Івано-Франківський національний технічний університетнафти і газу

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Гаврилюк Михайло Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Проектування технології виготовлення деталі
" Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап"

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Борущак Л.О., доцент кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
професор Присяжнюк П.М.
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів іншихавторів мають посилання на відповідне джерело

м.Івано-Франківськ-2026 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«____» _____20__

року

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Гаврилюку Михайлу Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи __Проектування технології виготовлення деталі "Кришка 224.30.10.153 зап "

керівник роботи доцент кафедри КМВ Борущак Л.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "__"_____ 2026 року №_____

2. Строк подання студентом роботи _15 червня_ 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи __креслення деталі, серійність виробництва

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Технологічна частина (аналіз деталі, вибір заготовки, розробка маршруту виготовлення, розрахунок припусків та режимів різання для окремих переходів_техпроцесу). __Конструкторська частина (проектування верстатного пристрою). Розробка операції на верстат з ЧПК та складання керуючої програми

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)___

Креслення деталі та заготовки, 3D моделі деталі, заготовки, складальне креслення верстатного пристрою, карти налагодження на токарну і фрезерно-свердлильну операції з ЧПК, кадри обробки деталі на верстаті з ЧПК та керуюча програма

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Доцент кафедри КМВ Борущак Л.О.		

7. Дата видачі завдання _15 березня 2026 р.___

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз	28.03.2026	
2	Проектування технології виготовлення деталі	20.04.2026	
3	Проектування технологічного оснащення	20.05.2026	
4	Розробка технології автоматизованої обробки	01.0.2026	
5	Пояснювальна записка	04.06.2026	
	Графічна частина	10.06.2126	

Студент _____ _Гаврилюк М.І._____

Керівник _____ _Борущак Л.О.____

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційної бакалаврської роботи: “Технологічний процес механічної обробки “Кришки лабіринтної 224.30.10.153 зап”

Розрахунково-пояснювальна записка: 60 сторінок, 22 рисунки, 8 таблиць, 9 посилань, 5 аркушів формату А4 додатків.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1.

Обєкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап”.

Мета роботи – розробити технологічний процес механічної обробки кришки лабіринтної 224.30.10.153 зап для виготовлення деталі в умовах серійного виробництва з мінімальними затратами, спроектувати спеціальний верстатний пристрій, технологічну операцію і керуючу програму для верстата з ЧПК.

Відповідно поставленій задачі **у** роботі проведений детальний аналіз конструкції деталі, методу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. По висновках проведеного аналізу та рекомендаціях літературних джерел розроблено оптимальний маршрут механічної обробки даної деталі для заданого типу виробництва, відповідно якому пораховано припуски, розраховано режими різання та нормування операцій.

Як результат, в технологічному плані пропонується обробити кришку за дві верстатних операції.

Для встановлення і закріплення деталі на верстаті з ЧПК спроектовано спеціальний верстатний пристрій із пневматичним приводом, працездатність якого підтверджено розрахунками, наведеними в 2-му розділі пояснювальної записки. В додатках наведена уся необхідна технологічна документація.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *заготовка, деталь, технологічний процес, режими різання, швидкість різання, сила різання, операція, інструмент, обладнання, пристрій, сила затиску.*

Студент: Гаврилюк М.І.

ANNOTATION

of qualifying bachelor's thesis: "Technological process of machining “Labyrinthine lids 224.30.10.153 parts"

Calculation and explanatory note: 60 pages, 22 figures, 8 tables, 9 links, 5 sheets of A4 enclosures.

Graphic part: 4 sheets of A1 format.

The object of study is the technological process of machining.

The subject of research is the detail "Bracket PM-059.00.002/24".

The purpose of the work is to develop a technological process for machining a labyrinth cover 224.30.10.153 for manufacturing parts in mass production conditions with minimal costs, to design a special machine tool, a technological operation and a control program for a CNC machine tool.

In accordance with the task the analysis of the design of the part, the method of obtaining the workpiece and the route of machining was carried out. According to the conclusions of the analysis and recommendations of literary sources, the optimal route of mechanical processing of this part was developed for a given type of production, accordingly which the allowances are calculated, the modes of cutting and normalization of operations were calculated.

As a result, in the technological plan it is proposed to machine the cover in two machine operations

A special machine tool with a pneumatic drive, whose performance is confirmed by the calculations given in the 2nd section of the explanatory note, has been designed to install and secure the part on a five-coordinate machine with the CPC. The annexes provide all the necessary technological documentation.

The results of the work can be used at the machine-building industry.

Keywords: *workpiece, part, technological process, cutting modes, cutting speed, cutting force, operation, tool, equipment, device, clamping force*.

Student: M.Havryliuk

Зміст

Вступ …….

1. Технологічний розділ ……..……

1.1 Аналіз конструкції деталі і технічних вимог ……..…….

1.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність …….

1.3 Річна програма випуску та розмір партії деталей ……..…

1.3.1 Організаційні умови виробництва

1.3.2 Розрахунок програми випуску та розміру партії деталей

1.4 Проектування способу отримання заготовки ……..…..

1.6 Проектування технології механічної обробки кришки лабіринтної ……

1.7 Розрахунок припусків на механічну обробку…….……...

1.8 Розрахунок та вибір режимів різання ……..……..

1.9 Проектування технологічної операції в системі Fusion 360……..

2. Конструкторський розділ…….……..

2.1 Розробка верстатного пристрою для фрезерного верстата з ЧПК……

2.1.1 Конструкція та робота пристрою……...…..

2.1.2 Визначення сили затиску та параметрів пневматичного приводу ….....

2.1.3 Розрахунок на міцність елементів пристрою…….

Висновок…….

Перелік використаних джерел…….

Додатки……..

					БР.ПМ-277.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гаврилюк М.І			*Пояснювальна записка*	Літ.	Арк. 2 / Аркушів
Перевір.		Борущак					
Реценз.		Борущак Л.О.				ІФНТУНГ ПМ-22-1	
Н. Контр.		Борущак Л.О.					
Затверд.		Присяжнюк П.М.					

Вступ

На інженерів спеціальності “Прикладна механіка” покладається важливе завдання в галузі металообробки – проектування нових технологій із застосуванням сучасних високоточних і високопродуктивних верстатів з ЧПК.

В умовах війни з Росією інженери-механіки не тільки повноцінно виконують завдання по створенню та виробництву сучасного озброєння, техніки і транспорту, але й героїчно воюють на фронті.

Пройшовши фахову підготовку бакалавра за вказаною спеціальністю, я розробив технологічний процес виготовлення важливої деталі ходової частини залізничного рухомого складу – кришки лабіринтної.

Запропонований технологічний процес ґрунтується на використанні автоматизованих верстатів з ЧПК і пристрою з пневмоприводом. Вважаю, що подані у роботі рішення можуть мати практичну цінність на виробництві, де в даний час виготовляють такі деталі – Івано-Франківському локомотиворемонтному заводі.

1 Технологічний розділ

1.1 Аналіз конструкції деталі і технічних вимог

За класифікацією Ф. С. Дем'янюка деталь «Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап» можна віднести до типу диска. Вказана кришка є складовою букси колісної пари рухомого складу колійної техніки. Кришка фіксує стакан, у якому змонтований підшипник.

Заготовку деталі отримують Способами отримання заготовки кришки згідно конструкторської документації можуть бути кування (для сталі Ст 3 сп5) або ж литво у земляні форми (для сталей марок 20Л та 25Л). Спосіб литва відзначається достатньою якістю та металу і невисокою вартістю.

Контури кришки (рис.1.1) мають форму ступінчастого диска з центральним отвором 1 Ø196,5H11 мм довжиною 20 мм і трьома канавками 13 радіусом 1,5 мм. У верхньому торці проточено дві торцеві канавки 16 прямокутного профілю діаметрами 245,5H11 та 221,5H11 шириною 7 і глибиною 11 мм. У фланці кришки концентрично зроблені шість отворів 14 Ø21 мм. Нижній (за ескізом) виступаючий бурт має шість прямокутних радіальних пазів 17 шириною 25 мм і глибиною 15 мм. Для виходу різця між торцем 9 і циліндричною поверхнею 7 зроблено фасонну виточку 19.

У деталі 224.30.10.153 зап не підлягають механічній обробці різанням тільки зовнішня циліндрична поверхня 10 та внутрішня циліндрична поверхня 18 і торець 4 з радіусною галтеллю 18.

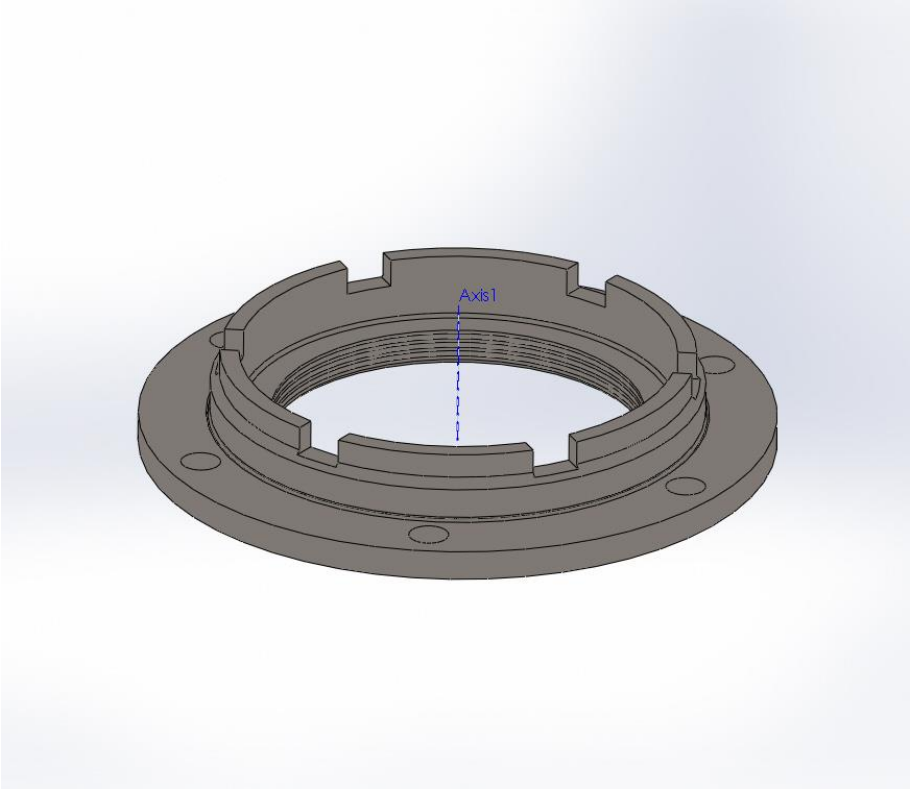
Ескіз кришки з номерами поверхонь показаний на рис. 1.1.

Зробимо аналіз поверхонь по точності та шорсткості.

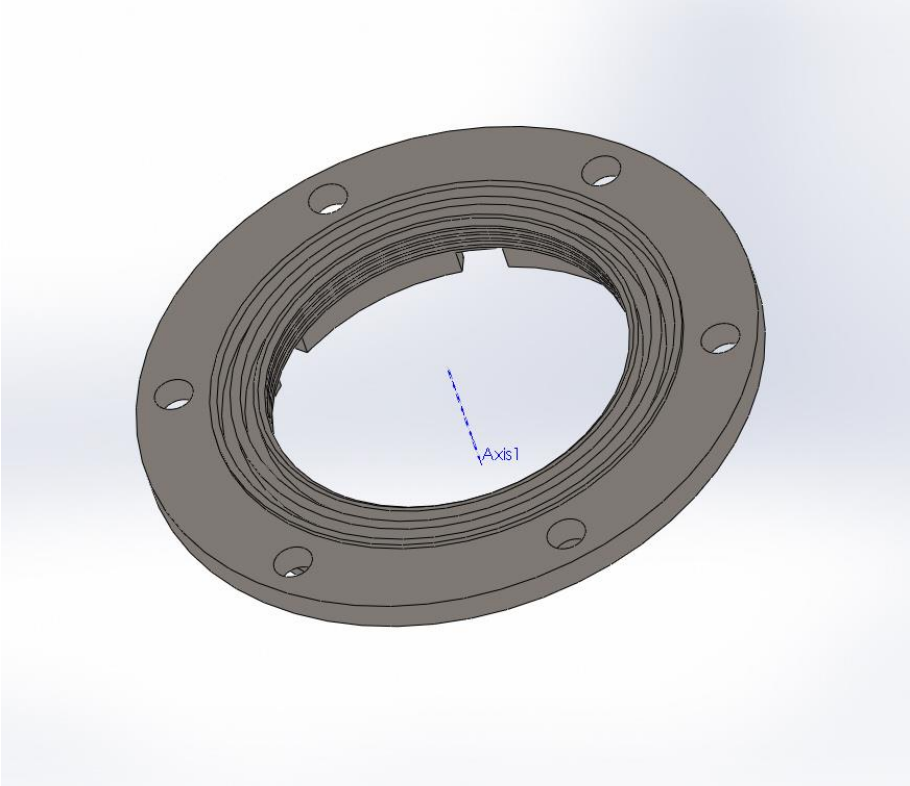
Поверхні з найвищою точністю і шорсткістю:

- циліндрична посадочна поверхня ø260f9 мм - 9 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- поверхня циліндричного отвору ø196,5H11 мм 11 квалітет, – Ra 6,3 мкм;
- циліндричні поверхні торцевих канавок глибиною 11 мм – 11 квалітет, Ra 6,3 мкм
- верхній і нижній торці кришки товщиною $55h11_{-0,19}$ мм 11 квалітет;.

- решта поверхонь 14 квалітет Ra 12,5 мкм.



а)



б)

Рис. 1.1 – Зовнішній вигляд деталі «Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап»

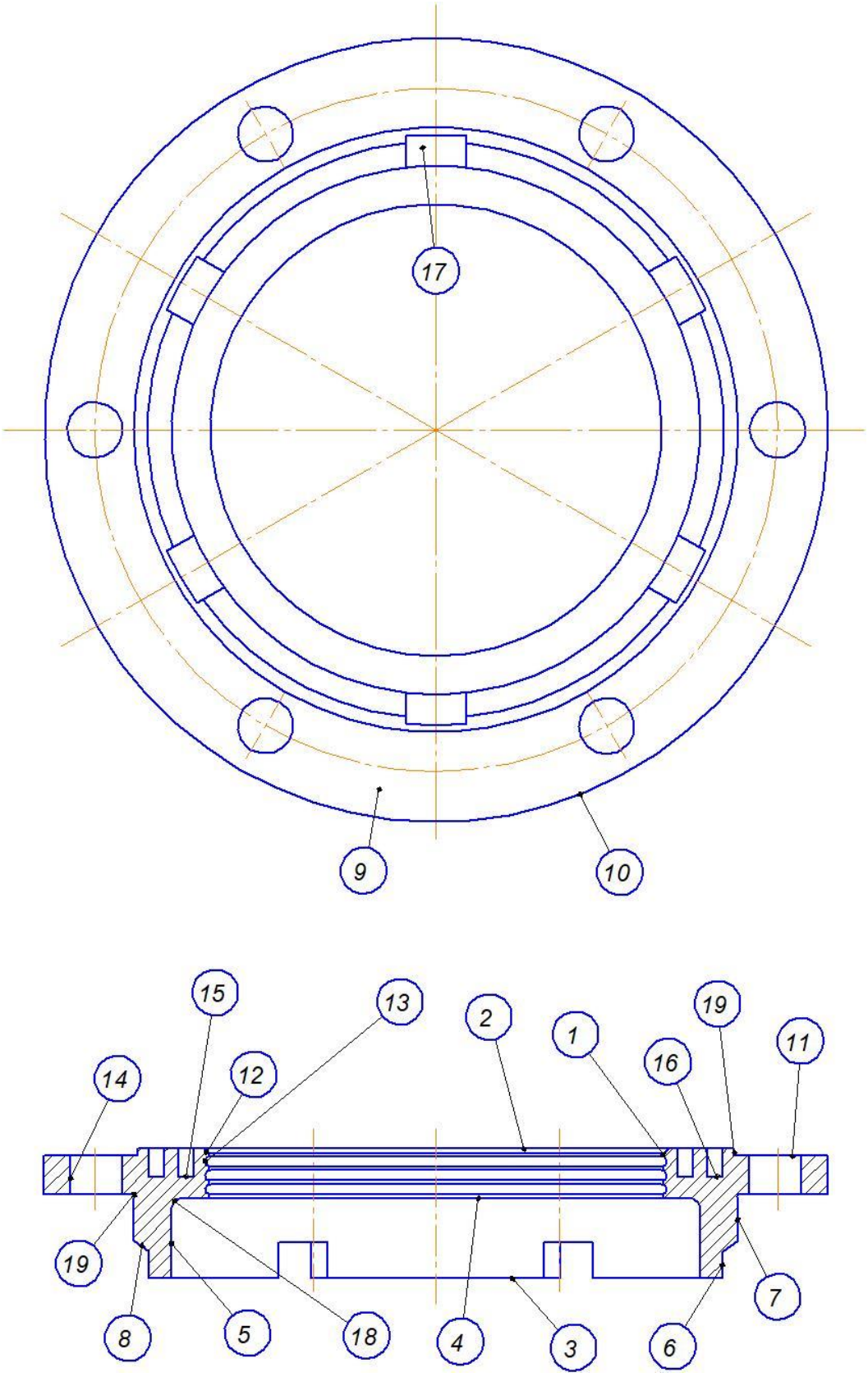


Рис.1.2 - Ескіз деталі «Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап» з номерами поверхонь

Габаритні розміри деталі: Ø335х535 мм. Маса – 9 кг.

Хімічний склад сталі 20Л вказаний у таблиці 1.1.

Механічні властивості вказані у табл. 1.2.

Основні параметри поверхонь кришки лабіринтної наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20Л **ДСТУ 7809**

C	S	P	Mn	Cr	Cu	Si	Ni
0,17 – 0,24	≤0,040	≤0,035	0,35 – 0,65	≤0,25	≤0,30	0,17 – 0,37	≤0,30

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 20Л після нормалізації **ДСТУ 7809**

$\sigma_в$, МПа	KCU Дж/м^2	Ψ, %	$\delta_в$, %	$\sigma_{0,2}$, МПа	НВ	Розміри січення для випробування
Не менше						
410	44,7	50	25	245,5	140…145	50

Таблиця 1.3 – Характеристика поверхонь кришки лабіринтної 224.30.10.153 зап

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розмір, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми та розміщення	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Внутрішня циліндрична поверхня. Виконавча поверхня.	Ø255	11	11	Ra 6,3
2	Плоский торець. Технологічна, конструкторська база.	Ø255	h11	0,19	Ra 6,3

3	Плоский торець. Технологічна, конструкторська база.	Ø250	14	14	Ra 12,5
4	Плоский торець. Вільна поверхня.	Ø226	14	14	Ra 12,5
5	Внутрішня циліндрична поверхня.	Ø230	14	14	Ra 12,5
6	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня	Ø250	14	14	Ra 12,5
7	Зовнішня циліндрична поверхня. Приєднувальна поверхня. Технологічна база.	Ø260	9	9	Ra 2,5
8	Зовнішня конічна поверхня	45°	14	14	Ra 12,5
9	Плоский торець. Технологічна база. Приєднувальна поверхня	Ø260 -250	14	14	Ra 6,3
10	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня	Ø335	14	14	Ra 12,5
11	Плоский торець. Технологічна, конструкторська база.	Ø335 - Ø255	14	14	Ra 6,3
12	Конічна фаска. Вільна поверхня.	3x45°	14	14	Ra 6,3
13	Внутрішня радіусна канавка. Виконавча поверхня	R1.5	14	14	Ra 6,3
14	Циліндричний отвір. Виконавча поверхня	Ø21	14	14	Ra 6,3
15	Кільцева торцева канавка. Виконавча поверхня	Ø245,5	12	12	Ra 6,3
16	Кільцева торцева канавка. Виконавча поверхня	Ø221,5	12	12	Ra 6,3
17	Радільний паз. Виконавча поверхня	25x15	14	14	Ra 6,3
18	Внутрішня радіусна поверхня. Вільна поверхня.	R2	14	14	Ra 12,5
19	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня	Ø255	14	14	Ra 12,5

1.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність

За даними заводської технології виготовлення деталі заготовка кришки лабіринтної отримується литвом із сталі марки 20Л в у разові піщані форми з ручним формуванням.

Конфігурація деталі проста, проте забезпечує достатню жорсткість конструкції. Базовий технологічний процес передбачає обробку поверхонь на універсальних верстатах – токарних, фрезерних, та свердлильному.

Площини торців (пов. 2, 3, 9 11), циліндричні та конічні поверхні (1, 6, 7, 8), торцеві канавки (15,16), внутрішні радіусні канавки (13), фаски (8. 12) обробляють на токарно-гвинторізних верстатах мод. 1М63. Радіальні пази (поверхні 17) обробляють на вертикально-фрезерному верстаті, кріпильні отвори (11) свердлять на радіально-свердлильному верстаті 2М55. Поверхні деталі обробляються з вільним доступом різального та вимірного інструменту, осі отворів перпендикулярні або ж паралельні до поверхонь технологічних баз. Кріпильні отвори свердлять у кондукторному пристрої з напрямними втулками.

Обробка торцевих маслоуловлюючих канавок дещо ускладнює технологію, бо потребує канавкових різців зі спеціальною геометрією задніх поверхонь різальної частини і уточнення режимів різання.

Жорсткість деталі під час обробки забезпечується пропорціями окремих елементів і товщиною стінок.

Отже, деталь лосить технологічна.

трьома коефіцієнтами:

- коефіцієнту уніфікації $К_у$

- коефіцієнту точності $К_т$

- коефіцієнту шорсткості $К_ш$.

Загальна кількість поверхонь – 20

з них механічну обробку проходять – 16

уніфікованих поверхонь – 14

Поверхонь за 14-м квалітетом точності – 12

Поверхонь за 11-м квалітетом точності – 7

Поверхонь за 9-м квалітетом точності – 1

Поверхонь по 5 класу шорсткості – 12

Поверхонь по 7 класу шорсткості – 6

Поверхонь по 8 класу шорсткості – 2

Визначаємо коефіцієнт уніфікації за формулою

$$Ky_{\Sigma} = \frac{Qy_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}}$$

де Q_{Σ} - загальна кількість оброблюваних поверхонь

Qy_{Σ} - кількість уніфікованих поверхонь

Ку = 14/20 = 0,7

За коефіцієнтом уніфікації деталь вважається технологічна, оскільки, Ку більший від допустимого 0,6.

Визначаємо коефіцієнт точності за формулою $Km = 1 - \frac{1}{Ac}$

де Ac – середній клас точності

$$Ac = \frac{1 \cdot n_1 + 2n_2 + \ldots + 19n_{19}}{n_1 + n_2 + \ldots + n_{19}}$$

$$Ac = \frac{12 \cdot 14 + 7 \cdot 11 + 1 \cdot 8}{20} = 12{,}6$$

$$k_m = 1 - \frac{1}{12.6} = 0.91$$

Оскільки $k_m > 0{,}8$, то по цьому параметру деталь технологічна.

1.3 Річна програма випуску та розмір партії деталей

1.3.1 Організаційні умови виробництва

Тип виробництва –серійний, маса деталі 9,16 кг.

Режим роботи підприємства

Дійсний річний фонд робочого часу обладнання $F_д = 1800$ год

Число робочих днів у році: F = 254 днів.

Періодичність запуску партій деталей у виробництво [6,с.23]:

Рекомендується 3, 6, 12, 24, приймаємо а = 12днів.

Дійсний фонд робочого часу обладнання за 1 зміну: $F_o = 480$хв.

Нормативний коефіцієнт завантаження верстатів: 0,8

Коефіцієнт серійності:

Для заданого типу виробництва, серійного: $20 < K_с \leq 40$

Приймаємо $K_с = 24$

1.3.2 Розрахунок програми випуску та розміру партії деталей

Таблиця 1.4 – Трудомісткість операцій обробки деталі

Номер операції	Назва операції	$T_о$, хв	$T_{шт}$, хв
005	Токарна з ЧПК	16,27	24,55
01	Вертикально-фрезерна з ЧПК	11,8	22,3

Число операцій обробки: n = 2

Сумарний штучний час, хв.: Σ Тшт = 44,85

Середній штучний час, хв.: Тшт.сер. = Σ Тшт /n = 44,85/ 2 = 22,43 хв

такт випуску деталей, хв.:

tв = Кс х Тшт.сер = 24 х 22,43 = 538,32 хв.

Річна програма випуску деталей, штук за рік:

- розрахункова:N = Fд х 60 / tв = 1800 х 60/538,32 = 200,62
- для деталі невеликої маси і середніх габаритів для серійного виробництва приймаємо: N = 200 шт.

Розрахункова кількість деталей в партії, шт.:

nр = N х a/F = 200 х 24/254 = 5,67

Приймаємо n = 6.

Розрахункове число змін для обробки партії:

Ср = Тшт.сер. х n / (Fo х 0.8) = 22.43 х 6 /(480 х 0.8) = 0,345

Прийнята кількість змін: $C_{\text{пр}} = 1$

Прийнятий обсяг партії деталей, шт.:

Nд = 1 х 480 х 0,8 / 22,43 = 17,22

Приймаємо $n_д$ =17 шт.

1.4 Проектування способу отримання заготовки

Деталь “Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап” має конфігурацію ступінчастого диска з великим центральним отвором і периферійними кріпильними отворами та може виготовлятися виготовляється із сталей марок СТ3, 20Л або ж 25Л.

Спосіб отримання заготовки залежить від таких факторів, як матеріал, тип виробництва, розміри та конфігурація деталі, точність та чистота поверхонь деталі.

Основні вимоги до заготовки:

- форма заготовки повинна максимальне наближення її форми до форми готової деталі;

- мінімальна кількість оброблюваних поверхонь, а припуски при можливості мінімальні.

Оскільки виробництво серійне, то виготовляти кришку лабіринтну з прокату чи кованки є недоцільно. Оскільки допускається використання ливарних сталей, то вибираємо сталь 20Л, то за рекомендаціями [заг] заготовку отримуємо литвом у кокіль. Застосувати литво за витопними моделями недоцільно з причини високої вартості форм, а литво у піщано-глинисті форми з машинним формуванням не дає точності виливка і, відповідно, великі припуски на механічну обробку. Деталь не є складної конфігурації, тому кокільна форма не буде дорогою у виготовленні.

Оскільки деталь “Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап” відносно нескладної форми з більшістю оброблюваних поверхонь, остаточно вибираю литво в кокіль.

Розрахуємо розміри і показники точності вибраної заготовки.

За ГОСТ26645-85 обираю 7 –й клас точності, 2-й ряд припусків.

Вибираємо площину рознімання кокіля по правому (за кресленням) торцю фланця розміром Ø335 × Ø260 мм. Відливати заготовку в одній напівформі не є можливим з причини торцьового виступу на лівому торці деталі.

Встановимо значення припусків на механічну обробку

Додатковий припуск, що компенсує відхилення розташування елементів виливка: жолоблення, зміщення по площині рознімання і т. д. не призначаємо, бо Оскільки максимальне граничне відхилення розміщення поверхонь не перевищує половину допуску на відповідний розмір виливка, то додаткового припуску не призначаємо. Мінімальна товщина стінок деталі – 10мм, що підтверджує правильність вибору(ст..13, [заг]).

Табл. 1.5 Визначення припусків заготовки, отриманої литвом в кокіль

Розмір, мм	Квалітет	Клас точності	Допуск мм	Припуск на сторону, мм	Додатковий припуск на сторону, мм	Прийнятий розмір, мм
55h11	11	7	±0,4	1,6	0,1	58,4±0,4
16	14	7	±0,28	1,5	0,2	19,4±0,28
35	14	7	±0,4	1,8	-	34,2±0,4
Ø 196,5 H11	11	7	+1,1	2,0	0,2	$Ø\ 192,1^{+1,4}$
Ø230	14	7	±0,55	2,2	0,2	Ø 225±0,55
Ø250	14	7	-1,2	2,0	-	$Ø\ 254_{-1,2}$
Ø255	14	7	-1,4	2,0	0,3	$Ø\ 260,2_{-1,4}$
Ø260f 9	9	7	-1,2	2,2	0,8	$Ø266_{-1,2}$
Ø335	14	7	-1,4	2,4	-	$Ø339,8_{-1,4}$

Призначаємо ливарні ухили для виливка в кокіль рівними 7°.

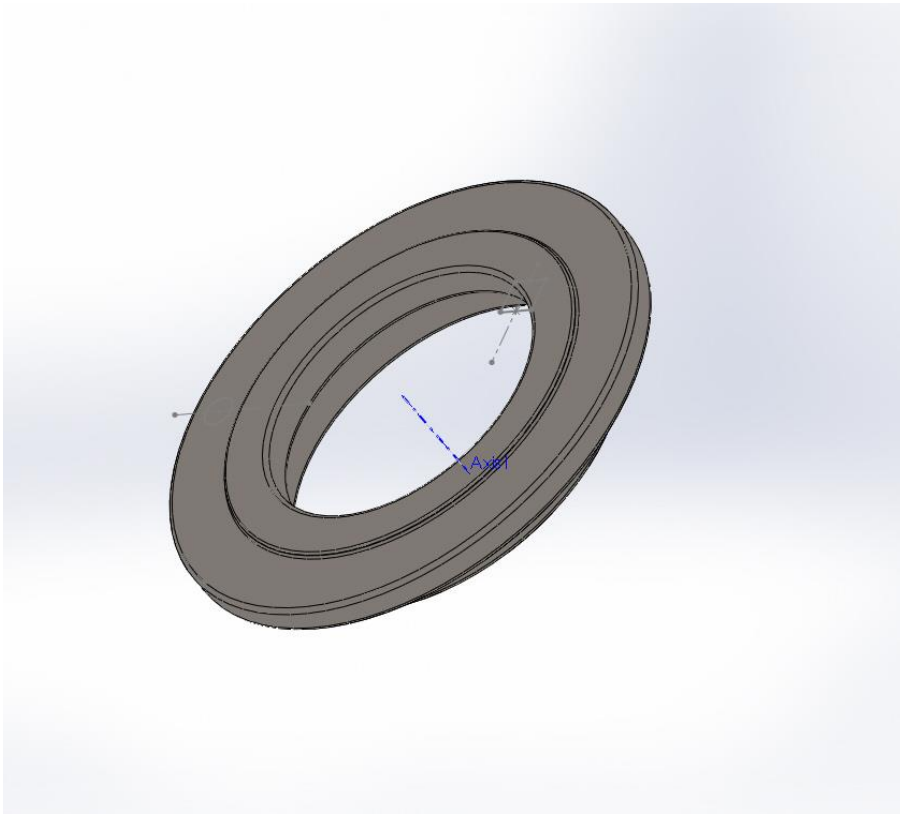
Щоб знайти коефіцієнт використання матеріалу, скористаємось 3D моделями деталі (п. 1.1 записки, рис.1.2) та її заготовки (рис.1.**ЧЧЧ**).

Об´єми готової деталі і заготовки рівні відповідно 1175 і 1752 $см^3$, а маси 9,16 та 13,67 кг відповідно.

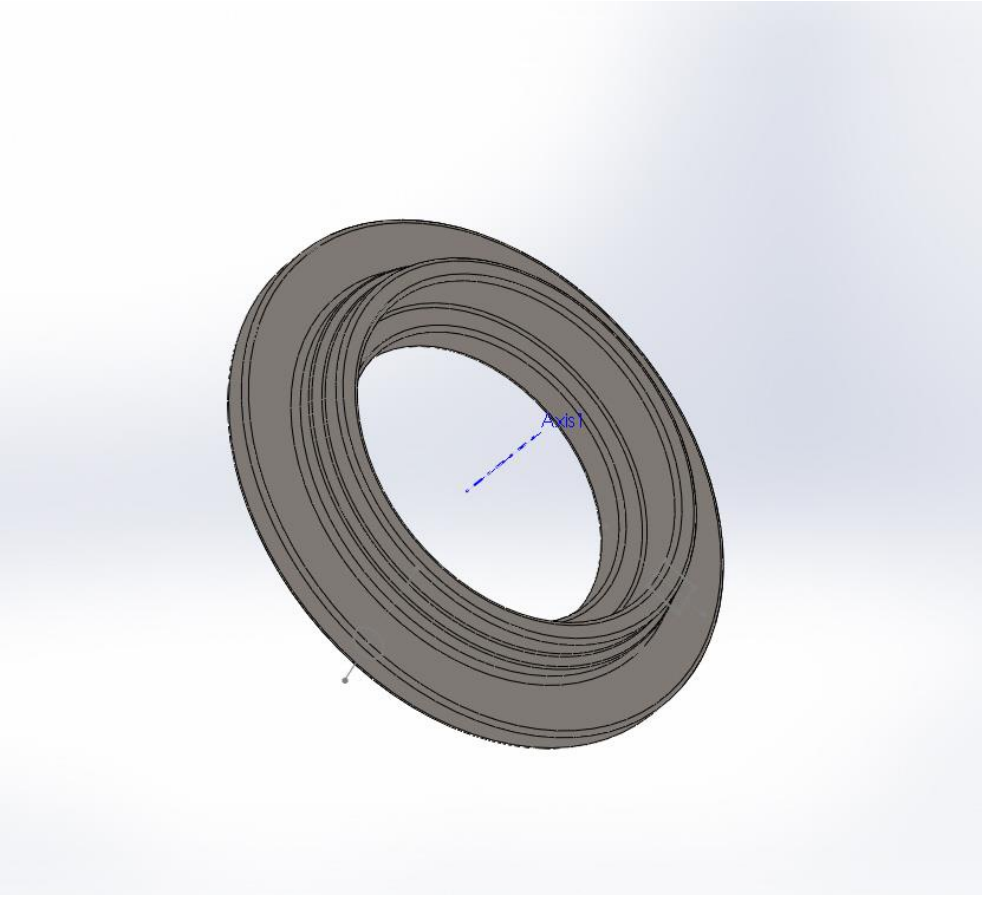
Таким чином, коефіцієнт використання матеріалу для кокільної заготовки становитиме

$К=М_д/М_з=9,16 /13,67 =0,67.$

Таке значення нас в основному задовільняє. Додаткові втарати металу спричиняються оброблюваними шістьма отворами у фланці та торцьовими пазами, які не можна отримати литвом з потрібною точністю.



а)



б)

Рис 1.3 – 3D модель заготовки кришки лабіринтної, виготовленої литвом в кокіль

Виконуємо ескіз заготовки для литва в кокіль (рис.1.4)

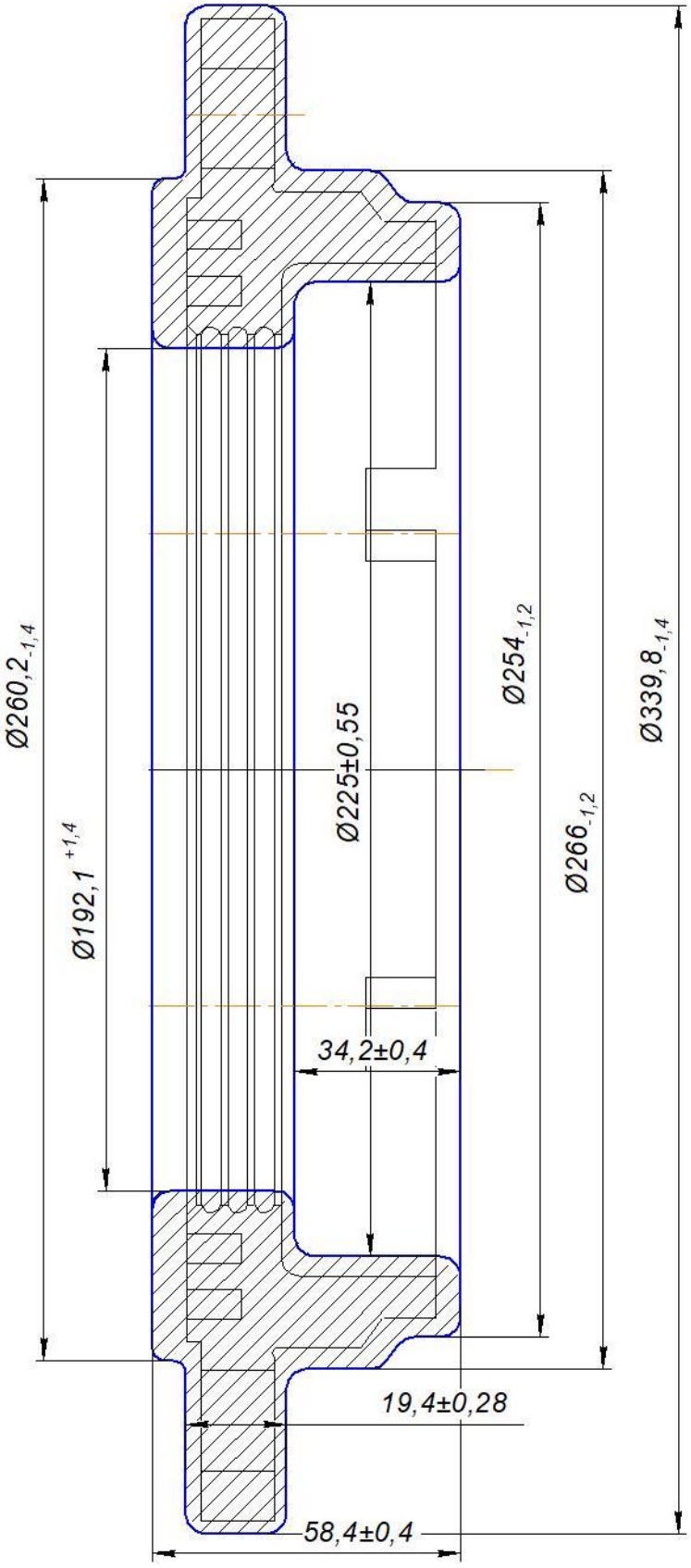


Рис. 1.4 – Ескіз заготовки кришки лабіринтної

1.5 Проектування технології механічної обробки кришки лабіринтної

Вихідними даними для проектування нашої технології є креслення деталі та серійність виробництва. При цьому потрібно забезпечити достатню точність обробки при мінімальній собівартості виготовлення деталі.

Проаналізуємо технологічні варіанти обробки кришки 224.30.10.153 зап на металорізальному обладнанні.

Всі поверхні деталі можна обробити на стандартному обладнанні нормалізованим інструментом, за винятком торцьових і внутрішніх радіусних канавок (поверхні 15, 16 та 13 відповідно).

Усі концентричні поверхні обертання – як зовнішні, так і внутрішні- можна обробити на верстатах токарної групи, у яких достатня висота осі шпинделя для обробки.

Токарну обробку кришки можна виконати на одній операції за два установи – спершу обробка поверхонь обертання ліворуч від правого торця фланця, центральний отвір з фаскою і радіусні канавки (розмір $16_{-0,5}$ мм), а за другим установом – праві зовнішні та внутрішні поверхні обертання. При точінні поверхні Ø260 f9 мм закріплення деталі по чистових базах (Ø335 і лівий торець), а також точність верстата забезпечують вимогу радіального биття поверхонь торцьових канавок відносно поверхні Г (за кресленням).

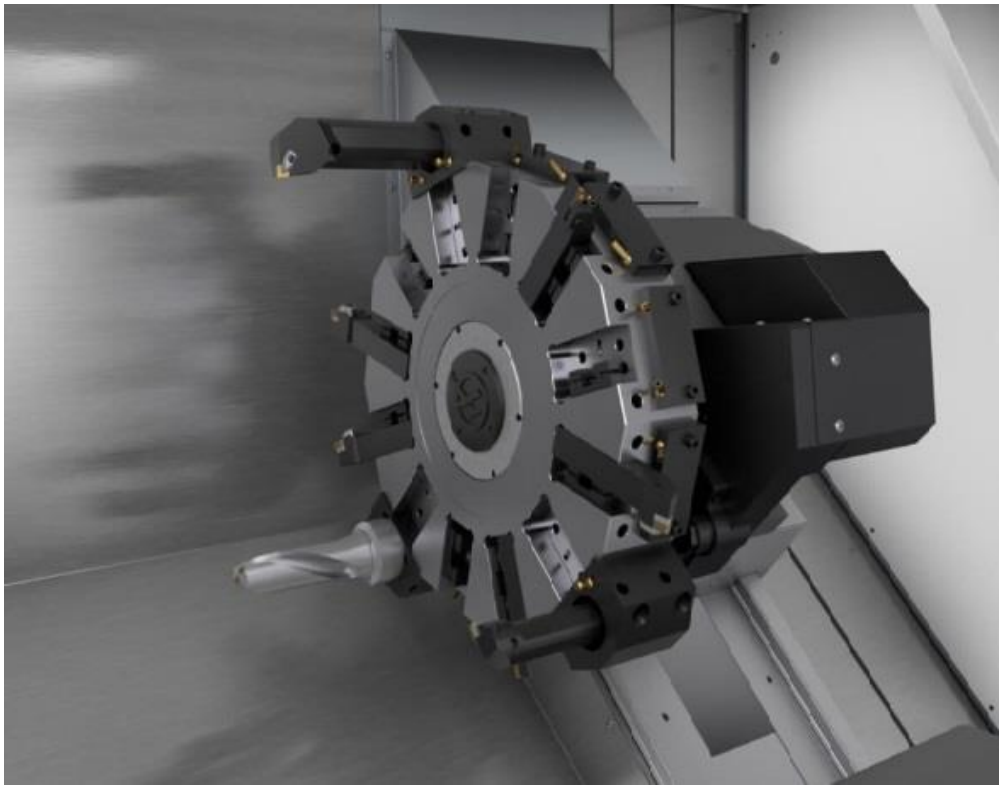
Обробку радіальних пазів шириною 25 мм, як і шести отворів під кріплення Ø 21 мм доцільно виконати на вертикально-фрезерному верстаті.

Для умов серійного виробництва вибір верстатів з ЧПК буде технологічно і економічно обґрунтованим.

Для токарної обробки приймаємо горизонтально-токарний верстат моделі HAAS ST-15Y, а для фрезерної – вертикально-фрезерний верстат моделі KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER.

Зовнішній вигляд верстатів показаний на рис. 1.5 та 1.6, а технічні характеристики – в табл..1.5 та 1.6 відповідно.

а)



б)

Рис. 1.5 – Зовнішній вигляд токарного верстата з ЧПК HAAS ST-15Y (а) та його револьверна головка (б)

а)

Рис. 1.6 – Зовнішній вигляд фрезерного верстата з ЧПК KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER 15Y (а) та його робоча зона (б)

Таблиця 1.5 - Характеристики токарного верстата з ЧПК

№ з/п	Параметр	Значення
1	Переміщення по осі X	200 мм
2	Переміщення по осі Y	±51 мм
2	Переміщення по осі Z	406 мм
3	Розмір патрона	2105 мм
4	Найбільший діаметр прутка	64 мм
5	Максимальний діаметр деталі, що обробляється	419 мм
6	Максимальний діаметр обробки (в залежності від поворотної головки)	279 мм
7	Прискорені переміщення по осях X і Y	12 м/хв
8	Прискорені переміщення по осях Z	30.5 м/хв
8	Максимальне тягове зусилля по осі X	10,676 кН
	Максимальне тягове зусилля по осі Y	10,231кН
	Максимальне тягове зусилля по осі Z	16,458 кН
9	ГОЛОВНИЙ ШПИНДЕЛЬ Максимальна швидкість	50 - 6 000 об./хв
10	Максимальний крутний момент / зі швидкістю 500 об / хв	203 Нм
11	Максимальна потужність	14,9 кВт
12	Торець шпинделя	A2-6
13	РЕВОЛЬВЕРНА ГОЛОВКА Кількість інструментів	12шт
14	. Тип головки	12 позицій Hybrid (6 VDI; 6 BOT)

Продовження табл.1.5

15	Обертання привідних інструментів	0 - 4000 об./хв
16	Точність позиціонування	+/-0,005мм
17	Точність повторного позиціонування	+/-0,003мм
18	Вага нетто	2750 кг
19	Контроль	HAAS
20	Ємність бака МОР	114 л
21	Витрата стисненого повітря	113 л/хв

Таблиця 1.6 - Характеристики вертикально-фрезерного верстата KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER

№ з/п	**Параметр**		**Значення**
1	Система ЧПК		Arumatik-Mi
2	Розмір стола	мм	400x560
3	Розмір пазів типу Т	мм	18x3
4	Максим. навантаження стола	Н	2000
2	Переміщення по осяхX/Y/Z	мм	600/510/510
3	Переміщення по осі А	град	160° (-120-+40°)
4	Переміщення по осі В	мм	0 - 360°
5	Відстань від поверхні стола до торця шпинделя	мм	90 - 600
6	Макс. вага заготовки	кг	150
7	Швидкість обертання шпинделя	об/хв	50 - 12,000 : NST №40
8	Швидке переміщення по осях: X/Y	м/хв	48
9	Швидке переміщення по осі Z	м/хв	42
11	Ємність інструментального магазина		40

Продовження табл.1.6

12	Конус шпинделя		BT/ISO № 40
13	Тип шпинделя		HSK A-63/HSK A-100
14	Двигун шпинделя	кВт	26 (моментальна потужність.)11 (постійна робота)
15	Макс. діаметр інструменту	мм	75
16	Макс. довжина інструменту	мм	250
17	Макс. маса інструменту	кг	7
18	Час заміни інструмент – інструмент		2.8 с
19	Час заміни стружка – стружка	с	5,2 мінімум
20	Споживана потужність	кВа,В	35, 400
21	Стиснене повітря	л/хв	0,6 МПа, 300.
22	Габарити верстата в плані	мм	2480 х 2900
23	Висота верстата		2917мм
24	Маса нетто	кг	6460
25	**ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ**		
26	Охолодження крізь шпиндель		30-70 бар
27	Зонд заміру деталі		Renishaw OMP400
28	Зонд заміру інструменту		Renishaw RP3 або Renishaw TS-27R
29	Лазерний зонд заміру інструменту		Renishaw NC-4

Технологічний маршрут обробки поверхонь кришки заносимо в табл.. 1.7

Таблиця 1.7 – Технологічний маршрут механічної обробки кришки

№ операції	Обр. Поверхні деталі	Назва та зміст операції	Верстат, пристрій, оснастка
005	1, 2, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19,3, 9, 6, 7, , 19, 5, 18, ,4	**Токарна з ЧПК** **Установ 1** 1.Підрізати торець Ø255 мм (пов. 2) в розмір 56,7±0,2 мм 2.Точити торець фланця Ø335 мм (пов. 11) в розмір 17,7±0,4 мм 3.Точити уступ (пов. 19) до діаметра Ø255h14 мм 4.Точити поверхню 10 до діаметра Ø335 h14 мм 5.Розточити канавку торцьову (пов. 15) Ø207,5h11 - Ø221,5H11 на глибину $11^{+0,5}$ мм 6. Розточити канавку торцьову (пов. 16) Ø232,5h11 - Ø246,5H11 на глибину $11^{+0,5}$ мм 7.Розточити отвір (пов. 1) до Ø196,5H11 напрохід 8. Точити фаску (пов. 12) 3х45° мм 9.Розточити три канавки (пов. 13) до радіуса R1,5 мм	HAAS ST-15Y прикулачковий патрон ГОСТ 65514-80

Продовження таблиці 1.7

005		**Установ 2** 1.Підрізати торець Ø250 (пов. 3) в розмір $55h11_{(-0,19)}$ мм 2. Підрізати торець Ø335 (пов. 9) в розмір $16_{-0,5}$ мм 3. Точити поверхню 6 до діаметра Ø230 h14 мм на довжину 12 мм 4.Точити уступ Ø250х Ø260х45°мм (пов. 8) 5. Точити поверхню 7 до діаметра Ø260 f9 мм на довжину $18_{-1,0}$ мм 6. Проточити канавку R1.5 х2х2 мм (пов. 19) 7.Розточити отвір (пов. 5) до Ø230 мм 8.Розточити галтель (пов. 18) до R2,0 мм 9.Проточити торець (пов. 4) на глибину $35_{-0,62}$ мм	
010	14, 17	**Вертикально-фрезерна з ЧПК** **Установ 1** 1.Свердлити 6 отв. Ø21 мм (пов. 14) напрохід 2. Фрезерувати 6 радіальних пазів (пов.17) шириною b=25 мм на глибину h=15 мм	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER, пневмопристрій спеціальний

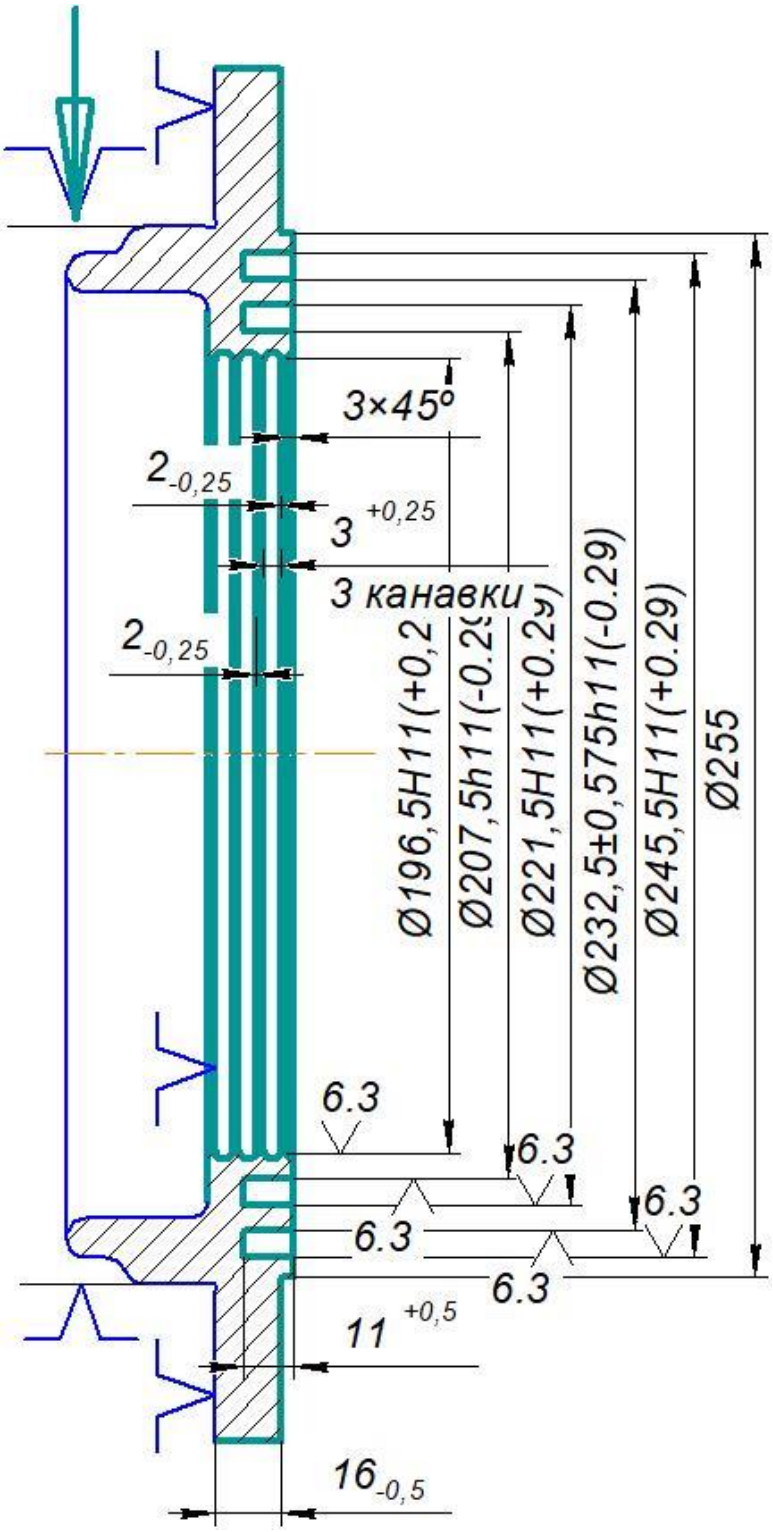


Рис. 1.7 – Ескіз обробки кришки на операції 005, установ 1 (токарна з ЧПК)

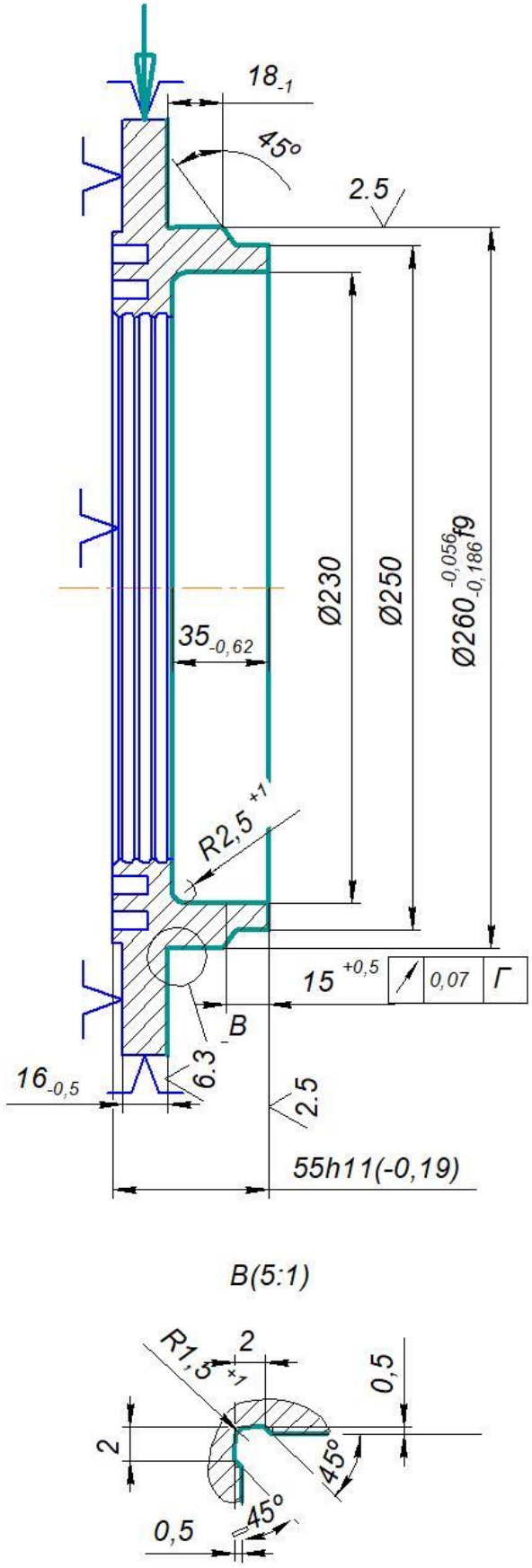


Рис. 1.8 – Ескіз обробки кришки на операції 005, установ 2 (токарна з ЧПК)

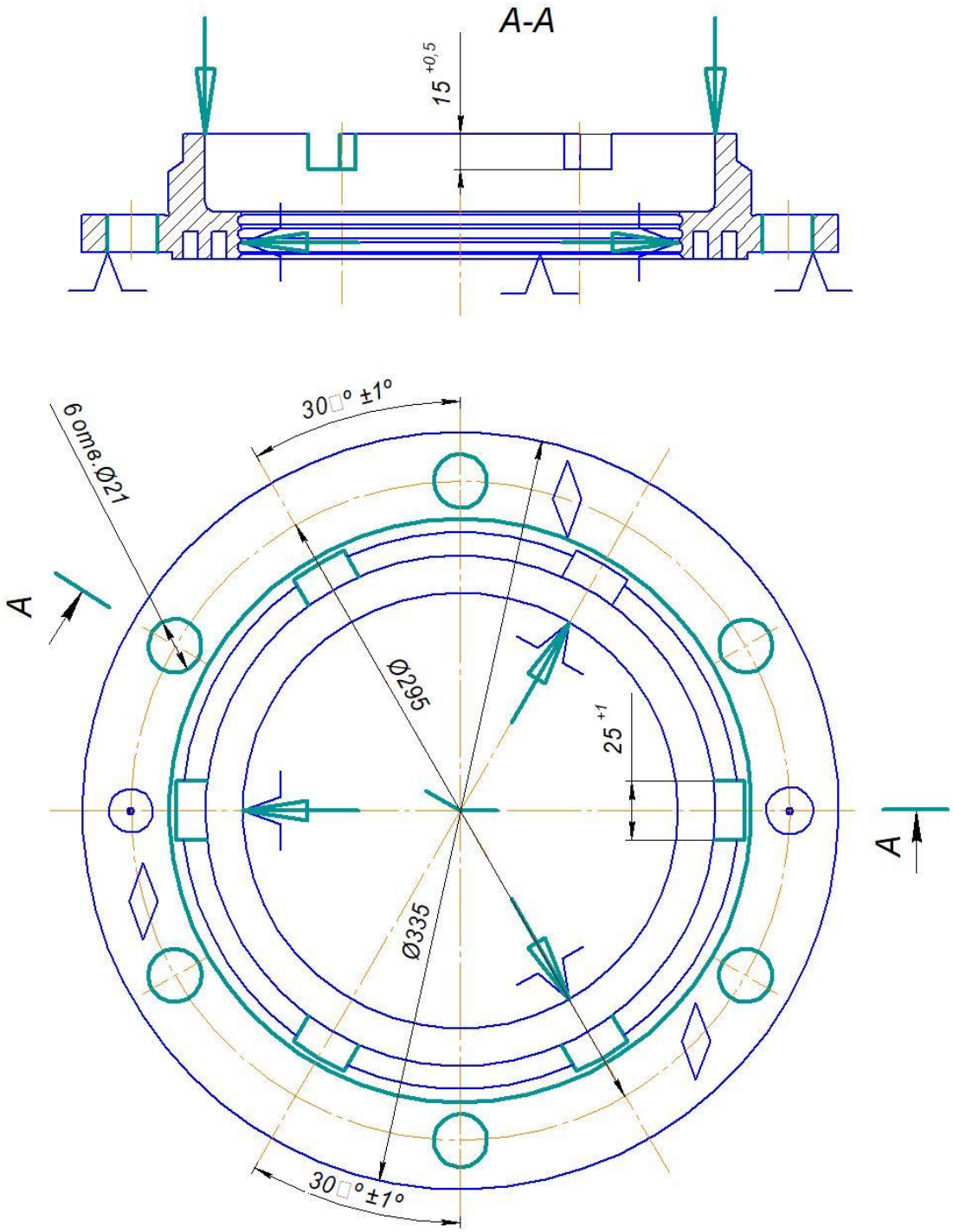


Рис. 1.9 – Ескіз обробки кришки на операції 010 (вертикально-фрезерна з ЧПК)

1.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

Поверхня потрібного розміру має 9 (дев'ятий) квалітет точності. Потрібну точність і чистоту Ra 2,2 можна отримати зніманням з виливка шару матерілу, що називається припуском.

Припуск призначається так, щоб отримати потрібні характеристики поверхн та не знімати забагато матеріалу при обробці.

Припуски на цю поверхню визначимо аналітичним методом.

Заготовку отримуємо литвом у кокіль.

Клас точності заготовки Т2.

Квалітет точності оброблюваної поверхні f9.

Габарити оброблюваної поверхні ∅260х21мм.

Базування та закріплення деталі під час обробки показані в операційних ескізах (див. п. 1.5).

Згідно таблиць точності обробки [ччч, ст..9] призначаємо її послідовність:

- чорнове точіння (h12);
- півчистове точіння (h10);
- чистове точіння (f9).

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2Z_{i\min}=2\left[(R_Z+h)_{i-1}+\sqrt{\rho_{0i-1}^2+E_i^2}\right], \text{ мкм}$$

Де R_{zi-1} – висота мікро нерівностей профілю на попередньому переході, мкм

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм

ρ_{0i-1} – сумарне відхилення розміщення поверхні (від паралельності, співвісності, симетричності, позиційне), мкм.

E_i – похибка встановлення деталі на операції, мкм.

Послідовність обробки, вихідні дані для розрахунків та результати заносимо в таблицю 1.8.

Заготовка: виливок другого класу точності.

R_z +T=400 мкм; h=200мкм ([5],табл. 1 с.180);

$\rho_{заг}=\sqrt{\rho_{кор}^2+\rho_ц^2}$, мкм

Короблення заготовки в місці обробки:

$\rho_{кор}=L\times\Delta k$, мкм;

де D =268 мм розмір заготовки;;

Δk- питома кривизна, мкм/м;

Δk=2 мкм/мм ([5],табл. 4 с.180);

$\rho_{кор}=268\times0,002=0,536$ мкм.

Похибка встановлення в патроні:

- на першому переході $\acute{\varepsilon}_ц$=250 мкм;
- на другому переході $\acute{\varepsilon}_ц$=100 мкм;
- на третьому переході $\acute{\varepsilon}_ц$=40 мкм.

На послідуючих переходах механічної обробки, після:

- чорнового точіння R_z=80мкм; h=80мкм ([5],табл. 5 с.181);
- півчистового точіння: R_z=40мкм; h=50мкм ([5],табл. 5 с.181);
- чистового точіння Ra=2,5мкм; h=10 мкм ([5],табл. 5 с.181);

Допуски на розміри після:

- чорнового точіння δ_3 = 520 мкм ([5],табл. 1 с.283);
- півчистового точіння: δ_2 = 210 мкм ([5],табл. 1 с.283);
- чистового точіння δ_1 = 130 мкм ([5],табл. 1 с.283);
- для заготовки δ_1 = 1200 мкм (п.1.ччч,табл. 1.чч)

Для визначення Δ, ρ_i та ε_i використовуємо довідкові дані і результати записуємо в таблицю.

Розрахунок мінімальних припусків:

$2Z_{1min}=2\left[400+\sqrt{536^2+250^2}\right]=2\cdot991=1982$мкм;

$2Z_{2min}=2\left[(80+80)+\sqrt{300^2+100^2}\right]=2\cdot456=912$мкм;

$2Z_{3min}=2\left[(40+10)+\sqrt{20^2+40^2}\right]=2\cdot94,7=190$;мкм

Розрахункові розміри, починаючи з кінцевого

після чистового точіння $d_{p3} = d_{min} = 259,814$ мм;

після напівчистового точіння $d_{p2} = d_{p3}+2Z_{3min} = 259,814+0,190 = 260,004$ мм;

після чорнового точіння $d_{p1}=d_{p2}+2Z_{2min}= 260,004 +0,912 = 260,916$ мм;

для заготовки $d_{заг}=d_{p1}+2Z_{1min}= 260,916 +1,982 = 262,898$ мм;

Мінімальні розміри - заокруглені $dp_{i;}$

Максимальні розміри - $d_{maxi-1}=d_{imin-1}+T_{di-1}$, мм.

після чистового точіння $d_{max3} = 259,814 + 0,130 = 259,944$ мм

після напівчистового точіння $d_{max2} = 260,004 + 0,210 = 260,214$ мм

після чорнового точіння $d_{max1} =260,916 + 0,520 = 261,436$ мм

для заготовки $d_{max\ заг} = 266,0$ мм

Граничні припуски:

$2Z_{1max} = 266,0-261,436 = 4654$ мкм;

$2Z_{2max} = 261,436 - 260,214 =1222$ мкм;

$2Z_{3max} = 260,214 - 259,944 =270$ мкм.

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.6

Таблиця 1.8 – Параметри розрахунку припусків на обробку Ø260f9

	Параметр				$2Z_{розр}$	d_p	Δ мкм	Граничні розміри		Граничні припуски	
	Rz	T	Δ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	400		976	-			1,220	262,898	266,0		
Точіння											
Чорнове	80	100	560	250	1,982		520	260,916	261,436	1,982	4,654
Півчистов	40	50	80	100	0,912		210	260,004	260,214	0,912	1,222
Чистове	10	10	30	40	0,190		130	259,814	259,944	0,190	0,270

Нижче наведена схема розміщення припусків та розмірів деталі по переходах.

Рисунок 1.9 – Схема розміщення міжопераційних припусків та розмірів на поверхню Ø260f9

1.7 Розрахунок та вибір режимів різання

Операція 010: вертикально- фрезерна з ЧПК

Верстат - вертикально-фрезерний з ЧПК KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER,

Пристрій: спеціальний з пневмоприводом

Перехід 2: Фрезерування шести радіальних пазів шпонкового паза шириною $25^{+1,0}$ мм і глибиною $15^{+0,5}$ мм.

Вибираємо параметри різального інструмента.

Фреза – кінцева IGEL Walter F 4038.T22.025.Z02.22 з механічним кріпленням позитивних пластин ADGT 0803 PER-D56, Ø25 мм. Матеріал різальної частини – твердий сплав, число зубів z = 2. Довжина фрези 80 мм.

Окремі елементи режимів різання вибираємо з таблиць, решту розраховуємо.

Глибина різання t, мм – приймаємо за кресленням деталі, рівним 15 мм.

Подача S_z , мм/зуб. – нормативне значення S_z = 0,12 мм/зуб, за [3], с.285, табл.36

Стійкість інструмента T = 80 хв.

Швидкість різання V , м/хв. :

Частота обертання шпинделя n , хв.-1 :

розрахункове значення n_P.

Глибина різання t=7,5 мм

Подача S_z =0,12х2 = 0,24 мм/об.

Швидкість різання V, м/хв.

Визначаємо швидкість різання:

$$V=\frac{C_v\cdot D^q}{T^m\cdot t^x\cdot Sz^y\cdot B^u\cdot Z^p}\cdot K_v=\frac{145\,25^{0,44}}{80^{0,37}\cdot 15^{0,24}\cdot 0,12^{0,26}\cdot 25^{0,1}\cdot 2^{0,13}}\cdot 1,53=71,23 \text{ м/хв.};$$

де C_v, m, x, y – показники степенем і коефіцієнти при точінні.

Ширина фрезерування B = 25 мм, число зубів фрези Z = 2, діаметр фрези D = 25 мм.

Коефіцієнти і показники ступеня вибираємо за таблицями.

C_v = 145, q = 0.44, x = 0.24, y = 0.26, u = 0.1, p = 0.13, m = 0.37 (табл.. 39, с. 287, [ччч].

T = 80 – період стійкості в хв.;

t =15 – глибина різання мм;

S =0.12 – подача на зуб.

$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$=1,53 – поправочний коефіцієнт швидкості різання, який враховує вплив механічний властивостей, стану поверхні заготовки, марки матеріалу і ін. на швидкість різання

Частота обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000V}{3.14 \cdot d} = \frac{1000 \cdot 71.23}{3.14 \cdot 25} = 907.4 об/хв$$

Тангенційну силу визначимо за формулою:

$$Pz = = \frac{10 \cdot Cp \cdot t^x \cdot s_z{}^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot Kp$$

Ср=12,5 x=0,85, y=0,75, u=1,0, q=0,73, w=-0.13.

$$K_{\mu p} = \left(\frac{410}{750}\right)^{0,75} = 0,636$$

$K_{\varphi p} = 0,94$

$K_{\gamma p} = 1,0$ табл.23 с.275,

$K_{\lambda p} = 1,0$

$$Pz = = \frac{10 \cdot 12.5 \cdot 15^{0.85} \cdot 0.12^{0.75} \cdot 25^{-1} \cdot 2}{25^{0.73} \cdot 907^{0.15}} \cdot 0.597 = 3.379 Н$$

Потужність різання

$$N = = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60} \cdot = \frac{337 \cdot 971,2}{1020 \cdot 60} = 3,93 кВт$$

Крутний момент при фрезеруванні

$$Mкк = = \frac{Pz \cdot D}{2 \cdot 100} \cdot = \frac{337 \cdot 25}{2 \cdot 100} = 422.4 Нм$$

Операція: Фрезерно-свердлильна.

Перехід: Свердління напрохід шести отворів Ø21 мм.

Вибираємо свердло фірми серії Walter B2217 типорозміру F21.17 Z1.085 R-2 (двохкромкове, оснащене пластинкою твердого сплаву,праве)

Щвидкість різання визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

Cv=7,0, q=0,4, y=0,7 табл. 32 с.281, т2

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} = 1{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 1{,}4$$

$$V = \frac{7 \cdot 21^{0{,}4}}{30^{0{,}2} \cdot 0{,}22^{0{,}7}} \cdot 1{,}4 = 6{,}907 м/хв$$

$$n = \frac{1000V}{3.14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 6.907}{3.14 \cdot 25} = 89.98 об/хв$$

Визначимо крутний момент при свердлінні за формулою:

$$M = 10 \cdot Cm D^q \cdot s^y \cdot Km = 10 \cdot 0{,}0345 \cdot 21^{2{,}0} \cdot 0{,}22^{0{,}8} \cdot 0{,}809 = 123{,}1 Н \cdot м$$

Cm=0,0345, q=2,0, y-0,8 табл. 32 с.281, т2

Осьова сила при свердлінні за формулою

$$Po = 10 \cdot Cp \cdot D^q \cdot s^y \cdot Km = 10 \cdot 68 \cdot 21^{1{,}0} \cdot 0{,}22^{0{,}7} \cdot 0{,}809 = 4002 Н$$

Ср=0,0345, q=1,0, y=0,7 табл. 32 с.281, т2

Силові параметри нам будуть потрібні при розрахунку приводу верстатного пристрою.

Операція:Горизонтально-токарна з ЧПК

Перехід: Чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні Ø260 мм.

Різальний інструмент - , його матеріал та геометричні параметри.

Різець фірми Takimsas (Туреччина)типу PCLN 95°R M12T з перерізом державки 25х25 мм з ромбічною пластинкою U1122150. Матеріал пластинки – твердий сплав марки CERABIT SZ180

Глибина різання t, мм – приймаємо за максимальним міжопераційним припуском на одну сторону 4,65 мм.

Подача S = 0,85 мм/об. –значення за [3], с.246, табл.11

подача встановлюється безступінчасто.

Стійкість інструмента T , хв.

нормативне значення Тн =60 хв за [3], с.647,.

Швидкість різання V , м/хв. :

Частота обертання шпинделя n , хв.-1 :

розрахункове значення n_P.

Глибина різання t=2,8 мм

Швидкість різання V, м/хв.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 4,65^{0,15} \cdot 0,85^{0,35}} \cdot 1,54 = 198,36 \text{ м/хв.};$$

де C_v, m, x, y – показники степенем і коефіцієнти при точінні;

$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,54$ – поправочний коефіцієнт швидкості різання , який враховує вплив механічний властивостей, стану поверхні заготовки, марки матеріалу і ін. на швидкість різання

Частота обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000V}{3.14 \cdot d} = \frac{1000 \cdot 198,36}{3.14 \cdot 268,2} = 235,5 об/хв$$

Тангенційну силу визначимо за формулою:

$$Pz = = 10 \cdot Cp \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot Kp$$

Ср=300, x=1,0, y=0,75, n=-0,15

$$K_{\mu p} = \left(\frac{410}{750}\right)^{0,75} = 0,636$$

$K_{\varphi p} = 0,89$
$K_{\gamma p} = 0,80$ табл.23 с.275,
$K_{\lambda p} = 1,0$

Кр = 0,636х0,89х0,80х1,0=0,452

$$Pz = 10 \cdot 300 \cdot 4,65^{1,0} \cdot 0,83^{0,75} \cdot 198^{0,15} \cdot 0,452 = 2413 Н$$

$$N = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60} \cdot = \frac{2413 \cdot 198}{1020 \cdot 60} = 7,806 кВт$$

1.8 Проектування технологічної операції в системі Fusion 360

Щоб отримати технологію обробки і її програму, треба виконати такі дії:

- вибрати верстат згідно до вибраного способу обробки, конструкції деталі, її матеріалу та заготовки;

- вибрати стійку (систему керування верстатом) ;

- вибір інструмента і призначення його параметрів;

- відкоригувати режими різання;

- призначити допоміжні технологічні дані для переходів – підвід та відвід, перебіг інструменту, кріпильні елементи;

- генерування керуючої програми.

Особливістю програми Fusion 360 є можливість коригувати на будь-якій стадії розробки.

Кінцевим практичним продуктом програми, який можна зробити вручну, але доцільніше застосувати САПР, є власне програма. Перед запуском у виробництво програму перевіряють і коректують.

У програмі Fusion 360 спроектуємо перехід свердління шести отворів Ø21мм.

Створимо 3D модель деталі. Є варіант зробити її у цьому ж редакторі, але ми зробимо модель у програмі Solid Works. Імпортуємо модель у САПР, попередньо перетворивши її у формат ***step***.

Імпортована модель кришки у ***step*** форматі показана на рис. 1.10

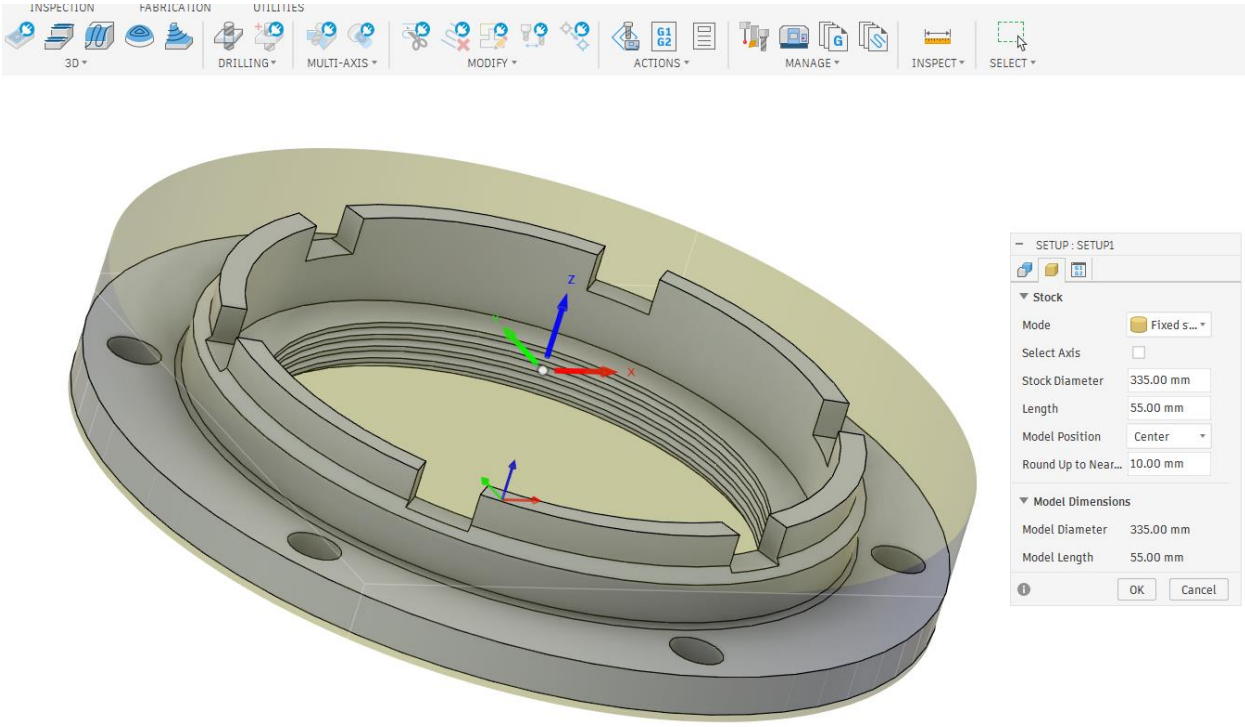


Рис. 1.10 – Завантаження файлу моделі у програму FUSION 360

Положення системи координат деталі (нуль деталі) вибираємо на верхньому торці. Робити корекцію напряму осей немає потреби. У нашому випадку напрями збігаються з потрібними у програмі 3D моделювання, тому виправляти не потрібно.

Для обробки вибираємо вертикальний фрезерний верстат моделі KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER (рис. 1.11)

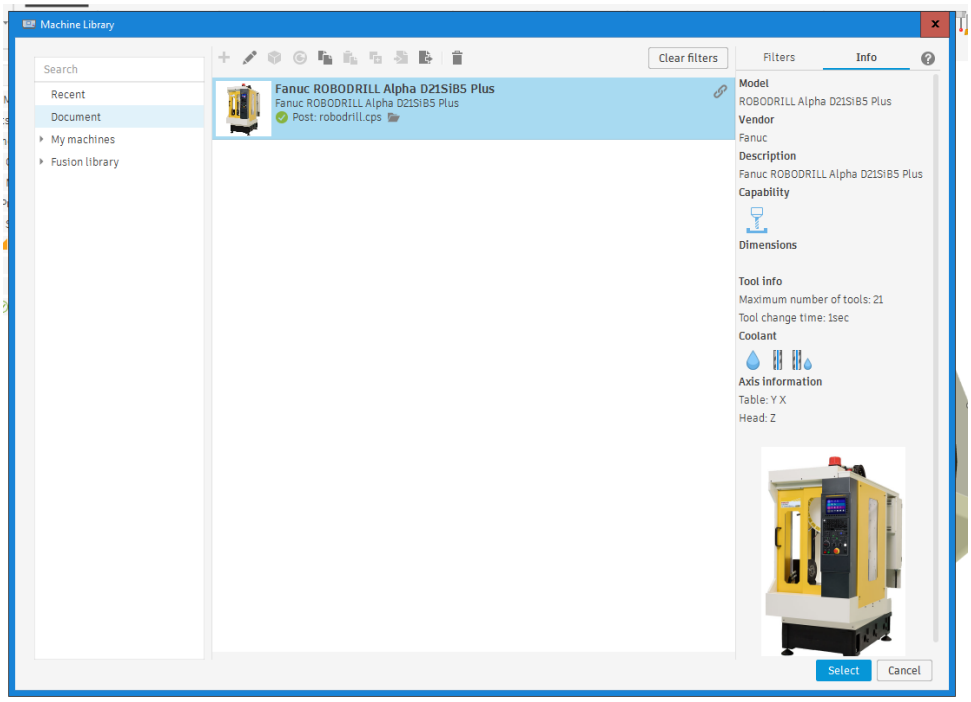


Рис. 1.11 – Вибір верстата

Завантажимо вибраний верстат у проект, щоб в подальшому можна було отримати анімацію з верстатом (рис. 1.12).

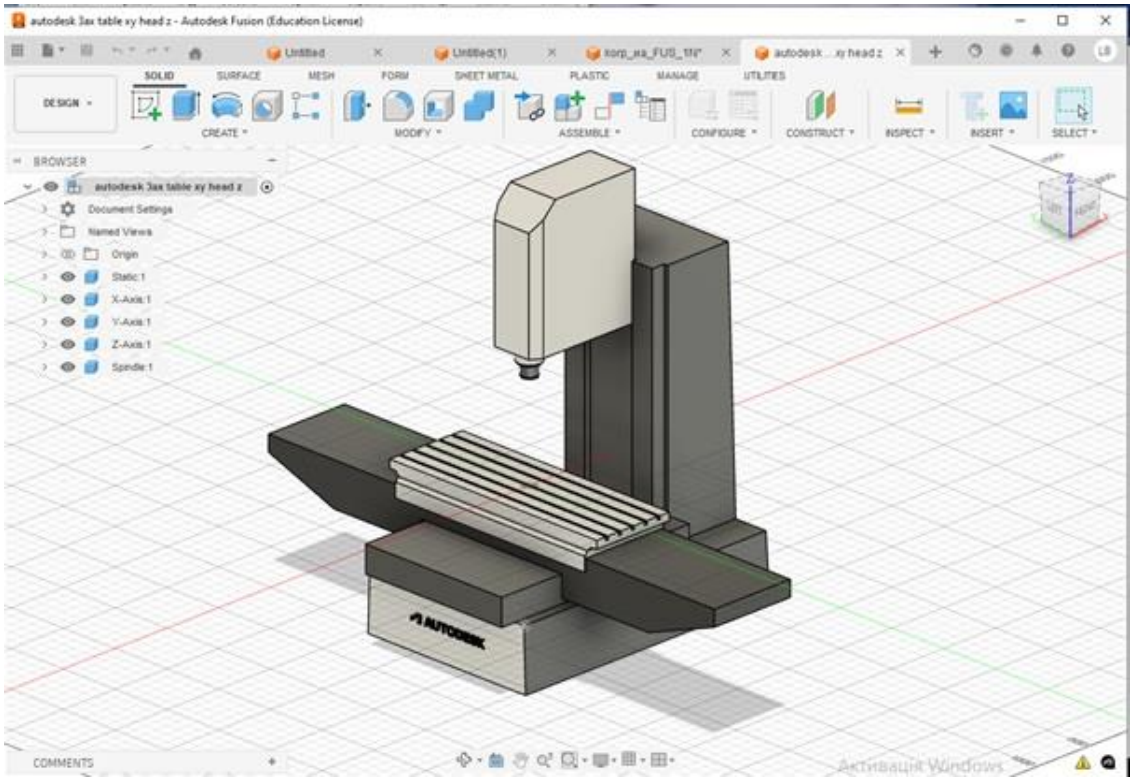


Рис. 1.12 – Верстат у проекті

Користуючись бібліотекою програми вибиремо інструмент для обробки отворів – свердло Ø21 мм його розміри, кути заточки для оброблюваного матеріалу – низькоовуглецевої констакційної ливарної сталі марки 20Л (рис. 1.13).

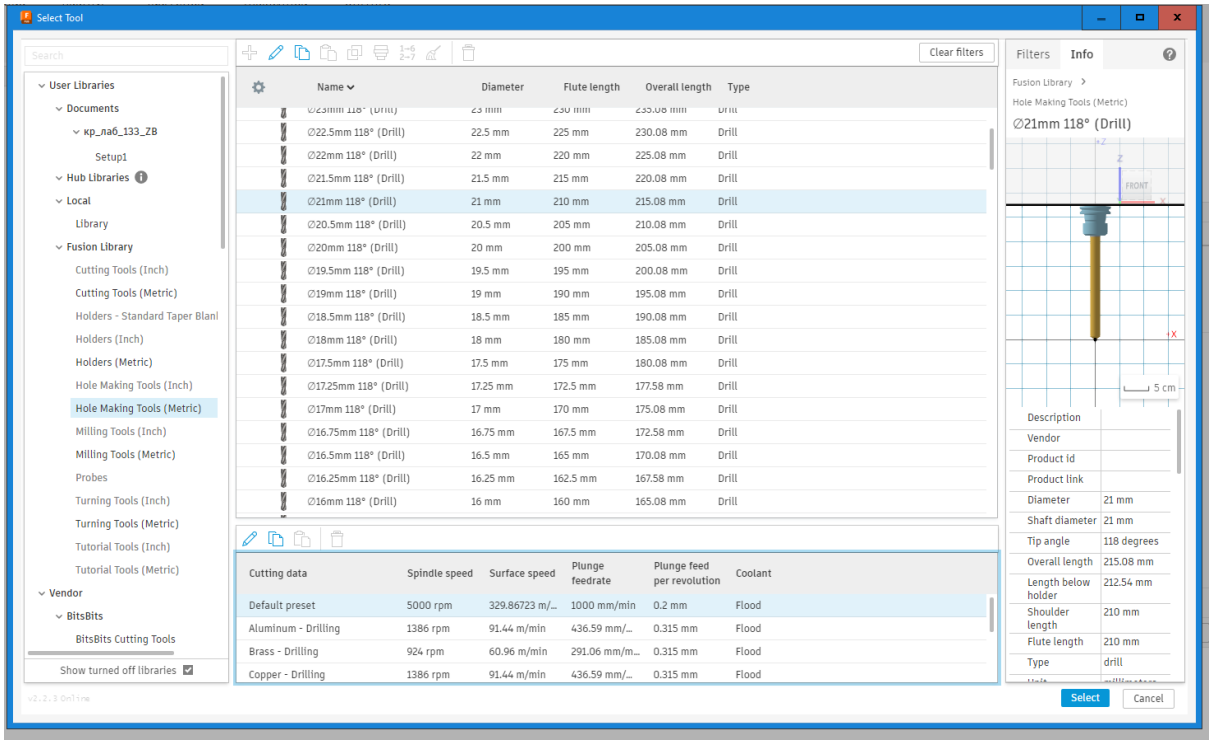


Рис. 113 – Вибір інструмента (свердла)для оброблюваного матеріалу-сталі 20Л

Вибираючи інструмент, уточнимо режими різання (рис. 1.14).

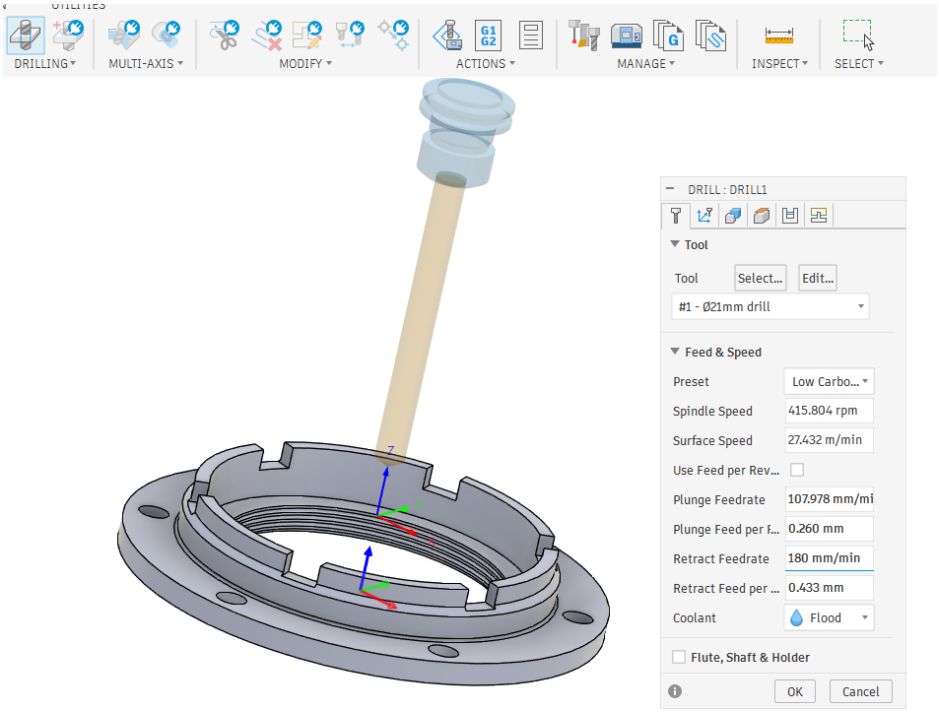


Рис. 1.14 – Уточнення режимів різання

У закладці "Geometry" створюємо робоче завдання – задаємо оброблювані поверхні в деталі, які треба обробити на проектованому переході (рис. 1.15).

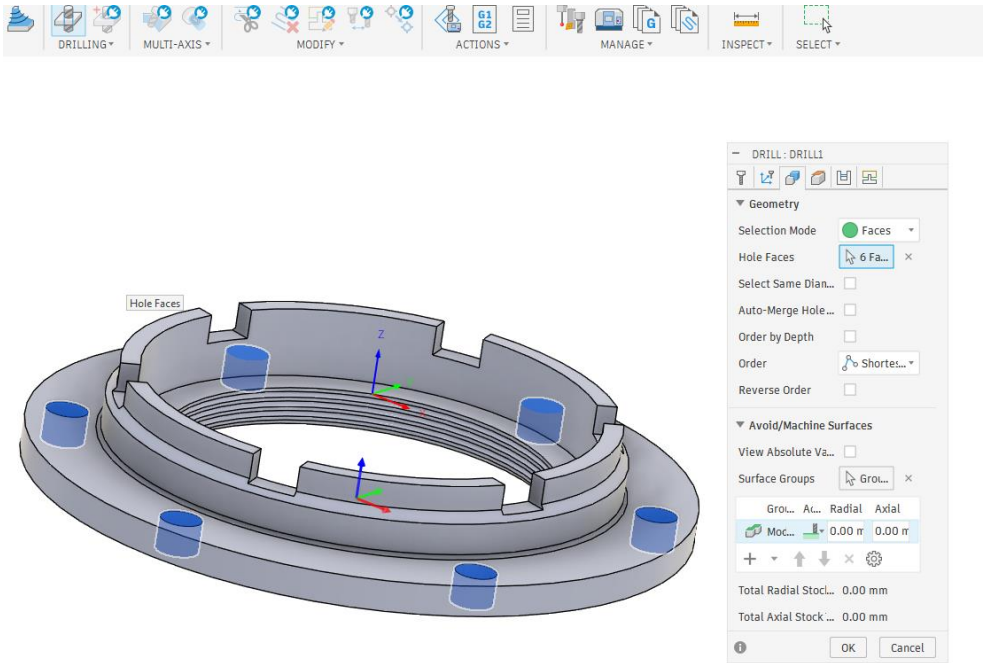


Рис. 1.15 – Вибір поверхонь для обробки

Зробимо додаткові налаштування системи – безпечну висоту інструмента, висоти врізання і перебігу при обробці (рис. 1.16).

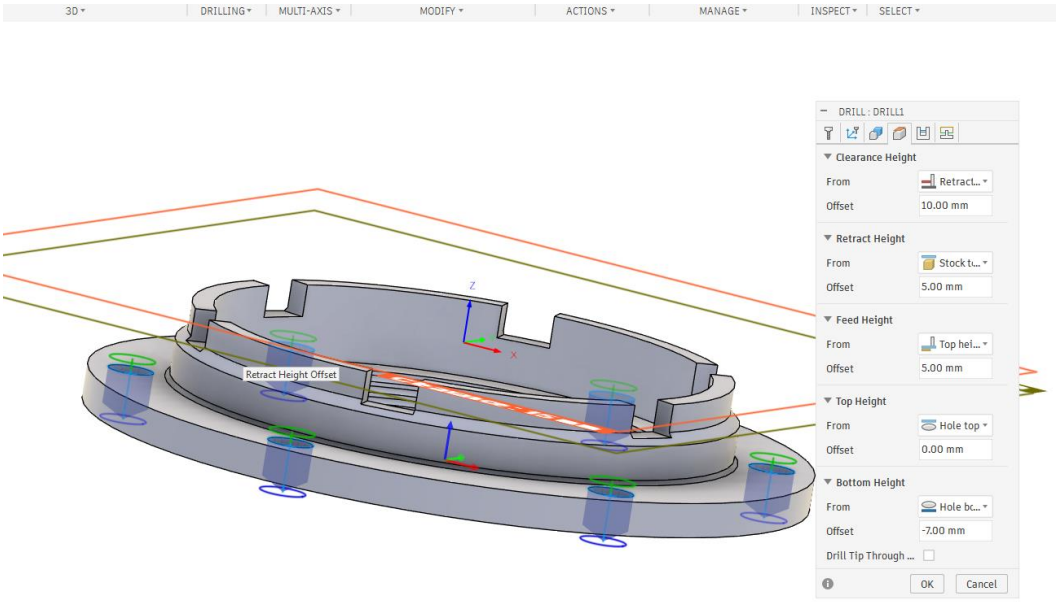


Рис. 1.16 – Задання додаткових технологічних параметрів

Відкриваємо закладку ″Symulate″ і отримаємо імітацію свердління отворів у фланці кришки. (рис. 1.17).

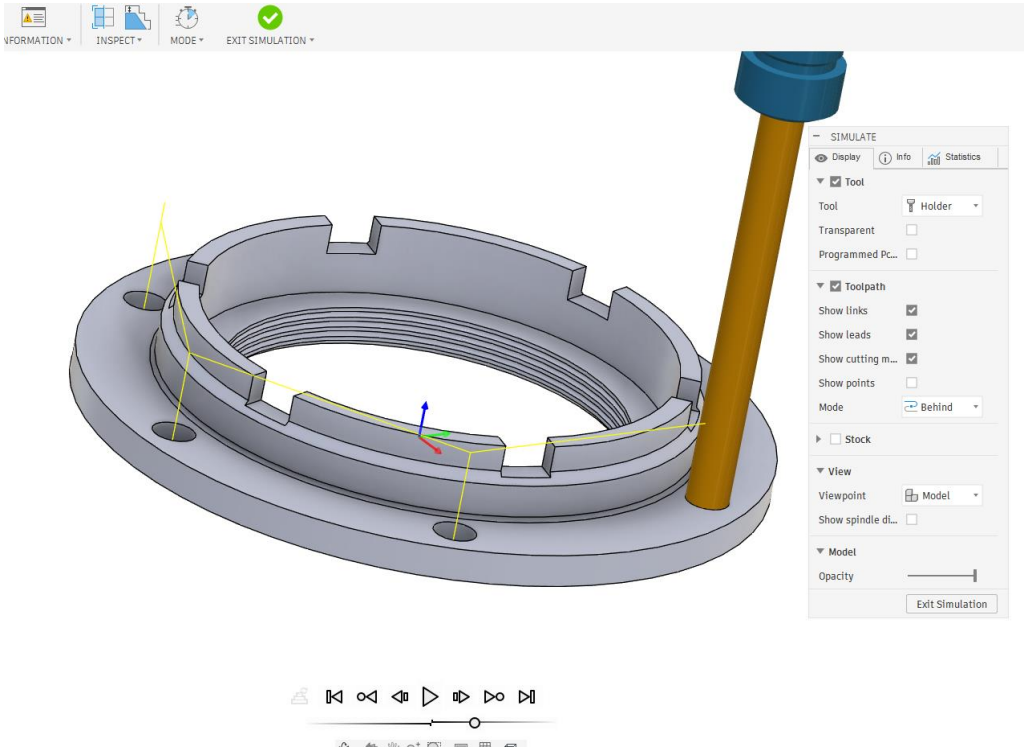


Рис. 1.17 – Імітація свердління отворів у фланці

Траєкторія руху інструмента при виконанні переходу має вигляд, як на рис. 1.18.

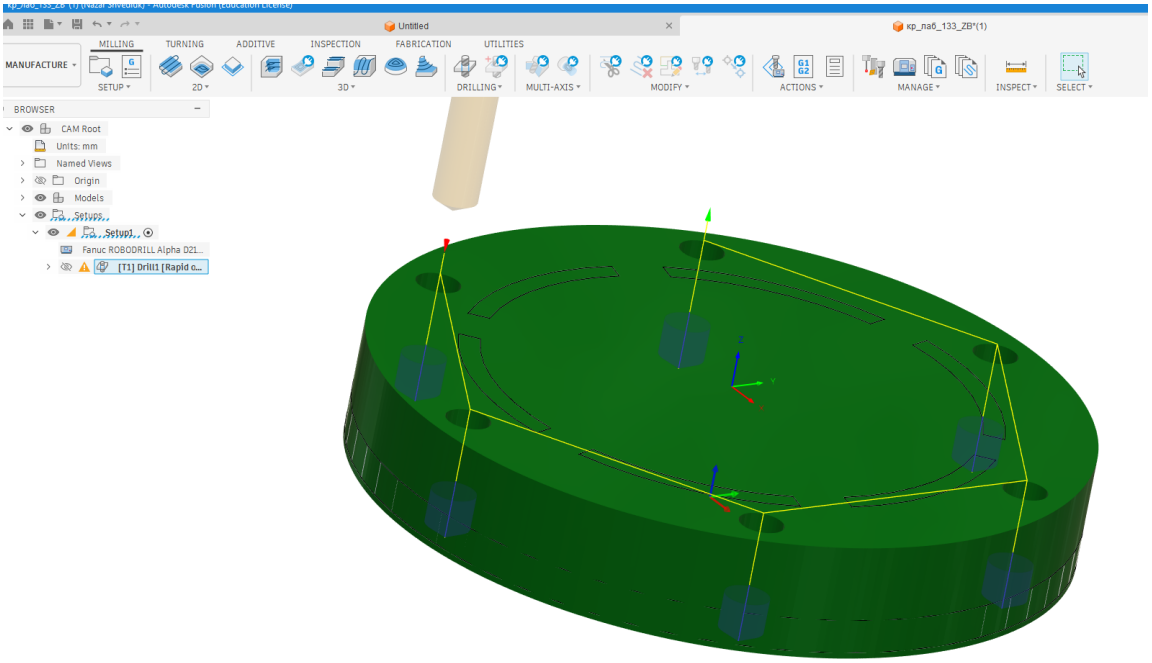


Рис. 1.18 – Траєкторія руху інструмента

Щоб згенерувати программу, зайдемо в налаштування постпроцесора і виберемо стійку Fanucrobodrill (рис. 1.19).

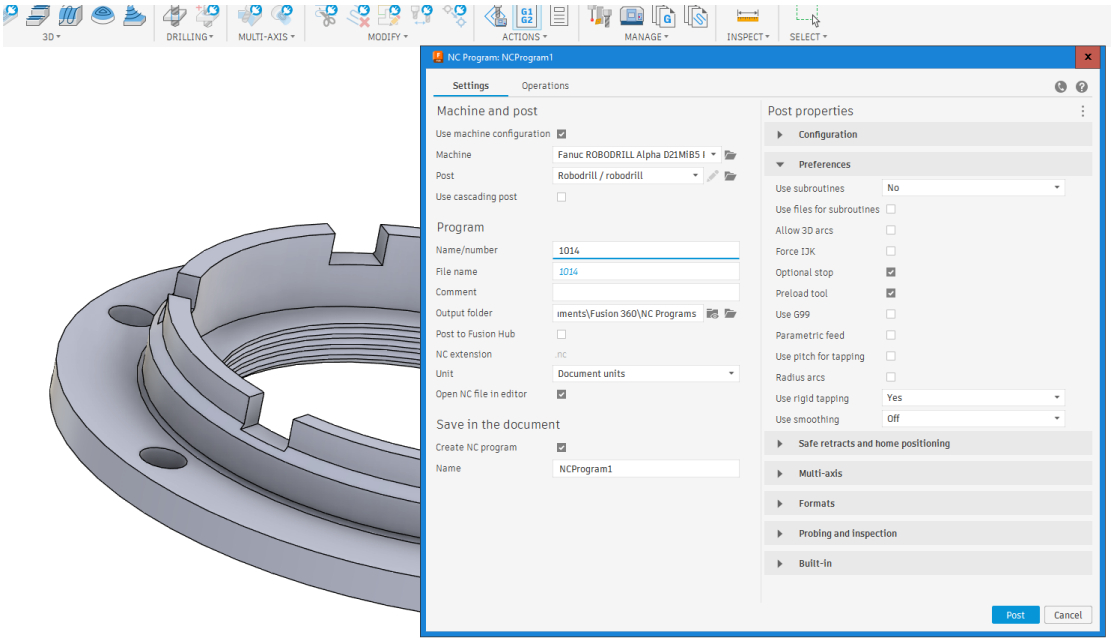


Рис. 1.19 – Закладка налаштувань постпроцесора

Після налаштувань даємо команду на генерацію обробляючої програми. На рис. 1.20 показана створена програма у вікні FUSION 360.

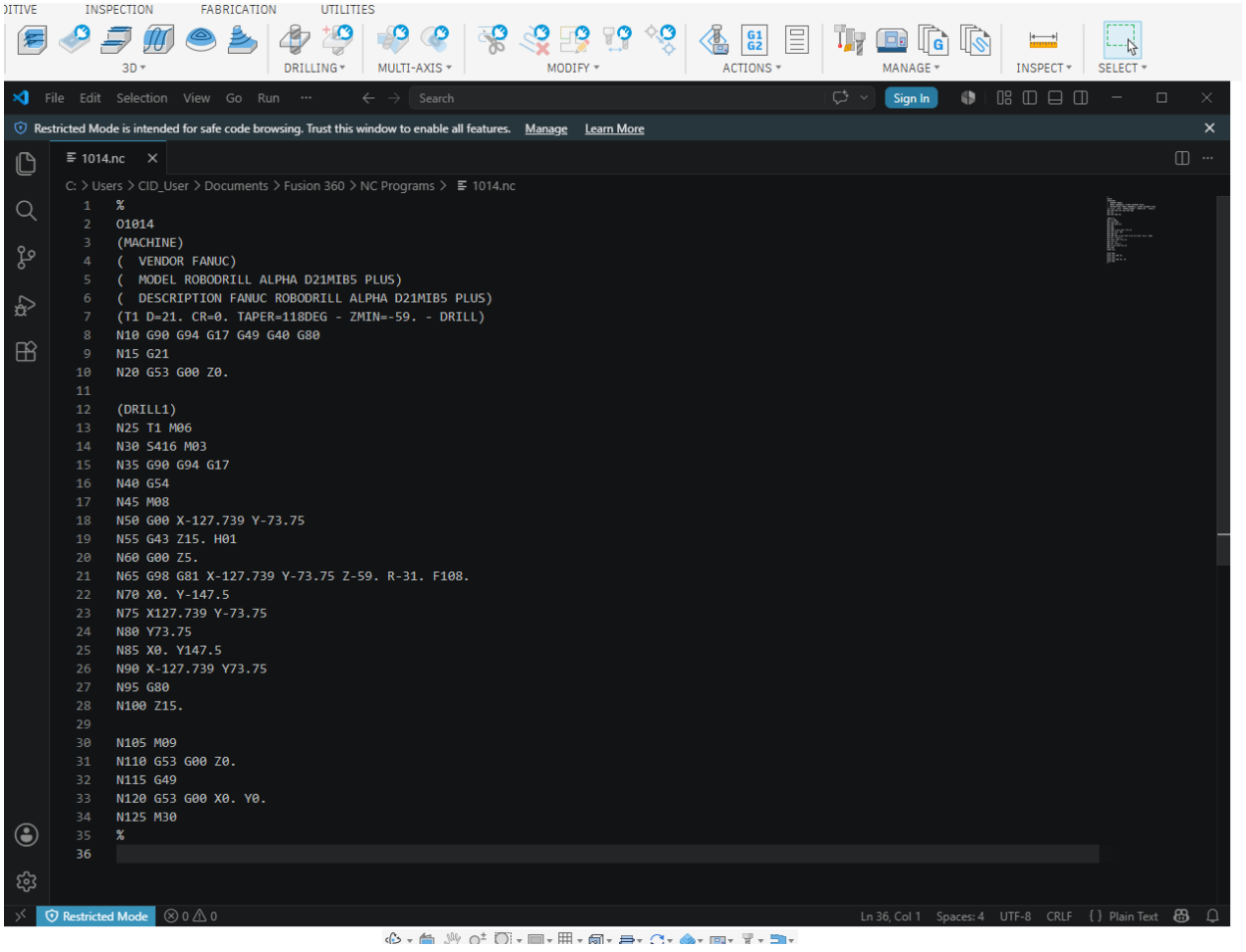


Рис. 1.20 – Згенерована програма свердління отворів у фланці кришки

Текст програми наведений нижче.

```
%
O1014
(MACHINE)
(  VENDOR FANUC)
(  MODEL ROBODRILL ALPHA D21MIB5 PLUS)
(  DESCRIPTION FANUC ROBODRILL ALPHA D21MIB5 PLUS)
(T1 D=21. CR=0. TAPER=118DEG - ZMIN=-59. - DRILL)
N10 G90 G94 G17 G49 G40 G80
N15 G21
N20 G53 G00 Z0.

(DRILL1)
N25 T1 M06
N30 S416 M03
N35 G90 G94 G17
N40 G54
N45 M08
N50 G00 X-127.739 Y-73.75
N55 G43 Z15. H01
N60 G00 Z5.
N65 G98 G81 X-127.739 Y-73.75 Z-59. R-31. F108.
N70 X0. Y-147.5
N75 X127.739 Y-73.75
N80 Y73.75
N85 X0. Y147.5
N90 X-127.739 Y73.75
N95 G80
N100 Z15.

N105 M09
N110 G53 G00 Z0.
N115 G49
N120 G53 G00 X0. Y0.
N125 M30
%
```

2. Конструкторський розділ

2.1 Розробка верстатного пристрою для фрезерного верстата з ЧПК

2.1.1 Конструкція та робота пристрою

Пристрій встановлюється на вертикальному свердлильно-фрезерному верстаті з ЧПК моделі KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER. У пристрої базується та закріплюється заготовка кришки лабіринтної під час свердління шести кріпильних отворів Ø21 мм і фрезерування шести радіальних пазів шириною 25 мм і глибиною 15 мм. паралельних осі деталі та фрезеруванні внутрішньої радіусної виїмки.

Складальне креслення пристрою зображене на шостому аркуші графічної частини проекту.

Елемента пристрою збираються на плиті основній 1. Нижня кришка 2 пневмоциліндра встановлена у виточці основної плити.. Співвісно на кришці 2 зібрані поршнева гільза 3, верхня кришка 4 і планшайба 9. Остання знизу має посадкову виточку для фіксації на верхній кришці 4. У циліндрі встановлено поршень 5, який кріпиться на штоці 6 розрізною гайкою 17. Самовільному розкручуванню гайки запобігає стопорний гвинт 16. Розтискний конус 29 центрується на верхній ступені штока 5 такою самою гайкою. Герметизація пневмоциліндра (кришок, штока і поршня) виконується гумовими кільцями 7, 8 та 27. Зібраний пневмоциліндр встановлений на основній плиті за допомогою чотирьох болтів 14 з шайбами 15.

На торці па планшайби 9 з кутом 120° закріплені болтами 22 три напрямні призми 21, у яких ковзають повзуни 23 із округленими торцями. Внутрішні вертикальні поверхні повзунів 23 контактують з конічною поверхнею конуса 29, а іншою – центрують і розтискають внутрішню циліндричну поверхню заготовки. Постійний контакт повзунів з конусом забезпечується пружинами 25.

Верхній кінець штока має різьбу, на яку накручена гайка 20. Остання через розрізну шайбу і пружинні шайби 19 притискає коромисло 18 до заготовки. Заготовка таким чином базується та кріпиться у пристрої.

Зусилля осьового затиску заготовки визначається числом пружинних шайб і затягуванням гайки 20. До верхнього торця планшайби по колу з кутом 120° болтами 11 кріпляться стандартні призматичні опорні пластини 10, на яких верхнім (рис.2.1) торцем базується заготовка.

Призматична стандартна шпонка 26 кріпиться знизу до основної плити, вставляється у паз стола верстата і таким чином встановлюється пристрій.

Пристрій працює так.

Перед встановленням заготовки стиснене повітря спрямовують у нижню порожнину циліндра 2 і поршень 5 рухаається вгору. Заготовку кришки торцем встановлюють на очищені поверхні опорних пластин 10, попередньо центруючи відносно конуса шаблоном. На верхній кінець штока 6 під пружинні шайби 19 вставляють коромисло 18, що затискається розрізною шайбою 24.

Після встановлення заготовки спрямовують стиснене повітря у верхню порожнину циліндра 2. При цьому поршень 5 переміщає шток 6 донизу. Конус 29 синхронно розводить центруючі повзуни до контакту з деталлю, а гайка 20 через розрізну та пружинні шайби тисне на коромисло 18. Останнє забезпечує додаткове притискання заготовки до установочних пласти пристрою. Повертанням гайки 20 змінюють зусилля притискання заготовки. Для зняття деталі з пристрою виконують описані вище кроки у зворотньому порядку.

2.1.2 Визначення сили затиску та параметрів пневматичного приводу

Зробимо аналіз силових факторів, які мають місце під час обробки кришки лабіринтної у пристрої. На заготовку кришки діють крутні моменти при свердлінні отворів Ø21 мм і при фрезеруванні радіального паза шириною b=25 мм. Крутний момент від свердла порівняно з моментом від дії фрези незначний, а осьова сила притискає заготовку до установчих поверхонь пристрою. Під час фрезерування радіальних пазів на заготовку діє значний горизонтальний крутний момент від фрези практично за відсутності вертикальної притискаючої сили. Це зумовлено кутом контакту 180° зубів фрези із заготовкою. Отже, нашим завданням є запобігання заготовки крутним моментом відносно установчих поверхонь пристрою, а саме установчих пластин і центруючих повзунів. Для цього через момент різання потрібно встановити значення потрібного результуючого моменту сил тертя від сил затиску деталі центруючими повзунами, зусилля на штоці пневмоцліндра та діаметра пневмоциліндра.

Наведемо розрахункову схему пристрою з діючими силами та моментами для визначення тягового зусилля на штоці пневмоциліндра. Осьові сили при свердлінні притискають заготовку до установчих елементів пристрою, тому їх не враховуємо.

Для складання рівняння рівноваги враховуємо всі сили і моменти, що діють на заготовку при обробці, як зображено на рисунку 2.1.

З рисунка видно, що на деталь діє крутний момент сил різання від кінцевої фрези діаметром 25 мм. Щоб утримати заготовку під час обробки, потрібно забезпечити момент тертя по торцевій поверхні фланцевої частини деталі Ø335 мм, що забезпечується коромислом та по внутрішній циліндричній поверхні Ø196,5 мм і трьома радіально розміщеним повзунами. Радіальне зусилля на повзуни створюється конусом, змонтованим на штоці пневмоциліндра.

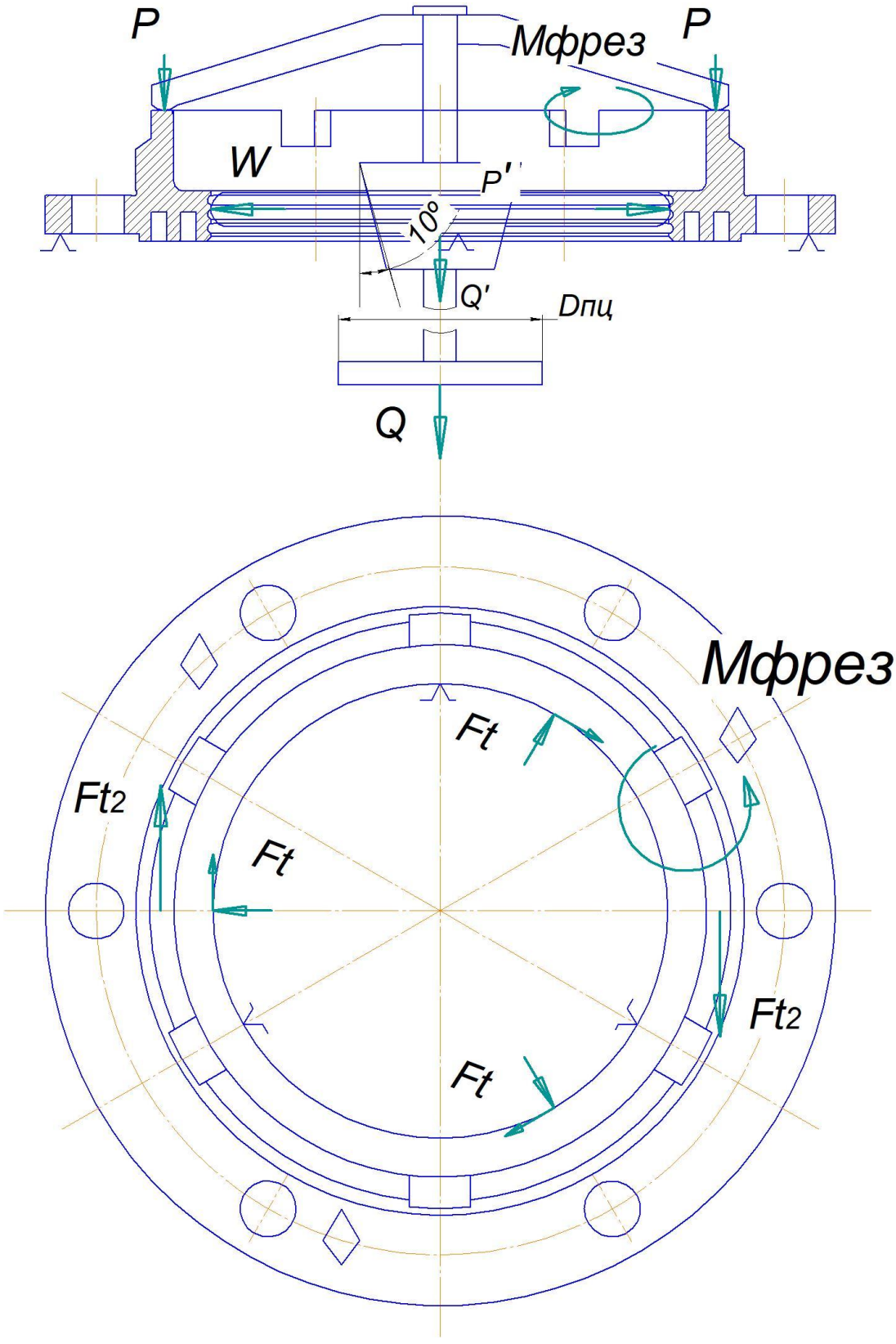


Рис. 2.1 - Розрахункова схема фрезерно-свердлильного пристрою

Вихідними даними є:

- момент фрезерування пазів Мфр=442,4 Нм (з режимів різання);

- коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки і важелями f = 0.15;

- діаметр затискної поверхні деталі по верхньому торцю d = 0.240 м;

- діаметр затискної поверхні по отворуD = 0,196 м;

-тиск у пневмомережі p = 0,63 МПа.

Коефіцієнт запасу приймаємо k = 1,6.

Сумарна сила затиску на штоці пневмоциліндра буде сумою тягових зусиль P для притискання коромисла по верхньому торцю

P′ = 2P

та тягового зусилля Q′ для роз тискання повзунів у напрямних

Q′ = 3W / i.

Q = Q′ + P′.

Сили тертя по верхньому торцю і по отвору будуть відповідно рівні

Ft = W·f, Ft2 = P f

Рівняння рівноваги запишеться таким чином:

$$МфрезК = \sum M_T;$$

де Мфрез = 442,4 Нм – крутний момент при фрезеруванні паза;

ΣМт – сумарний момент сил тертя по поверхнях затиску.

Рівняння моментів від сил тертя запишуться так:

$$M1 = 3Ft1 \cdot 0.24/2 = 3 \cdot 2P/3i = 2P/i \cdot 0.24/2 = 2P/s \cdot 0.12;$$

$$M2 = 2Ft2 \cdot 0.196/2 = 2P \cdot f \cdot 0.196/2 = P \cdot f \cdot 0.098.$$

Тоді результуюче рівняння рівноваги

$$M_{фрез}K = M_1 + M_2 = P/i \cdot 0.12 + P \cdot f \cdot 0.098$$

Приймемо, що Q′ = P′.

Тоді Q = 4·P.

З попередніх рівнянь маємо

$$Q = 4 \cdot \frac{1.6 \cdot 4424}{0.15 \cdot \left(0.098 + 0.12 / 2.6\right)} = 4309N,$$

Де f = 0.15 – коефіцієнт тертя, i = 2,6 – передавальне число клинового механізму затиску

Тягове зусилля на штоці пневмоциліндра буде рівне

$$Q = 0.785\left(D^2 - d^2\right) \cdot p \cdot \eta,$$

Де d = 0.038 м – діаметр штока,

p = 6300 Pa – тиск в пневмомережі,

η = 0,9 – к.к.д. пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0.785 \cdot p \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4309}{0.785 \cdot 6300 \cdot 0.9} + 0.038^2} = 0,091м.$$

З конструктивних міркувань приймемо діаметр рівним 150 мм.

Тоді дійсна сила на штоці циліндра буде рівна

$$Q = 0.785\left(0.15^2 - 0.04^2\right) \cdot 0.63 \cdot 10^6 \cdot 0.9 = 9300H$$

Для даної сили затиску при подачі стиснутого повітря p = 0,63 МПа в штокову порожнину з стандартного ряду згідно [2] с.91, табл. 17 приймаємо пневмоциліндр двохсторонньої дії з діаметром поршня D = 150мм, діаметром штока d = 0.04 м, довжина робочого ходу поршня L = 0.03 м.

2.1.3 Розрахунок на міцність елементів пристрою

В спроектованому пристрої “слабкою ланкою” є різьба М16х1,5 на верхньому кінці штока, яка працює на зминання (дивись креслення верстатного пристрою).

Умова міцності на розрив: $\sigma_в < [\sigma_в]$,

де: $[\sigma_в] = 305$ МПа – допустиме напруження на розрив.

Матеріал штока ─ Сталь 45 ГОСТ 1050-89

$$\sigma = \frac{Q}{F} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 9300}{3{,}14 \cdot 0.038^2} = 7{,}898\text{МПа};$$

В даному випадку $\sigma_р \leq [\sigma_р]$ (86,4 <305), отже умова міцності різьби на розрив витримується.

Висновок

Завдяки аналізу конструкції та технологічної придатності деталі “Кришка 224.30.10.153 зап ” був розроблений новий маршрут механічної обробки деталі із застосуванням токарного і фрезерного верстатів з числовим програмним керуванням.

Оформлено маршрутну технологічну документацію і операційну картуна фрезерну операцію з ЧПК.

В програмі 360 розроблені окремі переходи фрезерної операції з ЧПК на верстаті KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER.

Визначено режими різання на фрезерування радіальних пазів шириною 25 мм та свердління отворів у фланці Ø21 мм.

Для підвищення продуктивності обробки розроблено верстатний пристрій.

Перелік літературних джерел

1. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М. Бакалаврська робота: Методичні вказівки. Для студентів спеціальності 131 – «Прикладна механіка» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021
2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Технологія машинобудування” для спеціальності 7.090202 - технологія машинобудування МВ 02070855-701-2000
3. Руденко П.О.Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: - Навчальний посібник. – К., Вища школа, 1993. – 414 с.
4. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. Посібник/Під ред.. Карпика Р.Т. - Івано-Франківськ: «Факел», 1999. 216 с., іл..
5. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М.Малафєєв; КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
6. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування:навчальний посібник / С.Г.Бондаренко. – Львів : Магнолія 2006,2007. – 500 с.
7. Григурко І.О. Технологія машинобудування :дипломне проектування :навчальний посібник для студ. Вищ. Навч. Закл./ І.О. Григурко, М.Ф.Брендуля, С.М.Доценко. – Львів : Новий світ - - 2000, 2007. – 768 с.
8. Паливода Ю.Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
9. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1996. – 300 с.

ДОДАТКИ

Дубл.											
Взамін.											
Підпис								*Зм*	*Ар*	*№док.*	*Підпис*	*Дата*
											1	
				ІФНТУНГ		*ПМ-22-1*						

КОМПЛЕКТ
технологічної
документації

Технологічний процес
механічної обробки деталі:
Кришка 224.30.10.153 зап

Розробив: ст. гр. ПМ-22-1
Гаврилюк М.І. ..
Перевірив: ***Борущак Л.О..***

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

Розробив	Гаврилюк М.І.			ІФНТУНГ	БР.ПМ-277.00.000			
Перевірив	Борущак Л.О.							
				Кришка 224.30.10.153 зап		А		КП
Н. контр.	Борущак Л.О.							

М01	Сталь 20Л ГОСТ 977-78										
	Код	ОВ	МД	ОН	Н.вит	КВМ	код.загот	Профіль і розміри	КД	МЗ	σв 475
М02	0643033375	кг	9,16	1	0,78	0,64	Виливок	Ø335x55	1	13,2	

А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код найменування операції					Позначення документу						
Б					Код найменування операції	См	Проф.	Р	Уп	Кр	Ковд	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Тшт
Р						ПІ	D або B		L		t	i	S		N	V
01				005	Горизонтально-токарна з					ІТБ 20140.0000160140.00008						
02					ЧПК HAAS ST-15Y	2	16422	4	1	1	1	1	165	1	17,3	7,4
03										ІТБ 20140.0000160140.00008						
04				010	Вертикально-фрезерна з ЧПК											
05					KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER		16422	4	1	1	1	1	165	1		18,7
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
МК																

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.											
Взамін.											
Підпис								Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

Розробив	Гаврилюк М.І.			ІФНТУНГ	ПМ-22-1
Перевірив	Борущак Л.О.				
				Кришка 224.30.10.153 зап	
Н. контр.	Борущак Л.О.				

Назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	Конд
010 Фрезерна з ЧПК	Сталь 20Л ГОСТ 977-88	σ 410		11	Ø335х55	9,16	1

Обладнання, пристрій ЧПК	Позначення програми	То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР
Фрезерний з ЧПК KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER		11,8	0,6	9,9	22,3	Емульсія

		ПН	D або B	L	t	i	s	n	v
Р 01			мм	мм	мм	—	мм/хв	об/хв	м/хв
О02	А Установити, закріпити заготовку, зняти								
Т03	ПР: Фрезерно-свердлильний								
04	Свердлити 6 отв. Ø21 мм пов. 14 на прохід по Ø295 мм		21	16	10.5	6	520	90	6,9
Р05	PI: Свердло Свердло Xtra-tec тип B4013.F20.21,0.702 60R								
06									
Р07	Фрезерувати 6 радіальних пазів пов.17, b=25мм,		25	32	12,5	6	227	907	71
08	Фреза кінцева GEL Walter F 4038.T22.025.Z02.21								
ОК	Обробка різанням								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
А1				Складальне креслення		
				Деталі		
		1	МР.ПМКм-365.04.001	Основа	1	
		4	МР.ПМКм-365.04.002	Кришка нижня	1	
		2	МР.ПМКм-365.04.003	Гільза	1	
		3	МР.ПМКм-365.04.004	Кришка верхня	1	
		5	МР.ПМКм-365.04.006	Поршень	1	
		6	МР.ПМКм-365.04.005	Шток	1	
		9	МР.ПМКм-365.04.009	Планшайба	1	
		16	МР.ПМКм-365.04.016	Гайка розрізна	2	
		18	МР.ПМКм-365.04.018	Коромисло	1	
		21	МР.ПМКм-365.04.021	Пластина	3	
		23	МР.ПМКм-365.04.023	Повзун	3	
		24	МР.ПМКм-365.04.024	Шайба розрізна	1	
		25	МР.ПМКм-365.04.025	Пружина	3	
		28	МР.ПМКм-365.04.028	Напрямна	3	
		29	МР.ПМКм-365.04.029	Розтискний конус	1	
		6	МР.ПМКм-365.04.005	Шток		
				Стандартні вироби		
		8		Кільце 150-155-36-2-4		
				ГОСТ 9833-73	1	
		7		Кільце 025-031-36-2-4		
				ГОСТ 9833-73	2	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гаврилюк М.І.		
Пров.		Борущак Л.О.		
Реценз.				
Н.контр.		Борущак Л.О.		
Утв.		Панчук В.Г.		

БР.ПМ-277.07.000.СК

Пристрій фрезерно-свердлильний

Лит.	Лист	Листов
	1	1

ІФНТУНГ ПМ-22-1

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		10		Пластина опорна		
				ГОСТ 4743-57	3	
		11		Болт М8х25.88		
				ГОСТ 11738-72	6	
		14		Болт М12х1,25х200.88		
				ГОСТ 1145-72	4	
		15		Шайба 12.6.05		
				ГОСТ 6958-68	4	
		17		Гвинт М5х20		
				ГОСТ17475-72	2	
		19		Шайба пружинна 14х62		
				ГОСТ 82138-79	4	
		20		Гайка М16х1,5.25.8д		
				ГОСТ 6957-68	1	
		22		Болт М10х1,25х750.88		
				ГОСТ 1145-72	6	
		26		Шпонка призматична		
				16х68 тип II ГОСТ 1589-57	1	
		27		Кільце 035-041-36-2-4		
				ГОСТ 9833-73	1	

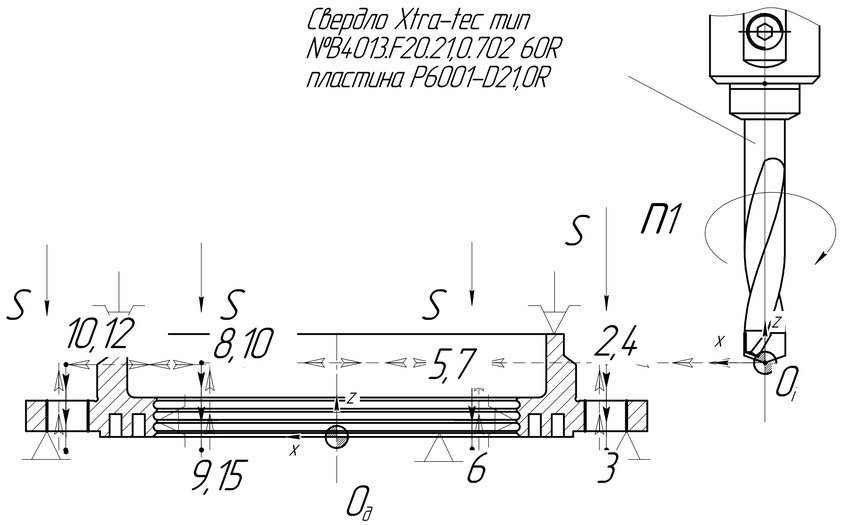
Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

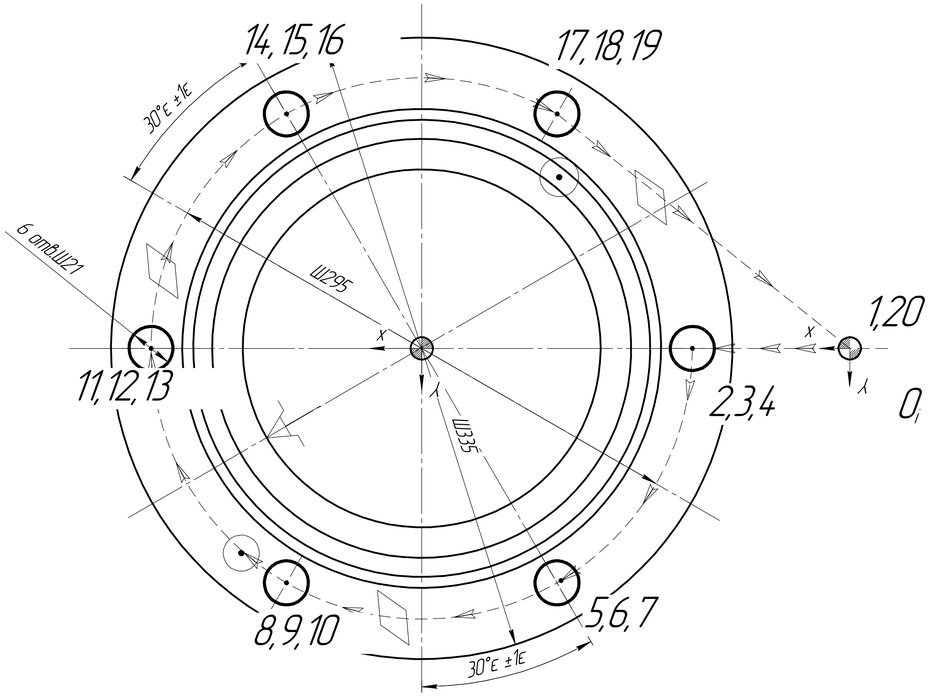
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БР.ПМ-277.07.000.СК	Лист 2

Копировал Формат А4

БР.ПМ-277.05.000

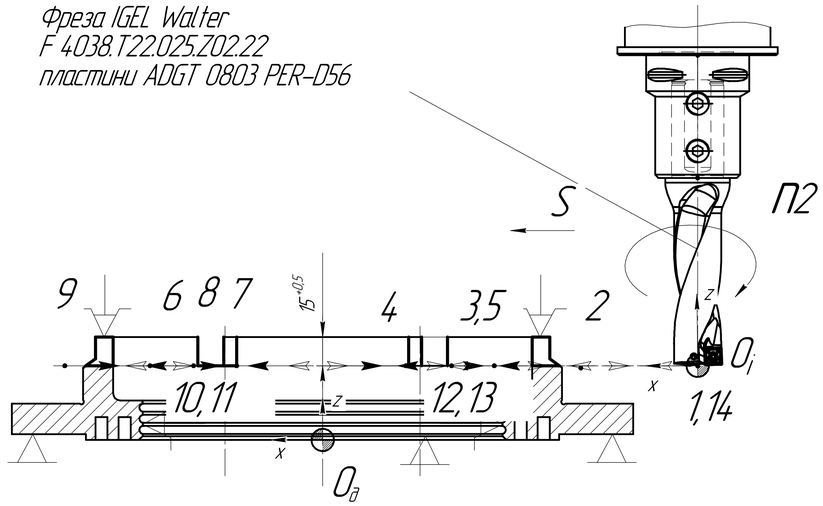
Свердло Xtra-tec тип
№B4.013.F20.21.0.702 60R
пластина P6001-D21.0R

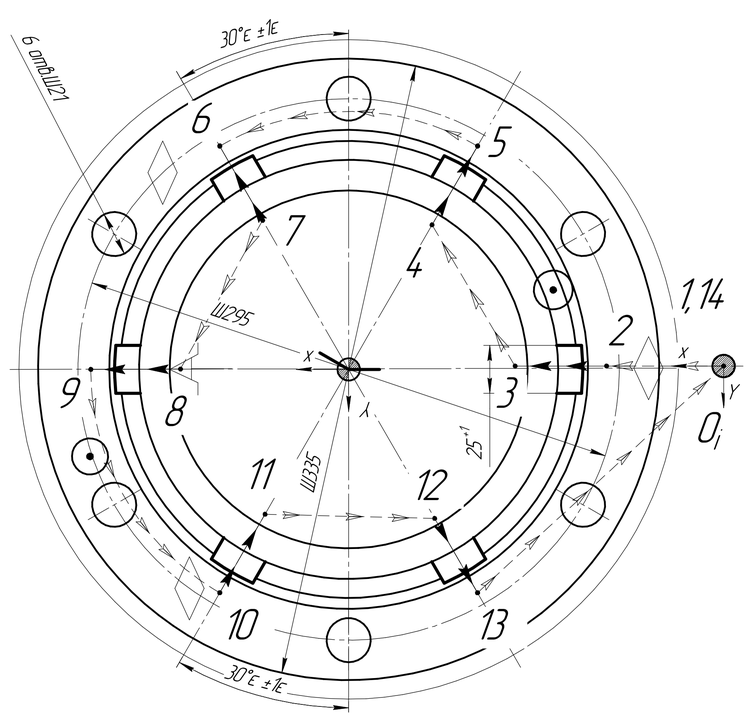




Опорні точки			
№	Коорд Z	Коорд X	Коорд Y
Перехід 1			
1	35.4	-196	0
2	35.4	-123.9	0
3	-39.9	-123.9	0
4	35.4	-123.9	0
5	35.4	-61.88	107.24
6	-39.9	-61.88	107.24
7	35.4	-61.88	107.24
8	35.4	61.88	107.24
9	-39.9	61.88	107.24
10	35.4	61.88	107.24
11	35.4	123.9	0
12	-39.9	123.9	0
13	35.4	123.9	0
14	35.4	61.88	-107.24
15	-39.9	61.88	-107.24
16	35.4	61.88	-107.24
17	35.4	-61.88	-107.24
18	-39.9	-61.88	-107.24
19	35.4	-61.88	-107.24
20	35.4	-196	0

Фреза IGEL Walter
F 4038.T22.025.Z02.22
пластини ADGT 0803 PER-D56





Опорні точки			
№	Коорд Z	Коорд X	Коорд Y
Перехід 2			
1	33.6	-171.6	0
2	33.6	-117.6	0
3	33.6	-75.6	0
4	33.6	-37.8	-65.8
5	33.6	-59.0	-101.78
6	33.6	-59.0	-101.78
7	33.6	37.8	-65.8
8	33.6	75.6	0
9	33.6	117.6	0
10	33.6	59.0	101.78
11	33.6	37.8	65.8
12	33.6	37.8	65.8
13	33.6	59.0	101.78
14	33.6	-171.6	0

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

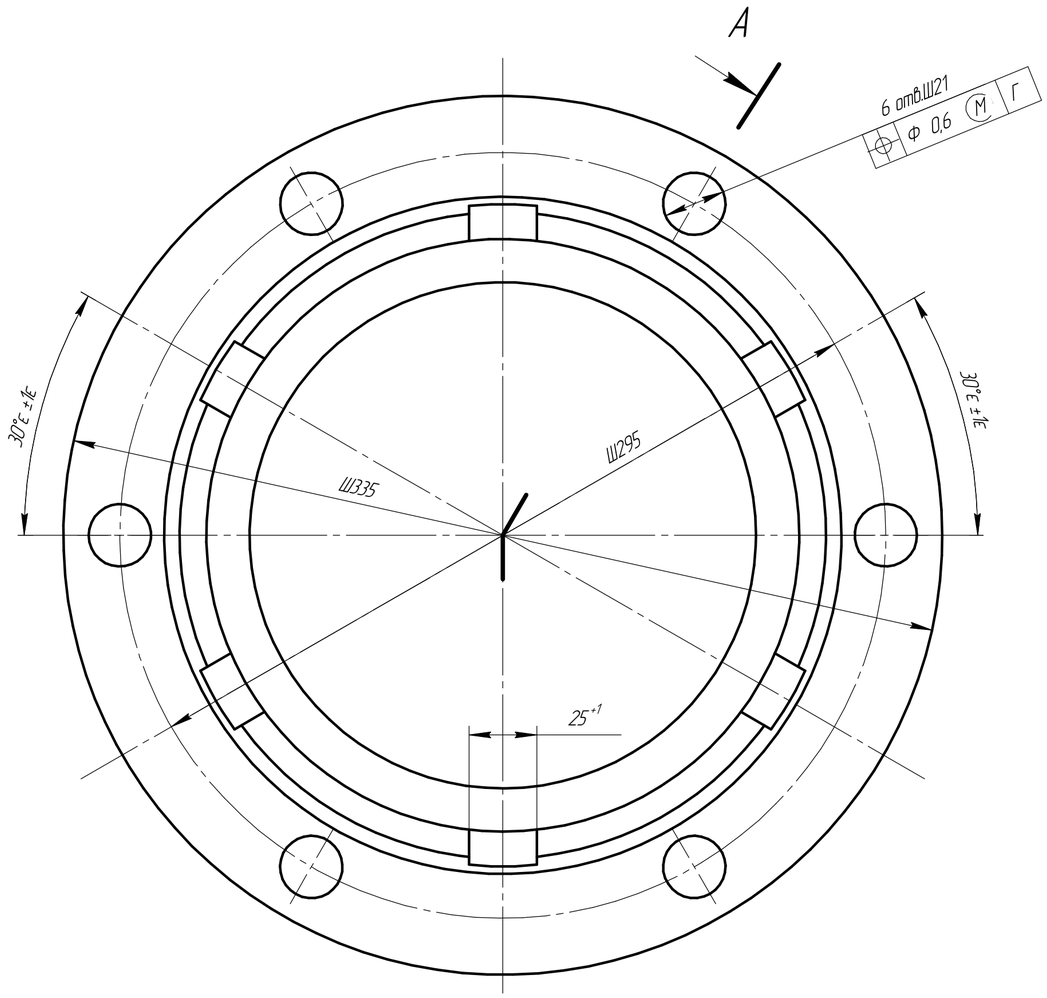
					БР.ПМ-277.05.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Гавриляк М.І.			Карта налагодження операції 010 фрезерної з ЧПК	Лит. / Масса / Масштаб: 1:1
Пров.		Барущак Л.О.				Лист / Листов: 1
Т.контр.		Барущак Л.О.				
Н.контр.		Барущак Л.О.			Верстат фрезерний з ЧПКмод. KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER	ІФНТУНГ ПМ-22-1
Утв.		Присяжняк П.М.				

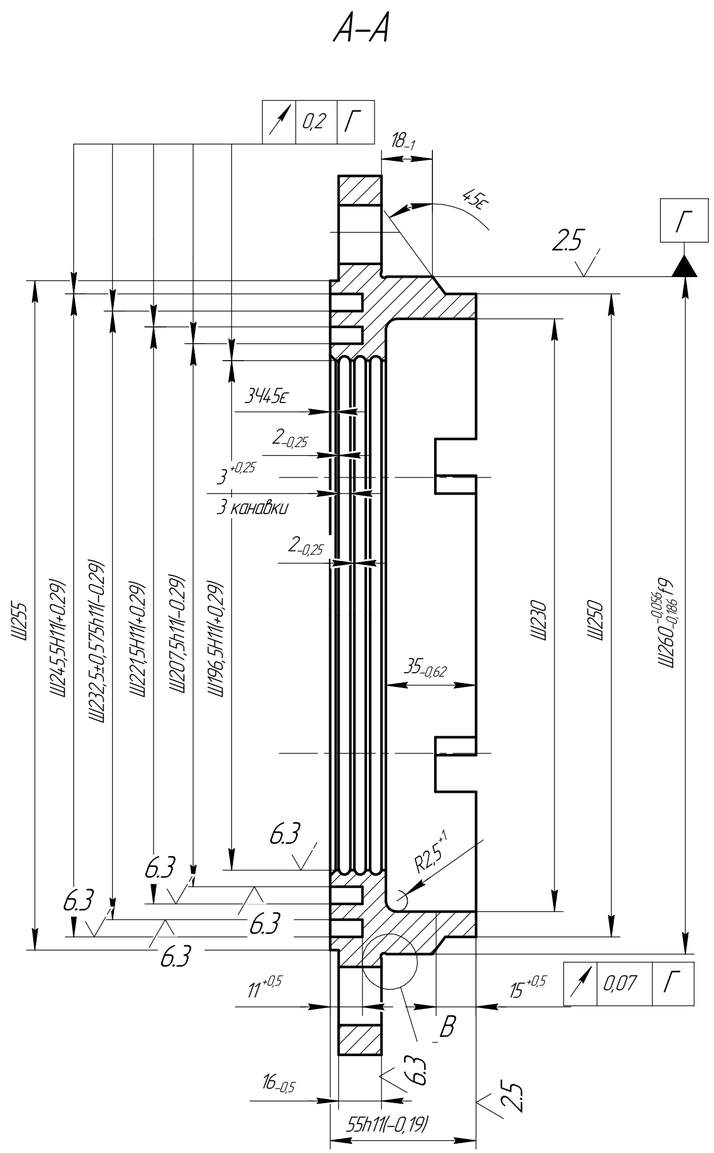
Копировал

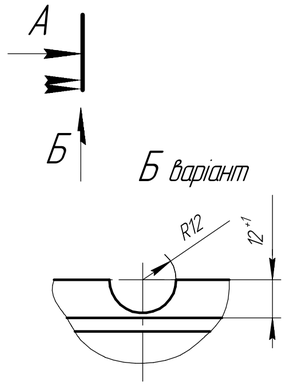
Формат А1

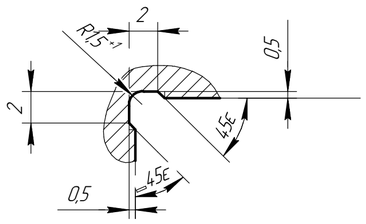
БР.ПМ-277.01000.Д

Rz50









1.Невказані граничні відхалення розмірів:
H14; h14; ±IT 14/2
2.Допускається виготовлення деталі з виливка
2 групи із сталі марки 20Л або 25Л ГОСТ 977-88
3.*Розміри для довідок

Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата	БР.ПМ-277.01.000.Д			
Разраб.		Гаврилюк М.І.			Кришка лабіринтна 224.30.10.153 зап	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Борущак Л.О.						1:1
Т.контр.		Борущак Л.О.				Лист	Листов 1	
Н.контр.		Борущак Л.О.			Сталь 20Л ДСТУ 7809-95	ІФНТУНГ ПМ-22-1		
Утв.		Присяжнюк П.М.						

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

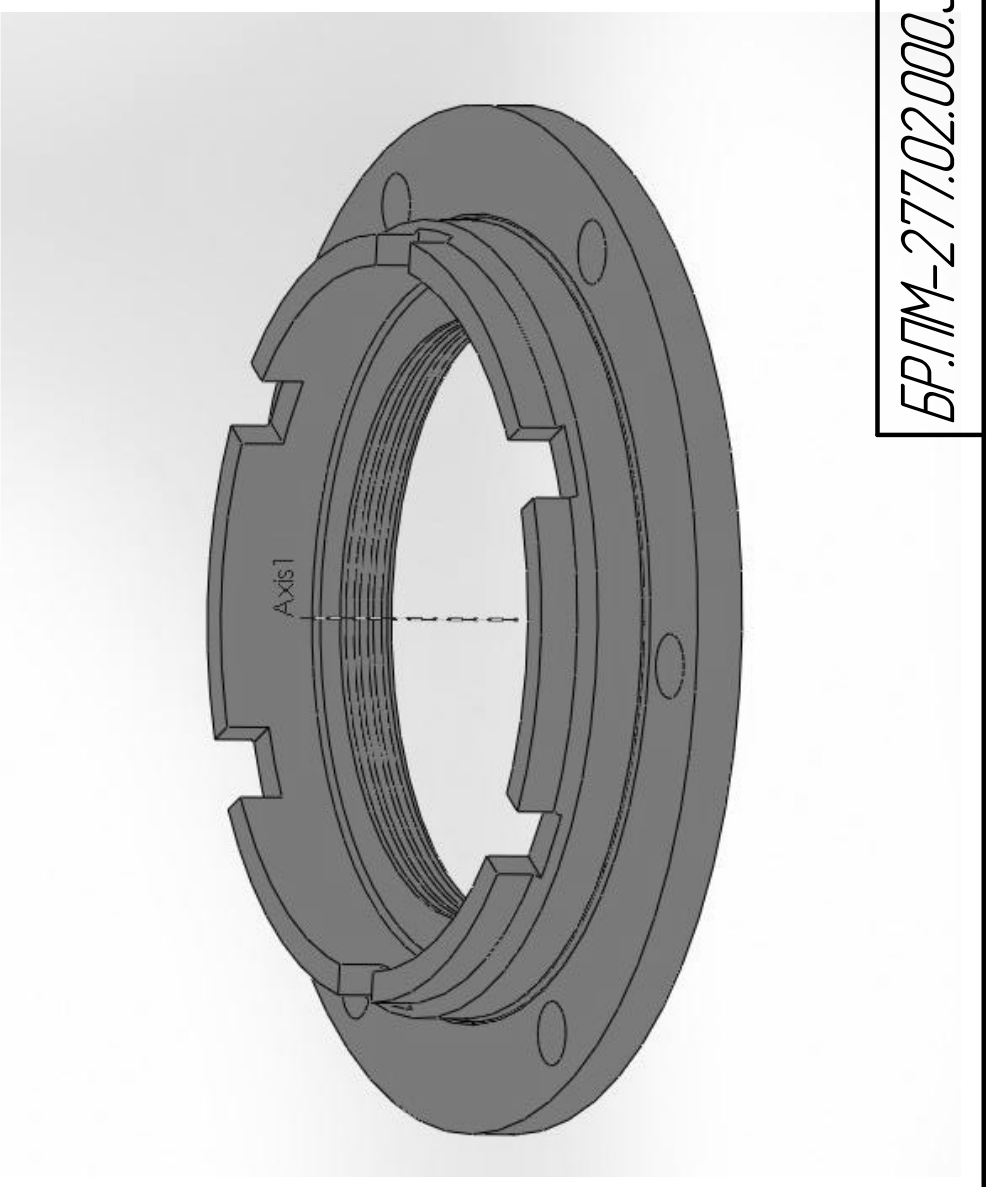
Инв. № дубл.

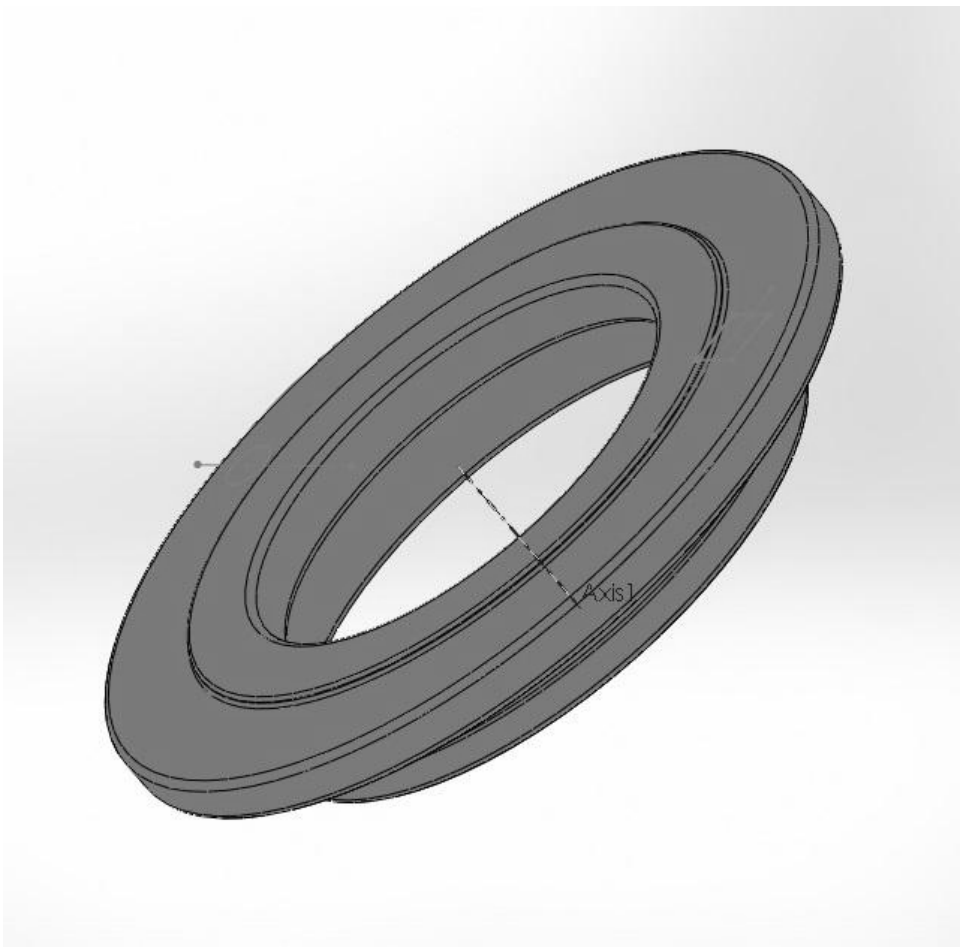
Взам. инв. №

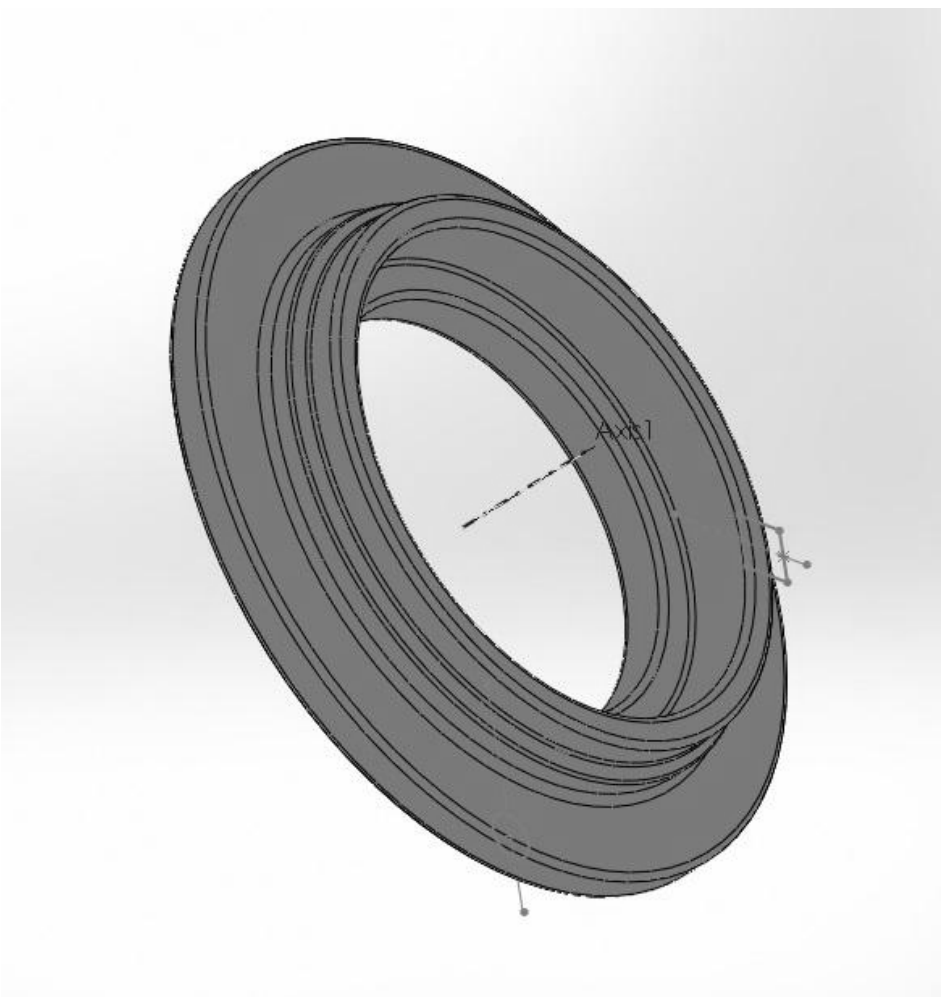
Подп. и дата

Инв. № подл.

БР.ПМ-277.02.000.3АГ







Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гаврилюк М.І.		
Пров.		Борущак Л.О..		
Т.контр.		Борущак Л.О..		
Н.контр.		Борущак Л.О.		
Утв.		Присяжнюк П.М.		

БР.ПМ-277.02.000.3АГ

Твердотільні моделі кришки лабіринтної та її заготовки

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1

Лист | Листов 1

Сталь 20Л ДСТУ7809-95

ІФНТУНГ ПМ-22-1

Копировал | Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

БР.ПМ-277.07.000СК

20
19
18
29
25
8
27
7
3
1
17
16
28
9
4
5
6
2
26
24
11
10
22
21
14
15
23

40H7/g8
M14x1,5
Ф150H8/js7
210+0,15
325±0,5
330±0,7
385±0,7

A
1:2
R12+0,12
35±0,31

1. Пристрій призначений для свердління 6-ти отворів Ш21 мм та фрезерування шести пазів шириною 25 мм
2. Пристрій встановлюється на столі верстата KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER
3. Тиск в пневмомережі 6,3 Мпа

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БР.ПМ-277.07.000СК		
Разраб.		Гаврилюк М.І.			Пристрій фрезерно-свердлильний	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Борущак Л.О.						1:1
Т.контр.		Борущак Л.О.				Лист	Листов 1	
Н.контр.		Борущак Л.О.			Верстат фрезерний з ЧПК мод. KITAMURA MYCENTER - 2XD SPARKCHANGER	ІФНТУНГ ПМ-22-1		
Утв.		Присяжнюк П.М.						

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

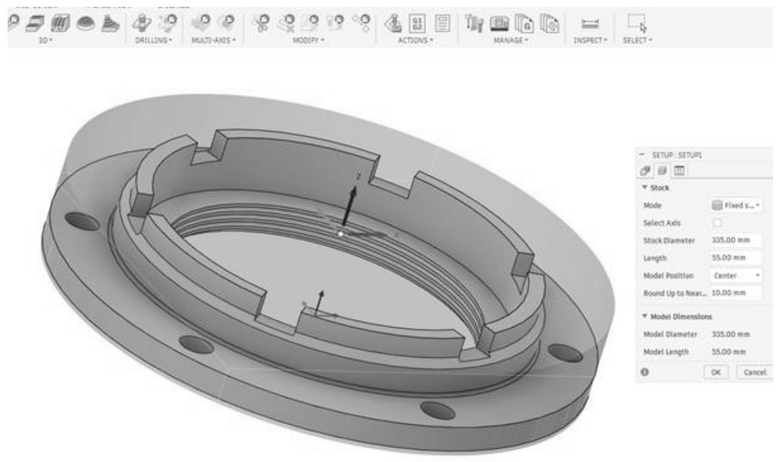


Рис.1 – Модель деталі в програмі Fusion 360 і налаштування заготовки

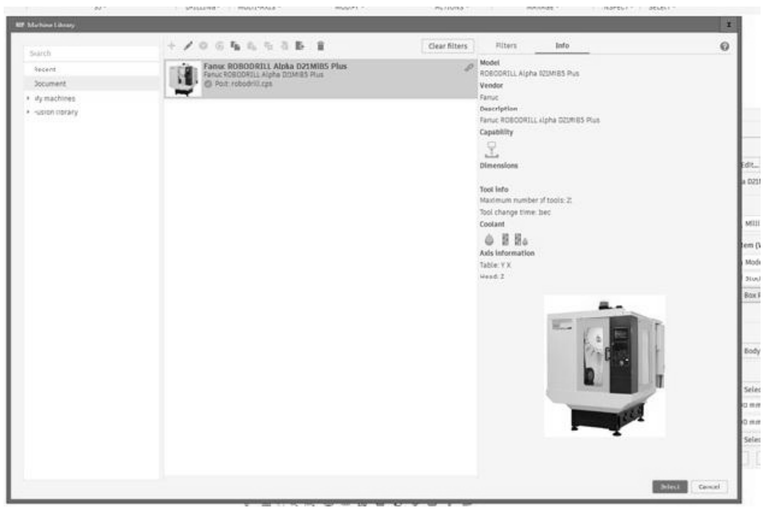


Рис.2 – Вибір вертикально-фрезерного верстата Fanuc з бібліотеки Fusion 360

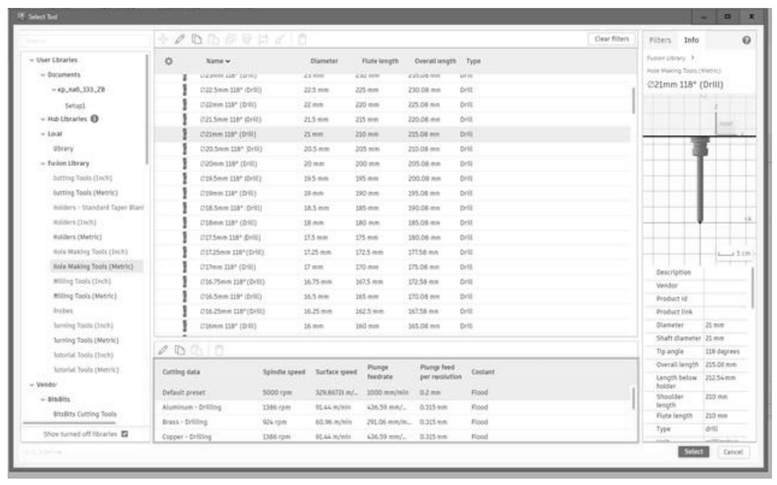


Рис. 3 – Вибір інструмента для свердління отворів

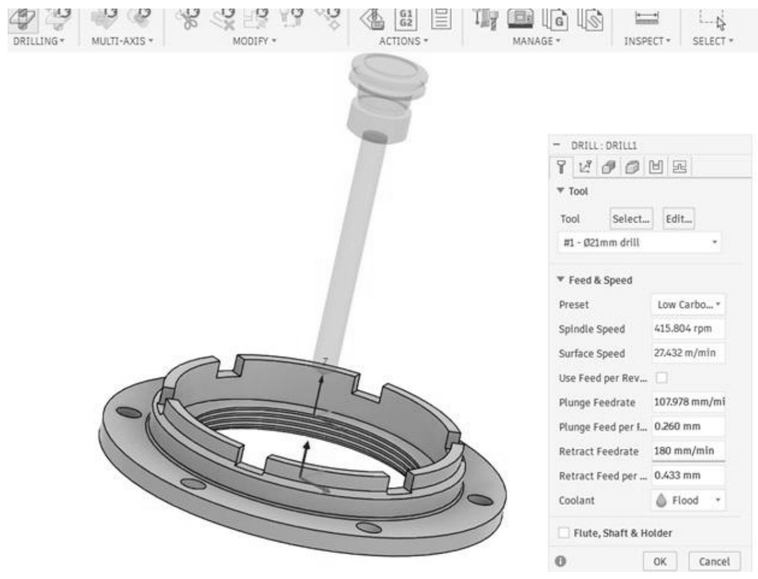


Рис. 4 – Коригування режимів різання

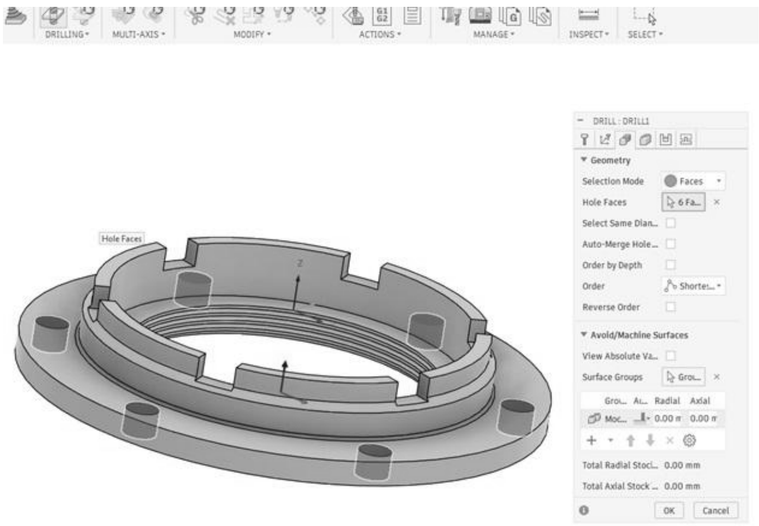


Рис. 5 – Призначення поверхонь, що підлягають обробці вибраним інструментом

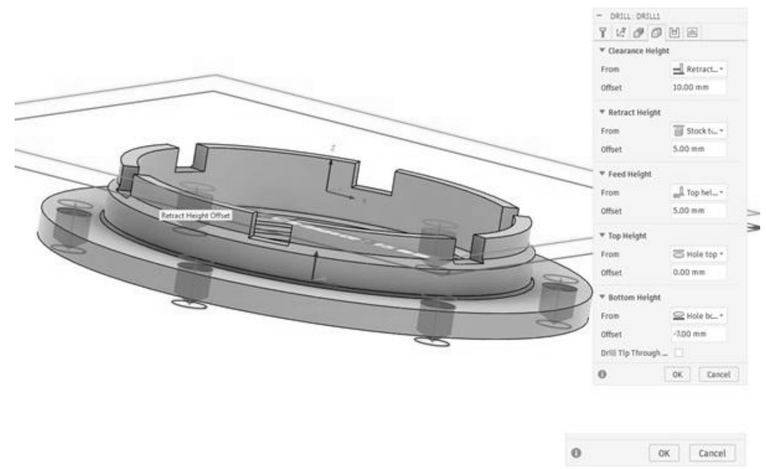


Рис. 6 – Технологіні розмірні налаштування

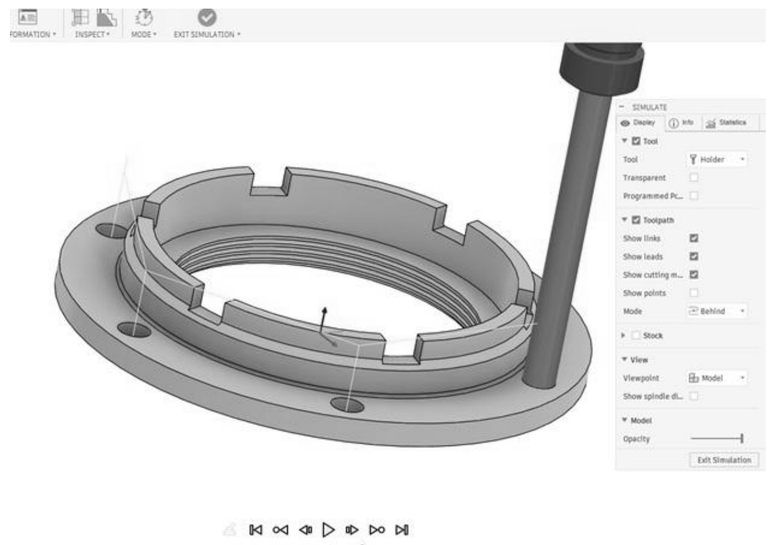


Рис. 7 – Створення симуляції обробки

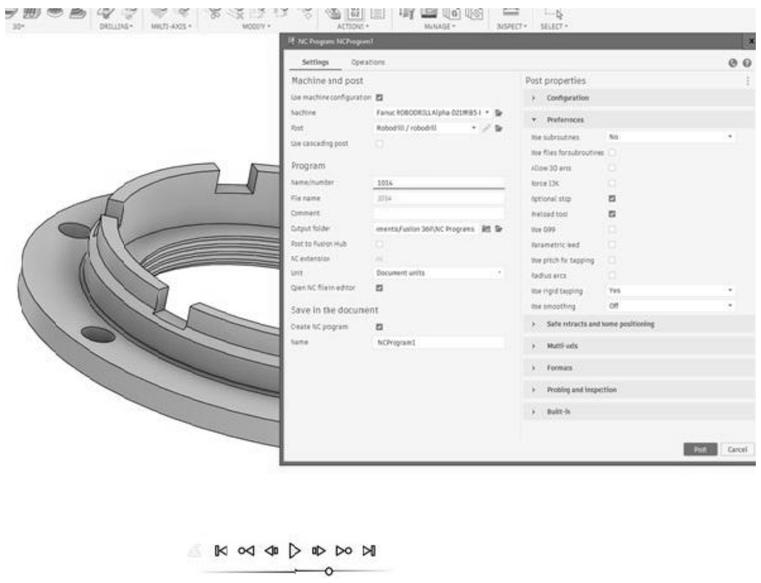


Рис. 8 – Налаштування постпроцесора на генерування програми для обробки

Текст керуючої програми, згенерованої постпроцесором Fanucrobodrill

```
...
%
O1014
(MACHINE)
(  VENDOR FANUC)
(  MODEL ROBODRILL ALPHA D21MIB5 PLUS)
(  DESCRIPTION FANUC ROBODRILL ALPHA D21MIB5 PLUS)
(T1 D=21. CR=0. TAPER=118DEG - ZMIN=-59. - DRILL)
N10 G90 G94 G17 G49 G40 G80
N15 G21
N20 G53 G00 Z0.

(DRILL 1)
N25 T1 M06
N30 S416 M03
N35 G90 G94 G17
N40 G54
N45 M08
N50 G00 X-127.739 Y-73.75
N55 G43 Z15. H01
N60 G00 Z5.

N65 G98 G81 X-127.739 Y-73.75 Z-59. R-31. F108.
N70 X0. Y-147.5
N75 X127.739 Y-73.75
N80 Y73.75
N85 X0. Y147.5
N90 X-127.739 Y73.75
N95 G80
N100 Z15.

N105 M09
N110 G53 G00 Z0.
N115 G49
N120 G53 G00 X0. Y0.
N125 M30
%
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БР.ПМ-277.06.000КП			
Разраб.		Гаврилюк М.І.			Розробка керуючої програми в середовищі Fusion 360	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Борущак Л.О.						1:1
Т.контр.		Борущак Л.О.				Лист	Листов 1	
Н.контр.		Борущак Л.О.			Свердління шести отворів у фланці кришки	ІФНТУНГ ПМ-22-1		
Утв.		Присяжнюк П.М.						

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

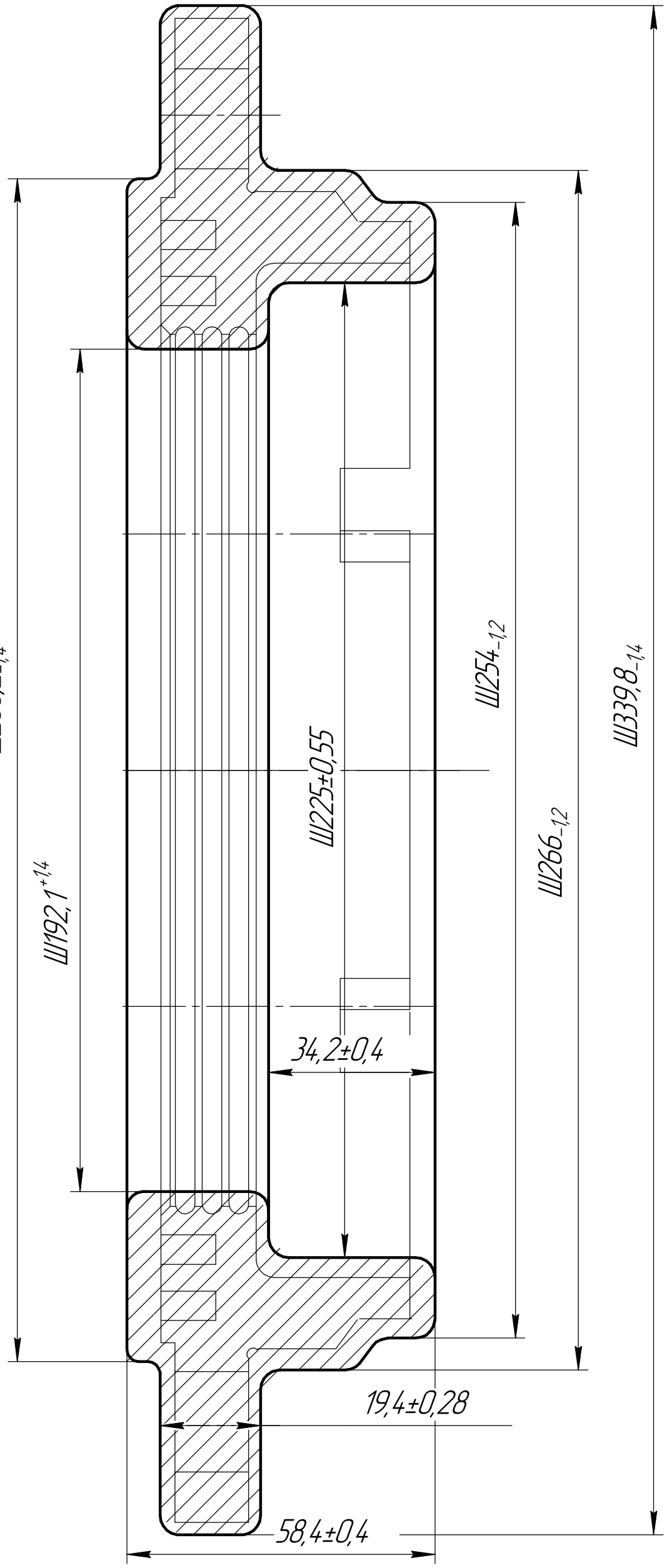
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

БР.ПМ-277.03.000.ЗАГ



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гаврилюк М.І.		
Пров.		Борущак Л.О..		
Т.контр.		Борущак Л.О..		
Н.контр.		Борущак Л.О.		
Утв.		Присяжнюк П.М.		

БР.ПМ-277.03.000.ЗАГ

Заготовка кришки лабіринтної

Сталь 20 ДСТУ7809-95

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1

Лист | Листов 1

ІФНТУНГ ПМ-22-1

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

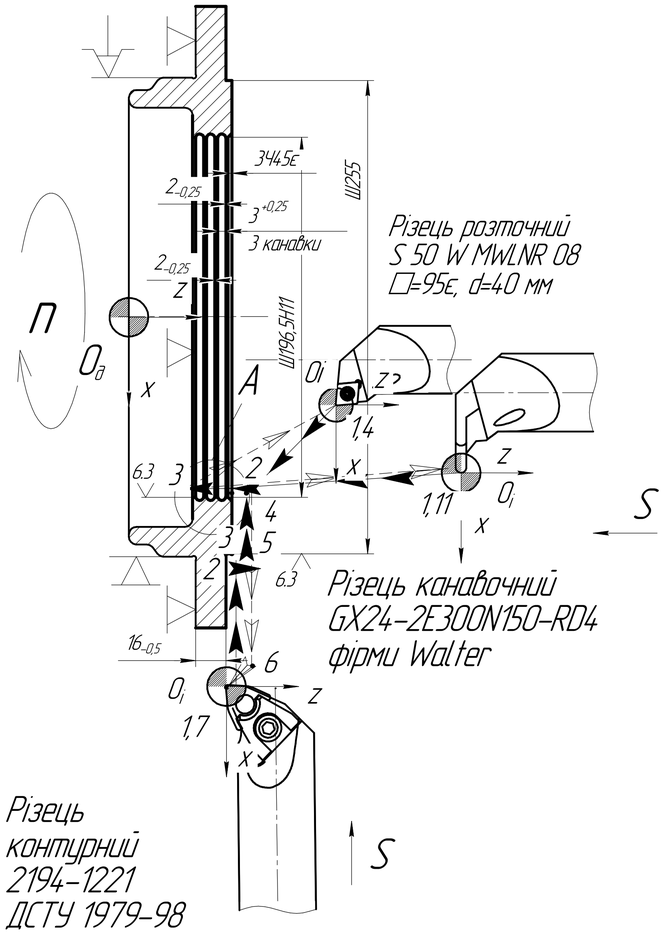
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

БР.ПМ-277.04.000

Карта налагодження системи ЧПК операція 005, установ 1 переходи 1,3,5,7,9– верстат токарний HAAS ST-15Y



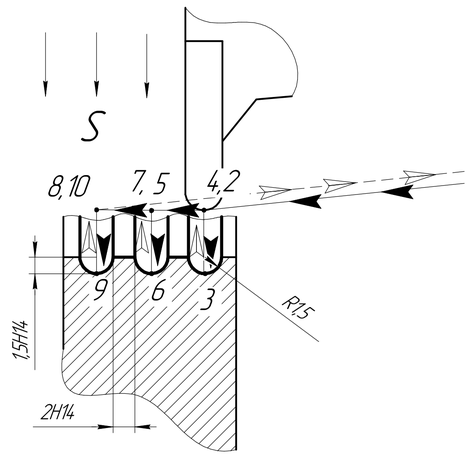
Різець розточний
S 50 W MWLNR 08
□=95°, d=40 мм

Різець канавочний
GX24-2E300N150-RD4
фірми Walter

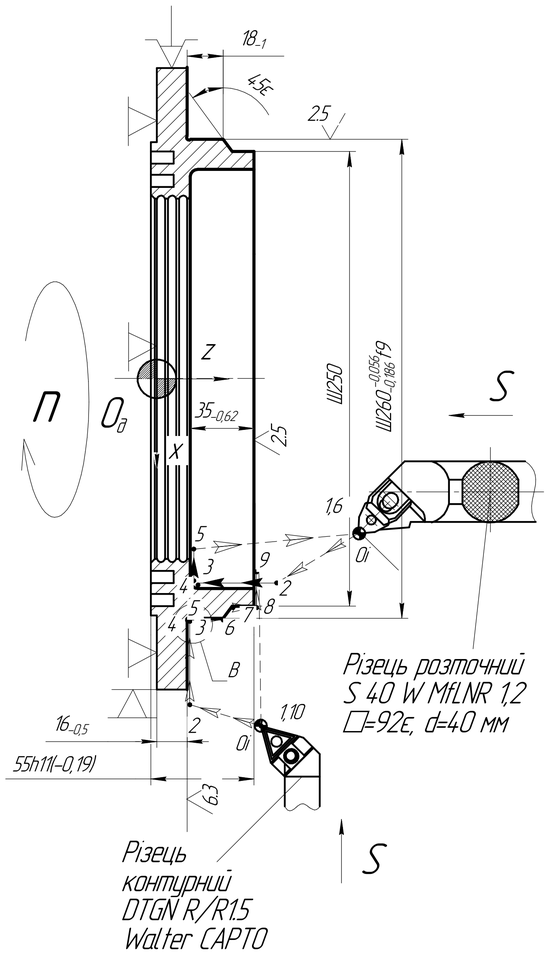
Різець
контурний
2194-1221
ДСТУ 1979-98

Опорні точки		
№	Коорд Z	Коорд X
Переходи 1-5		
1	52,8	198
2	52,8	127,5
3	58,7	127,5
4	58,7	95,5
5	60,0	95,5
6	60,0	170,0
7	52,8	198
Перехід 7		
1	112,2	55,0
2	58,0	98,25
3	36,0	98,25
4	112,	55,0
Перехід 8		
1	87,5	80,0
2	95,25	50,75
3	99,75	50,75
4	95,25	50,75
5	95,25	47,25
6	99,75	47,25
7	95,25	47,25
8	95,25	43,75
9	99,75	43,75
10	95,25	43,75
11	87,5	80,0

A
M2,5:1



Карта налагодження системи ЧПК операція 005, установ 2 Верстат токарний HAAS ST-15Y

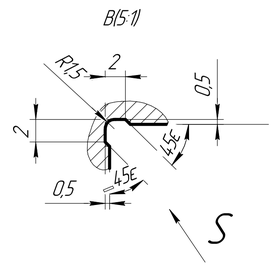


Різець розточний
S 40 W MfLNR 1,2
□=92°, d=40 мм

Різець
контурний
DTGN R/R1.5
Walter CAPTO

Опорні точки		
№	Коорд Z	Коорд X
Переходи1-6		
1	65,0	172,0
2	21,0	168,5
3	21,0	130,4
4	19,7	133,2
5	21,0	130,4
6	40,4	130,4
7	46,2	125,0
8	55,0	125,0
9	55,0	112,0
10	65,0	172
Переходи 7-9		
1	69,0	100,0
2	57,2	125,0
3	32,5	125,0
4	35,0	127,2
5	35,0	120,0
6	69,0	100,0

B(5:1)



					БР.ПМ-277.04.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Карта налагодження операції 005 токарної з ЧПК установи 1,2	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Габрилюк М.І.						1:1
Пров.		Барущак Л.О.				Лист	Листов 1	
Т.контр.		Барущак Л.О.			Верстат токарний з ЧПК мод. HAAS ST-15Y	ІФНТУНГ ПМ-22-1		
Н.контр.		Барущак Л.О.						
Утв.		Присяжнюк П.М.						

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.