор може організувати покоординатно рух в задану точку, зберігаючи незмінним значення прискореної подачі. Виклик того чи іншого постпроцесора здійснюється автоматично на основі вказівки, даного технологом-програмістом в тексті вихідної програми. Після того, як задані всі необхідні параметри операції і проведена перевірка правильності виконання обробки, генерується програма обробки в G-кодах.

2.6.4 Візуалізація послідовності процесу обробки

Візуалізація послідовності процесу обробки дозволяє виявити помилки, які можуть виникнути, в тому числі і з вини постпроцесора CAD / CAM-системи. Наприклад, при зіткненні оправлення і заготовки (рис. 2.41)

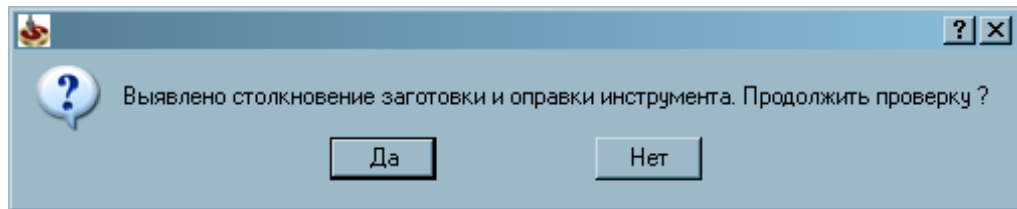


Рисунок 0.41 – Попередження про помилку

Контроль УП здійснюється візуально на екрані комп'ютера шляхом динамічної або поетапної відповідних фаз процесу обробки (Рисунок 2.42).

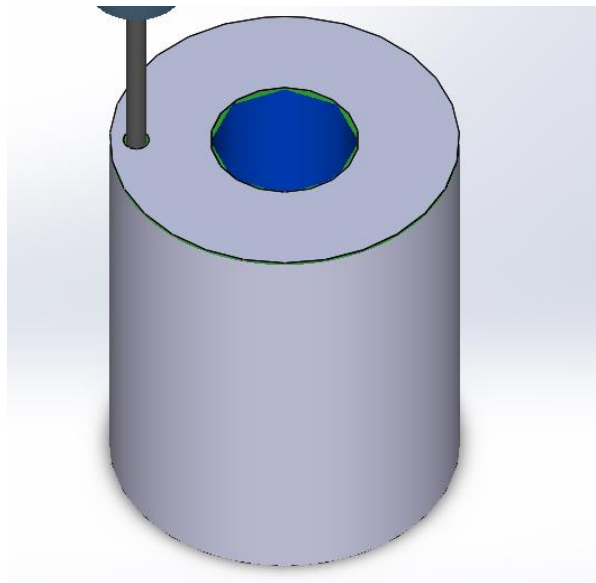


Рисунок 0.42 – Візуалізація процесу обробки моделі з вимірюванням часу обробки

При цьому перевірка УП на верстаті без заготовки або пробна обробка заготовки не потрібно.

Програма візуалізації процесу обробки дозволяє: контролювати УП безперервно або з окремих кадрів з відображенням при необхідності траєкторії інструменту і виділенням різними кольорами зон обробки; розраховувати розміри заготовки і час обробки; змінювати ракурс і масштаб зображення, відображати оброблювані поверхні.

Візуалізація процесу обробки значно скорочує час на перевірку УП і підвищує їх достовірність.

2.6.5 Технічне нормування операції

Після попередніх розрахунків по технологічному процесу механічної обробки і визначення режимів різання приступають до технічного нормування, тобто до визначення основного (машинного), штучного часу і розряду роботи.

Нормування операцій будемо виробляти за методикою, викладеною в [4, стор.55].

Норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт}, \quad (0.4)$$

де $T_{шт}$ - норма штучного часу;

T_{n-3} - підготовчо-завершальний час;

n - кількість деталей в партії.

Норма штучного часу $T_{шт}$ на операцію при обробці на верстатах з ЧПУ визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_a + T_{вс} \cdot k_{tg} + T_{об}, \quad (0.5)$$

де T_a - час автоматичної роботи;

$T_{вс}$ - час виконання допоміжної роботи, яка не перекривається часом автоматичної роботи;

k_{tg} - поправочний коефіцієнт на допоміжний час для розрахунку характеру серійності робіт;

$T_{об}$ – час, яке використовується на обслуговування робочого місця.

Час автоматичної роботи T_a розраховується за формулою:

$$T_a = T_{oa} + T_{ва} \quad (0.6)$$

Час автоматичної основної роботи T_{oa} визначається за формулою:

$$T_{oa} = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{L_i}{S_{M_i}}, \quad (0.7)$$

де L_i - сумарна довжина переміщення інструменту в напрямку подачі при обробці технологічного ділянки з урахуванням величини врізання, мм ;

S_{M_i} - хвилинна швидкість подачі, мм / мин ;

m - кількість робочих ходів.

Додаток Solid CAM, в якому змодельовані операції, що виконуються на обробному комплексі Ricomax 825 Versa, дозволяє заміряти час, необхідний для обробки з урахуванням розрахованих режимів різання і подачі холостого ходу, який обліковується постпроцесор. Це особливо зручно при обробці складних контурів, кривих і похилих поверхонь, тобто в тих випадках, коли довжину траєкторії руху інструменту визначити важко. Час автоматичної основної роботи по переходах і операцій занесемо в таблиці 2.23.

Час допоміжної автоматичної роботи $T_{ва}$ визначається за формулою:

$$T_{ва} = T_{см} + T_x + T_{ост}, \quad (0.8)$$

де $T_{см}$ - час, що витрачається на автоматичну зміну інструменту (6 с);

T_x - час допоміжної автоматичної роботи на підведення інструменту від початкової точки до зони обробки і відведення від цих зон, установку інструменту на розмір, зміну напрямку і значення подачі;

$T_{ост}$ - час технологічних пауз-зупинок подачі і оборотів шпинделя для перевірки розмірів, огляду або зміни інструменту, перезакріплення деталі (6 с).

Час допоміжної автоматичної роботи T_x визначається за формулою:

$$T_x = \left(\frac{L_{хол}}{S_m} \right) \cdot 2 + 0,083, \quad (0.9)$$

де $\left(\frac{L_{хол}}{S_m} \right) \cdot 2$ - час для підведення і відведення інструменту до зони різання;

0,083 хв - час установки інструменту на розмір;

S_m - подача холостого ходу.

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$T_x = \left(\frac{50}{30000} \right) \cdot 2 + 0,083 = 0,09 \text{ (мин)} = 5,5 \text{ (с)}.$$

$$T_{ва} = T_{см} + T_x + T_{ост} = 6 + 5,5 + 6 = 17,5 \text{ (с)}.$$

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_{\text{вс}} = T_{\text{всу}} + T_{\text{всон}} + T_{\text{вси}}, \quad (0.10)$$

де $T_{\text{всу}}$, $T_{\text{всон}}$, $T_{\text{вси}}$ - додатковий час установки і знімання деталі, виключення і включення станка, час на вимір розмірів.

Допоміжний час на установку і зняття деталі визначимо за формулою [4, с.60, таблиця.8.4]:

$$T_{\text{всу}} = (a + Q^x \cdot N_{\text{д}}^y + 0,4(n_{\text{б}} - 2)), \quad (0.11)$$

де $Q = 0,021$ кг - маса деталі; $a = 0,6$ - коефіцієнт пропорційності; $x = 0,095$, $y = 0,8$ - показники ступеня; $N_{\text{д}} = 1$ - кількість деталей; $n_{\text{б}} = 1$ - кількість болтів для закріплення.

Тоді,

$$T_{\text{всу}} = (0,6 + 0,021^{0,095} \cdot 1^{0,8} + 0,4(1 - 2)) = 0,89 \text{ (мин)} \approx 53 \text{ (с)}.$$

$T_{\text{всон}}$ враховує час на включення і виключення верстата, встановлення заданого взаємного положення деталі і інструменту.

$$T_{\text{всон}} = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}.$$

Допоміжний час на вимір розмірів $T_{\text{вси}}$ визначаємо по [4, с.63, таблиця 8.8]:

$$T_{\text{вси}} = \kappa \cdot D_u^x \cdot L_u^y, \quad (0.12)$$

де $\kappa = 0,0197$ - коефіцієнт пропорційності;

$x = 0,21$, $y = 0,33$ - показники ступеня;

$D_u = 4,6$ мм, $L_u = 13$, мм. - розмір вимірюваної поверхні;

$$T_{\text{вси}} = 0,0197 \cdot 4,6^{0,21} \cdot 13^{0,33} = 0,063 \text{ (мин)} = 4 \text{ (с)}.$$

$$T_{\text{вс}} = T_{\text{всу}} + T_{\text{всон}} + T_{\text{вси}} = 53 + 300 + 4 = 357 \text{ (с)}.$$

коефіцієнт $\kappa_{\text{тг}} = 1$ визначаємо по [4, стор.64, табл.8.9].

$T_{\text{об}} = 10\%$ від оперативного часу [4, стр.65, табл.8.10].

Підготовчо-заклучний час $T_{\text{нз}}$ призначене для виконання таких робіт: отримання на початку роботи наряду, креслень, технологічної документації, програми, ріжучих інструментів, заготовок, пристосувань і т.п. ; ознайомлення

із завданням, кресленнями, технологічною документацією і отримання інструктажу; підготовка робочого місця, налагодження верстата, пристроїв; збірка інструменту з оправкой і установка їх в магазин верстата; пробний прохід по програмі; з'їм інструменту, пристосування після закінчення обробки.

Підрахуємо підготовчо-заключний час, використовуючи нормативні дані [6, стор. 616].

$$T_{nz} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \cdot n + T_6 \cdot n + T_7 + T_8 \cdot n + T_9, \quad (0.13)$$

де T_1 - отримання наряду, технологічної документації;

T_2 - ознайомлення з кресленням, технологічною документацією, огляд заготовки;

T_3 - інструктаж;

T_4 - отримання і здача пристосування, інструмента

T_5 - складання інструменту з оправкой;

T_6, T_8 - установка і з'їм оправок з ріжучим інструментом в магазин;

T_7 - пробний прогін програми;

T_9 - з'їм пристосування;

n - кількість ріжучих інструментів.

$$T_{nz} = 2 + 3 + 2 + 5 + 2 \cdot 8 + 0,2 \cdot 8 + 18,6 + 0,2 \cdot 8 + 1 = 48,4 \text{ (мин)} = 2904 \text{ (с)}$$

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що при перекладі операцій зі старого обладнання на нове спостерігається зниження норм штучно-калькуляційного часу в середньому в 5 разів. Настільки значна інтенсифікація процесу обробки відбувається за рахунок:

Об'єднання операцій різного виду, як наслідок цього зменшення кількості переустановлень деталі і переміщення від одного верстата до іншого. Використання сучасного обробного комплексу Ricomax 60 M і сучасного інструменту, який дозволяє значно підвищити продуктивність обробки, а також відмовитися від дорогих і ємних доводочних операцій. Більш високі подачі вільного переміщення шпинделя, установки на розмір, скорочення часу на

зміну інструменту. Більш зручна і швидка передача даних від комп'ютера на верстат.

2.6.6 Проектування верстатного пристосування для обробного комплексу Spinner VC450

В даному розділі спроектована конструкція верстатного пристосування, яке використовується в комплексній операції 030.

2.6.7 Загальні відомості про верстатні пристосування. призначення пристосувань

Верстатними пристосуваннями називають додаткові (допоміжні) пристрої до металорізальних верстатів. Вони призначені для:

- установки оброблюваних заготовок при виконанні операцій відповідно до вимог технологічного процесу;
- підвищення точності і стабільності якості обробки поверхонь, що забезпечується шляхом правильного базування, надійного закріплення заготовки і надання їй більшої жорсткості в процесі обробки;
- підвищення продуктивності праці, що досягається за рахунок усунення розмітки заготовки перед обробкою, вивірки заготовок при установці і скорочення штучного часу на всіх технологічних операціях механічної обробки.
- розширення технологічних можливостей універсальних і спеціалізованих верстатів. Оснащення верстатів пристосуваннями дозволяє підвищити точність і продуктивність при виготовленні деталей, створює можливість здійснювати обробку заготовок складних конструктивних форм малої жорсткості і використовувати універсальні верстати для виконання таких операцій, для яких вони не призначені;
- полегшення праці робітника і підвищення безпеки праці. При використанні пристосувань виключаються багато ручні операції і скорочуються

витрати фізичної сили при виконанні операції. Це досягається головним чином за рахунок спрощення базування заготовки і використання механізації і автоматизації пристосувань.

2.6.8 Проектування верстатного пристосування

Вихідними даними для проектування пристосування є: робочі креслення деталі і вихідної заготовки; операційні карти з ескізами заготовки, способу її базування і закріплення; операційні карти попередніх операцій, за якими оброблялися базові поверхні; річний обсяг випуску деталей; паспортні дані верстата, для якого проектується пристосування.

Пристосування спроектовано в CAD-системі Solid Works (Рисунок 2.43).

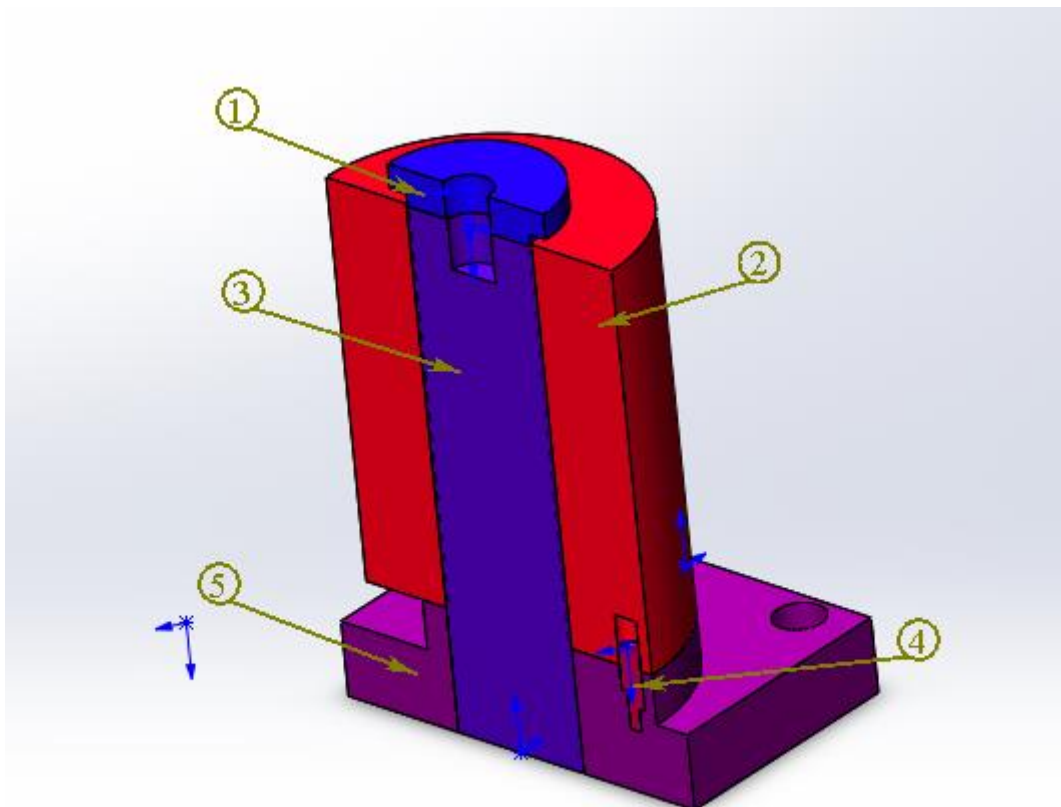


Рисунок 0.43 – Модель пристосування для обробки поршневих отворів

З ескізу до операції 040 видно, що деталь базується на плоску поверхню і два базових отвори (Рисунок 2.9). Це означає, що пристосування повинно містити відповідну гладку плоску поверхню і два настановних пальця.

Плита (5) (Рисунок 2.44) Є основою пристосування, що забезпечує його стійкість. На ньому розташовуються всі інші елементи, необхідні для правильної установки деталі. Плит в свою чергу за допомогою установочного пристосування встановлюється на стіл верстата.

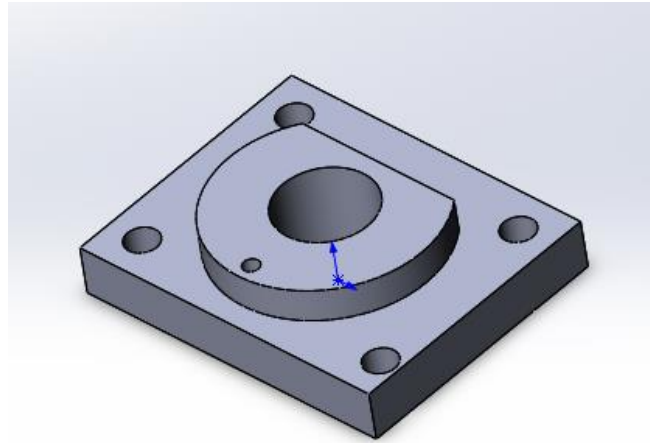
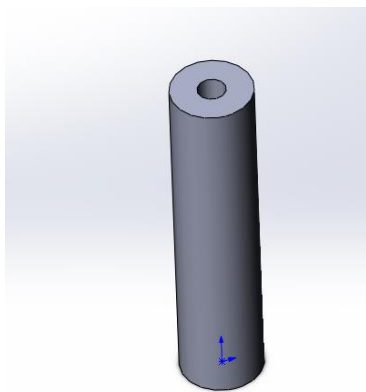
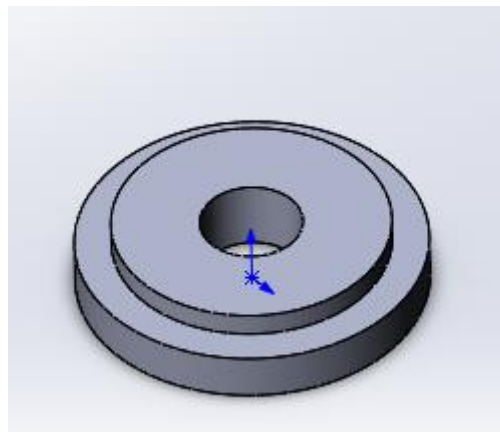


Рисунок 0.44 – Плита

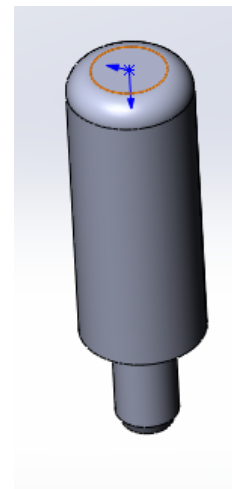
В отвори плити запресовуються пальці (3), (4) (Рисунок 2.45, А, В). Пальці забезпечують точність установки заготовки в горизонтальній площині.



а



б



в

Рисунок 0.135 – Елементи верстатного пристосування: а - палець (3), б - шайба (4), в - палець (5)

Базовими отворами заготовка (2) встановлюється на плиту (5), базуючись на пальцях (3 і 5), і фіксується гайкою (1) (Рисунок 2.45б).

Креслення пристосування виконано на форматі А4 і приведені в додатку.

2.7 Розрахунок пристосування на точність

Розрахуємо пристосування на точність. Якщо пристосування не задовольняє вимогам по точності обробки, то його конструкція для виробництва не придатна. Розрахунок будемо вести за рекомендаціями і матеріалами, викладеними в [10].

При виконанні будь-якої операції з застосуванням пристосування очікувана похибка обробки не повинна перевищувати заданого допуску на даний геометричний параметр:

$$\omega_{обр} \leq T, \quad (0.14)$$

де $\omega_{обр}$ - очікувана результуюча похибка;

T - допуск на розмір.

Результуюча похибка включає в себе кілька виробничих похибок, які об'єднують в дві групи складових:

$\omega_{уст}$ - похибка установки заготовки:

$\omega_{обр}$ - похибка методу обробки.

отримуємо:

$$\omega = \omega_{уст} + \omega_{обр} \leq T \quad (0.15)$$

$$\omega_{уст} = T - \omega_{обр} \quad (0.16)$$

Виробничі похибки, що входять до $\omega_{обр}$, Знаходять за таблицями статистичних даних [6]. На підставі аналізу з'ясовують виробничі похибки, що впливають на даний геометричний параметр, встановлюють їх величину і імовірнісним методом підсумовування розраховують похибку $\omega_{обр}$.

$$\omega_{уст} = 1,2\sqrt{\omega_0^2 + \omega_3^2 + \omega_{np}^2} \quad (0.17)$$

В даному випадку реалізована схема установки заготовки по площині і двом отворам. При проектуванні пристосувань з двома пальцями перед конструктором завжди стоїть завдання визначення діаметрів пальців, допусків на їх виготовлення і знос, допуску на міжцентрову відстань пальців. При вирішенні цього завдання вихідними умовами є: забезпечення установки на два

пальця будь-якої заготовки з оброблюваної партії з міжцентровим і діаметром отворів в межах заданого допуску, забезпечення необхідної точності операційних розмірів. Розрахунок будемо вести за методикою, викладеною в [10, с.24]. Діаметр одного з пальців зазвичай задають рівним номінальним розміром діаметра базового отвори, а допуск призначають по посадкам f6, f7, E9 в залежності від точності отвору. Приймаємо діаметр першого пальця $d_{n1} = 6,45_{-0,011}^{-0,005}$

Умова установки заготовок на два циліндричних пальця

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq T_{mo} + T_{mn}, \quad (0.18)$$

де $S_{1\min}$, $S_{2\min}$ - мінімальні зазори в сполученнях отворів і пальців;

T_{mo} , T_{mn} - допуски на міжцентрову відстань отворів і пальців.

Визначимо діаметр другого пальця виходячи з умови, що відстань $S_{2\min}$ дорівнює різниці між мінімальним діаметром отвору d_{o2} і максимальним діаметром пальця d_{n2} :

$$S_{2\min} = d_{o2} - d_{n2} \quad (0.19)$$

$$S_{1\min} = d_{o2} - d_{n2} = T_{mo} + T_{mn} \quad (0.20)$$

отримуємо:

$$d_{n2} = (d_{o2} + S_{1\min} - T_{mo} - T_{mn}) = 6,45 - 0,05 - 0,586 - 0,82 = 4,984 \text{ (мм)}$$

$$d_{n2} = 5_{-0,008}^{-0,002} \text{ мм.}$$

Щоб підвищити точність установки при збереженні можливості гарантованої установки будь-якої заготовки з партії з міжцентровим базових отворів в межах заданого допуску, потрібно щоб другий палець був зрізаним, а не циліндричним. Зріз пальця збільшує зазор в напрямку загальної осі двох базових отворів, це дозволяє встановити заготовки з більш широким допуском.

Зсув заготівлі від її середнього положення в напрямках, перпендикулярних осі циліндричного пальця, визначаються мінімальним радіальним зазором S_1 , Допуском на діаметр базового отвори T_{do1} , Допуском на діаметр пальця T_{dn1} .

Найменша зміщення:

$$S_1 = d_{o1} - d_{n1} = 5 - 4,984 = 0,016 \text{ (мм)}$$

Найбільше зміщення:

$$S = 0,5T_{do1} + 0,5T_{dn1} = 0,5 \cdot 0,015 + 0,5 \cdot 0,018 = 0,0165 \text{ (мм)}.$$

За величинам зміщення знаходимо похибка установки для виконуваних розмірів.

Похибка базування для розміру $\varnothing 4,6 \pm 0,05$ приймаємо рівною найбільшому змішання $\omega_{\phi} = 0,0165 \text{ мм}$.

У даних умовах похибка закріплення істотно не впливає на похибку установки, тому приймаємо $\omega_s = 0$.

похибка пристосування ω_{np} включає в себе похибка виготовлення $\omega_{взг} = 0,01 \text{ мм}$ і похибка обумовлену зносом пристосування $\omega_u = 0,005 \text{ мм}$.

Таким чином

$$\omega_{уст} = 1,2\sqrt{0,0165^2 + 0,01^2 + 0,005^2} = 1,2 \cdot 0,0199 = 0,024 \text{ (мм)}.$$

Погрішність, пов'язана з методом обробки $\omega_{обр}$, визначається жорсткістю технологічної системи □ температурними деформаціями зносом інструменту. Для розглянутого випадку за таблицями статистичних даних [6] $\omega_{обр} = 0,01 \text{ мм}$.

$$\omega = \omega_{уст} + \omega_{обр} = 0,024 + 0,01 = 0,034 \text{ мм}.$$

З ескізу операції 245 (див. Рисунок 2.9) Видно, що найточніший розмір на цій операції має допуск $T = 0,1$, Отже умова забезпечення точності пристосуванням виконується.

2.8 Проектування цеху

Компонування цеху слід розпочинати з вибору сітки колон, в нашому випадку 6000x9000, був вибраний розмір колон 400x800. Каркас, що несе, - залізобетонні колони і ферми перекриття. Корпус зібраний з універсальних залізобетонних конструкцій. Освітлення здійснюється через віконні отвори і за допомогою ламп.

Потокова лінія з середньою кількістю верстатів і розміщена в два ряди, початок лінії розташовується з боку зони заготівель, а кінець лінії - з протилежного боку. Розміщення, відстані між устаткуванням, а також ширина проїздів вибрана відповідно до встановлених норм.

2.8.1 Розрахунок кількості основного виробничого устаткування

Визначення річної станкоємкості виготовлення деталей При розрахунку кількості верстатів необхідно мати дані об станкоємкості виготовлення деталей T_c , тобто про час, витрачений на виготовлення деталей і виражений в годинах роботи устаткування. Станкоємкість для кожного верстата визначають по формулі [1,стр.44]:

$$T_c = \frac{(\sum t_{шт.-к}) \cdot N_i}{60}; \quad (2.21)$$

де $\sum t_{шт.-к}$ – сумарний штучно-калькуляційний час виконання j - й операції виготовлення i - й деталі, мін;

N_i – річний обсяг випуску i - х деталей, шт. (ми приймаємо 800 шт.)

Визначимо станкоємкість устаткування за усіма технологічними операціями:

Технологічний процес :

$$T_c^1 = \frac{4 \cdot 800}{60} = 53 \text{ ч}$$

$$T_c^2 = \frac{7,3 \cdot 800}{60} = 97 \text{ ч}$$

$$T_c^3 = \frac{10,2 \cdot 800}{60} = 136 \text{ ч}$$

$$T_c^4 = \frac{50,2 \cdot 800}{60} = 669 \text{ ч}$$

$$T_c^5 = \frac{13,6 \cdot 800}{60} = 181 \text{ ч}$$

$$T_c^6 = \frac{26,4 \cdot 800}{60} = 352 \text{ ч}$$

$$T_c^7 = \frac{5,4 \cdot 800}{60} = 72 \text{ ч}$$

$$T_c^8 = \frac{17,6 \cdot 800}{60} = 234 \text{ ч}$$

2.8.2 Визначення розрахункової і прийнятої кількості верстатів

Розрахунок кількості устаткування, потрібного для ділянки, виконують для кожного типу і моделі верстата виходячи з сумарної річної стнакоємності обробки усіх деталей, що виготовляються на верстатах певного виду:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{\text{шт.-к}_{i,j}} \times N_i}{\Phi_{\text{д.о}}}; \quad (2.22)$$

де $\Phi_{\text{д.о}}$ – дійсний річний фонд часу роботи устаткування (при однозмінному режимі роботи цеху з урахуванням втрат часу на планово-запобіжний ремонт $\Phi_{\text{д.про}} = 2030$ ч.

Прийнята для ділянок кількість верстатів $C_{\text{пр}}$ визначає округленням отриманого C_p до найближчого цілого числа..

В нашому випадку C_p и $C_{\text{пр}}$ будуть [1,стр.45]:

$$C_p^1 = \frac{53}{2030} = 0,02; C_{\text{пр}}^1 = 1 \text{ шт.}$$

$$C_p^2 = \frac{97}{2030} = 0,05; C_{\text{пр}}^2 = 1 \text{ шт.}$$

$$C_p^3 = \frac{136}{2030} = 0,07; C_{\text{пр}}^3 = 1$$

$$C_p^4 = \frac{669}{2030} = 0,3; C_{\text{пр}}^4 = 1 \text{ шт.}$$

$$C_p^5 = \frac{181}{2030} = 0,09; C_{\text{пр}}^5 = 1 \text{ шт.}$$

$$C_p^6 = \frac{352}{2030} = 0,2; C_{\text{пр}}^6 = 1 \text{ шт.}$$

$$C_p^7 = \frac{72}{2030} = 0,03; C_{\text{пр}}^7 = 1 \text{ шт.}$$

$$C_p^8 = \frac{234}{2030} = 0,11; C_{пр}^8 = 1 \text{ шт.}$$

Після того, як визначимо склад і кількість основного виробничого устаткування, складемо схему розташування верстатів на ділянці.

1-СЛП-8535	5-Верстак
2-Тележка	6- Sodick AQ35L
3- Терм.обр	7- Kraittek K50
4-Рісوماх 825 Versa	8- Стіл контрольний

2.8.3 Розрахунок коефіцієнта завантаження верстатів і побудова графіку завантаження верстатів ділянки

Відношення розрахункової кількості верстатів до прийнятого дає коефіцієнт завантаження верстата за часом:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{пр}}$$

Порахуємо значення коефіцієнта завантаження верстата за часом для кожного використовуваного виду верстатів:

$$K_3^1 = \frac{0,02}{1} = 0,02$$

$$K_3^2 = \frac{0,05}{1} = 0,05$$

$$K_3^3 = \frac{0,07}{1} = 0,07$$

$$K_3^4 = \frac{0,3}{1} = 0,3$$

$$K_3^5 = \frac{0,09}{1} = 0,09$$

$$K_3^6 = \frac{0,2}{1} = 0,2$$

$$K_3^7 = \frac{0,03}{1} = 0,03$$

$$K_3^8 = \frac{0,11}{1} = 0,11$$

Середній коефіцієнт завантаження устаткування K_z усієї ділянки вчислимо по формулі:

$$K_{z, \text{ср}} = \frac{\sum C_{\text{пр}}}{\sum C_{\text{спр}}} = \frac{0,9}{8} = 0,11$$

По отриманих значеннях коефіцієнта K_z і $K_{z, \text{ср}}$ побудуємо графік завантаження верстатів ділянки (Рисунок 2.45):

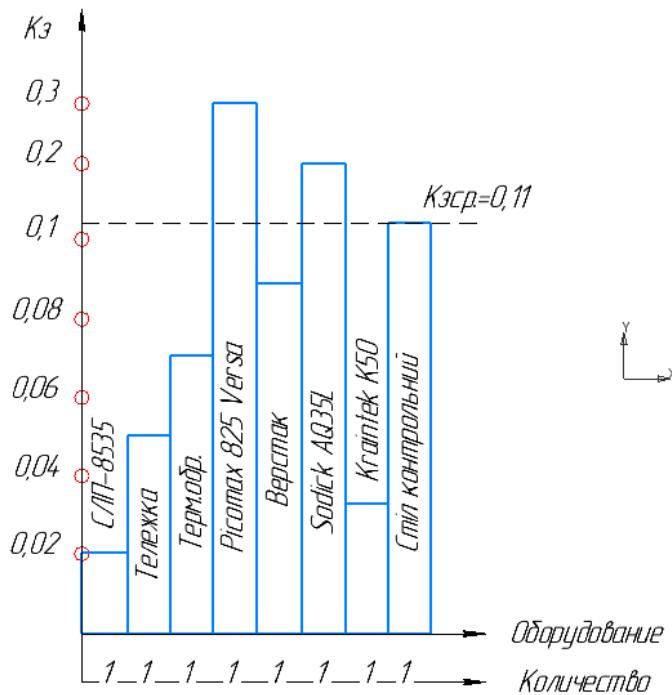


Рисунок 2.45- Графік завантаження верстатів

2.8.3 Розрахунок кількості виробничих робітників

Кількість виробничих робітників-верстатників визначає на підставі прийнятої кількості устаткування по наступній формулі [1, стр.13]:

$$P = \frac{\Phi_{\text{д.о.}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot K_{z, \text{ср.}}}{\Phi_{\text{д.р.}} \cdot K_{\text{м}}}, \quad (2.23)$$

где $\Phi_{\text{д.о}}$ – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування (верстата), ч;

$C_{\text{пр}}$ – кількість прийнятих верстатів, шт.;

$\Phi_{д.р}$ – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи робітника (1890 ч при 307 робочих днях в році і 40-годинному робочому тижні);

K_m – коефіцієнт багатостатного обслуговування (для середньосерійного виробництва приймається від 1,05 до 1,1).

Таким чином ми отримаємо:

$$P = \frac{2030 \cdot 8 \cdot 0,11}{1890 \cdot 1,1} = 3,12 \text{ чол.}$$

Набуваємо значення кількості робітників-верстатників рівне 4 чоловік.

2.8.4 Попереднє визначення площ ділянки і цеху

Площі цеху по функціональному призначенню класифікують на виробничі і допоміжні. Площа цеху залежить від кількості виробничих ділянок і відділень. До виробничих відносяться площі, безпосередньо призначені для здійснення технологічного процесу.

Це площі, зайняті устаткуванням, робочими місцями і випробувальними пристроями, майданчиками для міжопераційного складування деталей, заготівель і напівфабрикатів, проходами і проїздами між рядами верстатів (немагістральними), місцями майстра і контролера ділянки.

До допоміжних відносяться площі, займані ділянками для ремонту устаткування і оснащення, майстернями по ремонту пристосувань, інструменту; приміщеннями для чергових слюсарів, електромонтерів; приміщеннями для підготовки МОР і так далі.

При укрупненому розрахунку виробничої площі норматив питомої площі на одиницю устаткування диференціюється по об'єктах виготовлення, габаритах устаткування і видах виробництва цехів. При попередньому опрацюванні планувальної схеми виробничу площу F ділянки (цехи) визначають за питомим показником $F_{уд}$ виробничої площі, що доводиться на один верстат [1, стр.15]:

$$F = F_{yd} \cdot C_{np}; \quad (2.24)$$

Питому виробничу площу для нашого варіанту візьмемо з таблиці 1[1]:
 $F_{уд} = 35 \text{ м}^2/\text{ед.}$, яка залежить від типу і розмірів деталей, що виготовляються:

$$F = 35 \cdot 8 = 280 \text{ м}^2$$

Проектована ділянка цеху має 7 верстатів, порахуємо для нього допоміжні площі.

N – кількість верстатів, F – площа.

Служба механіка цеху:

Верстатна ділянка: $N = 0,03 \cdot 7 = 0,21 \sim 1$ (шт); $F = 1 \cdot 7 = 7 \text{ (м}^2\text{)}$;

Комора матеріалів и заготовок: $F = 280 \cdot 10/100 = 28 \text{ (м}^2\text{)}$;

Інструментальне господарство :

Мастерська механіка: $N = 7 \cdot 0,02 = 0,14 \sim 1$ (шт); $F = 1 \cdot 7 = 7 \text{ (м}^2\text{)}$;

Заточная майстерня (вважаємо, що в нашому цеху 5 верстатів тих, що вимагають заточування інструменту) : $N = 5 \cdot 0,04 \sim 1$ (шт); $F = 1 \cdot 5 = 5 \text{ (м}^2\text{)}$;

Інструментально-роздавальна комора: $F = 7 \cdot 0,4 = 2,8 \sim 3 \text{ (м}^2\text{)}$;

Комора абразивів : $F = 7 \cdot 0,3 = 2,1 \sim 3 \text{ (м}^2\text{)}$;

Склад пристосувань: $F = 7 \cdot 0,3 \sim 3 \text{ (м}^2\text{)}$;

Архів креслень: $F = 7 \text{ м}^2$;

Комора господарських матеріалів та МОР: $F = 10 \text{ (м}^2\text{)}$;

Ізолятор браку: $F = 7 \text{ (м}^2\text{)}$;

Площі контрольних ділянок (рахуємо, що в цеху 2 контролери):

$F = 6 \cdot 1 = 6 \text{ (м}^2\text{)}$;

Загальна сума площ допоміжних приміщень механічних цехів ΣF рівна:

$$\Sigma F_i = 86 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розробка технічного рішення компоновання корпусу з розташуванням цехів і цеху з розміщенням в нім ділянок В компоновальному плані цеху пов'язують виробничі і допоміжні відділення цеху, враховують його розташування відносно інших цехів. Залежно від типу виробництва можуть

бути різні варіанти компоновання цехів в корпусі. Прийнятий варіант компоновання цеху представлений на рис.2.46, креслення компоновання представлене в додатку.

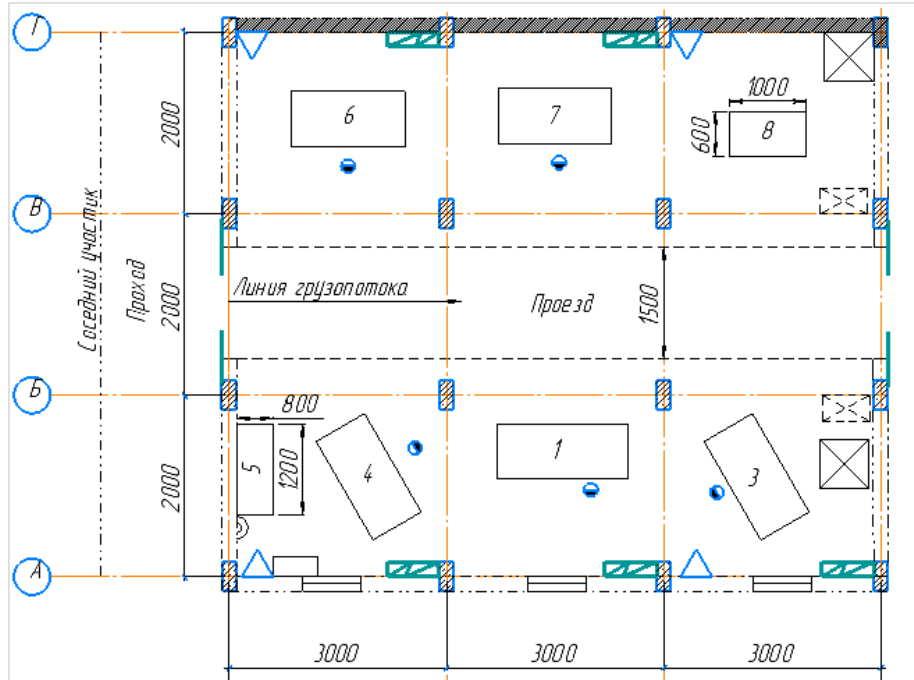


Рисунок 2.46 – Схема компоновання цеху в корпусі

2.9 Класифікатор деталей

У сучасних умовах технологічна підготовка виробництва, планування, облік і управління виробництвом, система матеріально-технічного забезпечення базуються на застосуванні високопродуктивних засобів механізації і автоматизації управління, включаючи широке застосування обчислювальної техніки і ЕОМ.

Технологічна класифікація деталей створює умови для зниження трудомісткості технологічної підготовки виробництва і широкого застосування обчислювальної техніки в управлінні виробництвом.

В процесі класифікації деталей цеху враховують наступні основні чинники: матеріал заготовки; вид заготовки; конфігурація деталей; габаритні розміри; спільність технологічного процесу.

Розроблений класифікатор представлений в графічній частині проекту.

2.10 Оформлення карт технологічної документації

Завершальним етапом даної частини дипломного проекту є складання комплекту технологічної документації. До технологічних документів відносяться документи, що визначають технологічний процес виготовлення і містять необхідні дані для організації виробництва. Основні технологічні документи поділяються на документи загального призначення, що застосовуються незалежно від використовуваних методів виготовлення виробів, і документи спеціального призначення, що застосовуються в залежності від виду і типу виробництва і технологічних методів.

До документів загального призначення відносяться титульний лист і карта ескізів, до документів спеціального призначення - маршрутна карта, карта технологічного процесу, операційна карта, карта налагодження та інші.

Склад комплекту технологічної документації залежить від типу виробництва, ступеня деталізації технологічного процесу, застосовуваних технологічних методів. Залежно від ступеня деталізації застосовують маршрутне, маршрутно-операційний або операційне опис.

Маршрутно-операційний опис - скорочений опис операцій у маршрутній карті з повним описом окремих операцій в інших документах. Допускається застосовувати маршрутно-операційний опис незалежно від типу виробництва при необхідності вказівки технологічних режимів для операцій, на які не розробляються окремі документи. В даному дипломному проекті було розроблено маршрутно-операційний опис технологічного процесу.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Характеристика товару

Корпус гідроприводу (далі по тексту – корпус) використовується в системах штурвального управління СШУ літака "АН-148" і призначена для відхилення секції багатофункціонального інтерцептора. На літаку "АН-148" встановлюється шість КОРПУС, по одній на кожен інтерцептор. Управління КОРПУС робиться по електричному сигналу, формованому СШУ.

Вихідна ланка КОРПУС, кінематично пов'язане з інтерцептором, виконує поступальні переміщення на висунення або втягування, відхиляючи секцію інтерцептора на випуск або прибирання. Швидкість і напрям переміщення вихідної ланки залежить від сили струму і полярності сигналу управління. КОРПУС має два канали для прийому і перетворення сигналів управління : основний і резервний.

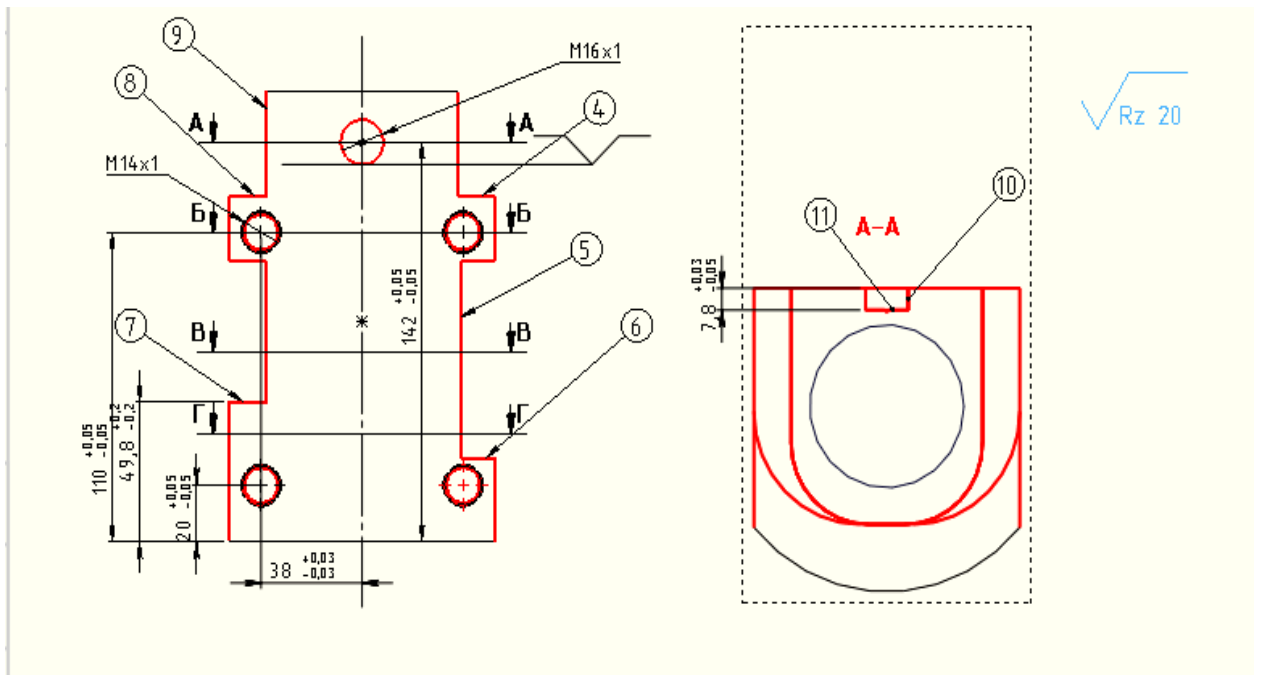


Рисунок 3.1 – Корпус

3.2 Аналіз ринку

В процесі виробництва вироби стикаються з проблемою різних вимог покупців. Тому виділяють певну частину споживачів, які пред'являють однорідні вимоги до виробу.

Вибір стратегії сегментації залежить від наступних чинників:

- від виду продукції, що випускається;
- від положення підприємства на ринку;
- від фінансового положення підприємства і його виробничих потужностей.

Переваги:

- відоме на ринку;
- традиційність зв'язків;
- система техобслуговування добре налагоджена.

Недоліки:

- загальна економічна криза;
- введення пограничних бар'єрів.

3.4 Вихідні дані

Кількість деталей для випуску: $N_{\text{зап}}=1500$ штук у рік

Виробничі працівники ЧПР=9 чоловік.

Маса готової деталі 3,787 кг

Матеріал 30X3BA-III ціна на ринку 135 грн/кг

3.5 Визначення виробничої собівартості одиниці виробу

Вартість основних матеріалів, витрачених на виготовлення виробу, визначається по наступній формулі:

$PM=NM*ЦМ(1+НТ/100)$ -витрати на сировину і матеріали

$НМ=4,1$ кг-маса матеріалу заготовок

$ЦМ=135$ грн/кг-середня коштовність матеріалу

$НТ=1,5\%$ -норматив транспортно-заготівельних витрат

$РМ=4,1*135(1+1.5/100)=562$ грн.

Поворотні відходи знаходять по формулі:

$ВО=НМ*(1-КІМ/100)*ЦМ*0.1$

$КВМ$ -коефіцієнт використання матеріалу

$ВО=4,1*(1-75/100)*135*0.1=14$ грн

Основну заробітну плату виробничих робітників ОЗПР для виробу обчислюють по ф-лі:

$ОЗПР=Т*СЧС;$

де $СЧС$ -середня часова ставка, $Т$ - трудомісткість виготовлення виробу.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку середнього розряду і середньо-годинної ставки

Розряд робіт Р	Кіл-ть робочих ЧПР,чол	Часова ставка ЧС, грн/нормо-ч	Р*ЧПР	ЧПР*ЧС (9*ЧС)
4	1	132	4	1188
5	2	152	25	1368
6	3	176	18	1584
Всього:	9	X	47	3070

$$L_4=80*k_4=80*1,65=132$$

$$L_5=80*k_5=80*1,9=152$$

$$L_6=80*k_6=80*2,2=176$$

$$СЧС=\Sigma (ЧПР \times ЧС) / \Sigma ЧПР=3070/9= 341 \text{ грн}$$

Трудоємкість - це сума річної трудомісткості основного устаткування цеху.

$$T=\Sigma ТГ \text{ люд/год};$$

де ТГ-річна трудоємкість на деталь

Визначимо трудоємкість устаткування за усіма технологічними операціями:

$$\Sigma T=111,5 \text{ хв}=1,85 \text{ год}$$

$$T=\Sigma T * N_{\text{зап}}$$

$$T=1,85*1500=2775 \text{ чол/год.}$$

$$ОЗПР=T*СЧС=341*2775=946275 \text{ грн}$$

Додаткову заробітну плату виробничих робітників обчислюють за формулою

$$ДЗПР=(НДО/100)* ОЗПР,$$

де коефіцієнт НДО=45 % визначає величину додаткової заробітної плати відносно основної.

$$ДЗПР=(45/100)*946275=425823 \text{ грн}$$

Нарахування до фонду ЄСВ на заробітну плату виробничих робітників, собівартість виробу, що включається, розраховують у відсотках від ОЗПР і ДЗПР по такій формулі: $ЕСВПР=(ОЗПР+ДЗПР)*НЕСВ/100$,

де НЕСВ-норматив відчислень в фонд ЄСВ

$$ЕСВПР=(946275+425823)*0.22=301861 \text{ грн}$$

Змінні загальновиробничі витрати $П_{eP}$, приходящих на один виріб визначають так: $П_{eP}=ОЗПР*Н_{PeP}/100$

де $Н_{PeP}$ відповідний норматив =28 %

$$П_{eP}=946275*28/100=264957 \text{ грн}$$

Постійні загальновиробничі витрати $П_{oP}$, приходящися на одно виріб визначають так: $П_{oP}=ОЗПР*Н_{PoP}/100$

де $Н_{PoP}$ відповідний норматив =38 %

$$П_{oP}=946275*38/100=359586 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку і освоєння виробництва виробів РОП визначають нормативом від матеріальних витрат і основної зарплати виробничих робітників

$$РОП=(PM+ОЗПР)*НОП/100$$

де НОП-норматив витрат на підготовку і освоєння виробництва

$$РОП=(562+946275)*13/100=123089 \text{ грн}$$

Виробничу собівартість розраховують по формулі:

$$СП_r=PM-BO+ОЗПР+ДЗПР+ЕСВПР+П_{eP}+П_{oP}+РОП$$

усі доданки були знайдені вище.

$СПр=562-14+946275+425823+301861+264957+359586+123089=2\,422\,139$ грн.

3.6 Визначення повної собівартості одиниці виробу

Повна собівартість виробу розраховується по 3м складовим

$$По=СПр+АР+РС,$$

де АР-адміністративні витрати підприємства, РС-витрати пов'язані зі збутом виробів покупцем.

Адміністративні витрати розраховують по нормативах НА від основної зарплати виробничих робітників.

$$АР=ОЗПР*НА/100$$

$$АР=946275*13/100=123015 \text{ грн}$$

Витрати на збут розраховують по нормативу НС від виробничої собівартості виробу.

$$РС=СПр*НС/100$$

$$РС=2\,422\,139 *2/100=48443 \text{ грн.}$$

$$СПо=2442139+123015+48443=2\,613\,597 \text{ грн.}$$

Після розрахунку повної собівартості виробу необхідно призначити планову гуртову ціну на виріб без податку на додану вартість.

Розрахунок собівартості і призначення ціни слід також представити у вигляді таблиці.

Таблиця 3.2 – Собівартість і ціна виробу

Найменування показників	Величина в грн
Витрати на сировину і матеріали	135
Поворотні відходи	8
Основна зарплата виробничих робітників	946275
Додаткова зарплата виробничих робітників	425823
Нарахування до фонду ЄСВ на заробітну плату виробничих робітників	301861
Змінні загальновиробничі витрати	264957
Постійні загальновиробничі витрати	359586
Витрати на підготовку і освоєння виробництва	123089
Разом: Виробнича собівартість	2 422 139
Адміністративні витрати	123015
Витрати на збут	48443
Всього: повна собівартість	2613597
Ціна виробу (без НДС)	1743

3.7 Визначення точки беззбитковості

Точка беззбитковості - це мінімальний розмір продукції, що випускається, на якій забезпечується нульовий прибуток (тобто доход від продажів дорівнює витратам виробництва).

$$ТБ = \frac{ГПоР}{ЦИ * ПеР}$$

$$ПеР = (ПоР + АР + РС)N_{зап}$$

$$ГПоР = (359586 + 123015 + 48443) * 1500 = 796566000 \text{ грн}$$

$$ПОИ = СПо - ПоР = 2\,613\,597 - 359586 = 2254011 \text{ грн}$$

$$ТБ = 573 \text{ дет.}$$

Коли буде випущено 573 деталей виробництво вийде в точку беззбитковості. Таким чином, згідно з проведеними розрахунками, повна собівартість корпусу складе 2,613,597 грн. за 1500 деталей на рік. Ціна деталі без НДС складе 1743 грн.

4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

ГОЛОВНІ ПАРАМЕТРИ ПРИ ФОРМОУТВОРЕННІ МЕХАНІЧНИМ ОБРОБЛЕННЯМ

Вибір стратегії формоутворення механічним обробленням під час серійного виробництва необхідно виконувати з урахуванням критеріїв якості, продуктивності та економічності. Розробка процесів, що одночасно задовольняють цим вимогам при численній номенклатурі деталей та широкій гамі застосовуваних матеріалів – досить складне завдання. Підвищення продуктивності формоутворення диктує застосування режимів з максимальною інтенсивністю видалення матеріалу, що призводить до виникнення значних зусиль різання, деформацій та нагрівання системи ВПЗ. Ці фактори перешкоджають досягненню високої точності деталей із необхідною якістю поверхні. Тож забезпечення коректної постановки завдання реалізують принцип поділу технологічного процесу механічного оброблення на стадії. Досягненню високих показників якості деталей сприяє вибір послідовності процесів, що може бути відображений у відповідних стандартах підприємства. Властивості деталі при цьому формуються поетапно. Прийнято розрізняти чотири стадії оброблення: чорнове; напівчистове; чистове; фінішне.

Послідовність вибраних стадій диктується поетапним зменшенням їх похибок. На кожній стадії задають параметри оброблення та їх обмеження, такі як швидкість подачі, крок між проходами, глибина врізання, частота обертання шпинделя, мінімальний радіус заокруглення траєкторії в кутах, точність опису криволінійної траєкторії прямими переміщеннями та багато інших. У необхідних випадках, продиктованих конкретними умовами, рекомендують, наприклад, загальний припуск перерозподіляти наступним чином: 60% сумарного припуску відводити на чорнове, а решту, тобто 40% – на чистове оброблення. За наявності трьох стадій: чорнового, напівчистового та чистового оброблення, припуск повинен становити відповідно 45, 30 та 25% [11].

4.1 Чорнове оброблення

Основне його призначення – зняття значної частини припуску заготовки, поверхневі шари якої, як правило, мають в результаті найбільшу напруженість. Традиційно ці завдання вирішуються збільшенням товщини матеріалу, що знімається, і зниженням при цьому подачі (рис. 4.1). Високі температури і деформації, що виникають при цьому, значно ускладнюють проходження наступних етапів.

Фрези, здатні ефективно видаляти великі об'єми металу, зазвичай рекомендують для чорнових етапів оброблення. Фрези з невеликим вильотом здатні обробляти паз на повну глибину та ширину у стабільних умовах різання (рис. 4.2). Для таких операцій вибирають верстати з більшим конусом, так як робота фрези даного типу супроводжується високими радіальними зусиллями різання.

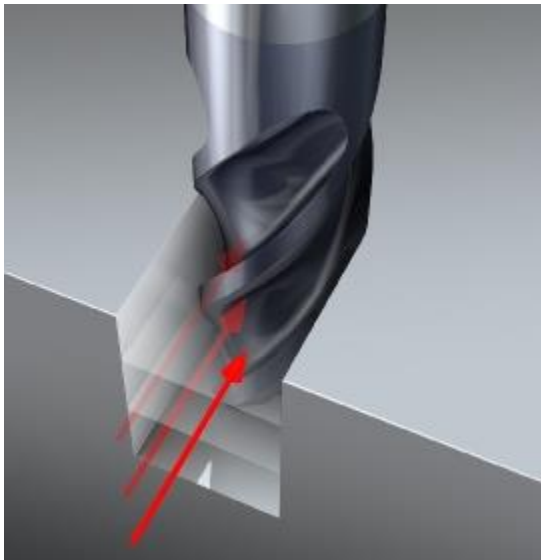


Рисунок 4.1 – Традиційне фрезерування [11]



Рисунок 4.2 – Чорнове оброблення довгокромковою фрезою [11]

Одним із можливих шляхів вирішення проблеми є використання плунжерного фрезерування. Це метод високопродуктивного чорнового оброблення, який також називають фрезеруванням по Z-осі. Фреза

переміщається вздовж осі інструменту кілька разів поспіль у напрямку матеріалу, який має бути вилучений. Кожен прохід утворює отвори від зануреної фрези. Отвори накладаються один на одного і таким чином відбувається видалення матеріалу з карману або зони (рис. 4.3).

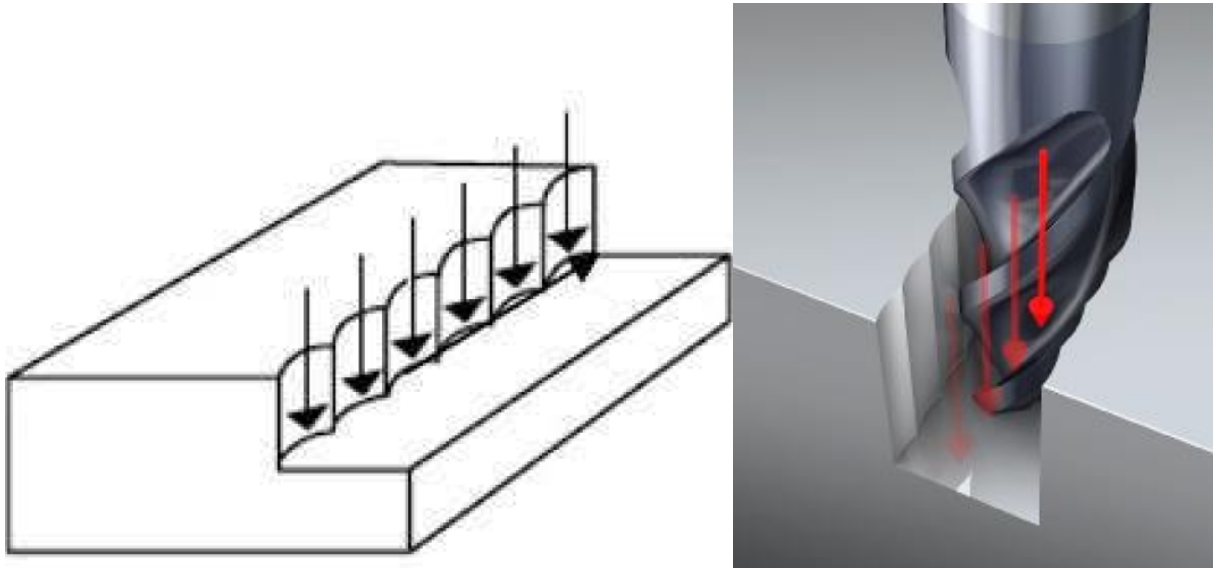


Рисунок 4.3 – Плуножерне фрезерування [11]

Переваги цього методу фрезерування:

- скорочення удвічі часу видалення великих об'ємів матеріалу;
- менше радіальне навантаження в процесі оброблення, тому є можливість використовувати шпиндель із зношеними підшипниками для точного занурення фрези;
- можливість використовувати інструмент з більшим вильотом, що корисно для фрезерування глибоких карманів або глибоких бічних стінок.

Іншим можливим методом виконання чорнового оброблення є трохіодальне фрезерування, коли рівномірний круговий рух комбінується з рівномірним поступальним рухом (Рисунок 4.4).

Стратегія такого оброблення ґрунтується на генерації спеціальних «вихрових» траєкторій, що забезпечують постійний кутовий розмір сектора зони різання (Рисунок. 4.5).

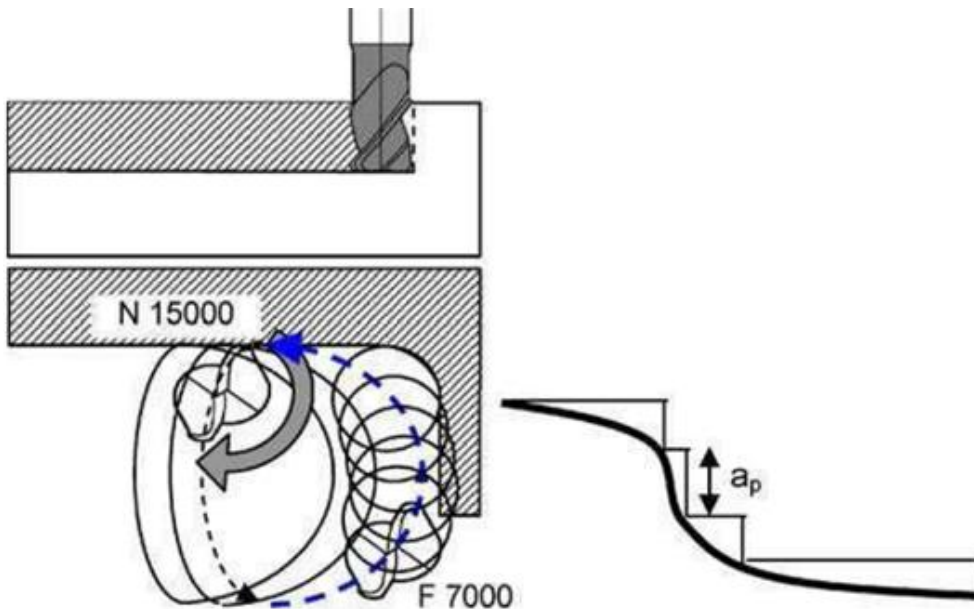
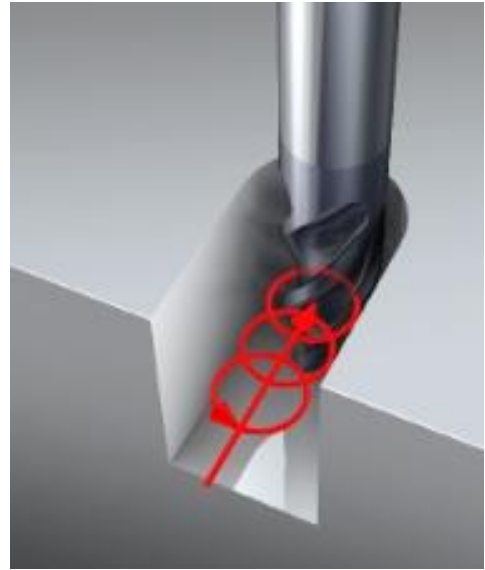
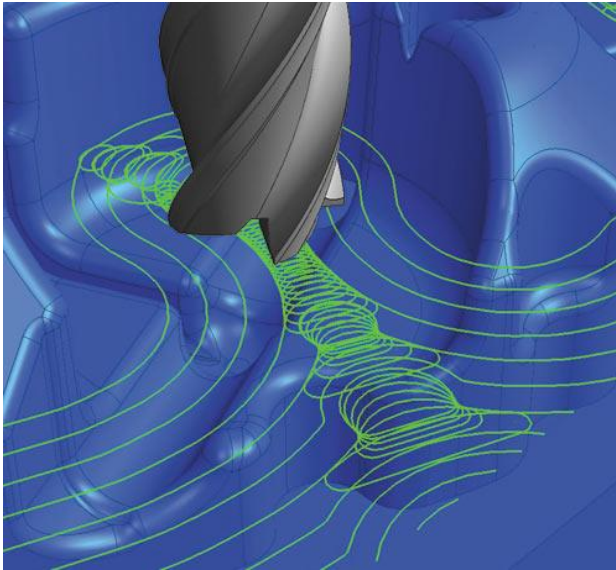


Рисунок 4.4 Траєкторія переміщення вершини інструменту при трохіодальному фрезеруванні [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.4]

Така стратегія мінімізує величину припуску, який може залишатися на вертикальних стінках і автоматично додає додаткові проходи інструменту для видалення залишкового матеріалу між шарами оброблення.

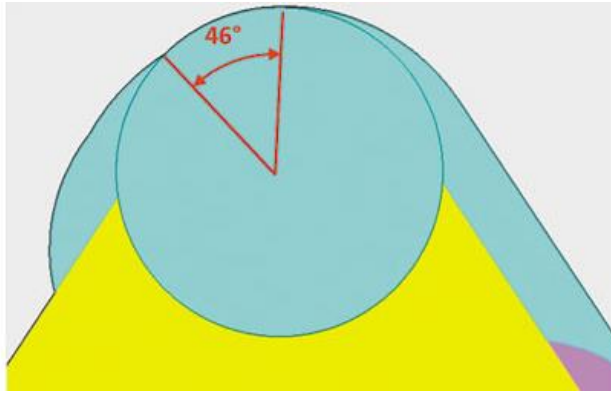


Рисунок. 4.5 – Стратегія трохоїдального оброблення [13]

Значення контурної швидкості розвантажувальних операцій вибирають з умов постійної швидкості видалення матеріалу. Основним недоліком є те, що довжина траєкторії значно вища порівняно зі стандартними траєкторіями, такими як зигзаг, оскільки великі рухи інструменту без зачеплення з матеріалом. Крім того, у випадку рельєфних поверхонь, непомірно великі кроки відбуваються на поверхні, що робить дуже важким наступні операції напівоброблення. Тому він рекомендується для шліцевих форм, але не для вільної форми оброблення. В даний час всі комерційні автоматизовані виробничі програмні пакети (САМ-системи) дозволяють легко програмувати цей метод.

Слід зазначити сучасну тенденцію зарубіжної промисловості до уникнення розвантажувальних операцій у масовому виробництві за допомогою отримання заготовок із застосуванням точного лиття, що забезпечує високий КВМ та значне зменшення обсягу механічного оброблення.

4.2 Напівчистове оброблення

Одне з основних завдань цієї стадії – забезпечення сталості припуску перед чистовими операціями. Оптимізація контурної швидкості виконується з критерієм отримання постійної величини припуску за мінімальний час. Постійність навантаження означає практично незмінну величину згинальної деформації інструменту. У такому разі її можна прогнозувати та враховувати

під час оброблення. Для реалізації сталості навантаження на інструмент при змінному припуску (після розвантаження) необхідно змінювати величину подачі. На цій стадії оптимізація часу вторинна, оскільки якість поверхні деталі після оброблення значною мірою визначається сталістю величини припуску перед чистовим обробленням.

Практична реалізація цієї стратегії вимагає розробки додаткових алгоритмів для опису функціональної залежності сили різання за довжиною оброблення від жорсткості технологічної системи. Зміну сили різання у разі зручно здійснювати за рахунок регулювання поздовжньої подачі (рис. 4.6). На верстатах з ЧПК такі зміни подачі за довжиною оброблюваної заготовки повинні бути враховані при розробці керувальної програми.

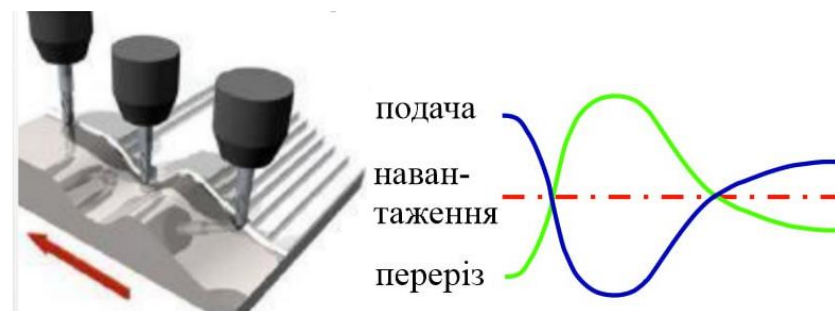


Рисунок 4.6 – Залежність подачі від товщини матеріалу, що зрізається [11]

До недоліків методу управління пружними переміщеннями технологічної системи слід віднести вплив зміни поздовжньої подачі на шорсткість поверхні. Але в багатьох випадках цей недолік не є суттєвим, оскільки сталість шорсткості поверхні можна забезпечити на наступних етапах оброблення.

4.3 Чистове оброблення

Метою чистового оброблення є отримання заданої точності макроегеометрії за умови забезпечення необхідного мікрорельєфу поверхні. Оскільки на попередніх стадіях вже сформовано припуск постійної величини, то для задоволення перелічених вимог необхідно забезпечити сталість контурної швидкості зони оброблення. Це призводить до сталості значень пружних відхилень інструменту у процесі формоутворення, що позитивно

впливає на точність макрогеометрії деталі. Постійність контурної швидкості сприяє стабільності мікрорельєфу поверхневого шару. Слід зауважити, що різка зміна напрямку траєкторії інструменту призводить до необхідності зменшення швидкості, що викликає врзання фрези в тіло деталі (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) та зміну мікрогеометрії поверхневого шару.



а

б

Рисунок 4.7 – Слід інструменту в кутах траєкторії в момент зміни напрямку оброблення та в моменти зупинки [**Ошибка! Источник ссылки не найден.4**]

Тому плавність зміни напрямку траєкторії інструменту відіграє важливу роль для забезпечення сталості контурної швидкості (Рисунок 4.6).

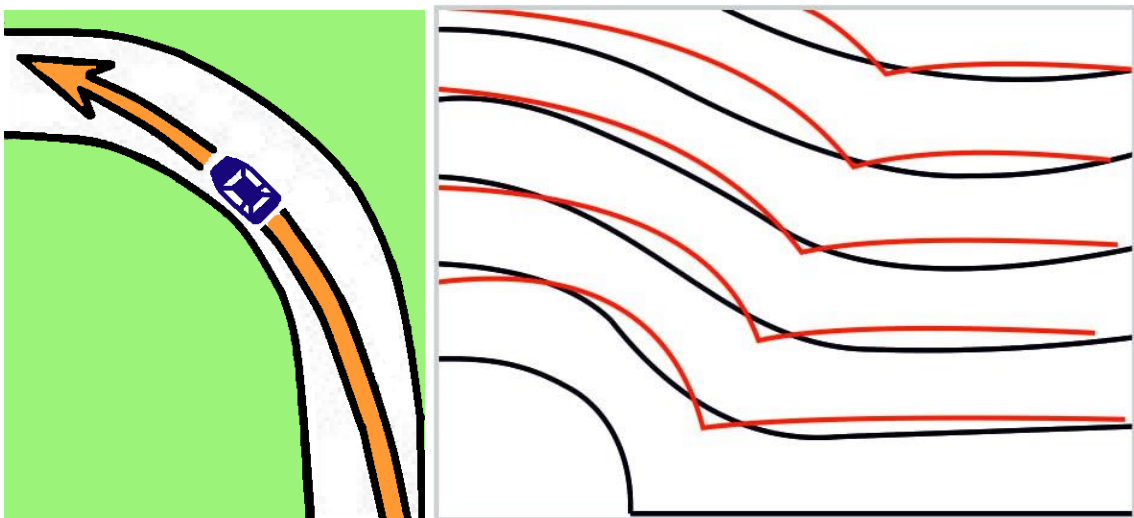


Рисунок 4.6 – Згладжування траєкторії в кутах під час чистового високошвидкісного оброблення поверхні (так звана “гоночна траєкторія”),
[Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Таким чином, чистове оброблення повинне забезпечувати отримання точності розміру, форми макрогеометрії та мікрорельєфу поверхні виробу за максимально короткий час.

4.4 Фінішне оброблення

Перелік методів, які віднесені до фінішної стадії оброблення є дуже широким. Основними є: тонке (чистове) точіння, шліфування, полірування, хонінгування.

Тонке (чистове) точіння – механічне оброблення металу різанням з метою отримання геометричних розмірів, властивостей поверхневого шару та класу шорсткості поверхні, що відповідають або максимально наближені до вимог технічної документації. Виконують на токарних, фрезерних, розточувальних верстатах без застосування абразивного інструменту. Зазвичай характеризується малою подачею та великою швидкістю обертання заготовки (інструменту).

Шліфування – фінішне оброблення поверхонь деталей абразивними інструментами. Шліфування металевих деталей здійснюють зазвичай на шліфувальних верстатах. Залежно від конфігурації шліфовуваної поверхні і застосовуваних методів розрізняють шліфування зовнішнє кругле в центрах, в патроні і безцентрове, а також кругле внутрішнє в патроні, безцентрове і за допомогою планетарної шліфувальної головки; плоске, фасонне (різей, зубчастих коліс, шліцевих валів тощо). Під час оброблення заготовок деталей абразивним інструментом шорсткість поверхні знижується зі зменшенням зернистості та підвищенням твердості шліфувального круга, підвищенням швидкості різання, зменшенням поздовжньої та поперечної подач. При шліфуванні деталей найбільш впливовим фактором впливу є тепловий, що

служить причиною появи розтягувальних напружень в поверхневому шарі оброблюваного металу.

Хонінгуванням називається фінішна операція оброблення за допомогою спеціальних абразивних брусків – хонів. Застосовується для оброблення шийок колінчастих валів, циліндрів, гільз та інших деталей відповідального призначення.

Суперфінішування (наддоведення) – метод особливо чистого оброблення зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, що виконується за допомогою спеціальних роликів з абразивними дрібнозернистими брусками. Товщина знімаемого шару металу при цьому досягає 0,005..0,02 мм.

Полірування – процес остаточного оброблення, що забезпечує отримання високої чистоти зовнішньої поверхні деталей. Як інструмент для виконання цієї операції застосовується еластичний полірувальний круг, виготовлений з повсті, фетру або шкіри, на який наносять абразивний порошок, змішаний з оливою. За допомогою полірування досягають дзеркальної поверхні деталей. Полірування виконують на спеціальних полірувальних верстатах та на звичайних токарних верстатах із застосуванням спеціальних пристроїв.

До фінішних операцій відносять також методи пластичного деформування поверхні без зняття стружки, що створюють наклеп стискальними напруженнями. Найчастіше застосовують вібраційне обкатування, безабразивне ультразвукове фінішне оброблення, дробоструминне зміцнення, карбування, обкатування та розкочування роликками та кульками, дорнування та калібрування, алмазне вигладжування, електрохімічне оброблення [11].

4.5 Моделювання процесів зміни макрогеометрії при лезвійному обробленні

Пряме завдання формоутворення на рівні макрогеометрії є знаходженням слідів руху зони формоутворення з метою отримання поверхонь оброблення заготовки. Залежно від постановки завдання існує безліч варіантів його

розв'язання (рис. 4.9), звідки й впливає непоодиноке розв'язання прямого завдання формоутворення. Для забезпечення єдиності рішення необхідно у постановку завдання ввести додаткові технологічні умови. До таких умов належить вибір устаткування, пристроїв, інструменту, способів базування заготовки, типу траєкторії, її режимних параметрів тощо.

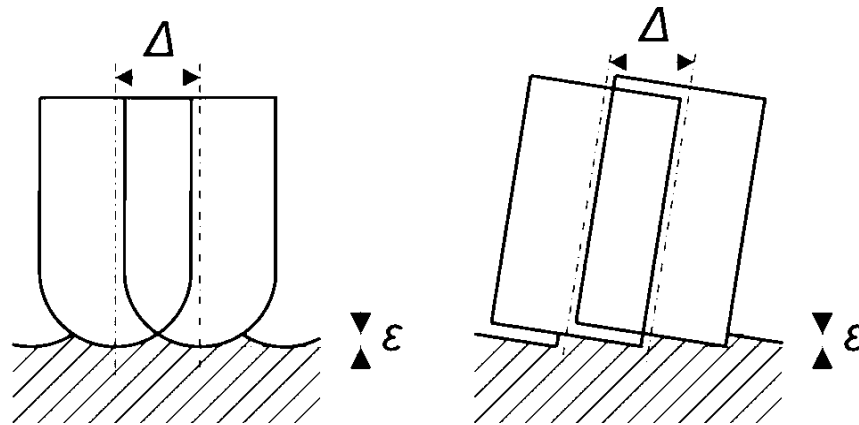


Рисунок 4.9 – Багатоваріантність розв'язання прямого завдання формоутворення [11]

Зміна постановки завдання створює умови пошуку раціональних рішень, наприклад, з метою скорочення часу оброблення заготовки або забезпечення необхідної якості поверхні деталі. Так, якщо змінювати діаметр сферичної фрези і, відповідно, дистанцію між сусідніми ділянками траєкторії її переміщення Δ можна, наприклад, досягати необхідної геометричної точності, яка характеризується значенням ε .

4.5.1 Моделювання формоутворювальних переміщень

Під час проведення технологічного підготовки виробництва за інформацією аналітичного еталону деталі (AE_D) та інструменту (AE_I) реалізується побудова траєкторії інструменту та спільно з режимними параметрами формується модель процесу виготовлення деталі (MP_D). У сучасних умовах це завдання вирішується з використанням середовища CAD/CAM-систем. Його змістовна частина відображається в технологічному процесі, а при використанні устаткування з ЧПК MP_D оформляється у вигляді

послідовності керувальних програм (рис. 4.10). Безальтернативність такого підходу стає очевидною особливо для багатокординатного оброблення складнопрофільних об'єктів.

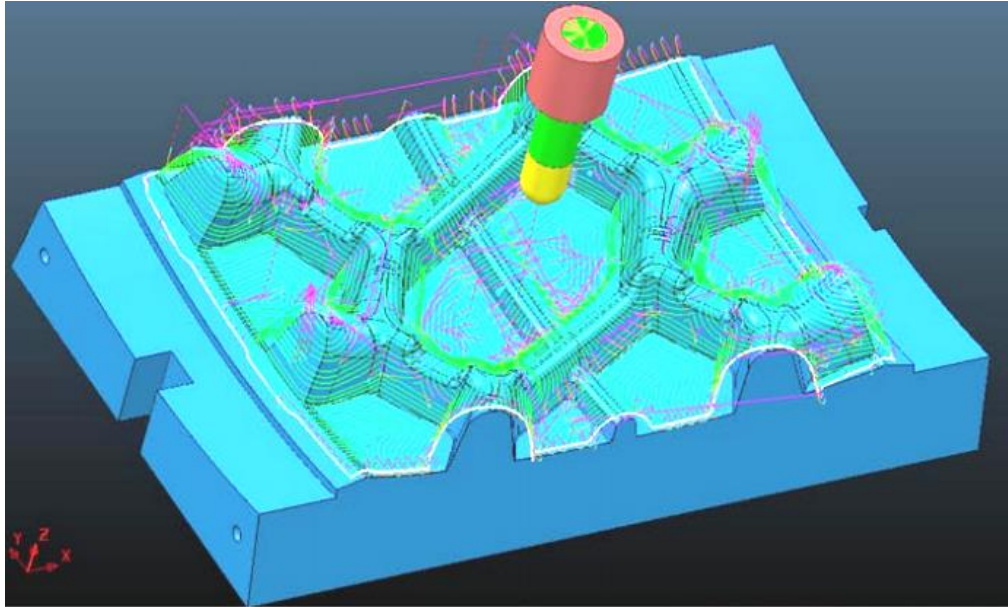


Рисунок 4.10 – Траєкторія переміщення вершини інструменту [11]

Розв'язання завдання виконують з використанням аналітичного еталона устаткування ($AE_{УСТ}$), який будують на базі моделі координатної системи верстата (рис. 4.11) для опису кінематики його переміщень.

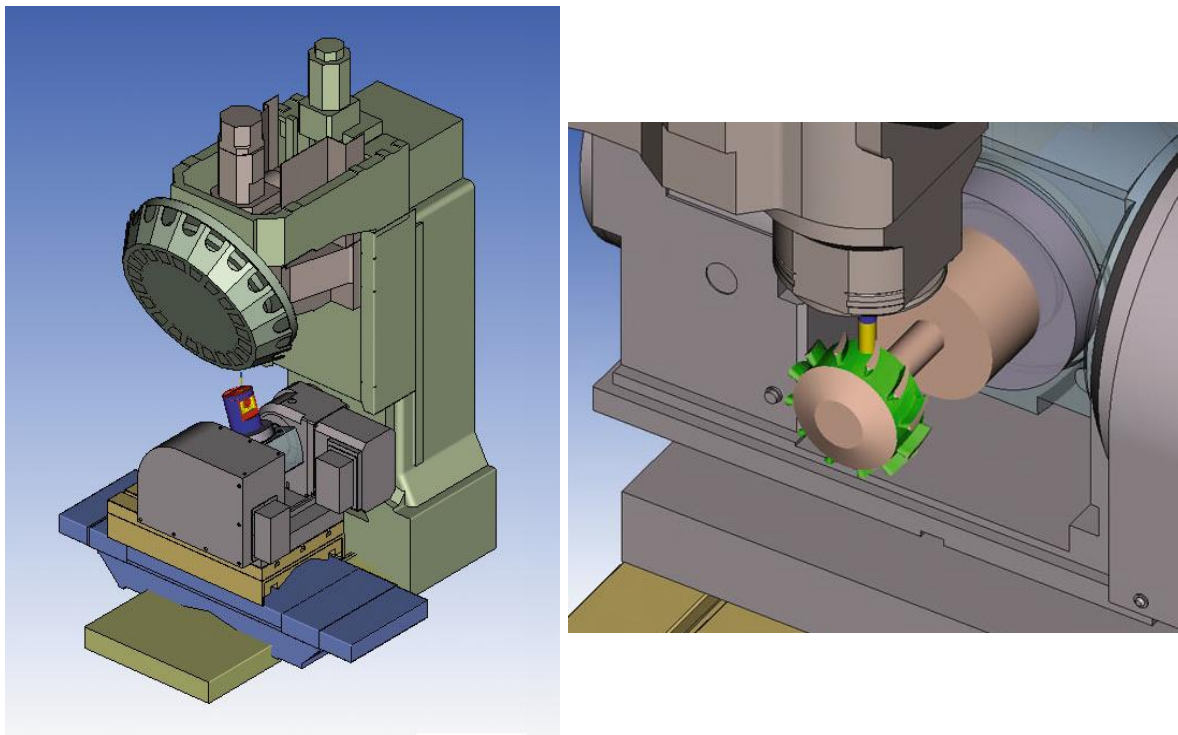


Рисунок 4.11 – Еталонні моделі верстатів різної архітектури [11]

Аналітичний еталон пристрою ($AE_{ПР}$) служить для опису базування та фіксації заготовки в процесі оброблення (рис. 4.12).

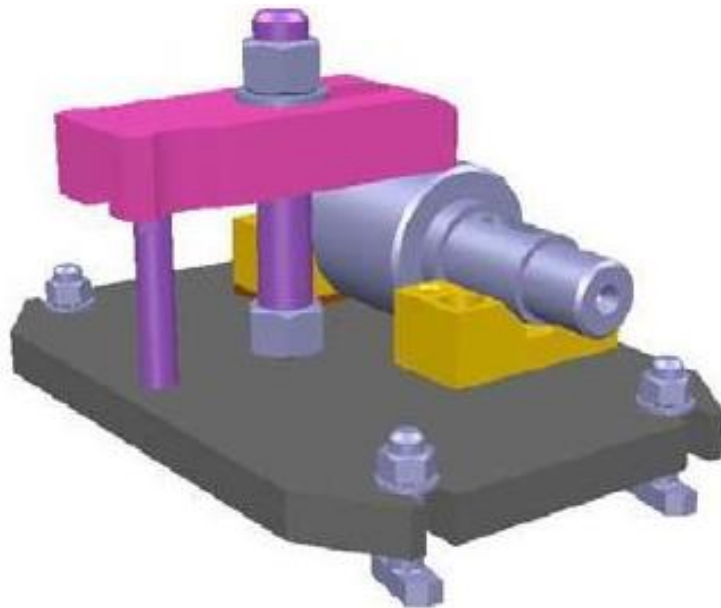


Рисунок 4.12 – Еталонна модель пристрою ($AE_{ПР}$) із встановленою моделлю заготовки (AE_3) [11]

Під час розрахунку КП моделі $AE_{УСТ}$, $AE_{ПР}$, AE_3 визначають геометрію зони переміщення інструменту та обмеження траєкторії в цій зоні (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Необхідні при цьому моделі $AE_{УСТ}$, $AE_{ПР}$, AE_3 , $AE_{ВЛ}$ можуть бути імпортовані і з іншої CAD/CAM системи, що дозволяє спростити процедуру їх побудови та аналізу функціонування системи формоутворення, скоротити трудомісткість ТПВ.

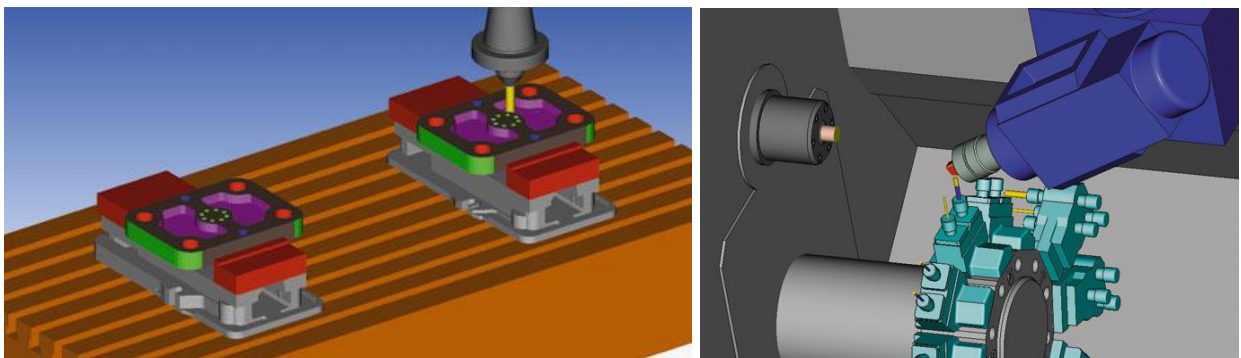


Рисунок 4.13 – Моделювання процесу формоутворення з контролем переміщень у робочій зоні устаткування [11]

Отримана таким чином у середовищі САМ-системи КП описує модель процесу формоутворення деталі (МПД) за інформацією АЕД. Складність алгоритму виконуваних процесів вимагає обов'язкової перевірки технологом протікання операцій в інтерактивному режимі. Найбільш доступним для багатьох виконавців способом перевірки є перегляд траєкторії переміщення зони формоутворення запланованих операцій на екрані із застосуванням відповідного програмного забезпечення (див. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**), коли відображається рух вершини фрези. Це дозволяє виконати аналіз її траєкторій щодо дотримання прийнятих обмежень. Моделі об'єктів є статичними та зміни заготовки в процесі різання не візуалізується. Кінематичне моделювання руху інструмента показує результат послідовних просторових перетворень твердотілих об'єктів, які створюються методами моделювання САД, при цьому заготовка відображається в остаточній, обробленій формі.

Процес розроблення КП включає її візуалізацію також й в режимі реального часу, що дозволяє виявити зіткнення в зоні оброблення при складній геометрії деталі. Виявлення таких помилок сприяє скороченню простою устаткування, максимально збільшує продуктивність та зменшує вартість верстатного оброблення. Моделювання та візуалізація новітнього покоління токарних верстатів поздовжнього точіння, обладнаних програмованою В-осью з декількома інструментальними револьверними головками дозволяє реалізувати всі можливості таких верстатів та наочно оцінити переваги використання одразу кількох інструментів (рис. 4.14).

Наявність узагальнених моделей кінематики руху програмованих осей верстата з ЧПК в сучасних САД/САМ системах дозволяє описувати переміщення трьох, чотирьох і п'ятиосьових вертикально-фрезерних, токарно-фрезерних верстатів і оброблювальних центрів. За відсутності необхідної моделі верстата всі САД/САМ системи мають модуль її формування, причому трудомісткість самої процедури, як правило, незначна в порівнянні з розробкою

моделі об'єкта виробництва. Тому розробка $AE_{УСТ}$ не викликає серйозних труднощів під час технологічного підготовки виробництва.

4.5.2 Моделювання видалення матеріалу

При розгляді процесу видалення матеріалу моделюється проникнення інструменту (AE_I), наприклад фрези [15], у матеріал заготовки (AE_3) з його подальшим видаленням (див. рис. 4.14). Ця процедура представляється як булева операція віднімання об'єму фрези з об'єму заготовки (рис. 4.15).

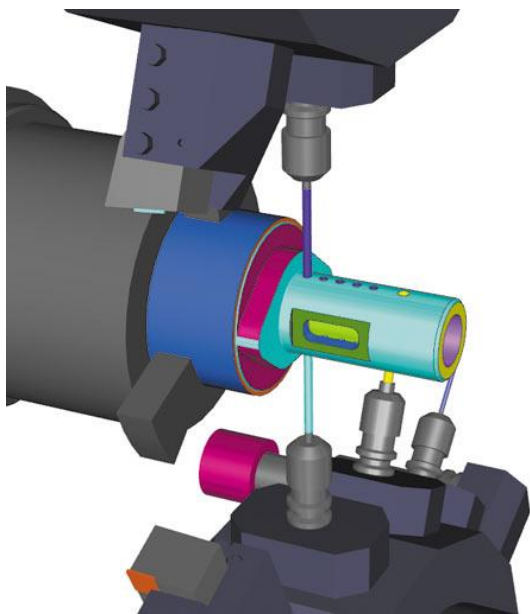


Рис. 4.7 Моделювання процесу розробки КП для верстатів, оснащених кількома револьверними головками [11]

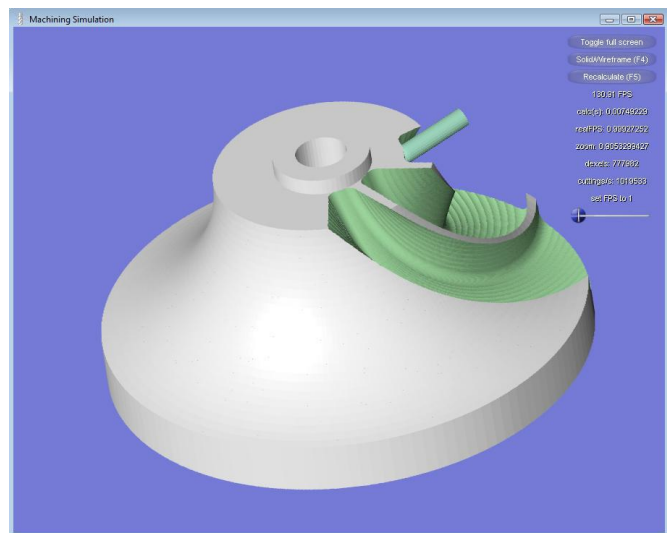


Рис. 4.8 Моделювання видалення матеріалу під час фрезерування заготовки [15]

Віднімання об'єму рухомого інструменту по всій траєкторії з об'єму заготовки в кінці процесу видалення матеріалу дає остаточну форму заготовки. Видаляемий робочий об'єм часто визначається аналітично або дискретно описується поверхнями інструменту. Найпростіший спосіб знаходження робочого об'єму, що вибирається фрезою, це об'єднання об'ємів фрези для досить великої кількості точок траєкторії інструменту (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Геометрична точність апроксимації залежить від щільності точок траєкторії.



Рисунок 4.16 – Наближення шляху об'єму, що рухається [16]

Щоб отримати остаточну форму заготовки, має бути виконане моделювання всього процесу видалення матеріалу, при цьому необхідно обробити величезний обсяг даних, у тому числі і геометричну інформацію. Завдання вирішується за допомогою інструментальних засобів CAD/CAM-систем – результатом є траєкторія переміщення зони формоутворення у просторі та модель заготовки (AE_3) після видалення матеріалу.

При моделюванні швидкості видалення матеріалу (*material removal rate* – MRR) швидкість подачі обернено пропорційна середній або миттєвій швидкості видалення об'єму. Вважається, що потужність P_c , кВт, необхідна для різання матеріалу пропорційна об'ємній швидкості видалення Q , $\text{см}^3/\text{хв}$ [11]:

$$P_c = kQ, F_t = \frac{kQ}{v}, F_a = k_a F_t, F = \sqrt{F_t^2 + F_a^2}, \quad (4.1)$$

де k і k_a сталі, що залежать від матеріалу пари “заготовка – інструмент”, v є швидкістю подачі, F_t , F_a і F є відповідно тангенційною, осьовою та результуючою силами.

У деяких САМ-системах реалізовані MRR моделі (наприклад у FeatureCAM [Ошибка! Источник ссылки не найден.], Mastercam [Ошибка! Источник ссылки не найден.], VERICUT [Ошибка! Источник ссылки не найден.]), що дозволяє скоротити час розрахунків та оброблення деталі, а також забезпечити більш тривалий термін служби інструменту. Але MRR-стратегія не дозволяє при моделюванні врахувати вимоги до мікроструктури ($EM_{\text{МКР}}$), чистоти поверхні ($EM_{\text{ПЧ}}$) та кромки ($EM_{\text{КР}}$) деталей [11]. Використання методу MRR за однакової швидкості видалення матеріалу дають

різні значення сил різання [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Як правило, за різних умов різання MRR-стратегія розраховує швидкість подачі вище за необхідну, що призводить до зростання сили різання в процесі оброблення. Це збільшує знос інструменту і погіршує якість остаточної поверхні. З іншого боку, складність реалізації інших підходів призвела до переваг MRR стратегії під час чорнового оброблення.

4.5.3 Прогнозування сили різання під час моделювання

Правильний вибір сили різання впливає на час оброблення, якість поверхні та безпеку процесу. Сили повинні бути співвіднесені до максимальної потужності валу шпинделя та навантаження вигину на інструмент, щоб підтримувати кут відхилення інструменту та уникнути його руйнування. В іншому випадку відбуваються погіршення якості поверхні ($P_{МІКР}$, $P_{КР}$) та збільшення відхилення геометрії (P_G від EM_G). Знання сили різання важливе для передбачення вібрації інструменту та його зносу (P_I).

Традиційно параметри оброблення різанням вибирають із довідників, які містять значення коефіцієнтів для кількох пар “заготовка – інструмент”. Але формування поверхонь вільної форми передбачає постійну зміну цих значень. Якщо немає попередньої інформації про геометрію різальних кромки, вони мають винні бути розглянуті під час підготовки оброблення. Неточний вибір параметрів часто призводить до додаткового часу оброблення, широкого коливання сили різання та передчасного зносу інструменту, що знижує продуктивність процесів. Розробники САМ систем визнали цю проблему і почали включати подібні функції до своїх додатків з метою утримання сил різання близькими до оптимальних протягом усього часу оброблення.

Моделі сили різання описують ефект зсуву та врізання елементарної різальної кромки, наприклад, для фрези складної геометрії (рис. 4.17).

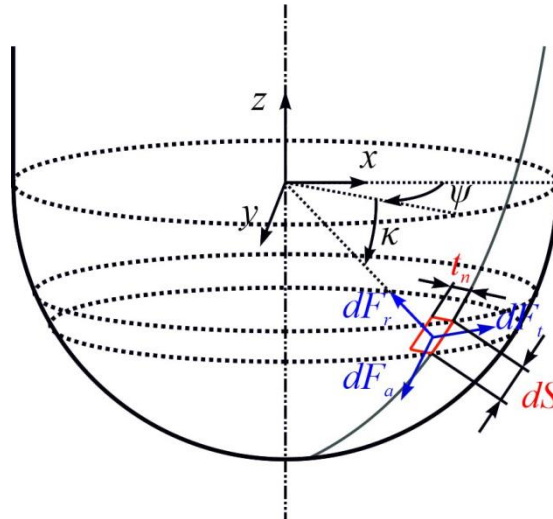


Рисунок 4.17 – Різальний сегмент кромки інструмента (dS) [11]

Для кожного такого сегмента розраховують тангенціальні, радіальні та осьові компоненти сили [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

$$\{dF_t(\Theta, z) = K_{te}dS + K_{tc}t_n(\psi, \Theta, k)db, \quad \{dF_r(\Theta, z) = K_{re}dS + K_{rc}t_n(\psi, \Theta, k)db, \quad (4.2)$$

$$\begin{cases} dF_t(\Theta, z) = K_{te}dS + K_{tc}t_n(\psi, \Theta, k)db \\ dF_r(\Theta, z) = K_{re}dS + K_{rc}t_n(\psi, \Theta, k)db, \\ dF_a(\Theta, z) = K_{ae}dS + K_{ac}t_n(\psi, \Theta, k)db \end{cases} \quad (4.3)$$

де K_{te} , K_{re} , K_{ae} , Н/мм – конкретні крайові коефіцієнти зсуву; K_{tc} , K_{rc} , K_{ac} , Н/мм² – конкретні коефіцієнти врізання; dS , мм – довжина елементарного краю; t_n , мм – товщина недеформованої стружки, а db , мм є прогнозованою довжиною ребра сегмента у напрямку вздовж різальної швидкості, або ширина стружки. Θ – кут обертання шпинделя, Ψ та k є горизонтальним та вертикальним позиціонуванням кута сегмента.

Класична модель товщини стружки передбачає, що шлях зуба круговий, при цьому товщина стружки може бути апроксимована рівнянням

$$t_n = f_z \sin \psi \sin k, \quad (4.4)$$

де f_z є подачею на зуб.

Для отримання загальних зусиль різання вздовж кривої складові сили на активний сегмент кромки інструменту перетворюють в єдину систему координат і інтегрують.

4.5.4 Високошвидкісне оброблення

До 80-х років минулого століття переважала концепція так званого “високоєфективного оброблення” з використанням порівняно високих подач і великих глибин різання при відносно невисоких швидкостях різання. Це дозволило знімати стружку великого перетину з досить високою продуктивністю. Але великий перетин стружки викликає збільшення сили різання, підвищується температура в зоні різання та навантаження на інструмент. Тому для оброблення необхідні потужніші верстати, до інструменту пред'являються вимоги підвищеної стійкості тощо. Такі заходи суттєво підвищують вартість як устаткування, так і інструменту. З цих причин описаний підхід набув широкого поширення лише для легкооброблюваних матеріалів.

Високошвидкісне оброблення (ВШО) було запропоновано Карлом Саломоном [17]. Він визначив, що при деякій швидкості різання, яка є в кілька разів вищою, ніж при звичайному механічному обробленні, теплопередача від стружки до інструменту починає зменшуватися, а це уможливорює оброблення заготовок на більш високих швидкостях (до 16500 м/хв). Він також експериментально визначив область високошвидкісного оброблення різних матеріалів. Було зроблено висновок, що температура різання залежить від швидкості не монотонно, а має певний екстремальний характер. Після досягнення максимуму температура зі зростанням швидкості знижується, що призводить до зниження сили різання. На початку 50-х років було науково доведено, що зростання швидкості різання спочатку веде до зростання сил різання, а потім до їх різкого зниження, що знов змінюється зростанням при подальшому зростанні швидкості.

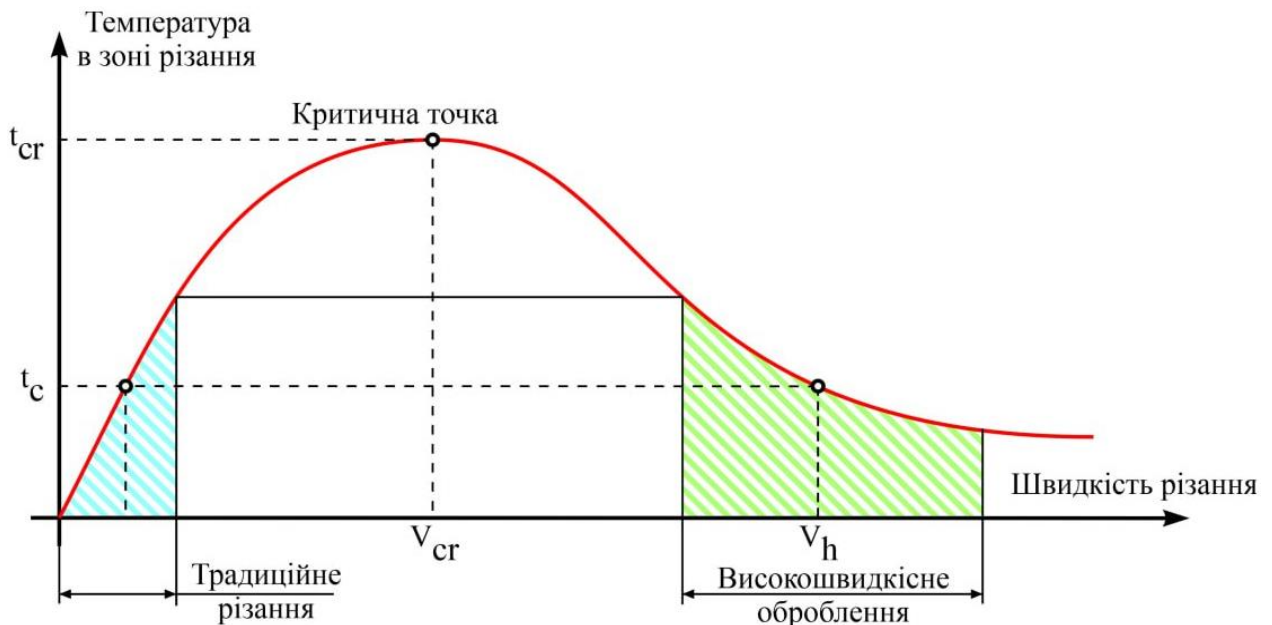


Рисунок 4.18 – Залежність температури у зоні різання від швидкості [18]

Планомірне дослідження високошвидкісного фрезерування у ФРН було розпочато у 1984 р. вісімнадцятьма промисловими фірмами в співробітництві з науковими інститутами. У процесі досліджень технології високошвидкісного різання розглядалися режими оброблення різних матеріалів, а також вплив нової технології на характеристики верстата та його вузлів.

Одним із важливих факторів під час ВШО є не тільки зниження величини крутного моменту в зоні високих швидкостей, але й перерозподіл тепла в зоні різання – основна частка тепла відводиться зі стружкою (до 90%), тому знижується надходження тепла до металу заготовки та інструменту.

Термограма зони різання представлена на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, де демонструється концентрація тепла в стружці: у певному діапазоні швидкостей і невеликих перетинах різку основна частка тепла не встигає поширитися на матеріал заготовки. Тому вважається, що високошвидкісне оброблення базується на скороченні генерації тепла, що виникає під час оброблення різанням, яке при звичайному різанні є причиною зношування інструменту.

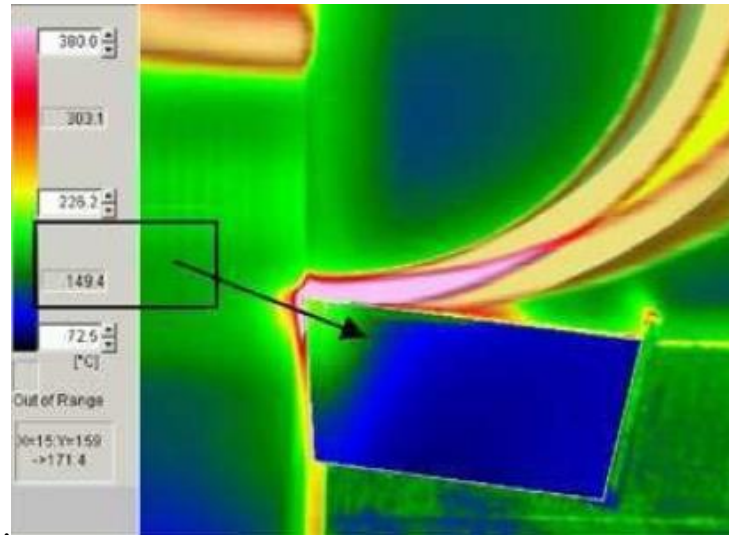


Рисунок 4.19 – Розподіл температур під час ВШО [11]

Перевага ВШО проявляється за рахунок оброблення в надкритичному діапазоні коливань: при високих частотах обертання шпинделя значно перевищуються частоти власних коливань системи ВПЗ. Одночасно з цим, завдяки невеликим поперечним перерізам різь, сили різання невеликі, що сприятливо позначається на точності оброблення. На **Ошибка! Источник ссылки не найден.** відображено графік, на якому показано залежність товщини знімання матеріалу від частоти обертання шпинделя.

Технологія ВШО належить до найбільш прогресивних і швидко розвивається. Сьогодні досить широко використовують подачі від 5000 до 50000 мм/хв із частотою обертання шпинделя понад 40 000 хв⁻¹.

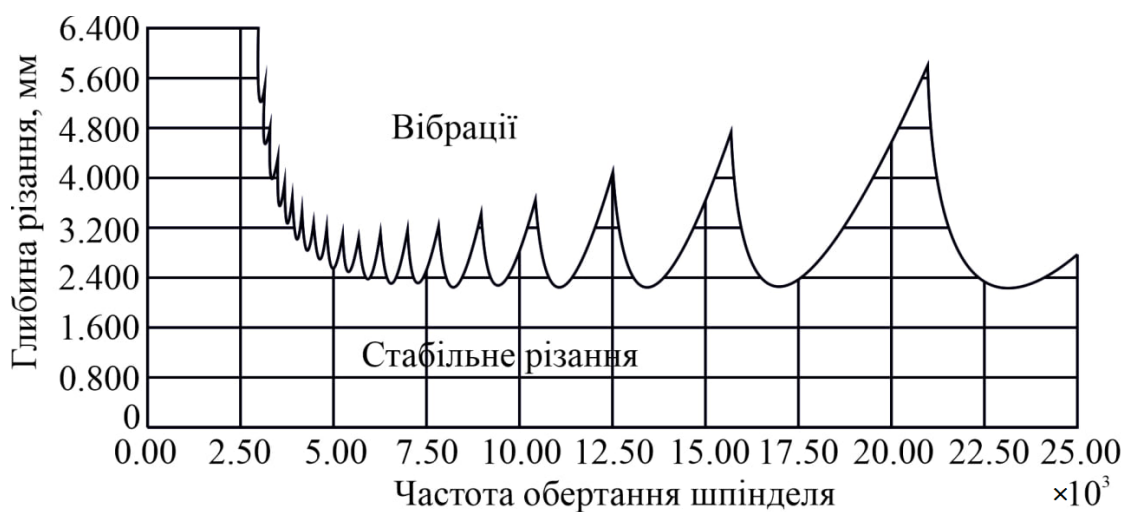


Рисунок 4.20 – Обмеження товщини матеріалу, що зрізається [11]

Для прогресу такої технології важливим є оброблення твердих металів після їх термооброблення (HRC 60..67) [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. При цьому змінюється механізм зняття стружки – область первинних деформацій, що є основним джерелом виділення енергії, вироджується в площину (рис. 4.21, а). Мала товщина шару, що зрізається, призводить до зменшення зони контакту інструменту і заготовки. Теплова хвиля не встигає досягти інструменту.

Для деяких матеріалів виходить інший вид стружки, замість зливної стружки утворюється сегментна (див. рис. 4.21, б) оскільки замість пластичного руйнування при відділенні матеріалу зрізаємого шару відбувається крихке руйнування [20]. Під час ВШО твердих матеріалів так звана пилкоподібна стружка формується за рахунок роботи руйнування матеріалу. Тріщина ініціюється на вільній поверхні заготовки, коли виникають граничні напруги зсуву матеріалу. Таким чином, надлам регулює процес формування стружки і через локалізацію пластичної деформації зливна стружка переходить в елементну.

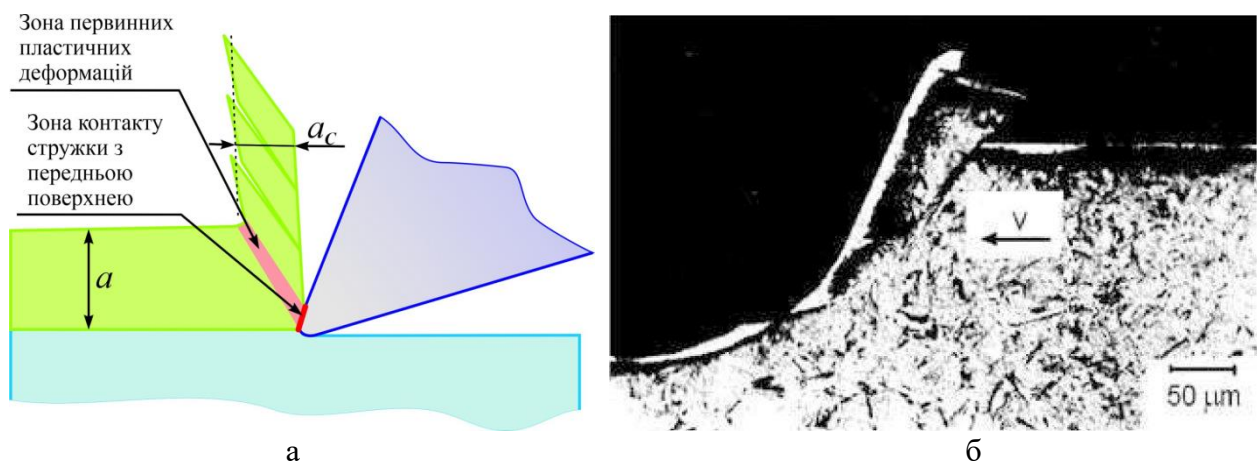


Рисунок 4.21 – Модель формування стружки, запропонована Накаймою [Ошибка! Источник ссылки не найден.] та співавторами (а), та її експериментальна перевірка (б): a_c – середня товщина стружки

Для різних груп матеріалів й температури в зоні різання знижується по-різному, наприклад таке зниження температури значною мірою проявляється для алюмінію і меншою мірою для сплавів із вмістом заліза (рис. 4.22). Для

важкооброблюваних нікелевих сплавів швидкість різання не вище 50 м/хв, в той же час для алюмінію вона досягає 9000 і більше м/хв.

Різання з невеликим зніманням матеріалу і високою швидкістю дозволяє досягти високої робочої подачі (збільшеної в 5-10 разів) і, як наслідок, збільшення об'єму матеріалу, що знімається в одиницю часу. Температура різців у цьому випадку підвищується незначно. Причина полягає в тому, що швидкість подачі перевищує швидкість теплопровідності основного матеріалу, що обробляють різанням. Фреза “випереджає” поширення тепла, основна частина якого відводиться зі стружкою. Те саме можна сказати і про різець при токарному обробленні.

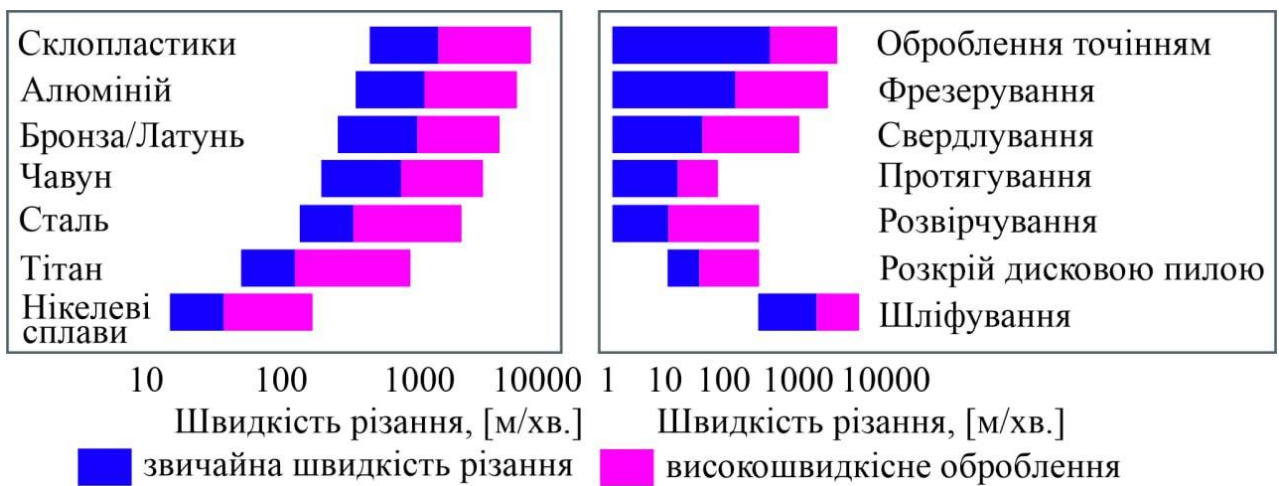


Рисунок 4.22 – Діапазон швидкостей різання залежно від матеріалу та способу оброблення [11]

Ефект концентрації тепла в стружці дозволяє виконувати ВШО загартованих сталей, запобігши можливому відпусканню поверхневого шару. У той же час, порівняно невелике зусилля різання в поєднанні зі стабільністю процесу дозволяє в результаті отримати високу якість поверхні ($Ra < 0,5$ мкм) і забезпечити необхідну геометричну точність.

Таким чином, головний ефект ВШО полягає не в скороченні машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, а в загальному спрощенні технологічного процесу та підвищенні якості оброблення. Умовою успіху у високошвидкісному обробленні може стати правильний вибір усіх складових,

що беруть участь у цьому процесі: верстат, система ЧПК, різальний інструмент, допоміжний інструмент із системою закріплення інструменту, система програмування, кваліфікація технолога-програміста та оператора верстата з ЧПК. Нехтування хоча б однією з цих складових здатне звести нанівець усі попередні зусилля.

4.6 Методи та засоби вимірювання параметрів макрогеометрії поверхонь

Аналіз параметрів координатних систем устаткування з ЧПК та координатно-вимірювальних машин (СММ – coordinate measuring machine) показав, що порядок їх похибок збігається. Більше того, при видаленні матеріалу похибка формоутворення значною мірою залежить від зусилля різання, динамічних навантажень високошвидкісного оброблення та температурної деформації конструкції верстата від теплових потоків із зони формоутворення та приводів верстата. Похибки координатно-позиціонуєчої системи верстата суттєво зменшуються при виконанні вимірювань без пікових динамічних та температурних навантажень, що уможлиблює її використання як координатно-вимірювальної системи. Цим пояснюється наявність вимірювальних функцій у більшості сучасного верстатного парку.

Процес знаходження координат точок реальної поверхні полягає у визначенні за двома заданими координатами, наприклад X і Y , третьої координати – Z . Виконання контрольних операцій на верстатному устаткуванні стало можливим після оснащення його систем вимірювання необхідними атрибутами. Знаходження третьої координати (Z) точок поверхні деталі може бути реалізовано за допомогою спеціального тактильного датчика (**Ошибка!** **Источник ссылки не найден.**).

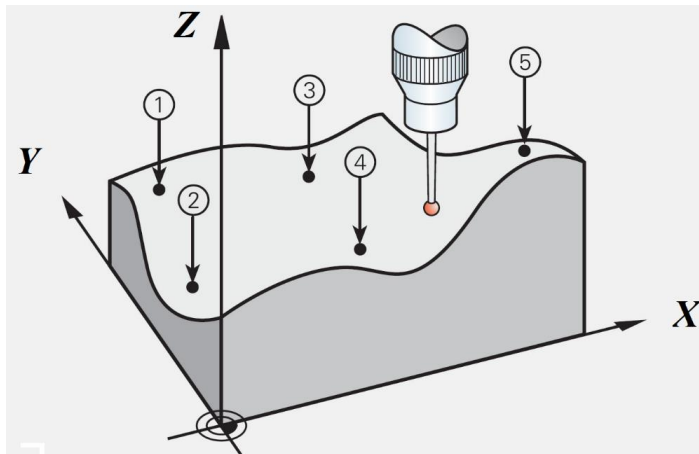


Рисунок 4.23 – Вимірювання координати Z точок поверхні [21]

Датчик інформує систему про факт торкання чутливого елемента з поверхнею, що вимірюється, і виконується запис координат його положення. Сигнал з датчика може бути переданий у систему ЧПК кабелем або інфрачервоним (ІЧ) каналом (рис. 4.24).

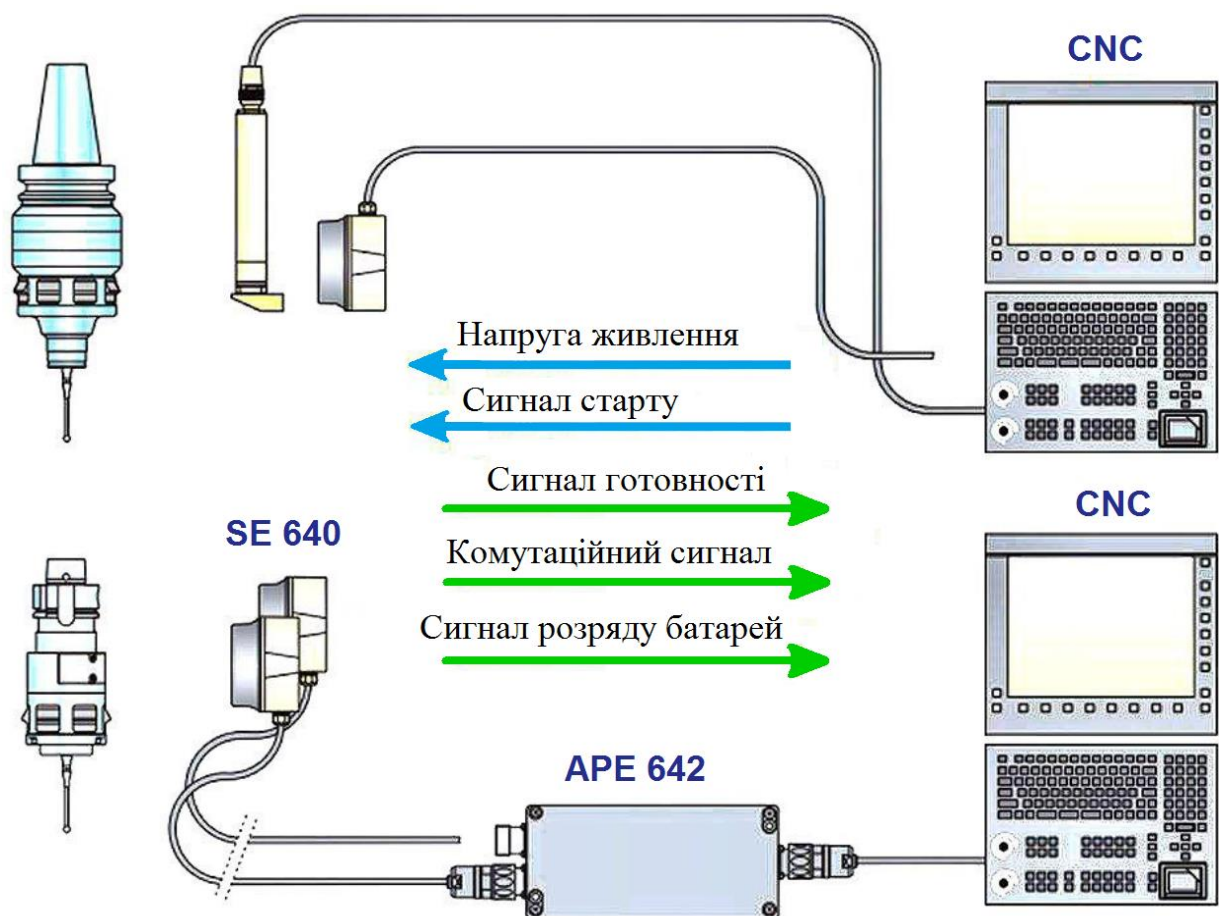


Рисунок 4.24 – Передача сигналу від датчика через інфрачервоний порт [21]

Принцип роботи тактильних датчиків залежить від типу чутливого елемента, в якості яких найчастіше використовують прецизійний датчик тиску або оптичний сенсор. У другому випадку світловий пучок, що генерується світлодіодом (LED), фокусується системою лінзою в точку на диференціальний фотоелемент (рис. 4.25).

У разі відхилення стрижня диференціальний фотоелемент генерує комутаційний сигнал. Вимірювальний стрижень жорстко з'єднаний з перемикачем, який базується на корпусі на триточковій опорі. Опора на три точки забезпечує ідеальні умови для положення спокою. Завдяки використанню безконтактного оптичного принципу, сенсор не зношується та забезпечується довготривала стабільність за високої повторюваності результатів.

Датчик TS 740 [21] працює на основі чутливого прецизійного елемента тиску (рис. 4.26). Комутаційний імпульс генерується шляхом аналізу чинної сили. При цьому сили, що виникають під час торкання, обробляються електронікою. Відхилення вимірювального стрижня щупа визначається за допомогою показань кількох датчиків тиску, які розташовані між перемикачем та корпусом датчика. При вимірюванні заготовки стрижень відхиляється та змінюється сила, що діє на датчики тиску. Сигнали, що при цьому з'являються, обробляються і генерується комутаційний сигнал. Завдяки невеликим силам впливу забезпечується висока точність та повторюваність результатів вимірювань.

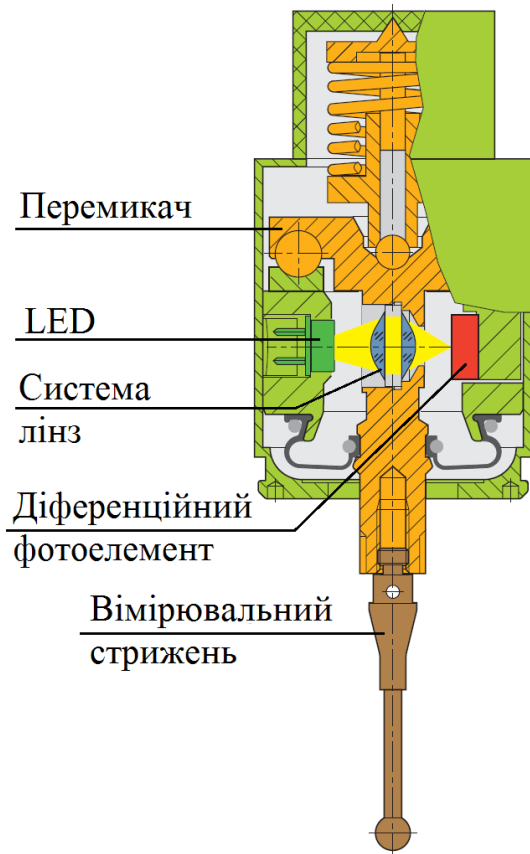


Рисунок 4.25 – Схема датчиків TS 2xx, TS 44x, TS 64x, чутливим елементом яких є оптичний сенсор [21]

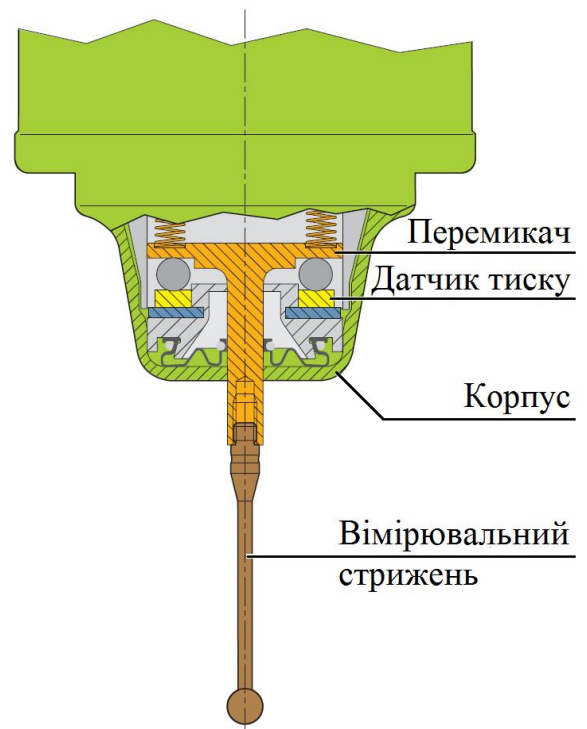
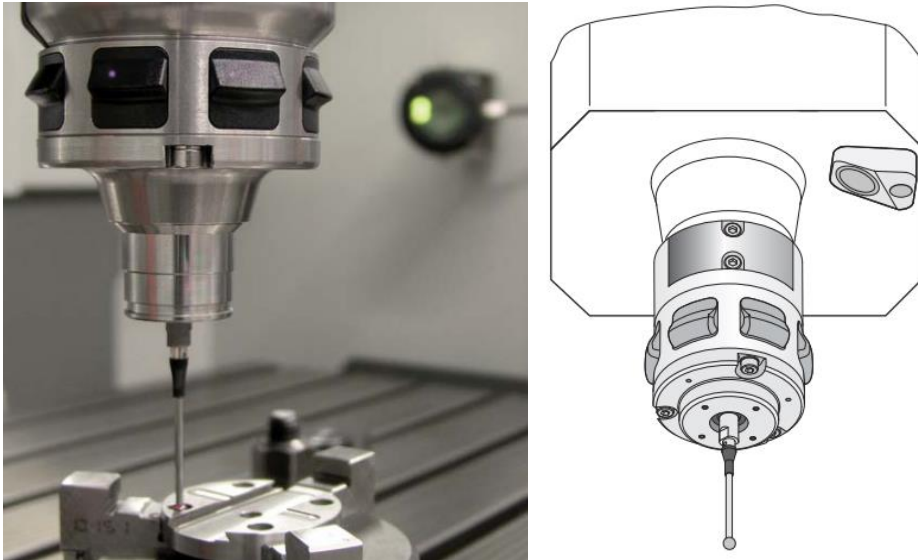


Рисунок 4.26 – Схема датчиків TS 740, чутливим елементом яких є прецизійний датчик тиску [21]

Для оптимальної передачі сигналу ПЧ-приймач має бути встановлений так, щоб вимірювальний щуп знаходився в зоні доступу у всіх робочих положеннях (рис. 4.27). Розмір області поширення інфрачервоного випромінювання залежить як від щупа, так і від приймача.



а

б

Рисунок 4.27 – Розташування ІЧ приймача-передавача [21]

ІЧ приймач-передавач SE 642 оснащений декількома різнокольоровими світлодіодами (LED), які дозволяють виконати діагностику (рис. 4.28). До неї входить як оцінка якості передачі і статус активного вимірювального щупа, так і обширний аналіз помилок. SE 642 додатково перевіряє, чи надходять сигнали дійсно від щупа, якому був відправлений сигнал старту.

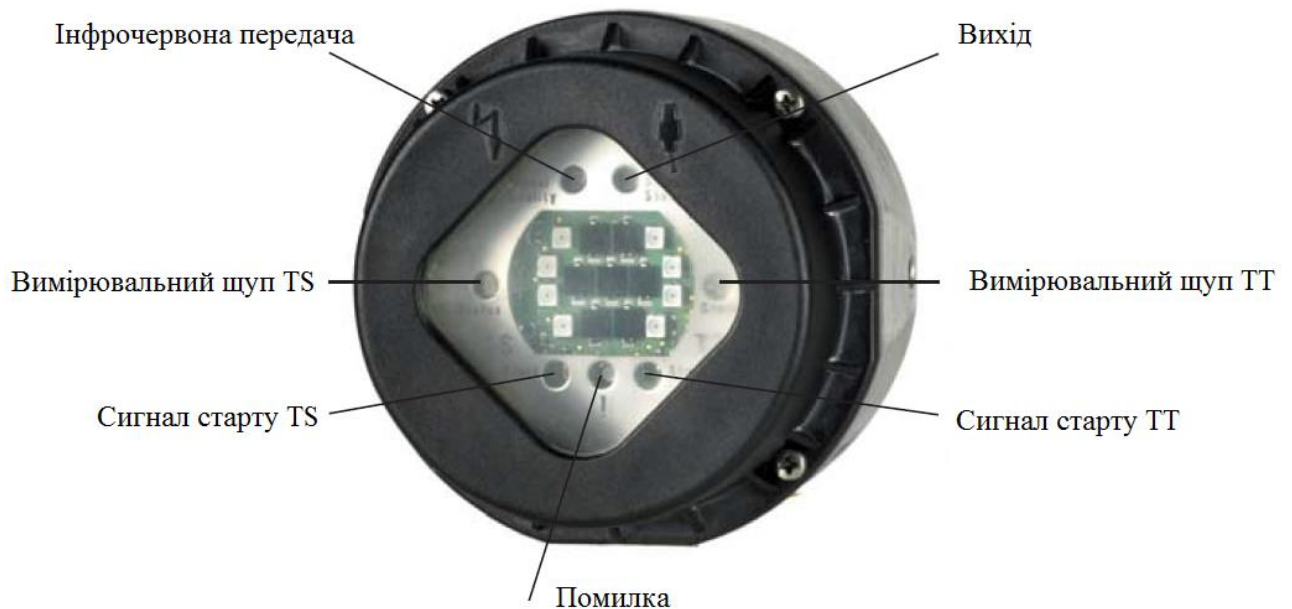


Рисунок 4.28 – ІЧ приймач-передавач SE 642, оснащений різнокольоровими світлодіодами [21]

Визначення геометрії деталі або її положення за допомогою вимірювального щупа здійснюється шляхом механічного торкання. Для цього щуп має бути досить чистим, щоб уникнути помилок, наприклад, через наявність стружки. Вимірювальні щупи мають вбудовану систему обдування – через три отвори в низу щупа (див. рис. 4.29, б) за допомогою стисненого повітря або МОТЗ можна видаляти великі забруднення з поверхні, що вимірюється. З такою системою навіть стружка в карманах деталей не становить труднощів (рис. 4.30). Це дозволяє використовувати автоматичні цикли вимірювання без участі людини.

Вимірювальний щуп TS 444 з інфрачервоним каналом зв'язку має повітряно-турбінний генератор (рис. 4.30), призначений для постачання енергії, тому додаткові батарейки або акумулятори не потрібні.

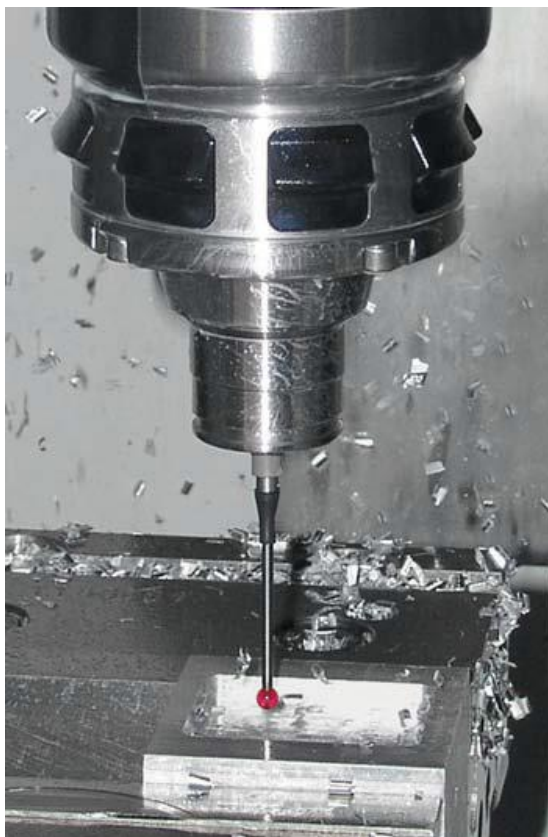


Рисунок 4.29 – Обдув вимірюваної поверхні (для видалення стружки)

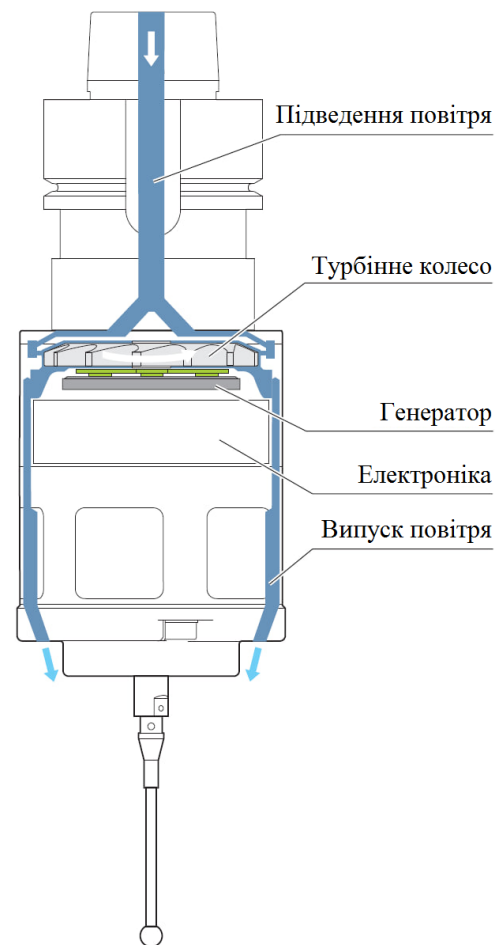


Рисунок 4.30 – Датчик TS 444 з повітряно-турбінним генератором [21]

Повітряно-турбінний генератор складається з повітряної турбіни, безпосередньо самого генератора та конденсатора з великою ємністю для накопичення електроенергії. Турбіна приводиться до дії стисненим повітрям, яке подається через шпindel. Це стиснене повітря може також використовуватися для обдування вимірюваної заготовки. Таким чином, зарядка конденсатора і обдув заготовки – це одна і та ж дія, що не вимагає додаткових витрат.

Швидкість поширення сигналу в ЧПК (рис. 4.30) впливає на повторюваність результатів вимірювань щупа. Також необхідно враховувати максимально допустиме відхилення стрижня. Механічно допустима швидкість вимірів задана технічними характеристиками. Максимально допустиме відхилення стрижня становить 5 мм за кожним напрямком (рис. 4.31). В межах цієї відстані верстат повинен встигнути зупинити щуп, щоб уникнути пошкоджень його вимірювального стрижня.

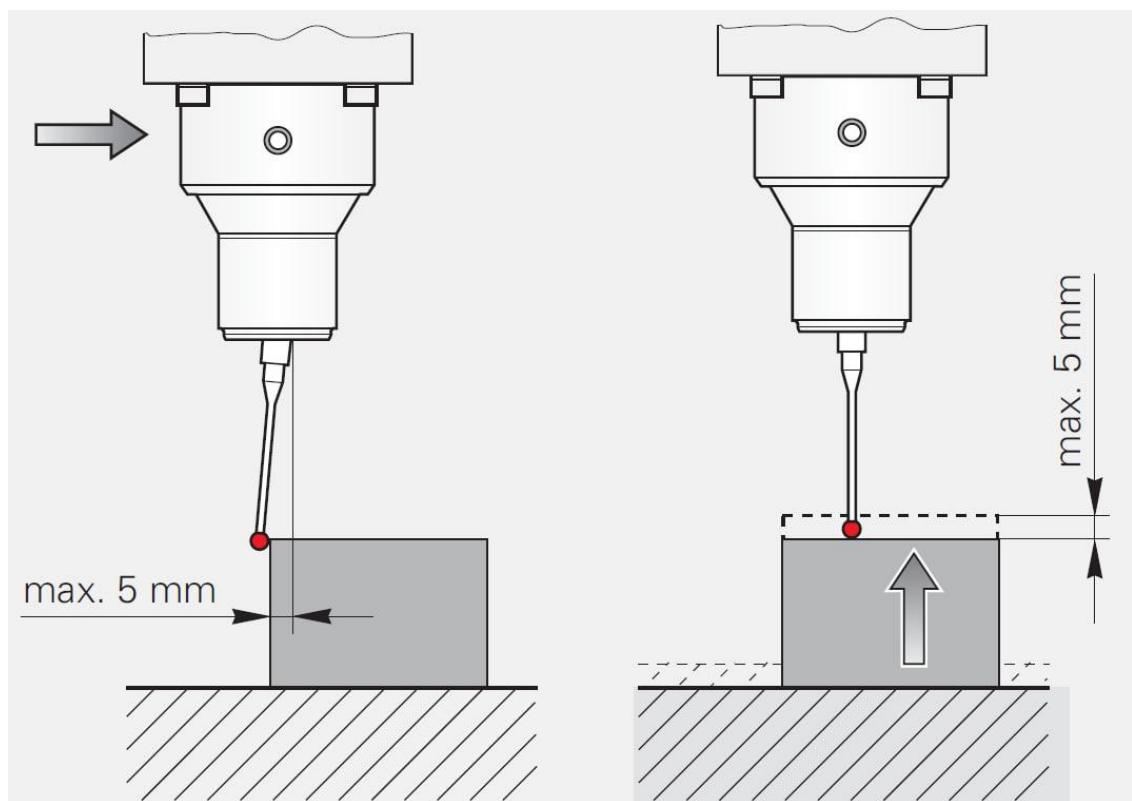


Рисунок 4.31 – Відхилення вимірювального стрижня [21]

Траєкторія переміщення вимірювального датчика, як правило, розробляється з використанням функцій САМ-систем та оформляється у вигляді КП, яка передається на верстат для проведення вимірювальних операцій. Датчик у заданих координатах X і Y торкається поверхні деталі, що й забезпечує визначення координати Z реальної поверхні (рис. 4.32).

Отримані точки реальної поверхні є вихідними даними для побудови портрета її геометрії $ПГ$. Для цього необхідно апроксимувати виміряні точки поверхнею. У разі машинобудівного виробництва таке завдання вирішується з допомогою функцій САД/САМ систем (рис. 4.33).

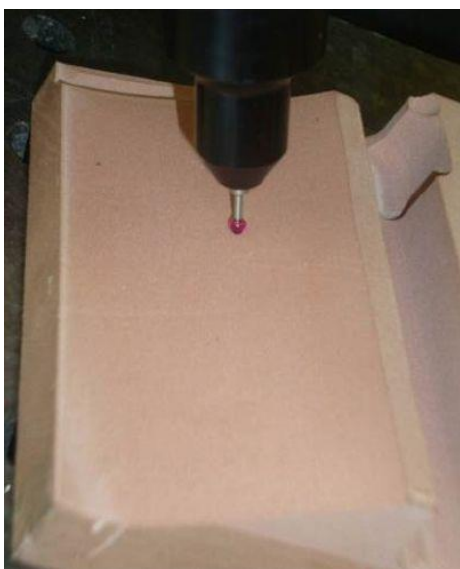


Рисунок 4.32 – Виконання вимірювання точок поверхні елемента оснащення [11]

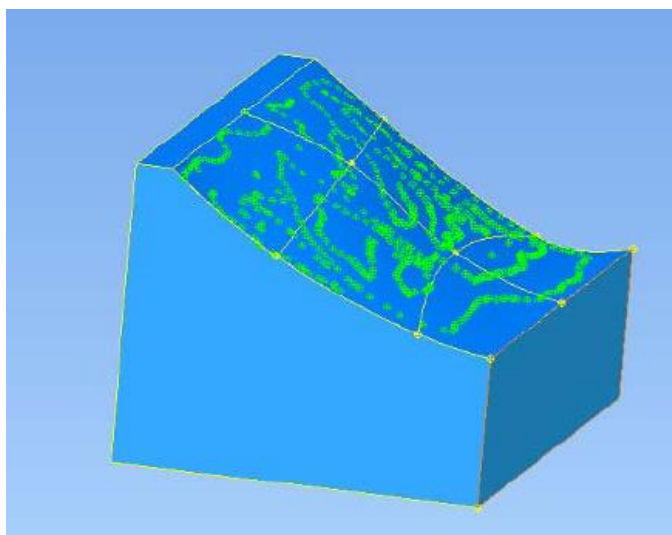


Рисунок 4.33 – Побудова портрету поверхні деталі $ПГ$ за результатами апроксимації виміряних точок [11]

Оцінка точності виготовлення деталі у наведеному прикладі відбувається при порівнянні її еталонної моделі геометрії $ЕМГ$ з портретом $ПГ$. Результати порівняння еталона та портрета представлені на рис. 4.34, де колірна шкала показує значення величин відхилень портрета від еталона.

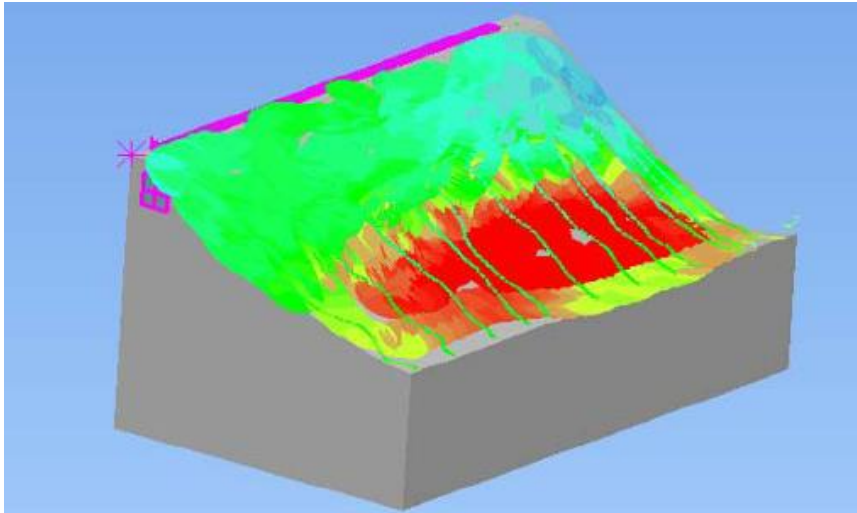


Рисунок 4.34 – Результати порівняння аналітичного еталона (AE) та портрету (P) з аналізом величин відхилення [11]

На рисунок 4.34 наведено побудову портрета профілю зуба та його порівняння з еталоном у площині нормального перерізу. Після виконання процедури порівняння цих моделей з'являється інформація, на основі якої можна оцінити точність геометрії деталі [22].

Формування портрета геометрії деталі, що має поверхні, відмінні від площин і найпростіших тіл обертання, можливе лише приблизно. Одним з методів може бути отримання координат деякої множини точок (“хмари точок”) цієї поверхні з подальшим наближенням їх сплайн-функціями. Завдання апроксимації точково-заданої поверхні сплайн-функціями з достатньою для практики точністю може бути вирішене з використанням CAD/CAM-систем, як показано на рисунок 4.35 на поверхні зуба.

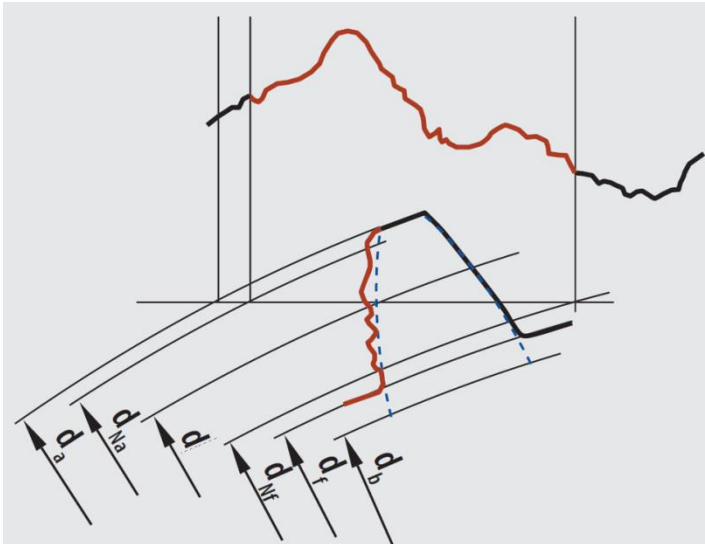


Рисунок 4.35 – Процедура порівняння AE та P профілю зуба після вимірювання [22]

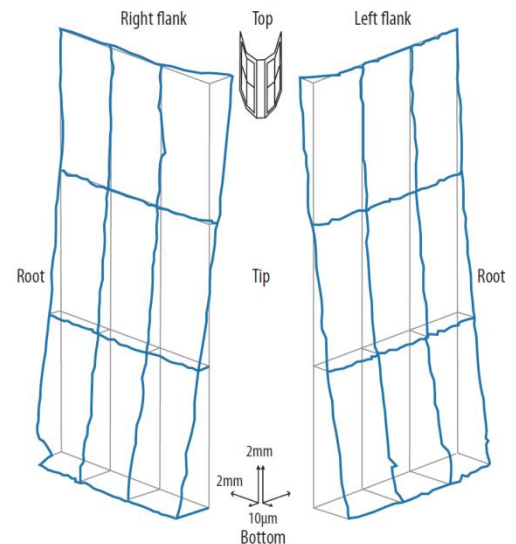


Рисунок 4.36 – Портрет геометрії поверхні зуба (P_T) [22]

Оскільки аналітичний портрет виробу формується за результатами контрольних вимірювальних операцій, необхідно звернути особливу увагу отримання цих значень. Наприклад, до умов проведення вимірювань шестерні для отримання координат точок поверхонь відносяться: вибір вимірювальної системи, інструменту та відповідного метрологічного супроводу (рис. 4.37). Під час проведення вимірювань необхідно враховувати форму деталі, сполучення в ній різних поверхонь. Тому алгоритм вимірювань повинен враховувати наявність особливих точок, ліній і поверхонь, точність відтворення та розташування яких істотно впливає на функціонування деталі у складі виробу – це дозволяє правильно спланувати технологічну операцію контролю форми та розмірів деталі.

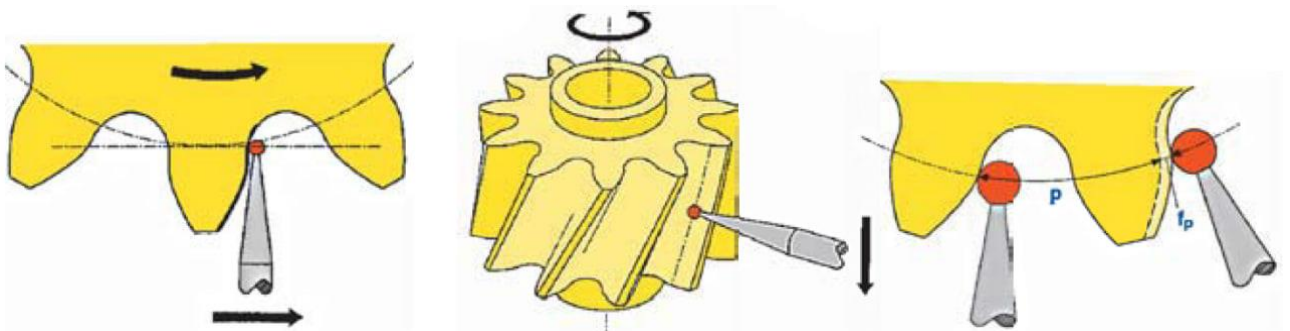


Рисунок 4.37 – Вимірювання профілю, лінії зуба та кроку на зубовимірювальній машині [22]

Заключними операціями контролю є порівняння еталона та портрета деталі з метою фіксації відхилень цих моделей та ухвалення рішення про ступінь відповідності реальної геометрії еталонної (**Ошибка! Источник ссылки не найден.** 4.38).

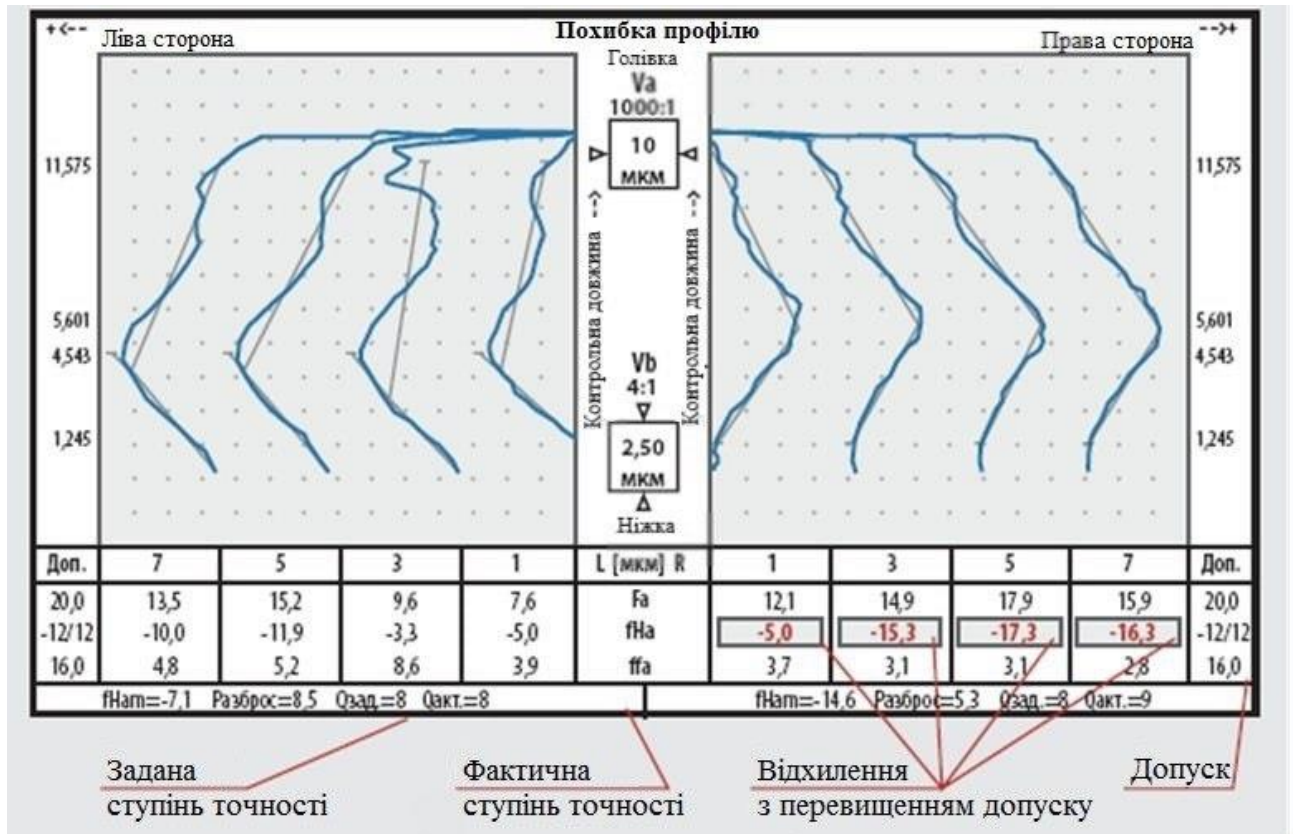


Рисунок 4.38 – Результати порівняння геометрії еталона та портрета поверхонь зуба [22]

Оскільки точність і повторюваність (прецизійність) сучасних багатоосьових верстатів з ЧПК порівнянна з характеристиками стаціонарних СММ з CNC, це дозволяє здійснювати контроль точності проміжних етапів оброблення безпосередньо на верстаті з ЧПК (рис. 4.39).

Такі вимірювання можуть виконуватися при базуванні заготовки на верстаті, при міжопераційному контролі та попередньому контролі деталі перед її відправкою на стаціонарну СММ. Особливо відзначимо, що будь-яке вилучення деталі зі верстата з ЧПК в процесі оброблення призводить до втрати

точності через похибку повторного базування та викликає великі виробничі витрати. Усі траєкторії контактних вимірювань за допомогою вимірювальних головок проходять візуалізацію та перевірку на відсутність зіткнень у робочій зоні (4.39).

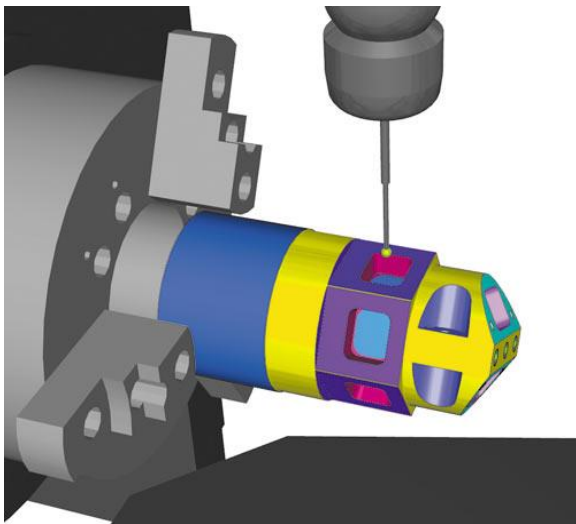


Рисунок 4.39 – Виконання проміжних контрольних операцій у процесі виготовлення деталі [11]

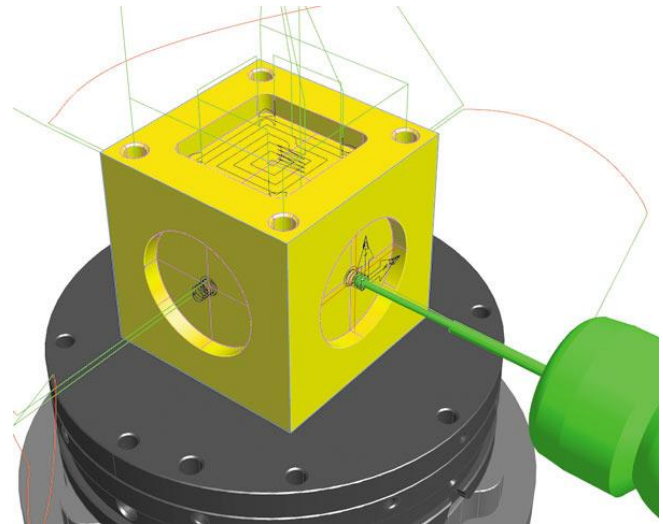


Рисунок 4.40 – Візуалізація траєкторії вимірювальних головок виконується аналогічно до перевірки КП для оброблення [11]

Проміжний контроль точності може бути виконаний на будь-якій стадії оброблення. Оскільки при обробленні різальна кромка зношується, інструмент залишає на деталі деталі більше матеріалу. За відсутності на верстаті системи безпосереднього обміру інструменту процес можна контролювати за допомогою регулярних вимірів деталі і коли відхилення від еталону наблизяться до межі необхідної точності необхідно замінити різальний інструмент на новий або компенсувати знос різальної кромки введенням корекції в КП.

Перевірочні виміри доцільно виконувати відразу після оброблення того чи іншого конструктивно-технологічного елемента, до завершення оброблення всієї деталі в цілому. Якщо похибка оброблення чергового елемента виявиться поза допуском, то після виявлення та виправлення причини виникнення похибки даний елемент обробляють повторно, а якщо це неможливо в принципі

– деталь бракують без виконання наступних операцій. Тому має сенс розпочинати оброблення з найбільш складних та відповідальних поверхонь. А після контролю точності їх виготовлення безпосередньо на верстаті з ЧПК – розпочинати подальше оброблення.

Відразу після закінчення процесу оброблення також рекомендується виконувати серію допоміжних вимірювань, повністю аналогічних тим, що згодом будуть здійснюватися в процесі контролю точності виготовлення стаціонарною СММ. Якщо перевірочні вимірювання на верстаті з ЧПК покажуть похибку оброблення в допустимих межах, то з дуже високою ймовірністю ця ж деталь буде визнана придатною і при контролі на стаціонарній СММ. Фактично стаціонарна СММ при цьому підтверджує, що верстат з ЧПК перебуває в справному стані і забезпечує необхідну точність [11]. Таким чином, при виготовленні партії однакових деталей достатньо буде виконувати на стаціонарній СММ лише періодичний вибіркового контролю точності, що економить підприємству виробничі ресурси та підвищує інтегральний показник якості виробу.

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ

1. <https://www.antonov.com/en/history/an-140>
2. <http://www.utl.com.ua/leasing/aircrafts/an-140/>
3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD-140>
4. [https://steelservice.com.ua/alyuminij-d16t/#:~:text=%D0%97%D0%B0%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%20%D0%9416%D0%A2&text=2Mg%20\(%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%20SNV\)%3B,%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%8B%20DIN%20%D0%B8%D0%BB%D0%B8%20Wnr\)%3B](https://steelservice.com.ua/alyuminij-d16t/#:~:text=%D0%97%D0%B0%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%20%D0%9416%D0%A2&text=2Mg%20(%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%20SNV)%3B,%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%8B%20DIN%20%D0%B8%D0%BB%D0%B8%20Wnr)%3B)
5. Арсон А.Д. Проектирование трехслойных конструкций с сотовым наполнителем: учебное пособие / А.Д. Арсон, А.М. Тимченко – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1980.
6. Довідник технолога-машинобудівника. - У 2-х т. Т.1 / За ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., Перераб. і доп. - М .: Машинобудування, 1985. 656 с., Іл.
7. Дипломне проектування за технологією машинобудування: [Учеб. посібник для вузів / В.В. Бабук, П.А. Горезко, К.П. Забродін та ін.]. За заг. ред. В.В. Бабука. - Мн .: Вища. школа, 1979. - 464 с., іл.
8. Розробка й реалізація проектів верстатних пристосувань / В.В. Воронько, Ю.В. Дьяченко, С.Д. Проскурін, В.Т. Сікульській. - Учеб. посібник з курсового та дипломного проектування. - Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіація. інститут », 2006.-66с.
9. Технологічне проектування ділянок та цехів / А.С. Набатов. - Учеб. посібник з курсового та дипломного проектування. - Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіація. інститут », 2003.-81С.

10. Iscar Electronic Catalog <http://www.iscar.com>
11. Інформаційні та технологічні системи супроводу життєвого циклу виробів авіаційної техніки [Електронний ресурс]: монографія / І. В. Бичков, К. В. Майорова та ін. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 224 с.
12. Machine DNA profiler – новая технология оптимизации управляющих программ для станков с ЧПУ от компании Delcam. (2012). САПР и графика, (6), 80-81.
13. Евченко, К., Пинчук, А. (2012). PowerMILL 2013: стратегия Vortex и новые возможности для программирования пятиосевой обработки. САПР и графика, (11), 88-91.
14. Высокоскоростная обработка. (2023). Вилучено із <http://rosfrezer.com/f/vso-polnyu-variant.pdf>.
15. Tukora, B. (2012). Material removal simulation and cutting force prediction of multi-axis machining processes on general-purpose graphics processing units. (PhD Dissertation). Buda-pest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary. ISBN: 979-8-5169-5478-8.
16. Weinert, K., Du, S-J., Damm, P., Stautner, M. (2004). Swept volume generation for the simulation of machining processes. International Journal of Machine Tools and Manufacture, (44 (6)), 617–628.
17. Verfahren zur Bearbeitung von Metallen oder bei einer Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge sich ähnlich verhaltenden Werkstoffen: Patentanmeldung DE523594. Angemeldet am 27. Februar 1925, veröffentlicht am 27. April 1931, Anmelder: Krupp AG, Erfinder: Carl J. Salomon. Вилучено з https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?locale=de_EP&CC=DE&NR=523594.
18. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ за счет применения современных методов фрезерования. Вилучено з <https://ritm->

magazine.com/ru/public/povyshenie-effektivnosti-obrabotki-na-stankah-s-chpu-za-schet-primeneniya-sovremennyh-metodov.

19. Nakayama, K., Arai, M., Kanda, T. (1988). Machining characteristic of hard materials. CIRP Annals – Manufacturing Technology, (37), 89-92.

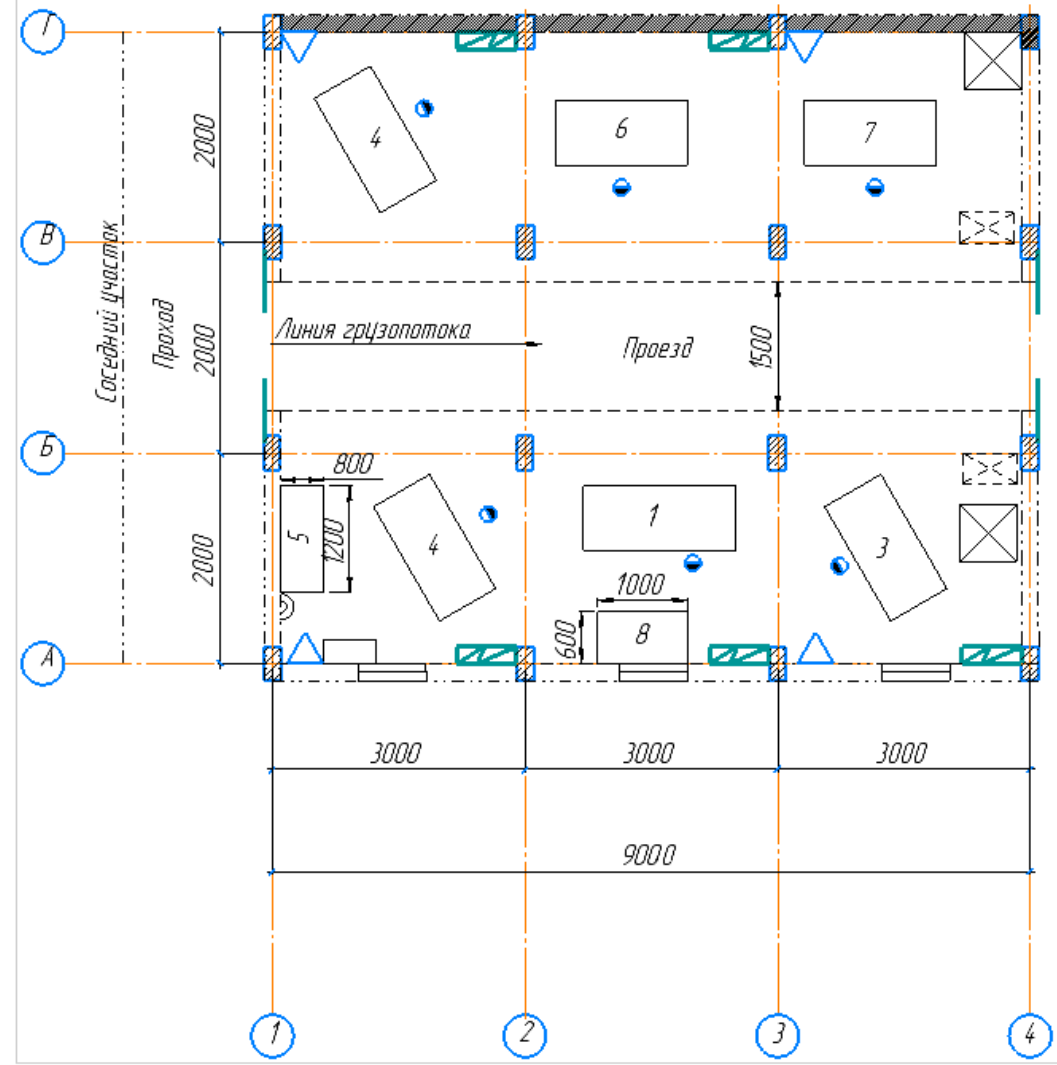
20. 150. Schulz, H., Spur, G. (1989). Aspect in Cutting Mechanism in High Speed Cutting. Annals of CIPR – V. 38, (1), 51-54.

21. Touch Probes for Machine Tools. (2010). Вилучено з https://product.heidenhain.de/JPBC/image/HWP.DE/hlr-system/208_951-29_touch_probes.pdf.

22. Локтев, Д. А. (2009). Современные методы контроля качества цилиндрических зубчатых ко-лес. Оборудование и инструмент для профессионалов, (4), 6-11.

ДОДАТКИ

К104КРМ1-96А.000.010



△ -вогнегасник

Планування механічного цеху		Масштаб	1:100
		Цех	
		Дата	05.02.18
Площі	Виробнича (м ²)	315	
	Допоміжна (м ²)	995	
	Складська (м ²)		

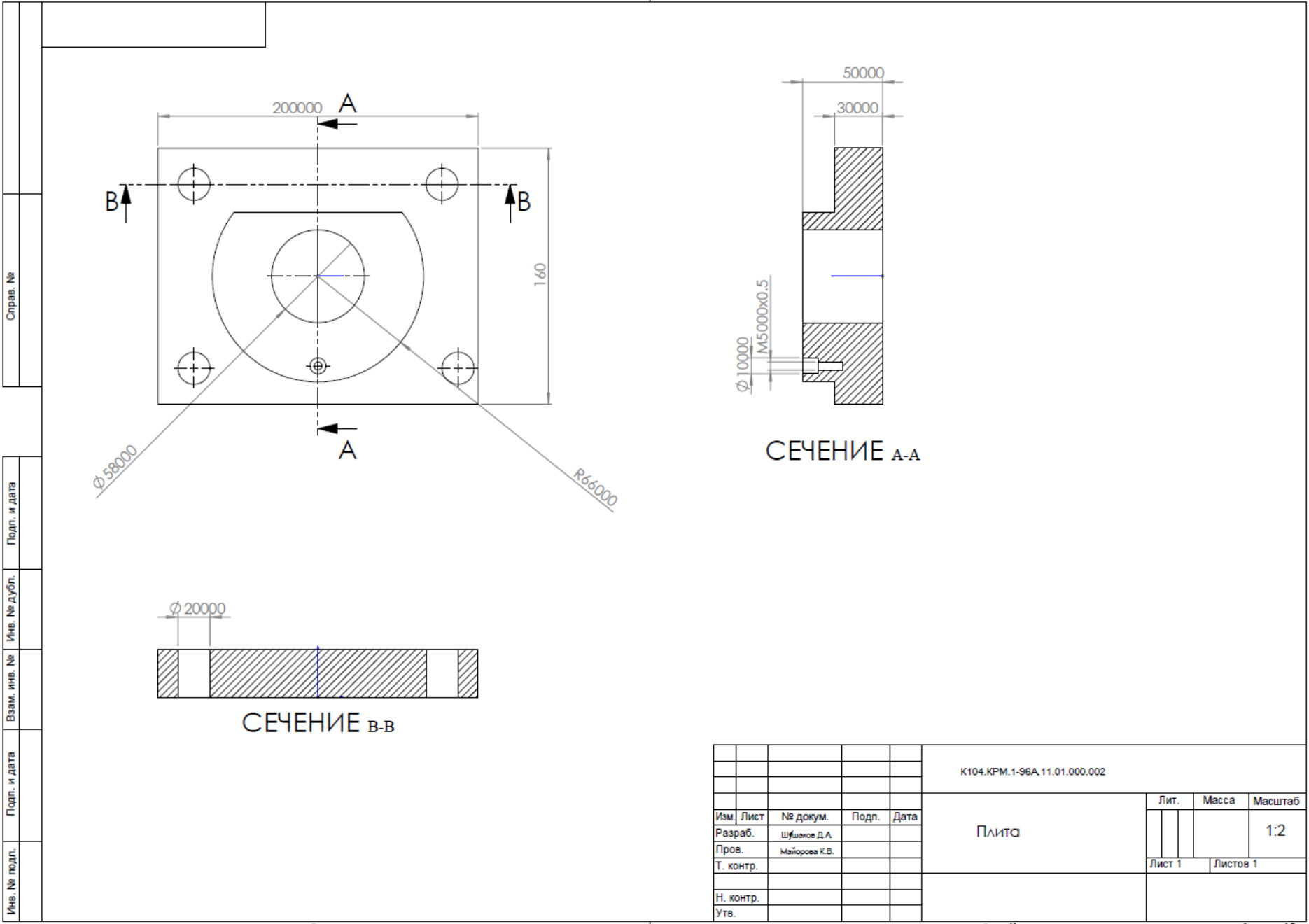
К104КРМ1-96А.000.010

План цеху

гр. 1-96А

Висота	М. Шук	Л. Шук	В. Шук
Відстань	Відстань 4 м	Відстань 1.5	
Висота			
Висота			
Висота			

Лист 1 з 1



Справ. №

Подп. и дата

Изм. № дубл.

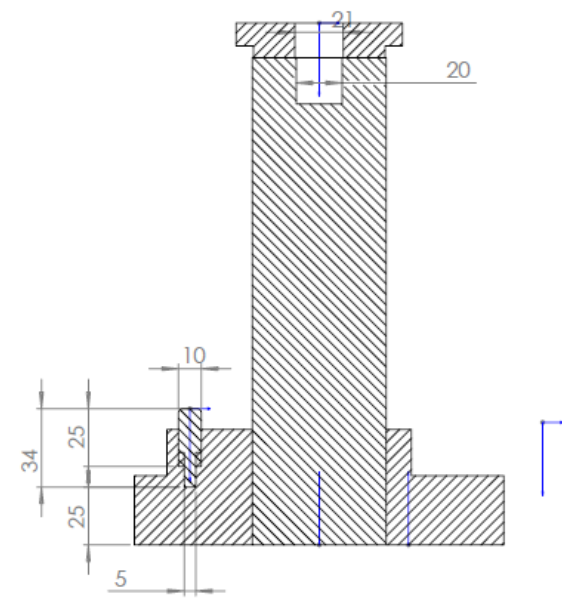
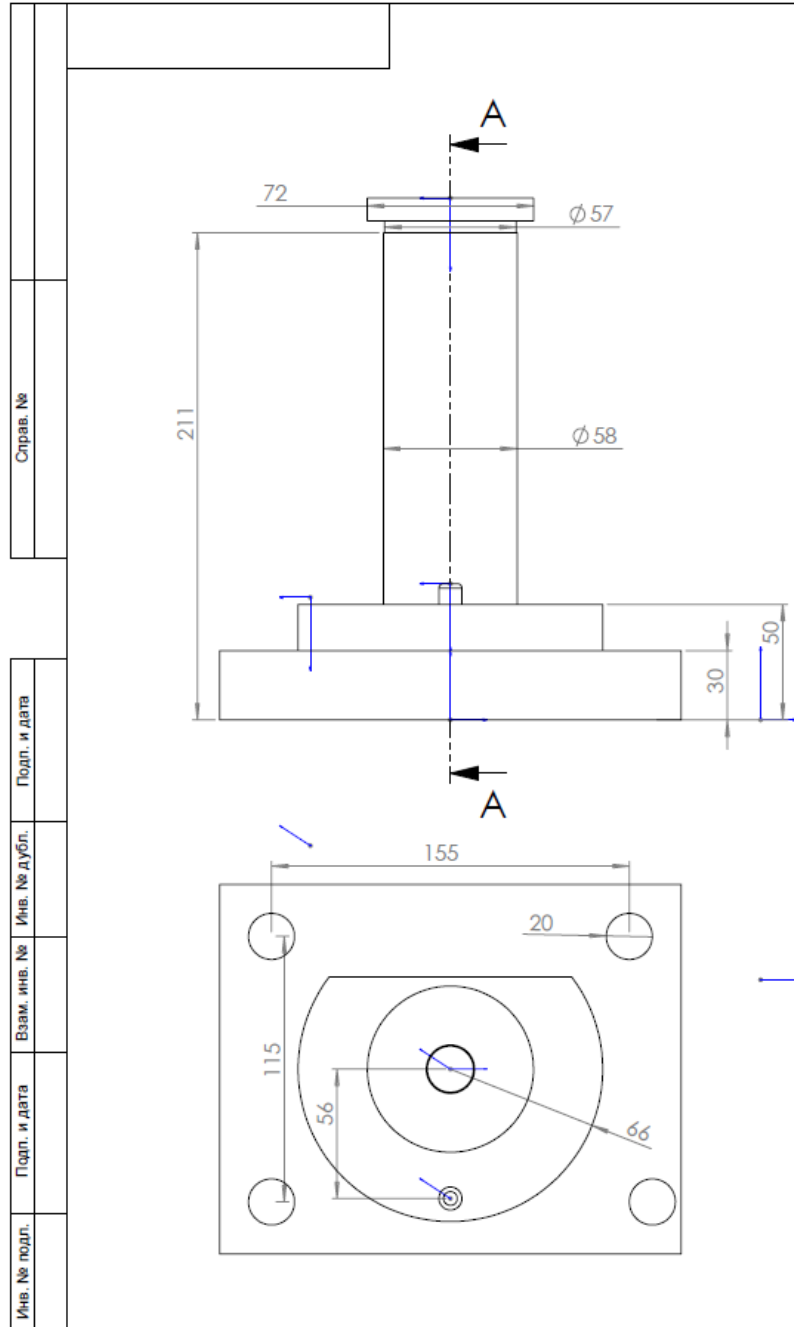
Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

К104.КРМ.1-96А.11.01.000.002

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Плита	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шульков Д.А.						1:2
Пров.		Майорова К.В.						
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.								
Утв.								

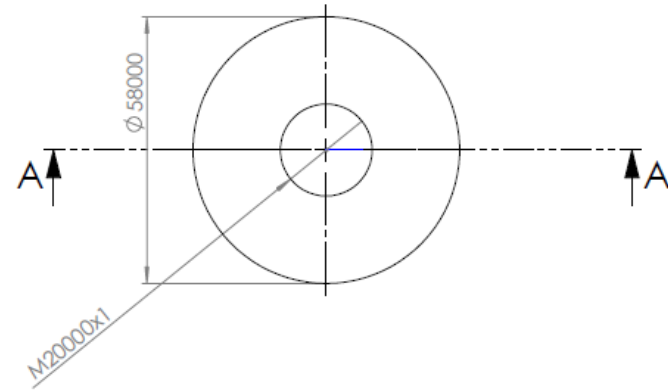
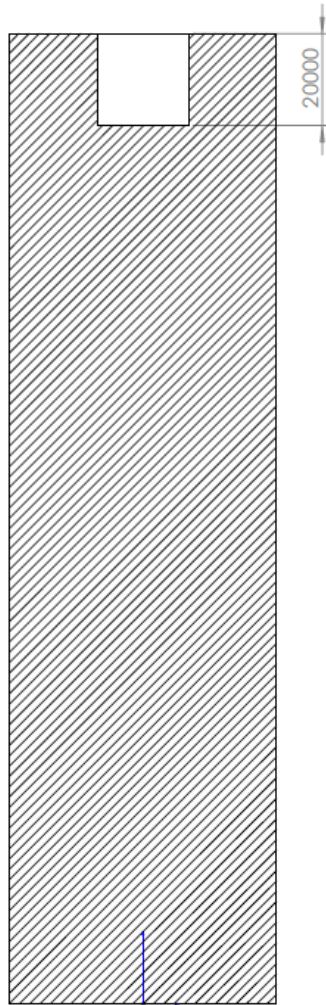


СЕЧЕНИЕ А-А

Инь. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инь. № дубл.	Подп. и дата	Справа. №

К104.КРМ.1-96А.11.01.000.0003Б								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Складання пристосування	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шушков Д.А.							1:2
Пров.	Майорова К.В.							
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.								
Утв.								

СЕЧЕНИЕ А-А



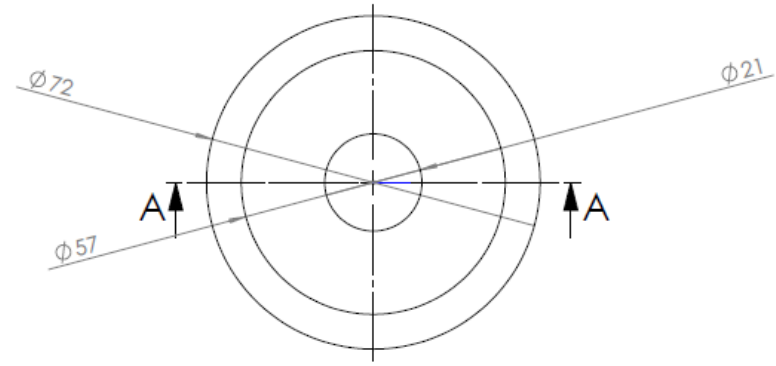
Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №

K104.KPM.1-96A.11.01.000.003

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Палець осьовий	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шульков Д.А.				Лист 1	Листов 1	
Пров.		Майорова К.В.						
Т. контр.								
Н. контр.								
Утв.								

Копировал

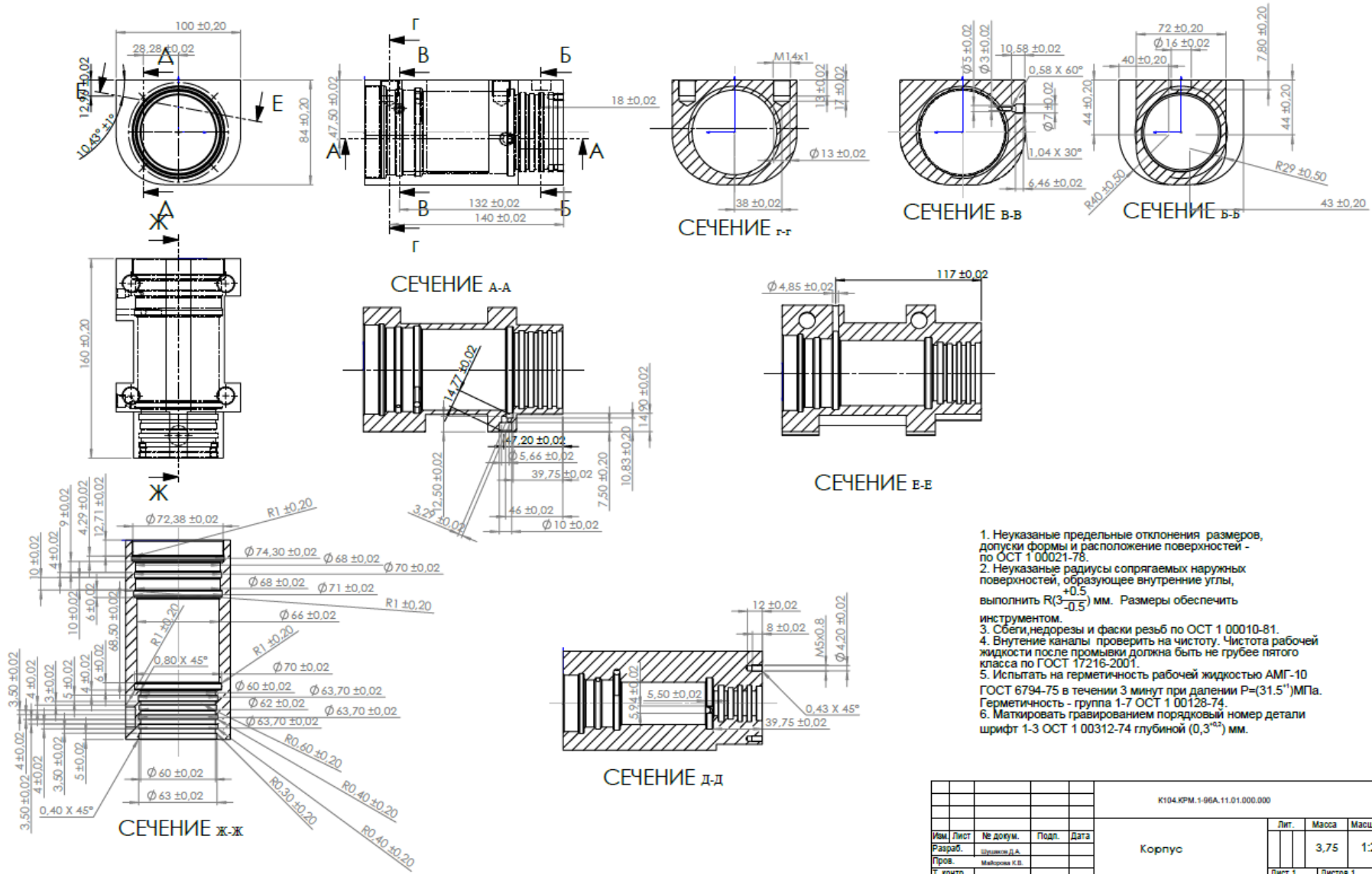
Формат А3



СЕЧЕНИЕ А-А

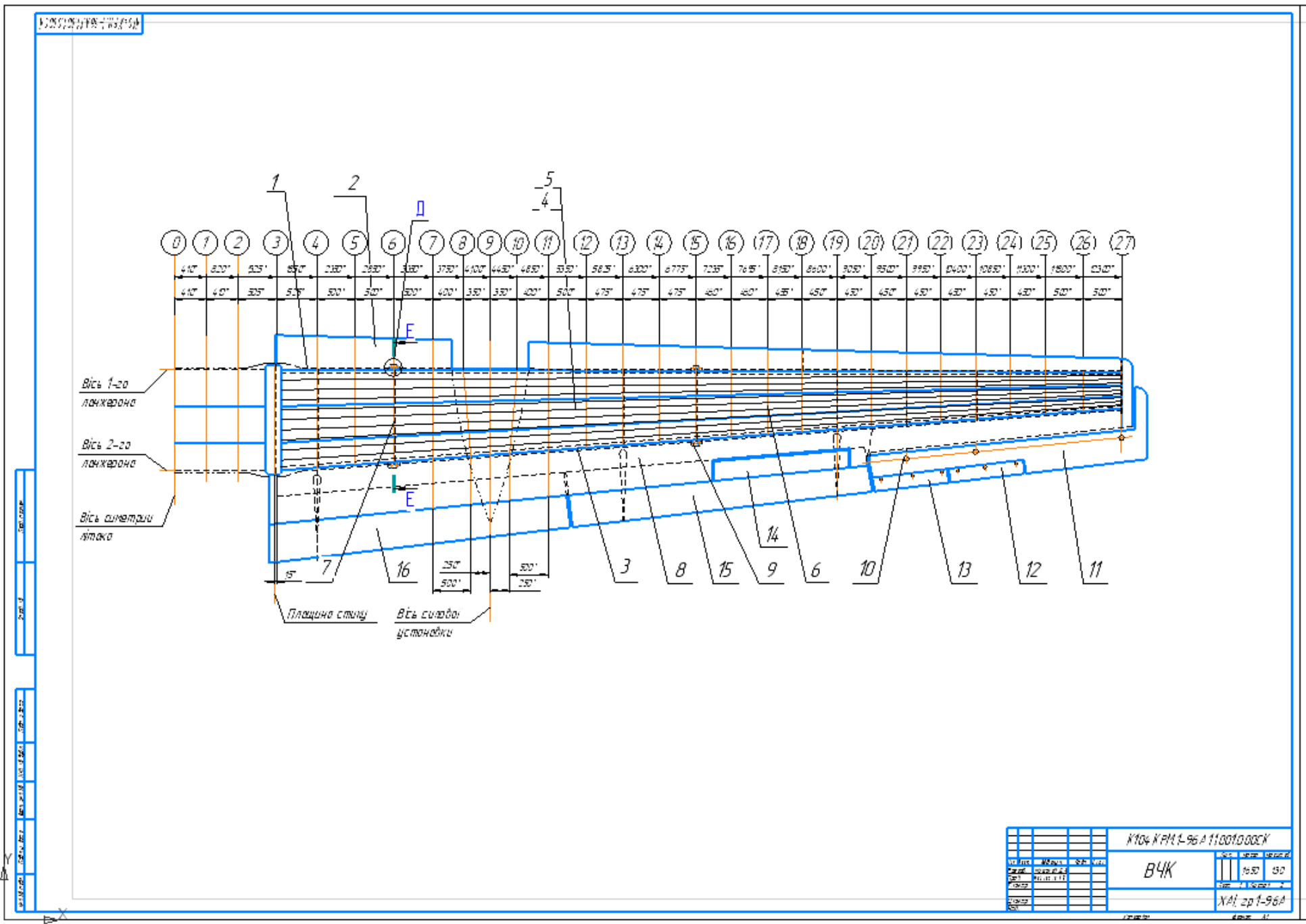
Справ. №
Подп. и дата
Изм. инв. №
Взам. инв. №
Изм. № дубл.
Подп. и дата
Изм. № подл.

				К104.КРМ.1-96А.11.01.000.004				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шайба	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шушakov Д.А.						1:1
Пров.		Майорова К.В.				Лист 1	Листов 1	
Т. контр.								
Н. контр.								
Утв.								



1. Неуказанные предельные отклонения размеров, допуски формы и расположения поверхностей - по ОСТ 1 00021-78.
2. Неуказанные радиусы сопрягаемых наружных поверхностей, образующие внутренние углы, выполнить R(3^{+0,5}_{-0,5}) мм. Размеры обеспечить инструментом.
3. Сбег, недорезы и фаски резьб по ОСТ 1 00010-81.
4. Внутренние каналы проверить на чистоту. Чистота рабочей жидкости после промывки должна быть не грубее пятого класса по ГОСТ 17216-2001.
5. Испытать на герметичность рабочей жидкостью АМГ-10 ГОСТ 6794-75 в течении 3 минут при давлении P=(31.5^н)МПа. Герметичность - группа 1-7 ОСТ 1 00128-74.
6. Матировать гравированием порядковый номер детали шрифтом 1-3 ОСТ 1 00312-74 глубиной (0,3^н) мм.

				К104 КРМ-1-06А.11.01.000.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шендеров Д.А.				Лист 1	3,75	1:2
Пров.		Майоров К.В.				Листов 1		
Т. контр.								
Н. контр.								
Утв.								
					105 ГОСТ 2591-2006			
					314X17H2 ТУ 14-1-37-72	гр.163		
					Копировал	Формат А2		



K104 K PM 1-96 A 11001000CK			
№	Дат.	Відп.	Зміст
1	16.03	БЧК	БЧК
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			



Справ. №

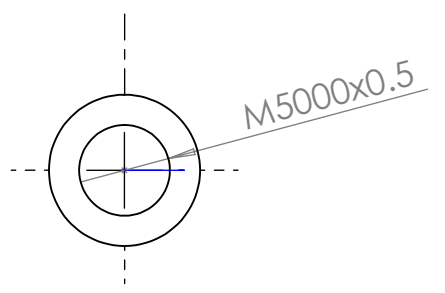
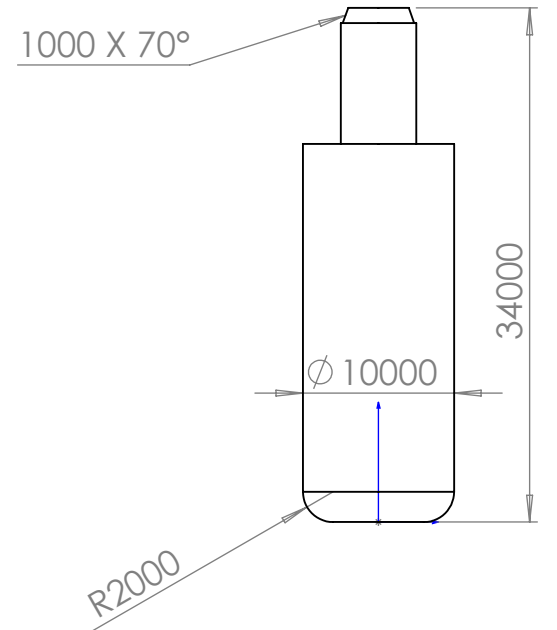
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

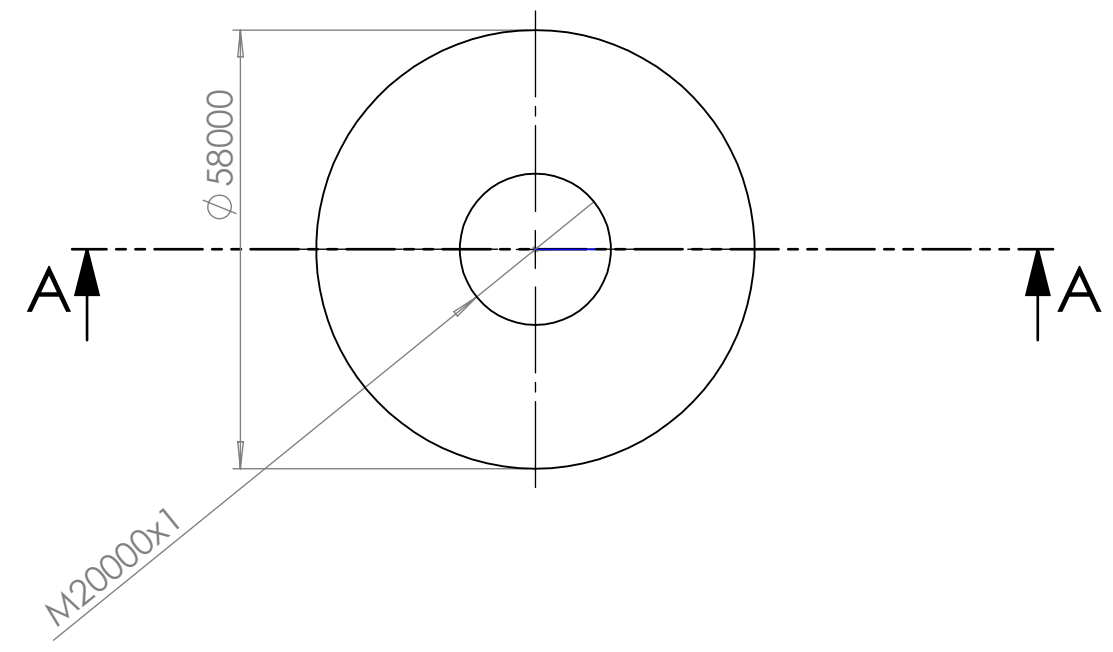
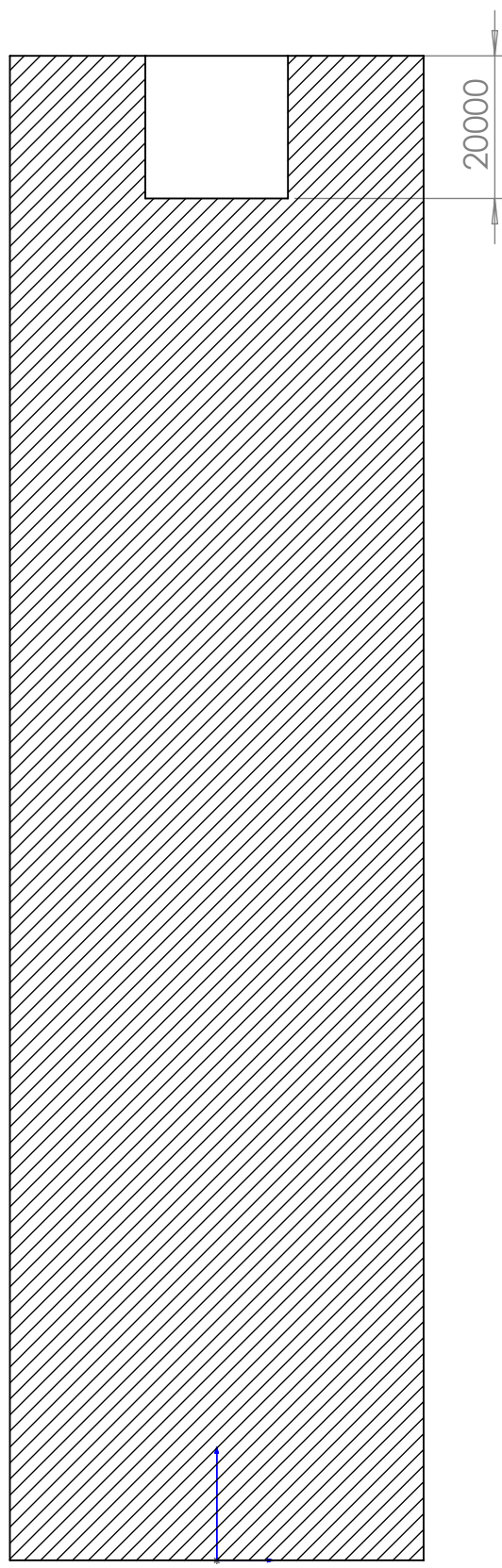
Инв. № подл.



					K104.KPM.1-96A.11.01.000.001			
					Палець малий	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				2:1
Разраб.		Шушаков Д.А.						
Пров.		Майорова К.В.						
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.								
Утв.								

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Справ. №				

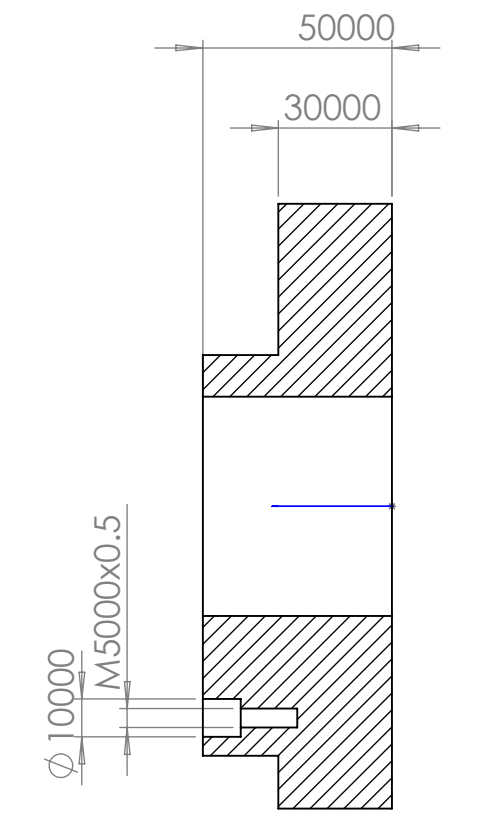
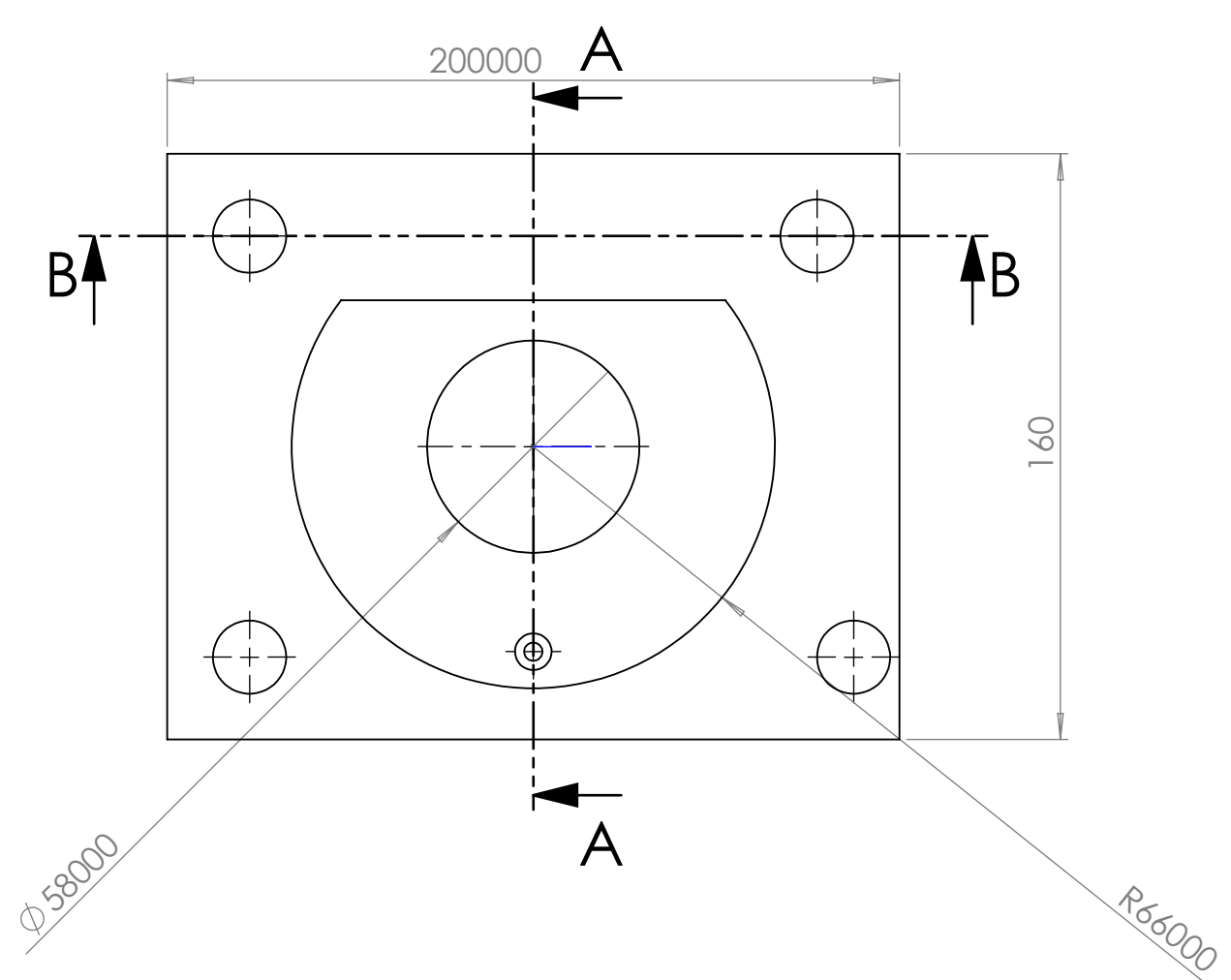
СЕЧЕНИЕ А-А



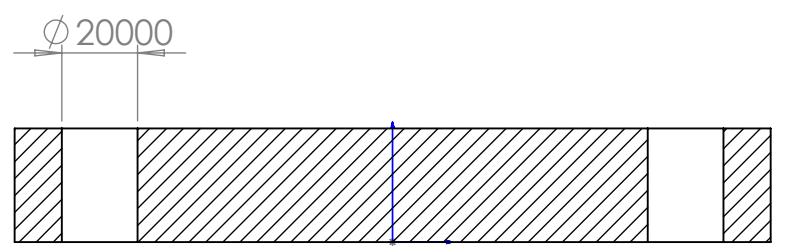
					К104.КРМ.1-96А.11.01.000.003			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Палець осьовий	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шушаков Д.А.						1:1
Пров.		Майорова К.В.						
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.								
Утв.								

Справ. №

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

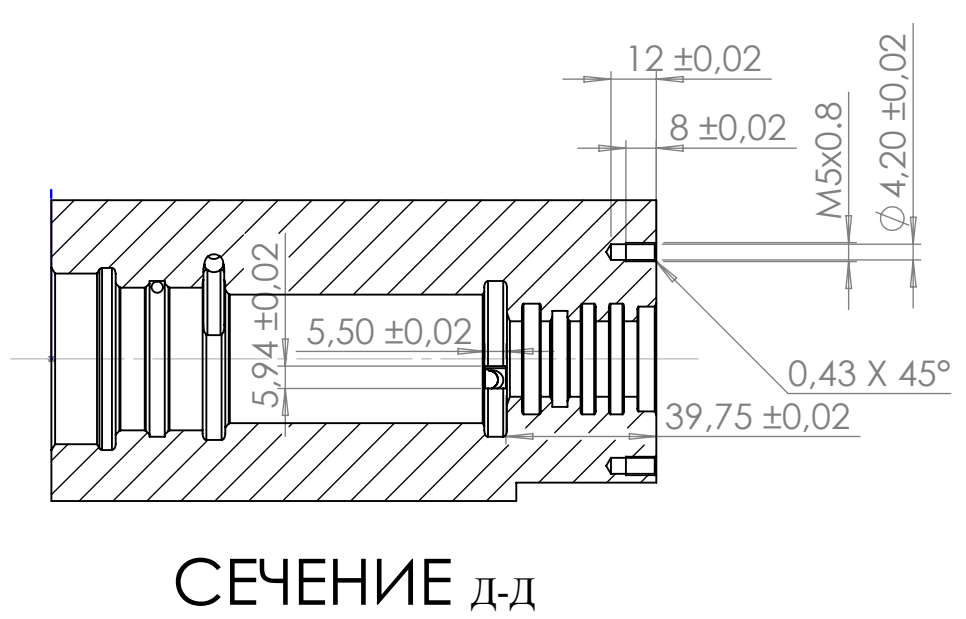
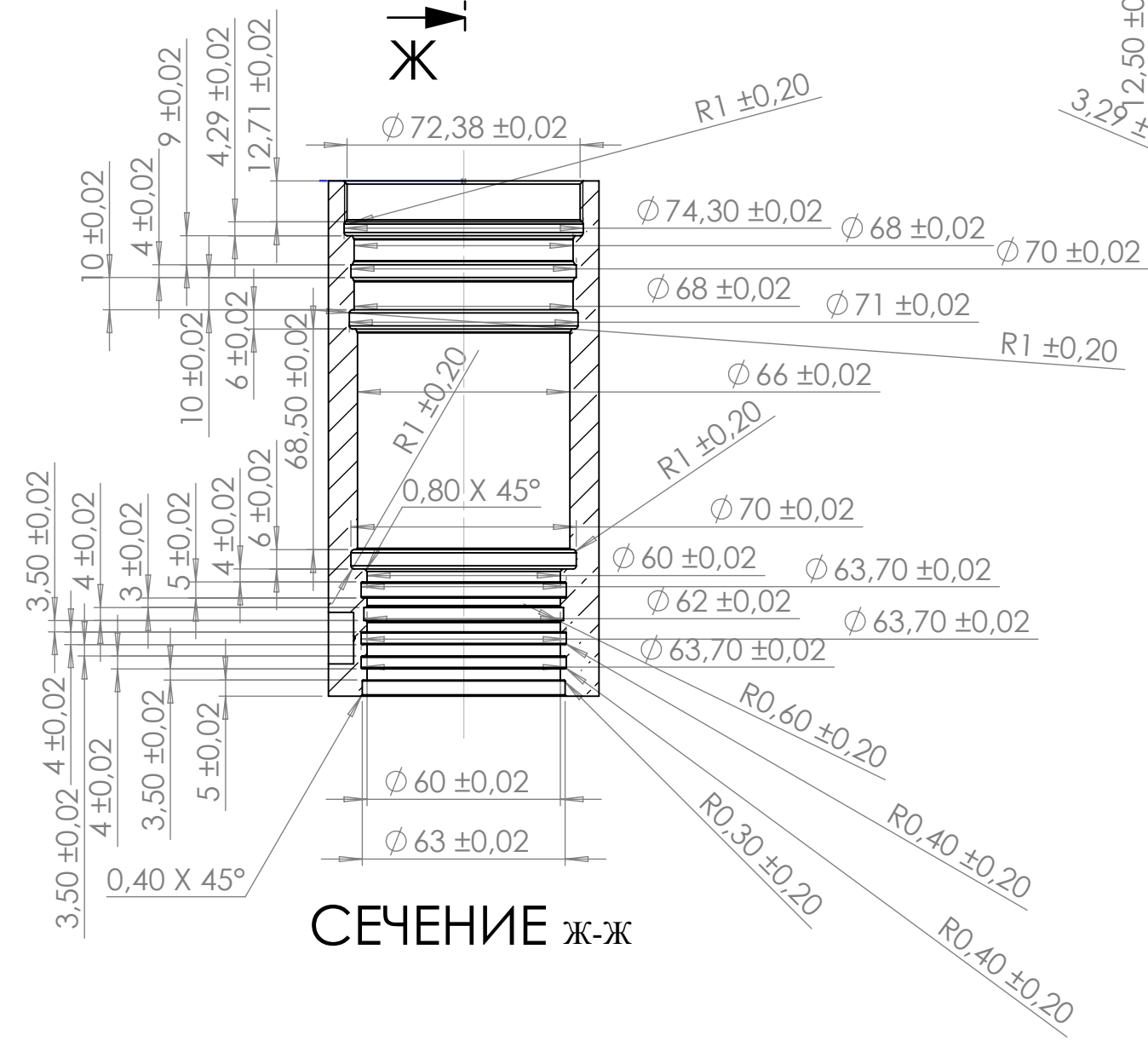
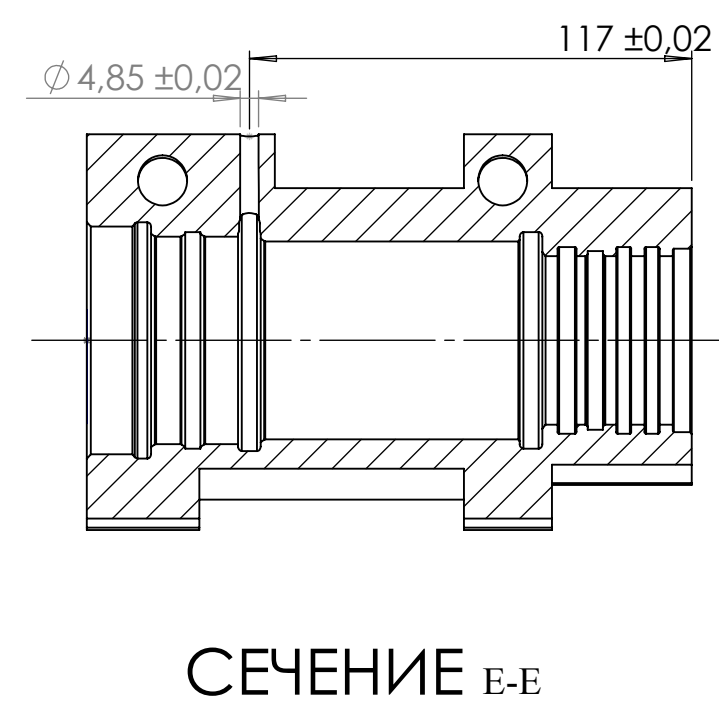
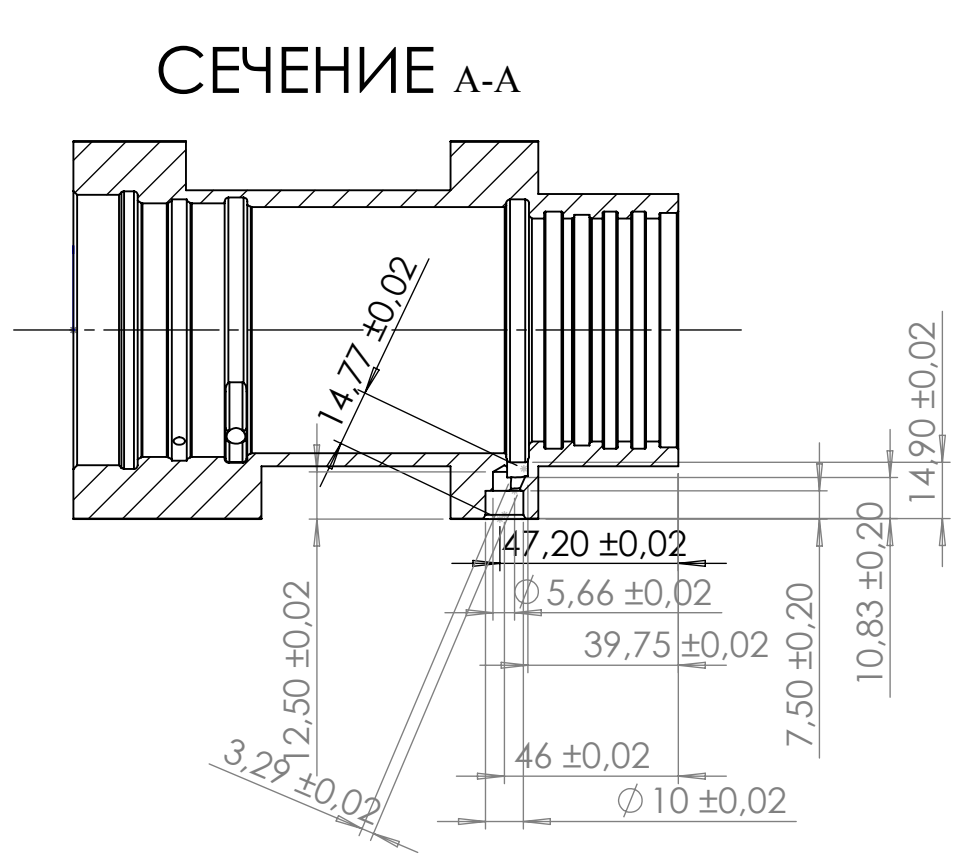
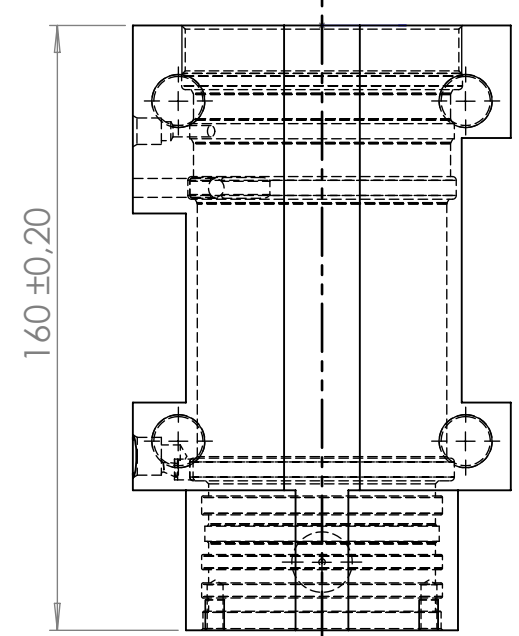
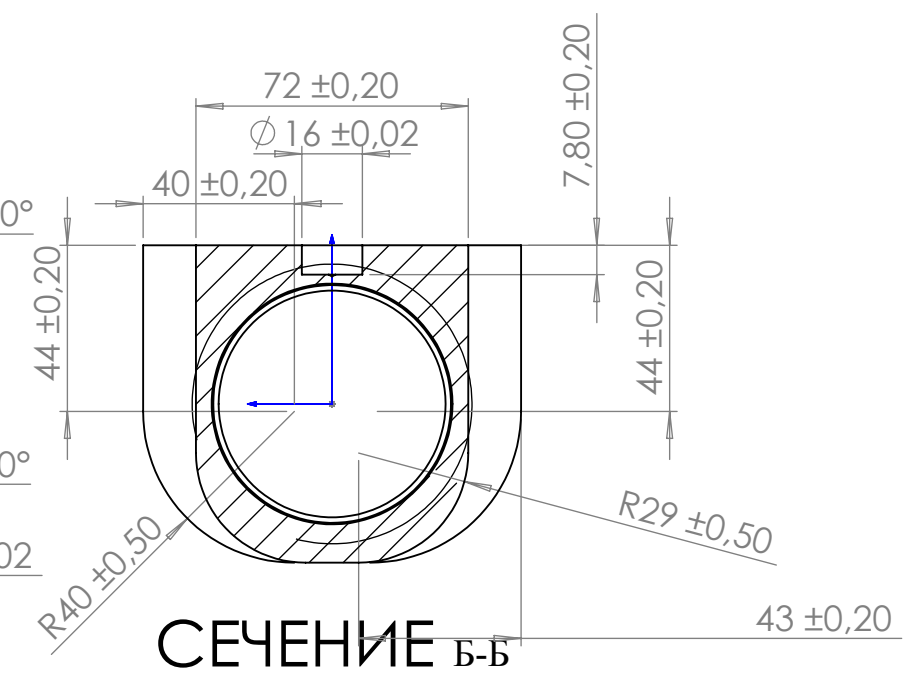
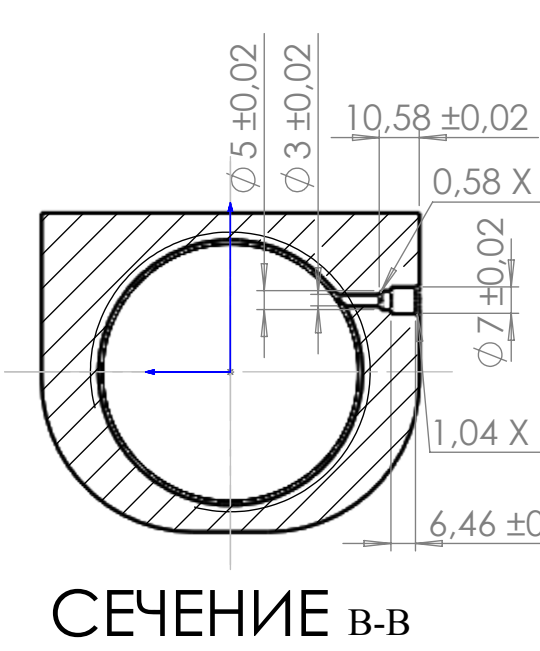
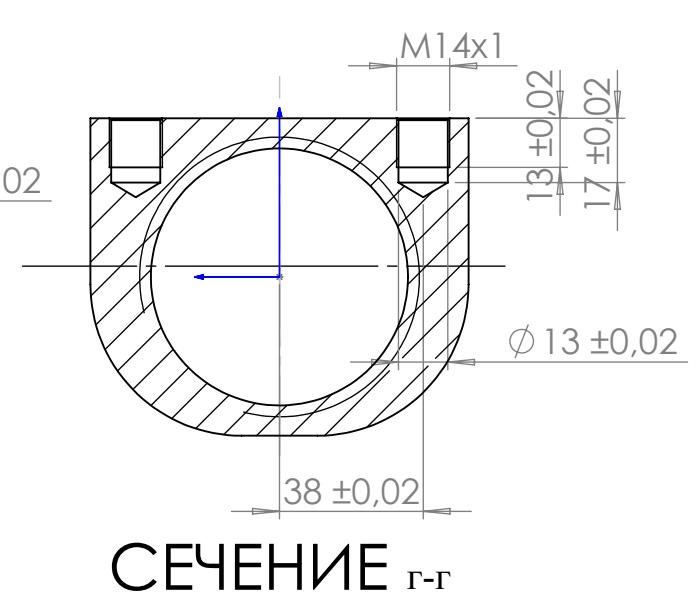
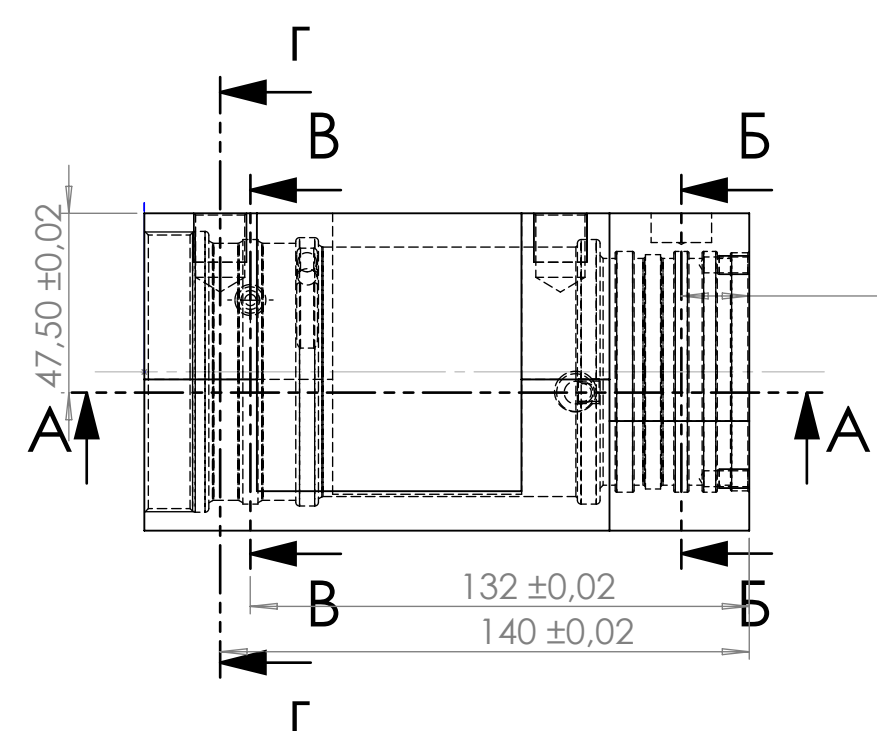
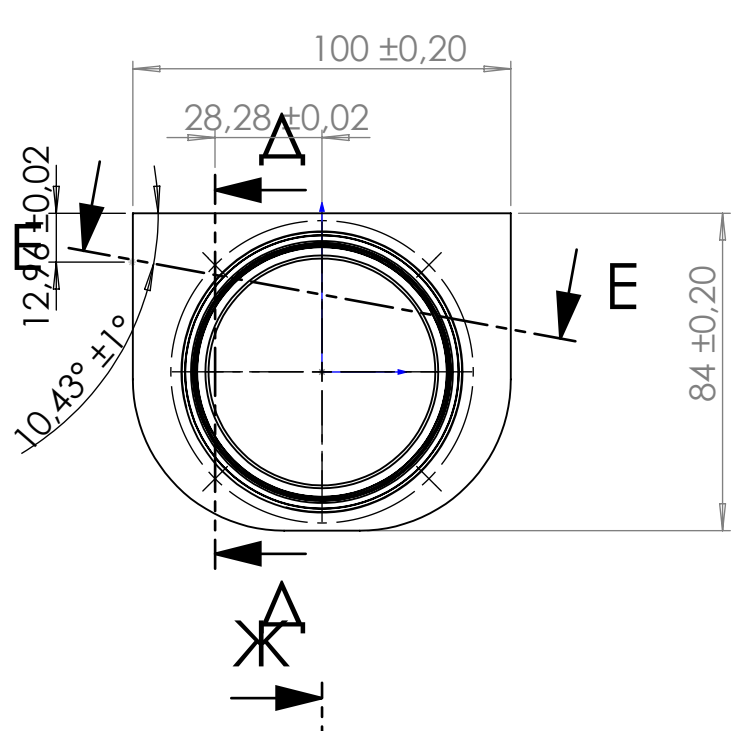


СЕЧЕНИЕ А-А



СЕЧЕНИЕ В-В

					К104.КРМ.1-96А.11.01.000.002			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПЛИТА	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шушаков Д.А.						1:2
Пров.		Майорова К.В.						
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.								
Утв.								

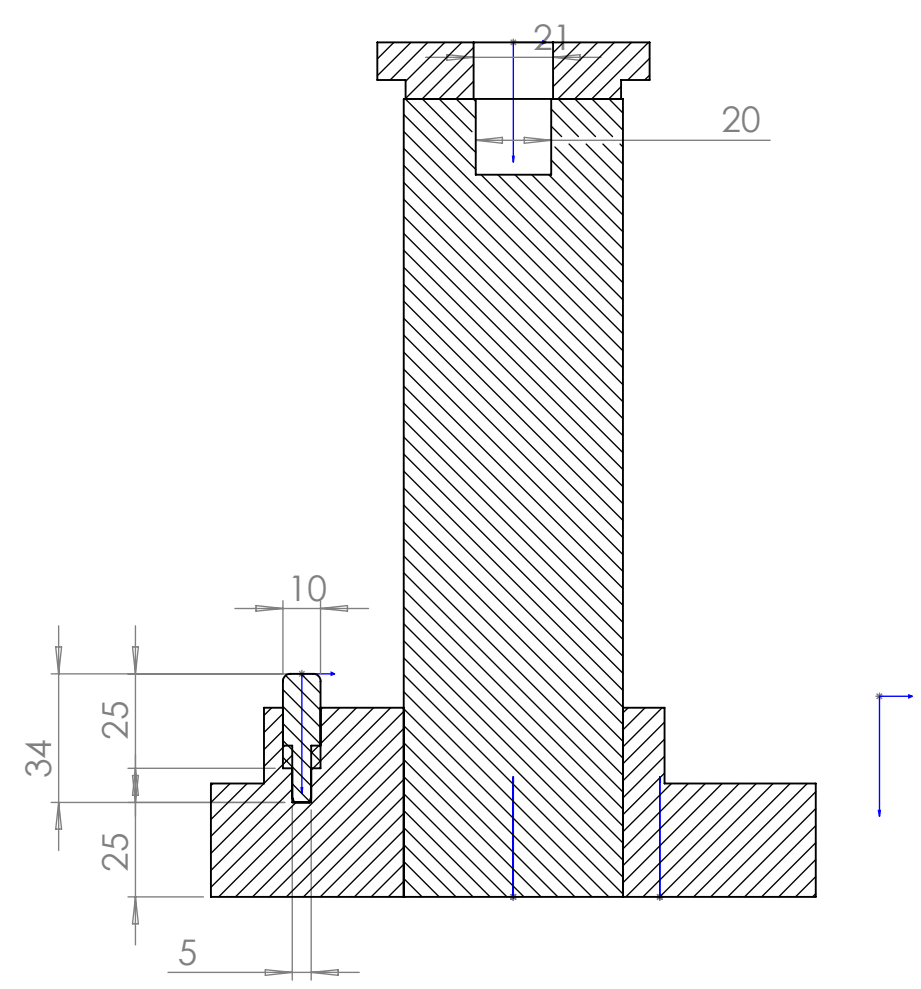
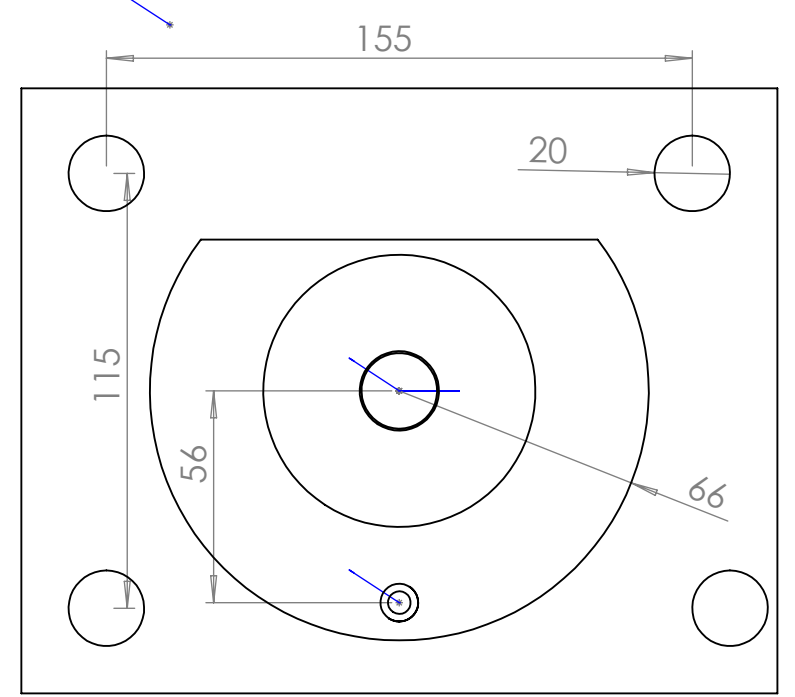
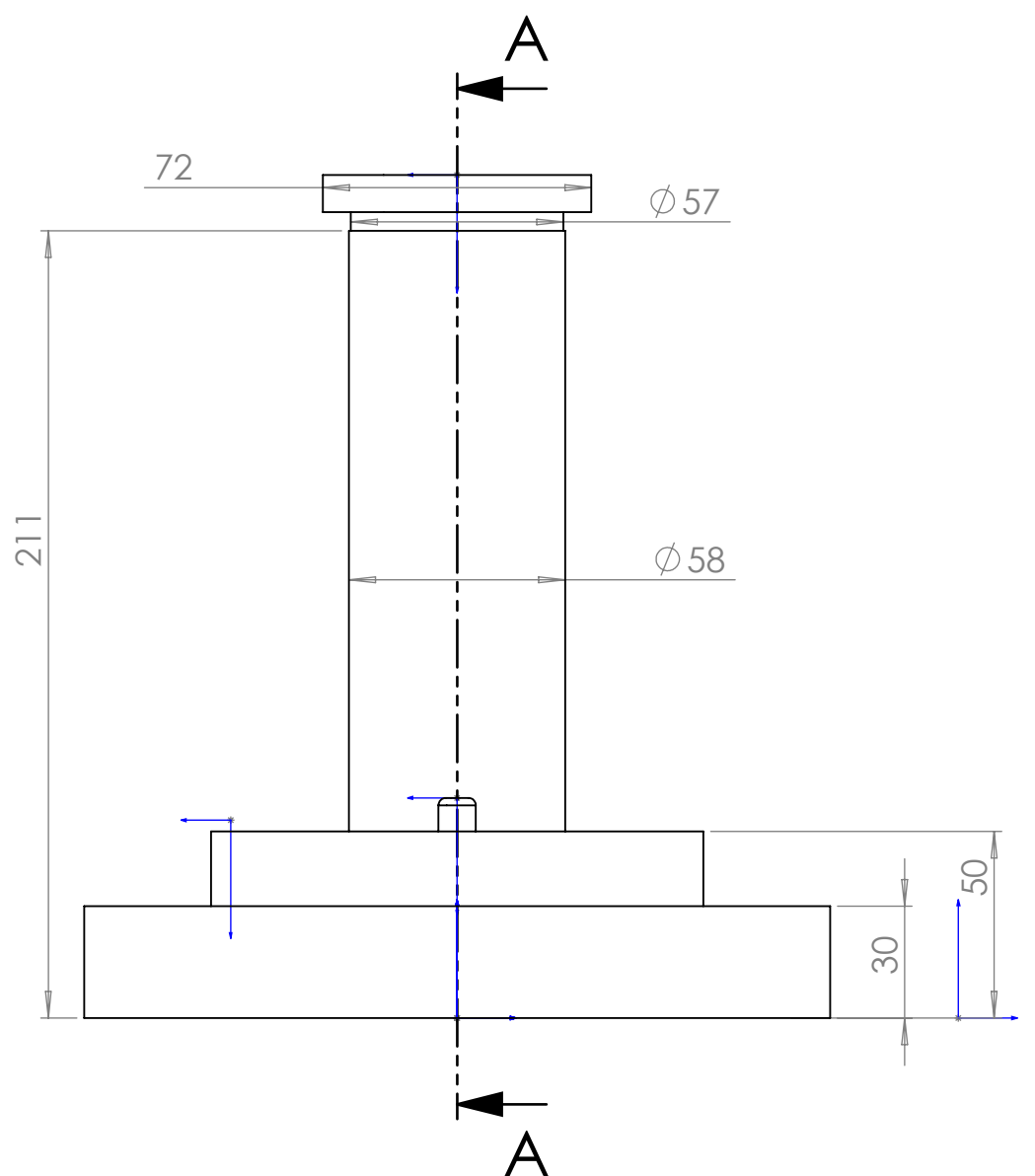


1. Неуказанные предельные отклонения размеров, допуски формы и расположение поверхностей - по ОСТ 1 00021-78.
2. Неуказанные радиусы сопрягаемых наружных поверхностей, образующие внутренние углы, выполнить $R(3 \begin{smallmatrix} +0.5 \\ -0.5 \end{smallmatrix})$ мм. Размеры обеспечить инструментом.
3. Сбеги, недорезы и фаски резьб по ОСТ 1 00010-81.
4. Внутренние каналы проверить на чистоту. Чистота рабочей жидкости после промывки должна быть не грубее пятого класса по ГОСТ 17216-2001.
5. Испытать на герметичность рабочей жидкостью АМГ-10 ГОСТ 6794-75 в течении 3 минут при давлении $P=(31.5^{+1})$ МПа. Герметичность - группа 1-7 ОСТ 1 00128-74.
6. Маткировать гравированием порядковый номер детали шрифт 1-3 ОСТ 1 00312-74 глубиной $(0,3^{+0.2})$ мм.

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инов. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инов. № подл.
---------------	----------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------

K104.KPM.1-96A.11.01.000.000

Корпус				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Шушаков Д.А.			3,75	1:2
Пров.		Майорова К.В.				
Т. контр.					Лист 1	Листов 1
Н. контр.						
Утв.						
105 ГОСТ 2591-2006 314X17H2 ТУ 14-1-37-72				гр.163		



СЕЧЕНИЕ А-А

Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.

K104.KPM.1-96A.11.01.000.0003Б								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Складання пристосування	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шушаков Д.А.							1:2
Пров.	Майорова К.В.					Лист 1	Листов 1	
Т. контр.								
Н. контр.								
Утв.								

Справ. №

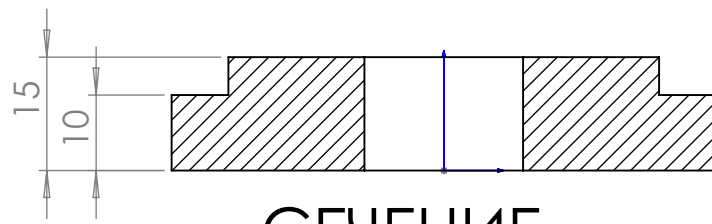
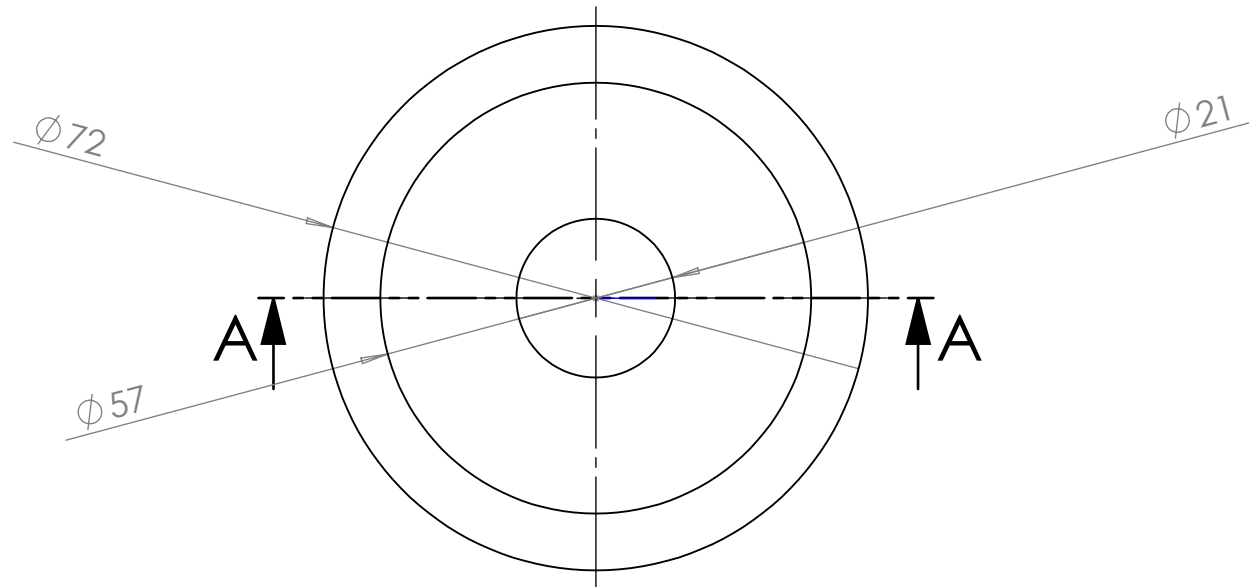
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



СЕЧЕНИЕ А-А

					К104.КРМ.1-96А.11.01.000.004			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шайба	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шушаков Д.А.						1:1
Пров.		Майорова К.В.						
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.								
Утв.								