

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ  
Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Легедза Ігор Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.622  
(індекс)

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

Вдосконалення технології виготовлення деталі  
Корпус нижній 260.30.10.135 зап  
(назва роботи)

Компютеризовані та роботизовані технології машинобудування  
(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Легедза І.М.  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Онисько О.Р., професор каф КМВ, докт. техн. наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри

Панчук В.Г.  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

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

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ – 2022

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## **З А В Д А Н Н Я**

### **НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Легедзі Ігорю Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення технології виготовлення деталі

Корпус нижній 260.30.10.135 зап

керівник роботи Онисько О.Р., професор каф КМВ, докт. техн. наук

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

затвердені наказом закладу вищої освіти від “26” березня 2022 року № 224/7

2. Строки подання студентом роботи 18 грудня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний кресленик деталі «Корпус»; середовище програм SolidWorks

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

1. Проектування технологічного процесу та основних технологічних систем. 2. Розробка та розрахунок пристроїв. 3. Аналіз та удосконалення конструкції пристрою для обробки.

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

1. Креслення пристрою на обробку – 1 лист А1. 2. Креслення контрольного пристрою – 1 лист А1. 3. Аналіз точності – 1 лист А1. 4. Карта налагоджень – 1 лист А1. 5. Результати

аналізу проблемної частини пристрою – 1 лист А1. 6. Візуалізація ЧПК обробки – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Онисько О.Р., професор каф КМВ, докт. техн. наук		
2	Онисько О.Р., професор каф КМВ, докт. техн. наук		
3	Онисько О.Р., професор каф КМВ, докт. техн. наук		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Загальна характеристика	01.04.2022	
2	Опис і конструкція навчального проєкту	01.06.2022	
3	Проектна частина	05.08.2022	
4	Конструкторська частина	01.10.2022	
5	Дослідницька частина	24.11.2022	
6	Захист магістерської роботи	24.12.2022	

Студент \_\_\_\_\_ Легедза І.М..  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Онисько О.Р..  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022\_р.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної магістерської роботи  
“Вдосконалення технології виготовлення деталі Корпус нижній  
260.30.10.135 зап”

Розрахунково-пояснювальна записка: сторінок, рисунків, таблиць, посилань.

Графічна частина: 6 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – технологічні процеси механічної обробки деталей.

Предмет дослідження – Корпус нижній 260.30.10.135 зап.

Мета роботи – проектування технології виготовлення деталі - вала-зірочки - шляхом з використанням сучасного автоматизованого обладнання (верстатів з ЧПК).

В перших пунктах магістерської роботи зроблено аналіз конструкції корпусу нижнього і технологічного процесу його механічної обробки, виявлено характерні риси базового маршруту обробки, які є недосконалими на сучасному етапі виробництва. Запроектовано більш сучасний процес механічної обробки корпусу, у якому вертикально-фрезерну та радіально-свердлильну операції об’єднано в одну, що виконується на фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК.

В технологічній частині пояснювальної записки обчислено припуск на фрезерування торця фланця корпусу, аналітичним способом виконано розрахунок режимів фрезерування площини та свердління отворів  $\varnothing 17$  мм. Розраховано вплив різних факторів на точність розточування отвору  $\varnothing 420$  мм під гніздо підшипників.

Вибрано потрібну модель металорізального верстата з ЧПК та прогресивні високопродуктивні інструменти. Оформлені маршрутна та операційна карти. Спроектовано частину фрезерної операції - свердління отворів у фланці за допомогою комп’ютерної програми Sprut CAM.

У конструкторському розділі пояснювальної записки та графічної частини роботи спроектовано фрезерно-свердлильний пристрій і виконано його складальне креслення.

В науково-дослідній частині роботи зроблено дослідження статичної міцності коромисла у середовищі Solid Works (з використанням додатку Simulation).

**Ключові слова:** технологічний процес, операція, перехід, режим різання, припуск, вертикально-фрезерний, радіально-свердлильний, горизонтально-розточувальний верстати, аналіз точності обробки, технічне нормування, верстатний пристрій, статичний аналіз міцності..

Студент Легедза І.М.

## ABSTARCT

Master's thesis

"Improvement of the technological process of manufacturing the lower body part  
260.30.10.135 zap"

Settlement note: pages, figures, tables, links.

Graphic part: 6 sheets of A1 format.

Object of research - technological processes of mechanical processing of parts.

The subject of research is the lower body part 260.30.10.135 zap.

The purpose of the work is to design the technology of manufacturing a part - a sprocket shaft - by using modern automated equipment (CNC machines).

In the first sections of the master's thesis, an analysis of the design of the lower case and the technological process of its mechanical processing is made, characteristic features of the basic processing route were revealed, which are imperfect at the current stage of production. A more modern process of mechanical processing of the case has been designed, in which vertical milling and radial drilling operations are combined into one, which is performed on a milling and drilling machine with CNC.

In the technological part of the explanatory note, the allowance for milling the end of the body flange measuring 236x910 mm is calculated, the calculation of the modes of milling the plane and drilling  $\varnothing 17$  mm holes was carried out analytically. In order to ensure the necessary accuracy parameters for the  $\varnothing 420$  mm hole, the influence of various factors on the accuracy of the surface boring for the bearing socket was calculated.

The desired model of a metal cutting machine with CNC and advanced high-performance tools is selected.

A part of the milling operation was designed - drilling holes in the flange using the computer program Sprut CAM.

In the design section of the explanatory note and graphic part of the work, a milling and drilling device was designed and its assembly drawing was made.

In the scientific and research part of the work, a study of the static strength of the most loaded part of the device (rocker) was carried out in the Solid Works environment (using the Simulation application).

**Keywords:** *technological process, operation, transition, cutting mode, allowance, vertical-milling, radial-drilling, horizontal-boring machines, analysis of processing accuracy, technical standardization, machine device, static strength analysis.*

Student Igor Legedza

## Зміст

Вступ.....		2
1	Технологічна частина.....	3
1.1	Опис призначення та конструкції деталі...	3
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі....	8
1.3	Визначення річної програми випуску та кількості деталей у партії...	11
1.4	Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки....	13
1.5	Вдосконалення технології виготовлення корпусу нижнього	15
1.5.1	Структура та аналіз базового варіанту технологічного процесу	15
1.5.2	Новий варіант технології обробки корпусу нижнього	19
1.6	Розрахунок припусків на механічну обробку	25
1.7	Розрахунок режимів різання	30
1.8	Аналіз точності обробки.....	34
1.9	Проектування технології фрезерно-свердлильної операції у програмі Sprut CAM	40
2	Конструкторська частина	45
2.1	Проектування верстатного пристрою для операції 010	45
2.2	Розрахунок пневмоприводу пристрою	46
2.3	Розрахунок на міцність та точність найбільш навантажених та рухомих елементів пристрою	49
2.4	Перевірка пристрою на точність	50
3	Науково-дослідна частина	51
3.1	Перевірка міцності коромисла в процесі роботи фрезерно-свердлильного пристрою	55
	Висновок	

## Вступ

Зараз Українська держава переживає важкий час - це війна з московськими загарбниками. Окрім людських втрат, знищено багато промислових об'єктів, в тому числі підприємств машинобудівної галузі. Успішні військові операції наших збройних сил можливі при наявності усього комплексу сучасного озброєння, яким, на жаль, забезпечують нас західні партнери. Тому одним з першочергових завдань нашої промисловості після перемоги буде створення потужної машинобудівної бази для військово-промислового комплексу. Щоб забезпечити нашу армію сучасним озброєнням, треба мати потужну високопродуктивну виробничу основу і сучасні автоматизовані технології.

Машинобудівній галузі потрібне не тільки обладнання. Українська промисловість майбутнього не зможе функціонувати без грамотних фахівців - конструкторів, технологів, програмістів. Стати хорошим фахівцем є першочерговим завданням кожного студента українського технічного ВУЗу.

Українські воїни показали, що вони можуть на полі бою. Наша черга проявити себе у відбудові України і становленні вітчизняної промисловості. Саме час поєднати бажання до праці нашого народу з його фантастичним моральним та інтелектуальним потенціалом.

## 1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь «Корпус нижній 260.30.135 зап» згідно класифікації, розробленої Ф. С. Дем'янюком відноситься до корпусних деталей і є нижньою частиною корпуса понижувального циліндричного зубчастого редуктора, який монтується безпосередньо на валу колісної пари. Остання, в свою чергу, є ведучою частиною трансмісії колійного рухомого складу - мотрис, дрезин т.п.

Деталь виготовляють із сталі 25 Л, що дає можливість отримати заготовку литвом і одночасно забезпечити хорошу оброблюваність різанням.

Корпус нижній має коробчасту конструкцію, з одного краю якої зроблений фланець для кріплення до корпусу верхнього редуктора, бокові стінки мають напівциліндричної форми приливи для монтажу в них підшипників привідного вала. Для жорсткості корпусу між стінками і приливами зроблені ребра трикутної форми. В нижній частині за (рисунком 1.1) є отвір з різьбою М27х2,0 для зливу відпрацьованого масла.

У фланці зроблено два отвори  $\varnothing 15$  мм для базуючих штифтів, чотири отвори  $\varnothing 20$  мм для кріплення редуктора та дванадцять отворів  $\varnothing 17$  мм для болтів, що з'єднують половини редуктора.

У корпуса нижнього обробляють приєднувальну поверхню фланця, вісі отвори та поверхні під головки кріпильних болтів. Окремі поверхні (6, 7, 17 та отвори з різьбою для кріплення кришок підшипників) - торці приливів під підшипники, циліндричні поверхні обробляють в зборі з корпусом верхнім. Тому в нашому аналізі, як і в технологічному процесі обробки корпуса нижнього, до уваги їх не приймаємо.

Розберемо поверхні по точності та шорсткості.

Поверхні з найвищою точністю і шорсткістю:

- поверхня роз'єму 1 - 10 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- поверхні під головки болтів 8, 9, 10, 11, 12 та 13 - 14 кв., Ra 6,3 мкм,
- поверхні отворів під болти 14 та 15 14 кв., Rz 40,
- поверхні під головки болтів зливного отвору 27 - 12 кв., Ra 6,3.

Габаритні розміри деталі: 670x396x236 мм. Маса – 82 кг.

Хімічний склад сталі 25Л наводимо у таблиці 1.1.

Механічні властивості сталі 25Л подаються у табл. 1.2. Характеристику поверхонь деталі приводимо в таблиці 1.3.

**Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 25Л ГОСТ 977 - 88**

C	Вміст елементів, %			Cr
	Si	Mn		
0,22 - 0,30	0,17 - 0,37	0,5 - 0,8		≤0,25

Механічні властивості сталі 25Л наводимо в таблиці 1.3

**Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 25Л ГОСТ 977 - 88**

$\sigma_B$ , МПа	KCU Дж/м <sup>2</sup>	$\Psi$ , %	$\delta_B$ , %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	НВ	Розміри січення для випробування
Не менше						
457	49,5	21	22	277,6	160...165	50

**Таблиця 1.3 – Характеристика поверхонь корпусу нижнього**

№ по верхні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми та розміщення	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5	6

1	Торцева поверхня фланця. Основна конструкторська база.	236x 910	h10		2,5
2, 3, 4	Виконавча поверхня. Зовнішня поверхня корпусу. Вільна поверхня	B=2 20	h14		Rz 120
5 24	Крайка фланця корпусу. Вільна поверхня. Внутрішня поверхня корпусу. Вільна поверхня.	236x 910	h14 h12		Rz 120 Ra 6,3
6, 7	Торці циліндричних приливів. Допоміжна конструкторська база.	96	h14 h14		Ra 6,3
8, 9, 10, 11,	Плоска поверхня. Допоміжна конструкторська база.	210	h14		Ra 6,3
12, 13	Плоска поверхня. Допоміжна конструкторська база.	14	H14		Ra 12,5
14	Циліндрична поверхня. Допоміжна конструкторська база	16	H14		Ra 12,5
15	Циліндрична поверхня. Допоміжна конструкторська база	∅17	H8		Ra 2,5
16	Циліндрична поверхня. Основна конструкторська база.	∅20	H9		Ra 2,5
17	Циліндрична поверхня. Допоміжна конструкторська база	∅16	H14		Rz 120
21	Плоска поверхня приливу на корпусі. Вільна поверхня.	∅420	7H		Ra 6,3
22	Різьбова поверхня. Допоміжна конструкторська база	236x 910	H12		Ra 6,3
23	Конічна поверхня Плоска поверхня. Допоміжна конструкторська база.	M16	H12 7H		Ra 6,3

25, 26	Різьбова поверхня. Допоміжна конструкторська база	5x45 °			Ra 6,3
27		25x4 0			
		M27 x2			

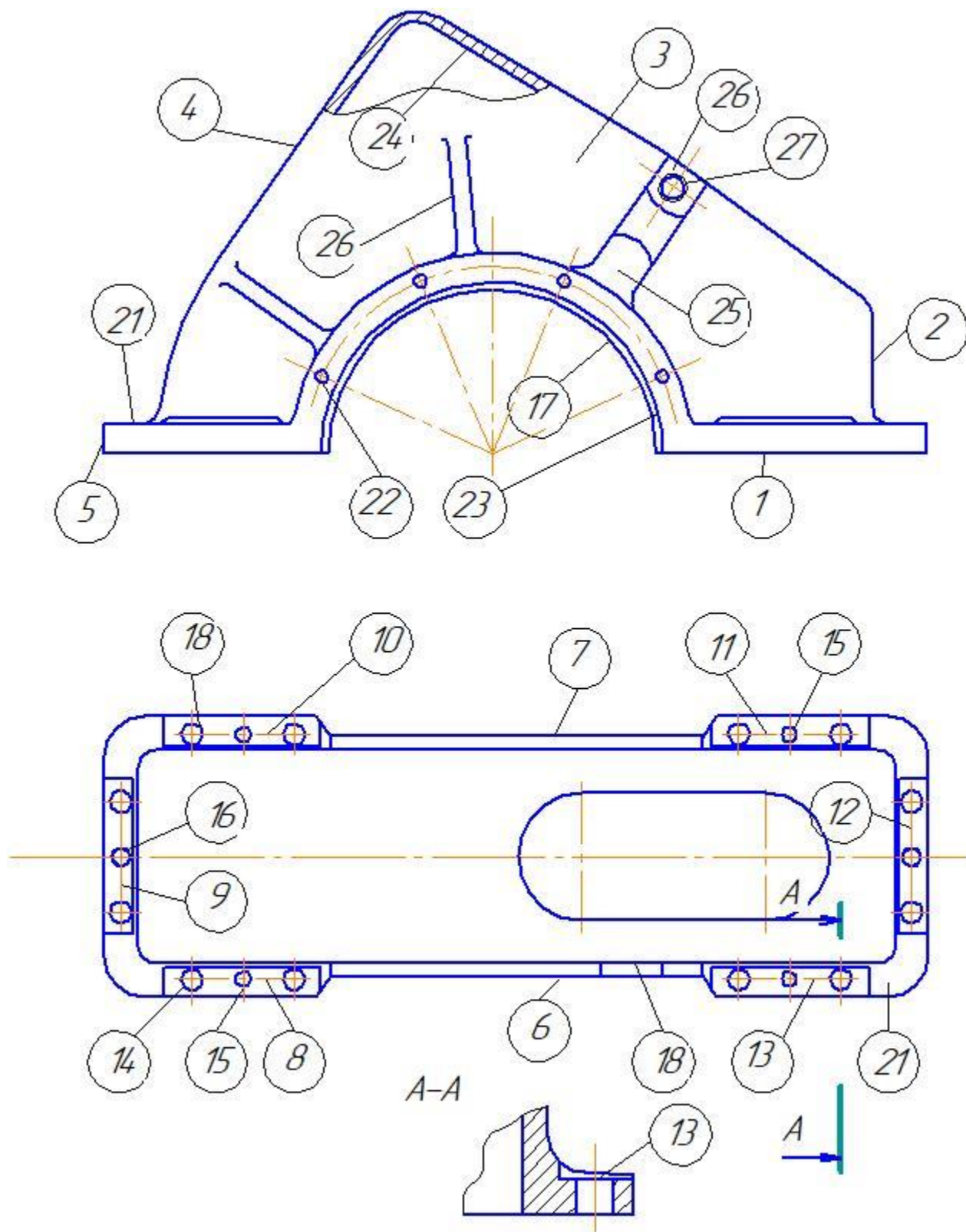


Рис.1.1 - Ескіз деталі "Корпус нижній" з номерами поверхонь

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Заготовка корпусу нижнього є виливком із сталі марки 25Л, отриманого литвом у разові піщані форми з машинним формуванням.

В цілому деталь не є складної конфігурації і досить жорстка, виходячи з креслення. Згідно заводського техпроцесу обробку поверхонь (крім тих, що обробляються в зборі з корпусом верхнім), виконують на універсальних верстатах.

Площину роз'єму (пов. 1) обробляють на вертикально-фрезерному верстаті мод. 550, кріпильні отвори і отвори під штифти свердлять на радіально-свердлильному верстаті мод. 2М55, площини під головки болтів для кріплення з корпусом верхнім, різьбовий отвір для зливу масла М27х2 - на горизонтально-розточному верстаті мод. 2А620Ф2. При обробці вказаних поверхонь є вільний доступ різального та вимірного інструменту, осі отворів перпендикулярні або ж паралельні до базової площини роз'єму 910х23 мм. Виняток становить обробка різьбового отвору для заливання масла та щупа, що розміщений під кутом 30° до вертикалі. Тут потрібен пристрій з орієнтацією у просторі або багатоопераційний верстат з поворотним столом.

Жорсткість деталі в процесі обробки забезпечується її конструкцією - наявністю взаємоперпендикулярних стінок, ребер жорсткості та напівциліндричних приливів під підшипники.

Таким чином, деталь в цілому технологічна.

Згідно ГОСТ 14.202-73 проводимо кількісний аналіз технологічності по

трьох коефіцієнтах:

- коефіцієнту уніфікації  $K_y$
- коефіцієнту точності  $K_T$
- коефіцієнту шорсткості  $K_{ш}$ .

Загальна кількість поверхонь – 132

з них механічну обробку проходять – 132

уніфікованих поверхонь – 124

Поверхонь по 14-му квалітету точності – 104

Поверхонь по 10-му квалітету точності – 1

Поверхонь по 7-му квалітету точності – 27

Поверхонь по 5 класу шорсткості – 93

Поверхонь по 7 класу шорсткості – 27

Поверхонь по 8 класу шорсткості – 2

Поверхонь по 10 класу шорсткості – 10

Визначаємо коефіцієнт уніфікації за формулою

$$K_{y\Sigma} = \frac{Q_{y\Sigma}}{Q_{\Sigma}}$$

де  $Q$  - загальна кількість оброблюваних поверхонь

$Q_{y\Sigma}$  - кількість уніфікованих поверхонь

$$K_{y\Sigma} = \frac{124}{132} = 0,93$$

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

Визначаємо коефіцієнт точності за формулою  $K_T = 1 - \frac{1}{A_c}$

де  $A_c$  – середній клас точності

$$A_c = \frac{1 \cdot n_1 + 2n_2 + \dots + 19n_{19}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{19}}$$

$$A_c = \frac{14 \cdot 104 + 10 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 7 \cdot 27}{132} = 12,65$$

$$k_m = 12,65 - \frac{1}{13} = 12,57$$

Так як  $k_m > 0,8$ , то по цьому параметру деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості за формулою  $K_{ш} = \frac{1}{B_c}$

де  $B_c$  – середній клас шорсткості

$$B_c = \frac{1 \cdot n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}$$

$$B_c = \frac{5 \cdot 93 + 7 \cdot 27 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 10}{132} = 5,83$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,83} = 0,171$$

Так як  $K_{ш} > 0,16$ , то по цьому параметру деталь технологічна.

Дана деталь технологічна за трьома показниками, а саме по показнику уніфікації  $K_y$ , точності  $K_T$  та шорсткості  $K_{ш}$ , це значить, що вона не складна у виготовленні.

### 1.3 Визначення річної програми випуску та кількості деталей у партії

Заданий тип виробництва – середньосерійний.

Режим роботи підприємства 2 зміни на добу.

Дані технологічного процесу наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Трудомісткість операцій.

№ операції	Назва операції	Модель верстату	$T_{шт}$ , хв
010	Вертикально-фрезерна	6550	14,8
020	Радіально-свердлильна		24,8
025	Горизонтально-розточна		22,23
030	Вертикально-фрезерна	6550	9,2

Число операцій  $n=4$ ; сумарний штучний час  $\sum T_{шт} = 71,1$  хв.

Середній штучний час:

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{71,1}{4} = 17,775 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_B = k_3 \cdot T_{шт.сер} = 17 \cdot 17,77518 = 302,175 \text{ хв,}$$

де  $k_3$  – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

$$10 < k_3 < 20. \text{ Приймаємо } k_3 = 17.$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_d \cdot 60}{t_B} = \frac{3900 \cdot 60}{302,175} = 774,4 \text{ шт,}$$

де  $F_d$  – дійсний річний фонд робочого часу устаткування.

$$F_d = 3900 \text{ год.}$$

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_d = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{775 \cdot 12}{252} = 36.9 \text{ шт.},$$

де  $a$  – періодичність запуску виробів,  $a=12$  днів ([1], с.23);

$F$  – кількість робочих днів у році,  $F=252$  дні.

Приймаємо  $n = 37$  шт.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot n_d}{480 \cdot 0,8} = \frac{17,75 \cdot 37}{480 \cdot 0,8} = 1.71 \text{ змін},$$

де 480 – дійсний фонд часу роботи устаткування за зміну, хв.

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Прийнята кількість змін  $C_{\text{пр}} = 2$  зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_d = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{17,75} = 43.27 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_d = 40$  шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_d} = \frac{775}{40} = 19.375.$$

Остаточну розраховуємо річну програму випуску деталей

Приймаємо  $i=20$ ;  $N=i \cdot n_d = 20 \cdot 40 = 800$ шт.

## 1.4 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Вихідні дані:

Деталь - Корпус нижній 260.30.10.135зап.

Матеріал деталі – Сталь 25Л ГОСТ 977-88.

Габаритні розміри деталі – 236x910x584 мм.

Маса деталі – 82 кг.

Згідно базової технології деталь виготовляють способом литва у пісчані разові форми з машинною формовкою опок. Для середньосерійного типу виробництва така заготовка є оптимальною для нашої деталі.

Обґрунтуємо наш вибір. Задану точність форми і розмірів вільних поверхні деталі згідно технічних вимог вказаний спосіб дає змогу отримати.

Маханічній обробці заготовки підлягають небагато поверхонь. Це дві ділянки торця фланця розміром 236x210 мм і шириною 48 мм, півциліндрична поверхня посадкового гнізда під корпус підшипників, торці півциліндра шириною 25 мм, плоскі ділянки фланця з протилежного боку розмірами 45x140 мм та поверхні різьбових отворів  $\varnothing 27 \times 2$  мм та М16-7Н для зливу та заливання масла і під болти кріплення корпусів підшипників та кришок. Прпуски під обробку відносно невеликі - 3 - 4,5 мм. Отже, відхід матеріалу у стружку дуже незначний - до 3%.

Потрібну заготовку можна також отримати іншими способами - зварюванням з листових і точених частин, литвом за витопами моделями або ж у кокіль. Проаналізуємо ці способи.

Щоб отримати заготовку зварюванням, потрібно нарізати окремих частин з листового металу, виконати заготовки напівциліндрів під гнізда шляхом

штампування та обточування або ж точінням і розрізанням з круглого або трубного прокату. Опісля потрібно зварити окремі частини докупи. В результаті зварювальних робіт окремі частини заготовки будуть деформуватись, тому потрібно буде виконати пічну термообробку, щоб зняти напруження і деформації, або застосувати природне старіння, що є тривале в часі. Очевидно, що така технологія потребує значних часових, енергетичних та трудових затрат, що не є виправданим для цього типу виробництва. Розрахунок витрат на таку технологію досить ємнісний, інформація по вартості матеріалів та робіт дуже нестабільна, тому будемо опиратись на середньостатичну інформацію.

Отримання заготовки переліченими вище методами литва дозволить дещо зменшити припуски на механічну обробку поверхонь, але в цілому металоємність конструкції практично буде та ж сама. Фізико-механічні властивості заготовки практично залишаться без особливих змін відносно до базової. Вартість заготовки, отриманої вказаними методами, буде на 23 - 42 % вищою, ніж отриманої базовим способом, за рахунок більших затрат часу, праці та застосування дорогих матеріалів для виготовлення разових форм. Аналогічно, для литва в кокіль потрібен значний об'єм механічної обробки та дорогі матеріали для металевої форми.

Таким чином, застосування можливих методів отримання заготовки не є доцільним для нашого типу виробництва з причини як технічної, так і сторони.

## 1.5 Вдосконалення технології виготовлення корпусу нижнього

### 1.5.1 Структура та аналіз базового варіанту технологічного процесу

Деталь корпус нижній виготовляється на підприємстві ВАТ «Івано-Франківський локомотиворемонтний завод». Заготовкою для деталі служить вилівок, отриманий у піщаних формах, із сталі 25Л. Базова технологія обробки корпусу нижнього наступна.

Механічній обробці передують розмітка необхідної товщини отриманого фланця корпусу слюсарним способом.

Першою операцією є створення чистової установчої бази шляхом фрезерування поверхні роз'єму редуктора на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6550 за три переходи.

Наступними операціями є свердління 12 отворів  $\varnothing 17$  мм та чотирьох отворів  $\varnothing 20$  мм напрохід на радіально-свердлильному верстаті моделі 2М55.

В подальшому на горизонтально-розточному верстаті з ЧПК мод. 2А20Ф2 відбувається фрезерування кінцевою фрезою місць під головки болтів нафланцях корпусу з чотирьох сторін за чотири переходи.

Наступною є операція вертикально-фрезерна. На верстаті мод.6550 обробляють начисто площину фланця в напилком розмір  $14_{-0,43}$  мм до площин під головки болтів.

Останньою операцією є слюсарна, що полягає в обпилюванні корпусу після фрезерування для знімання гострих задирок. Детальніше базова технологія подана в додатку 1.

Для зручності інформацію про базовий технологічний процес зводимо в таблицю 1.2.

Операції розточування циліндричних поверхонь  $\varnothing 420$  мм, обробка торців вказаних отворів та свердління отворів і нарізання різьби М27х2, М16-7Н виконують у зборі з корпусом верхнім редуктора, що зумовлено конструкцією виробу. Саме тому ми операції по обробці вказаних поверхонь в технологічний процес не включаємо і не проектуємо.

Послідовність операцій і переходів для обробки деталі в базовому технологічному процесі зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Базовий технологічний процес обробки деталі

№	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата
1	2	3
005	Слюсарна	Верстак слюсарний
	1 Встановити корпус на плиті і розмітити товщину фланця 1 мм від поверхні, де утворюється мінімальна товщина фланця. Накреслити контрольну риску на відстані 10 мм від лінії товщини фланця	
010	Вертикально-фрезерна	6550
	1 Фрезерувати по площині попередньо, витримуючи товщину 18 мм.	
	2 Фрезерувати по площині остаточно, витримуючи товщину 17,5 мм.	
020	Радіально-свердлильна	2М55
	1 Свердлити 12 отворів $\varnothing 17^{+0,43}$ мм на прохід	
	2 Свердлити 2 отвори $\varnothing 15^{+0,43}$ мм на прохід	
	3 Свердлити 4 отвори $\varnothing 20^{+0,52}$ мм на прохід	
025	Горизонтально-розточна	2А620Ф2

	1 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.	
	2 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.	
	3 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.	
	4 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.	
030	Вертикально-фрезерна 1 Фрезерувати фланець по площині, витримуючи товщину фланця в місцях фрезерування під головки болтів 14 <sub>-0,43</sub> мм.	6550
035	Слюсарна 1 Обпиляти фланець корпусу в місцях фрезерування для знімання гострих задирок.	Верстак слюсарний

Технологічні ескізи на операції базового техпроцесу подаються нижче.

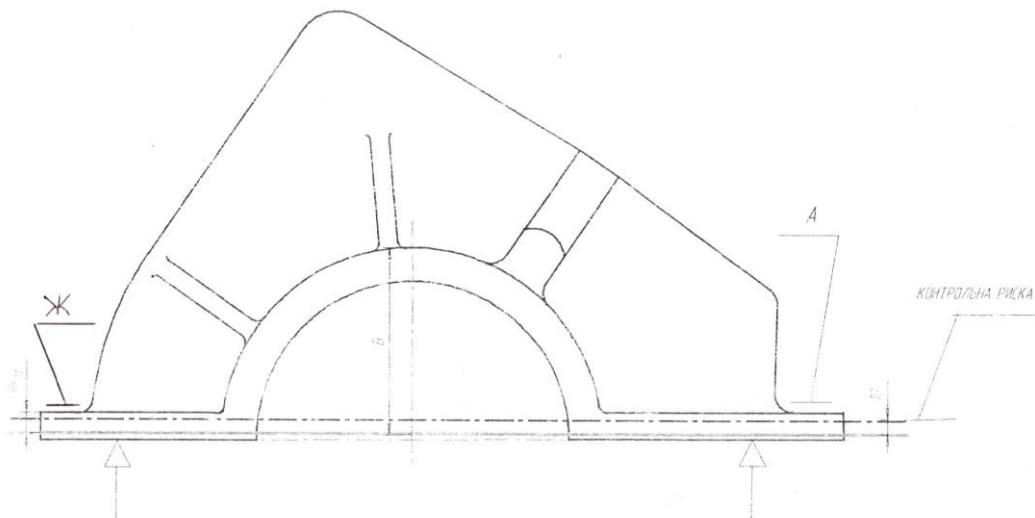


Рис.1.2 - Технологічний ескіз операції 005 базового техпроцесу

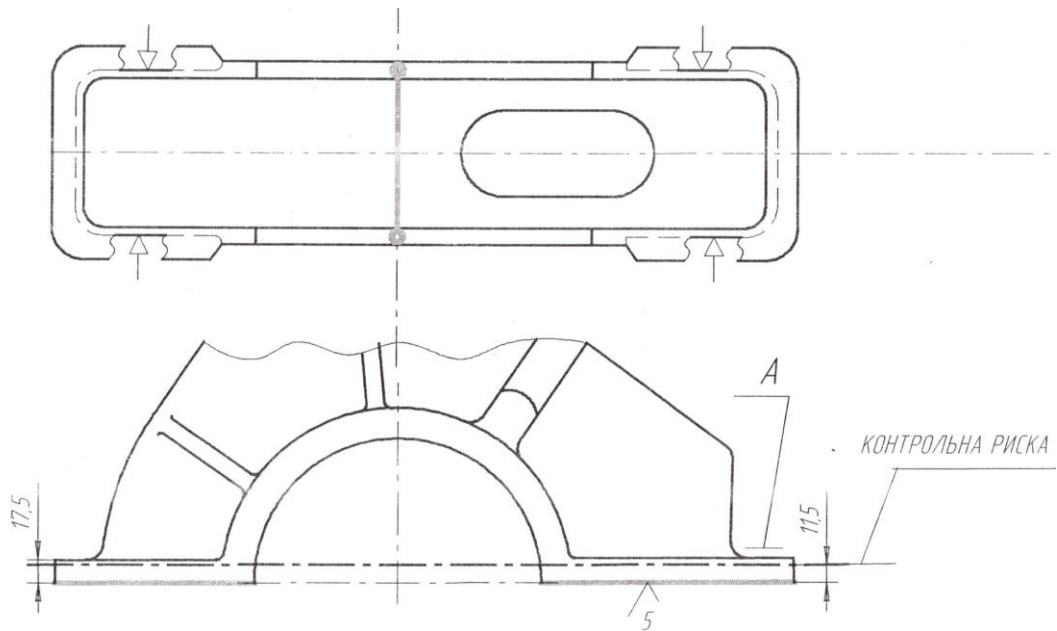


Рис.1.3 - Технологічний ескіз операції 010 базового техпроцесу

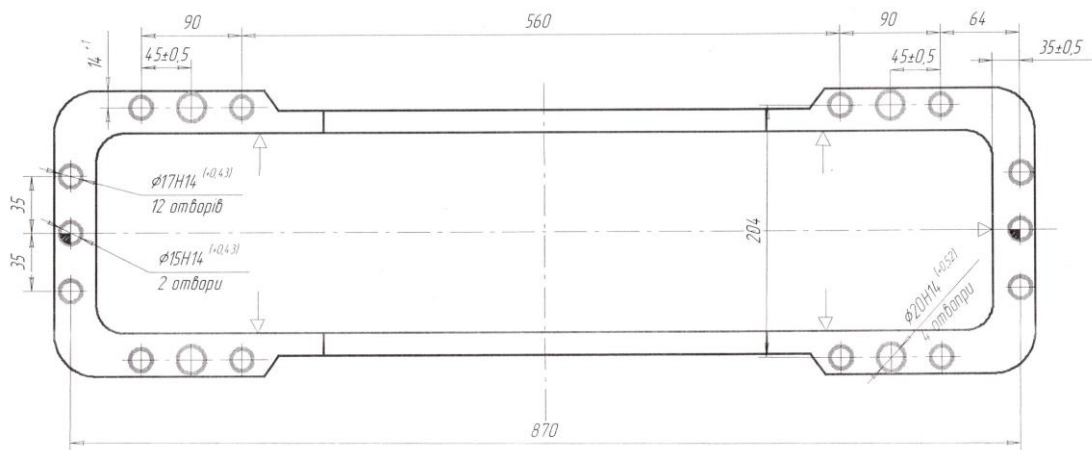


Рис.1.4 - Технологічний ескіз операції 020 базового техпроцесу

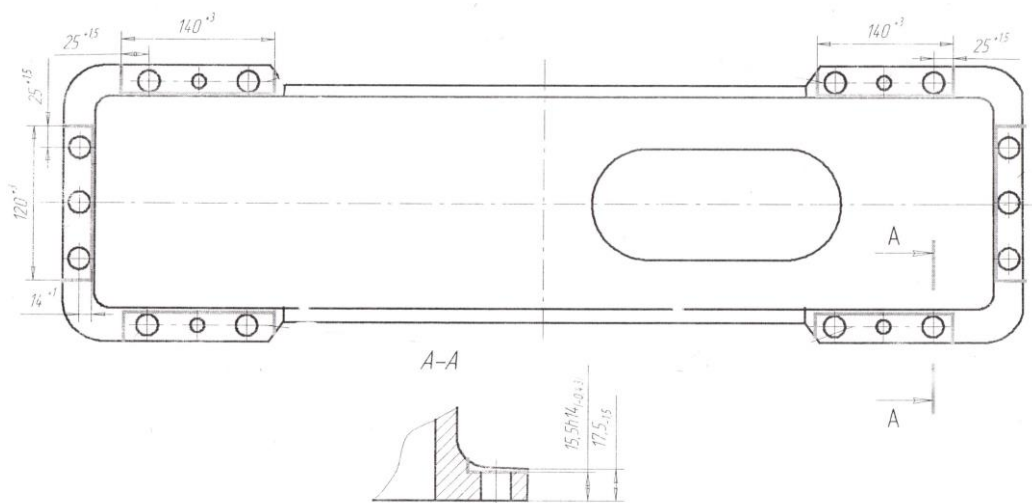


Рис.1.5 - Технологічний ескіз операції 025 базового техпроцесу

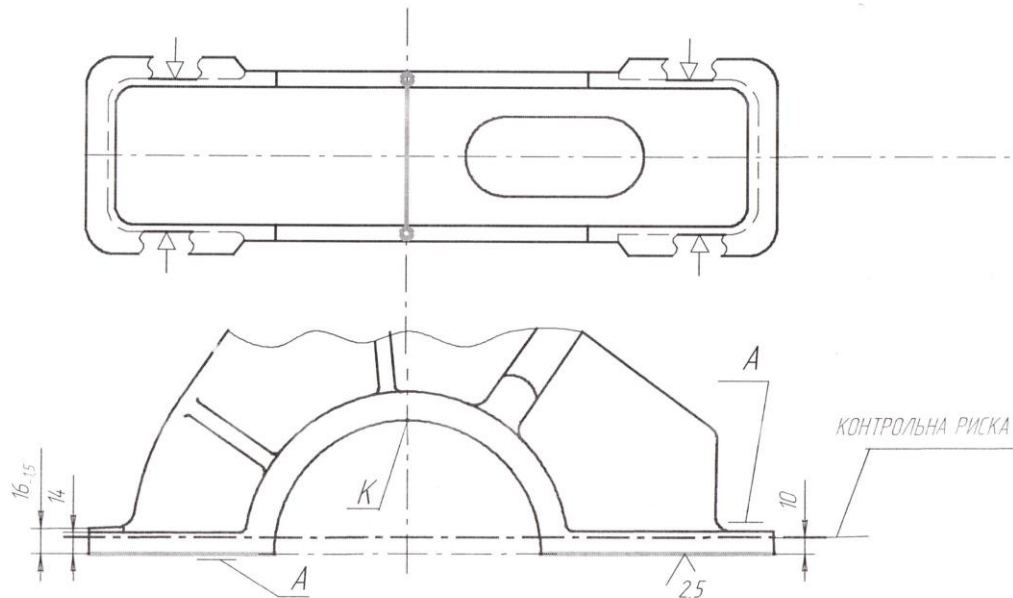


Рис.1.6 - Технологічний ескіз операції 030 базового техпроцесу

В базовому технологічному процесі наявні наступні недоліки:

- Обробку торця фланця виконують на низькопродуктивному вертикально-фрезерному верстаті;
- Свердління отворів під болти виконують на низькопродуктивному радіально-свердлильному верстаті;
- Мають місце суттєві втрати часу на транспортування заготовки з однієї операції на іншу.

### 1.5.2 Новий варіант технології обробки корпусу нижнього

В сучасних умовах за наявності на підприємстві високопродуктивного обладнання з ЧПК ми пропонуємо об'єднати операції 010 та 020 базової технології і виконати обробку на фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК фірми KNUT моделі VECTOR 850 M SI. Характеристики верстата за потужністю приводу головного руху, точністю та розмірами задовільняють наші вимоги. Цим самим позбавимося вказаних вище недоліків базової технології.

Решту операцій в технології залишаємо без змін, оскільки фрезерування площин під головки болтів виконується на верстаті з ЧПК з достатньою продуктивністю і точністю.

Вигляд робочої зони вибраного верстата зображено на рис. 1.7



Рис. 1.7 - Вигляд робочої зони верстата мод. VECTOR 850 M SI

Характеристики фрезерно-свердлильного верстата наведені в табл. 1.5

Табл. 1.5

№ з\п	Характеристики верстата	Числове значення параметра
1	<b>Робоча зона</b>	
	Розміри стола	1000x550 мм
	Допустиме навантаження на стіл	8000 Н
	Відстань від торця шпинделя до стола	150 - 700 мм
2	<b>Технологічний хід</b>	
	Технологічний хід по осі X	950 мм
	Технологічний хід по осі Y	550 мм
	Технологічний хід по осі Z	550 мм

	Напрямні	Roller
3	<b>Головний шпindelь</b>	
	Частота обертання шпинделя	10000 об\хв
	Затиск шпинделя	SK 40
	Постійний крутний момент	57 Нм
	Пішипник шпинделя	7012x4
	Привід шпинделя	ремінний
4	<b>Прискорений хід</b>	
	Прискорений хід X/Y	36000 мм\хв
	Прискорений хід Z	15000 мм\хв
5	<b>Подача</b>	
	Робоча подача, вісь X	10000 мм\хв
	Робоча подача, вісь Y	10000 мм\хв
	Робоча подача, вісь Z	10000 мм\хв
6	<b>Замінник інструмента</b>	
	Тип інструментального магазину	Doppelarm
	Кількість позицій	24 шт
	Вибір інструменту	Memory random
	Розмір інструменту øxDмакс	80 мм x 300 мм
	Маса інструменту (макс)	7 кг
	Час заміни інструменту інстр \ інстр	1,8 сек
	Час заміни інструменту затиск \ затиск	3,9 сек
7	<b>Точність</b>	
	Точність повтору	±0,003 / ±0,0002" мм
	Точність позиціювання	±0,005 / 0,0002" мм
8	<b>Потужність</b>	
	Головний привід	9 кВт
	Загальна споживана потужність	15 кВА
	Напруга	400В
	Частота струму в мережі	50 Гц
9	<b>Ч П К</b>	
	Система керування	Siemens
10	<b>Розміри і маса</b>	
	Габарити (ДxШxВ)	2,42мx2,2мx2,7м
	Маса	4300 кг

Таким чином, пропонуємо альтернативний технологічний процес обробки деталі, який наведений в таблиці 1.3

Таблиця 1.6 - Альтернативний технологічний процес обробки деталі

№	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою
1	2	3	4
005	Слюсарна		Слюсарний верстак
	1 Встановити корпус на плиті і розмітити товщину фланця 1 мм від поверхні, де утворюється мінімальна товщина фланця. Накреслити контрольну риску на відстані 10 мм від лінії товщини фланця		
010	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	VECTOR 850 M SI	Пристрій верстатний з пневмоприводом
	1 Обробити деталь зліва згідно програми		
	2 Фрезерувати по площині остаточно, витримуючи товщину 17,5 мм.		
	3 Свердлити 12 отворів $\varnothing 17^{+0,43}$ мм на прохід		
	4 Свердлити 2 отвори $\varnothing 15^{+0,43}$ мм на прохід		
5 Свердлити 4 отвори $\varnothing 20^{+0,52}$ мм на прохід			
015	Горизонтально-розточна	2A620Ф2	Пристрій верстатний з пневмоприводом
	1 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.		
	2 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.		
	3 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.		
4 Фрезерувати місця під головки болтів з однієї сторони фланця, витримуючи товщину фланця 15,5 мм.			
020	Вертикально-фрезерна	6550	Пристрій фрезерний
	1 Фрезерувати фланець по площині, витримуючи товщину фланця в місцях		

	фрезерування під головки болтів 14. <sub>0,43</sub> мм.		
025	Слюсарна		Верстак слюсарний
	1 1 Обпиляти фланець корпусу в місцях фрезерування для знімання гострих задирок.		

Операційні ескізи нового технологічного процесу за своїм змістом аналогічні базовим з тою особливістю, що технологічні переходи операцій 010 - 020 об'єднані в одну операцію, тому особливої потреби наводити їх немає.

Окремо приділимо увагу високопродуктивним інструментам для обробки корпусу нижнього на фрезерно-свердлильному верстаті.

Для продуктивної роботи застосуємо фрезу торцеву фірми Walter (Німеччина) з механічним кріпленням трикутних позитивних непереточуваних пластинок моделі F 2010.B.160.Z10.10.R441M. Діаметр фрези D= 160 мм, маса 5,6 кг. Особливістю конструкції фрези є наявність тримачів пластинок з можливістю точного регулювання положення пластинок на розмір гвинтом з ексцентричною конічною головкою (рис.1.XXXX). Пластинки моделі SPHW 120416-A57.

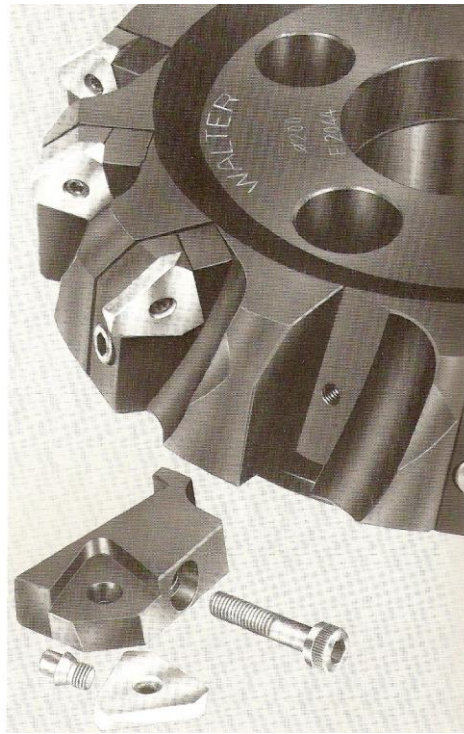
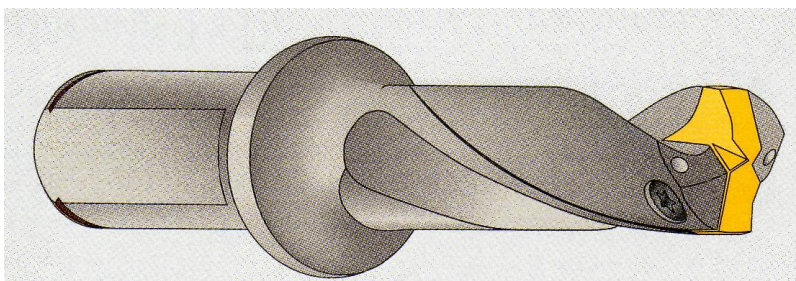
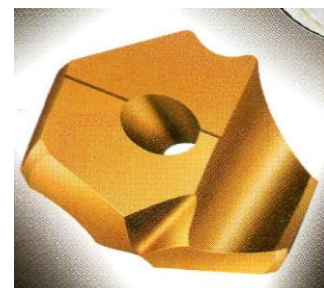


Рис. 1.8 – Збірна твердосплавна фреза фірми WalterF 2010

Для точного і продуктивного свердління отворів у фланці корпусу нижнього застосуємо жорстке свердло Xtra\*tec NOVEX моделі В 4013 з гвинтовими канавками і механічним кріпленням центральної твердосплавної пластини (рис. 1.XXX). Особливістю пластинки є наявність підточеної перемички, що покращує врізання інструменту, знижує крутний момент та покращує стружкоутворення фірми WALTER. Конструкція свердла і пластинки показана на рис. 1.XXX.



а)



б)

Рис. 1.8 – Свердло свердлоXtra\*tec NOVEX фірми WALTER (а)  
та змінна пластинка (б)

## 1.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розраховуємо припуски на механічну обробку аналітичним методом на поверхню роз'єму  $236 \times 910$  мм за розміром  $14h14_{(-0,240)}$ . На решту поверхонь (отвори під кріпильні болти) припуски рівні діаметрам оброблюваних отворів. Для поверхонь під торці різьбових отворів  $M27 \times 2,0$  припуски призначаємо табличним методом.

Початкові дані:

Заготовка – виливок в разові пісчані форми з машинною формовкою.

За табл. 3 [X] для виливка з габаритами  $236 \times 910$  мм при розмірі до 50 мм маємо допуск  $\pm 1,0$  мм (поле допуску 2,0 мм).

Маса деталі - 82 кг.

Поверхня роз'єму на відстані  $14_{-0,120}$ .

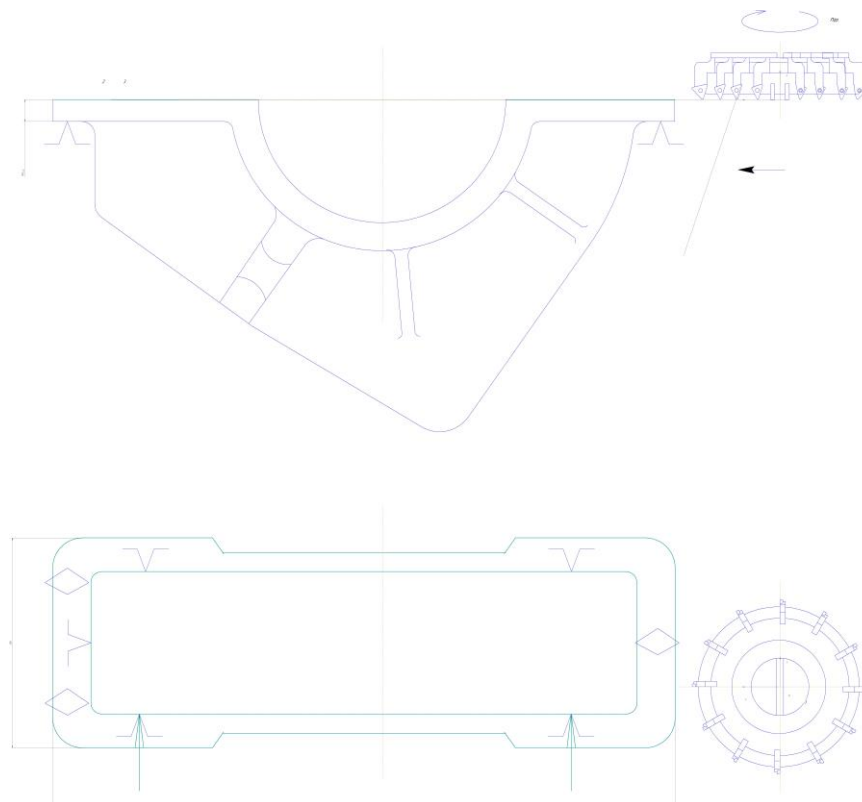


Рис. 1.9 Ескіз обробки поверхні роз'єму

Призначаємо послідовність обробки:

- чорнове фрезерування (допуск  $\pm 0,40$  мм);
- чистове фрезерування (допуск  $\pm 0,12$  мм).

При обробці заготовка встановлюється у пристрої на призматичні пластини буртиком, протилежним до оброблюваної поверхні і затискається по бокових стінках корпусав чотирьох точках - дві підвідні опори та два затискачі.

Мінімальні значення припусків для плоскої поверхні:

$$Z_{min_i} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{y_i}$$

де  $R_{z_{i-1}}$ -висота нерівностей на попередньому переході, мкм;

$T_{i-1}$ -глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

$\rho_{i-1}$ -просторові відхилення на попередньому переході, мкм;

$\varepsilon_{y_i}$ -похибка установки заготовки на діючому переході, мкм.

З таблиць точності і якості обробки виписуємо значення всіх складових припуску і записуємо в таблицю 1.XXX. Після виконання розрахунків запишемо всі отримані дані також в таблицю.

Для заготовки  $R_z = 300$  мкм,  $T = 300$  мкм,  $\rho = 800$  мкм.

Для чорнового фрезерування площини  $R_z = 100$  мкм,  $T = 100$  мкм,  $\rho = 110$  мкм,  $\varepsilon = 650$  мкм.

Для чистового фрезерування площини  $R_z = 50$  мкм,  $T = 50$  мкм,  $\varepsilon = 280$  мкм.

Знаходимо значення мінімальних припусків на кожен перехід:

$$Z_{min_1} = 300 + 300 + 800 + 50 = 2050 \text{ мкм,}$$

$$Z_{min_2} = 100 + 100 + 110 + 280 = 590 \text{ мкм.}$$

Максимальні значення припусків для плоскої поверхні:

$$Z_{max_i} = Z_{min} + \delta_{i-1} - \delta_i, \text{ де}$$

для чорнового переходу

$\delta_{i-1} = 2,0 \text{ мм}$  - допуск на розмір на попередньому переході,

$\delta_i = 0,4 \text{ мм}$  - допуск на розмір на виконуваному переході;

для чистового переходу

$\delta_{i-1} = 0,6 \text{ мм}$  - допуск на розмір на попередньому переході,

$\delta_i = 0,12 \text{ мм}$  - допуск на розмір на виконуваному переході.

$$Z_{max1} = 2050 + 2000 - 0,4 = 3650 \text{ мкм},$$

$$Z_{max2} = 590 + 600 - 120 = 1170 \text{ мкм}.$$

Для номінальних значень припусків запишемо нижні значення відхилень розмірів на попередньому  $H_{i-1}$  та виконуваному  $H_i$  переходах

для чорнового переходу  $H_{i-1} = 1000 \text{ мкм}$ ,

для чистового переходу  $H_i = 200 \text{ мкм}$ .

$$Z_{nom_i} = Z_{imin} + H_{i-1} - H_i$$

$$Z_{nom1} = 2050 + 1000 - 200 = 2850 \text{ мкм}$$

$$Z_{nom2} = 590 + 200 - 0 = 730 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунку припусків і допусків на поверхню 236x910 заносимо в таблицю 1.7

Таблиця 1.7-Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні 236x910

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Z <sub>ном</sub> , мкм	T <sub>1</sub> , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	R z	T	ρ	E			L min мм	L <sub>max</sub> мм	Z <sub>min</sub> , мкм	Z <sub>max</sub> , мкм
Заготовк а	30 0	3 00	800	-		2 000	16,520	18,520		
Фрезеру вання:			110	650	2850		14,470	15,270	2	3650
-чорнове	10 0	1 00	-	280	730	8 00	13,880	14,120	050	1170
-чистове	50	5 0				2 40			5 90	

Схема розміщення граничних припусків та розмірів деталі в процесі обробки зображена на рис. 1.10

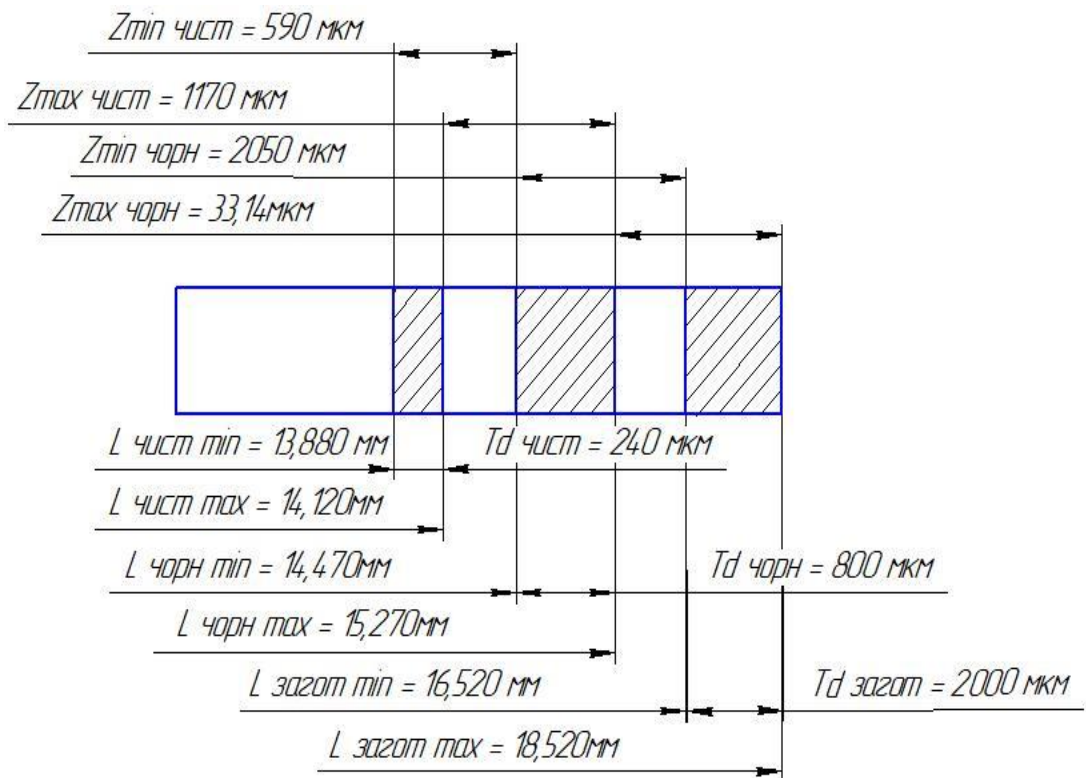


Рис. 1.10 – Граничні розміри і припуски

Припуски під фрезерування поверхонь торців різьбових отворів за табл.28

[6] для вилівка II кл. точності при розмірах до 120 мм становлять 1,2 мм.

## 1.7 Розрахунок режимів різання

Визначимо режими різання на фрезерування поверхні роз'єму торцьовою фрезою з твердого сплаву Т5К10 та свердління отворів  $\varnothing 20$  мм свердлом з швидкорізальної сталі РМ5 розрахунково-аналітичним методом, на обробку решти поверхонь визначимо припуски табличним методом.

Розрахунок основного часу виконується за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0}, \text{ хв ([4], табл. 1, с. 610, 611, 613),}$$

де довжина робочого ходу  $L=l+l_1+l_2$ , мм;

де  $l$  – довжина обробки, мм;

$(l_1+l_2)$  – величини на врізання та перебіг інструменту (довідник [4]), мм;

$i$  – число проходів інструменту;

$n$  – частота обертання шпинделя,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$S_0$  – подача на оберт шпинделя.

Для верстатів, де визначається хвилинна подача, –  $S_x = n \cdot S_0$ , – застосовується в знаменнику.

**Розрахунок режимів різання аналітичним методом.**

**Операція 010.** Фрезерно-свердлильна.

Фрезерувати поверхню роз'єму

Верстат: вертикально-фрезерний мод. VECTOR 850 M SI фірми KNUT.

Потужність двигуна головного приводу  $N_{\text{дв}} = 9$  кВт.

ККД головного приводу  $\eta = 0,8$  ([1], с. 95).

Ефективна потужність на шпинделі  $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 9 \cdot 0,8 = 7,2$  кВт.

Різальний інструмент: фреза торцева F 2010.B.10.Z10.10.R441M фіпри WALTER.

Оброблюваний матеріал сталь 25Л ГОСТ 977–88, твердість 160...165 НВ.

Діаметр фрези  $d = 160$  мм, шорсткість обробки  $R_z 40$  мкм.

Довжина обробки  $l = 910$  мм.

Довжина робочого ходу  $L=1100$  мм;  $i=1$ .

### Режими різання.

Глибина різання  $t=3,2$  мм.

Нормативна подача на один зуб фрези  $S_z = 0,12$  мм/зуб ([6]табл. 33, с. 283).

Подача на оберт шпинделя  $S_0=S_z \cdot z$ , мм/об.

$$S_0 = 0,12 \cdot 12 = 1,44 \text{ мм/об, – уточнюється після визначення } n.$$

Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y \cdot t^x \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V, \text{ м/хв.}$$

Період стійкості інструменту  $T=100$  хв (табл. 40, с. 290):

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{i_V} K_{L_V}.$$

Поправочний коефіцієнт на:

- оброблюваний матеріал  $K_{M_V} = 1,0$ ; (табл. 3, с. 262);
- на інструментальний матеріал  $K_{i_V} = 0,65$  (табл. 5, с. 263);
- на стан поверхні  $K_{L_V} = 0,8$  (табл. 6, с. 263).

$$K_V = 0,386.$$

Коефіцієнт і показники степенів (табл. 28, с. 278):

$$C_V = 332; q=0,2; x=0,1; y=0,4; u=0,2; p=0; m=0,2,$$

$$V_p = \frac{332 \cdot 160^{0,2} \cdot 0,276}{120^{0,2} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 12^0 \cdot 140^{0,2} \cdot 3,2^{0,4}} = 142,6 \text{ м/хв.}$$

Теоретична частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 122,6}{\pi \cdot 160} = 244,03 \text{ хв}^{-1}; \text{ прийнята за верстатом } n=240 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Фактична швидкість різання } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 240}{1000} = 120,6 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача  $S_x=S_0 \cdot n \cdot 1,44 \cdot 240 \cdot 1 = 345,6$  мм/хв. За паспортом  $S_x = 318$  мм/хв.

$$\text{Фактична подача } S_z = \frac{S_x}{n \cdot z} = \frac{345,6}{240 \cdot 12} = 0,12 \text{ мм/хв.}$$

$$T_0 = \frac{1100 \cdot 1}{345,6} = 3,18 \text{ хв.}$$

Тангенційна сила і крутний момент:

$$P_Z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{M_p}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}$$

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{457}{750}\right)^{0,35} = 0.84; \text{ де } n=0,35 \text{ (табл. 9, с. 264).}$$

Коефіцієнти і показники степенів (табл. 41, с. 291):

$$C_p = 825; x=1,0; y=0,75; u=1; q=1,3; w=0,2,$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,2^{1,0} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 140^{1,12}}{160^{1,3} \cdot 240^{0,2}} \cdot 1,15 = 3452,2 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = \frac{3452,8 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 2761,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{різ} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{3452,2 \cdot 120,6}{1020 \cdot 60} = 6,42 \text{ кВт},$$

$$N_{різ} = 6,4 \text{ кВт} < N_e = 7,2 \text{ кВт}.$$

Верстат має потужність, достатню для обробки

Прийняті режими різання:

$$t=3,2 \text{ мм}; S_z = 0,12 \text{ мм/зуб}; S_x = 345,6 \text{ мм/хв}; T=120 \text{ хв}; n=240 \text{ хв}^{-1}.$$

$$V=120,6 \text{ м/хв}; N_{різ} = 6,42 \text{ кВт}; M_{кр} = 2761,6 \text{ Нм}; H; T_0 = 3,18 \text{ хв}.$$

Визначимо режими різання на свердління отвору  $\varnothing 20$  мм свердлом з швидкорізальної сталі РМ5

Форма оброблюваної поверхні:  $\varnothing 20 \times 14,6$  мм

Верстат – VECTOR 850 M SI

Ріжучий інструмент: Свердло В 4015.F20,0.Z02.100R з циліндричним хвостовиком діаметром 20 мм довжиною 162 мм Р6001-D20,00R.

Матеріал деталі - Сталь 25Л ГОСТ 977 - 88

Розраховуємо режими різання

За рекомендаціями с. 276 швидкість різання

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S}$$

Де  $C_v = 9,8$ ,  $q=0,4$ ,  $y=0,50$ ,  $T=45$  хв  $S=0,38$  мм/об,

табл. 28 с. 278

Поправочний коефіцієнт на:

- оброблюваний матеріал  $K_{M_V} = 0,72$ ; (табл. 3, с. 262);
- на інструментальний матеріал  $K_{i_V} = 0,65$  (табл. 5, с. 263);

Стор.261, табл. 1 с. 261,

$K_r = 1.0$ ,  $n_v = 1.75$  табл. 2 с. 262,

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 20^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 3,2^{0,4}} = 12,3$$

$$V = 12,3 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = 1000V/\pi d = 195,9 \text{ об/хв}$$

Для верстата призначаємо  $n = 200$  об/хв

Дійсна швидкість різання

$$V_p = \pi d n/1000 = 3,14 \cdot 20 \cdot 200/1000 = 12,56 \text{ м/хв}$$

Крутний момент при свердлінні

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad \text{ст.276,}$$

$$C_M = 0.0345, q = 2.0, y = 0.8, K_p = K_{\mu p} = 1.24$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 5^{2.0} \cdot 0.12^{0.8} \cdot 1.24 = 1.96 \text{ Нм.}$$

Осьова сила при свердлінні

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad \text{ст.277,}$$

$$C_p = 68, \eta = 1,0, n = 0,7 \quad \text{табл. 32 с. 281}$$

$$P_o = 10 \cdot 68_p \cdot 5^1 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1,24 = 955 \text{ Н.}$$

Потужність різання

$$; Ne = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1.96 \cdot 920}{9750} = 0.39 \text{ кВт} \quad \text{ст.260,}$$

## 1.8 Аналіз точності обробки

Оскільки проєктований технологічний процес обробки корпусу нижнього по суті не містить операцій або переходів чистової обробки відповідальних поверхонь, то виконаємо аналіз точності чистового розточування отвору  $\varnothing 420H9$   $(+0,155)$  довжиною  $210_{-0,6}$  мм під гніздо підшипника у двох деталях в зборі – корпусі нижньому та корпусі верхньому.

Вихідні дані: операція 05. Вертикально-фрезерна з ЧПК

Верстат: Вертикально-фрезерна з ЧПК Vector 850 M SI, фірма-виробник – KNUT, Німеччина.

Матеріал деталі: сталь 25Л ГОСТ 977 - 88, твердість 165...169 НВ.

Різальний інструмент: розточна каретка NOVEX Precision MAXI з трикутною негативною твердосплавною пластиною із зносостійким покриттям матеріалом HC, тип пластини B 3230 EB 349WC05 вид WAP 20 (рис. 1.11).

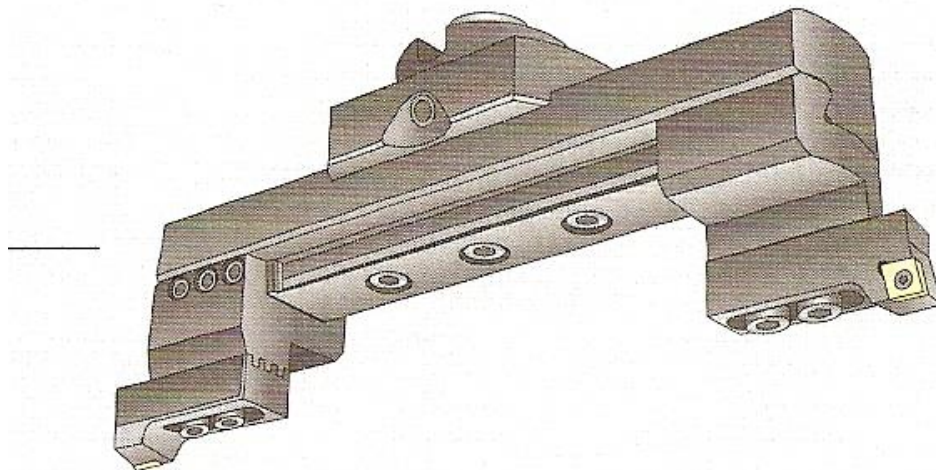


Рис. 1. 11 - Розточний інструмент для обробки отворів  $\varnothing 420H9$   $(+0,155)$

Деталь кріпиться у пристрої з пневматичним затиском, базування на опорні пальці із сферичними поверхнями.

Режими різання для обробки, визначені нормативним методом

Подача на один оберт  $S_o = 0,24$  мм/об, швидкість різання  $V = 210$  м/хв, глибина різання  $t = 0,72$  мм, граничні значення глибини різання  $t_{max} = 0,8$  мм,  $t_{min} = 0,65$  мм.

Оброблювана поверхня:  $\varnothing 420H9$

Ескіз обробки приведено на рис. 1 графічної частини.

Похибки (основні), що впливають на точність радіуса оброблюваної поверхні – замикаючої ланки технологічного ланцюга:

$\Delta_b$  – похибка форми від геометричної неточності верстату: в радіальному напрямку  $\Delta_b$  – зумовлена радіальним биттям шпинделя, і в осьовому напрямку – зумовлена відхиленням паралельності вісі шпинделя до напрямних станини в горизонтальному напрямку. Це похибка постійна.

$\Delta_H$  – похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру. Випадкова при багаторазовому налагодженні.

$\Delta_y$  – похибка від зміни величини деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною глибини різання від  $t_{max}$  до  $t_{min}$  і зміною механічних властивостей матеріалу.

$\Delta_i$  – похибка від розмірного спрацювання різця.

$\Delta_m$  – похибка від теплової деформації різця.

Похибками в осьовому напрямку від розмірного спрацювання і теплової деформації нехтуємо.

Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічного частини.

Формули для розрахунку похибки, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку зведені в таблицях 1.14-1.16.

**Таблиця 1.8**– Розрахунок похибки обробки.

Формули та розрахунку похибки розробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta'_{BR} = a'/2 = 0,060/2 = 0,030 \text{ мм};$  $\Delta''_{BR} = a''/2 = 0,025/2 = 0,0125 \text{ мм}$  $\Delta_{BR} = \Delta'_{BR} + \Delta''_{BR} = 0,0425 \text{ мм}$	$a'$ – постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; $a''$ – постійність діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм;	$a' = 0,060 \text{ мм};$  $a'' = 0,025 \text{ мм}$ Табл.23, ст. 55[5]
$\Delta_{HR} = \sqrt{(\Delta_{\text{вим}}/2)^2 + \Delta_p^2} =$ $= \sqrt{(0,006/2)^2 + 0,003^2} = 0,0042$	$\Delta_{\text{вим}}$ – похибка вимірювання, мм; $\Delta_p$ – похибка регулювання положення різця, мм	$\Delta_{\text{вим}} = \pm 0,003$ ([4], табл. 20, с. 567) $\Delta_p = 0,003$ ([5], табл. 26, с. 71)
$\Delta_{YR} = 11 \cdot C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}} K_p$ $\left( t_{\text{max}}^{X_{py}} - t_{\text{min}}^{X_{py}} \right) \omega =$ $= 11 \cdot 243 \cdot 0,24^{0,8} \cdot 210^{-0,3}$ $\times$ $(0,8^{0,6} - 0,65^{0,6}) \cdot 1,4 =$ $= 20,36 \text{ мкм} = 0,02036 \text{ мм}$	$S, V, t_{\text{max}}, t_{\text{min}}$ – режими різання; $K_p$ – поправочний коефіцієнт; $C_p, Y_{py}, n_{py}, X_{py}$ – коефіцієнти і показники степенів для визначення $P_y, \text{Н};$ $\omega$ – податливість системи ВПД, мкм/Н;	$S=0,24$ мм/об; $V=178,9$ м/хв; $t_{\text{max}} = 0,8\text{мм}; t_{\text{min}} = 0,65\text{мм}$ – дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_{py} = 243$ ; $X_{py} = 0,9; Y_{py} = 0,6;$ $n_{py} = -0,3$ ([6], табл. 22, с. 273) $\omega_{\text{ін}} = \frac{200}{5488} = 0,0365\text{мкм/Н}$

Продовження таблиці 1.8.

1	2	3
		$K_p = K_{Mр} \cdot K_{\phi_{py}} \cdot K_{\gamma_{py}} K_{\lambda_{py}},$ $K_{Mр} = 1$ ([6], табл. 9 с. 264) $K_{\lambda_{py}} = 1$ ([6], табл. 23, с. 275) $K_p = 1 \cdot 1.2 = 1,2$
$\Delta_{MHR} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{nR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_B =$ $= 1,2 \cdot \sqrt{0,008^2 + 0,02^2} + 0,014 =$ $= 0,019 \text{ мм};$ $\Delta_{MH} = 2 \cdot \Delta_{MHR} = 2 \cdot 0,019 = 0,038_{\text{мм}}$	$\Delta_{MH}$ – похибка миттєвого розсіювання розміру з врахуванням похибки налагоджування з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні	
$\Delta_i = U_0 \cdot (1 + V \cdot \tau / 1000) =$ $= 6 \cdot \left(1 + \frac{100 \cdot \tau}{1000}\right) =$ $= 6 \cdot (1 + 0,1 \cdot \tau)$	$\tau$ – час обробки, хв; $U_0$ – відносне спрацювання різця, мкм/км.	$\tau$ – змінна величина; $U_0 = 6$ мкм/км ([5], табл. 28, с. 74)
$\Delta T = C \frac{L_p}{F} \cdot S^{0,45} \cdot t^{0,7} \cdot V^{0,23} \times$ $\frac{T_0}{T_0 + T_{\text{пер}}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) =$ $= 4.5 \cdot \frac{20}{420} \cdot 0,24^{0,45} \cdot 0,75^{0,7} \cdot 210^{0,23} \cdot$ $\frac{3,07}{3,07 + 0,44} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{16}}\right)$ $= -37 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}}\right)$	$C$ – константа; $L_p, F$ – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм <sup>2</sup> ; $\sigma_B$ – границя міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм <sup>2</sup> ; $t, S, V$ – режими різання; $T_0, T_{\text{пер}}$ – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; $\tau_m$ – константа знаходиться в межах 12-24 хв	$C = 4.5$ $L_p = 20$ мм; $F = 420$ мм <sup>2</sup> ; $t = 0,75$ мм; $S = 0,24$ мм/об; $V = 210$ м/хв; $T_0 = 3,07$ хв; $T_{\text{пер}} = 0,44$ хв; $\tau_m = 16$ хв.

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм.

$\tau$ , хв		2	4	8	12	16	20	40	60	80
-------------	--	---	---	---	----	----	----	----	----	----

$\Delta_i$	(	7,2	8,4	10,8	13,21	15,6	187	30	42	54
$\Delta_m$	(	-14,4	-23,4	-32	-35,1	-36,3	-37	37	-37	-37
$\Delta_{\text{сист}} = 2 \cdot (\Delta_i - \Delta_m)$	(	-14,4	-32,8	-42,4	-43,8	-41,4	-38	-14	+10	+34

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку графічної частини. 2 діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента  $T_T = 82.5$  хв.

Оскільки  $T_e > T_T$ , то загальна похибка обробки складає (по діаграмі):

$$\Delta_{\text{сум}} = 0,0918 \text{ мм.}$$

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$D_{\text{налаг}} = D_{\text{min}} + 0,5 \cdot \Delta_{\text{мн}} + \Delta_{\text{сист. min}} + (T - \Delta_{\text{сум}})/2, \text{ мм.}$$

Питома вага  $C_j$  первинних похибок обробки в загальній похибці:

$$C_j = (\Delta_j / \Delta_{\text{сум}}) \cdot 100\%,$$

де  $\Delta_j$  – величина  $j$ -ої похибки.

Результати розрахунку  $C_j$  приведені в таблиці 1.16, на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки, рисунок 4 графічної частини.

**Таблиця 1.10 – Результати розрахунку  $C_j$ .**

Позначення похибки $\Delta_j$	$\Delta_B$	$\Delta_H$	$\Delta_y$	$\Delta_{\text{мн}}$	$\Delta_i$	$\Delta_m$	$\Delta_{\text{сист}}$
Значення похибки $\Delta_j$	0,0 28	0,0 16	0,00 4	0,0 38	0,0 84	0,0 743	0,0 538
$C_j, \%$	30, 5	17, 5	4,5	41, 4	91, 5	80, 5	58, 6

З гістограми видно, що домінуючими похибками обробки є: похибки від розмірного спрацювання різця.

Можливими заходами по забезпеченню точності та підвищення надійності обробки є: застосування різця з більш зносостійкою різальною частиною.

## 1.9 Проектування технології фрезерно-свердлильної операції у програмі Sprut CAM

Застосувавши програму Sprut CAM 2007 можна спроектувати операцію обробки деталі на верстаті з ЧПК, базуючись на передовому досвіді програмування, сучасних інструментах і технологіях.

Етапи виконання проекту наступні:

1 створення віртуальної тривимірної моделі деталі для даної операції у програмі Solid Works;

2 створення тривимірної моделі заготовки;

3 імпортування файлів з моделями в програму Sprut CAM;

4 проектування технологічної операції, яке включає вибір правильної орієнтації моделі в робочому полі, вибір оброблюваних поверхонь, різальних інструментів, пристроїв (при наявності у бібліотеці), задання стратегії обробки - підвід - відвід інструменту, послідовність переходів тощо;

5 при потребі коректують окремі переходи;

6 імітування технологічної операції в анімаційному режимі.

Тривимірна модель корпусу нижнього під свердління 12 отворів  $\varnothing 17$  мм у програмі Solid Works має такий вигляд, як на рис.1.XXX.

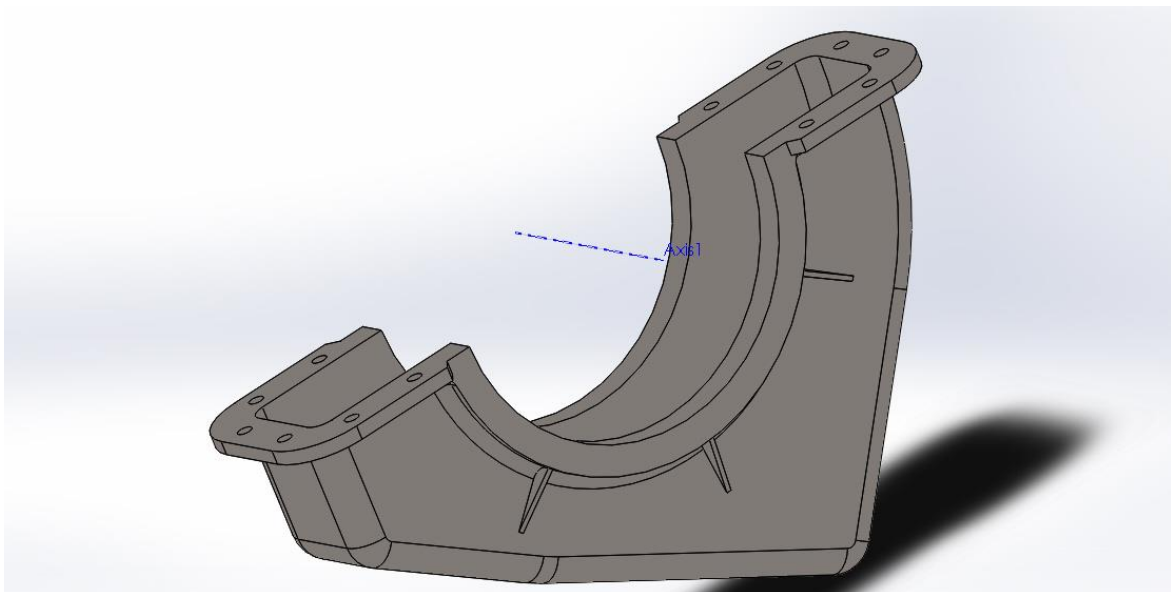


Рис. 1.11. - 3D модель деталі "Корпус нижній"

Через категорію команд "Модель" вносимо нашу модель в програму Sprut CAM та повертаємо систему координат робочого середовища у потрібне положення, яке відповідає системі координат верстату.

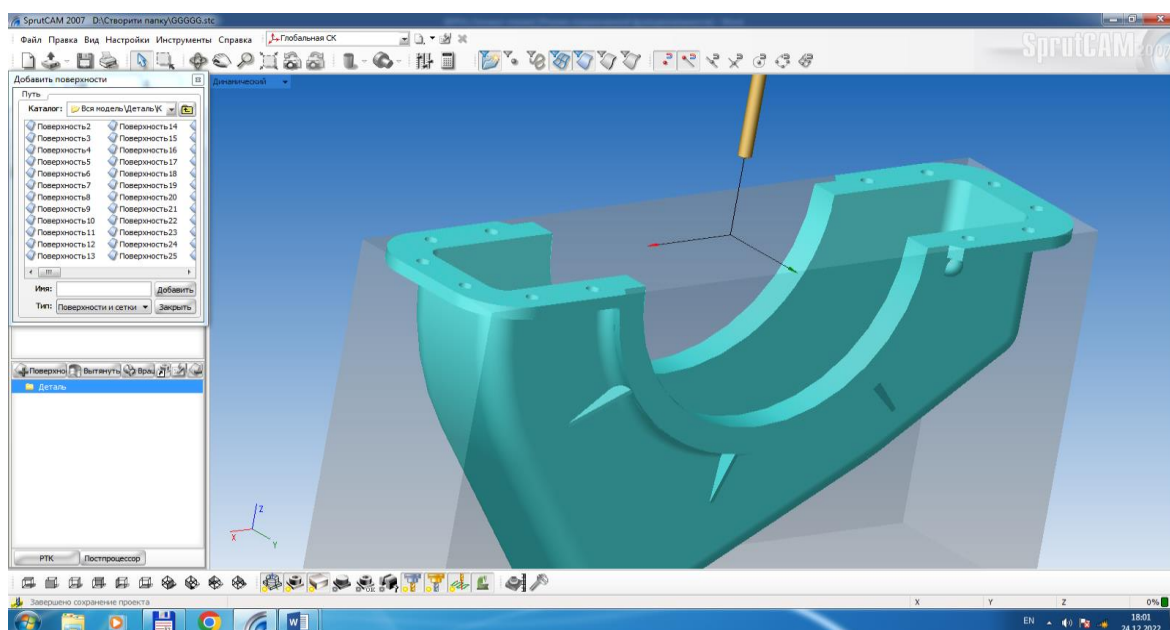


Рис. 1.12.- Імпортована модель корпусу нижнього

Переходимо до категорії команд "Технологія". Спершу виділяємо поверхні отворів у фланці, які треба просвердлити (рис. 1.XX)

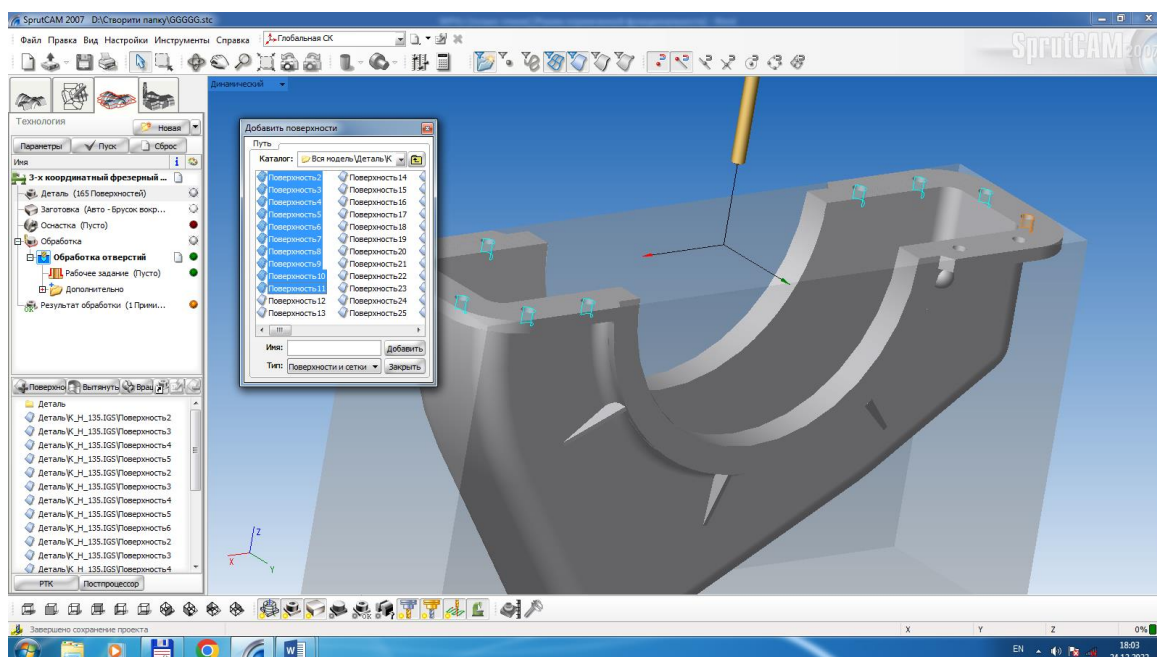


Рис. 1.13.- Виділення оброблюваних поверхонь

Для операції у закладці "Верстат" задаємо трьохкоординатний фрезерний верстат та систему керування Fanuc OM.



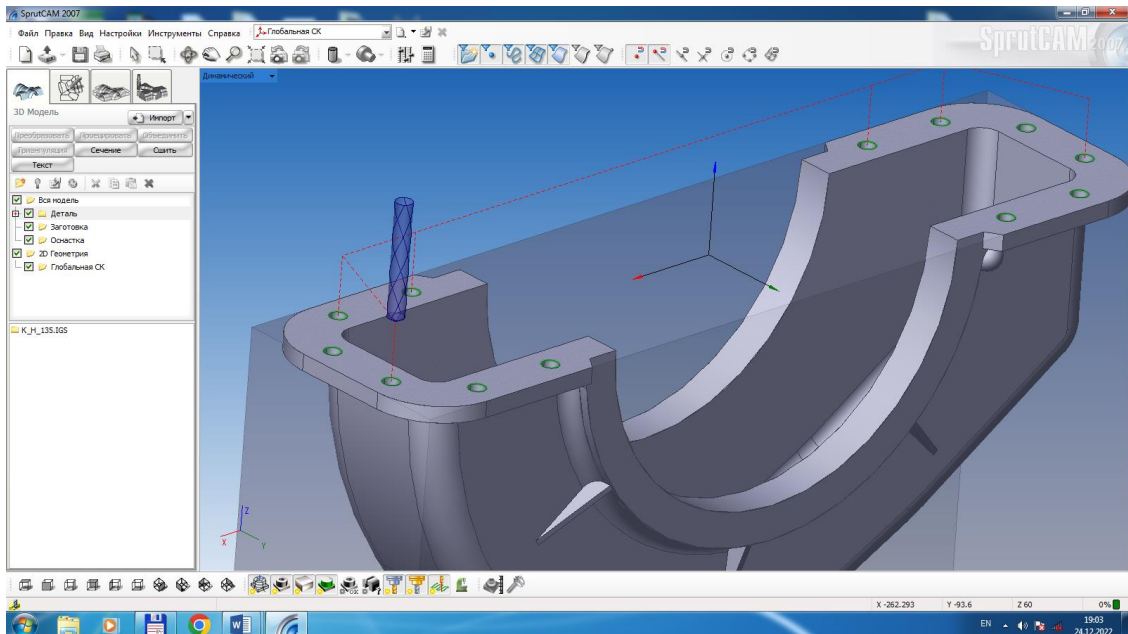


Рис. 1. 16 - Фрагмент операції свердління отворів

Повертаємось до постпроцесора і генеруємо керуючу програму обробки для нашої системи (рис.1. 17

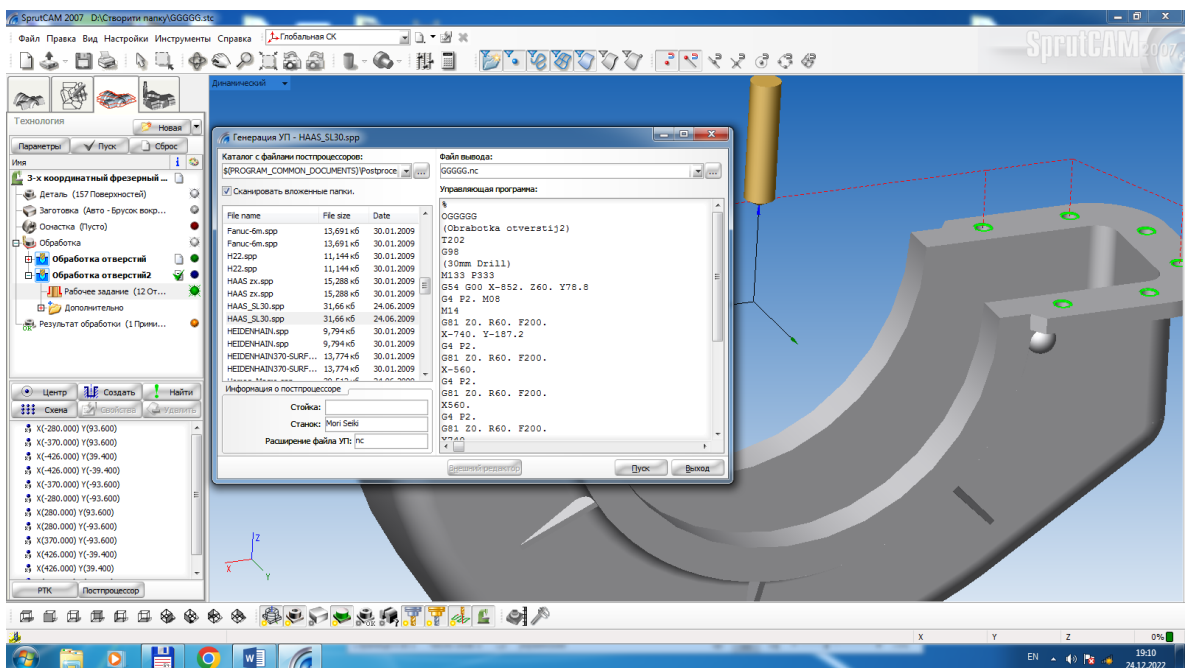


Рис. 1. 17 - Вікно генерації програми обробки у Sprut CAM

Скопіюємо текст програми і запишемо його:

%

OGGGGG

(Obràotkà otverstij2)

T202

G98

(30mm Drill)

M133 P333

G54 G00 X-852. Z60. Y78.8

G4 P2. M08

M14

G81 Z0. R60. F200.

X-740. Y-187.2

G4 P2.

G81 Z0. R60. F200.

X-560.

G4 P2.

G81 Z0. R60. F200.

X560.

G4 P2.

G81 Z0. R60. F200.

X740.

G4 P2.

G81 Z0. R60. F200.

X852. Y78.8

G4 P2.

G81 Z0. R60. F200.

G80

M15

M09

M135

G28

M30

%

## 2 Конструкторська частина

### 2.1. Проектування верстатного пристрою для операції 010

Опис призначення, будови та роботи пристрою

Пристрій призначений для установки і закріплення корпусу нижнього при фрезеруванні фланця тасвердлінні отворів на фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК моделі VECTOR 850 M SI.

Конструкція пристрою показана на арк.4 графічної частини роботи.

На столі верстата пристрій встановлюється плитою 1. Положення пристрою відносно напрямних стола верстата забезпечується напрямними шпонками 15, які встановлені в пази плити 1, кріпляться болтами 19 і встановлені в пази стола верстата з посадкою 16 H8/g9. Плита кріпиться до стола верстата спецболтами і шайбами.

До плити пригвинчені болтами 18 прямокутні стінки 2, з'єднані між собою перемичками 3.

До верхньої грані плити 1 чотирма болтами 21 і шайбами 22 кріпиться пневмоциліндр 10. На різьбу штока пневциліндра накручена вилка 12, в отвір якої вставлений палець 13. Останній, в свою чергу, зафіксований шплінтом 14.

Для надання заготовці корпусу потрібного положення у пристрої по вертикалі у верхніх торцях стійок 2, у внутрішню поверхню стінки та у внутрішню поверхню перемички 3 на різьбі змонтовані регульовані опори 16. З протилежного боку до перемички 3 через палець 11 кріпиться планка 8, яка забезпечує правильне положення заготовки завдяки плаваючій конструкції.

До зовнішньої бокової поверхні стінки 2 болтами пригвинчені опори 4. В отворах опор розміщена вісь 5, на якій, в свою чергу, посаджені важелі 6. Верхні кінці важелів 6 притискаються до заготовки і утримують її під час обробки. Коромисло 7 контактує з нижніми кінцями важелів. В отвір коромисла вставлений палець 13, що з'єднує коромисло з вилкою 12.

Застосовують пристрій так. Очищений від нагару, задирок і значних нерівностей виливок корпусу встановлюють нижньою поверхнею фланця на головки опор 16 та поверхні планки 8, одночасно притискаючи корпус до лівої опори у перемичці. Поворотом ручки пневморозподільника (на кресленні не показаний) подають повітря у ліву (за кресленням) порожнину циліндра. Поршень перемішає шток вправо. Коливне коромисло 7 тисне на нижні кінці важелів 6, які повертаються на осі 5 і затискають заготовку у пристрої.

## **2.2 Розрахунок пневмоприводу пристрою**

Силовий розрахунок приводу зводиться до визначення зусилля затиску заготовки, натискного зусилля на нижні кінці важелів 6 та діаметра поршня пневмоциліндра. Щоб визначити потрібні параметри, складемо розрахункову схему пристрою, яка показана на рис.2.XXX.

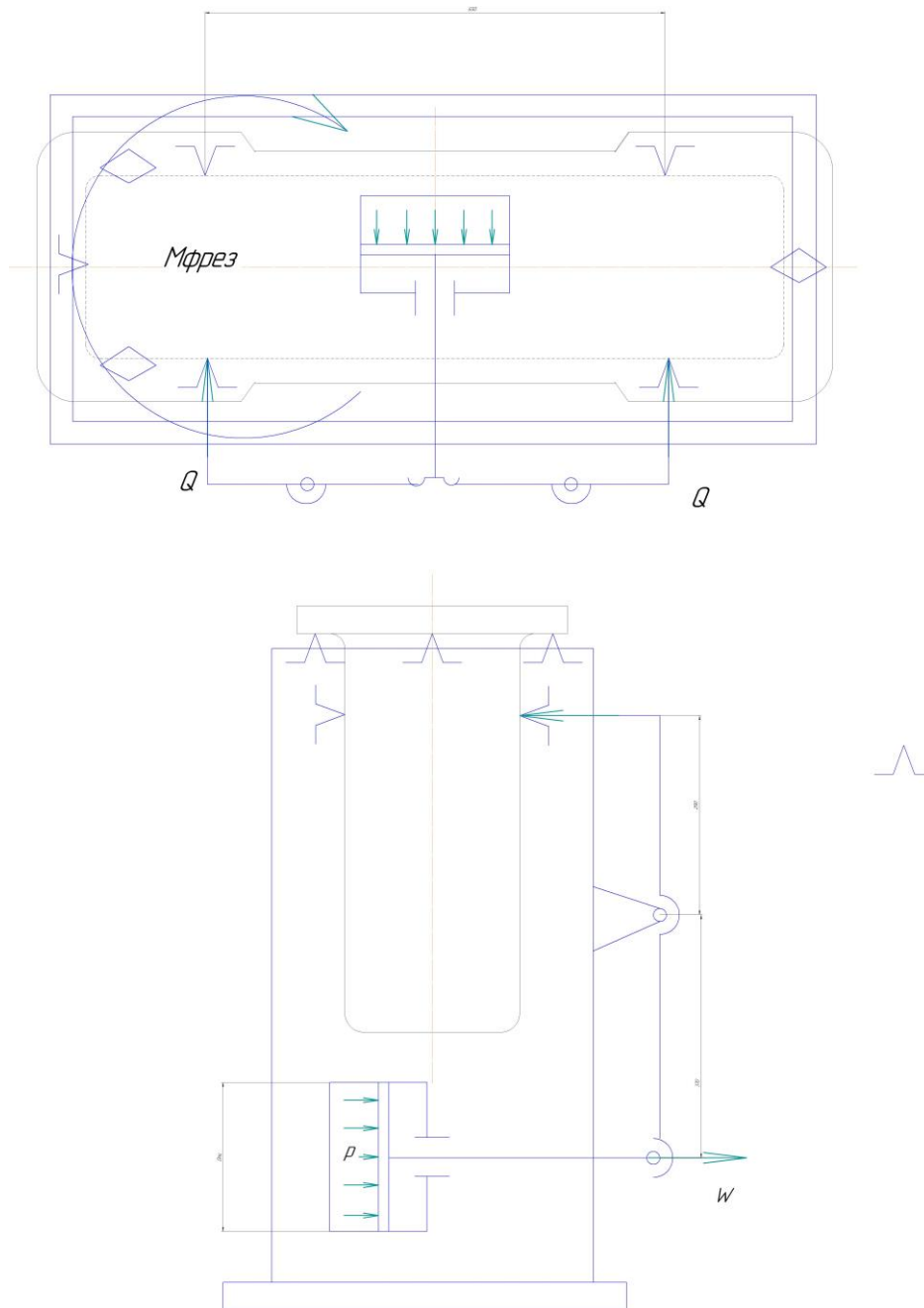


Рис. 2.1 - Розрахункова схема фрезерно-свердлильного пристрою

Для складання рівняння рівноваги прикладемо всі сили і зв'язки, які діють на заготовку під час обробки, що показано на рисунку 2.1. Оскільки Осьові сили при свердлінні отворів притискають заготовку до установчих елементів пристрою, а крутні моменти при свердлінні набагато менші, ніж при фрезерній обробці, то розрахунок ґрунтуємо ан силових факторах фрезерної обробки.

З схеми дії сил видно, що на деталь діє момент сил різання від фрези.

Щоб утримати заготовку під час обробки, треба прикласти затискаючі сили до неї через важелі. Це можливо завдяки пневмоциліндру. Вихідними даними є момент різання (з попередніх розлів роботи), відстань між горизонтальними опорами та верхніми кінцями важелів  $L = 80$  мм, верхні та нижні плечі важелів рівні відповідно  $a_v = 290$  мм,  $a_n = 370$  мм. Коефіцієнт запасу приймаємо  $k = 1,4$ .

Момент різання  $M_p =$

Рівняння рівноваги запишеться таким чином:

Визначимо притискаючі сили  $Q$  на верхніх кінцях важелів.

Рівняння для визначення сил  $W$  на нижніх кінцях важелів буде таким:

Осьове зусилля на штоці пневмоциліндра буде рівне

Для даної сили затиску при подачі стиснутого повітря  $p = 0,4$  мПа в штокову порожнину з стандартного ряду згідно [2] с.91, табл. 17 вибираємо пневмоциліндр двохсторонньої дії з діаметром поршня  $D = 200$  мм, діаметром штока  $d = 40$  мм, довжина робочого ходу поршня  $L = 30$  мм.

Дійсна сила рушія при подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмоциліндра згідно [2]. с. 92, табл. 22:

$$Q=0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \text{ Н};$$

де  $\eta=0,9$ -ККД пневмоциліндра;

$$Q=0,785 \cdot (200^2 - 40^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9=10851 \text{ Н}.$$

Згідно[2]с.84-85:  $k_0=1,5$ ;  $k_1=1,2$ ;  $k_2=1,4$ ;  $k_3=1,2$ ;  $k_4=1$ ;  $k_5=1$ ;  $k_6=1$ ;

$$k=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=3,02;$$

$$P_z=1737,3\text{Н}; P_x=0,5P_z=868,65\text{Н};$$

$$L=90\text{мм}; h=13\text{мм};$$

$$W=3,02 \left( \frac{1737,3 \cdot 0,013 + 868,65 \cdot 0,09}{0,09} \cdot 2 \right) = 10790,2\text{Н};$$

### **2.3 Розрахунок на міцність та точність найбільш навантажених та рухомих елементів пристрою**

В спроектованому пристрої “слабкою ланкою” є шток пневмоциліндра який працює на розрив (дивись арк.4 граф.част.роботи).

Умова міцності на розрив:

$$\sigma < [\sigma],$$

де:  $[\sigma]$  – допустима напруга на розрив.

Матеріал штока — Сталь 45 ГОСТ 1050-89

допустиме напруження на розтяг  $G_p=312$  МПа;

$$\sigma = \frac{Q}{F} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10851}{3,14 \cdot 40^2} = 86,4 \text{ МПа};$$

В даному випадку  $\sigma_p \leq [\sigma_p]$  ( $86,4 < 312$ ), отже умова міцності на розтяг витримується.

## 2.4 Розрахунок пристрою на точність

Точність виготовлення пристрою впливає на точність розміру деталі 133<sub>-0,32</sub>.

Допустима неточність виготовлення пристрою визначається за формулою:

$$T_{\text{пр}} \leq T_z - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_{3,2}^2 + (0,8 \cdot \omega)^2}$$

Де  $T_z$ -допуск на виконуваний при обробці заготовки розмір, мм;

$\varepsilon_6$ -похибка базування заготовки в пристрої, мм;

$\varepsilon_3$ -похибка закріплення заготовки в пристрої, мм;

$\omega$ -економічна точність обробки даним методом, мм;

$T_z=2$  мм;

Похибка викликана неточністю розміру між робочими поверхнями опор і віссю обертання пристрою.

Похибка базування при співпаданні конструкторської і технологічної бази

$\varepsilon_6=0$ ;

Похибка закріплення заготовки в пристрої в даному випадку  $\varepsilon_3=0,25$  мм;

Економічна точність обробки даним методом згідно [ 2 ] с.17  $\omega=0,3$ мм;

$$T_{\text{пр}}=2 - 1,2 \cdot \sqrt{0 + 0,05^2 + (0,8 \cdot 0,3)^2} = 1,7 \text{ мм};$$

Розмір щупа 2<sub>-0,006</sub>.

Похибка 1,7-0,006=1,69 мм

### 3 Науково-дослідна частина

#### 3.1 Перевірка міцності коромисла в процесі роботи фрезерно-свердлильного пристрою.

Верстатний пристрій для фрезерування площини фланця та свердління у ньому отворів Ø15, Ø17 та Ø20 мм використовується на досить потужному і продуктивному верстаті з ЧПК мод. VECTOR 850 M SI. Великі зусилля для затиску заготовки, встановленої на опори під час фрезерування фланця, потребують використання пневматичного силового приводу. Основою є пневмоциліндр. Ланцюг, через який зусилля передається до заготовки, містить поршень, шток, вилка, коромисло, важелі, палець та вісь. У вказаних деталях під дією сили з боку пневмоциліндра та опору заготовки при затиску мають місце великі внутрішні напруження стиску, розтягу, згину. Вони зумовлені періодичною дією сил.

Найбільш навантаженою деталлю силового ланцюга, на нашу думку, є коромисло через значну довжину і виникаючі моменти згину. Для перевірки міцності коромисла застосуємо комп'ютерну програму Solid Works 2016. В цьому середовищі спочатку зробимо віртуальну 3D модель нашої деталі, а потім скористаємось пакетом Simulation для виконання силового аналізу.

Деталь коромисло має посередині отвір під палець, через який власне і передається зусилля затиску. Застосуємо стандартні операції (базовий ескіз, витягування, вирізання отворів і ін.) та отримаємо віртуальну деталь в натуральну величину з вуглецевої конструкційної AISI 1035 Steel (аналог сталі 40X). Модель зображена на рисунку 1 аркуша № 6 графічної частини роботи. Властивості матеріалу призначаємо з бази даних Solid Works сталь (рисунок 2 аркуша № 6).

Щоб зробити силовий аналіз, встановимо правильні напрями сил у ланцюзі та реакцій і зорієнтуємо їх відносно функціональних поверхонь деталі. На поверхню циліндричного отвору під палець діє сила з боку пальця розрахунковою величиною 10850 Н і вона спрямована перпендикулярно до лінії плечей коромисла. Сили реакції з боку вертикальних важелів при затиску деталі

прикладені до напівциліндричних кінців коромисла паралельно вихідній силі у протилежний бік. Реакції опор заміняємо стаціонарними опорами (рисунок 3 на цьому ж аркуші графічної частини та рис.2 у тексті).

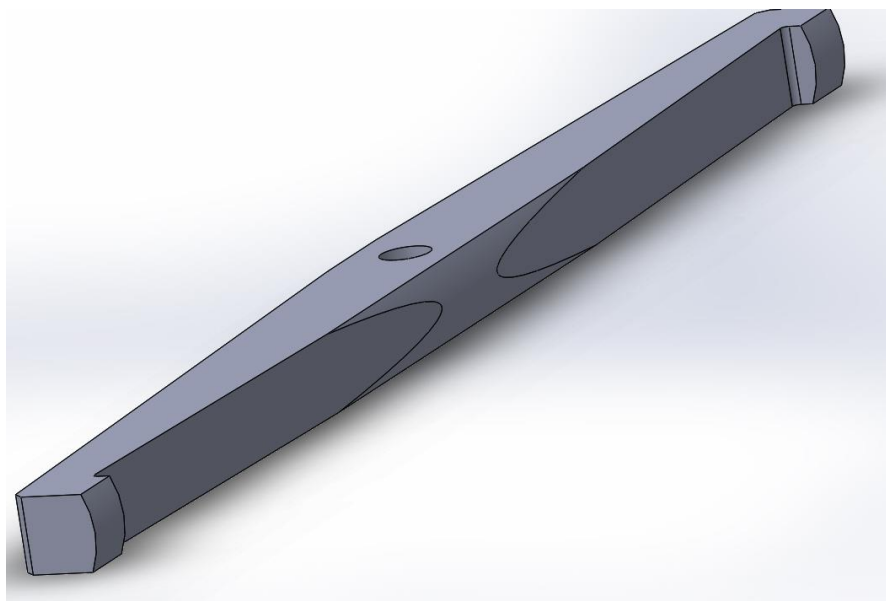


Рисунок 3.1 – Зображення віртуальної моделі коромисла

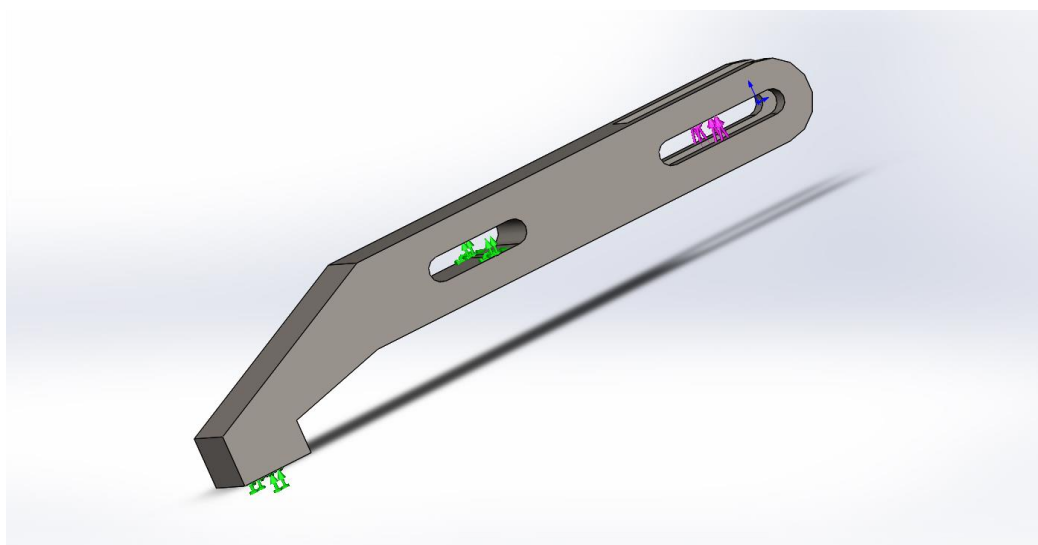


Рисунок 3.2 – Схема дії сили з боку вісі коромисла

Наступним кроком досліджень є розбиття моделі коромисла на скінченне число компонентів. Програма автоматично створює структуру цих компонентів. При цьому можна вносити корективи щодо розміру і компоновання створюваних елементів. На рис.5 аркуша 6 графічної частини роботи видно, як це виглядає.

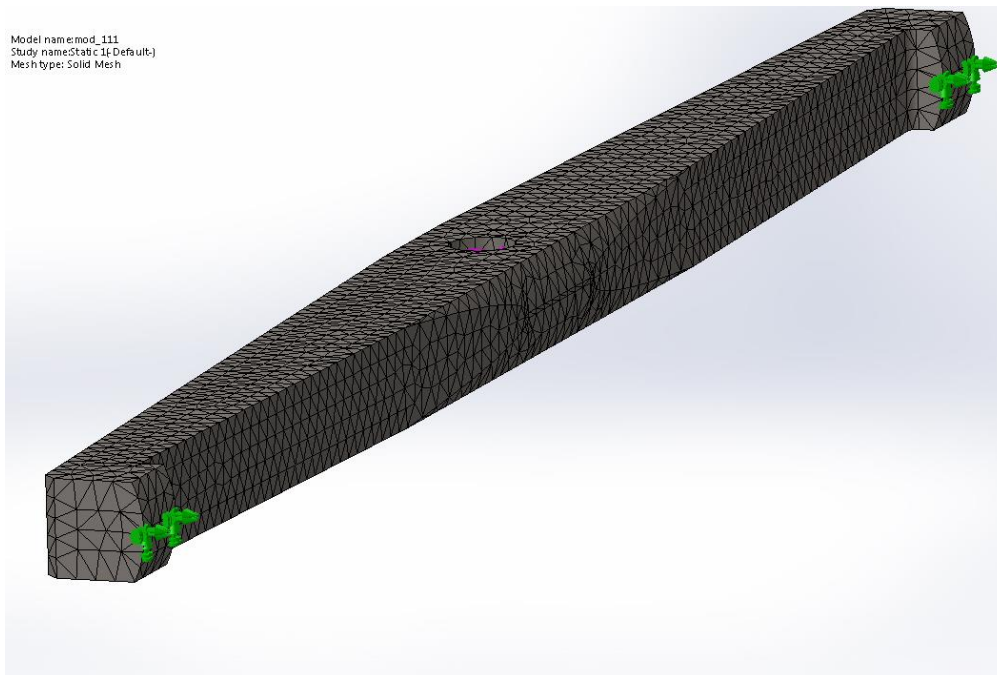


Рисунок 3.3 – Сітка компонентів у об’ємі коромисла

Включаємо додаток на виконання розрахунків статичного дослідження. Результати виводяться на монітор у вигляді 3D епюр розподілу значень результуючих напружень в об’ємі деталі за Мізесом, деформування тіла коромисла (умовні одиниці ESTRN) та відносних переміщень його компонентів. Результати силового аналізу відображені відповідно на рисунках 6, 7 та 8 аркуша 6 графічної частини.

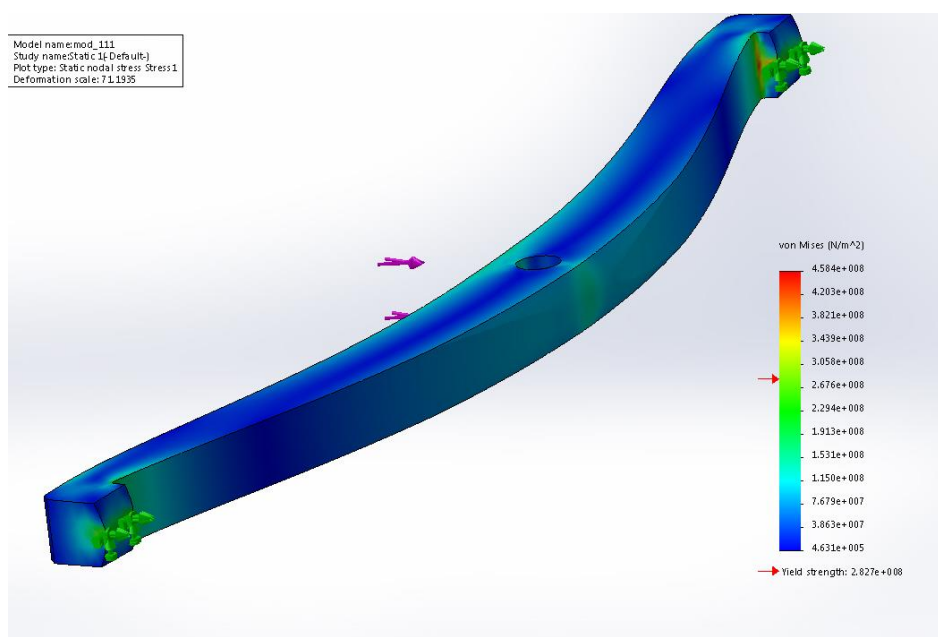


Рисунок 3.4 – Розподіл результуючих сумарних напружень в коромислі

Окремо покажемо ділянки деталі, де діють найменші і максимальні напруження (рис. 5 і 6). Найбільші значення мають місце на кінцях коромисла в кутовому перегині (рис. 5), а мінімальні - при поверхні отвору (рис. 6). Числове значення максимальних результуючих напружень становить 45,8 МПа, в той час як границя текучості матеріалу коромисла становить 282 МПа. Отже, умова міцності виконується.

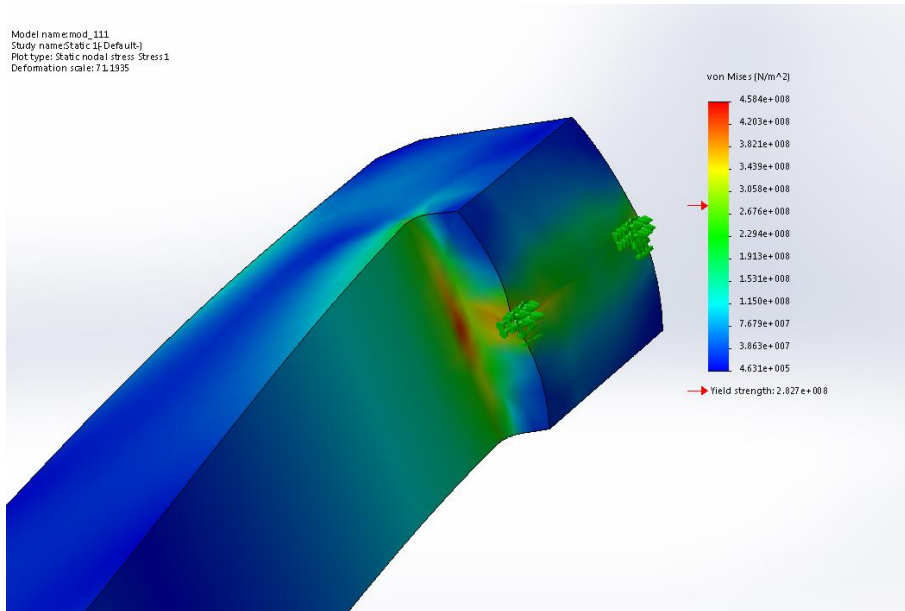


Рисунок 3.5 – Максимальні сумарні напруження в коромислі

На епюрі також визначена величина найбільшої деформації середньої частини коромисла відносно його кінців під дією сили з боку штока пневмоциліндра – вона становить 0,95мм. Робимо висновок, що важіль сконструйовано правильно.

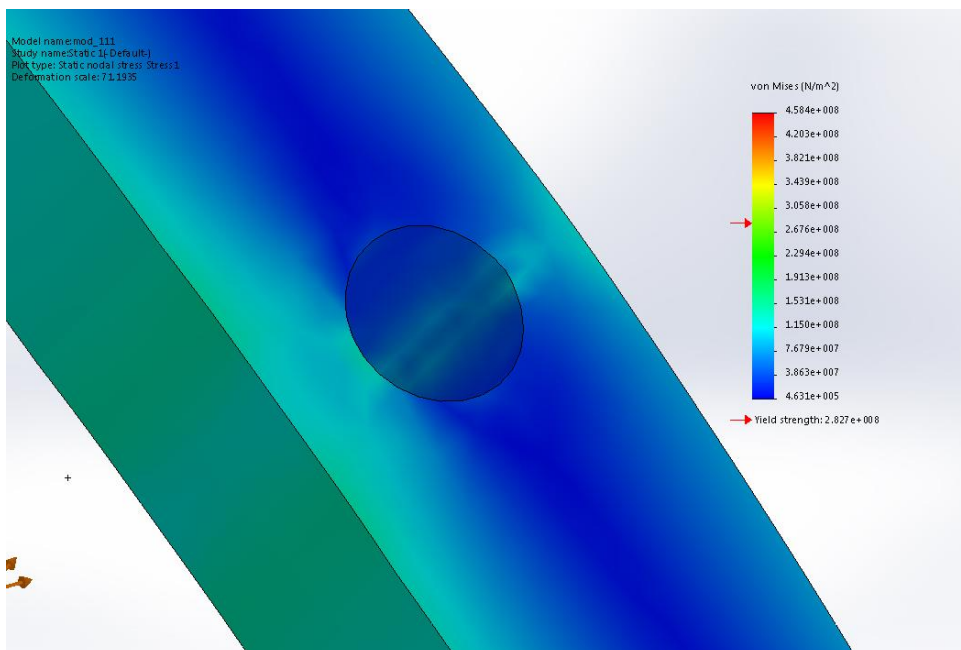


Рисунок 3.6 - Мінімальні результуючі напруження в тілі коромисла

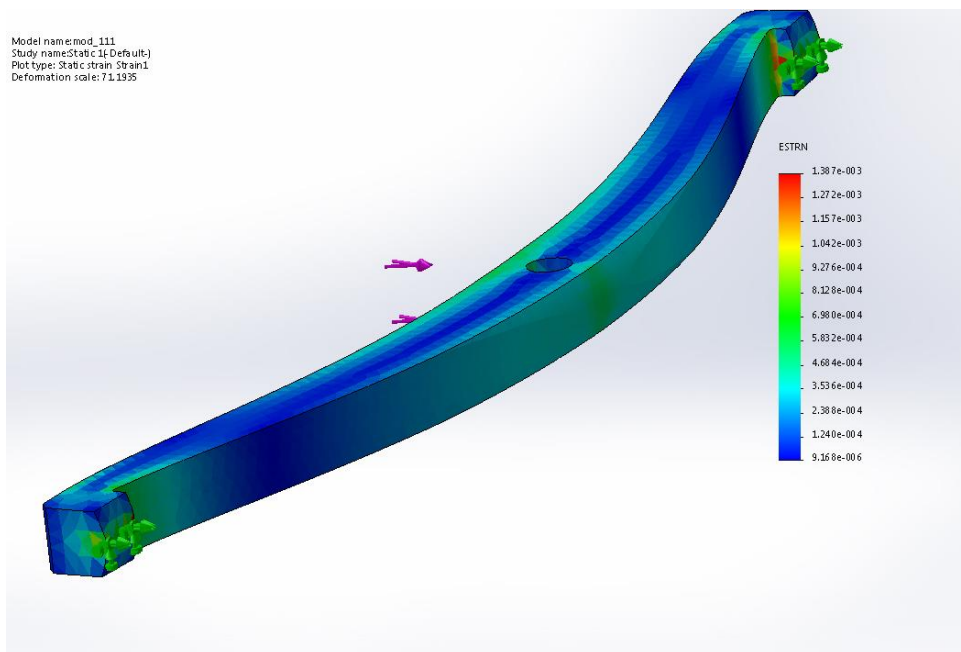


Рисунок 3.7 -Значення відносних деформацій частин коромисла

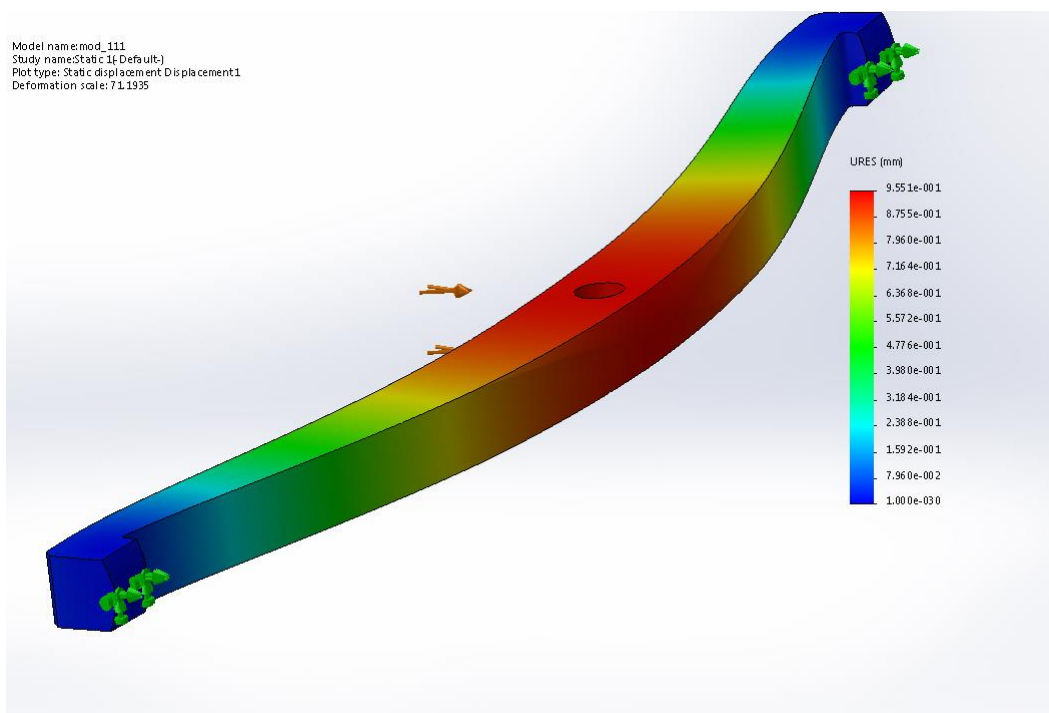


Рисунок 3.8 – Елюра просторових переміщень частин коромисла

## **Висновок**

Таким чином, нами розроблено процес механічної обробки деталі "Корпус нижній 260.30.10.135 зап", основна відмінність якого від базового полягає у використанні високопродуктивного і точного фрезерно-свердлильного верстату з числовим програмним керуванням замість двох універсальних морально застарілих. Виконані потрібні технологічні розрахунки, спроектований пристрій для фрезерно-свердлильної обробки. Свердлильну обробку спроектовано у програмі Sprut CAM. Зроблено силові дослідження навантаженого елемента пристрою, яке підтверджує його міцність

## Список використаних джерел

1. Горбачев А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1985, 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. Ф. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973, 694 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А. Н. Малова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973, 568 с.
4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Под ред. А. А. Панова – М.: Машиностроение, 1988, 736 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
7. Руденко П. А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К., Вища школа, 1991. – 247 с.
8. Анурьев В. И. справочник конструктора-машиностроителя. – М., Машиностроение, 1980. – Т.1 – 728 с., Т.2 – 559 с.
9. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983, 277 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1964.
11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. М.: Машиностроение, 1974.
12. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. посібник/Під ред. Карпика Р. Т. – Івано-Франківськ, “Факел”, 1999. – 216 с., іл.

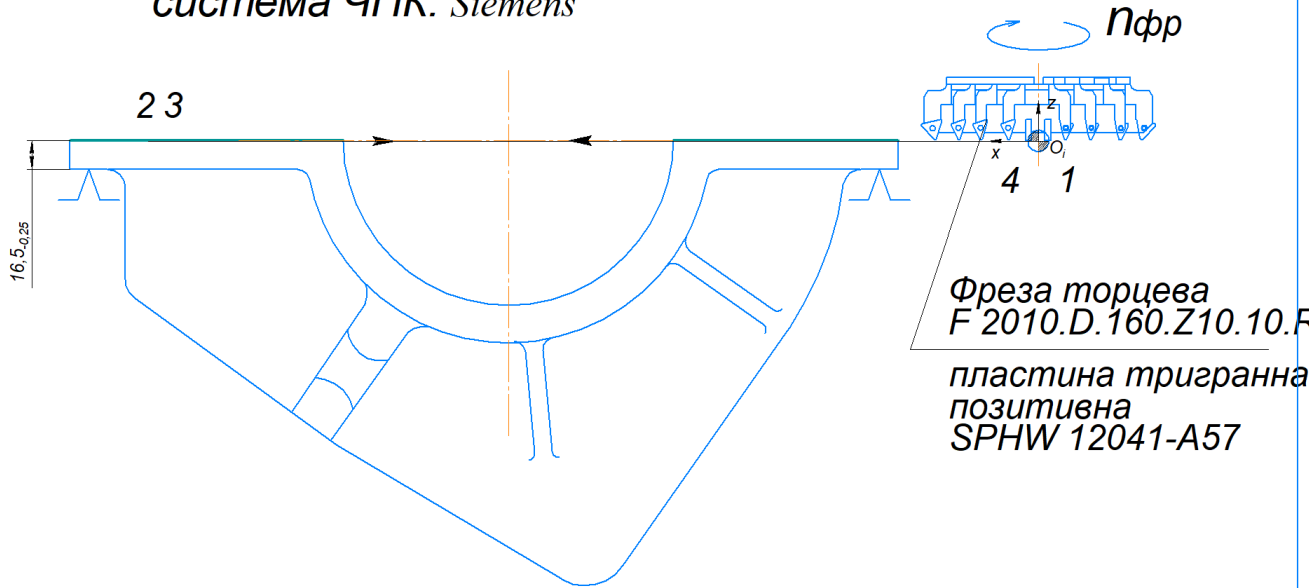
13. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975 – 656 с.
14. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 2. Под ред. Н. Вардашкина, М.: машиностроение, 1984. – 592 с.
- 15 Кузнецов Ю. И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.



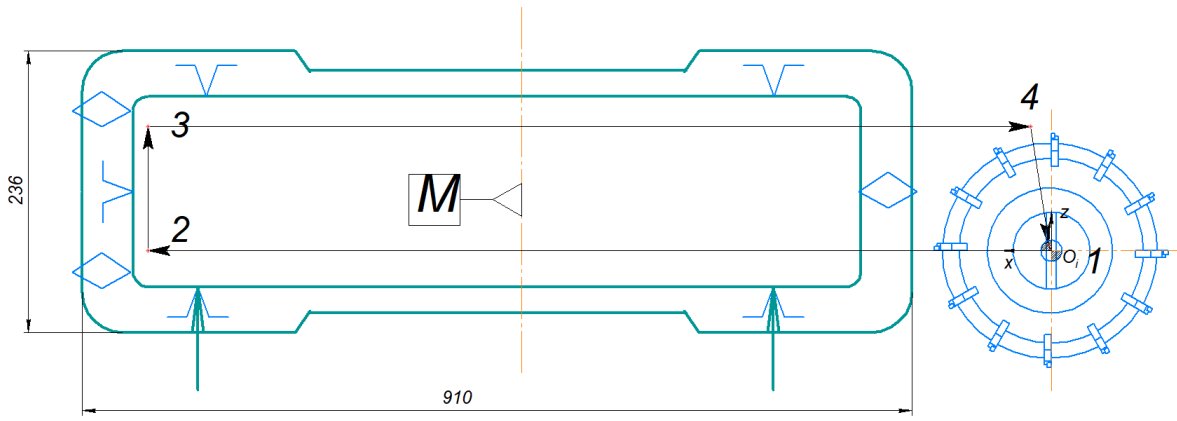
Карта наладки системи ЧПК  
 операція 010  
 верстат: VECTOR 850 MSI  
 система ЧПК: Siemens

Перехід №1  
 Фрезерування площини  
 фланця

МР.ПМКМ-036.00.000



Фреза торцева  
 F 2010.D.160.Z10.10.F  
 пластина тригранна  
 позитивна  
 SPHW 12041-A57



Опорні точки

№	Координата X	Координата Y
<b>Перехід 1</b>		
1	0	0
2	1205	0
3	1205	105
4	37	0
<b>Перехід 2</b>		
1	0	0
2	1205	0
3	1205	105
4	37	0

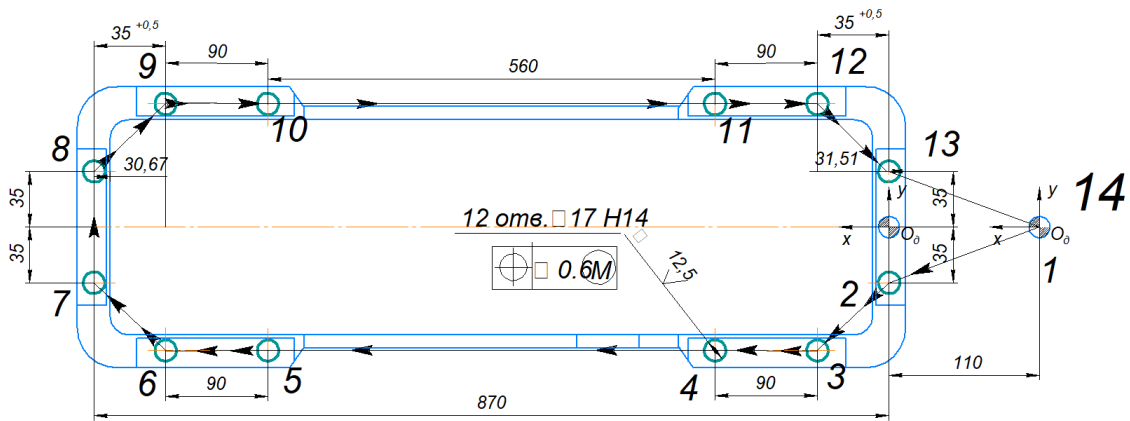
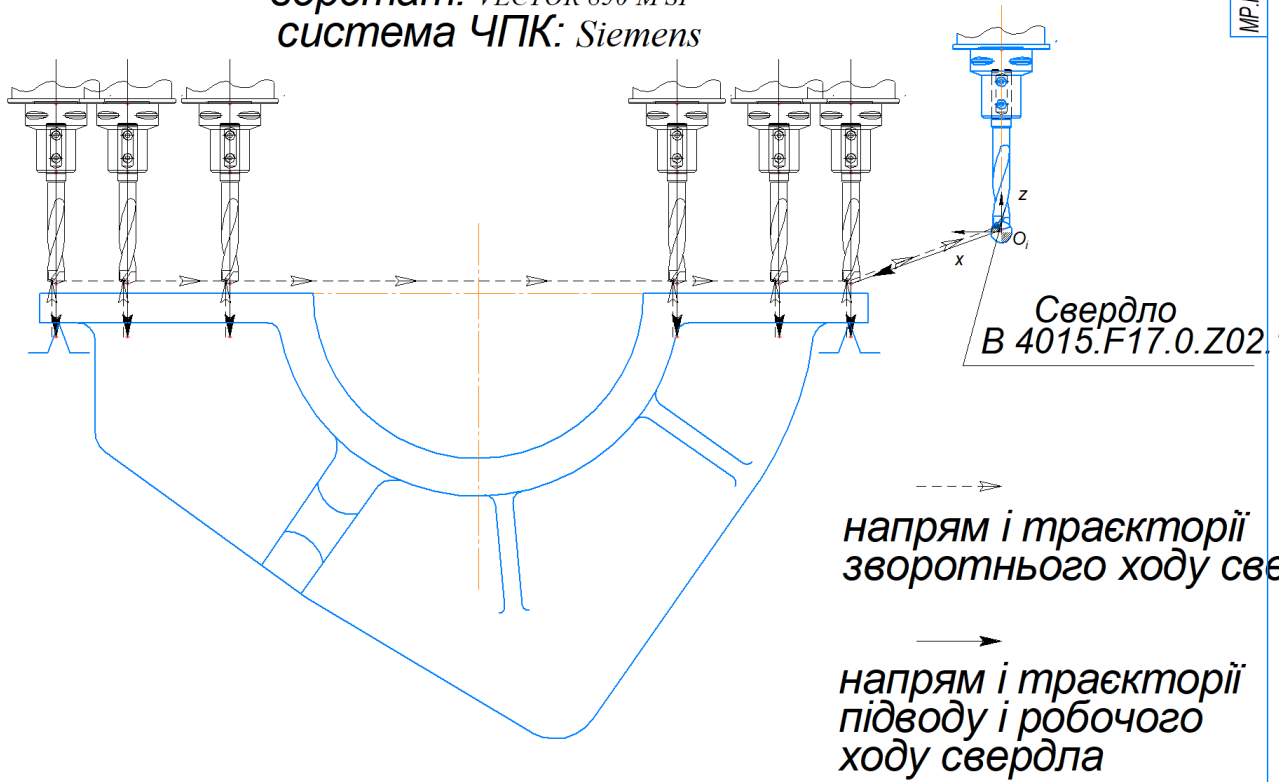
Режими різання

Перехід	Глибина різання, мм/об	Подача, ммм/об	Швидкість різання, м/хв
Перехід 1 3,2		1,42	142
Перехід 2 0,75		0,65	205

Лист № подл. / Діагн. і деталі / Взам. інв. № / Інв. № збірн. / Діагн. і деталі / Справа. № / Перв. примен.

Карта наладки системи ЧПК Перехід №2  
 операція 010 Свердління отворів □ 17H14  
 верстат: VECTOR 850 MSI  
 система ЧПК: Siemens

МР.ПМКМ-136.00.000



Опорні точки траєкторії переміщення свердла

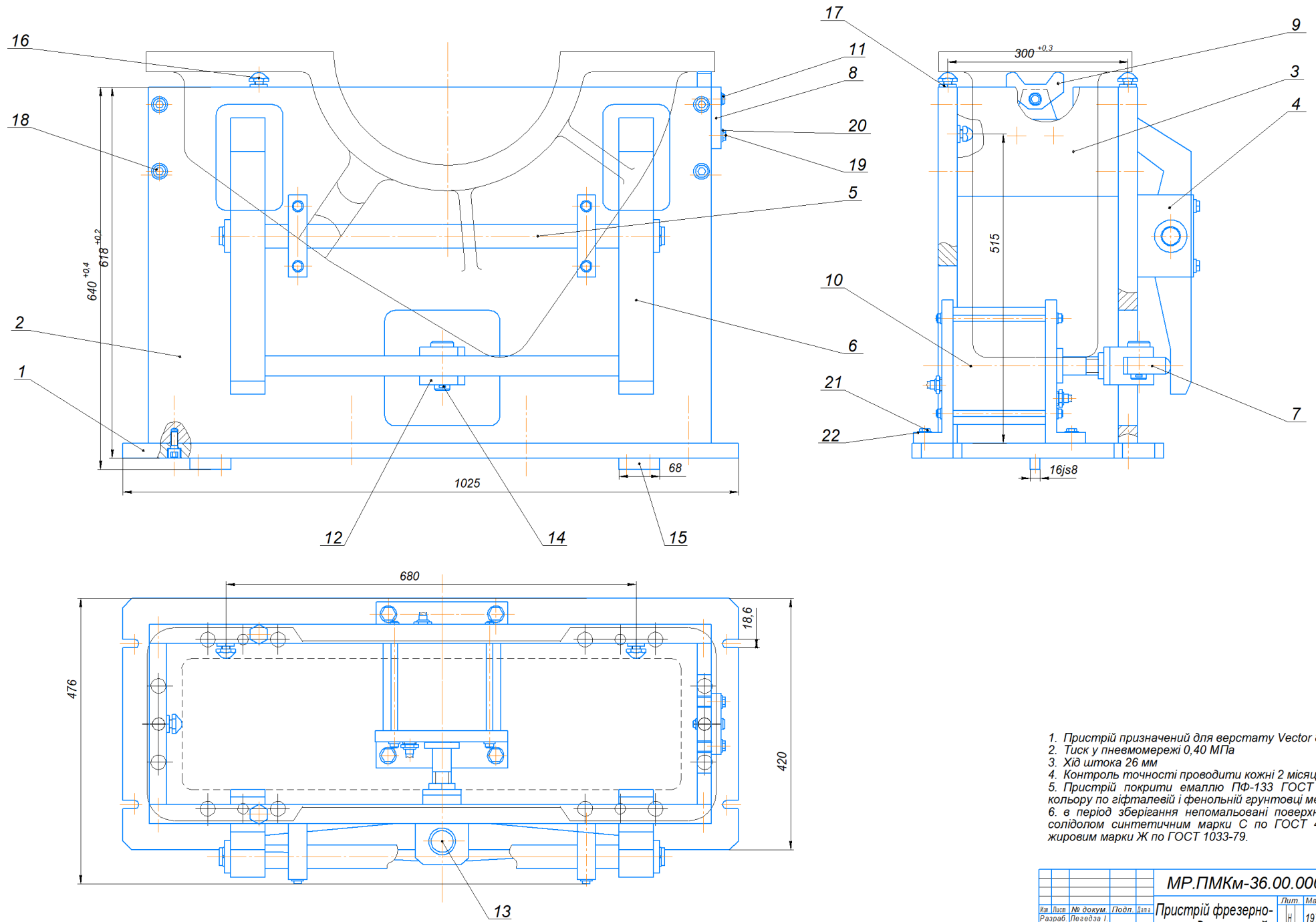
№	x	y
Перехід №1		
1	0	-35
2	110	-102
3	174	-102
4	264	-102
5	824	-102
6	914	-35
7	978	0
8	978	35
9	914	102
10	824	102
11	264	102
12	174	102
13	110	35
14	0	0

Режими різання

Перехід	Діаметр обробки, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Перехід 1	17,0	0,24	31,4

Лист № подл. | Діагн. і деталі | Взам. інв. № | Ілж. № збірн. | Діагн. і деталі | Справа. № | Перв. примієн.





1. Пристрій призначений для верстату Vector 850 M SI
2. Тиск у пневмомережі 0,40 МПа
3. Хід штока 26 мм
4. Контроль точності проводити кожні 2 місяці експлуатації
5. Пристрій покрити емаллю ПФ-133 ГОСТ 926-86 флюоресцентного кольору по гіфталевій і фенольній ґрунтовці методом пневматичного фарбування
6. в період зберігання непомальовані поверхні пристрою покривати порошковим солідолом синтетичним марки С по ГОСТ 4366-76 або порошковим жиром марки Ж по ГОСТ 1033-79.

MP.ПМКм-36.00.000 СК				Лист	Маса	Масштаб
Пристрій фрезерно-свердлильний				№	197 кг	1:2
Иж	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Левдєва І.					
Проект.	Онисько О.Р.					
Т. контрол.	Онисько О.Р.					
Резерв.						
В. контрол.	Онисько О.Р.					
Утв.	Панчук В.Г.					

Ліст № подл. / Подл. і дата / Взам. інв. № / Інв. № з облі. / Подп. і дата / Серіал. № / Перев. примієн.

