

Кафедра Механіко-машинобудівний факультет  
Технологій машинобудування та матеріалознавства  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Тищука Костянтина Миколайовича  
(ПІБ)

академічної групи 131-17зск-2  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва  
(офіційна назва)

на тему Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Клапан» в умовах серійного виробництва

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.	73	задов.	
розділів				
Аналітичний	Пацера С.Т.	73	задов.	
Технологічний	Пацера С.Т.	74	добре	
Спеціальний	Пацера С.Т.	73	задов.	
Рецензент				
Нормоконтроль		73		

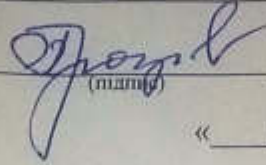
Дніпро  
2020

закордонні Технологіє

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Технологій машинобудування та матеріалознавства  
(повна назва)

  
(підпис)

В.В. Проців  
(прізвище, ініціали)

« 15 » 06 2020 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня бакалавр  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту Тищуку К.М. академічної групи 131-17зек-2  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка


за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва  
(офіційна назва)

на тему Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Клапан» в умовах серійного виробництва

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 07.05.20 №257-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Характеристика об'єкта виробництва; Виконання робочого кресленника заданої деталі, аналіз технологічності її конструкції	10.05.2020
Технологічний	Призначення способу отримання заготовки, проектування робочого кресленника	15.05.2020
	Обґрунтування технологічного маршруту виготовлення деталі і виконання маршрутної карти	20.05.2020
	Розрахунок міжопераційних розмірів механічної обробки	24.05.2020
	Детальна розробка операцій механічної обробки з розрахунком технічної норми часу, оформлення комплексу технологічної документації і карт налагодження на характерні операції	8.06.2020
Спеціальний	Застосування електроерозійної обробки при виготовленні деталі «Клапан»	12.06.2020

Завдання видано

  
(підпис керівника)

Пацера С.Т.  
(прізвище, ініціали)

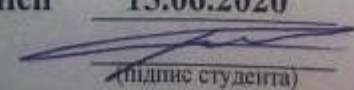
Дата видачі

04.05.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії

15.06.2020

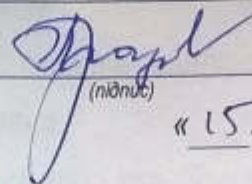
Прийнято до виконання

  
(підпис студента)

Тищук К.М.  
(прізвище, ініціали)

«Затверджую»

Завідувач кафедру технологій  
та матеріалознавства

  
(підпис)

(повна назва)

В.В.Проців

(прізвище, ініціали)

« 15 »

06

20 20 р.

КЛАПАН

Проект технологічного процесу виготовлення

ТММ.ОГПБ.20.07.01

Керівник роботи  
Ст. викладач кафедри ТММ



С.Т.Пацера

« 15 » 06 20 20 р.

Студент  
групи 131-17зск-2 ММФ



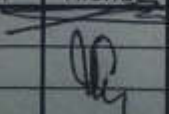
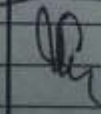
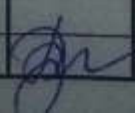
К.М.Тищук

« \_ » 20 \_ р.

Зміст

Аналітичний розділ .....	4
1.1 Введення .....	4
1.2 Характеристика об'єкта виробництва .....	5
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	6
2 Технологічний розділ .....	11
2.1 Призначення річної виробничої програми випуску деталі .....	11
2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки .....	12
2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі .....	15
2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки .....	18
2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу виготовлення деталі ...	22
3 Спеціальний розділ .....	32
3.1 Застосування електроерозійної обробки при виготовленні деталі «Клапан»...	32
Висновки .....	36
Список посилань .....	37
Додаток А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи .....	38
Додаток Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	39

ТММ.ОППБ.20.07.00 ПЗ

Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата	Лист	Лист	Листов
Розроб.		Тищук		15.06			39
Перед.		Пацера					
Н.контр.							
Затв.		Проців					

Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Клапан» в умовах серійного виробництва

НТУ «ДІ»

## 1 Аналітичний розділ

### 1.1 Введення

Машинобудування значною мірою визначає розвиток усього народного господарства країни. Технічний прогрес машинобудування характеризується як поліпшенням конструкцій машин, так і безперервним удосконалюванням технології їхнього виготовлення. Основне завдання - виготовити машину заданої якості в потрібній кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості й високій продуктивності. У цей час у промисловому виробництві велике значення має підвищення продуктивності при високій гнучкості виробничого процесу, що задовольняється за рахунок використання засобів автоматизації й швидко переналагоджувального технологічного й допоміжного устаткування.

Ефективність машинобудування може підвищуватися й за рахунок зміни структури парку металорізального обладнання. Це досягається шляхом збільшення питомої ваги автоматизованого обладнання, оснащеного мікропроцесорною й обчислювальною технікою, що дозволяє швидко й ефективно налаштовувати виробництво на випуск нових виробів. У машинобудівному виробництві більше 50% парку металорізальних верстатів працюють в умовах серійного й одиничного виробництва. При цьому, питома вага машинного (основного) часу становить не більше 20-40%. Виходячи із цього, при проектуванні нових цехів необхідно забезпечити оптимальне співвідношення наявних універсальних верстатів напівавтоматів і верстатів зі ЧПК. Економічно обґрунтоване завантаження обладнання повинне забезпечуватися відповідною організацією виробничого процесу в цеху, заснованій на прогнозуванні й оперативному керуванні з використанням обчислювальної техніки, що дозволяє скоротити час на технологічну підготовку й простиї верстатів у налагодженні.

У даному дипломному проекті розроблений проект технологічного процесу механічної обробки деталі гідророзподільного вузлу механізованого кріплення 1КД99 в умовах серійного виробництва з партією запуску 99 штук.

При виконанні проектних процедур використані сучасні методики розрахунків режимів різання для прогресивного різального інструменту, які перевірені у виробничих умовах і відповідають нормативно-технічній документації й стандартам системи ЄСКД і ЄСТД.

## 1.2 Характеристика об'єкта виробництва

Основними вихідними даними для технологічного проектування є конструкторський документ у вигляді робочого кресленика, який виконаний на форматі А1 ГОСТ 2.301-68. Він дає повну інформацію про матеріал деталі і його механічні властивості, термообробку, форму, розміри та точність розташування поверхонь.

Для розробки оптимального технологічного процесу виготовлення деталі, забезпечення раціональної концентрації технологічних операцій з використанням економічно обґрунтованих і технологічно необхідних методів обробки, необхідно проаналізувати призначення робочих поверхонь деталі, використовуваних матеріалів і технічні вимоги до них з точки зору умов збирання та експлуатації.

Дана деталь застосовується в механізованому кріпленні 1КД99, призначеної для кріплення гірських вироблень і підтримки їх у робочому стані в період експлуатації шахт. Призначенням гідророзподільного вузла є запобігання ліній високого й низького тиску від перевантажень і поділ ліній високого й низького тисків для забезпечення реверсу. Умови роботи робочого органа характеризуються схильністю гідродинамічному впливу робочої рідини, що перебуває під тиском до 25 Мпа, інтенсивним реверсуванням, постійним впливом шахтної атмосфери (підвищена вологість і запиленість).

Деталь «Клапан» є основним конструктивним елементом, що забезпечує процес розподілу гідропотоку. Основними конструкторськими базами деталі служать різьбова поверхня М30 і внутрішній торець поверхні діаметром 34,9 мм, які обумовлюють точність встановлення клапана в розточеннях корпусу.

Найбільш відповідальною поверхнею деталі є циліндрична поверхня діаметром 15,8 мм. Вона працює як гідроциліндр, тому повинна мати високу якість поверхні ( $Ra = 0,4$  мкм), відповідати підвищеним вимогам до точності виготовлення (допуск конусності 0,004 мм). Виправдана також необхідність забезпечити високу витривалість міцності у зв'язку інтенсивним реверсуванням. Зносостійкість циліндричної поверхні забезпечується високою поверхневою твердістю після хіміко-термічної обробки.

Марка матеріалу для виготовлення деталі й особливі вимоги до механічних властивостей зазначені в основному конструкторському документі. Вона виготовляється з леґованої цементованої конструкційної сталі за ГОСТ 4543-71 марки 12ХНЗА, яка застосовується для виготовлення валів, шестірень, черв'яків, кулачкових муфт, поршневих пальців і інших цементованих деталей, до яких пред'являються вимоги високої міцності, пластичності й в'язкості серцевини й високої поверхневої твердості, що працюють під дією удар-

них навантажень або при негативних температурах. Поставляється у вигляді каліброваного прокату шестигранного перетину за ГОСТ 8560-78, а також у вигляді кувань і кутих заготівель за ГОСТ 1133-71.

Сталі цієї групи добре обробляються різанням. Кращу оброблюваність мають сталі з підвищеним вмістом сірки, фосфору й марганцю. Наявність легуючих елементів знижують оброблюваність, що характеризується коефіцієнтом  $K_{\text{вм}}$  і для даної марки сталі становить 0,80 щодо швидкості різання сталі 45 ГОСТ 1050-88, прийнятої за еталон для даної групи сталей. Хімічний склад сталі 12ХНЗА наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.3 в процентах

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не більше		
0,09–0,16	0,30–0,60	0,17–0,37	0,60–0,90	2,75–3,15	0,025	0,025	0,30

У результаті об'ємного загартування деталі перетином 70 мм, низькотемпературної відпустки при 200 °С і охолодження в маслі, механічні властивості матеріалу відповідають даним, наведеним у таблиці 1.2.

Таблиця 1.4

$\sigma_{0,2}$	$\sigma_8$	$\delta_5$	$\psi$	RCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
МПа			%		
1270	1370	12	60	98	400

Підвищити витривалі й зносостійкі властивості поверхні деталі, виготовленої зі сталі 12ХНЗА, дозволяє хіміко-термічна обробка, що складається із цементації при 920-950 °С, уповільненого охолодження в колодязях або ящиках, загартування при 800-820 °С і охолодженням у маслі, обробки холодом (від -100 до -120 °С). У результаті поверхнева твердість досягає 59-64 HRC<sub>э</sub>, а твердість серцевини – 300-305 HB.

### 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Склад робіт із забезпечення технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їхнього створення встановлюється Єдиною системою технологічної підготовки виробництва. Розрізняють виробничу, експлуатаційну й ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості й прийнятих умовах виробництва й експлуатації.

На етапі проектування технологічного процесу механічної обробки, коли конструкторські документи вже затверджені й не підлягають радикальним змінам, доцільно провадити якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальнено, на підставі досвіду виконавця, установити ступінь відповідності між показниками якості й прийнятих умов виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі виконаємо по трьох з одинадцяти, передбачених ГОСТ 14.201-83 показникам.

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів визначається по формулі:

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э}, \quad (1.1)$$

де  $Q_{y.э}$  – число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;

$Q_э$  – загальне число типорозмірів конструктивних елементів;

Прикладами конструктивних елементів виробу є різьблення, кріплення, жолобники, фаски, проточки, отвори й т.п. Ознаки по яких конструктивний елемент може вважатися уніфікованим встановлюється галузевою нормативно-технічною документацією. Дані для аналізу наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Вид конструктивного елемента	Кількість	
	загальна	уніфікованих
Лінійні розміри	36	18
Фаски	2	2
Радіуси	4	1
Кути	10	8
Шестикутник	1	1
Різьблення	2	2
Канавки	4	4
Всього	59	36

Підставивши дані в формулу 1.1, отримуємо:

$$K_{y.э} = \frac{36}{59} = 0,61$$

Оскільки коефіцієнт не менше 0,6, то за коефіцієнтом уніфікації деталь вважається технологічною



2. Коефіцієнт точності обробки визначається по формулі:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}}, \quad (1.2)$$

де  $A_{\text{ср}}$  – середній квалітет розмірів виробу, що визначається за формулою:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum A \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 12n_{12} + 13n_{13} + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{12} + n_{13} + n_{14}} =$$
$$= \frac{9 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 8 + 15 \cdot 17}{17} = 14 \quad (1.3)$$

де  $A$  – квалітет розміру;

$n_i$  – кількість розмірів відповідного квалітету.

Підставивши отримане значення в формулу 1.2 одержимо результат:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{14} = 0,93,$$

При такому значенні коефіцієнта точності обробки деталь вважається технологічною, оскільки  $K_{\text{тч}}$  більше нормативного значення (0,8).

3. Коефіцієнт шорсткості поверхні визначається по формулі:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{B_{\text{ср}}}, \quad (1.4)$$

де  $B_{\text{ср}}$  – середнє значення параметра шорсткості, що визначене по формулі:

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum B \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{50 \cdot n_1 + 25 \cdot n_2 + \dots + 0,8 \cdot n_7 + 0,4 \cdot n_8 + \dots + 0,0012 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_7 + n_8 + \dots + n_{14}} =$$
$$= \frac{12,5 \cdot 21 + 6,3 \cdot 2 + 3,2 \cdot 6 + 1,6 \cdot 4 + 0,8 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1}{35} = 8,6 \text{ (мкм)} \quad (1.5)$$

де  $B$  – числове значення параметра шорсткості за шкалою Ra ГОСТ 2789-73;

$n_i$  – кількість поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткості.

Підставивши отримане значення в формулу 1.4 одержимо результат:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{8,6} = 0,88$$

Таке значення при обробці чорних металів свідчить про технологічність деталі по даному показнику.

Деталь належить до класу валів, тобто тілам обертання з довжиною більше двох діаметрів. Основною характеристикою валів, що визначає технологічність конструкції, є жорсткість, що оцінюють по величині відносини  $L/d_{\text{пр}}$ ,

де  $L$  - довжина вала, мм;

$d_{\text{пр}}$  – наведений діаметр вала, визначений за формулою:

$$d_{np} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot l_i}{L} = \frac{34,9 \cdot 8 + 41,6 \cdot 8 + 34,9 \cdot 8 + 27,2 \cdot 3,2 + 30 \cdot 12 + 22,2 \cdot 31 + 25,3 \cdot 5,54 + 20,9 \cdot 5,66}{81,4} = 28,1 \text{ (мм)}, \quad (2.1)$$

де  $d_i$  – діаметр  $i$ -того щабля вала, мм;

$l_i$  – довжина  $i$ -того щабля вала, мм.

У цьому випадку відношення дорівнює 2,9, що менше рекомендованого значення (менше 10). Отже, для ефективної механічної обробки без обмеження режимів різання й досягнення економічно обґрунтованої точності, необхідно застосовувати схеми базування для жорстких валів.

Застосовуваний матеріал забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому й має гарні технологічні характеристики як при обробці тиском, так і різанням.

Конструкція деталі дозволяє вести обробку в патроні й при комбінованому закріпленні (у патроні й центрі), тобто виконати вимога сталості баз, що гарантує співвісне розташування робочих поверхонь вала.

Двостороннє розташування уступів і співвідношення діаметрів щаблів сприятливі для продуктивної токарської обробки й рівномірної концентрації операцій.

Наскрізний отвір діаметром 2,368 мм не є технологічним, тому що свердління здійснюється на глибину дванадцяти діаметрів. Для одержання четвертого класу чистоти необхідно забезпечити достатню жорсткість системи ВПІД і точність обертання шпинделя верстата.

Два наскрізних отвори діаметром 7,9 мм також не є технологічними, тому що свердління здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні й вимагає застосування спеціального кондукторного пристосування.

І два наскрізних отвори діаметром 2,4 мм не є технологічними. Довжина отвору, що просвердлюється, дорівнює шести діаметрам, що поряд з поганим доступом до зони обробки утрудняє використання свердлильного обладнання й змушує звертатися до сучасних електроерозійних верстатів.

Всі різьбові поверхні відповідають середній точності і її забезпечення в даному матеріалі не викличе утруднень при обробці різцем, для виходу якого передбачені зарізьбові канавки.

Співвідношення квалітетів і параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь є

оптимальним. З огляду на, що деталь дуже жорстка, восьмий і сьомий клас чистоти на поверхнях отворів діаметрами  $15,8^{+0,137}_{+0,075}$  мм і  $25,3_{-0,03}$  мм відповідно може бути отриманий без утруднень хонінгуванням і шліфуванням.

Таким чином, технологічність конструкції деталі «Клапан» після якісного аналізу можна оцінити як гарну за основними показниками.

## 2 Технологічний розділ

### 2.1 Призначення річної виробничої програми випуску деталі

Виробнича програма випуску деталей установлюється залежно від річної потреби виробів і організаційно-технічних умов складання. На початковому етапі проектування технологічних процесів виготовлення деталей, що входять у виріб, річна виробнича програма випуску визначається по формулі:

$$N = N_u \cdot q \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right), \quad (\text{шт/рік}) \quad (2.1)$$

де  $N_u$  – річна програма випуску виробів;

$q$  - кількість деталей даного найменування в одному виробі;

$h$  - відсоток деталей, призначених на запасні частини.

Річна потреба в механізованому кріпленні 1КД99 становить 1200 штук. На кожному робочому органі застосовується два ідентичних клапани. З огляду на умови роботи деталей, приймаємо для деталі «Клапан»  $q=3\%$ . Підставивши вихідні у формулу (2.1), одержимо значення річної виробничої програми:

$$N_n = 1200 \cdot 2 \cdot 1,03 = 2472 \quad \text{приймаємо } 2475 \text{ шт.}$$

Загальноприйнятим комплексним критерієм при розробці й аналізі технологічного процесу є така класифікаційна категорія, як тип виробництва. Попереднє визначення типу виробництва ґрунтується на взаємозв'язку між річною програмою випуску деталі і її масою. Виходячи із прийнятої річної виробничої програми випуску деталі і її маси приймаємо середньосерійний тип виробництва. Одним з показників, що характеризують серійне виробництво, є величина партії деталей, яка запускається одночасно у виробництво. Вона визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (2.2)$$

де  $a$  - періодичність запуску деталей у виробництво, днів. Для середньосерійного виробництва приймаємо, що запас деталей на складі забезпечує роботу складального цеху на 10 днів;

$\Phi$  - число робочих днів у році, 251.

Таким чином, при виробництві клапана розмір виробничої партії дорівнює:

$$n = \frac{2475 \cdot 10}{251} = 98,6 \quad (\text{шт}),$$

оскільки розмір партії повинен бути кратним річній програмі випуску, клапан буде запускатися у виробництво партіями по 99 штук. При цьому річна програма забезпечується 25-ма запусками.

## 2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготівки

Для раціонального вибору заготівлі необхідно одночасно враховувати призначення й конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб і серійність випуску, а також економічність виготовлення. Вибрати заготівлю - значить встановити спосіб її одержання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри й указати вимоги до точності виготовлення. При виборі заготівлі для знову спроектованого технологічного процесу розглянемо два способи одержання заготівлі, які не викликають істотних змін у побудові й змісті процесу механічної обробки. У цьому випадку перевага віддається заготівлі, що характеризується кращим використанням металу й меншою вартістю з урахуванням наведених витрат на одиницю продукції по статтях, що відрізняються, витрат. У протилежному випадку остаточне рішення можна прийняти тільки після економічного комплексного розрахунку собівартості заготівлі й механічної обробки в цілому.

Оскільки деталь «Клапан» розміщена в закритому корпусі й піддається стиску, тому що сприймає тиск робочої рідини як внутрішніми так і зовнішніми поверхнями, те істотних акцентів на виборі способу одержання заготівлі робити не коштує. Розглянемо найпоширеніші в серійному виробництві види заготівель: прокат і штампування.

Розміри заготівлі із сортового прокату визначаються з урахуванням припуску на обробку щабля найбільшого діаметра й припуску на підрізування торців. Тому що найбільшим щаблем є шестигранна поверхня, до якої пред'являються відносно невисокі вимоги до точності і якості поверхні й не потрібна чистова обробка (розглянута поверхня передбачена під ключ), приймаємо як заготівля шестигранний горячекатаний калібрований сталевий прокат за ГОСТ 8560-78 діаметром уписаної окружності 36 мм. Використання такої заготівлі в порівнянні із круглим прокатом дозволяє виключити з технологічного маршруту виготовлення деталі додаткову операцію - фрезерування шестигранника.

Припуск на обробку двох торців становить 3 мм. Ширина різку при відрізку прутків діаметром 30-80 мм відрізним різцем приймається 3 мм. Таким чином, довжина заготівлі на першій операції механічної обробки дорівнює 85мм, а довжина для розрахунку вартості, з урахуванням ширини різку й відходів у результаті некратності довжини заготівлі й прутка, приймається 90 мм.

Альтернативним варіантом заготівлі для виготовлення деталі «Клапан» є сталеве штамповане кування, отримана гарячим об'ємним штампуванням. У цьому випадку форма заготівлі в значній мірі наближена до форми готової деталі, а її конфігурація й конструктивні елементи залежать від виду застосовуваного технологічного обладнання. Вважаємо, що для прийнятих умов виробництва заготівля буде формуватися в на кривошипних гарячештампувальних пресах. Конфігурація заготівлі наведена на рисунку 2.1.

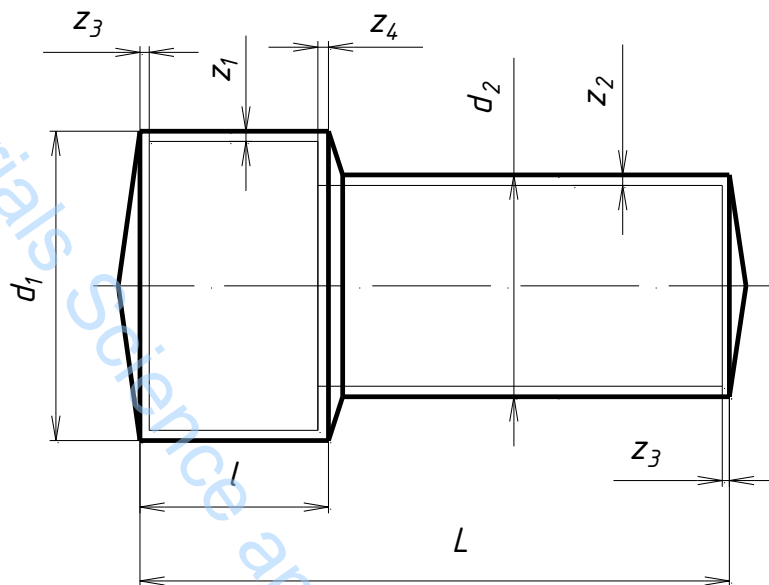


Рисунок 2.1 – Форма кування

Розміри заготівлі розраховують із урахуванням припусків на механічну обробку, які призначають за ГОСТ 7505-89. Відповідно до методики, приймаємо наступні вихідні дані: Розрахункову масу кування визначимо по формулі:

$$M_{пр} = m_{д} \cdot k_p = 0,18 \cdot 1,6 = 0,29 \text{ (кг)} \quad (2.3)$$

де  $m_{д}$  – маса деталі за конструкторським документом, кг;

$k_p$  – розрахунковий коефіцієнт.

Інші дані, що характеризують кування, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристика кування	Позначення	Примітка
Клас точності кування	T2	Штампування на КГШП
Група сталі	M2	Вміст легір. ел-тів 2-5%
Ступінь складності	32	$G_p/G_{ф}=0,29/0,87 = 0,33 (0,32-0,63)$
Конфігурація поверхні рознімання	П	Пласка

На підставі вихідних даних по таблиці 2 ГОСТ 7505-89 визначаємо вихідний індекс штампування - 6. Відповідно до його визначаються основні припуски на механічну обробку й допуски на розміри заготівлі. Додатковий припуск враховує зсув кування й відхилення від прямолінійності. Розраховані розміри заготівлі і їхніх параметрів, що визначили, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Розмір оброблюваної поверхні, мм	Параметр шорсткості Ra, мкм	Основний припуск на сторону, мм	Додатковий припуск, мм	Загальний припуск на сторону, мм	Розмір заготівлі, мм	Позначення на рис. 2.1	
<i>Зовнішні циліндричні поверхні</i>							
41,6 h14	12,5	0,8	0,1	0,9	Z <sub>1</sub>	43,5 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,3</sub>	d <sub>1</sub>
30 h14	6,3	0,9	0,1	1,0	Z <sub>2</sub>	32 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,3</sub>	d <sub>2</sub>
<i>Торцеві поверхні</i>							
81,4	12,5	0,8	0,2	1,0	Z <sub>3</sub>	83,5 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,3</sub>	L
24	1,6	0,9	0,2	1,1	Z <sub>4</sub>	26,5 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,3</sub>	l

Масу заготівлі визначимо з урахуванням номінальних виконавчих розмірів заготівлі й штампувальних ухилів для зовнішніх поверхонь, рівних 7 (відповідно до рисунка 2.1)

$$Q = \rho \cdot \sum_{i=1}^n V_i = 7,85 \cdot 10^3 \cdot (1,32 + 39,36 + 0,79 + 45,3 + 0,53) \cdot 10^{-6} = 0,69 \text{ (кг)}$$

Тоді коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,26.

У розглянутому випадку використання різних заготівель не припускає істотної відмінності в змісті технологічного процесу виготовлення деталі. Немає необхідності в додаткових технологічних переходах, пов'язаних з видаленням напуску при обробці заготівлі із прокату. Здійснюється обробка вала із двох сторін на двох токарських операціях з використанням односторонніх верстатів. Обдирне точіння виконується за один робочий хід, оскільки величина напуску не перевищує 5 мм на сторону й жорсткість деталі достатня для «силового» точіння.

Узагальнені дані, наведені в таблиці 2.3, дозволяють зробити висновок, що для проектного технологічного процесу виготовлення клапана доцільно використовувати заготівлю із сортового прокату, оскільки коефіцієнт використання матеріалу всього на 4% гірше, а вартість на 20% нижче вартості штампованої заготівлі. Використання сортового прокату також дозволяє виключити з технологічного маршруту виготовлення деталі додаткову операцію - фрезерування шестикутника.

Таким чином, заготівлею приймається пруток довжиною 2300 мм, з якого буде виготовлено 25 деталей.

Таблиця 2.3

Показник	Метод одержання заготівлі	
	Прокат	Штампування
Маса заготівлі, $m_z$ , кг	0,79	0,69
Коефіцієнт використання матеріалу, Кім	0,22	0,26

### 2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Технологічний процес в умовах серійного типу виробництва характеризується широкою номенклатурою виробів і значними обсягами випуску. Ефективність такого виробництва в значній мірі залежить від можливості поєднання універсальності й мобільності одиничного виробництва з високою організацією й продуктивністю масового. Таке поєднання передбачає використання обладнання із широкими технологічними можливостями, високим ступенем універсальності й автоматизації.

З огляду на, що серійне виробництво характеризується широкою номенклатурою не тільки виробів, але й оброблюваних матеріалів, вимоги до широкого вибору економічно ефективних методів і режимів обробки металів можуть бути виконані шляхом наявності різноманітного парку металорізального обладнання, універсальних і переналагоджуваних спеціальних пристосувань, розвиненого інструментального й метрологічного господарства.

Найбільш ефективним засобом, що дозволяє забезпечити найвищий ступінь автоматизації, високу універсальність і значну продуктивність при великій насиченості технологічних операцій, є раціональне використання обладнання із числовим програмним керуванням і пов'язані з ним технології організації робочих місць, складів, транспорту, контролю операцій і керування виробничими процесами.

Кількість технологічних операцій, їхня концентрація буде визначатися методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітету розміру, параметра шорсткості й умов оброблюваності середньолегованих сталей. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які можуть забезпечити виконання вимог креслення наведені в таблиці 2.1.



Таблиця 2.4

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Внутрішня $\varnothing 16^{+0,138}_{+0,095}$	9	0,4	Свердління Розточування Хонінгування
Зовнішня $\varnothing 25_{-0,052}$ ;	9	0,8	Точіння чорнове Шліфування
Внутрішня $\varnothing 21,3^{+0,13}$	11	0,8	Розточування однократне Шліфування
Внутрішня $\varnothing 2,5^{+0,025}$	9	1,6	Свердління Розгортання
Зовнішня $\varnothing 22$ ; $\varnothing 35$	14	12,5	Точіння однократне
Внутрішня $\varnothing 17,5$ ; $\varnothing 20,5$	14	12,5	Розточування однократне
Внутрішня $\varnothing 7,9$ ; $\varnothing 16,8$	14	12,5	Свердління
Внутрішня $\varnothing 2,4$	14	12,5	Електроерозійна обробка
Торцева 81,4	15	12,5	Точіння однократне
Зовнішня M30x1,5-6h		6,3	Точіння однократне Точіння різьблення
Внутрішня M20x1,5-6H		6,3	Свердління Розточування Точіння різьблення

Технологічними базами для обробки всіх поверхонь деталі, за винятком поверхні діаметром 25 мм, будуть поверхні діаметром 35 мм, які обробляються на двох перших операціях. В умовах серійного виробництва можливе використання як універсальних, так і спеціальних верстатів.

З огляду на кількість, вид і геометричну точність поверхонь, на першій операції доцільно використовувати токарський верстат зі ЧПК, щоб можна було застосувати багатоінструментне налагодження для виконання не менш шести інструментальних переходів. Цим вимогам задовольняє токарно-револьверний верстат підвищеної точності з ЧПК моделі 1В340Ф30, оснащений СЧПК НЦ-31, восьмипозиційною револьверною голівкою.

Наступним етапом механічної обробки деталі є повна обробка комбінованого центрального отвору з різьбленням М20х1,5 мм, обробка правого торця й зовнішньої циліндричної поверхні, що буде технологічною базою на наступних операціях механічної обробки. Обробка здійснюється на верстаті моделі 1В340Ф30. На цій операції суміщення технологічних і вимірювальних баз буде забезпечено базуванням деталі по чистій поверхні діаметром 35 мм.

Одержання двох прохідних каналів діаметром 2,4 мм здійснюється на електроерозійному копіювально-прошивальному верстаті моделі 4К721АФ1 із застосуванням спеціального пристосування.

Наступним етапом механічної обробки деталі є одержання двох наскрізних отворів діаметром 7,9 мм, розташованих під кутом 90 °. Обробка здійснюється на вертикально-свердлувальному верстаті моделі 2Н125.

Конусна поверхня під ущільнювальне кільце сьомого класу чистоти обробляється на слюсарній операції.

Чистова обробка отвору діаметром 16 мм буде здійснюватися методом хонінгування, щоб забезпечити необхідну якість поверхні.

Обробку різьбової поверхні середньої точності М30х1,5 мм має сенс виконувати після хіміко-термічної обробки. Тому що дана поверхня є базової, як зазначено в робочому кресленні. Одночасно повинна бути виконана й остаточна обробка взаємозалежних зовнішніх поверхонь.

Технологічний процес виготовлення деталі завершується контрольною операцією, на якій здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь і їхнього взаємного розташування. Для перевірки працездатності деталі «Клапан» після завершення операцій механічної обробки й контролю передбачаються гідравлічні випробування.

Пропонований маршрут наведений у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

№ оп.	Найменування операції	Стислий зміст операції	Верстат
1	2	3	4
05	Токарна з ЧПК	Предварительная токарная обработка детали с правого торца под цементацию и нарезание резьбы после ХТО.	1В340Ф30
10	Токарна з ЧПК	Полная токарная обработка детали с левого торца	1В340Ф30

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
15	Сверлувальна	Сверление двух отв. $\varnothing 7,9$ мм	2Н125
20	Хіміко-термічна	Насичення вуглецем поверхні діаметром 16 мм, загартування, обробка холодом	
25	Слюсарна	Полірування конічних поверхонь з двох сторін деталі	Верстак
30	Токарна з ЧПК	Чистове точіння взаємозв'язаних поверхонь та різьблення з правого торця	16Б16Т1
35	Електроерозійна	Прошивання двох отворів $\varnothing 2,4$ мм	4Д722А
40	Круглошліфувальна	Шліфування поверхні $\varnothing 25_{-0,052}$ мм	3М151
45	Хонінгувальна	Шліфування поверхні $\varnothing 16С9$ мм	3Б82
50	Маркувальна	Маркувати позначення деталі	
55	Контрольна	Комплексний контроль деталі	

#### 2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки

Припуски на механічну обробку значною мірою впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску сполучене зі збільшенням машинного часу на чорнову обробку, як у випадку виконання додаткових обдирних проходів, так і за рахунок зниження режимів різання у випадку значної глибини різання. При цьому підвищується витрата різального інструменту й загальні витрати на експлуатацію робочого місця.

Мінімальні припуски на механічну обробку визначаємо розрахунково-аналітичним методом, що рекомендується в довіднику [15]. При цьому, загальний припуск повинен бути погоджений із припуском, призначеним при проектуванні заготовлі з використанням відповідного нормативно-технічного документа. У випадку перевищення розрахованого припуску над нормативним коректується розмір заготовлі.

Припуски на основну масу оброблюваних поверхонь призначаємо статистичним (табличним) методом. У цьому випадку загальний припуск приймаємо рівним припуску, призначеному на заготовлю, а припуски на обробку, що впливає за чорною, по таблицях, наведеним у довідковій літературі.

Розрахунок міжопераційних розмірів і граничних припусків на механічну обробку представлений у табличному виді.

Для оброблюваних поверхонь деталі «Клапан», приклад розрахунку мінімального припуску виконаємо для зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 25h9 мм.

Мінімальна величина припуску при обробці циліндричних поверхонь визначається по формулі [21]:

$$2Z_{i \min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2}], \quad (2.4)$$

де  $Rz$  та  $h$  – параметр шорсткості й глибина дефектного шару, що характеризують умови попереднього технологічного переходу (заготівку), мкм;

$\Delta_{\Sigma}$  - сумарна величина просторових відхилень після виконання попереднього технологічного переходу, мкм;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення деталі в пристосуванні на виконуваному технологічному переході, мкм.

Визначимо значення параметрів, що входять у формулу 2.4, і виконаємо розрахунок міжопераційних розмірів відповідно до загальноприйнятої методики

Враховуємо, що дана поверхня попередньо обробляється на першій операції й штучна заготівля із сортового прокату встановлюється в трьохкулачковому самоцентруючому патроні по неопрацьованій шестигранній поверхні (діаметр уписаної окружності 36 мм).

Вважаємо, що при обробці конструкційної легированої сталі й прийнятої точності заготівлі, досягти необхідних характеристик поверхні можна за два технологічних переходи. Чорнове розточування забезпечить 12 квалітет розміру ( $T=0,21$  мм) і параметр шорсткості  $Ra$  12,5 мкм. Шліфування забезпечить 9 квалітет розміру ( $T=0,052$  мм) і параметр шорсткості  $Ra$  1,6 мкм.

Особливістю обробки даної деталі є виконання ХТО до проведення шліфування. Жолоблення деталі після термообробки повинне бути враховане шляхом збільшення припуску на шліфування. З іншого боку, після термічної обробки на поверхні деталі відсутній дефектний шар, що враховується параметром  $h$ . Для обліку цих факторів у метод обробки поверхні включений відповідний перехід.

Оскільки високу твердість після загартування повинна мати тільки внутрішня поверхня, а зовнішні поверхні зв'язані досить жорстким допуском взаємного розташування й тому обробляються після ХТО, необхідно передбачити додатковий припуск на

дану поверхню, величина якого не менш глибини цементаційного шару. Тому, у розрахунковій формулі для цього переходу він враховується як глибина дефектного шару 0,8 мм.

Величина просторових відхилень поверхонь сортового прокату приблизно визначимо по формулі:

$$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = l \cdot \Delta_{\text{до}} = 85 \cdot 0,5 = 43 \text{ (мкм)}, \quad (2.5)$$

де  $l$  - довжина заготівлі, мм;

$\Delta_{\text{до}}$  – питома кривизна заготівлі, мкм/мм. Для сортового прокату звичайної точності прокатки без виправлення при довжині прокату до 120 мм приймається 0,5 мкм/мм [15. табл.4 с.180]

Місцеве відхилення вісі деталі від прямолінійності (кривизну) після термообробки приблизно визначимо по формулі:

$$\Delta_{\Sigma} = l \cdot \Delta_{\text{кр}} = 81,4 \cdot 1,3 = 106 \text{ (мкм)}, \quad (2.6)$$

де  $l$  - довжина заготівлі, мм;

$\Delta_{\text{кр}}$  – питома кривизна заготівлі, мкм/мм. Для сортового прокату після термообробки в пічах без виправлення на пресах при діаметрі прокату 30-50 мм приймається 1,3 мкм/мм [15. табл.4 с.181]

Похибка встановлення прутка в радіальному напрямку при базуванні в трьохкулачковому патроні по неопрацьованій поверхні становить 280 мкм [15.табл.13 с.42]. Чистова обробка виконується на базі двох внутрішніх конічних поверхонь, одна йз яких оброблялася з однієї установки із заданою поверхнею, тобто совісна з нею. Друга оброблялася на іншій операції після базування в трьохкулачковому самоцентруючому патроні по чистій базі діаметром 35 мм. При цьому, похибка встановлення склала 50 мкм [15.] Частина цієї похибки (25 мкм) враховуємо як похибку встановлення при чистовій обробці даної поверхні.

Розрахунок мінімальних припусків виконуємо по формулі 2,8. Розрахункові розміри визначаються, починаючи з мінімального розміру поверхні по робочому кресленню. Міжопераційні розміри визначені з урахуванням призначеного допуску. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Метод обробки поверхні	Елементи припуски, мкм				Припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
	Rz	h	$\Delta_{\Sigma}$	$\varepsilon_y$				$d_{min}$	$d_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
Зовнішня циліндр. $\varnothing 25h9 (-0,033)$ мм											
Заготівка	160	250	43	-		27,716	340	35,66*	36,00*		
Точіння попер.	63	60	-	280	1387	26,329	160	26,34	26,50	9,320	9,500
ХТО	63	800	106	-	-						
Точіння	25	-	106	64	1050	25,279	100	25,3	25,4	1,040	1,100
Шліфування	6,3	-	6	25	312	24,967	33	24,967	25,000	0,333	0,400

Примітка \* Розміри прийняті за розмірами шестикутного проката

Перевірка правильності обчислень по формулі 2.11:

$$(9,500+1,100+0,400) - (9,320+1,040+0,333) = 11,000-10,693 = 0,307 \text{ (мм)}$$

$$0,340 - 0,033 = 0,307 \text{ (мм)}$$

З огляду на прийняту раніше форму й розміри заготівлі, необхідно уточнити максимальний припуск на чорнове точіння. Оскільки описаний діаметр заготівлі дорівнює 41,6 мм, максимальний припуск складе 15,51 мм. Ця величина буде прийнята при призначенні режимів різання на чорнове точіння.

Розрахунок міжопераційних розмірів на обробку інших поверхонь клапана зведений у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 Міжопераційні розміри оброблювані поверхні деталі «Клапан»

Метод обробки поверхні	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
				$D_{min}$	$D_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Внутрішня циліндрична $\varnothing 16C9 (+0,138 / +0,095)$ мм							
Свердлування		15,278	270	15,00	15,27		
Розточування	0,8	16,078	110	15,96	16,07	0,80	0,96
Хонінгування	0,06	16,138	43	16,095	16,138	0,068	0,135
Торцеві, зв'язані розміром $81,4 \pm 0,7$ мм							
Заготівка		83,7	2200	83,8	86,0		
Точіння лівого торця	1,5	82,2	1800	82,2	84,0	1,6	2,0
Точіння правого торця	1,5	80,7	1400	80,7	82,1	1,5	1,9

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Внутрішня M20x1,5-6H</b>							
Сверлування		17,27	520	16,80*	17,32*		
Розточування	1,4*	18,67	300	18,38	18,68	1,36	1,58
Примітка: *Рекомендований припуск на розточування просвердленого отвору (0,8 мм) збільшений до 1,4 мм в зв'язку з необхідністю забезпечити діаметр 16,8 мм для обробки ступеневого отвору							
<b>Зовнішня циліндрична <math>\varnothing 35h14 (-0,25)</math> мм</b>							
Заготівка		35,65	340	35,66	36,00		
Точіння	0,9	34,75	250	34,75	35,00	0,91	1,00
Примітка: Враховуючи, що описаний діаметр шестикутника 41,6 мм, максимально можливий припуск становитиме не 1,0 мм, а 7,6 мм, т.е. глибина різання при обробці цієї поверхні періодично змінюється від 0, 5мм до 3,8 мм.							
<b>Зовнішня M30x1,5-6h</b>							
Заготівка		35,664	340	35,66	36,00		
Точіння	5,9	29,764	236	29,764	30,000	5,896	6,000
Примітка: Враховуючи, що описаний діаметр шестикутника 41,6 мм, максимально можливий припуск становитиме не 6,0 мм, а 11,6 мм, т.е. глибина різання при обробці цієї поверхні періодично змінюється від 3 мм до 5,8 мм.							

2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу виготовлення деталі

Основна мета детальної розробки технологічної операції - розробка технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічне й метрологічне оснащення, трудовитратах. Вихідними даними, що визначають послідовність операцій і їхнє призначення, є технологічний маршрут виготовлення деталі, наведений у таблиці 2.5. Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку міжопераційних припусків і розмірів, які наведені в таблиці 2.6, 2.7.

Виготовлення деталі «Клапан» передбачає 10 технологічних операцій Докладну ілюстрацію детальної розробки й розрахунку технічної норми часу виконаємо для першої операції. Результати технологічного проектування для інших операцій наведені в таблиці 2.8

## Операція 05, Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарно-револьверному верстаті 1В340Ф30, оснащеному оперативною СЧПК «Електроніка НЦ-31», восьмипозиційною револьверною голівкою (РГ) з вертикальною віссю обертання й поперековим супортом.

Заготівля базується в трьохкулачковому клиновому самоцентруючому патроні 7102-0077 -1-1В ГОСТ 24351-80 по зовнішній поверхні шестикутника діаметром 36 мм і правому торцю (при перезакріпленні прутка упор установлений у восьмій позиції РГ).

Операція включає сім інструментальних переходів:

1. Точіння правого торця й попереднє точіння по програмі зовнішніх поверхонь;
2. Свердління отвору діаметром 15 мм на довжину 47 мм;
3. Цекування пов. діаметром 9,5 мм і торця отв. діаметром 15 мм;
4. Точіння канавки шириною 1,1 мм; діаметром 16,9 мм
5. Точіння канавки шириною 7 мм діаметром 17,5 мм..
6. Розточування отвору діаметром 16 мм і конічної поверхні.

З поперекового супорта здійснюється відрізання заготівлі довжиною 84 мм.

Стисла характеристика верстата:

1. Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	40
2. Найбільші розміри встановлюваного виробу, мм	
над станиною	400
над поперековим супортом	220
3. Найбільша довжина прутка, мм	2000
4. Діаметр отвору шпинделя, мм	63
5. Число позицій револьверної голівки	8
6. Діаметр отвору в РГ для кріплення інструмента, мм	50
7. Частота обертання шпинделя, об/хв	
верхній діапазон	355;450;560;710; 1000;1250;1600;2000
нижній діапазон	45;56;71;90;112; 140;180;224;280
8. Подача, мм/хв (б/с)	
поздовжня	1-2500
поперекова	1-2500
9. Кількість поперекових супортів	1
10. Потужність електродвигуна головного руху, кВт	6,0/6,2



Розрахунок режимів різання при точінні зовнішніх поверхонь, що здійснюється на першому інструментальному переході, виконаємо за методикою, яка наведена в [11].

Для точіння застосовується прохідний-підрізний різець 2102-0296 ГОСТ 21151-75 зі змінною багатогранною пластиною за ГОСТ 19045-80 із твердого сплаву Т15К6. Він встановлюється в різцетимачі із циліндричним хвостовиком діаметром 50 мм 191711006 ОСТ2 В16-2-78 в першу позицію РГ. Обробка здійснюється з охолодженням 2-5% емульсією НГЛ-205.

По таблиці 26 с.237 визначається табличне (матричне) значення чорнової подачі на оберт деталі ( $S_{Om}$ ) у залежності від діаметра оброблюваної поверхні, глибини різання й перетину державки різця. Оскільки максимально можлива глибина різання (з урахуванням шестигранника) дорівнює 3,3 мм, а перетин державки різця 20x20 мм, приймається  $S_{Om}=0,35$  мм/об.

Табличне значення подачі уточнюється з використанням поправочних коефіцієнтів з таблиці 30 (с. 239) по формулі:

$$S_0 = S_{Om} \cdot K_S = S_{Om} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{S3} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} = 0,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,17 \text{ мм/об} \quad (2.7)$$

де  $S_{Om}$  - матричне значення подачі, мм/об;

$K_{Sn}$  - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні (без кірки  $K_{Sn}=1$ );

$K_{Su}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента (твердий сплав  $K_{Su}=1$ );

$K_{S\phi}$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні (враховує точіння фасонної поверхні, тому  $K_{S\phi}=1$ );

$K_{S3}$  - коефіцієнт, що враховує вплив загартування (твердість оброблюваного матеріалу нижче 44HRC, тому  $K_{S3}=1$ );

$K_{Sж}$  - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи (діаметр заготівлі 42 мм, тому  $K_{Sж}=0,6$ );

$K_{SM}$  - коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу ( $K_{SM}=0,75$ ).

Розрахована подача може бути забезпечена приводом верстата, оскільки в ньому застосовується безступеневе регулювання подач.

Визначається табличне значення швидкості різання для сплавів V групи ( $V_T$ ) залежно від уточненого значення подачі й глибини різання. Після інтерполяції дані таблиці 36 приймаємо  $V_T=240$  м/хв.

Табличне значення швидкості різання уточнюється залежно від умов, що змінюються, обробки (таблиця 37) по формулі:

$$V = V_T \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vo} = 240 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 0,56 \cdot 1 \cdot 1 = 87,1 \text{ м/хв} \quad (2.8)$$

де  $K_{Vm}$  - коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу заготовки ( $K_{Vm}=0,8$ );

$K_{Vu}$  - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструмента (для твердого сплаву Т15К6  $K_{Vu}=1,0$ );

$K_{V\phi}$  - коефіцієнт, що враховує вплив кута різця в плані (для використовуваного різця головний кут у плані дорівнює  $93^\circ$ , отже,  $K_{V\phi}=0,81$ );

$K_{Vm}$  - коефіцієнт, що враховує вид обробки (поздовжнє точіння  $K_{Vm}=1$ );

$K_{Vж}$  - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної схеми (при обробці заготовки діаметром 35 мм  $K_{Vж}=0,56$ );

$K_{Vn}$  - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні (при обробці поверхні заготовки без кірки  $K_{Vn}=1$ );

$K_{Vo}$  - коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР (наявність охолодження  $K_{Vo}=1$ ).

Розраховується частота обертання шпинделя верстата ( $n$ ), що забезпечує необхідну швидкість різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,1}{3,14 \cdot 41,6} = 666,8 \text{ м/хв} \quad (2.9)$$

де  $V$  - рекомендована швидкість різання визначена по формулі 6.2, м/хв;

$D_c$  – максимальний діаметр поверхні, що контактує з різцем, мм.

Розрахункове значення  $n$  порівнюється з паспортними даними верстата. Для подальших розрахунків приймається найближче менше значення з ряду частот обертання шпинделя. Допускається збільшене значення частоти обертання, якщо воно не перевищує 5% розрахункового. Призначаємо найближче значення частоти з верхнього діапазону  $n=560$  об/хв. Тоді подача інструмента, розрахована по формулі 6.1 складе 95,2 мм/хв.

Зміст і технологічне оснащення інших інструментальних переходів даної операції наведено в таблиці 2.8, а режими різання - в 2.9.

Таблиця 2.8

Технологічне оснащення операції 05

Поз. РГ	Зміст інструментального переходу	Ріжущий інструмент	Допоміжний інструмент
1	2	3	4
1	Точити торець, зовнішню поверхню $\varnothing 35_{-0,62}$ мм	Різець 2102-0296 ГОСТ 21151-75	Різецьтримач 191711146 ОСТ2 У16-2-78
2	Свердлувати отвір $\varnothing 15^{+0,27}$ мм	Свердел 035-2301-1012 ОСТ 2И20-2-80	Втулка перехідна 191831207 ОСТ 2У 16-2-78
3	Цекувати пов. $\varnothing 9,5^{+0,36}$ мм на глибину 4 мм	Цековка спеціальна	Втулка перехідна 191831207 ОСТ 2У 16-2-78

Продовження таблиці 2.8

3	Цекувати пов. $\varnothing 9,5^{+0,36}$ мм на глибину 4 мм	Цековка спеціальна	Втулка перехідна 191831207 ОСТ 2У 16-2-78
4	Точити канавку $\varnothing 16,9^{+0,43}$ шириною $1,1^{+0,1}$ мм	Різець круглий спеціальний	Втулка перехідна 191746004 Втулка розтискна 1918521003 ОСТ 2У 16-2-78
5	Точити канавку $\varnothing 17,5^{+0,43}$ шириною $7^{+1,4}$ мм	Різець 2140-0503 ГОСТ 18882-73	Різецьтримач 191711166 ОСТ2 У16-2-78
6	Росточити отв. $\varnothing 15,96^{+0,11}$ мм, конус кутом $15^\circ$	Різець К2.567.000-03 ВНИИи	Втулка перехідна 191746004 Втулка розтискна 1918521003 ОСТ 2У 16-2-78

Таблиця 2.9 Характеристика робочих рухів на операції 05

Позиція РГ	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/хв	T <sub>рх</sub> , хв	T <sub>хх</sub> , хв
1	73,1	560	95,2	0,95	0,1
2	21,2	450	45	1,04	0,1
3	37,3	1250	62,5	0,07	0,1
4	29,7	560	11,2	0,05	0,1
5	39	710	21,3	0,08	0,1
6	50,2	1000	30	1,33	0,1
Поперековий супорт	46,8	355	10,6	1,98	0,1
Всього, хв				5,5	0,7

Розрахунок технічної норми часу на верстатну операцію виконується по формулі:

$$T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot \left[ 1 + \frac{(a_{обс} + a_{отл})}{100} \right], \quad (2.10)$$

де  $T_o$  – основний (машинний) час, хв;

$T_d$  – допоміжний час, що складається із часу на установку й зняття деталі, часу, пов'язаного з переходом, часу на виміри, зміну інструмента й зміну режимів різання, хв;

$a_{обс}$  – час на обслуговування робочого місця, % від оперативного ( $T_o + T_d$ );

$a_{отл}$  – час на відпочинок і особисті потреби, % від оперативного ( $T_o + T_d$ ).

Особливістю нормування операцій механічної обробки на верстатах зі ЧПК є те що основний час і час, пов'язане з переходом, становлять єдину величину  $T_a$  – час автоматичної роботи верстата по програмі, що включає по суті як основне, так і допоміжний час. Це видно з формули:

$$T_a = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{x\beta}} + T_{вха} + T_{ост}, \quad (2.11)$$

де  $L_i$  – довжина шляху, який проходить інструмент або деталь в напрямку подачі при обробці  $i$ -го технологічної ділянки, мм;

$S_{x\beta}$  – хвилинна подача на  $i$ -тій технологічній ділянці, мм/хв;

$n$  - число технологічних ділянок;

$T_{вха}$  – час на виконання автоматичних допоміжних ходів, хв;

$T_{зуп}$  – час технологічних пауз, хв.

Час допоміжної роботи, що не перекривається часом автоматичної роботи верстата, включає: час на встановлення й зняття деталі ( $t_{уст}$ ); час, що пов'язаний з виконанням операції ( $t_{вон}$ ); неперекритий час на контрольні виміри деталі ( $t_{контр}$ ). Цей час коректується поправочним коефіцієнтом ( $k_{сер}$ ), що залежить від серійності виробництва і визначається по формулі:

$$k_{сер} = 4,17[(T_a + T_b) \cdot n + T_{пз}]^{-0,216}, \quad (2.12)$$

де  $n$  – розмір партії деталей, шт;

$T_{пз}$  – підготовчо-заклучний час, обумовлений як сума часу на організаційну підготовку робочого місця, встановлення, підготовку й зняття пристроїв; налагодження верстата й інструмента; пробний прохід по програмі.

В цьому випадку формула 6.5 набуває вигляду:

$$T_{ш} = (T_a + T_b \cdot k_{сер}) \cdot \left[ 1 + \frac{(a_{одс} + a_{отл})}{100} \right] \quad (2.13)$$

Тоді штучно-калькуляційний час на виготовлення однієї деталі розраховується по формулі:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.14)$$

Структурної складові технічної норми часу проектованої операції визначені по [10] і результати розрахунку штучно-калькуляційного часу на виготовлення однієї деталі наведені в таблиці 2.2.

Підготовчо-заклучний час визначається як сума часу на налагодження верстата, що залежить від способу установлення деталі й кількості інструментів, що беруть участь в операції, часі, затраченого у випадках роботи з яким-небудь додатковим, що нерегулярно зустрічається в роботі пристосуванням або пристроєм, передбаченим технологічним процесом на операцію, і часу на пробну обробку деталі. Для даної операції

воно становить 52 хв і враховує наступні види витрат

- організаційна підготовка середньої складності із сімома інструментами в налагодженні - 22,4 хв;
- встановити й зняти інструмент у різцетримач-  $7 \times 1 = 7$  хв;
- установити й зняти інструмент у револьверну голівку -  $7 \times 0,4 = 2,8$  хв;
- набрати програму на пульті керування - 8 хв;
- розточити кулачки патрона - 4,5 хв;
- виготовлення пробної деталі - 7,3 хв

Таблиця 2.10

Структурні складові норми часу		Значення, хв	
$T_a$	Час автоматичної роботи верстата по програмі	5,6+0,6	
$T_b$	Допоміжний час на подачу прутка	0,26	
	Допоміжний час, що пов'язаний з переходами	0,76	
	в тому числі		
	установче переміщення поперекового супорта	0,08	
	поворот револьверно голівки на шість позицій	6x0,08	
	відкрити та закрити загороджувальний щиток	0,05	
	вивести в ІС та запустити програму з пульту	0,15	
	Допоміжний час на контрольні виміри	0,95	
	Час, що перекривається	в тому числі:	
		вимірювання штангенциркулем	
		розмір 35 мм	0,08
лінійні розміри 65, 1, 48, 44 мм		3x0,08	
37 мм		0,2	
	контроль шаблонами двох канавок	2x0,20	
	контроль шаблоном фаски	0,3	
$T_{оп}$	Оперативний час (6,21+1,02)	7,22	
$T_{пз}$	Підготовчо-заключний час	52	
$k_{сер}$	Коефіцієнт серійності (ф.6.6)	0,99	
$T_{орг}$	Час на обслуговування робочого місця, 3,5% от $T_{оп}$	0,25	
$T_{отп}$	Час на відпочинок і особисті потреби 4% от $T_{оп}$	7,75	
$T_{шт}$	Штучний час на виконання операції (ф.6.7)	8,28	
$T_{шк}$	Штучно-калькуляційний час (ф.6.8)	8,81	

Таблиця 2.11 Технологічна характеристика операцій по виготовленню деталі «Клапан»

Операція 05, Токарна з ЧПК					
Модель верстата	Пристрій	$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв
1В340Ф30	Патрон 7102-0077-1-1В ГОСТ 24351-80	6,3	1,02	52	8,81
Операція 10, Токарна з ЧПК					
Модель верстата	Пристрій	$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв
1В340Ф30	Патрон 7102-0077-1-1В ГОСТ 24351-80	1,96	0,37	42	2,92
Зміст переходу		Ріжучий інструмент		Допоміжний інструмент	
1. Точити торець, зовнішню поверхню $\varnothing 35_{-0,62}$ мм		Різець 2102-0296 ГОСТ 21151-75		Різдтримач 191711146 ОСТ2 У16-2-78	
2. Свердлити отв. $\varnothing 16,8^{+0,43}$ мм		Свердло 035-2301-1045 ОСТ 2И20-2-80		Втулка 191831207 ОСТ 2У 16-2-78	
3. Розточити отв. під різблення $\varnothing 18,38^{+0,3}$ мм, конус кутом $15^\circ$		Різець К2.567.000-03 ВНИИи		Втулка 191746004 Втулка розтискна 1918521003 ОСТ 2У 16-2-78	
4. Точити зарізьбову канавку $\varnothing 20,5^{+0,62}$ мм шириною $6 \pm 0,24$ мм		Різець 2141-0005 ГОСТ 18883-73		Різдтримач 191711146 ОСТ2 У16-2-78	
5. Точити різблення М20х1,5-6Н		Різець ГОСТ 18885-73 тип2 Пластина 11150 ГОСТ 25398-82		Різдтримач 191711166 ОСТ2 У16-2-78	
6. Свердлити отв. $\varnothing 2,3^{+0,1}$ мм		Свердло 2300-0146 ГОСТ 10902-77		Втулка 191831207 ОСТ 2У 16-2-78 Патрон К2.475.000-01 ТУ2 035-489-76	
7. Розгорнути отвір $\varnothing 2,5^{+0,025}$ мм		Розгортка ГОСТ 1672-80		Втулка 191831207 ОСТ 2У 16-2-78 Патрон К2.475.000-01 ТУ2 035-489-7	
8. Зенкувати конус $110^\circ$		Зенковка 2353-0142 ГОСТ 14953-80		Втулка 191831207 ОСТ 2У 16-2-78	

Продовження таблиці 2.11

Операція 15, Сверлувальна						
Модель верстата	Пристрій		$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
			хв	хв	хв	хв
2Н125	Кондуктор 7300-0276 ГОСТ 16887-711		0,48	0,3	19	1,07
Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу			Ріжучий інструмент		Допоміжний інструмент	
1. Свердлити під кутом $90^\circ$ два отвори $\varnothing 7,9$ мм			Свердло 035-2300-1252 ОСТ2 И20-1-80		Патрон К2.475.000-01 ТУ2 035-489-76	
Характеристика переходу						
Перехід	$t$ , мм	$S$ , мм/хв	$V$ , м/хв	$n$ , об/хв	$T_o$ , хв	$T_e$ , хв
1	3,95	0,17	23,6	950	0,09	0,15
2	3,95	0,17	23,6	950	0,09	0,15
Операція 25, Слюсарна						
Модель верстата	Пристрій		$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
			хв	хв	хв	хв
Верстак	Тиски 7200-0222 ГОСТ 14904-80		0,24	0,1	15	0,52
Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу			Ріжучий інструмент		Допоміжний інструмент	
1. Полірувати конічну пов. $\varnothing 21,3^{+0,13}$ , $\alpha=15$			Головка шліфувальна DW 25x10 6С 5В3 ГОСТ 2447-82		Машинка ручна ГОСТ 12633-79	
Операція 30, Токарна з ЧПК						
Модель верстата	Пристрій		$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
			хв	хв	хв	хв
16Б16Т1	Центр 7032-0036 ГОСТ 13214-70(2) Поводок 7107-0066 ГОСТ 16488-70		2,73	0,35	37	3,68
Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу			Ріжучий інструмент		Допоміжний інструмент	
1. Точити пов. $\varnothing 30_{-0,236}$ , $\varnothing 25,4_{-0,1}$ мм			Різець 2102-0295 ГОСТ 21151-75		-	
2. Точити дві канавки 3,2 і 5 мм			Різець К.01.4525.000 ВНИИи (2,8)		-	
3. Точити фасону пов $\varnothing 22$ мм			Різець 2101-0763 ГОСТ 20872-80		-	
4. Точити різблення М30x1,5-6Н			Різець К.01.4526 ВНИИи		-	

Продовження таблиці 2.11

Операція 35, Електроерозійна					
Модель верстата	Пристрій	$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв
4К721АФ1	Пристрій спеціальний	5,1	1,02	39	6,52
Зміст та оснащення операції					
Зміст переходу		Інструмент			
1. Прошити 2 отв. $\varnothing 2,4^{+0,25}$ мм		Круг 2,4 ГОСТ 1535-71 / М1 ГОСТ 859-78-			
Операція 40, Круглошліфувальна					
Модель верстата	Пристрій	$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв
3М151	Центр 7032-0036 ГОСТ 13214-70 (2) Поводок 7107-0066 ГОСТ 16488-70	0,69	0,5	65	2,94
Зміст та оснащення операції					
Зміст переходу		Ріжучий інструмент		Допоміжний інструмент	
1. Шлифувати пов. $\varnothing 25_{-0,052}$ мм		Круг ПП 600x20x305 24А 40 С1 К8 ГОСТ 2424-83		-	
Операція 45, Хонінгувальна					
Модель верстата	Пристрій	$T_o$	$T_e$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв
3Б82	Пристрій спеціальний	0,72	0,45	40	1,68
Зміст та оснащення операції					
Зміст переходу		Ріжучий інструмент		Допоміжний інструмент	
1. Хонінгувати пов $\varnothing 16,095^{+0,043}$ мм		Брусок 63/50 АС4 ГОСТ 25594-83		Головка хонінгувальна	



### 3 Спеціальний розділ

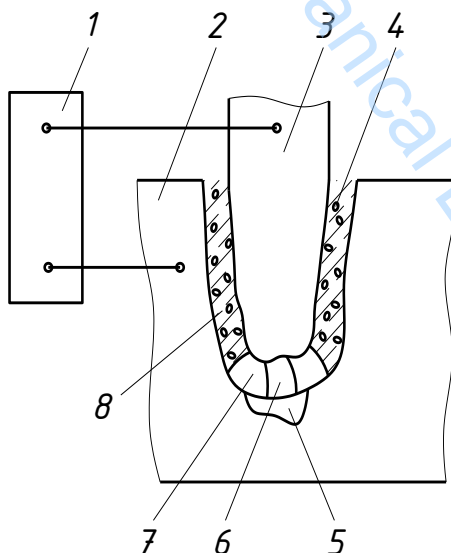
#### 3.1 Застосування електроерозійної обробки при виготовленні деталі «Клапан»

Руйнування поверхневих шарів матеріалу під впливом зовнішнього впливу електричних розрядів називається електричною ерозією. На цьому явищі заснований принцип електроерозійної обробки (ЕЕО).

Електроерозійна обробка полягає в зміні форми, розмірів, шорсткості й властивостей поверхні заготовки під впливом електричних розрядів у результаті електричної ерозії (ГОСТ 25331-82).

Під впливом високих температур в зоні розряду відбуваються нагрівши, розплавлення й частковий випар металу. Для одержання високих температур у зоні розряду необхідна більша концентрація енергії. Для досягнення цієї мети використовується генератор імпульсів (ГІ). Процес ЕЕО відбувається в робочій рідині (РР), що заповнює простір між електродами (МЕП); при цьому один з електродів - заготовка, а інший - електрод-інструмент (ЕІ).

Під впливом сил, що виникають у каналі розряду, рідкий і пароподібний матеріал викидається із зони розряду в РР, що оточує його, і застигає в ній з утворенням окремих часток. У місці дії імпульсу струму на поверхні електродів з'являються лунки. У такий спосіб здійснюється електрична ерозія струмопровідного матеріалу. Схема процесу утворення однієї ерозійної лунки від впливу одного імпульсу струму представлена на рисунку 4.1.



1 – ГІ; 2 – заготівка; 3 – ЕІ; 4 – краплі розплавленого металу;  
5 - ерозійна лунка; 6 – плазменний канал розряду; 7 – газовий міхур; 8 - РР

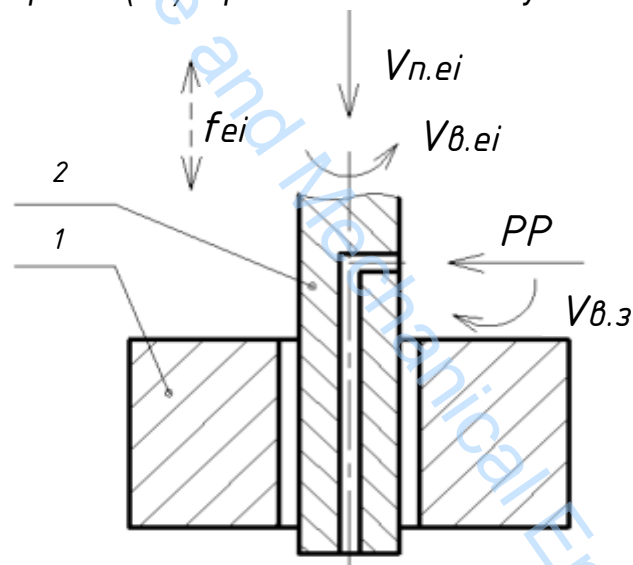
Рисунок 4.1 – Схема процесу ЕЕО

По технологічних ознаках встановлюються наступні види ЕЕО: відрізка, об'ємне копіювання, вирізання, прошивання, шліфування, доведення, маркірування й електроерозійне зміцнення.

Електроерозійне прошивання (ЕЕПр) застосовують для одержання вікон і щілин у важкооброблюваних матеріалах. Обробку роблять прямим копіюванням у ванні з робочою рідиною з одночасним прокачуванням її через електрод-інструмент (ЕІ) або без прокачування; для стабілізації процесу обробка провадиться з вібрацією ЕІ; також можлива обробка груповими ЕІ.

На рисунку 3.2 представлена кінематична схема обробки при ЕЕПр. Подача ЕІ 2 у напрямку на заготовку 1 здійснюється зі швидкістю  $V_{п.еі}$ , обертання ЕІ й заготовки зі швидкостями  $V_{в.еі}$  й  $V_{в.з}$  і вібрація ЕІ із частотою  $f_{еі}$ .

При ЕЕО прошивають отвори на глибину до 20 діаметрів з використанням стрижневого ЕІ й до 40 діаметрів - трубчастого ЕІ. Глибина отвору, що прошивається, може бути значно збільшена, якщо обертати ЕІ, оброблювану заготовку або те й інше з одночасним прокачуванням робочої рідини (РР) через ЕІ або з відсмоктуванням її із зони обробки.



1 - заготовка; 2 - ЕІ

Рисунок 4.2 - Кінематична схема прошивання

Залежно від вимог до точності розмірів отворів вибирається режим обробки. Якщо ці вимоги не жорсткі, то обробку проводять на високопродуктивних чорнових режимах одним ЕІ. Визначимо й обґрунтуємо режими ЕЕО при прошиванні отвору діаметром 3,2 мм у деталі «Корпус». При обробці вуглецевих, інструментальних сталей і жароміцних сплавів на нікелевій основі використовують графітові й мідні ЕІ. Застосуємо ЕІ з міді. Процес здійснюється в РР - суміші гас-масло індустріальне І12А в відношенні 1:1.

Умовно режими ЕЕО можна розділити на чорновий, чистовий і оздоблювальний. Найбільш продуктивний режим - чорновий. У таблиці 3.1 представлені частотні характеристики і якість поверхонь при різних режимах ЕЕО.

Таблиця 3.1

Режим	Потужність ГИ, кВт	$\tau_u$ , мкс	$f$ , Гц	$Q$ , мм <sup>3</sup> /хв	$Rz$ , мкм
Чорновий	3-30	10000-100	50-3000	30000-40	320-80
Чистовий	0,3-5	500-20	1000-10000	200-30	40-20
Оздоблювальний	1	не менше 20	не більше 3000	20	2,5-0,63

Тому що до прошитого отвору не пред'являються підвищені вимоги до якості поверхні ( $Ra_{12,5}$  мкм), то відповідно до таблиці 3.1 вибираємо чорновий режим ЕЕО.

Попередньо призначаємо продуктивність процесу ( $Q$ ) 40 мм<sup>3</sup>/хв, орієнтуючись на час видалення об'єму матеріалу в 100 мм<sup>3</sup> (обсяг циліндра діаметром 3,2 мм і довжиною 13 мм) за 2,5 хвилини.

Використовуючи графік на рисунку 3.4, призначається частота імпульсів  $f = 2800$  Гц по кривій для середньої сили струму  $I_{cp} = 5$  А. Така сила струму забезпечить рекомендуєму щільність, струму ( $j$ ) 0,8-0,4 А/мм<sup>2</sup> для електрода діаметром 3 мм.

Згідно даним таблиці 3.1, призначаємо встановлену потужність генератора імпульсів в 10 кВт.

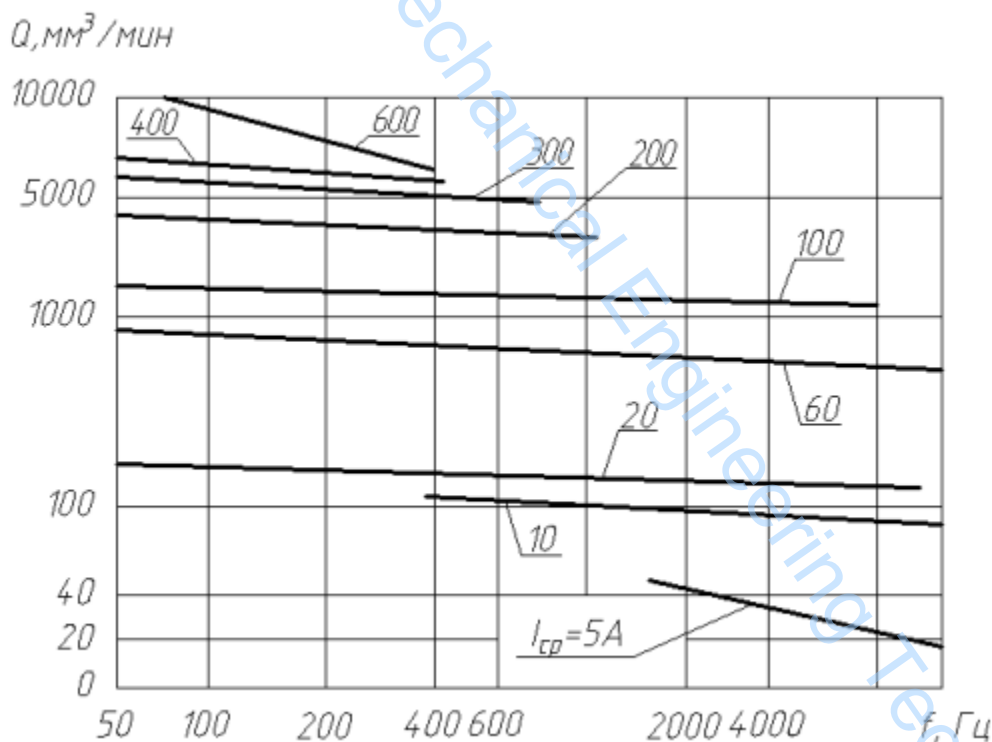


Рисунок 3.3 – Залежність продуктивності процесу від частотних характеристик

Потужність, реалізована в просторі між електродами, чисельно дорівнює добутку енергії імпульсів  $W_u$  на частоту їхнього проходження. Отже,

$$W_{ui} = \frac{P}{f} = \frac{10000}{2800} = 3,57 \text{ (Дж)} \quad (3.1)$$

Розрахунок технологічних характеристик ЕЕО:

1 - шорсткість поверхні  $Rz$ , мкм

$$Rz = \frac{\beta^2}{3} \cdot k_4 \cdot \sqrt[3]{W_u} = \frac{1,5^2}{3} \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{3,57} = 63 \text{ (мкм)} \quad (3.2)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт перекриття лунок, що характеризує ступінь накладення лунок один на одну (він чисельно дорівнює відношенню відстані між центрами цих лунок),  $\beta$  лежить у межах 1-2, для максимальної шорсткості  $\beta=1,2$ ;

$k_4$  – постійна величина, що не залежить від тривалості й енергії імпульсу (для конструкційних сталей лежить у межах  $5 \cdot 10^{-3}$  -  $6 \cdot 10^{-3}$  див/Дж).

2 - продуктивність обробки  $Q$ , мм<sup>3</sup>/хв

$$Q = k_5 \cdot f \cdot W_u \quad (3.3)$$

$$k_5 = \frac{\pi}{2} \cdot \rho_1 \cdot k_1^2 \cdot k_4^3 ; k_1 = \frac{r_l}{h_l} \quad (3.4)$$

де  $\rho_1$  – щільність матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$r_l$  – радіус лунки, м;

$h_l$  – глибина лунки, м ( $k_1=0,6$ ).

Таким чином, продуктивність обробки при обраних параметрах:

$$Q = 2800 \cdot 3,57 \cdot \frac{3,14}{2} \cdot 7850 \cdot 0,6^2 \cdot (5,5 \cdot 10^{-3})^3 = 7,38 \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{см}^3}{\text{с} \cdot \text{м}^3} \right) = 56,3 \text{ (мм}^3\text{/хв)}$$

Враховуючи геометрію отвору, об'єм видаленого металу визначається по формулі:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l = 3,2^2 \cdot 0,785 \cdot 12 = 96,5 \text{ (мм}^3\text{)} \quad (3.5)$$

Враховуючи вищеозначені частотні та геометричні характеристики, визначається основний машинний час на операцію:

$$T_o = \frac{V}{Q} = \frac{96,5}{56,3} = 1,7 \text{ (хв)} \quad (3.6)$$

Розраховані режими ЕЕО може забезпечити генератор імпульсів типу ШГІ-40-440М, яким оснащений електроерозійний копіювально-прошивний верстат моделі 4К721АФ1.

## Висновки

Запропонований проект технологічного процесу дозволяє максимально ефективно здійснити підготовку серійного виробництва деталі «Клапан» з річною програмою випуску 2475 штук.

Конструктивні особливості деталі не дозволили використати заготовку максимально приближену до готової деталі. Тому низький коефіцієнт використання матеріалу (0,22) цілком передбачуваний. Використання шестигранного прокату отивагуштмпванню підвищує поліпшує коефіцієнт викориснмтеіалу всього н4%, зате змнує вість рівно на 20%. До того ж, використання сортового прокату також дозволяє виключити з технологічного маршруту виготовлення деталі додаткову операцію - фрезерування шестикутника. За іншими показниками технологічність конструкції оцінюється як гарна.

Застосування електроерозійної обробки дозволило підвищити економічну ефективність і надійність операції по обробці двох вкрай нетехнологічних глибоких отворів діаметром 2,4 мм. Для обґрунтування доцільності прийнятого рішення в спеціальному розілі проведений аналіз продуктивності процесу електроерозійної обробки та оптиміація режимів.

## Список послань

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. -Минск.: Высшая школа, 1983.
2. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные «Допуски размеров и припуски на механическую обработку».
3. ГОСТ 8560-78 Сталь шестигранная калиброванная «Сортамент»
4. Кашук В.А., Верещагин А.Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988, 480 с.
5. Кодирование технологической информации: Справочное пособие/ Сост. С.Г.Пиньковский, В.Г.Олейниченко – Днепропетровск: НГУ, 2003.-24с.
6. Комплектность и правила заполнения бланков технологических документов: Методическое пособие для самостоятельной работы/ Сост. С.Г.Пиньковский, В.И.Холоша, Ю.Г.Кравченко – Днепропетровск: НГУ, 2004.-34с.
7. Кузнецов В.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ Справочник. – М.: Машиностроение, 1983, 359 с.
8. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г.Сорокина – М.: Машиностроение, 1989
9. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: Справочник / В.С.Самойлов, Э.Ф.Эйхманс, В.А.Фальковский и др. – М.: Машиностроение, 368 с.
10. Немилев Е.Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов. – Л.: Машиностроение, 1989.164с.
11. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. А.А.Панова. - М.: Машиностроение, 1988, 736 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ.- М.: Машиностроение. 1974.
13. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / Под ред. В.И.Баранчикова . - М.: Машиностроение, 1990, 399 с.
14. Руденко П.А., Харламов Ю.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев.: Вища школа, 1991
15. Справочное пособие по назначению операционных припусков на механическую обработку табличным методом / Сост.: С.Г. Пиньковский, Ю.Г.Кравченко, В.Г.Олейниченко – Днепропетровск: НГАУ, 2002.-15с.
16. Справочник технолога-машиностроителя 4-е изд. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. Т.1.
17. Справочник технолога-машиностроителя 4-е изд. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. Т.2.
18. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А.Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М.Колесов и др.- М.: Машиностроение, 1986, 480 с.

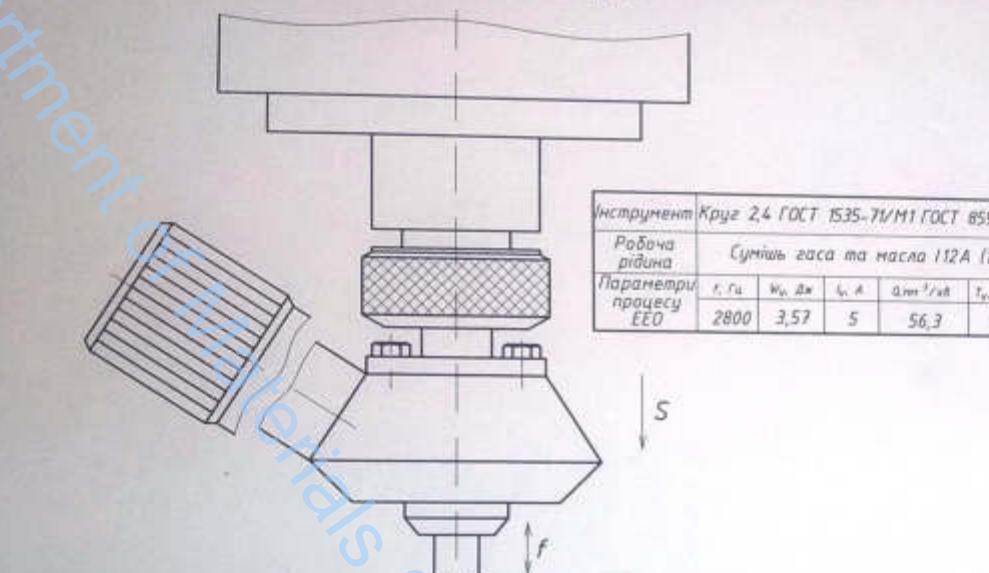


Department of Materials Science and Mechanical Engineering

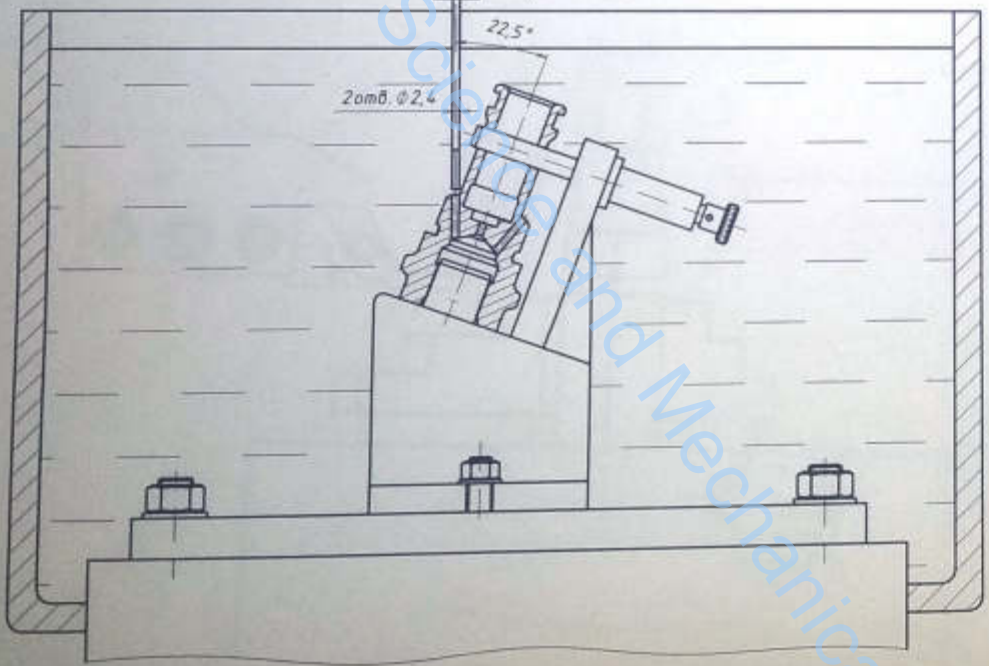
**Операція 35 Електроерозійна**  
Верстат 4К721АФ1

$T_0 = 4,4 \times 0,8$ ,  $T_0 = 0,69 \times 0,8$ ,  $T_{02} = 48 \times 0,8$ ,  $T_{03} = 6,28 \times 0,8$

ТММ.ОП/Б.20.07.03



Інструмент	Круг 24 ГОСТ 1535-71/М1 ГОСТ 859-78				
Робоча рідина	Суміш гаса та масла 1:2А (1:1)				
Параметри процесу ЕЕО	$v, \text{Гц}$	$W, \text{Дж}$	$f, \text{А}$	$Q, \text{л/хв}$	$T, \text{хв}$
	2800	3,57	5	56,3	1,7

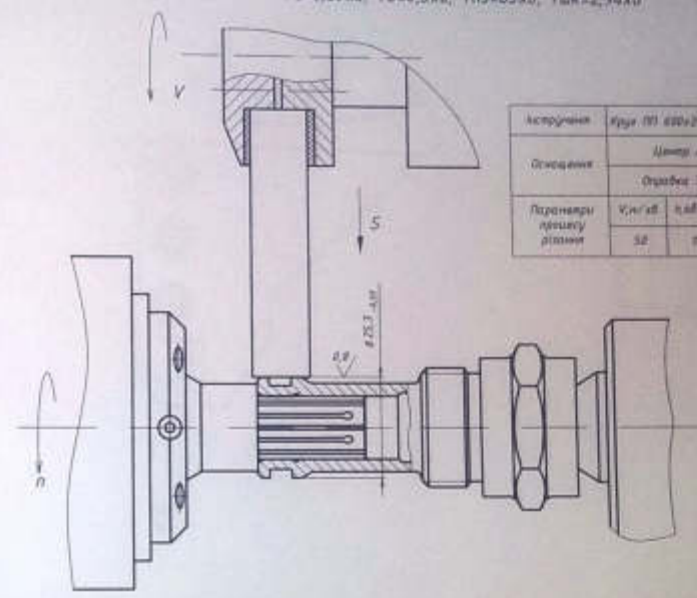


ТММ.ОП/Б.20.07.03		Назва операції		№ операції	
		електроерозійна №35			
№	Діаметр	Довжина	Маса	Висота	Точність
1	2,4	10	0,02	0,01	0,005
2	2,4	10	0,02	0,01	0,005
3	2,4	10	0,02	0,01	0,005
4	2,4	10	0,02	0,01	0,005
5	2,4	10	0,02	0,01	0,005

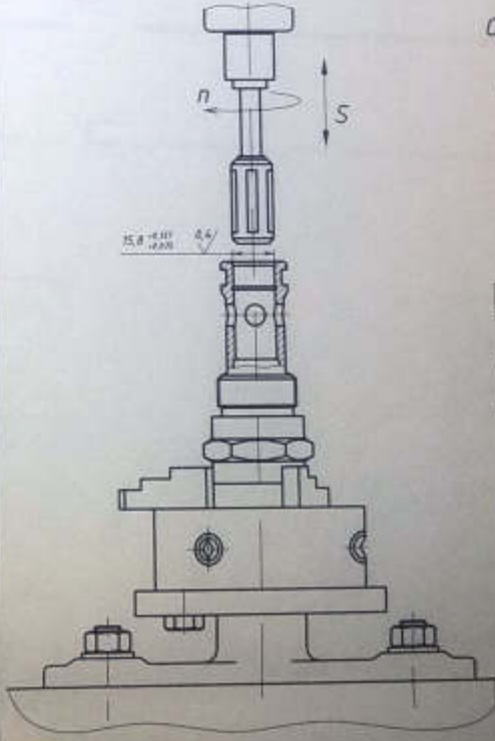
**Операція 40 Круглошліфувальна**  
Верстат 3М151

$T_0 = 0,69 \times 0,8$ ,  $T_0 = 0,5 \times 0,8$ ,  $T_{02} = 65 \times 0,8$ ,  $T_{03} = 2,94 \times 0,8$

ТММ.ОП/Б.20.07.04



Інструмент	Круг 10 600x20x20 2А 48 Г1 К9 ГОСТ 2436-83				
Основа	Диск А-1-5-101 ГОСТ 8742-75				
	Оправка 712-004 ГОСТ 21306-82-85				
Параметри процесу різання	$V, \text{м/хв}$	$v, \text{м/с}$	$s, \text{мм/хв}$	$T, \text{хв}$	$T, \text{хв}$
	32	0,8	0,007	0,5	0,8



**Операція 45 Хонінгувальна**  
Верстат 3Б82

$T_0 = 0,69 \times 0,8$ ,  $T_0 = 0,5 \times 0,8$ ,  $T_{02} = 65 \times 0,8$ ,  $T_{03} = 2,94 \times 0,8$

Інструмент	Брусок 63/50 АС4 ГОСТ 25394-83				
Основа	Листовий металевий				
	Головка конусовидна				
Параметри процесу різання	$v, \text{м/хв}$	$v, \text{м/с}$	$s, \text{мм/хв}$	$T, \text{хв}$	$T, \text{хв}$
	3,3	0,09	3	-	0,25

Заказчик

ТММ.ОП/Б.20.07.04		Назва операції		№ операції	
		хонінгувальна №45			
№	Діаметр	Довжина	Маса	Висота	Точність
1	15,8	10	0,02	0,01	0,005
2	15,8	10	0,02	0,01	0,005
3	15,8	10	0,02	0,01	0,005
4	15,8	10	0,02	0,01	0,005
5	15,8	10	0,02	0,01	0,005



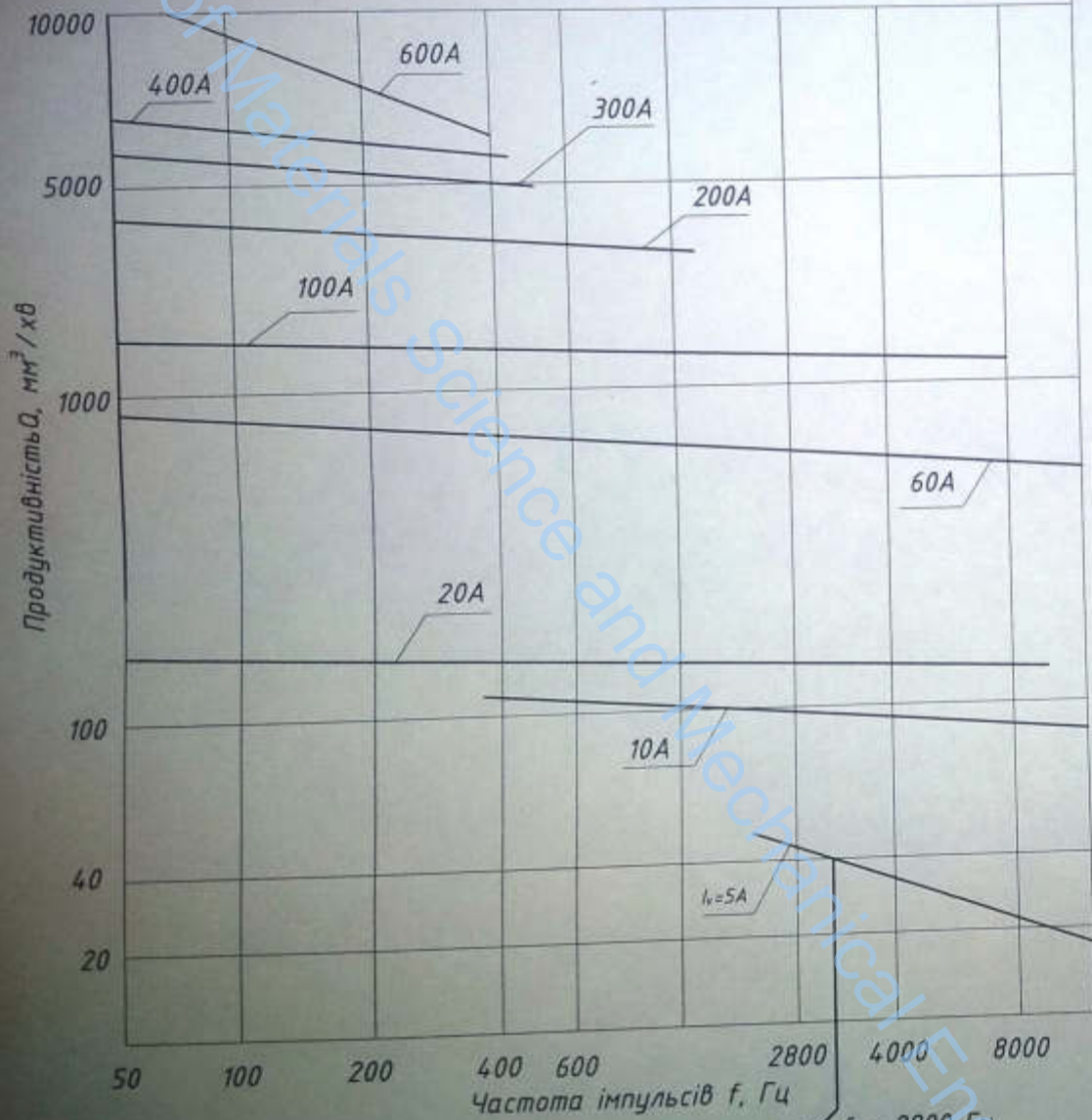




# ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ЕЕО ОТВОРІВ НА ОПЕРАЦІЇ 35

Рекомендовані параметри процесу

Найменування режиму	Потужність $P$ , кВт	$\tau_i$ , мкс	$f$ , Гц	$Q$ , мм <sup>3</sup> /хв	$Rz$ , мкм
Базисний	3-30	10000-100	50-3000	30000-40	320-80
Чистовий	0,3-5	500-20	1000-10000	200-30	40-20
Доводочний	1	не менше 20	не більше 3000	20	2,5-0,63



$f = 2800$  Гц  
 $P = 10$  кВт

*Засвоєно*

## ДОДАТОК В

### ВІДГУК

#### керівника кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота Тищука Костянтина Романовича виконана на актуальну тему «Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Клапан» в умовах серійного виробництва».

Завдання на кваліфікаційну роботу пов'язано з об'єктом діяльності бакалавра, а саме з процесом виготовлення машин та з експлуатацією технологічної системи (верстат, пристосування, інструмент, деталь, програма).

Виконана Тищука К.Р. кваліфікаційна робота може бути оцінена на відповідність вимогам стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК по розділам наступним чином:

1) 73 балів за аналітичний розділ, що містить якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі «Клапан», а також аналіз технологічних і експлуатаційних властивостей матеріалу деталі і де здобувач показав фахові компетентності ФК1 – Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

2) 74 бали за технологічний розділ, в якому виконано проєкт технології обробки деталі «Клапан», і де здобувач показав предметні компетентності ФК4 – Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технологічної системи.

3) 73 балів заслуговує спеціальний розділ, в якому проведено аналіз електроерозійного методу обробки, та обґрунтовано його застосування для формоутворення двох отворів малого діаметру у деталі «Клапан». При цьому здобувач підтвердив фахові компетентності ФК3 – Здатність проводити технікоеконімічну оцінку ефективності використання альтернативних технологічних методів.

На 73 балів оцінені рівень самостійності виконання, якість оформлення, комплексність роботи.

Основаними недоліками кваліфікаційної роботи, за які знижена оцінка, є несвоєчасне представлення матеріалів для проведення попереднього захисту на кафедрі, оформлення графічного матеріалу та пояснювальної записки з відхиленнями від затверджених вимог.

У цілому кваліфікаційна робота заслуговує оцінки 73 бали (задовільно).

Керівник кваліфікаційної роботи  
канд. техн. наук, професор кафедри ТММ

С.Т. Пацера