

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічних процесів механічного оброблення  
фланця 746.496.032 та кронштейна 746.484.028

Виконав: студент IV курсу, групи МПС-41  
спеціальності 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва спеціальності)

Бехов А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Окіпний І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ткаченко І.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Окіпний І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент   
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

## РЕФЕРАТ

Мета роботи – розробити технологічні процеси механічного оброблення фланця 746.496.032 та кронштейна 746.484.028.

У першому розділі встановлено, що деталі «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 є технологічними за якісними та кількісними показниками. Для досягнення точності та шорсткості оброблюваних поверхонь не потрібне спеціальне обладнання або інструменти. Базові технологічні процеси виготовлення деталей відповідають дрібносерійному типу виробництву. При збільшенні програми випуску деталей до середньосерійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності та ефективності базових технологічних процесів.

У другому розділі проведено розрахунок типу виробництва на основі річної програми випуску, необхідної кількості змін для виготовлення партії деталей, розглянуто методи виробництва заготовок, вибрано схеми базування деталей у пристроях для механічної обробки, вибрано обладнання, інструменти, режими різання і технічні норми часу, розраховано припуски на обробку деталей.

У третьому розділі проведено розрахунок спроектованого спеціального затискного пристрою для обробки центрального отвору  $\varnothing 14H7$ , отвору  $\varnothing 19,25H12$  та фрезерування зовнішнього контуру в деталі «Фланець» 746.496.032 на фрезерному верстаті з ЧПК на 015 операції.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці.

## ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	
<b>1 Загально-технічна частина</b>	
1.1. Службове призначення деталі .....	
1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....	
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....	
1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....	
<b>2 Технологічна частина</b>	
2.1. Визначення типу виробництва.....	
2.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.5. Визначення припусків на оброблення.....	
2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....	
<b>3 Конструкторська частина</b>	
3.1. Розрахунок похибки пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок приводу пристосування.....	
<b>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</b>	
4.1. Методи зниження вібрацій та шуму на дільниці виготовлення деталі.....	
4.2. Відшкодування підприємствам і громадянам збитків, завданих за порушення вимог щодо охорони праці.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

## ВСТУП

Розроблено технологічні процеси механічного оброблення фланця 746.496.032 та кронштейна 746.484.028. Деталі призначені для кріплення світильників загального освітлення промислових приміщень металургійної промисловості. Виготовляються з якісної вуглецевої сталі 10 та зі сталі Ст3Гпс відповідно методами прокатування.

Базові технологічні процеси виготовлення деталей «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 відповідають дрібносерійному типу виробництва. При збільшенні програми випуску деталей до середньосерійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності та ефективності базових технологічних процесів.

Для підвищення ефективності виготовлення деталей запропоновано замінити вертикально-свердлильні, вертикально-фрезерні та різенарізні верстати на верстати з ЧПК фрезерно-свердлильної групи.

Це дало змогу значно зменшити кількість операцій та штучний час обробки деталей, підвищити гнучкість виробництва порівняно із базовими технологічними процесами, де обробка виконувалась на універсальних верстатах. Зі зміною обладнання також замінені ріжучі та допоміжні інструменти із вищими показниками стійкості а також режими різання.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Службове призначення деталі

Деталі «Кронштейн» 746.484.028 та «Фланець» 746.496.032 призначені для кріплення світильників загального освітлення промислових приміщень металургійної промисловості.

Світильник до кронштейну 746.484.028 кріпиться гвинтами (рис. 1.1), також до нього через чотири отвори  $\varnothing 7H14$  пригвинчується блок живлення, з якого йдуть кабелі через отвір  $\varnothing 16H7; Ra0.9$  по середині самого кронштейну і через отвір  $\varnothing 16H7; Ra0.9$  сполучають цоколь світильника з блоком живлення.

Кріплення конструкції до стелі здійснюється за допомогою двох пазів  $b=9H14$  гвинтами.

Вищезгадані поверхні є основними, всі решта поверхонь є другорядними.

До основних поверхонь деталі «Фланець» 746.496.032 відносяться такі поверхні: отвір  $\varnothing 14H7^{(+0,018)}$ ;  $Ra 1,6$  – призначений для розміщення фіксуючого пальця; два отвори  $\varnothing 9H14; 42\pm 0,18; \text{⌀} R0,3 \text{Ⓜ}$   $Ra 25$  – призначені для кріплення болтами до кронштейна.

Всі решта поверхонь другорядні.

Деталь “Кронштейн” 746.484.028 виготовляється з якісної вуглецевої сталі 10, про що вказано на кресленні.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 10 подано у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 10, %

C	Si	Mn	P	Cr	S	Cu	Ni	As
0,07-0,14	до 0,07	0,25-0,5	0,035	0,15	0,04	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 10

$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$a_{н\bar{}}$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ
не менше					
345	24	55	7,85	–	137

Деталь «Фланець» 746.496.032 виготовляється зі сталі Ст3Гпс, про що вказано на кресленні..

Хімічний склад та механічні властивості сталі 10 подано у таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі Ст3Гпс, %

C	Si	Mn	P	Cr	S	Cu	Ni	As
не більше								
0,14-0,22	0,07	0,30-0,60	0,04	0,30	0,05	0,30	0,30	0,08

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі Ст3Гпс

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$a_{н\bar{}}$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ
не менше						
235	400	26	55	7,8	64	124

## 1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для проведення аналізу технічних вимог до деталей проведено збір інформації щодо якості оброблюваних поверхонь, зокрема їх точності та шорсткості, точності взаємного розташування поверхонь. Кожній із поверхонь деталей присвоєно порядкові номери. Уся вище вказана інформація представлена у таблицях 1.5 та 1.6.

Таблиця 1.5 – Поверхні деталі «Кронштейна» 746.484.028

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1, 3	Торцева поверхня 480 <sub>-1,55</sub>	14	Ra12.8
2,4	Зовнішня поверхня 40 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,7</sub>	16	Rz160
5, 12	Паз b=9 <sup>+0,36</sup> ; 20±0,2; 449±0,8	14	Ra12.8
6, 7	Отвори Ø16 <sup>+0,43</sup> ; Ø31±0,5; 37°±30'	14	Ra12.8
8,9,10,11	Отвори Ø16 <sup>+0,43</sup> ; 56±0,3; 90±0,3	14	Ra12.8
13, 25	Паз b=40 <sup>+0,62</sup> ; 35,5±0,3	14	Ra12.8
14, 15	Різеві отвори М4-7Н; Ø31±0,5	13	Ra12.8
16, 17	Отвори Ø5 <sup>+0,3</sup> ; Ø31±0,3; 37°±30'	14	Ra12.8
18, 24	Отвори Ø16 <sup>+0,018</sup>	7	Ra0.9
19, 26	Зовнішня поверхня 80 <sup>+0,5</sup> <sub>-1,3</sub>	16	Rz160
20, 21, 22, 23	Отвори Ø7 <sup>+0,36</sup> ; 56±0,3; 90±0,3	14	Ra12.8
27, 28	Отвори Ø3,3Н12 <sup>(+0,12)</sup> під різь М4-7Н	12	Ra12.8
29, 30	Внутрішні фаски 0,5×45°	14	Ra12.8

Таблиця 1.6 – Поверхні деталі «Фланця» 746.496.032

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1,3	Плоска поверхня L =58мм; В=36мм; h=10h14 <sub>(-0,36)</sub> мм; Rz40	Плоске шліфування	Штангенциркуль
2	Зовнішня криволінійна поверхня R18±0,5мм; R8±0,5мм; Ra 6,3	Фрезерування кінцевою фрезою	Шаблон радіусний (R18) Шаблон радіусний (R8)

### Закінчення таблиці 1.6

1	2	3	4
4,5	Отвір Ø 9H14 (+0,36); 42±0,3мм l = 10 мм; Ra 25	Свердління	Штангенциркуль
4,5 вводиться технологічно	Отвір Ø 9H7(+0,015); 42±0,18 мм l = 10 мм; Ra 1,6	Розвертання чистове	Калібр-пробка (Ø9) 8133-0920H7 Калібр розташування (42±0,25)
6	Отвір Ø 19,25H12(+0,21); l = 3 мм; Ra 25	Свердління	Штангенциркуль
7	Фаска внутрішня ∠90°; 2,6; Rz 40	Забезпечується інструментом – свердлом	Шаблон фасочний (2,6×90°)
8	Отвір Ø 14H7(+0,018); Ra 1,6	Розвертання чистове	Калібр-пробка (Ø14) 8133-0928H7 Взірці шорсткості
9	Паз 6 <sup>+0,1</sup>	Фрезерування чорнове	Штангенциркуль

### 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Конструкції деталей «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 є відносно простими і не вимагають внесення змін при будь-якому типі виробництва.

Матеріали деталей відповідають технічним вимогам та умовам експлуатації. Заготовка отримується з прокату для середньосерійного типу виробництва.

Конструкція «Фланця» 746.496.032 не передбачає необхідності створення штучних технологічних баз, але для забезпечення базування деталі при обробці її контуру та центрального отвору є необхідність в заміні квалітету двох отворів на точніший – 9H14 (+0,36) на Ø 9H7(+0,015) – для встановлення цими поверхнями на два установочні пальці. Це дозволить спростити конструкцію пристосування,



витримати принцип сталості баз, спростити установку та закріплення заготовки, забезпечити доступ ріжучого інструменту.

В якості технологічних баз використовуються поверхні: 1,3,4,5.

У конструкціях деталей є відкритий доступ до поверхонь, що піддаються механічній обробці без застосування спеціальних дорогих інструментів. Це забезпечує використання сучасних металорізальних верстатів з напівавтоматичними циклами роботи. Жорсткість деталей є достатньою для їх закріплення у верстатних пристосуваннях.

Отже, деталі «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 є технологічними за якісними показниками. Також проведемо кількісний розрахунок технологічності для «Фланця» 746.496.032 на основі даних таблиці 1.7, де представлено технічні вимоги до поверхонь деталі

Таблиця 1.7 – Технічні вимоги до деталі «Фланець» 746.496.032

Назва поверхні. Позначення на кресленні	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності	Параметр шорсткості по ГОСТ 2789-73	Клас шорсткості (чистоти поверхні)
1	2	3	4	5	6
Плоска поверхня L =58мм; B=36мм; h=10h14 <sub>(-0,36)</sub> мм;	2	2	14	Rz40	4
Зовнішня криволінійна поверхня R18±0,5мм; R8±0,5мм;	1	1	14	Ra 6,32	4
Отвір Ø 9H7 <sup>(+0,015)</sup> ; 42±0,25мм l = 10 мм;	2	2	7	Ra 1,6	6
Отвір Ø 19,25H12 <sup>(+0,21)</sup> ; l = 3 мм;	1	1	12	Ra 25	2
Фаска внутрішня ∠90° ; 2,6 мм	1	1	14	Rz 40	4

Закінчення таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6
Отвір Ø 14H7(+0,018)	1	1	7	Ra 1,61	6
Разом	8	8			

Коефіцієнт точності обробки

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{сп}}}, \quad (1.1)$$

$$T_{\text{сп}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 4 + 12 \cdot 1 + 7 \cdot 3}{8} = 11,1;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{11,1} = 0,9.$$

При  $K_{\text{т.ч.}} = 0,9 > 0,8$  деталь «Фланець» 746.496.032 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{сп}}}, \quad (1.2)$$

$$B_{\text{сп}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 3 + 4 \cdot 4 + 2 \cdot 1}{8} = 4,5,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,5} = 0,22.$$

При  $K_{\text{ш}} > 0,16$  деталь «Фланець» 746.496.032 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_e} = \frac{8}{8} = 1,0,$$

При  $K_{\text{у.е.}} > 0,6$  деталь «Фланець» 746.496.032 є технологічною.

За основними кількісними показниками деталь «Фланець» 746.496.032 є технологічною.

#### 1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Усі операції базових технологічних процесів виготовлення деталей «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 представлено у таблицях

1.8 та 1.9.

На вертикально-свердлильних, різенарізних і вертикально-фрезерних операціях застосовуються універсально-збірні пристосування, на відрізній та плоскошліфувальній операціях застосовано стандартні затискні пристрої.

Усе обладнання, що застосовується при виготовленні деталей є універсальним. Також використовуються стандартні ріжучі та вимірювальні інструменти. Концентрація операцій відповідає середньо серійному типу виробництва.

### **1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу**

Деталі «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 є технологічними за якісними та кількісними показниками. Для досягнення точності та шорсткості оброблюваних поверхонь не потрібне спеціальне обладнання або інструменти.

Базові технологічні процеси виготовлення деталей відповідають дрібносерійному типу виробництва. При збільшенні програми випуску деталей до середньо серійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності та ефективності базових технологічних процесів. Зокрема у проектному технологічному процесі запропоновано використовувати верстати з ЧПК фрезерно-свердлильної групи. Це дає змогу значно зменшити кількість операцій та штучний час обробки деталей, підвищити гнучкість виробництва порівняно із базовим технологічним процесом, де обробка виконується на універсальних верстатах. Зі зміною обладнання також будуть замінені ріжучі та допоміжні інструменти із вищими показниками стійкості.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Визначення типу виробництва

Проведемо розрахунок типу виробництва на основі річної програми випуску, що вказана у завданні для “Кронштейна” 746.484.028 N = 10 000 шт. і (маса деталі m = 2,6 кг), для «Фланця» 746.496.032 N = 50 000 шт.

Попередньо визначений тип виробництва за довідковою літературою – середньосерійний.

Використаємо розрахунково-аналітичний метод розрахунку типу виробництва.

Дані щодо трудозатрат базових технологічних процесів виготовлення “Кронштейна” 746.484.028 та «Фланця» 746.496.032 представлено у таблицях 2.1., 2.2.

Таблиця 2.1 – Витрати часу на операції базового технологічного процесу виготовлення “Кронштейна” 746.484.028

Операція	(Т шт.к)	Операція	(Т шт.к)
005 Відрізна	3,68	025 Свердлильна	1,76
010 Вертикально-фрезерна	1,24	030 Вертикально-свердлильна	0,82
015 Вертикально-фрезерна	2,79	035 Вертикально-свердлильна	0,42
020 Свердлильна	2,32	040 Різенарізна	0,45

Таблиця 2.2 – Витрати часу на операції базового технологічного процесу виготовлення «Фланця» 746.496.032

Операція	Т шт. (Т шт.к)	Операція	Т шт. (Т шт.к)
005 Вертикально-свердлильна	0,38 хв.	020 Плоскошліфувальна	0,125 хв.
010 Вертикально-свердлильна	0,62 хв.	025 Фрезерна	0,75 хв.
015 Вертикально-свердлильна	0,5 хв.		

Тип виробництва визначено за коефіцієнтом закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (2.1)$$

Кількість верстатів застосованих у кожній операції [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{зн}}}, \quad (2.2)$$

де  $N$  – річна програма випуску  $N = 10\,000$  шт.,  $N = 50\,000$  шт.;

Кількість верстатів застосованих у кожній операції для виготовлення “Кронштейна” 746.484.028:

$$m_{p005} = \frac{10000 \cdot 3,68}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,21. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{10000 \cdot 1,24}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,07. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{10000 \cdot 2,79}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,16. P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{10000 \cdot 2,32}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,13. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{10000 \cdot 1,76}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,1. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{10000 \cdot 0,82}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,05. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p035} = \frac{10000 \cdot 0,42}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,023. P_{035} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p040} = \frac{10000 \cdot 0,45}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,03. P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

Кількість верстатів застосованих у кожній операції для виготовлення «Фланця» 746.496.032:

$$m_{p005} = \frac{50000 \cdot 0,38}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,1. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{50000 \cdot 0,62}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,16. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{50000 \cdot 0,5}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,13. P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{50000 \cdot 0,125}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,03. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{50000 \cdot 0,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,19. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочих місць [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_P}{P}, \quad (2.3)$$

Для «Кронштейна» 746.484.028:

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,21}{1} = 0,21.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,07}{1} = 0,07.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,16}{1} = 0,16.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,13}{1} = 0,13.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,1}{1} = 0,1.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,05}{1} = 0,05.$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{0,023}{1} = 0,023.$$

$$\eta_{з.ф.040} = \frac{0,03}{1} = 0,03.$$

Для «Фланця» 746.496.032:

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,1}{1} = 0,1;$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,16}{1} = 0,16;$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,13}{1} = 0,13;$$

$$\eta_{\text{з.ф.020}} = \frac{0,03}{1} = 0,03;$$

$$\eta_{\text{з.ф.025}} = \frac{0,19}{1} = 0,19.$$

Кількість операцій на робочому місці [1]:

$$O = \frac{\eta_{\text{з.н.}}}{\eta_{\text{з.ф.}}}, \quad (2.4)$$

Для «Кронштейна» 746.484.028:

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,21} = 3,57. \quad O_{005} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,07} = 10,7. \quad O_{010} = 11 \text{ операцій.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,16} = 4,69. \quad O_{015} = 5 \text{ операцій.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,13} = 5,7. \quad O_{020} = 6 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,1} = 7,5. \quad O_{025} = 8 \text{ операцій.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,05} = 15. \quad O_{030} = 15 \text{ операцій.}$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,023} = 32,6. \quad O_{035} = 33 \text{ операцій.}$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,03} = 25. \quad O_{040} = 25 \text{ операцій.}$$

Для «Фланця» 746.496.032:

$$O_{005} = \frac{0,8}{0,1} = 8,0. \quad O_{005} = 8 \text{ операцій.}$$

$$O_{010} = \frac{0,8}{0,16} = 5,0. \quad O_{010} = 5 \text{ операцій.}$$

$$O_{015} = \frac{0,8}{0,13} = 6,15. \quad O_{015} = 7 \text{ операцій.}$$

$$O_{020} = \frac{0,8}{0,03} = 26,6. \quad O_{015} = 27 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,8}{0,19} = 4,2. \quad O_{015} = 5 \text{ операцій.}$$

Розраховуємо коефіцієнти закріплення операцій  $K_{з.о.}$  за формулою (2.1):

Для “Кронштейна” 746.484.028:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{4+11+5+6+8+15+33+25}{1+1+1+1+1+1+1+1} = \frac{107}{8} = 13,4.$$

Для «Фланця» 746.496.032:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{8+5+7+27+5}{1+1+1+1+1} = 10,4.$$

Визначаємо період часу для випуску однієї деталі, тобто такт випуску [1]:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (2.5)$$

де  $F_d = 3979$  год.

Для “Кронштейна” 746.484.028:

$$t_B = \frac{60 \cdot 3979}{10000} = 23,9 \text{ хв.}$$

Для «Фланця» 746.496.032:

$$t_B = \frac{60 \cdot 3979}{50000} = 4,78 \text{ хв.}$$

Оптимальна величина партії деталей [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.6)$$

де  $a$  – необхідний запас деталей на складі для безперебійної роботи складального цеху, днів; для великих деталей  $a = 2-3$  дні, для середніх  $a = 5$  днів, для мілких  $a = 10, 12, 24$  дні;

$F$  – число робочих днів в році; при 2-х днях відпочинку  $F=257$  днів.



Для «Кронштейна» 746.484.028:

$$n = \frac{10000 \cdot 10}{257} = 389 \text{ шт.}$$

Для «Фланця» 746.496.032:

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{50000 \cdot 10}{257} = 1946 \text{ шт.}$$

Необхідна кількість змін для виготовлення партії деталей [1]:

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.ср.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8}, \quad (2.7)$$

де  $C$  – кількість змін;

$T_{\text{шт.к.ср.}}$  – середній штучно-калькуляційний час, хв:

$$T_{\text{шт.к.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^T T_{\text{шт.к.і}}}{\sum_{i=1}^T O_i}, \quad (2.8)$$

Розраховуємо для технологічного процесу виготовлення «Кронштейна» 746.484.028:

$$T_{\text{шт.к.ср.}} = \frac{3,68 + 1,24 + 2,79 + 2,32 + 1,76 + 0,82 + 0,42 + 0,45}{8} = 1,685 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.ср.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{1,685 \cdot 389}{476 \cdot 0,8} = 1,72 \text{ зміни.}$$

Необхідну кількість змін округлюємо до більшого цілого числа, тобто  $C_{\text{пр}} = 2$  зміни.

Коректуємо кількість деталей у партії [1]:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{\text{пр.}}}{T_{\text{шт.к.ср.}}}, \quad (2.9)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{1,685} = 452 \text{ шт.}$$

## 2.2. Вибір способу одержання заготовки

Обрано попередньо два методи виготовлення заготовки «Фланця» 746.496.032:

- 1) листовий гарячекатаний прокат з газовим вирізанням контуру деталі;
- 2) лиття у піщані форми.

Параметри прокату листа для першого методу отримання заготовки:

$$\text{Лист} \frac{\text{Б-ПН-0-12} \times 1000 \times 2000 \text{ ГОСТ19903-74}}{\text{Ст3Гпс ГОСТ 380-94}}.$$

Лист нормальної точності розмірами 12×1000×2000 мм.

Товщина листа  $12_{-0,8}^{+0,3}$  мм. Відхилення розмірів при машинному газовому вирізуванні контуру заготовок із листового прокату 0,5-1,0 мм [7].

Для заготовки, одержаної литвом: клас точності – 10 кл; ряд припусків – 3.

Викреслюємо ескізи заготовок «Фланця» 746.496.032, що одержуються вказаними вище методами (рис. 2.1 та рис. 2.2). Після цього визначаємо припуски на обробку, об'єми заготовок та їх маси.

Дані про припуски заготовок представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Загальні припуски заготовок «Фланця» 746.496.032

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) Листовий гарячекатаний прокат з газовим вирізанням контуру деталі				
Зовнішня поверхня L = 58h14	Ra 6,3	1,0	4,0 × 2 = 8,0	66±0,5
Зовнішня поверхня B = 36h14	Ra 6,3	1,0	4,0 × 2 = 8,0	44±0,5
Зовнішня бокова поверхня h = 10h14	Rz 40	1,2	1,0 × 2 = 2,0	12 $_{-0,8}^{+0,4}$

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5
2) Лиття у піщані форми				
Зовнішня поверхня L = 58h14	Ra 6,3	2,4	3,2 × 2 = 6,4	64,4±1,2
Зовнішня поверхня B = 36h14	Ra 6,3	2,2	3,2 × 2 = 6,4	42,4±1,1
Зовнішня бокова поверхня h = 10h14	Rz 40	1,6	2,4 × 2 = 4,8	14,8±0,8

Маси заготовок визначаємо як добуток об'єму заготовок на густину їх матеріалу:

$$Q = V_3 \cdot \rho, \quad (2.10)$$

де  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ .

Об'єм заготовки із прокату:

$$V_1 = \frac{66 \cdot 44 \cdot 12}{2} = 17424 \text{ мм}^3 = 17,424 \text{ см}^3.$$

Об'єм заготовки виготовленої литтям:

$$V_2 = \frac{64,4 \cdot 42,4 \cdot 14,8}{2} = 20206 \text{ мм}^3 = 20,206 \text{ см}^3.$$

Отже, за формулою (2.10) маси заготовок:

$$Q_1 = 17,424 \cdot 7,8 = 136 \text{ г} = 0,14 \text{ кг}.$$

$$Q_2 = 20,206 \cdot 7,8 = 157 \text{ г} = 0,16 \text{ кг}.$$

Також розраховуємо коефіцієнти використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.11)$$

де  $q = 0,43 \text{ кг}$  – маса деталі;

$Q$  – маса заготовки, кг;

– для заготовки виготовленої литтям:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,07}{0,16} = 0,44.$$

– для заготовки із прокату:

$$K_{В.М.1} = \frac{0,07}{0,14} = 0,5.$$

Оскільки коефіцієнт використання матеріалу для заготовки із листового прокату є вищим ніж для заготовки, одержаної литвом, а відповідно вартість заготовки із прокату є нижчою для розроблення проектного технологічного процесу виготовлення «Фланця» 746.496.032 вибираємо перший варіант виготовлення заготовки.

Для виготовлення “Кронштейна” 746.484.028 як заготовку використовуємо безшовну холоднотягнуту трубу прямокутного поперечного перерізу:

$$\text{Труба} \frac{80 \times 40 \times 3,5 \times 6000 \text{ ГОСТ8645 – 68}}{\text{Б10 ГОСТ13633 – 68}}.$$

Розміри труби (Ш×В×Т×Д) 80×40×3,5×6000 мм, матеріал - Сталь 10. Різання труби довжиною 6 м. на окремі заготовки виконується на фрезерно-відрізному верстаті 8Г642 .

Дані про припуски заготовки “Кронштейна” 746.484.028 представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Загальні припуски заготовки “Кронштейна” 746.484.028

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
Різання прокату на штучні заготовки на фрезерно-відрізному верстаті моделі 8Г642				
Торцева поверхня 480 <sub>-1,55</sub>	Ra12.8	4,0	1,5 × 2 = 3,0	483±2,0

## 2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Можливі основні варіанти маршрутів механічної обробки «Фланця» 746.496.032 та «Кронштейна» 746.484.028 представлено у таблицях 2.7 та 2.8 відповідно.

Таблиця 2.7 – Варіанти маршрутів механічної обробки «Фланця» 746.496.032

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1,3	Плоска поверхня L =58мм; B=36мм; h=10h14 <sub>(-0,36)</sub> мм;	14	Rz40	Плоске шліфування однократне	Фрезерування
2	Зовнішня криволінійна поверхня R18±0,5мм; R8±0,5мм	14	Ra 6,3	Фрезерування кінцевою фрезою однократне	
4,5	Отвір Ø 9H8 <sup>(+0,015)</sup> ; 42±0,25мм l = 10 мм;	7	Ra 1,6	Свердління Розвертання чорнове	Свердління Зенкерування
6	Отвір Ø 19,25H12 <sup>(+0,21)</sup> ; l = 3 мм;	12	Ra 25	Свердління	
7	Фаска внутрішня ∠90° ; 2,6	14	Rz 40	Забезпечується інструментом – свердлом	Свердління комбінованим інструментом

## Закінчення таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
8	Отвір $\varnothing 14H7^{(+0,018)}$	7	Ra 1,6	Свердління Зенкерування	
9	Паз $6^{+0,12}$	14	Ra 12.8	Фрезерування дисковою фрезою	Фрезерування кінцевою фрезою

Таблиця 2.8 – Варіанти маршрутів механічної обробки “Кронштейна”  
746.484.028

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1, 3	Торцева поверхня $480_{-1,55}$	14	Ra12.8	Фрезерування торцевою фрезою чорнове	Одночасне чорнове фрезерування набором торцевих фрез
2,4	Зовнішня поверхня $40_{-0,7}^{+0,4}$	16	Rz160	Не підлягає механічній обробці	—
5, 12	Паз $b=9^{+0,36}$ ; $20\pm 0,2$ ; $449\pm 0,8$	14	Ra12.8	Фрезерування кінцевою фрезою чорнове	—
6, 7	Отвори $\varnothing 16^{+0,43}$ ; $\varnothing 31\pm 0,5$ ; $37^\circ\pm 3'$	14	Ra12.8	Свердління	
8, 9, 10,11	Отвори $\varnothing 16^{+0,43}$ ; $56\pm 0,3$ ; $90\pm 0,3$	14	Ra12.8	Центрувати Свердлити	
13, 25	Паз $b=40^{+0,62}$ ; $35,5\pm 0,3$	14	Ra12.8	Фрезерування кінцевою фрезою чорнове	—
14, 15	Різеві отвори М4-7H; $\varnothing 31\pm 0,5$	13	Ra12.8	Нарізання різи мітчиком	
16, 17	Отвори $\varnothing 5^{+0,3}$ ; $\varnothing 31\pm 0,3$ ; $37^\circ\pm 3'$	14	Ra12.8	Центрувати Свердлити по програмі	

Закінчення таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
18, 24	Отвори $\varnothing 16^{+0,018}$	7	Ra0.9	Центрувати Свердли Зенкерування	Свердли по кондуктору
19, 26	Зовнішня поверхня $80^{+0,5}_{-1,3}$	16	Rz160	Не підлягає обробці	—
20, 21, 22, 23	Отвори $\varnothing 7^{+0,36}$ ; $56 \pm 0,3$ ; $90 \pm 0,3$	14	Ra12.8	Центрувати по програмі	
27, 28	Отвори $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$ під різь М4-7Н	12	Ra12.8	Центрувати по програмі	
29, 30	Внутрішні фаски $0,5 \times 45^\circ$	14	Ra12.8	Зенкування	—

З даних таблиці 2.7 розроблено операційну технологію обробки «Фланця» 746.496.032.

005 Плоскошліфувальна

1. Шліфувати дві плоскі поверхні 1, 3, витримуючи розмір  $h=10h14_{(-0,36)}$ мм.

010 Координатно-розточна

1. Центрувати два отвори 4, 5, витримуючи розмір  $\varnothing 2,1H12$ ;  $\varnothing 4,27H12$ ;  
 $l = 4,45$  мм;  $60^\circ$ .

2. Свердли два отвори 4, 5, витримуючи розмір  $\varnothing 8,7^{+0,15}$ ,  $l = 10$  мм;  
 $42 \pm 0,18$ .

3. Розвертати попередньо два отвори 4,5, витримуючи розмір  $\varnothing 8,9^{+0,036}$ ,  $l = 10$  мм;  $42 \pm 0,18$ .

4. Розвертати остаточно два отвори 4,5, витримуючи розмір  $\varnothing 9H7^{(+0,015)}$ ;  
 $42 \pm 0,18$ мм;  $l = 10$  мм.

015 Фрезерна з ЧПК.

1. Фрезерувати по контуру поверхню 2, витримуючи розміри  $58h14_{(-0,74)}$ ;  
 $36h14_{(-0,62)}$ ; R18; R8 по програмі.

2. Центрувати отвір 6, витримуючи розміри  $\varnothing 2H14$ ,  $\varnothing 5H14$ ,  $l = 5$  мм по програмі.

3. Свердлити отвір 6 і фаску 7, витримуючи розміри  $\varnothing 19,25H12^{(+0,21)}$ ;  $l = 3$  мм,  $\angle 90^\circ$  по програмі.

4. Свердлити отвір 8, витримуючи розміри  $\varnothing 12,2H14^{(+0,43)}$ ;  $l = 4,4$  мм по програмі.

5. Зенкерувати отвір 8, витримуючи розміри  $\varnothing 13,6H12^{(+0,18)}$ ;  $l = 4,4$  мм по програмі.

6. Розвертати попередньо отвір 8, витримуючи розміри  $\varnothing 13,9H9^{(+0,043)}$ ;  $l = 4,4$  мм по програмі.

7. Розвертати остаточно отвір 8, витримуючи розміри  $\varnothing 14H7^{(+0,018)}$ ;  $l = 4,4$  мм по програмі.

8. Зняти деталь.

9. Перевірити розміри:  $58h14_{(-0,74)}$ ;  $36h14_{(-0,62)}$ ; R18; R8;  $\varnothing 2H14$ ;  $\varnothing 5H14$ ;  $l = 5$  мм;  $\varnothing 19,25H12^{(+0,21)}$ ;  $l = 3$  мм,  $\angle 90^\circ$ , 2,6 мм;  $\varnothing 12,2H14^{(+0,43)}$ ;  $l = 4,4$  мм;  $\varnothing 13,6H12^{(+0,18)}$ ;  $\varnothing 13,9H9^{(+0,043)}$ ;  $\varnothing 14H7^{(+0,018)}$ .

Контроль 30 %.

020 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати паз 9, витримуючи розмір  $6^{+0,12}$ .

З даних таблиці 2.8 розроблено операційну технологію обробки “Кронштейна” 746.484.028.

005 Фрезерно-відрізна

1. Відрізати заготовку, витримуючи розмір  $483 \pm 2,0$ .

Операція 010. Фрезерна з ЧПК.

1. Перевстановити деталь, встановити заготовку, закріпити деталь і заготовку.

2. Фрезерувати торці 3,1 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $480_{-1,55}$ ;  $481,5_{-1,55}$ .

3. Фрезерувати два пази 13, 25 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $40^{+0,62}$ ;  $35,5 \pm 0,3$ ;  $449 \pm 0,8$ .



4. Фрезерувати два пази 5, 12 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $9^{+0,36}$ ;  $20\pm 0,2$ ;  $21,5\pm 0,2$ ;  $449\pm 0,8$ .

5. Центрувати вісім отворів 6...11, 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 2,51^{+0,10}$ ;  $\varnothing 5,8^{+0,12}$ ;  $69\pm 0,3$ ;  $415\pm 0,8$ ;  $101\pm 0,3$ ;  $191\pm 0,5$ ;  $411\pm 0,8$ .

6. Центрувати чотири отвори 27, 28, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 1,1^{+0,10}$ ;  $\varnothing 3,17^{+0,12}$ ;  $\varnothing 31\pm 0,3$ ;  $37^{\circ}\pm 30'$ ;  $69\pm 0,3$ .

7. Центрувати чотири отвори 20, 21, 22, 23 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 1,61^{+0,10}$ ;  $\varnothing 4,1^{+0,12}$ ;  $289\pm 0,5$ ;  $379\pm 0,8$ ;  $56\pm 0,3$ .

8. Свердлими шість отворів 6...11 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 16^{+0,43}$ ;  $\varnothing 31\pm 0,5$ ;  $56\pm 0,3$ ;  $101\pm 0,3$ ;  $191\pm 0,5$ ;  $411\pm 0,8$ .

9. Свердлими два отвори 27, 28 під різь М4-7Н послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 3,3^{+0,12}$ ;  $\varnothing 31\pm 0,3$ ;  $69\pm 0,3$ .

10. Зенкувати дві фаски 29, 30 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $0,5\times 45^{\circ}$ ;  $\varnothing 31\pm 0,3$ ;  $69\pm 0,3$ .

11. Нарізати різь 14, 15 в двох отворах 27, 28 послідовно по програмі, витримуючи розміри М4-7Н;  $\varnothing 31\pm 0,3$ ;  $69\pm 0,3$ .

12. Свердлими два отвори 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 5^{+0,3}$ ;  $\varnothing 31\pm 0,3$ ;  $37^{\circ}\pm 30'$ ;  $69\pm 0,3$ .

13. Свердлими чотири отвори 20, 21, 22, 23 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 7^{+0,36}$ ;  $56\pm 0,3$ ;  $289\pm 0,5$ ;  $379\pm 0,8$ .

14. Свердлими два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 15^{+0,43}$ ;  $69\pm 0,3$ ;  $415\pm 0,8$ .

15. Зенкерувати два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 15,87^{+0,07}$ ;  $69\pm 0,3$ ;  $415\pm 0,8$ .

16. Розвернути попередньо два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 15,961^{+0,027}$ ;  $69\pm 0,3$ ;  $415\pm 0,8$ .

17. Розвернути остаточно два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 16^{+0,018}$ ;  $69\pm 0,3$ ;  $415\pm 0,8$ .

18.Зняти деталі.

19.Перевірити розміри:  $480_{-1,55}$ ;  $481,5_{-1,55}$ ;  $9^{+0,36}$ ;  $20\pm 0,2$ ;  $449\pm 0,8$ ;  $40^{+0,62}$ ;  $35,5\pm 0,3$   $\varnothing 16^{+0,43}$ ;  $\varnothing 31\pm 0,5$ ;  $56\pm 0,3$ ;  $69\pm 0,3$ ;  $289\pm 0,5$ ;  $379\pm 0,8$ ;  $101\pm 0,3$ ;  $191\pm 0,3$ ;  $411\pm 0,8$ ;  $415\pm 0,8$ ; М4-7Н;  $\varnothing 5^{+0,3}$ ;  $\varnothing 31\pm 0,3$ ;  $37^{\circ}\pm 30'$ ;  $\varnothing 7^{+0,36}$ ;  $\varnothing 16^{+0,018}$ ;  $0,5\times 45^{\circ}$  .  
Контроль 30%

## 2.5. Визначення припусків на оброблення

Результати теоретичних розрахунків припусків для механічного оброблення поверхонь деталей «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 представлено у таблицях 2.9 та 2.10 відповідно.

Таблиця 2.9 – Результати теоретичних розрахунків припусків для механічного оброблення поверхонь деталі «Фланець» 746.496.032

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
<b>Зовнішня плоска поверхня <math>10h14_{(-0,36)}</math></b>					
Плоске шліфування	14	$R_z40$	0,36	–	$10_{-0,36}$
Заготовка	16	$R_z200$	1,2	$1,0\times 2=2,0$	$12^{+0,4}_{-0,8}$
<b>Зовнішня криволінійна поверхня <math>R18;R8; 58h14_{(-0,74)}</math>; <math>36h14_{(-0,62)}</math></b>					
Фрезерування кінцевою фрезою	14	$R_a6,3$	0,74		$58_{-0,74}$
			0,62		$36_{-0,62}$
Заготовка	16	$R_z200$	1,0	$4,0\times 2=8,0$	$66\pm 0,5$
				$4,0\times 2=8,0$	$44\pm 0,5$
<b>Отвір <math>\varnothing 19,25H12^{(+0,21)}</math></b>					
Свердління	12	$R_z40$	0,15		$\varnothing 19,25^{+0,21}$
Заготовка	16	$R_z200$	–	$9,625\times 2=19,25$	Суцільний матеріал
<b>Отвір <math>\varnothing 9H7^{(+0,015)}</math></b>					
Розвертання чистове	7	$R_z6,4$	0,015	$0,05\times 2=0,1$	$\varnothing 9^{+0,015}$

Закінчення таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6
Розвертання чорнове	9	R <sub>z</sub> 10	0,036	0,1×2=0,2	Ø8,9 <sup>+0,036</sup>
Свердління	12	R <sub>z</sub> 40	0,15	4,35×2=8,7	Ø8,7 <sup>+0,15</sup>
Заготовка	16	R <sub>z</sub> 200			Суцільний матеріал

Таблиця 2.10 – Результати теоретичних розрахунків припусків для механічного оброблення поверхонь деталі “Кронштейн” 746.484.028

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Паз b=9 <sup>+0,36</sup> ; 20±0,2; 449±0,8; Ra12.8					
Фрезерування	14	Ra6,3	0,52	4,5×2=9,0	9 <sup>+0,36</sup>
Заготовка (прокат)	норм. точн. прокатування	Rz160	–	9,0	Суцільний матеріал
Паз b=40 <sup>+0,62</sup> ; 35,5±0,3; Ra12.8					
Фрезерування	14	Ra6,3	0,52	20×2=40,0	40 <sup>+0,62</sup>
Заготовка (прокат)	норм. точн. прокатування	Rz160	–	40,0	Суцільний матеріал
Торцева поверхня 480 <sub>-1,55</sub> ; Ra12.8					
Фрезерування чорнове одного торця	14	Ra12.8	1,55	1,5	480 <sub>-1,55</sub>
Фрезерування чорнове іншого торця	14	Ra12.8	1,55	1,5	481,5 <sub>-1,55</sub>
Заготовка	Попередньо оброблена	Ra25	4,0	3,0	483 <sub>-4,0</sub>

В результаті теоретичних розрахунків розроблено схему припусків та допусків на обробку отвору Ø16H7 деталі “Кронштейн” 746.484.028, що

зображено на рисунку 2.3.

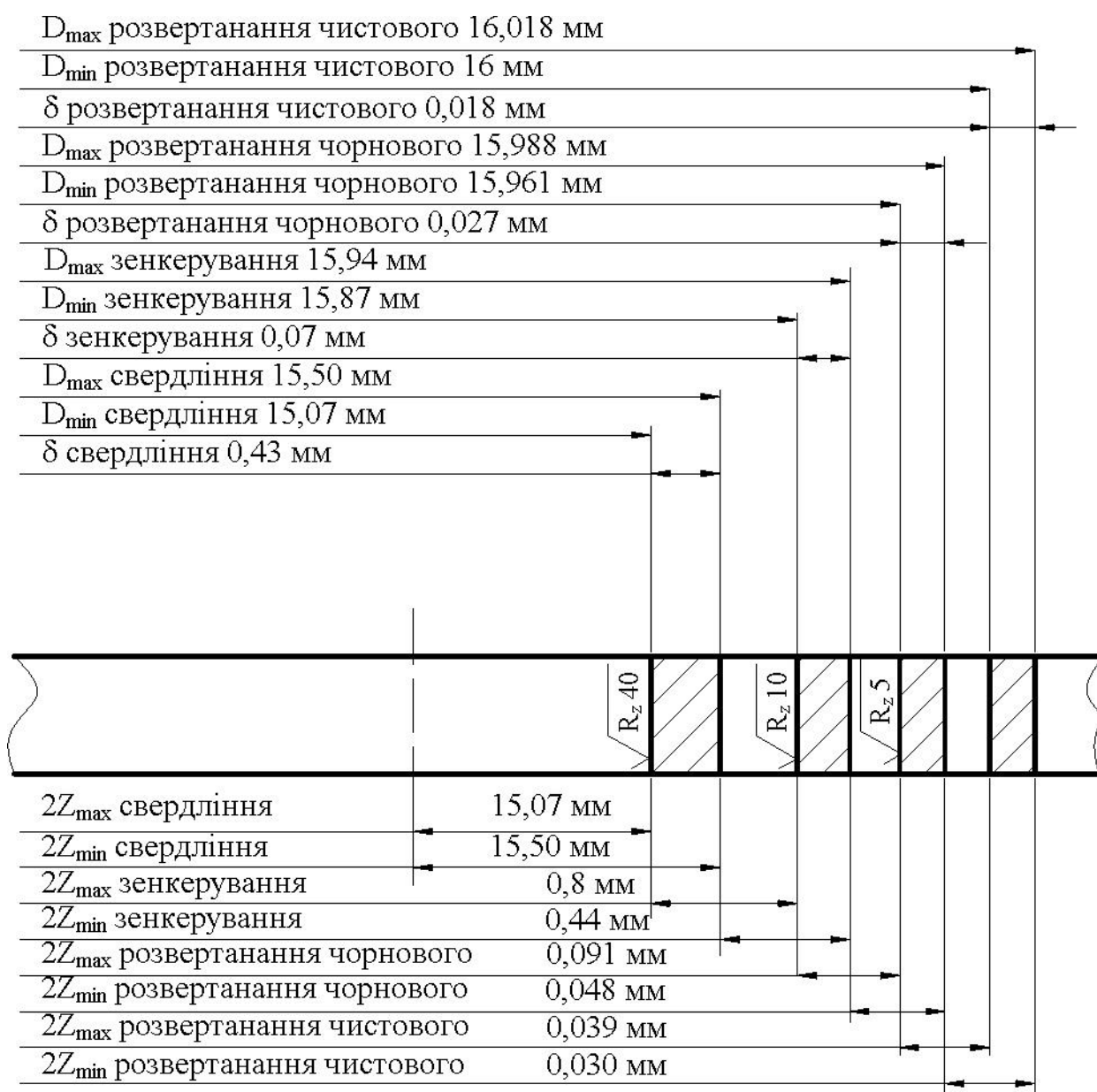


Рисунок 2.3 – Схема припусків та допусків на обробку отвору  $\varnothing 16H7$  деталі “Кронштейн” 746.484.028

## 2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Визначення режимів різання виконуємо розрахунково-аналітичним методом для 2-го технологічного переходу 010 операції виготовлення “Кронштейна” 746.484.028. Для інших операцій та технології виготовлення деталі «Фланець» 746.496.032 – табличним методом.

010 Фрезерна з ЧПК.

Перехід 2. Фрезерувати торці 3, 1 послідовно по програмі, витримуючи розміри 480<sub>-1,55</sub>; 481,5<sub>-1,55</sub>.

Інструмент – фреза кінцева  $d = 25$ ;  $z = 4$ ; P18.

1. Глибина різання:

$t = 1,5$  мм.

2. Довжина робочого ходу інструменту [20]:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{пер.}, \quad (2.12)$$

де  $l_{різ.} = 80$  мм;

$l_{підв., вріз., перебіг} = 11$  мм; [20].

$l_{дод.} = 0$ ;

$L_{p.x.} = 80 + 11 + 0 = 91$  мм.

3. Визначаємо подачу:

$S_z = 0,1$  мм/зуб [20].

4. Період стійкості фрези:

$T = 80$  хв. [20].

5. Визначаємо швидкість різання [20]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (2.13)$$

де,  $D = 25$  мм;

,  $z = 4$ ;

,  $B = 42$  мм;

$K_v$  [20]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} [20].$$

$\sigma_B = 345$  МПа.

$$K_r = 1,0 [20];$$

$$n_v = -0,9 [20];$$

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{345} \right)^{-0,9} = 0,5.$$

$$K_{nv} = 1,0 [20];$$

$$K_{iv} = 1,0 [20];$$

$$C_v = 46,7; x = 0,5; y = 0,5; m = 0,33; q = 0,45; u = 0,1; p = 0,1 [20].$$

$$K_v = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$V = \frac{46,7 \cdot 25^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 1,5^{0,5} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 42^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,5 = 36,7 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 36,7}{\pi \cdot 25} = 468 \text{ хв}^{-1}.$$

7. Частота обертання шпинделя на верстаті з ЧПК не потребує корегування, оскільки регулювання частоти обертання шпинделя є безступінчастим.

8. Сила різання фрезою [20]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (2.16)$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n [20];$$

$$n = 0,35 [20];$$

$$K_{mp} = \left( \frac{345}{750} \right)^{0,35} = 0,76.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 42^{1,0} \cdot 4}{25^{0,86} \cdot 468^0} \cdot 0,76 = 1474,8 \text{ Н.}$$

9. Потужність різання фрезою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.17)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{1474,8 \cdot 36,7}{1020 \cdot 60} = 0,88 \text{ кВт.}$$

10. Порівнюємо потужність різання із потужністю на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = 18 \cdot 0,8 = 14,4 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{різ}} = 0,88 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 14,4 \text{ кВт.}$$

Потужність верстата є достатньою для фрезерування поверхонь деталі.

11. Основний час фрезерування [20]:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_z \cdot z \cdot n} \cdot i, \quad (2.18)$$

де  $i = 2$  – число проходів (дві деталі).

$$T_o = \frac{91}{0,1 \cdot 4 \cdot 468} \cdot 2 = 0,972 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків режимів різання на операції та переходи виготовлення деталей «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 представлено у таблицях 2.11 та 2.12 відповідно.

Таблиця 2.11 – Режими різання на операції та переходи виготовлення деталі «Фланець» 746.496.032

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T <sub>мб</sub> , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S <sub>мб</sub> , мм/хв	T <sub>о</sub> , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>005 Плоскошліфувальна</b>										
Шліфувати дві плоскі поверхні 1, 3, витримуючи розмір h=10h14 <sub>(-0,36)</sub> мм	1,0	60	1	–	0,05	5001	12,5 1 м/с	–	0,048	0,2
<b>010 Координатно-розточна</b>										
Перехід 2. Центрувати два отвори 4,5, витримуючи розмір Ø2,1H12; Ø4,27H12; l = 4,45 мм; 60°	1	5,45	2	17	0,12	1701	26,7	–	0,06	0,3
Перехід 3. Свердлити два отвори 4,5, витримуючи розмір Ø8,7 <sup>+0,15</sup> , l = 10 мм; 42±0,18	4,35	14,35	2	28	0,321	1001	27,4	–	0,18	1,32
Перехід 4. Розвертати попередньо два отвори 4,5, витримуючи розмір Ø8,9 <sup>+0,036</sup> , l = 10 мм; 42±0,18	0,1	18	2	28	0,65	728	20,28	–	0,078	–
Перехід 5. Розвертати остаточно два отвори 4,5, витримуючи розмір Ø 9H7 ( <sup>+0,015</sup> ); 42±0,18мм; l = 10 мм	0,05	19	2	28	0,57	691	19,6	–	0,098	–
<b>015 Фрезерна з ЧПК</b>										
Перехід 2. Фрезерувати по контуру поверхню 2, витримуючи розміри 58h14 <sub>(-0,74)</sub> ; 36h14 <sub>(-0,62)</sub> ; R18; R8	4,0	154	1	81	0,071	462	28,9	184	0,84	0,4



Закінчення таблиці 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 3. Центрувати отвір 6, витримуючи розміри $\varnothing 2,1H12$ ; $\varnothing 4,27H12$ ; $l = 4,45$ мм; $60^\circ$	1	5,46	1	17	0,118	1701	26,7	–	0,03	0,15
Перехід 4. Свердли́ти отвір 6 і фаску 7, витримуючи розміри $\varnothing 19,25H12^{(+0,21)}$ ; $l = 3$ мм, $\angle 90^\circ$	9,625	14,65	1	47	0,21	401	25	–	0,07	1,65
Перехід 5. Свердли́ти отвір 8, витримуючи розміри $\varnothing 12,2H14^{(+0,43)}$ ; $l = 4,4$ мм	6,1	14,65	1	47	0,42	501	19	–	0,07	1,3
Перехід 6. Зенкерувати отвір 8, витримуючи розміри $\varnothing 13,6H12^{(+0,18)}$ ; $l = 4,4$ мм	0,67	14	1	31	$0,62_1$	741	31,7	–	0,03	–
Перехід 7. Розвертати попередньо отвір 8, витримуючи розміри $\varnothing 13,9H9^{(+0,043)}$ ; $l = 4,4$ мм	0,147	24	1	42	1,07	326	14,1	–	0,07	–
Перехід 8. Розвертати остаточно отвір 8, витримуючи розміри $\varnothing 14H7^{(+0,018)}$ ; $l = 4,4$ мм	0,03	24	1	42	0,885	462	20,27	–	0,06	–
020 Горизонтально-фрезерна										
Перехід 2. Фрезерувати паз 9, витримуючи розмір $6^{+0,12}$	6,0	140	1	121	0,71	502	214	350	0,07	0,8



Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Центрувати чотири отвори 27, 28, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,1^{+0,10}$ ; $\varnothing 3,16^{+0,12}$ ; $\varnothing 31 \pm 0,3$ ; $37^\circ \pm 30'$ ; $69 \pm 0,3$	0,5	5,26	4	12	0,11	2401	23,8	241	0,09	0,08
Перехід 7 Центрувати чотири отвори 20, 21, 22, 23 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,7^{+0,10}$ ; $\varnothing 4,1^{+0,12}$ ; $289 \pm 0,5$ ; $379 \pm 0,8$ ; $56 \pm 0,3$	0,8	6,51	4	17	0,118	2101	26,1	245,6	0,107	0,15
Перехід 8 Свердлити шість отворів 6...11 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 16^{+0,43}$ ; $\varnothing 31 \pm 0,5$ ; $56 \pm 0,3$ ; $101 \pm 0,3$ ; $191 \pm 0,5$ ; $411 \pm 0,8$	8	8,4	6	47	0,37	222	12	83,7	0,62	0,66
Перехід 9 Свердлити два отвори 27, 28 під різь М4-7Н послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$ ; $\varnothing 31 \pm 0,3$ ; $69 \pm 0,3$	1,65	6,4	2	11	0,11	1902	19,8	191	0,07	0,21
Перехід 10 Зенкувати дві фаски 29, 30 послідовно по програмі, витримуючи розміри $0,5 \times 45^\circ$ ; $\varnothing 31 \pm 0,3$ ; $69 \pm 0,3$	0,5	3,51	2	24	0,11	1402	35,1	141	0,05	0,08
Перехід 11 Нарізати різь 14, 15 в двох отворах 27, 28 послідовно по програмі, витримуючи розміри М4-7Н; $\varnothing 31 \pm 0,3$ ; $69 \pm 0,3$	0,0758	9,4	2	14	0,7	644	8	447	0,06	0,05

Закінчення таблиці 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 12 Свердлити два отвори 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 5^{+0,3}$ ; $\varnothing 31 \pm 0,3$ ; $37^{+0,3}$ ; $69 \pm 0,3$	2,5	7	2	17	0,14	1402	22	184	0,09	0,26
Перехід 13 Свердлити чотири отвори 20, 21, 22, 23 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 7^{+0,36}$ ; $56 \pm 0,3$ ; $289 \pm 0,5$ ; $379 \pm 0,8$	3,5	8,4	4	17	0,21	1002	24	201	0,17	0,3
Перехід 14 Свердлити два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 15^{+0,43}$ ; $69 \pm 0,3$ ; $415 \pm 0,8$	7,5	8,4	2	47	0,37	231	10,6	87,3	0,2	0,64
Перехід 15 Зенкерувати два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 15,87^{+0,07}$ ; $69 \pm 0,3$ ; $415 \pm 0,8$	0,435	8,4	2	37	0,36	442	21	155	0,11	0,06
Перехід 16 Розвернути попередньо два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 15,961^{+0,027}$ ; $69 \pm 0,3$ ; $415 \pm 0,8$	0,0455	19,4	2	37	0,91	164	8	145	0,28	0,04
Перехід 17 Розвернути остаточно два отвори 18, 24 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 16^{+0,018}$ ; $69 \pm 0,3$ ; $415 \pm 0,8$	0,0195	19,4	2	37	0,6	224	11	134	0,31	0,01

Визначення технічних норм часу виконуємо розрахунково-аналітичним методом для 010 операції виготовлення «Кронштейна» 746.484.028. Для інших операцій та технології виготовлення деталі «Фланець» 746.496.032 – табличним методом.

Для верстата з ЧПК штучний час визначено за формулою:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп}}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right), \quad (2.19)$$

де  $T_{\text{ц.а.}}$  – час автоматичної роботи верстата з ЧПК:

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{о.а.}} + T_{\text{доп.а.}}, \quad (2.20)$$

$T_{\text{о.а.}}$  – основний час роботи верстата з ЧПК:

$$T_{\text{о.а.}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_{\text{хв.і}}}, \quad (2.21)$$

де  $L_i$  – довжина обробки  $i$ -тої поверхні, мм;

$S_{\text{хв.і}}$  – хвилинна подача обробки  $i$ -тої поверхні, мм/хв.

$T_{\text{доп.а.}}$  – допоміжний час роботи верстата з ЧПК:

$$T_{\text{доп.а.}} = T_{\text{доп.а.х.х.}} + T_{\text{заміна інстр.}} \cdot n, \quad (2.22)$$

де  $T_{\text{доп.а.х.х.}}$  – час допоміжних ходів, хв;

$S_{\text{хв.прискор.}} = 7000$  мм/хв – хвилинна подача прискореного ходу;

$T_{\text{заміна інстр.}} = 0,33$  хв. – час зміни інструмента.

$n = 16$  – кількість інструментів в наладці.

$$T_{\text{доп.а.х.х.}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{\text{х.х.і}}}{S_{\text{хв.приск.}}}, \quad (2.23)$$

де  $L_{\text{х.х.і}}$  – довжина траєкторії допоміжного ходу, мм;

$S_{\text{хв.прискор.}}$  – хвилинна подача прискореного ходу, мм/хв;

$T_{\text{доп.}}$  – допоміжний час ручної роботи:

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{доп.уст.}} + T_{\text{доп.пер.}} + T_{\text{доп.вим.}} \quad (2.24)$$

010 Фрезерна з ЧПК

1. Основний час роботи верстата з ЧПК відповідно до розрахунків режимів різання:

$$T_{\text{о.а.}} = 0,44 + 0,972 + 0,7 + 0,26 + 0,307 + 0,09 + 0,106 + 0,61 + 0,07 + 0,05 + 0,06 + 0,09 + 0,17 + 0,2 + 0,11 + 0,27 + 0,3 = 4,805 \text{ хв.}$$

Визначаємо час допоміжних ходів (2.23):

$$T_{\text{доп.а.х.х.}} = \frac{1440 + 1551 \cdot 2 + 2309,9 + 1029 + 1552 + 1756,3 + 778,5 \cdot 4 + 1421,1 \cdot 4}{7000} = 2,86 \text{ хв.}$$

Допоміжний час роботи верстата з ЧПК (2.22):

$$T_{\text{доп.а.}} = 2,86 + 0,33 \cdot 16 = 8,14.$$

3. Тоді час автоматичної роботи верстата з ЧПК (2.20):

$$T_{\text{ц.а.}} = 4,805 + 8,14 = 12,945 \text{ хв.}$$

4. Допоміжний час ручної роботи:

$$T_{\text{доп.}} = 1,2 + 1,64 = 2,84 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп.}}, \quad (2.25)$$

$$T_{\text{оп.}} = 12,945 + 2,84 = 15,785 \text{ хв.}$$

7. Для верстата з ЧПК штучний час (2.19):

$$T_{\text{шт}} = 15,785 \cdot \left(1 + \frac{142,1}{100}\right) = 38,2 \text{ хв.}$$

8. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (2.26)$$

де  $T_{\text{п.з.}}$  – підготовчо-заключний час:

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{п.з.1}} + T_{\text{п.з.2}}, \quad (2.27)$$

де  $T_{\text{п.з.1}}$  – часу організаційної підготовки, хв.;

$T_{\text{п.з.2}}$  – час налагодження верстата, хв.

Отже, розраховуємо підготовчо-заключний час:

$$T_{\text{п.з.}} = 12 + 28,98 = 40,98 \text{ хв.}$$

За формулою (2.26) знаходимо штучно-калькуляційний час на 010 операцію:

$$T_{\text{шт.к.}} = 38,2 + \frac{40,98}{452} = 38,3 \text{ хв.}$$

005 Фрезерно-відрізна операція.

1. Основний час  $T_o = 0,44$  хв.

2. Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = \Psi_k \cdot T_o, \quad (2.28)$$

Для фрезерних верстатів:  $\Psi_k = 1,84$  [1].

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,84 \cdot 0,44 = 0,81 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків штучного часу на операції виготовлення деталей «Фланець» 746.496.032 та «Кронштейн» 746.484.028 представлено у таблицях 2.13 та 2.14 відповідно.

Таблиця 2.13 – Штучний час на операції виготовлення деталі «Фланець»  
746.496.032

Номер та назва операції	T <sub>о</sub> , ХВ	Допоміжний час, T <sub>д</sub> ХВ			T <sub>оп</sub> , ХВ	Час обслуговування, T <sub>об</sub> , ХВ			T <sub>шт</sub> , ХВ.	T <sub>п.з.</sub> , ХВ.	n	T <sub>шт.к.</sub> , ХВ
		T <sub>у</sub>	T <sub>пер</sub>	T <sub>вим</sub>		T <sub>тех.об.</sub>	T <sub>орг.об.</sub>	T <sub>відп.</sub>				
005 Плоскошліфувальна	0,048										2405	0,096
010 Координатно-розточна	0,316											0,8
015 Фрезерна з ЧПК	0,97	0,07	0,44	0,2535	1,73	0,226			1,95	59,16		1,97
020 Горизонтально-фрезерна	0,07											0,12

Таблиця 2.14 – Штучний час на операції виготовлення деталі “Кронштейн”  
746.484.028

Номер та назва операції	T <sub>о</sub> , ХВ	Допоміжний час, T <sub>д</sub> ХВ			T <sub>оп</sub> , ХВ	Час обслуговування, T <sub>об</sub> , ХВ			T <sub>шт</sub> , ХВ.	T <sub>п.з.</sub> , ХВ.	n, шт	T <sub>шт.к.</sub> , ХВ
		T <sub>у</sub>	T <sub>пер</sub>	T <sub>вим</sub>		T <sub>тех.об.</sub>	T <sub>орг.об.</sub>	T <sub>відп.</sub>				
005 Фрезерно-відрізна	0,44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	452	0,81
010 Фрезерна з ЧПК	4,805	0,12	1,64	0,4	15,785	1,421			38,2	40,98		38,3



### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунок похибки пристосування для механічного оброблення деталі

Для обробки центрального отвору  $\varnothing 14H7$ , отвору  $\varnothing 19,25H12$  та фрезерування зовнішнього контуру в деталі «Фланець» 746.496.032 на фрезерному верстаті з ЧПК мод. 6P13Ф3 спроектований спеціальний затискний пристрій.

Для підвищення продуктивності праці та завантаження обладнання пристрій виконаний двоохмісним. На першій позиції проводять фрезерування контуру, на другій – обробку центрального отвору.

Деталь в пристосуванні базується на два пальці: циліндричний поз. 5 і зрізаний поз. 6 отворами  $\varnothing 9H7$  та торцевою нижньою поверхнею.

Затиск деталі здійснюється від пневмоциліндрів пневмоблока 1: на першій позиції через шпильку 4 і швидкозмінну шайбу 28, на другій позиції через шпильку 16 прихватом 12 на гвинті із сферичною опорою 15.

Похибку встановлення заготовки деталі «Фланець» 746.496.032 в розробленому пристрої визначено за формулою [9]:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_6^2 + \Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \text{ мм.} \quad (3.1)$$

Похибка встановлення заготовки в розробленому пристрої для забезпечення заданої точності механічної обробки поверхонь деталі повинна бути меншою за допустиму похибку, при якій відхилення точності розмірів не виходить за гранично допустиму величину відхилень, тобто повинна виконуватись умова:

$$\Delta \varepsilon_y \leq \Delta \varepsilon_{y, \text{доп.}}, \quad (3.2)$$

Проведемо аналіз розмірної точності поверхонь деталі, що підлягають

механічній обробці.

На операції 015 фрезерній з ЧПК проводиться обробка отворів  $\varnothing 14H7$ ,  $\varnothing 19,25H12$  по центру деталі на відстані  $21 \pm 0,26$  від базових отворів.

Точність діаметральних розмірів  $\varnothing 14H7$ ,  $\varnothing 19,25H12$  визначається точністю осьових інструментів, що використовуються для їх оброблення і не залежить від точності розміщення самої деталі, тому похибка базування при обробленні цих поверхонь буде дорівнювати нулю, тобто  $\Delta \varepsilon_y = 0$ .

Похибку встановлення заготовки розраховуємо на розмір  $21 \pm 0,26$ , що визначає симетричність вісі центрального отвору, зокрема  $\varnothing 14H7$  відносно центру деталі або відносно технологічних баз. Для базування деталі у пристрої використано циліндричний та зрізаний пальці, відповідно похибка базування буде дорівнювати максимальному зазору  $S_{\max}$  між отвором деталі та бази у вигляді циліндричного пальця:

Для отвору  $\varnothing 9H7^{(+0,015)}$  максимальний діаметр становить  $D_{\max} = 9,015$  мм.

Для пальця  $\varnothing 9d8^{(-0,040)}_{(-0,062)}$  мінімальний діаметр становить:

$$d_{\min} = 9 + (-0,062) = 8,938 \text{ мм.}$$

$$\text{Отже, } \Delta \varepsilon_{y21} = 9,015 - 8,938 = 0,077 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення деталі на розмір 21 дорівнює нулю, оскільки сила затиску не зміщує заготовку, тобто  $\Delta \varepsilon_{z21} = 0$ .

Похибка пристосування середньої точності із середнім зношенням опорних елементів  $\Delta \varepsilon_{\text{пр}} = 0,015$  мм.

Тоді похибка встановлення заготовки деталі «Фланець» 746.496.032 в розробленому пристрої на розмір 21 буде дорівнювати:

$$\Delta \varepsilon_{y21} = \sqrt{\Delta \varepsilon_{\delta 21}^2 + \Delta \varepsilon_{\text{пр}21}^2} = \sqrt{0,077^2 + 0,015^2} = 0,078 \text{ мм.}$$

Допустима похибка, при якій відхилення точності розмірів не виходить за гранично допустиму величину відхилень дорівнює допуску  $\delta$  на розмір:

$$\Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}} = \delta, \quad (3.5)$$

де  $\delta$  – допуск на розмір ( $21 \pm 0,26$ ),  $\delta = 0,52$  мм.

Отже,  $\Delta \varepsilon_{y21} = 0,078$  мм  $<$   $\Delta \varepsilon_{y, \text{доп.}} = 0,52$  мм., відповідно задана точність обробки отворів  $\varnothing 14H7$ ,  $\varnothing 19,25H12$  по центру деталі на відстані  $21 \pm 0,26$  забезпечується.

### 3.2. Розрахунок приводу пристосування

Для обробки деталі «Фланець» 746.496.032 на фрезерній з ЧПК операції 015 спроектовано спеціальний затискний пристрій, розрахункова схема, якого представлена на рис. 3.1. Найбільші сили різання виникають при свердлінні отвору  $\varnothing 14H7$ , тому розрахунок приводу при строю проведемо при виконанні вказаного переходу 015 операції. Базування заготовки здійснюється на два пальці – циліндричний та зрізаний, при цьому заготовка утримується на пристрої шляхом прикладання вертикальних сил затиску  $P_{\text{зат}}$ , що перпендикулярні площині плити, на якій встановлено заготовку. Під час свердління отвору виникає крутний момент різання  $M_{\text{різ}}$  та осьова сила різання. Остання зрівнувається реакцією опори плити.

На основі рівняння рівноваги крутних моментів відносно центра отвору заготовки відповідно до рис. 3.1, з врахуванням коефіцієнта тертя між заготовкою та затискними елементами ( $f_1=0,2$ ), коефіцієнта тертя між заготовкою та плитою ( $f_2=0,2$ ) виведено рівняння:

$$P_{\text{зат}} \cdot f_1 \cdot R + \frac{P_{\text{зат}} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)} = K \cdot M_{\text{різ}} , \quad (3.6)$$

де  $R = 21$  мм;

$R_1 = 26$  мм;

$R_2 = 29$  мм.

Момент різання [20]:

$$M_{\text{різ}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.7)$$

де

$$D = 14 \text{ мм};$$

$$S = 0,2 \text{ мм/об.}$$

$$K_p = K_{\text{мр}}, K_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22;$$

$$\text{Отже, } M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 19,25^{2,0} \cdot 0,52^{0,8} \cdot 1,22 = 9,243 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$K$  – коефіцієнт запасу приймаємо рівним 3,7.

З рівняння (3.6) знаходимо:

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{f_1 \cdot R + f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}, \quad (3.8)$$

$$P_{\text{зат}} = \frac{3,7 \cdot 9,243}{0,2 \cdot 21 + 0,2 \cdot \frac{29^3 - 26^3}{3(29^2 - 26^2)}} = 2919 \text{ Н.}$$

Перевіряємо необхідну умову затиску деталі:

$$P_{\text{зат}} \leq F_{\text{шт.тяг.}} \cdot i. \quad (3.9)$$

де  $F_{\text{шт}}$  – сила дії пневмоциліндра.

$i$  – передаточне відношення механізму.

Діаметр циліндра  $D = 200$  мм, діаметр штока  $d = 20$  мм.

Сила дії пневмоциліндра:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.10)$$

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (0,2^2 - 0,02^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 11190,9 \text{ Н.}$$

Реальна сила затиску при застосуванні пневмоприводу і важільного механізму:

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}} \cdot l_1}{l_1 + l_2} \cdot \eta, \quad (3.11)$$

де  $l_1 = 30$  мм ;

$l_2 = 60$  мм ;

$\eta = 0,9$ .

$$\text{Тоді } W = \frac{11190}{30 + 60} \cdot 30 \cdot 0,9 = 3357 \text{ Н.}$$

Перевіряємо необхідну умову затиску деталі:

$$W > P_{\text{зат.}}$$

При розрахунках встановлено  $W = 3357 \text{ Н} > P_{\text{зат.}} = 2919 \text{ Н}$ .

Висновок: Під час обробки деталі «Фланець» 746.496.032 на фрезерній з ЧПК операції 015 заготовка буде закріплена надійно при вибраних параметрах пневмоциліндра.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Методи зниження вібрацій та шуму на дільниці виготовлення деталі

Зниження вібрації у джерелі виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Тому ще на стадії проектування машин та механічних пристроїв потрібно вибирати кінематичні схеми, в яких динамічні процеси, викликані ударами та прискореннями, були б виключені або знижені.

Налагодження режиму резонансу. Для послаблення вібрацій істотне значення має запобігання резонансним режимам роботи з метою виключення резонансу з частотою збурювальної сили. Власні частоти окремих конструктивних елементів визначаються розрахунковим методом за відомими значеннями маси та жорсткості або ж експериментально на стендах.

Вібродемпферування. Цей метод зниження вібрацій реалізується шляхом перетворення енергії механічних коливань коливної системи в теплову енергію.

Збільшення витрат енергії в системі здійснюється за рахунок використання в якості конструктивних матеріалів з великим внутрішнім тертям: пластмас металогуми, сплавів марганцю та міді, нікелетитанових сплавів, нанесення на віброуючі поверхні шару пружнов'язких матеріалів, які мають великі втрати на внутрішнє тертя.

Найбільший ефект при використанні вібродемпферних пристроїв досягається в області резонансних частот, оскільки при резонансі значення впливу сил тертя на зменшення амплітуди зростає.

Віброгасіння. Для динамічного гасіння коливань використовуються динамічні віброгасії: пружинні маятникові, ексцентрикові, гідравлічні, вони являють собою додаткову коливну систему з масою  $m$  та жорсткістю  $q$ , власна частота якої налаштована на основну частоту коливань даного агрегату, що має масу  $M$  та жорсткість  $Q$ , віброгасій кріпиться на вібрувальному агрегаті й налаштовується таким чином, що в ньому в кожний момент часу збуджуються коливання, які знаходяться у протифазі з коливаннями агрегату.

Недоліком динамічного гасія є те, що він діє лише за певної частоти, яка відповідає його резонансному режиму коливань.

Віброізоляція полягає у зниженні передачі коливань від джерела збудження до об'єкта, що захищається, шляхом введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку.

Цей зв'язок запобігає передачі енергії від коливного агрегату до основи або від коливної основи до людини або до конструкцій, що захищаються.

Засоби індивідуального захисту від вібрації застосовуються у випадку, коли розглянуті вище технічні засоби не дозволяють знизити рівень вібрації до норми.

Для захисту рук використовуються рукавиці, вкладиші, прокладки. Для захисту ніг — спеціальне взуття, підметки, наколінники. Для захисту тіла — нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

Відомі три основні напрямки боротьби з шумом:

1. Зменшення рівня шуму у джерелі виникнення, застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів.
2. Звукоізоляція устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо.
3. Використання засобів індивідуального захисту.

Технологічні заходи охоплюють характеристику і розміщення устаткування і машин, вимоги до розрахунку характеристик шуму на стадії проектування, обмеження шуму звукопоглинаючих конструкцій і екранів, фільтровентиляційних установок, заміну технологічних процесів і механізмів на менш шумні, обладнання звукоізолюючих кабін операторів, дистанційне керування обладнанням, автоматизацію виробничих процесів зі зменшенням кількості операторів тощо.

Планувальні заходи передбачають ізоляцію шумних цехів від тихих приміщень, збільшення відстані між ними (на стадії проектування виробництва), розташування шумних цехів з підвітряного боку і торцем до фасаду інших будівель. Зелені насадження навколо шумних цехів і шумозахисна зона так само сприяють поглинанню шуму.

У виробничих умовах поряд із звукоізоляцією широко застосовують засоби звукопоглинання. З метою поглинання шуму приміщеннями цехів малого об'єму (400—500 м<sup>3</sup>) їх оздоблюють пористими матеріалами. Позитивний ефект звукопоглинання дає застосування мінеральних плит, матів з базальтового волокна, штукатурки пінистої або зернистої структури тощо. У приміщеннях великого об'єму ефективні звукопоглинаючі бар'єри і об'ємні поглиначі (куби, конуси тощо), які підвішують над шумними агрегатами для зниження рівня шуму на 5-12 дБ. Застосування звукопоглинаючих матеріалів у комплексі із заміною устаткування в окремих випадках знижує рівень шуму до нормативного (ткацькі цехи).

У боротьбі з аеродинамічним шумом (вихлопи і всмоктування повітря пневматичними інструментами, компресорами, вентиляторами тощо) застосовують глушники різної конструкції, які поглинають шум вихлопу або всмоктування повітря, газів і парів. Вибір типу глушника залежить від рівня і спектрального складу шуму. Для гасіння високочастотного шуму застосовують активні глушники, в основу яких покладено принцип звукової енергії, для гасіння низькочастотного шуму — реактивні глушники, що працюють як акустичний фільтр. Якщо немає змоги забезпечити дотримання вимог технічного характеру, важливого значення набувають організаційно-профілактичні заходи — застосування індивідуальних засобів захисту органів слуху.

Засоби індивідуального захисту від шуму — протишуми — використовують тоді, коли технічні засоби не забезпечують його зниження до безпечного рівня. Тип засобу протишуму вибирають за рівнем і спектром шуму. Застосовують десятки варіантів вкладишів (втулки, тампони тощо), навушники і шоломи для ізоляції зовнішнього слухового ходу від шуму різного спектрального складу. До протишумових вкладишів, які вставляють у слуховий хід, належать заглушки у вигляді тампонів, гумові ковпачки, циліндри із спеціального пінопласту, пластичні вкладиші (виготовлені індивідуально за формою слухового ходу), а також вкладиші одноразового використання. Ефективними вважаються вкладиші із суміші волокон органічної



бактерицидної вати і ультратонких полімерних волокон — беруши.

Зручними щодо експлуатації і гігієни є протишумові навушники. Протишумові шоломи — громіздкі й дорогі, їх використовують при дуже високих рівнях шуму в комбінації з навушниками і протишумовими костюмами. Використання засобів протишуму дає змогу уникнути не тільки зниження слуху, а й порушення функцій нервової системи.

Зменшення тривалості контакту з шумом, застосування раціонального режиму праці та відпочинку, періодичного короткочасного відпочинку від шуму протягом робочого дня, суміщення професій в умовах шуму і його відсутності значно знижують негативний вплив шуму. Для профілактики несприятливого впливу імпульсного шуму рекомендується заповнювати паузи між імпульсами рівним фоновим шумом. При цьому різниця між рівнями фону та імпульсного шуму не повинна перевищувати 20 дБ. З метою підготовки працівника до чергового імпульсу шуму використовують світлові застережні сигнали.

#### **4.2. Відшкодування підприємствам і громадянам збитків, завданих за порушення вимог щодо охорони праці**

Згідно ст. 9 Закону України „Про охорону праці” відшкодування шкоди, заподіяної працівникові внаслідок ушкодження його здоров’я або у разі смерті працівника, здійснюється фондом соціального страхування від нещасних випадків відповідно до Закону України „Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності”.

Роботодавець може за рахунок власних коштів здійснювати потерпілим та членам їх сімей додаткові виплати відповідно до колективного чи трудового договору.

Розміри відшкодування шкоди, заподіяної працівникові, встановлені відповідними нормативними актами.

Якщо відповідно до медичного висновку у потерпілого встановлено

стійку втрату працездатності, ця допомога має бути не менше суми, визначеної з розрахунку середньомісячного заробітку потерпілого за кожен відсоток втрати ним професійної працездатності.

У разі смерті потерпілого розмір одноразової допомоги повинен складати суму, не меншу п'ятирічного заробітку працівника на його сім'ю, крім того, не менше річного заробітку на кожного утриманця потерпілого, а також на його дитину, яка народилася після його смерті.

Якщо нещасний випадок трапився внаслідок невиконання потерпілим вимог нормативних актів про охорону праці, розмір одноразової допомоги може бути зменшено в порядку, що визначається трудовим колективом за поданням власника та профспілкового комітету підприємства, але не більше як на п'ятдесят відсотків. Факт наявності вини потерпілого встановлюється комісією.

За працівниками, які втратили працездатність у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням, зберігається місце роботи (посада) та середня заробітна плата на весь період до відновлення працездатності або визнання їх у встановленому порядку інвалідами. У разі неможливості виконання потерпілим попередньої роботи власник зобов'язаний забезпечити відповідно до медичних рекомендацій його перепідготовку і працевлаштування, встановити пільгові умови та режим роботи.

Якщо власник не має можливості працевлаштування на своєму підприємстві осіб, які частково втратили працездатність, але не стали інвалідами, він зобов'язаний відрахувати цільовим призначенням до Державного фонду сприяння зайнятості населення кошти у розмірі середньорічної заробітної плати працівників за кожне нестворене робоче місце для таких осіб. Працевлаштування цих осіб здійснюється державною службою зайнятості населення.

Час перебування на інвалідності у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням зараховується до стажу роботи для призначення пенсії за віком, а також до стажу роботи із шкідливими умовами, який дає право на пенсії на пільгових умовах й у пільгових розмірах.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталі «Кронштейн» 746.484.028 та «Фланець» 746.496.032 призначені для кріплення світильників загального освітлення промислових приміщень металургійної промисловості. Деталь «Кронштейн» 746.484.028 виготовляється з якісної вуглецевої сталі 10. Деталь «Фланець» 746.496.032 виготовляється зі сталі Ст3Гпс.

Базові технологічні процеси виготовлення деталей відповідають дрібносерійному типу виробництва. При збільшенні програми випуску деталей до середньосерійного типу виробництва виникла необхідність у підвищенні продуктивності та ефективності базових технологічних процесів. Зокрема у проектному технологічному процесі використано верстати з ЧПК фрезерно-свердлильної групи. Це дало змогу значно зменшити кількість операцій та штучний час обробки деталей, підвищити гнучкість виробництва порівняно із базовими технологічними процесами, де обробка виконувалась на універсальних верстатах. Зі зміною обладнання також замінені ріжучі та допоміжні інструменти із вищими показниками стійкості а також режими різання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Паливода Ю.Є, Дячун А.Є. Технологія виготовлення деталей класу «Порожністі циліндри» (втулки) : методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 56с.
3. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 148 с.
6. Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є., Ткаченко І.Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль: ТНТУ, 2016. 75с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131

“Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 53 с.

11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

12. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 132 с.

13. Основи технології складання: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” / Укладачі: Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун. Тернопіль, 2017. 82 с.

14. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка, системи верстатних пристосувань / М.Г. Дичковський. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 121 с.

15. Дичковський М.Г. Розроблення та реалізація схем базування деталей при конструюванні пристосувань / М.Г. Дичковський, М.Д. Радик. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 60 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

18. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.