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 технологічного процесу механічного оброблення корпуса Н026.029

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41
спеціальності 131 “Прикладна механіка”
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Михальчук Н.В. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Комар Р.В. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Дячун А.Є. (прізвище та ініціали)

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

Рецензент (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:
“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення корпуса Н026.029” студента групи МП-41 Михальчука Н.В. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Комар Р.В.

Мета роботи – підвищити гнучкість базового технологічного процесу механічного оброблення корпуса Н026.029 для умов середньосерійного типу виробництва.

У першій частині встановлено, що за кількісними та якісними показниками деталь “Корпус” Н026.029 є технологічною. Проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі. На основі аналізу встановлено, що базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає великосерійному типу виробництва, що пов’язано із використанням верстатів напівавтоматів, які працюють в автоматичному циклі, спеціального та спеціалізованого оснащення, використання спеціального налагодження верстатів на обробку деталі.

Річна програма випуску 15000 шт, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва, тому у проектному технологічному процесі запроваджено зміни для підвищення гнучкості та окупності базового технологічного процесу.

У другій частині визначено тип виробництва – середньосерійний на основі розрахунку коефіцієнта закріплення операцій.

Вартість заготовки для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями є вищою ніж для лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі вибрано лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями.

Проведено вибір обладнання, інструментів, розраховано припуски, режими різання та технічні норми часу. Розроблено технологічний процес механічного оброблення колеса корпуса Н026.029.

У третій частині для одночасного свердління трьох отворів деталі “Корпус” Н026.029 на 015 вертикально-свердлильній операції проведено проектування спеціального кондуктора та трьохшпиндельної свердлильної головки.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ .....

1 Загально-технічна частина

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.....

2 Технологічна частина

2.1. Визначення типу виробництва.....

2.2. Вибір способу одержання заготовки.....

2.3. Вибір технологічних баз.....

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.....

3 Конструкторська частина

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі.....

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі.....

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1. Вимоги до виробничих і допоміжних приміщень для забезпечення безпечних умов роботи (техніко-санітарний аспект).....

4.2. Нормативно-правове та нормативно-технічне регулювання системи управління охороною праці на підприємстві.....

Висновки.....

Перелік посилань.....

Додатки

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” Н026.029 для умов середньосерійного типу виробництва. Деталь застосовується як додаткова опора з підшипником кочення вихідного вала редуктора скребкового конвеєра. Використовується для встановлення та фіксації вала підшипника кочення із сприйняттям навантажень від привідного колеса робочого елемента скребкового конвеєра. Деталь відповідно до креслення виготовляється із сірого чавуну СЧ20.

Базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі “Корпус” Н026.029 відповідає великосерійному типу виробництва.

Річна програма випуску 15000 шт, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва. Така програма випуску є не достатньою для окупності вкладень в автоматизоване устаткування базового технологічного процесу, при цьому таке устаткування має малу гнучкість при переналагодженні. Тому у проектному технологічному процесі необхідно запровадити такі зміни: для виготовлення заготовки використовувати методи литва із меншою вартістю; токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з ЧПК замість токарного багаторізцевого та багатошпиндельного токарного напівавтомата; оброблення трьох отворів ∅12,5Н14 доцільно виконувати одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки; доцільне застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” Н026.029 застосовується як додаткова опора з підшипником кочення вихідного вала редуктора скребкового конвеєра. Використовується для встановлення та фіксації вала підшипника кочення із сприйняттям навантажень від привідного колеса робочого елемента скребкового конвеєра.

Основними конструктивними елементами для виконання функціональних характеристик вказаного корпуса є: внутрішня циліндрична поверхня ∅62Н10, Ra2,5 - посадочна поверхня для зовнішнього кільця підшипника кочення; зовнішня циліндрична поверхня ∅92h8, Ra2,5 – посадочна поверхня для точного приєднання корпуса до отвору корпуса редуктора; зовнішня канавка 4Н12; Rz20; ∅87h11; Rz40 призначена для встановлення ущільнювального полімерного кільця, що встановлюється в отворі корпуса редуктора; торцеві поверхні 95h14; Rz40 – для базування конструктивних елементів вузла; внутрішня канавка $1,9^{+0,2}$, Rz20 $\varnothing 67^{+0,3}$, Rz40 для встановлення стопорного кільця фіксації підшипника; зовнішня циліндрична поверхня ∅77h12($_{-0,3}$); Rz40 для приєднання захисного ковпака; внутрішні циліндричні поверхні ∅78Н14($^{+0,74}$); Rz80, ∅70Н14($^{+0,74}$); Rz80 для встановлення елементів вузла, зокрема ступінчатого вала; три отвори ∅12,5; Rz80; ∅112±0,2 призначені для приєднання деталі до корпуса редуктора болтами.

Інші поверхні, зокрема фаски, торці визначають конструкцію корпуса, забезпечують його жорсткість та обслуговування.

Деталь “Корпус” Н026.029 виготовляється із сірого чавуну СЧ20, що має середні показники границі міцності та текучості. Перевагами такого матеріалу є можливість виготовлення заготовки методами литва, при цьому він має хорошу рідкотекучість. У таблицях 1.1 та 1.2 детальніше наведено інформацію про хімічний склад та характеристики механічних випробувань сірого чавуну СЧ20.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сірого чавуну СЧ20, %

C	Si	Mn	P	S
3,3-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,20	0,15

Таблиця 1.2 – Характеристики механічних випробувань сірого чавуну СЧ20

$\sigma_{зг}$, МПа	$\sigma_{в}$, МПа	$\sigma_{зж}$, МПа	$\tau_{зр}$, МПа	ρ, г/см^3	НВ
420	200	800	200	7,2	230

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Під час проектування технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” Н026.029 проведено аналіз креслення, технічних вимог та показників якості поверхонь деталі. Поверхням деталі присвоєно порядкові номери, проведено аналіз точності та шорсткості поверхонь, що відображено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги поверхонь деталі “Корпус” Н026.029

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорст-кість
1	2	3	4
1	Внутрішня циліндрична поверхня ∅72Н14($^{+0,74}$)	14	Rz80
2	Зовнішня циліндрична поверхня ∅92h8($_{-0,054}$) A	8	Ra2,5
3	Торець внутрішній 60Н15($^{+1,2}$)	15	Rz40
4	Внутрішня циліндрична поверхня ∅62Н10($^{+0,120}$)	10	Ra2,5
5	Канавка зовнішня b=4Н12; ∅87h11; ⌰ 0,06 A	11	Rz20
6	Торцева поверхня 12±0,5	Не обробляється різанням	Rz220
7	Внутрішня циліндрична поверхня ∅64Н12($^{+0,3}$)	12	Ra6,3

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
8	Зовнішня циліндрична поверхня ∅92	Не обробляється різанням	Rz220
9	Внутрішня циліндрична поверхня ∅78H14($^{+0,74}$)	14	Rz80
10	Торцева поверхня 14±0,2	14	Rz40
11	Радіус заокруглення зовнішній R1,5	14	Rz40
12	Зовнішня циліндрична поверхня ∅112	Не обробляється різанням	Rz220
13	Фаска зовнішня 1,5×45°	14	Rz40
14	Канавка внутрішня b=1,9$^{+0,2}$; ∅67$^{+0,4}$	14	Rz20
15, 16	Торцева поверхня 95h14($_{-0,87}$)	14	Rz40
17	Торець внутрішній 10±0,2	14	Rz40
18…20	Отвір наскрізний ∅12,5H14($^{+0,43}$); l=10; ∅112±0,2	14	Ra12,5
21	Зовнішня циліндрична поверхня ∅77h12($_{-0,3}$)	12	Rz40
22	Торець внутрішній 22±0,1	14	Rz40
23	Торцева поверхня 18±0,1	14	Rz40
24	Зовнішня циліндрична поверхня ∅87	Не обробляється різанням	Rz220
25	Фаска внутрішня 1,5±0,1×30°	14	Rz80
26	Фаска зовнішня 1,5×45°	14	Rz80

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Для аналізу технологічності деталі “Корпус” Н026.029 прийнято до уваги програму випуску 15000 шт., що виконується в умовах середньосерійного типу виробництва. Розглянуто точність, шорсткість поверхонь, наявність лінійних

нахилів та заокруглень, одержаних литвом, допустимого радіального биття зовнішньої канавки відносно зовнішньої циліндричної бази А та інші технічні вимоги.

Матеріал деталі сірий чавун СЧ20 має хорошу рідкотекучість при литві, добре піддається різанню, має хороші антифрикційні та демпфуючі властивості. При застосуванні такого матеріалу можна використовувати для виготовлення заготовок методи литва, зокрема, литво в кокіль, литво в піщані форми із механізованим або ручним методами формування.

Конструкції корпуса дозволяє здійснювати базування та закріплення заготовки для виконання чорнових та чистових переходів механічного оброблення. Жорсткість деталі достатня для використання пристроїв із механізованими приводами затиску. Для забезпечення точності оброблення зовнішньої циліндричної поверхні за 8 квалітетом точності, радіального биття зовнішньої канавки відносно вказаної поверхні в межах допуску, проточування цих поверхонь доцільно виконувати за одну установку на одній операції. Основними базами будуть зовнішні циліндричні та торцеві поверхні, що дозволяє використовувати на токарних операціях стандартні затискні патрони.

Для оброблення отворів, циліндричних зовнішніх поверхонь, канавок можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців і свердл, а також як устаткування можна використовувати токарні верстати з ЧПК.

Отже, за якісними показниками деталь “Корпус” Н026.029 є технологічною.

Проведено розрахунок технологічності деталі “Корпус” Н026.029 за трьома кількісними показниками: коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації, відповідно до відомих методик та даних із табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

$$К_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{Т_{ср}}, \qquad (1.1)$$

$$T_{ср} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{8 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 16 + 15 \cdot 1 + 16 \cdot 4}{26} = 13{,}73;$$

$$К_{Т.ч.} = 1 - \frac{1}{13{,}73} = 0{,}93.$$

При $К_{тч} = 0{,}93 > 0{,}8$ деталь “Корпус” Н026.029 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

$$К_{ш} = \frac{1}{Б_{ср}}, \qquad (1.2)$$

$$Б_{ср} = \frac{\sum Б_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{1 \cdot 4 + 3 \cdot 8 + 4 \cdot 11 + 5 \cdot 2 + 6 \cdot 2}{26} = 3{,}6,$$

$$К_{ш} = \frac{1}{3{,}6} = 0{,}28.$$

При $К_{ш} = 0{,}28 > 0{,}16$ деталь “Корпус” Н026.029 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$К_{у.е.} = \frac{N_{у.е}}{N_е} = \frac{24}{26} = 0{,}92.$$

При $К_{уе} = 0{,}92 > 0{,}6$ деталь “Корпус” Н026.029 є технологічною.

Враховуючи проведені розрахунки та критерії, за кількісними показниками деталь “Корпус” Н026.029 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Операції та технологічного устаткування, що застосовується у базовому технологічному процесі виготовлення деталі “Корпус” Н026.029 представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Операції та технологічного устаткування, що застосовується у базовому технологічному процесі виготовлення деталі “Корпус” Н026.029

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Токарна	Токарний багаторізцевий напівавтомат 1Н713	Центр 7100-4088 Втулка 6103-4005 Центр А-1-5-У
010 Токарна напівавтоматна	Токарний шестишпиндельний напівавтомат 1Б265П-6К	Патрон цанговий спеціальний
015 Токарна напівавтоматна	Токарний шестишпиндельний напівавтомат 1Б265П-6К	Патрон цанговий спеціальний
020 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Кондуктор спеціальний Свердлильна головка спеціальна

У базовому технологічному процесі механічного оброблення деталі використовуються верстати напівавтомати, які працюють в автоматичному циклі, спеціальне та спеціалізоване оснащення, що відповідає великосерійному, масовому типам виробництва. Також використовується спеціальне налагодження верстатів на обробку даної деталі.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині проаналізовано креслення деталі “Корпус” Н026.029, що застосовується як додаткова опора з підшипником кочення вихідного вала редуктора скребкового конвеєра. Вивчено технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі. Розглянуто можливі способи досягнення параметрів деталі для проектування технологічного процесу механічного оброблення та способу виготовлення заготовки в умовах середньосерійного типу виробництва.

За якісними та кількісними показниками деталь Корпус” Н026.029 є технологічною.

Матеріал деталі сірий чавун СЧ20 має хорошу рідкотекучість при литві,

добре піддається різанню, має хороші антифрикційні та демпфуючі властивості. При застосуванні такого матеріалу можна використовувати для виготовлення заготовок методи литва, зокрема, литво в кокіль, литво в піщані форми із механізованим або ручним методами формування.

Для забезпечення точності оброблення зовнішньої циліндричної поверхні за 8 квалітетом точності, радіального биття зовнішньої канавки відносно вказаної поверхні в межах допуску, проточування цих поверхонь доцільно виконувати за одну установку на одній операції.

Для оброблення отворів, циліндричних зовнішніх поверхонь, канавок можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців і свердл, а також як устаткування можна використовувати токарні верстати з ЧПК.

Базовий технологічний процес, який використовується для виготовлення деталі “Корпус” Н026.029 відповідає великосерійному типу виробництва. Річна програма випуску 15000 шт, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва. Така програма випуску є не достатньою для окупності вкладень в устаткування базового технологічного процесу, при цьому таке устаткування має малу гнучкість при переналагодженні. Тому у проектному технологічному процесі необхідно запровадити такі зміни:

– для виготовлення заготовки використовувати методи литва із меншою вартістю, зокрема литво в піщані форми із ручним методом формування;

- токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з ЧПК замість токарного багаторізцевого та багатошпиндельного токарного напівавтомата;

- оброблення трьох отворів ∅12,5Н14 доцільно виконувати одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки;

– доцільне застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволять підвищити окупність та гнучкість виготовлення деталі “Корпус” Н026.029.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

На основі аналізу у першій частині та за наближеними даними тип виробництва деталі “Корпус” Н026.029 для програми випуску N = 15000 шт. і маси деталі m = 1,95 кг відповідає середньосерійному.

При розробленні нового технологічного процесу виготовлення деталі використано також аналітичний метод для визначення типу виробництва. Для цього розраховано коефіцієнт закріплення операцій, величина якого відповідає певному типу виробництва.

У таблиці 2.1. представлено операції базового технологічного процесу та відповідний штучний час виготовлення деталі “Корпус” Н026.029.

Таблиця 2.1 – Операції базового технологічного процесу та відповідний штучний час виготовлення деталі “Корпус” Н026.029

Операція	(Т шт.к)	Операція	(Т шт.к)
005 Токарна	1,2 хв.	015 Токарна напівавтоматна	0,53 хв.
010 Токарна напівавтоматна	2,5 хв.	020 Вертикально-свердлильна	0,62 хв.

Кількість верстатів, що використовуються для кожної операції при заданій програмі випуску N [1]:

$$m_р = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_д \cdot \eta_{зн}}, \qquad (2.1)$$

де $F_д$ –час на роботу обладнання, $F_Д$=3979 год;

$\eta_{з.н.}$ = 0,75.

$$m_{р005} = \frac{15000 \cdot 1,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,1.\ P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{р010} = \frac{15000 \cdot 2,5}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,21.\ P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{р015} = \frac{15000 \cdot 0,53}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,04 .\ Р_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{р020} = \frac{15000 \cdot 0,62}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,05 .\ Р_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_Р}{Р}, \qquad (2.2)$$

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

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,21}{1} = 0,21.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,04}{1} = 0,04.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,05}{1} = 0,05.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці [1]:

$$О = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \qquad (2.3)$$

$$О_{005} = \frac{0,75}{0,1} = 7,5 .\ О_{005} = 8 \text{ операцій.}$$

$$О_{010} = \frac{0,75}{0,21} = 3,6 .\ О_{010} = 4 \text{ операції.}$$

$$О_{015} = \frac{0,75}{0,04} = 18,75 .\ О_{015} = 19 \text{ операцій.}$$

$$О_{020} = \frac{0,75}{0,05} = 15 .\ О_{020} = 15 \text{ операцій.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$К_{з.о.} = \frac{8+4+19+15}{1+1+1+1} = \frac{46}{4} = 11,5.$$

Для $К_{з.о.}$ = 11,5 тип виробництва – середньосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

$$t_в = \frac{60 \cdot F_д}{N}, \tag{2.4}$$

$$t_в = \frac{60 \cdot 3979}{15000} = 15,9 \text{ хв.}$$

Величина однієї партії деталей [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \tag{2.5}$$

де F=257 днів

$$n = \frac{15000 \cdot 5}{257} = 292 \text{ шт.}$$

Кількість робочих змін [1]:

$$C = \frac{T_{шкс} \cdot n}{476 \cdot 0,8}, \tag{2.6}$$

де

$$T_{шкс} = \frac{\sum_{i=1}^{т} T_{шкі}}{\sum_{i=1}^{т} O_i}, \tag{2.7}$$

$$T_{шкс} = \frac{1,2 + 2,5 + 0,53 + 0,62}{4} = \frac{4,85}{4} = 1,2 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{шкс} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{1,2 \cdot 292}{476 \cdot 0,8} = 0,92 \text{ зміни.}$$

Приймаємо Спр = 1 зміну.

Величина партії деталей [1]:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шкс}}, \quad (2.8)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{1,2} = 317 \text{ шт.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі сірий чавун СЧ20 має хорошу рідкотекучість при литві, добре піддається різанню, має хороші антифрикційні та демпфуючі властивості. При застосуванні такого матеріалу можна використовувати для виготовлення заготовок методи литва, зокрема, литво в кокіль, литво в піщані форми із механізованим або ручним методами формування.

Порівняння двох методів виготовлення заготовок виконано за коефіцієнтом використання матеріалу та за вартістю заготовок. Розглянуто такі способи виготовлення заготовки:

1) лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями;

2) лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями.

Для першого способу виготовлення заготовки: 7 клас точності розмірів; 2 ряд припусків. Для другого способу виготовлення заготовки: 10 клас точності розмірів; 3 ряд припусків.

Виконуємо креслення заготовок, що можуть бути сформовані двома вказаними методами, при цьому визначаємо припуски та розміри поверхонь із допустимими відхиленнями. Спочатку розраховуємо маси припусків та додаємо їх до маси деталі 1,95 кг.

Результати розрахунку припусків деталі “Корпус” Н026.029 представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку припусків деталі “Корпус” Н026.029

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1) лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями				
Зовнішня циліндрична поверхня ∅92h8($_{-0,054}$)	Ra2,5	1,1	2,4 × 2 = 4,8	∅ 96,8±0,55
Торцева поверхня 18±0,1	Rz40	0,8	1,3	16,7±0,4
Зовнішня циліндрична поверхня ∅112	Rz220	1,2	–	∅112±0,6
Зовнішня циліндрична поверхня ∅92	Rz220	1,1	–	∅92±0,55
Торцева поверхня 95h14($_{-0,87}$)	Rz40	1,1	1,6 × 2 = 3,2	98,2±0,55
Внутрішня циліндрична поверхня ∅62H10($^{+0,120}$)	Ra2,5	1,0	2,0 × 2 = 4,0	∅58±0,5
R14	Rz220	0,7	–	R14±0,35
Зовнішня циліндрична поверхня ∅87	Rz220	1,1	–	∅87±0,55
2) лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями				
Зовнішня циліндрична поверхня ∅92h8($_{-0,054}$)	Ra2,5	2,8	4,5 × 2 = 9,0	∅ 101±1,4
Зовнішня циліндрична поверхня ∅112	Rz220	3,2	–	∅112±1,6
Торцева поверхня 18±0,1	Rz40	2,0	2,8	15,2±1,0
Зовнішня циліндрична поверхня ∅92	Rz220	2,8	–	∅92±1,4
Торцева поверхня 95h14($_{-0,87}$)	Rz40	2,8	3,6 × 2 = 7,2	102,2±1,4
Внутрішня циліндрична поверхня ∅62H10($^{+0,120}$)	Ra2,5	2,4	4,0 × 2 = 8,0	∅54±1,2
R14	Rz220	1,8	–	R14±0,9
Зовнішня циліндрична поверхня ∅87	Rz220	2,8	–	∅87±1,4

Креслення двох варіантів виготовлення заготовки представлено на рис. 2.1 (лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями) та на рис. 2.2 (лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими

моделями).

Маси заготовки розраховано як суму маси припусків до маси деталі:

$$Q = q + m_{пр}; \tag{2.9}$$

$$m_{пр} = V_{пр} \cdot \rho, \tag{2.10}$$

де $\rho = 7{,}2$ г/см^3.

Розраховуємо об’єми припусків:

$$V_{пр} = \frac{\pi \cdot (D - d)^2 \cdot H}{4}, \tag{2.11}$$

де D, d, H– геометричні параметри припуску за номінальними розмірами, мм.

Для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot (96{,}8^2 - 92^2) \cdot 1{,}6}{4} + \frac{\pi \cdot (96{,}8^2 - 92^2) \cdot 18}{4} + \frac{\pi \cdot (112^2 - 96{,}8^2) \cdot 1{,}3}{4} +$$
$$+ \frac{\pi \cdot (87^2 - 77^2) \cdot 12}{4} + \frac{\pi \cdot (87^2 - 58^2) \cdot 1{,}6}{4} + \frac{\pi \cdot (78^2 - 58^2) \cdot 62}{4} +$$
$$+ \frac{\pi \cdot (72^2 - 58^2) \cdot 19}{4} + \frac{\pi \cdot (62^2 - 58^2) \cdot 19}{4} = 204598 \text{ мм}^3 = 204{,}6 \text{ см}^3.$$

Для лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (101^2 - 92^2) \cdot 3{,}6}{4} + \frac{\pi \cdot (101^2 - 92^2) \cdot 18}{4} + \frac{\pi \cdot (112^2 - 101^2) \cdot 2{,}8}{4} +$$
$$+ \frac{\pi \cdot (87^2 - 77^2) \cdot 12}{4} + \frac{\pi \cdot (87^2 - 54^2) \cdot 3{,}6}{4} + \frac{\pi \cdot (78^2 - 54^2) \cdot 62}{4} +$$
$$+ \frac{\pi \cdot (72^2 - 54^2) \cdot 19}{4} + \frac{\pi \cdot (62^2 - 54^2) \cdot 18}{4} = 264324 \text{ мм}^3 = 264{,}3 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припуску:

– для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями:

$$m_{пр1} = 204,6 \cdot 7,2 = 1473 \text{ г} \approx 1,47 \text{ кг}.$$

– для лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями:

$$m_{пр2} = 264,3 \cdot 7,2 = 1903 \text{ г} \approx 1,9 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовок:

– для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями:

$$Q_1 = 1,95 + 1,47 = 3,42 \text{ кг}.$$

– для лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями:

$$Q_2 = 1,95 + 1,9 = 3,85 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$К_в = \frac{q}{Q}, \qquad (2.12)$$

– для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями:

$$К_{в.м.1} = \frac{1,95}{3,42} = 0,57;$$

– для лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями:

$$К_{в.м.2} = \frac{1,95}{3,85} = 0,51.$$

Визначаємо собівартість заготовок для вказаних варіантів за формулою [4]:

$$С_{заг} = \left(\frac{С_б \cdot Q \cdot К_п}{1000} \right) - (Q - q) \cdot \frac{С_{відх}}{1000}, \qquad (2.13)$$

де $С_б$ = 105000 грн. – базова ціна 1 т. виливок з сірого чавуну СЧ20;

$С_{відх.}$ – базова ціна 1 т. відходів;

$С_{відх.}$ = 5800 грн;

$К_п$ – коефіцієнт визначення собівартості виливка.

Коефіцієнт визначення собівартості виливка [4]:

$$К_п = К_{т.в.} \cdot К_{с.в.} \cdot К_{м.в.} \cdot К_{п.м.в.} \cdot К_{с.т} \quad . \qquad (2.14)$$

Визначаємо складові формул (2.13), (2.14) собівартості заготовки лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями:

$К_{т.в.}$ = 1,32 для 7 класу [4];

$К_{с.в.}$ = 0,65 для першої групи [4];

$К_{м.в.}$ = 1 для сірого чавуну [4];

$К_{п.м.в.}$ = 1 при 5 групі серійності [4];

$К_{с.т.}$ = 1,0 при товщині стінок – 8 мм [4];

$$К_{п1} = 1,32 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,858.$$

Q = 3,42 кг.

$$С_{заг1} = \left(\frac{105000 \cdot 3,42 \cdot 0,858}{1000}\right) - (3,42 - 1,95) \cdot \frac{5800}{1000} = 299 \text{ грн.}$$

Визначаємо складові формул (2.13), (2.14) собівартості заготовки лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями:

$К_{т.в.}$ = 1,0 для 10 класу [4];

$К_{с.в.}$ = 0,65 для першої групи [4];

$К_{м.в.}$ = 1 для сірого чавуну [4];

$К_{п.м.в.}$ = 1 при 5 групі серійності [4];

$К_{с.т.}$ = 1,0 при товщині стінок – 8 мм [4];

$$К_{п2} = 1,0 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,65.$$

Q = 3,85 кг.

$$С_{заг2} = \left(\frac{105000 \cdot 3,85 \cdot 0,65}{1000}\right) - (3,85 - 1,95) \cdot \frac{5800}{1000} = 252 \text{ грн.}$$

Отже, вартість заготовки для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями є вищою ніж для лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” Н026.029 вибираємо лиття в піщані форми із ручним формуванням за металевими моделями.

2.3. Вибір технологічних баз

Для виконання операцій оброблення поверхонь деталі “Корпус” Н026.029 використовуються чорнові та чистові бази. Для забезпечення точності оброблення зовнішньої циліндричної поверхні за 8 квалітетом точності, радіального биття зовнішньої канавки відносно вказаної поверхні в межах допуску, проточування цих поверхонь доцільно виконувати за одну установку на одній операції. Основними базами будуть зовнішні циліндричні та торцеві поверхні, що дозволяє використовувати на токарних операціях стандартні затискні патрони.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Проектування технології механічного оброблення деталі “Корпус” Н026.029 включало порівняння двох варіантів оброблення поверхонь деталі, на основі яких вибрано остаточний маршрут, що забезпечує формоутворення поверхонь деталі відповідно до креслення та використанням токарних верстатів з ЧПК.

Способи механічного оброблення поверхонь деталі “Корпус” Н026.029 представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Способи оброблення поверхонь деталі “Корпус” Н026.029

№ 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	Внутрішня циліндрична поверхня ∅72Н14($^{+0,74}$)	14	Rz80	Розточування однократне	
2	Зовнішня циліндрична поверхня ∅92h8($_{-0,054}$) A	8	Ra2,5	Точіння чистове Точіння напівчистове Точіння чистове	
3	Торець внутрішній 60Н15($^{+1,2}$)	15	Rz40	Розточування чорнове Розточування напівчистове	
4	Внутрішня циліндрична поверхня ∅62Н10($^{+0,120}$)	10	Ra2,5	Розточування чорнове Розточування напівчистове Розточування чистове	Розточування чорнове Розточування напівчистове Протягування
5	Канавка зовнішня b=4Н12; ∅87h11; ⌯ 0,06 A	12	Rz20	Розточування канавочним різцем методом копіювання за одну установку з базою А	
6	Торцева поверхня 12±0,5	10 кл.	Rz220	Не обробляється різанням	
7	Внутрішня циліндрична поверхня ∅64Н12($^{+0,3}$)	12	Ra6,3	Розточування чистове Розточування напівчистове	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
8	Зовнішня циліндрична поверхня ∅92	10 кл.	Rz220	Не обробляється різанням	
9	Внутрішня циліндрична поверхня ∅78H14($^{+0,74}$)	14	Rz80	Розточування однократне	
10	Торцева поверхня 14±0,2	14	Rz40	Точіння торця чорнове Точіння торця напівчистове	
11	Радіус заокруглення зовнішній R1,5	14	Rz40	Утворюється інструментом	
12	Зовнішня циліндрична поверхня ∅112	10 кл.	Rz220	Не обробляється різанням	
13	Фаска зовнішня 1,5×45°	14	Rz40	Точіння чистове Точіння напівчистове	
14	Канавка внутрішня b=1,9$^{+0,2}$; ∅67$^{+0,4}$	14	Rz20	Розточування канавочним різцем	Фрезерування дисковою фрезою
15, 16	Торцева поверхня 95h14($_{-0,87}$)	14	Rz40	Точіння торця чорнове Точіння торця напівчистове	
17	Торець внутрішній 10±0,2	14	Rz40	Розточування напівчистове	
18, 19, 20	Отвір наскрізний ∅12,5H14($^{+0,43}$); l=10; ∅112±0,2	14	Ra12,5	Свердління по кондуктору з базуванням по базовій поверхні А	Центрування Свердління
21	Зовнішня циліндрична поверхня ∅77h12($_{-0,3}$)	12	Rz40	Точіння чистове Точіння напівчистове	

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
22	Торець внутрішній 22±0,1	14	Rz40	Розточування чистове Розточування напівчистове	
23	Торцева поверхня 18±0,1	14	Rz40	Точіння торця чорнове Точіння торця напівчистове	
24	Зовнішня циліндрична поверхня ∅87	10 кл.	Rz220	Не обробляється різанням	
25	Фаска внутрішня 1,5±0,1×30°	14	Rz80	Розточування однократне	
26	Фаска зовнішня 1,5×45°	14	Rz80	Точіння однократне	

Із варіантів оброблення поверхонь табл. 2.4 проведено проектування технологічного процесу, що відповідає середньосерійному типу виробництва. Токарне оброблення поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість токарного багаторізцевого та багатошпиндельного токарного напівавтомата. Свердління трьох отворів ∅12,5Н14 виконується одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки. Застосовуються інструменти та технологічне оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

005. Токарна з ЧПК.

1. Підрізання попереднє торця 16, витримуючи розмір $99{,}4_{-1{,}4}$; точіння попереднє поверхні 21, витримуючи розмір $\varnothing 77{,}9_{-0{,}74}$; точіння попереднє торця 10, витримуючи розмір 12±0,5 послідовне.

2. Підрізання остаточне торця 16, витримуючи розмір $98{,}6_{-0{,}87}$; точіння зовнішньої фаски 13, витримуючи розмір 1,5×45°; точіння остаточне поверхні 21, витримуючи розмір $\varnothing 77_{-0{,}3}$; точіння остаточне торця 10, витримуючи розмір 12±0,2 послідовне.

3. Розточування попереднє отворів 7, 4, витримуючи розмір $\varnothing 61{,}1^{+0{,}74}$;

$98{,}6_{-0{,}87}$.

4. Розточування остаточне отвору 7 з підрізанням торця 17, витримуючи розміри $\varnothing 64^{+0{,}3}$; 8±0,2; розточування попереднє отвору 4, витримуючи розміри $\varnothing 61{,}75^{+0{,}3}$; 11,8±0,2; послідовне.

5. Розточування остаточне отвору 4, витримуючи розміри $\varnothing 60^{+0{,}12}$; 11,8±0,2.

6. Розточування внутрішньої канавки 14, витримуючи розміри $1{,}9^{+0{,}2}$; $\varnothing 67^{+0{,}3}$.

010. Токарна з ЧПК.

1. Підрізання попереднє торця 15, витримуючи розмір $95{,}8_{-1{,}4}$; точіння попереднє поверхні 2, витримуючи розмір $\varnothing 93{,}2_{-0{,}87}$; точіння попереднє торця 23, витримуючи розмір 18±0,5 послідовне.

2. Підрізання остаточне торця 15, витримуючи розмір $95_{-0{,}87}$; точіння зовнішньої фаски 26, витримуючи розмір 1,65×45°; точіння попереднє поверхні 2, витримуючи розмір $\varnothing 92{,}3_{-0{,}22}$; точіння остаточне торця 23, витримуючи розмір 18±0,2 послідовне.

3. Точіння остаточне поверхні 2, витримуючи розмір $\varnothing 92_{-0{,}054}$; 18±0,2.

4. Розточування попереднє отвору 1 з підрізанням торця 22, витримуючи розмір $\varnothing 68^{+0{,}74}$; 80,2±0,3.

5. Розточування отвору 9 з підрізанням торця 3, витримуючи розміри $\varnothing 74^{+0{,}74}$; $59{,}2^{+1{,}2}$; розточування остаточне отвору 1 з остаточним підрізанням торця 22, витримуючи розміри $\varnothing 72^{+0{,}74}$; 19,8±0,2; розточування внутрішньої фаски 25, витримуючи розмір 1,5×30° послідовне.

6. Розточування остаточне отвору 9 з підрізанням торця 3, витримуючи розміри $\varnothing 78^{+0{,}74}$; $60^{+1{,}2}$.

7. Точіння зовнішньої канавки 5, витримуючи розміри $4^{+0{,}12}$; $\varnothing 87_{-0{,}22}$.

015. Вертикально-свердлильна

2. Свердління трьох отворі 18, 19, 20 одночасне, витримуючи розміри $\varnothing 12{,}5H14(^{+0{,}43})$; l=10мм; ∅112±0,2 .

020. Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків механічного оброблення деталі “Корпус” Н026.029, розмірів, що одержуються при виконанні переходів проектного технологічного процесу проведено, використовуючи табличний та аналітично-розрахунковий методи. Результати розрахунків представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски оброблення деталі “Корпус” Н026.029

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
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 72H14(^{+0,74})$; Rz80					
Точіння чорнове	14	R_z80	0,74	2,0 × 2 = 4,0	$\varnothing 72^{+0,74}$
Точіння чорнове (зняття напуску)	14	R_z80	0,74	3,45 × 2 = 6,9	$\varnothing 68^{+0,74}$
Заготовка (попередньо оброблена)	14	R_z50	0,74	5,45 × 2 = 10,9	$\varnothing 61,1^{+0,74}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 77h12(_{-0,3})$; Rz40					
Точіння напівчистове	12	R_z40	0,3	0,45 × 2 = 0,9	$\varnothing 77_{-0,3}$
Точіння чорнове	14	R_z80	0,74	4,55 × 2 = 9,1	$\varnothing 77,9_{-0,74}$
Заготовка	10-тий кл.	R_z220	2,8	5 × 2 = 10	$\varnothing 87 \pm 1,4$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 78H14(^{+0,74})$; Rz80					
Точіння чорнове	14	R_z80	0,74	2,0 × 2 = 4,0	$\varnothing 78^{+0,74}$
Точіння чорнове (зняття напуску)	14	R_z80	0,74	3 × 2 = 6,0	$\varnothing 74^{+0,74}$
Заготовка (попередньо оброблена)	14	R_z80	0,74	5 × 2 = 10	$\varnothing 68^{+0,74}$
Торцева поверхня 18±0,2; Rz40					
Точіння напівчистове	14	R_z40	0,4	0,8	18±0,2
Точіння чорнове	15	R_z80	1,0	2,0	17,2±0,5
Заготовка	10-тий кл.	R_z220	2,0	2,8	15,2±1,0

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 12±0,2					
Точіння напівчистове	14	R_z40	0,4	0,8	12±0,2
Точіння чорнове	15	R_z80	1,0	2,0	11,2±0,5
Заготовка	10-тий кл.	R_z220	2,0	2,8	–
Внутрішня циліндрична поверхня ∅64H12($^{+0,3}$); Ra6,3					
Точіння напівчистове	12	$R_a6,3$	0,3	1,45 × 2 = 2,9	$\varnothing 64^{+0,3}$
Заготовка (попередньо оброблена)	14	R_z50	0,74	–	$\varnothing 61,1^{+0,74}$
Торцева поверхня 95h14($_{-0,87}$)					
Точіння напівчистове	14	R_z40	0,87	0,8×2=1,6	$95_{-0,87}$
Точіння чорнове	15	R_z80	1,4	2,8×2=5,6	$96,6_{-1,4}$
Заготовка	10-тий кл.	R_z220	2,8	3,6×2=7,2	102,2±1,4
Внутрішня торцева поверхня 60H15($^{+1,2}$); Rz40					
Точіння напівчистове	15	R_z40	1,2	0,8	$60^{+1,2}$
Точіння чорнове	15	R_z80	1,2	2,0	$59,2^{+1,2}$
Заготовка (суцільний матеріал)	17	R_z220	3,0	2,8	$57,2^{+3,0}$
Зовнішня циліндрична поверхня ∅92h8($_{-0,054}$); Ra2,5					
Точіння чистове	8	$R_a2,5$	0,054	0,15 × 2 = 0,3	$\varnothing 92_{-0,054}$
Точіння напівчистове	11	R_z30	0,22	0,45 × 2 = 0,9	$\varnothing 92,3_{-0,22}$
Точіння чорнове	14	R_z50	0,87	3,9 × 2 = 7,8	$\varnothing 93,2_{-0,87}$
Заготовка	10-тий кл.	R_z220	2,8	4,5 × 2 = 9,0	∅ 101±1,4
Отвір ∅12,5H14($^{+0,43}$)					
Свердління по кондуктору	14	R_z80	0,43	6,25×2=12,5	$\varnothing 12,5^{+0,43}$
Заготовка	10-тий кл.	R_z220	–	суцільний матеріал	

Схема розташування припусків та проміжних розмірів для оброблення внутрішньої циліндричної поверхні ∅62H10 представлена на рис. 2.3.

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання оброблення деталі “Корпус” Н026.029 проведено для переходу 005 токарної з ЧПК операції.

005 Токарна з ЧПК.

Перехід 2.

Підрізання попереднє торця 16, витримуючи розмір $99{,}4_{-1{,}4}$; точіння попереднє поверхні 21, витримуючи розмір $\varnothing 77{,}9_{-0{,}74}$; точіння попереднє торця 10, витримуючи розмір 12±0,5 послідовне.

Інструмент - різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, 25×25, ВК6, $\varphi=93^{o}$, $\gamma = 12^{o}$; $\alpha = 8^{\cdot}$.

1. Глибини різання при обробленні трьох поверхонь:

$t_{16} = 2{,}0$ мм – для поверхні 13;

$t_{21} = 4{,}55$ мм – для поверхні 11.

$t_{10} = 2{,}0$ мм – для поверхні 9.

2. Довжину робочого ходу інструменту:

$$L_{р.х.} = \sum l_{різ.і}\,, \qquad (2.15)$$

де $l_{різ.}$ – довжина різання і-тої поверхні відповідно до розрахунково-технологічної карти у графічній частині, мм;

$l_{1\text{-}2} = 34{,}75$ мм; $l_{4\text{-}5} = 17$ мм; $l_{5\text{-}6} = 19{,}55$ мм;

$L_{р.х.} = 34{,}75 + 17 + 19{,}55 = 71{,}3$ мм.

3. Подача різця для чорнового точіння та підрізання торця [14]:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sn} \cdot K_{s\varphi} \cdot K_{sj} \cdot K_{sy} \cdot K_{sM}\,, \qquad (2.16)$$

де $K_{si} = 1{,}15$ для ВК6 [14];

$K_{sp} = 1{,}1$ для кріплення гвинтом [14];

$K_{sд}$ =1,0 для розміру державки 25×25 [14];

K_{sh} = 0,9 при висоті пластини до 5 мм [14];

$K_{sп}$ = 1,0 без кірки [14];

$K_{sφ}$ = 1,3 при механічному кріпленні твердосплавної пластини [14];

K_{sj} = 0,75 при найбільшому діаметрі оброблюваної деталі – 320 мм [14];

K_{sy} = 0,8 при L/D до 5 в трьохкулачковому патроні [14];

$K_{sм}$ = 1,05 при $\sigma_в$ = 200 МПа [14].

Подача буде складати:

– для поверхні 16: $S_{от16}$ = 0,97 мм/об [14].

$S_{о16}$ = 0,97 · 1,15 · 1,1 · 1,0 · 0,9 · 1,0 · 1,3 · 0,75 · 0,8 · 1,05 = 0,9 мм/об.

– для поверхні 21: $S_{от11}$ = 0,8 мм/об [14].

$S_{о21}$ = 0,8 · 1,15 · 1,1 · 1,0 · 0,9 · 1,0 · 1,3 · 0,75 · 0,8 · 1,05 = 0,74 мм/об.

– для поверхні 10: $S_{от9}$ = 0,97 мм/об [14].

$S_{о10}$ = 0,97 · 1,15 · 1,1 · 1,0 · 0,9 · 1,0 · 1,3 · 0,75 · 0,8 · 1,05 = 0,9 мм/об.

4. Період стійкості різця:

T_M = 60 хв. [14].

5. Швидкість різання [14]:

$$V_o = V_{oT} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vM} \cdot K_{vφ} \cdot K_{vT} \cdot K_{vy}, \qquad (2.17)$$

де:

– для поверхні 16:

$V_{от}$ = 168 м/хв [14];

K_{Vi} = 0,75 ВК6 [14];

K_{Vc} = 1,0 для чавуну [14];

K_{Vo} = 1,0 при постійній швидкості різання [14];

K_{Vj} = 0,75 [14] ;

$K_{Vм}$ = 0,8 [14] ;

$K_{Vφ}$ = 1,15 [14] ;

K_{VT} = 0,7 при Т = 60 хв. [14] ;

K_{Vy} = 1,0 [14] ;

V_{o13} = 168 · 0,75 · 1,0 · 1,0 · 0,75 · 0,8 · 1,15 · 0,7 · 1,0 = 60,86 м/хв.

– для поверхні 21:

$V_{от}$ = 120 м/хв [14];

K_{Vi} = 0,75 ВК6 [14];

K_{Vc} = 1,0 для чавуну [14];

K_{Vo} = 1,0 при постійній швидкості різання [14] ;

K_{Vj} = 0,75 [14] ;

$K_{Vм}$ = 0,8 [14] ;

$K_{Vφ}$ = 1,15 [14] ;

K_{VT} = 0,7 при T = 60 хв. ;

K_{Vy} = 1,0 [14] ;

V_{o11} = 120 · 0,75 · 1,0 · 1,0 · 0,75 · 0,8 · 1,15 · 0,7 · 1,0 = 43,47 м/хв.

– для поверхні 10:

$V_{от}$ = 168 м/хв [14] ;

K_{Vi} = 0,75 ВК6 [14] ;

K_{Vc} = 1,0 для чавуну [14] ;

K_{Vo9} = 1,0 при постійній швидкості різання [14] ;

K_{Vj} = 0,75 [14] ;

$K_{Vм}$ = 0,8 [14] ;

$K_{Vφ}$ = 1,15 [14] ;

K_{VT} = 0,7 при T = 60 хв. [14] ;

K_{Vy} = 1,0 [14] ;

V_{o9} = 168 · 0,75 · 1,0 · 1,0 · 0,75 · 0,8 · 1,15 · 0,7 · 1,0 = 60,86 м/хв.

6. Частота обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \qquad (2.18)$$

– для поверхні 16: $n_{13} = \frac{1000 \cdot 60,86}{\pi \cdot 85} = 228$ хв$^{-1}$.

– для поверхні 21: $n_{11} = \frac{1000 \cdot 43,47}{\pi \cdot 75,79} = 183$ хв$^{-1}$.

– для поверхні 10: $n_9 = \frac{1000 \cdot 60,86}{\pi \cdot 85} = 228$ хв$^{-1}$.

7. Приймаємо запаспортом верстата частоту обертання шпинделя:

– для поверхні 16: $n_{13д} = 200$ хв$^{-1}$.

– для поверхні 21: $n_{11д} = 180$ хв$^{-1}$.

– для поверхні 10: $n_{9д} = 200$ хв$^{-1}$.

8. Коректуємо швидкість різання:

$$V_д = \frac{\pi \cdot d \cdot n_д}{1000}, \quad (2.19)$$

– для поверхні 16: $V_{д13} = \frac{\pi \cdot 85 \cdot 200}{1000} = 53,38$ м/хв.

– для поверхні 21: $V_{д11} = \frac{\pi \cdot 43,47 \cdot 180}{1000} = 24,6$ м/хв.

– для поверхні 10: $V_{д9} = \frac{\pi \cdot 85 \cdot 200}{1000} = 53,38$ м/хв.

9. Потужність різання [14]:

$$N = N_{табл.} \cdot K_{N_м}, \quad (2.20)$$

де $K_{Nм} = 1,05$ [14].

– для поверхні 16: $N_{табл.} = 7,1$ кВт [14].

$N_{13} = 7,1 \cdot 1,05 = 7,45$кВт.

– для поверхні 21: $N_{табл.} = 7,6$ кВт [14].

$N_{11} = 7,6 \cdot 1,05 = 7,98$кВт.

– для поверхні 10: $N_{табл.} = 7,1$ кВт [14].

$N_9 = 7,1 \cdot 1,05 = 7,45$кВт.

10. Порівнюємо одержану потужність різання із потужністю приводу токарного верстата з ЧПК із умови виконання нерівності:

$$N_{різ} \le N_{шп}, \text{ кВт}, \quad (2.21)$$

де $N_{ШП}$ – потужність шпинделя верстата, кВт.

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{шп} = N_{д} \cdot \eta, \text{ кВт}, \quad (2.22)$$

де $N_{д}$ =10 кВт для токарного верстата з ЧПК;

η – ККД, η = 0,8.

$$N_{шп} = 10 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ кВт}.$$

$$N_{різ} = 7,98 \text{ кВт} < N_{шп} = 8 \text{ кВт}.$$

Потужність верстата достатня для виконання операції токарної обробки деталі. Відповідно, режими різання назначені правильно, обробка можлива.

11. Основний час оброблення трьох поверхонь:

$$T_{o} = \sum \frac{l_{i.}}{S_{o} \cdot n}, \quad (2.23)$$

$l_{1\text{-}2}$ = 34,75 мм; $l_{4\text{-}5}$ = 17 мм; $l_{5\text{-}6}$ = 19,55 мм;

$$T_{o} = \frac{34,75}{0,9 \cdot 200} + \frac{17}{0,74 \cdot 180} + \frac{19,55}{0,9 \cdot 200} = 0,19 + 0,13 + 0,11 = 0,43 \text{ хв}.$$

Аналогічно проведено розрахунки режимів різання для інших технологічних операцій виготовлення деталі “Корпус” Н026.029 і зведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі “Корпус” Н026.029

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T_m, хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S_m, мм/хв	T_o, хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна з ЧПК										
Перехід 2 Підрізання попереднє торця 16, витримуючи розмір $99,4_{-1,4}$; точіння попереднє поверхні 21, витримуючи розмір $\varnothing 77,9_{-0,74}$; точіння попереднє торця 10, витримуючи розмір 12±0,5 послідовне.	2,0	35	1	62	0,9	202	53,4	182	0,19	7,45
	4,55	18	1		0,74	181	24,7	134	0,13	7,98
	2,0	19,6	1		0,9	202	53,4	182	0,11	7,45

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 3										
Підрізання остаточне торця 16, витримуючи розмір $98,6_{-0,87}$; точіння зовнішньої фаски 13, витримуючи розмір $1,5\times45^{o}$; точіння остаточне поверхні 21, витримуючи розмір $\varnothing77_{-0,3}$; точіння остаточне торця 10, витримуючи розмір 12±0,2 послідовне.	0,8	24,77	1	62	0,74	282	66,8	212,9	0,11	5,4
	1,6	7,27	1		0,7	282	66,8	197	0,04	5,4
	0,45	8,91	1		0,9	251	58,9	227,8	0,04	5,2
	0,8	8,52	1		0,74	251	66,8	191	0,05	5,2
Перехід 4 Розточування попереднє отворів 7, 4, витримуючи розмір $\varnothing61,1^{+0,74}$; $98,6_{-0,87}$	1,8	116,8	1	62	0,96	356	65,9	341	0,34	1,8
Перехід 5 Розточування остаточне отвору 7 з підрізанням торця 17, витримуючи розміри $\varnothing64^{+0,3}$; 8±0,2; розточування попереднє отвору 4, витримуючи розміри $\varnothing61,75^{+0,3}$; 11,8±0,2; послідовне.	1,45	14,5	1	62	0,7	251	48,9	176	0,1	7,45
	0,325	16,9	1		0,56	282	52,8	157	0,1	5,7
Перехід 6 Розточування остаточне отвору 4, витримуючи розміри $\varnothing60^{+0,12}$; 11,8±0,2.	0,125	29,9	1	62	0,31	995	185	308	0,1	0,12
Перехід 7 Розточування внутрішньої канавки 14, витримуючи розміри $1,9^{+0,2}$; $\varnothing67^{+0,3}$	1,9	17	1	62	0,36	356	73	128	0,14	4,5
010 Токарна з ЧПК										
Перехід 2										

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Підрізання попереднє торця 15, витримуючи розмір $95,8_{-1,4}$; точіння попереднє поверхні 2, витримуючи розмір $\varnothing 93,2_{-0,87}$; точіння попереднє торця 23, витримуючи розмір 18±0,5 послідовне.	2,0	35	1	62	0,9	205	64	182	0,19	6,45
	3,9	21	1		0,74	182	52	135	0,16	6,82
	2,0	28	1		0,9	205	64	182	0,15	6,45
Перехід 3 Підрізання остаточне торця 15, витримуючи розмір $95_{-0,87}$; точіння зовнішньої фаски 26, витримуючи розмір $1,65\times45^{o}$; точіння попереднє поверхні 2, витримуючи розмір $\varnothing 92,3_{-0,22}$; точіння остаточне торця 23, витримуючи розмір 18±0,2 послідовне.	0,8	35	1	62	0,76	251	72	192	0,18	6,25
	1,75	7	1		0,7	251	72	177	0,04	6,7
	0,45	15	1		0,91	205	58	184	0,08	5,4
	0,8	28	1		0,76	205	70	152	0,18	5,5
Перехід 4 Точіння остаточне поверхні 2, витримуючи розмір $\varnothing 92_{-0,054}$; 18±0,2.	0,15	27	1	62	0,084	635	182	55	0,5	0,1
Перехід 5 Розточування попереднє отвору 1 з підрізанням торця 22, витримуючи розмір $\varnothing 68^{+0,74}$; 80,2±0,3.	3,45	99	1	62	0,96	357	74	342	0,3	1,8
Перехід 6 Розточування отвору 9 з підрізанням торця 3, витримуючи розміри $\varnothing 74^{+0,74}$; $59,2^{+1,2}$; розточування остаточне отвору 1 з остаточним	2,0	68	1	62	0,7	502	112	354	0,19	6,45
	3,0	24	1		0,56	502	115	284	0,08	5,6

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
підрізанням торця 22, витримуючи розміри $\varnothing 72^{+0,74}$; 19,8±0,2; розточування внутрішньої фаски 25, витримуючи розмір 1,5×30° послідовне.	1,5	5	1		0,56	502	115	284	0,02	2
Перехід 7 Розточування остаточне отвору 9 з підрізанням торця 3, витримуючи розміри $\varnothing 78^{+0,74}$; $60^{+1,2}$.	2,0	77	1	62	0,56	502	122	284	0,27	2,2
Перехід 8 Точіння зовнішньої канавки 5, витримуючи розміри $4^{+0,12}$; $\varnothing 87_{-0,22}$.	4,0	10	1	62	0,4	202	55	82	0,14	2,8
015 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2										
Свердління трьох отворі 18, 19, 20 одночасне, витримуючи розміри $\varnothing 12,5H14(^{+0,43})$; l=10мм; ∅112±0,2	6,25	16	1	46	0,11	470	18	52	0,32	0,74

Розрахунок технічних норм часу для 005 токарної з ЧПК операції проведено аналітичним методом, а для решти двох операцій на основі табличних даних.

Штучний час операції, що виконується на токарному верстаті з ЧПК [1]:

$$T_{ш} = (T_{ц} + T_{до}) \cdot \left(1 + \frac{к}{100}\right), \quad (2.24)$$

де $T_{ц}$ – час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі;

$$T_{ц} = T_{о} + T_{д}, \quad (2.25)$$

$T_{о}$ – основний час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі;

$$T_o = \sum_{i=1}^{n} \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \qquad (2.26)$$

L_i – довжина ходу при обробленні і-тої поверхні, мм;

S_i – подача інструменту, мм/хв;

$T_д$ – час на виконання допоміжних автоматичних дій;

$$T_д = T_{дi} + T_{дх}, \qquad (2.27)$$

де $T_{дi}$ – час зняття та встановлення інструмента в автоматичному циклі;

$$T_{дi} = (T_п + T_ф) \cdot k, \qquad (2.28)$$

де $T_{п.}$ – час повороту різцевої головки; $T_п = 0,016$ хв.

k – кількість різців;

$T_{ф.}$ – час фіксації різцевої головки; $T_{ф.} = 0,016$ хв.

$T_{дх}$ – час виконання переміщень без виконання процесу різання;

$$T_{дх} = \sum_{i=1}^{n} \frac{L_{xi}}{S_п}, \qquad (2.29)$$

де L_{xi} – довжина переміщень без виконання процесу різання;

$S_п$ – подача холостого ходу; для токарного верстата з ЧПК $S_п$=5000 мм/хв.

005 Токарна з ЧПК.

Визначаємо основний час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі:

$$T_o = 0,19 + 0,33 + 0,11 + 0,11 + 0,04 + 0,04 + 0,05 + 0,34 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + \\ + 0,14 = 2,1 \text{ хв.}$$

Визначаємо час виконання переміщень без виконання процесу різання (2.29):

$$T_{дх} = \frac{157,21 + 169,5855 + 286,4956 + 193,074 + 193,814 + 190,7536}{5000} = \\ = \frac{1190,9327}{5000} = 0,239 \text{ хв.}$$

Час зняття та встановлення інструмента в автоматичному циклі (2.28):

$$T_{ді} = (0,016 + 0,016) \cdot 4 = 0,128 \text{ хв.}$$

Час на виконання допоміжних автоматичних дій (2.27):

$$T_{д} = 0,128 + 0,239 = 0,367 \text{ хв.}$$

Час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі (2.25):

$$T_{ц} = 2,1 + 0,367 = 2,467 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час ручної роботи:

$$T_{до} = T_{доу} + T_{доп} + T_{дов}, \qquad (2.30)$$

де $T_{доу.}$ – час на встановлення та знімання деталі, хв;

$T_{доп}$ – час на виконання операції, хв;

$T_{дов}$ – час для контролю розмірів, хв.

Час на встановлення та знімання деталі $T_{доу} = 0,5$ хв. [1].

Час на виконання операції [1].

- встановлення деталі та інструмента по координатах, підналагодження: $t_1 = 0,32$ хв;
- перевірка переміщення інструментів: $t_2 = 0,15$ хв;
- встановлення і знімання щитка для захисту від емульсії: $t_3 = 0,05$ хв.

$$T_{доп} = 0,32 + 0,15 + 0,05 = 0,52 \text{ хв.}$$

4.3. Час для контролю розмірів:

- 98,6 h14($_{-0,87}$) – штангенциркулем – $t_{1в} = 0,14$ хв.;
- 1,5 ×45° – кутоміром тип 1-2– $t_{2в} = 0,23$ хв.;
- $\varnothing 64^{+0,3}$ – штангенциркулем– $t_{3в} = 0,07$ хв.;
- 10±0,2 – штангенглибиноміром ШГ-160– $t_{4в} = 0,08$ хв.;

- $\varnothing 62^{+0,12}$ – Калібр-пробкою ($\varnothing 62$) НЕ Н10 ПР Н10 – $t_{5в} = 0,25$ хв.;
- $12 \pm 0,2$ – шаблоном $12 \pm 0,2$ спеціальним – $t_{6в} = 0,05$ хв.;
- $1,9^{+0,2}$ – шаблоном (1,9) спеціальним – $t_{7в} = 0,05$ хв.;
- $\varnothing 67^{+0,4}$ – штангенциркулем спеціальним – $t_{8в} = 0,07$ хв.;

$$T_{дов} = \sum t_{iв} = 0,14 + 0,23 + 0,07 + 0,08 + 0,25 + 0,05 + 0,05 + 0,07 = 0,99 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{довд} = T_{дов} \cdot 0,3 = 0,99 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{доп} = 0,5 + 0,52 + 0,3 = 1,32 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{оп.} = T_{ц} + T_{доп}, \quad (2.31)$$

$$T_{оп.} = 2,467 + 1,32 = 3,787 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.24):

$$T_{шт} = 3,787 \cdot (1 + \frac{9}{100}) = 4,12 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2.31)$$

де n = 317 шт, $T_{пз} = 50$ хв.

$$T_{шт.к.} = 4,12 + \frac{50}{317} = 4,28 \text{ хв.}$$

010 Токарна з ЧПК

1. Основний час:

$$T_{о.} = 0,19 + 0,16 + 0,15 + 0,18 + 0,04 + 0,08 + 0,18 + 0,5 + 0,3 + 0,19 + 0,08 + \\ + 0,02 + 0,27 + 0,14 = 2,48 \text{ хв.}$$

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к} = \Psi_к \cdot T_о . \quad (2.32)$$

$$T_{шт.к010} = 2,08 \cdot 2,48 = 5,16 \text{ хв.}$$

015 Вертикально-свердлильна а.

1. Основний час: $T_{о015} = 0,32$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к015} = 2,1 \cdot 0,32 = 0,67 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.7 представлено результати розрахунку норм часу.

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу виготовлення деталі “Корпус” Н026.029

Номер та назва операції	$T_о$, хв	Допоміжний час, $T_д$ хв			$T_{оп}$, хв	Час обслуговування, $T_{об}$, хв			$T_{шт}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	n	$T_{шт.к}$, хв
		$T_{у.}$	$T_{пер}$	$T_{вим}$		$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$	$T_{відп.}$				
005 Токарна з ЧПК	2,1	0,5	0,52	0,3	3,787	0,333			4,12	50	317	4,28
010 Токарна з ЧПК	2,48	-	-	-	-	-			-	-		5,16
015 Вертикально-свердлильна	0,32	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,67

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для одночасного свердління трьох отворів деталі “Корпус” Н026.029 на 015 вертикально-свердлильній операції проведено проектування спеціального кондуктора та трьохшпиндельної свердлильної головки.

На операції 015 одержуються розміри: 3 отвори ∅12,5Н14($^{+0,43}$), які отримуються свердлами; розмір розташування отворів ∅112±0,2, який отримується за допомогою кондукторних втулок.

Деталь у кондукторі встановлюється на циліндричну базу із зазором по отвору ∅62Н10 і з упором в торець, а остаточне базування виконується упором 17 по зовнішній циліндричній поверхні ∅92h8, що є конструкторською базою на кресленні для розташування отворів. В описаного базування деталь позбавляється п’яти степенів вільності. Остання степінь вільності деталі усувається за допомогою фіксуючого механізму з призмою 10, що є у взаємодії із радіусними поверхнями деталі. Переміщення призми 10 виконується ручкою 12 та пальцем 11 після цього закріплюється фіксатором 15 та кнопкою 16.

Для затиску деталі в даному кондукторі використовується сила подачі свердлильної головки та дві пружини.

Затиск деталі виконується свердлильною головкою під час її переміщення до деталі та стискання пружин, які розташовані на колонах кондуктора, які притискають кондукторну плиту, що затискає за допомогою упора 17 деталь. Трьохшпиндельна свердлильна головка на втулках розміщується на напрямних 3 кондуктора та закріплюється затискачами 5.

Креслення кондуктора та трьохшпиндельної свердлильної головки представлено у графічній частині.

Похибку встановлення заготовки деталі “Корпус” Н026.029 у кондукторі знаходимо за формулою [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 = \sqrt{\Delta_б^2 + \Delta_з^2 + \Delta_{пр}^2}\ . \qquad (3.1)$$

Необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена, якщо похибка встановлення заготовки буде меншою за допуск розмірів деталі, які досягають під час свердління [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 \le \Delta\varepsilon_{1д}\,. \qquad (3.2)$$

Схема базування деталі “Корпус” Н026.029 у кондукторі зображена на рис. 3.1.

Точність розміру отвору ∅12,5Н14($^{+0,43}$) витримується за рахунок свердла, тому похибка установки на цей розмір буде дорівнювати нулю, тобто $\Delta\varepsilon_{1\varnothing 12,5} = 0$.

Похибка установки більше нуля буде тільки на розмір ∅112±0,2.

Похибка базування розраховуємо за формулою [15]:

$$\Delta\varepsilon_{б.} = S_{max}\,, \qquad (3.3)$$

де $S_{max.}$ – зазор між упором та базовою циліндричною поверхнею заготовки.

Зазор між упором та базовою циліндричною поверхнею заготовки:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min}\,, \qquad (3.4)$$

де $D_{max.}$– максимальний розмір упора;

d_{min} – мінімальний розмір базової циліндричної поверхні заготовки.

$$D_{max} = D_n + ES_{.}, \qquad (3.5)$$

де D_n – номінальний розмір упора;

$ES_{.}$ – верхнє відхилення базової циліндричної поверхні заготовки.

$$d_{min} = d_n + ei\,, \qquad (3.6)$$

де d_n – номінальний розмір базової циліндричної поверхні заготовки;

ei – нижнє відхилення розміру базової циліндричної поверхні заготовки.

Розмір отвору упора ∅92H9($^{+0,087}$).

Розмір базової циліндричної поверхні заготовки – ∅92h8($_{-0,054}$).

Підставляємо дані у формули (3.3) – (3.6):

$$D_{max.} = 92 + 0,087 = 92,087 \text{ мм.}$$

$$d_{min} = 92 + (-0,054) = 91,946 \text{ мм.}$$

$$S_{max.} = 92,087 - 91,946 = 0,141 \text{ мм.}$$

Похибка базування: $\Delta_{б.} = 0,141 \text{ мм} = 141 \text{ мкм.}$

Похибка закріплення $\Delta_з = 90$ мкм. при установці деталі на оправку.

Похибка пристосування $\Delta_{пр} = 30$ мкм.

Розраховуємо похибку установки:

$$\Delta\varepsilon_1 = \sqrt{141^2 + 90^2 + 30^2} = 170 \text{ мкм.} = 0,17 \text{ мм.}$$

Визначаємо допустиму похибку при свердлінні отворів в розмір ∅112±0,2:

$$\Delta\varepsilon_{1д} = \delta \quad , \qquad (3.7)$$

де δ – допуск розміру, δ = 0,4 мм.

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,17 \text{мм} < 0,4 \text{мм}.$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у кондукторі буде забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Розрахунок силових параметрів затиску заготовки деталі “Корпус” Н026.029 у розробленому кондукторі проведено для одночасного свердління

трьох отворів, витримуючи розміри ∅12,5Н14($^{+0,43}$) із застосуванням трьохшпиндельної свердлильної головки та виникненням моментів різання свердлами.

На рис. 3.2 представлено схему, що застосовано для розрахунку силових параметрів при затиску заготовки.

Перевіряємо можливість свердління за потужністю верстата, забезпечуючи умову:

$$N_{верст.} > \frac{N_{гол.сум.}}{\eta_{верст.}}, \qquad (3.8)$$

де $N_{верст.}$ – потужність головного приводу вертикально-свердлильного верстата $N_{верст.}$=4 кВт;

$N_{гол.сум.}$ – сумарна потужність при одночасному свердлінні трьох отворів;

$\eta_{верст.}$ – коефіцієнт корисної дії.

$$N_{гол.сум.} = \frac{K \cdot N}{\eta_{гол.}}, \qquad (3.9)$$

де К – кількість свердл, що одночасно виконують процес різання, К=3;

N – потужність різання одним свердлом;

$\eta_{гол.}$ – коефіцієнт корисної дії свердлильної головки.

Потужність різання одним свердлом [14]:

$$N = \frac{M_{кр.} \cdot n}{9750}, \qquad (3.10)$$

де $M_{кр.}$ – крутний момент при свердлінні;

n– частота обертання свердла n = 470 хв$^{-1}$;.

Крутний момент різання [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_м \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_р, \qquad (3.11)$$

де $C_М$ = 0,021; q = 2,0; y = 0,8 [14];

D = 12,5 мм;

S = 0,11 мм/об.

$$K_{мр} = \left(\frac{НВ}{190}\right)^n \text{ [14];}$$

n = 0,6 [14];

$$K_{мр} = \left(\frac{230}{190}\right)^{0,6} = 1,12 \text{ [14].}$$

Отже, $M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 12,5^{2,0} \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,12 = 6,29 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

Потужність різання одним свердлом (3.8):

$$N = \frac{6,29 \cdot 470}{9750} = 0,3 \text{кВт}.$$

Сумарна потужність при одночасному свердлінні трьох отворів (3.9):

$$N_{гол.сум.} = \frac{3 \cdot 0,3}{0,9} = 1 \text{кВт}.$$

Перевіряємо умову (3.8):

$$\frac{1}{0,8} = 1,25 \text{кВт} < N_{верст.} = 4,0 \text{кВт}.$$

Отже, потужність верстата достатня для обробки заготовки.

Перевірка за сумарною силою подачі (осьовою силою різання $P_о$):

$$P_{гол.сум.} = K \cdot P_о \le P_{верст.тах}. \qquad (3.12)$$

Для вертикально-свердлильного верстата 2Н135 допустиме осьове навантаження становить $P_{верст.max}$=15000Н.

Осьова сила різання свердлом [14]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \qquad (3.13)$$

де C_p = 42,7; q = 1,0; y = 0,8 [14].

$K_{мр} = \left(\frac{НВ}{190}\right)^n$ [14];

n = 0,6 [14];

$K_{мр} = \left(\frac{230}{190}\right)^{0,6} = 1,12$ [14].

Отже, $P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 12,5^{1,0} \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,12 = 1023$ Н.

Сумарна осьова сила буде складати:

$$P_{гол.сум.} = 3 \cdot 1023 = 3069 \text{Н}.$$

Перевіряємо умову (3.12):

$$3069 \text{ Н} < 15000 \text{ Н}.$$

Умова виконується, отже обробка на даних режимах можлива.

Перевірка за силою затиску заготовки:

$$P_{верст.max} > W. \qquad (3.14)$$

Сила затиску заготовки [15]:

$$W = \frac{K \cdot M_{кр.} \cdot K_1}{\frac{1}{3} \cdot f\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}\right)}, \qquad (3.15)$$

де K_1=2,5 – коефіцієнт запасу,

$$W = \frac{3 \cdot 6,29 \cdot 2,5}{\frac{1}{3} \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{0,077^3 - 0,064^3}{0,077^2 - 0,064^2}\right)} = 5242\text{Н}.$$

Перевіряємо умову (3.14):

$$W = 5242\text{Н} < P_{верст.max} = 15000\text{Н}.$$

Отже, деталь буде надійно затиснута кондукторною плитою при свердлінні.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги до виробничих і допоміжних приміщень для забезпечення безпечних умов роботи (техніко-санітарний аспект)

Виробничі приміщення повинні проєктуватися відповідно до технологічних регламентів та з урахуванням норм охорони праці і санітарного законодавства. Конструктивні характеристики приміщень мають забезпечувати мінімізацію дії несприятливих виробничих факторів, таких як шум, вібрація, теплове перевантаження, аерозольне, газове чи пилове забруднення.

Приміщення повинні мати достатній рівень природного і штучного освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Система вентиляції має забезпечувати нормативний повітрообмін згідно з ДСанПіН 3.3.6.042-99. Висота стелі не повинна бути меншою ніж 3,2 м, а об'єм і площа на одного працівника мають відповідати гігієнічним нормативам (не менше 15 $м^3$ і 4,5 $м^2$ відповідно, а для операторів ПЕОМ — не менше 20 $м^3$ і 6 $м^2$ відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Виробничі зони з підвищеним виділенням тепла або токсичних речовин повинні розташовуватись біля зовнішніх огороджень будівель, а в багатоповерхових спорудах — на верхніх рівнях. Підлогове покриття має бути антиковзким, термостійким, хімічно стійким і вологощільним, виготовленим із матеріалів, що не абсорбують агресивні речовини.

Оздоблення стін і стель має відповідати вимогам до звукоізоляції, теплоізоляції, вогнестійкості та санітарної обробки. Допускається застосування матеріалів з високою стійкістю до агресивних середовищ (керамічна плитка, алкідні фарби, епоксидні покриття тощо). У виробничих зонах з підвищеним рівнем пилу рекомендується впровадження механізованих систем очищення — промислові пилососи або системи гідрозмивання.

Щодо допоміжних приміщень, їх класифікація охоплює адміністративні, санітарно-побутові, медичні, громадського харчування, культурного

обслуговування, навчально-організаційні та інші. Їх розміщення повинне передбачати мінімальний вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Висота допоміжних приміщень має відповідати нормативам: не менше 3,3 м для окремо розташованих будівель, 2,4 м — для вбудованих. Просторові параметри (площа і об'єм) розраховуються на підставі санітарних норм для забезпечення необхідного мікроклімату, безпечного пересування і ергономіки праці.

Гігієнічні вимоги до санітарно-побутових приміщень передбачають наявність вологостійких покриттів для підлоги, стін і перегородок, що допускають багаторазове вологе прибирання із застосуванням дезінфекційних засобів. У душових і гардеробах застосовуються шафи стандартних габаритів (висота — 1650 мм, ширина — 250...400 мм, глибина — 300 мм) із корозійностійких матеріалів.

Щодо технічної естетики, то колористичне оформлення виробничого середовища має відповідати принципам ергономіки і психології праці. Вибір кольору повинен базуватись на функціональному призначенні приміщення та характері виробничого процесу. Наприклад, у зонах високої зорової напруги використовуються приглушені тони, тоді як у приміщеннях з монотонною працею — динамічні, теплі кольори. Проєктування колористичного рішення повинно узгоджуватись з вимогами санітарних норм та відповідних галузевих норм.

Таким чином, комплексне забезпечення безпеки праці через конструктивні, санітарно-гігієнічні та естетичні вимоги до приміщень створює передумови для підвищення продуктивності праці, зниження рівня професійних захворювань та мінімізації виробничого травматизму.

4.2. Нормативно-правове та нормативно-технічне регулювання системи управління охороною праці на підприємстві

Система нормативно-правового забезпечення охорони праці на

підприємстві включає комплекс чинних законодавчих, підзаконних та відомчих актів, а також внутрішніх локальних документів, які регламентують безпечні умови виробничої діяльності, експлуатацію обладнання, використання технологічних процесів, засоби індивідуального та колективного захисту, вимоги до навчання персоналу та професійного інформування.

Відповідно до статті 28 Закону України «Про охорону праці», основними документами у сфері охорони праці є нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП) — уніфіковані правила, норми, положення, стандарти, інструкції та інші регламентуючі документи, обов'язкові до виконання всіма суб'єктами господарювання незалежно від форми власності. НПАОП становлять нормативно-технічну основу функціонування системи управління охороною праці (СУОП) та розробляються Державною службою України з питань праці (Держпраці) за участю соціальних партнерів — профспілок, Фонду соціального страхування, галузевих експертних рад, із погодженням з відповідними органами виконавчої влади.

Регламентом встановлено періодичність перегляду НПАОП не рідше одного разу на 10 років або раніше — у разі впровадження інноваційних технологій, нових матеріалів, технічних засобів безпеки, що вимагають актуалізації вимог. Водночас кожен стандарт, технічні умови (ТУ), проєктна та конструкторська документація на обладнання й технології повинні містити обов'язкові розділи з питань охорони праці та погоджуватись із територіальними органами державного нагляду.

Нормативно-правова база поширюється також на сфери професійної підготовки, перепідготовки та виробничої практики. Вона є обов'язковою для дотримання у виробничих лабораторіях, майстернях, цехах і дільницях, функціонуючих у межах освітніх закладів будь-якого рівня. Учні, студенти та слухачі професійно-технічних закладів, які проходять виробниче навчання під керівництвом штатного персоналу підприємств, підпадають під дію нормативів охорони праці на рівні найманих працівників.

Важливо розмежовувати державні нормативно-правові акти з охорони

праці (НПАОП) і відомчі документи (інструкції, стандарти підприємств, галузеві рекомендації), які деталізують загальні вимоги відповідно до специфіки виробництва та затверджуються міністерствами, корпораціями, асоціаціями чи безпосередньо підприємствами.

Роботодавець несе повну відповідальність за дотримання чинних НПАОП. У випадках, коли усунення небезпечних або шкідливих виробничих факторів є тимчасово неможливим, він зобов'язаний:

- проінформувати орган державного нагляду за охороною праці;
- обґрунтувати звернення щодо відтермінування виконання певних вимог;
- запропонувати компенсуючі технічні та організаційні заходи безпеки;
- поінформувати персонал про прийняте рішення та терміни виконання заходів.

Орган державного нагляду, у свою чергу, може провести експертизу обґрунтування, оцінити ефективність запропонованих заходів і як виняток — ухвалити рішення про встановлення перехідного періоду для виконання нормативних вимог.

У межах підприємства власник або уповноважений ним орган зобов'язаний затверджувати локальні нормативні акти з охорони праці. Ці документи (наприклад, Положення про систему управління охороною праці, інструкції з охорони праці, накази, регламенти, технічні паспорти безпечної експлуатації обладнання) не можуть суперечити або знижувати рівень безпеки, встановлений НПАОП.

Основні компетенції локальних нормативних актів:

- регламентація функціонування СУОП;
- чіткий розподіл функціональних обов'язків та відповідальності посадових осіб;
- планування профілактичних заходів і програм з безпеки праці;
- організація атестації робочих місць за умовами праці;

- визначення порядку експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки (наприклад, підіймальних споруд, тискових ємностей, котлів, компресорів);
- організація інструктажів, періодичного навчання та перевірки знань з питань охорони праці;
- розробка технологічних карт і маршрутів безпечного виконання робіт;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), спецодягом, мийними і знезаражувальними засобами;
- регламентація обов’язкових медичних оглядів;
- визначення процедур ознайомлення з умовами праці при прийомі на роботу;
- впровадження процедур інформування працівників про зміни у нормативній базі.

Для розробки локальних нормативних документів створюється робоча група, визначаються відповідальні виконавці, графік робіт та процедура узгодження. Усі нормативні документи, прийняті на рівні підприємства, підлягають реєстрації та централізованому обліку згідно з внутрішніми інструкціями з документообігу.

Таким чином, функціонування системи охорони праці базується на ієрархії нормативно-правових і нормативно-технічних актів, з обов’язковою прив’язкою до специфіки виробництва, рівня технологічного ризику та законодавчо визначених стандартів безпеки праці.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталь “Корпус” Н026.029 застосовується як додаткова опора з підшипником кочення вихідного вала редуктора скребкового конвеєра. Використовується для встановлення та фіксації вала підшипника кочення із сприйняттям навантажень від привідного колеса робочого елемента скребкового конвеєра. Деталь відповідно до креслення виготовляється із сірого чавуну СЧ20.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає великосерійному типу виробництва. Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва.

Тому у проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: для виготовлення заготовки використано литво в піщані форми із ручним методом формування; токарне оброблення поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість токарного багаторізцевого та багатошпиндельного токарного напівавтомата; свердління трьох отворів ∅12,5Н14 виконується одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки. Застосовуються інструменти та технологічне оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволяють підвищити окупність та гнучкість виготовлення деталі “Корпус” Н026.029 для умов середньосерійного типу виробництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кущак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.

2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.

3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.

4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.

5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.

6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.

7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.

8. 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.

9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 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. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

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

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

14. 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.

15. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.