

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 948.214.845 промислового світильника

Виконав: студент IV курсу, групи МПЗс-41
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

Фурман С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення корпусу 948.214.845 промислового світильника” студента групи МПЗс-41 Фурмана С.М.
Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи є вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 948.214.845 з урахуванням вимог великосерійного виробництва.

У першій частині на основі виконаних аналітичних розрахунків та встановлених критеріїв технологічності проведено комплексну оцінку конструкції деталі. За сукупністю якісних і кількісних показників встановлено, що деталь «Корпус» 948.214.845 відповідає вимогам технологічності. Здійснено детальний аналіз робочого креслення і технічних вимог. У результаті аналізу технологічного процесу виготовлення корпусу 948.214.845 на підприємстві встановлено ознаки, характерні для дрібносерійного виробництва. Зокрема, передбачено використання універсального технологічного обладнання без засобів автоматизації. Для базування та закріплення заготовок на верстатах застосовуються пристрої з ручним приводом затискних механізмів. Свердління отворів здійснюється із використанням спеціальних пересувних і поворотних кондукторів.

З урахуванням заданої річної програми випуску $N = 145000$ шт., яка відповідає великосерійному типу виробництва, у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, скорочення допоміжного часу та підвищення рівня механізації і спеціалізації обладнання та оснащення.

У другій частині проведено порівняння способів виготовлення заготовок корпусу. Застосування способу формування заготовки деталі “Корпус” 948.214.845 литтям під тиском дозволяє забезпечити вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж литтям в піщані форми, тому для проектування

технологічного процесу виготовлення деталі вибрано перший спосіб одержання заготовки.

У процесі розроблення технологічного маршруту виконано обґрунтований вибір металорізального обладнання, різальних та вимірювальних інструментів, визначено раціональні величини припусків на обробку, розраховано режими різання та встановлено технічно обґрунтовані норми часу. Сформовано структурно впорядкований технологічний процес механічної обробки деталі, який забезпечує досягнення заданих показників якості поверхонь.

У третій частині розроблено конструкцію спеціального затискного пристрою для реалізації багатопозиційної обробки отворів деталі на агрегатній операції 020.

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. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.2. Вибір технологічних баз.....	
2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.4. Визначення припусків на оброблення.....	
2.5. 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. Основні санітарно-гігієнічні вимоги до території підприємств, розміщення будівель і споруд.....	
4.2. Основні правила техніки безпеки під час роботи на шліфувальних і заточних верстатах.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 948.214.845 з урахуванням вимог великосерійного виробництва. Деталь “Корпус” 948.214.845 є складовою частиною промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення промислових та складських об’єктів, зокрема підприємств коксохімічної, цементної та цегельної промисловості. Функціональне призначення деталі полягає у забезпеченні просторового розташування та фіксації конструктивних елементів виробу з дотриманням заданої взаємної орієнтації та захисту від негативного впливу навколишнього середовища. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” 948.214.845 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає великосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу виникає необхідність у забезпеченні комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, скорочення допоміжного часу та підвищення рівня механізації і спеціалізації обладнання та оснащення: для отримання заготовки застосовуються високоточні способи лиття, зокрема лиття під тиском, що забезпечує формування тонкостінних ребер жорсткості та скорочує обсяг подальшого механічного оброблення; операцію проточування зовнішнього діаметра та підрізання торця доцільно виконувати на токарному багатошпиндельному горизонтальному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням; свердління малих отворів і нарізання в них різьби здійснюється на агрегатних верстатах-напівавтоматах, оснащених багатоінструментальними налагодженнями та багатошпиндельними головками; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовуються комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 948.214.845 є складовою частиною промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення промислових та складських об’єктів, зокрема підприємств коксохімічної, цементної та цегельної промисловості. Функціональне призначення деталі полягає у забезпеченні просторового розташування та фіксації конструктивних елементів виробу з дотриманням заданої взаємної орієнтації та захисту від негативного впливу навколишнього середовища.

До основних поверхонь деталі, за допомогою яких виконується кріплення інших деталей світильника належать: зовнішня торцева поверхня $87h14_{(-0,87)}$; $Ra12,5$; три різьбові отвори $M6-7H$, $Ra\ 6,3$ з міжосьовою відстанню $98\pm0,15$ для кріплення розсіювача світла; торцева кільцева канавка з $4H14^{(+0,25)}$; $Ra12,5$, призначена для встановлення полімерного ущільнювального елемента з наступним кріпленням і позиціонуванням кришки, що дозволяє забезпечити герметизацію внутрішнього об’єму світильника; два отвори діаметром $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27\pm0,2$; $Ra12,5$ можуть використовуватись для встановлення заглушок або для підведення додаткових кабелів при послідовному кріпленні деякого масиву світильників; різьбовий отвір $M16\times1,5-7H$, $Ra\ 6,3$ для встановлення фланцевого вузла, який забезпечує герметичний ввід кабелю та його фіксацію за допомогою сальникового ущільнення; два різьбових отвори $M4-7H$; $Ra6,3$, $36\pm0,15$ для кріплення кронштейна світильника, за допомогою якого світильник закріплюють на елементах будівельної конструкції; два отвори $\varnothing 3,8H14^{(+0,3)}$; $Ra12,5$, $85\pm0,15$ для встановлення елементів керування світильником, що кріпиться за допомогою саморізів; отвір $\varnothing 10H7^{(+0,015)}$, $Ra1,6$ для встановлення системи іскрогасіння; різьбовий отвір $M4-7H$; $Ra6,3$, $9\pm0,12$

для загвинчування гвинта фіксації елементів; різьбовий отвір М4-7Н; Ra6,3, 45±0,2 для приєднання провідника заземлення.

Інші поверхні, зокрема сферична, бобишки і ребра жорсткості не підлягають механічному обробленню, визначають конфігурацію корпусу.

Деталь «Корпус» 948.214.845, відповідно до вимог робочого креслення, передбачено виготовляти зі сплаву АК12 системи Al-Si (алюміній–кремній). Аналогами є сплави EN AC-44200/AlSi12(a) (Євросоюз), A14130 (США). Вибір зазначеного конструкційного матеріалу обумовлений сукупністю експлуатаційних та технологічних вимог, яким повинен відповідати промисловий світильник у процесі тривалої роботи в різних виробничих умовах. До основних переваг сплаву АК12 належать підвищена корозійна стійкість, високі ливарні властивості, добра заповнюваність форми, незначна схильність до утворення усадкових дефектів, а також мала питома маса порівняно зі сталями та чавунами. Застосування даного сплаву дає змогу знизити загальну масу виробу, покращити тепловідвід та забезпечити належну надійність корпусу при експлуатації.

Хімічний склад сплаву характеризується підвищеним вмістом кремнію, частка якого становить близько 12%, що забезпечує покращення рідкотекучості розплаву, підвищення зносостійкості та стабільність геометричних параметрів литої заготовки. Крім того, наявність кремнію позитивно впливає на формування структури матеріалу та його експлуатаційні властивості.

У таблицях 1.1 та 1.2 наведено детальні відомості щодо хімічного складу сплаву АК12, а також результати механічних випробувань, які характеризують його міцність, твердість, пластичність та інші фізико-механічні показники.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК12 ДСТУ 2839-94, %

Алюміній	Кремній	Кальцій	Титан	Мідь	Цинк	Магній	Цирконій
		не більше					
основа	10-13	0,08	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1

Таблиця 1.2 – Результати механічних випробувань сплаву АК12 ДСТУ 2839-94

Спосіб лиття	Вид термообробки	Густина, ρ , г/см ³	σ_r , МПа	Відносне видовження, %	Твердість, НВ
в кокіль	—	2,55-2,6	157	2,0	50
під тиском	—		157	1,0	50
в кокіль	відпал		147	3,0	50
під тиском	відпал		147	2,0	50

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для розроблення раціонального технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» 948.214.845 на початковому етапі здійснено детальний аналіз технічних вимог, наведених у конструкторській документації, а також оцінювання показників якості оброблюваних поверхонь. Такий аналіз є необхідним для обґрунтованого вибору методів механічного оброблення, визначення послідовності технологічних операцій, призначення технологічних баз та забезпечення заданої точності виготовлення. За результатами проведеного аналізу всі функціональні поверхні корпусу пронумеровано для подальшого формування маршруту обробки та наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги до поверхонь деталі “Корпус” 948.214.845

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Отвір з різьбою М4-7Н; l=10	12	Ra6,3
2, 3, 4	Три фаски 1×45°	14	Ra12,5
5	Циліндрична поверхня $\varnothing 126h14_{(-0,87)}$	14	Ra12,5
6	Отвір з різьбою М4-7Н; l=12	12	Ra6,3
7, 8	Дві фаски 0,7×45°	14	Ra12,5
9	Отвір $\varnothing 3,3^{+0,14}$; $9\pm 0,12$; l=8 для нарізання різьби М4-7Н	12	Ra6,3
10, 11, 12	Три отвори з різьбою М6-7Н; l=14	12	Ra6,3
14	Кільцева канавка 4Н14($^{+0,25}$); 3,5h14($_{(-0,25)}$); 2,5±0,2	14	Ra12,5

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
15	Фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,5
16, 17	Два отвори $\varnothing 3,3^{+0,14}$; $36 \pm 0,15$; $l=12$ для нарізання різьби М4-7Н	12	Ra6,3
18	Отвір $\varnothing 10H7(^{+0,015})$, $l=5$	7	Ra1,6
19	Отвір $\varnothing 20H14(^{+0,043})$	14	Ra12,5
20, 21	Торцеві поверхні $87h14(-_{0,87})$	14	Ra12,5
22	Отвір з різьбою М16 $\times$ 1,5-7Н; $l=12$	12	Ra6,3
23, 24, 25	Три отвори $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=20$ для нарізання різьби М6-7Н, $98 \pm 0,15$	12	Ra6,3
26, 27	Два отвори $\varnothing 3,8H14(^{+0,3})$; $l=10$; $85 \pm 0,2$	14	Ra12,5
28	Отвір $\varnothing 14,37^{+0,2}$; $l=20$ для нарізання різьби М16 $\times$ 1,5-7Н	12	Ra6,3
29	Отвір $\varnothing 3,3^{+0,14}$; $45 \pm 0,2$; $l=17$ для нарізання різьби М4-7Н	12	Ra6,3
30, 31	Два отвори $\varnothing 20H14(^{+0,52})$; $27 \pm 0,26$	14	Ra12,5
32, 33	Два отвори з різьбою М4-7Н; $l=10$	12	Ra6,3

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Під час оцінювання технологічності деталі «Корпус» 948.214.845 враховано річну програму випуску в обсязі 145000 шт., що за прийнятою класифікацією відповідає великосерійному типу виробництва. При такому типі виробництва необхідне застосування способів одержання заготовок корпусу, що мають високу продуктивність, використання спеціалізованого технологічного оснащення з механічним затиском заготовок. Проведено аналіз вимог конструкторської документації щодо параметрів точності та властивостей поверхні корпусу.

Матеріал деталі ливарний алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується високою корозійною стійкістю, задовільними показниками міцності, достатніми для експлуатації промислового світильника, зменшеною

питомою густиною порівняно зі сталями та чавунами. Використання цього сплаву забезпечує зменшення маси корпусу та можливість одержання тонкостінних елементів, що добре відводять тепло від електричних компонентів. За умови дотримання технології лиття можливо забезпечити необхідну герметичність корпусу.

Конструкція корпусу є технологічною з позиції забезпечення механічного оброблення поверхонь, раціонального базування та надійного закріплення заготовки під час виконання чорнових і чистових операцій технологічного процесу. Міцність деталі додатково підвищено за рахунок доданих 15 зовнішніх та 4 внутрішніх ребер жорсткості, рівномірно розміщених на сферичній поверхні корпусу, що дозволяє сприймати сили затиску і різання без суттєвих пружних деформацій.

Для забезпечення точності оброблення поверхонь на першій операції доцільно провести проточування торцевої поверхні та зовнішньої циліндричної поверхні, що будуть серед основних технологічних баз на наступних операціях. Тому на першій операції необхідно виконати підрізання торця 20 у розмір $88,4h14_{(-0,87)}$ мм, проточування зовнішньої циліндричної поверхні 5, витримуючи розмір $\varnothing 126h14_{(-0,87)}$.

Для механічного оброблення торців, отворів, різьбових поверхонь можливе застосування стандартних різальних інструментів: різців, фрез, свердел, зенкерів, розверток, мітчиків тощо. Для оброблення торцевої канавки необхідно застосувати спеціальний різець. Як основне технологічне обладнання доцільно використовувати токарний напівавтомат, свердлильні, фрезерні, агрегатні верстати, використовуючи принцип концентрації операцій, що економічну ефективність в умовах великосерійного виробництва.

Таким чином, аналіз сукупності якісних характеристик показав, що деталь «Корпус» 948.214.845 є технологічно доцільною та придатною до виготовлення в умовах великосерійного виробництва із забезпеченням заданих параметрів точності, високої продуктивності процесу та зниження виробничих витрат.

Додатково до якісного аналізу здійснено кількісну оцінку технологічності

конструкції із використанням основних узагальнених показників: коефіцієнта точності, коефіцієнта шорсткості та коефіцієнта уніфікації. Розрахунки виконано відповідно до діючих методичних положень із використанням даних табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{12 \cdot 16 + 14 \cdot 15 + 7 \cdot 1}{32} = 12,78;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,78} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь “Корпус” 948.214.845 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 16 + 3 \cdot 15}{32} = 3,56,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,56} = 0,28.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,28 > 0,16$ деталь “Корпус” 948.214.845 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{27}{32} = 0,84.$$

При $K_{\text{у.е.}} = 0,84 > 0,6$ деталь “Корпус” 948.214.845 є технологічною.

Таким чином, за кількісними показниками деталь “Корпус” 948.214.845 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Перелік основного технологічного обладнання, що використовується для виконання операцій базового технологічного процесу виготовлення корпусу 948.214.845 представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технологічне обладнання операцій базового технологічного процесу виготовлення корпусу 948.214.845

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон кулачковий Кулачки спеціальні
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон кулачковий Кулачки спеціальні
015 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6P12	Пристрій спеціальний із ручним приводом затиску
020-035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Кондуктори спеціальні пересувні
040 - 075 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H135	Кондуктори спеціальні стаціонарні із ручним приводом затиску
080-105 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Підставки спеціальні із ручним приводом затиску
110-130 Різенарізна	Різенарізний верстат мод. 2056	Підставки спеціальні із ручним приводом затиску

У результаті аналізу технологічного процесу виготовлення корпусу 948.214.845 на підприємстві встановлено ознаки, характерні для дрібносерійного виробництва. Зокрема, передбачено використання універсального технологічного обладнання без засобів автоматизації. Для базування та закріплення заготовок на верстатах застосовуються пристрої з ручним приводом затискних механізмів. Свердління отворів здійснюється із використанням спеціальних пересувних і поворотних кондукторів. Механічна обробка поверхонь деталі виконується

стандартним універсальним ріжучими інструментами (різцями, свердлами, зенкерами, мітчиками тощо).

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині здійснено детальний аналіз технічних вимог, наведених у конструкторській документації, а також оцінювання показників якості оброблюваних поверхонь деталі “Корпус” 948.214.845 як складовою частиною промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення промислових та складських об’єктів, зокрема підприємств коксохімічної, цементної та цегельної промисловості. Аналіз сукупності якісних характеристик показав, що деталь «Корпус» 948.214.845 є технологічно доцільною та придатною до виготовлення в умовах великосерійного виробництва із забезпеченням заданих параметрів точності, високої продуктивності процесу та зниження виробничих витрат.

Матеріал деталі ливарний алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується високою корозійною стійкістю, задовільними показниками міцності, достатніми для експлуатації промислового світильника, зменшеною питомою густиною порівняно зі сталями та чавунами. Використання цього сплаву забезпечує зменшення маси корпусу та можливість одержання тонкостінних елементів, що добре відводять тепло від електричних компонентів. За умови дотримання технології лиття можливо забезпечити необхідну герметичність корпусу.

Для забезпечення точності оброблення поверхонь на першій операції доцільно провести проточування торцевої поверхні та зовнішньої циліндричної поверхні, що будуть серед основних технологічних баз на наступних операціях. Тому на першій операції необхідно виконати підрізання торця 20 у розмір $88,4h14_{(-0,87)}$ мм, проточування зовнішньої циліндричної поверхні 5, витримуючи розмір $\varnothing 126h14_{(-0,87)}$.

Для механічного оброблення торців, отворів, різьбових поверхонь

можливе застосування стандартних різальних інструментів: різців, фрез, свердел, зенкерів, розверток, мітчиків тощо. Для оброблення торцевої канавки необхідно застосувати спеціальний різець.

У результаті аналізу технологічного процесу виготовлення корпусу 948.214.845 на підприємстві встановлено ознаки, характерні для дрібносерійного виробництва. Зокрема, передбачено використання універсального технологічного обладнання без засобів автоматизації. Для базування та закріплення заготовок на верстатах застосовуються пристрої з ручним приводом затискних механізмів.

Річна програма випуску, що становить 145 000 шт. відповідно до завдання, характеризує великосерійний тип виробництва. У зв'язку з цим під час розроблення проектного технологічного процесу доцільно передбачити такі удосконалення:

- для отримання заготовки застосувати високоточні способи лиття, зокрема лиття під тиском, що забезпечує формування тонкостінних ребер жорсткості та скорочує обсяг подальшого механічного оброблення;
- операцію проточування зовнішнього діаметра та підрізання торця виконувати на токарному багатошпиндельному горизонтальному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням;
- свердління малих отворів і нарізання в них різьби здійснювати на агрегатних верстатах-напівавтоматах, оснащених багатоінструментальними налагодженнями та багатошпиндельними головками;
- для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

Запропоновані зміни базового технологічного процесу сприятимуть підвищенню продуктивності виготовлення деталі «Корпус» 948.214.845 в умовах великосерійного виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Корпус” 948.214.845 сплав АК 12 має високі ливарні властивості, добру заповнюваність форми, незначну схильність до утворення усадкових дефектів, тому для виготовлення заготовок корпусів доцільно використовувати різні методи литва.

Вибір раціонального способу виготовлення заготовки з двох можливих варіантів здійснюємо за показником коефіцієнта використання матеріалу. Для аналізу прийнято такі методи одержання заготовки:

1. Лиття у піщані форми;
2. Лиття під тиском у металеву прес-форму.

Для першого варіанта характерні 11-й клас точності розмірів і 3-й ряд припусків. Для другого варіанта прийнято 7-й клас точності розмірів та 1-й ряд припусків.

Далі виконуємо проектування заготовок для обох способів формоутворення, при цьому визначено припуски для поверхонь механічного оброблення. Масу заготовки знаходять шляхом додавання маси припусків до маси готової деталі, що становить 0,25 кг.

Підсумкові значення загальних припусків для деталі «Корпус» 948.214.845 наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення загальних припусків для деталі «Корпус» 948.214.845

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) лиття в піщані форми				
Торцева поверхня 87h14 _(-0,87)	Ra12,5	4,2	6 × 2 = 12	99±2,1

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 126h14_{(-0,87)}$	Ra12,5	4,8	$6,2 \times 2 = 12,4$	$\varnothing 138,4 \pm 2,4$
Отвір $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27 \pm 0,2$	Ra12,5	3,0	$4,4 \times 2 = 8,8$	$\varnothing 11,2 \pm 1,5$
2) лиття під тиском у металеву прес-форму				
Торцева поверхня $87h14_{(-0,87)}$	Ra12,5	1,0	$1,4 \times 2 = 2,8$	$89,8 \pm 0,5$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 126h14_{(-0,87)}$	Ra12,5	1,1	$1,6 \times 2 = 3,2$	$129,2 \pm 0,55$
Отвір $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27 \pm 0,2$	Ra12,5	0,9	$1,1 \times 2 = 2,2$	$\varnothing 17,8 \pm 0,45$
Отвір $\varnothing 14,37^{+0,2}$; $l=20$ під різьбу M16 $\times$ 1,5-7H	Ra6,3	0,8	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 12,37 \pm 0,4$

Ескізи запропонованих варіантів заготовок зображено на рис. 2.1 (литво в піщані форми) та на рис. 2.2 (литво під тиском).

Масу заготовки визначаємо як суму маси припусків та маси готової деталі:

$$Q = q + m_{\text{пр}}; \quad (2.1)$$

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho, \quad (2.2)$$

де $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$.

Об'єми припусків окремих елементів заготовки:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot (D - d)^2 \cdot H}{4}, \quad (2.3)$$

де D, d, H – номінальні розміри припусків, мм.

Отже, об'єми припусків окремих елементів заготовки, одержаної литвом в піщані форми:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (138,4^2 - 107^2) \cdot 6}{4} = 36293 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np2} = \frac{\pi \cdot (138,4^2 - 126^2) \cdot 12}{4} = 30884 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np3} = \frac{\pi \cdot (118^2 - 112^2) \cdot 3,5}{4} = 3792 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np4} = \frac{\pi \cdot 6(25^2 + 2 \cdot 10^2)}{4} = 3885 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np5} = \frac{\pi \cdot 15^2 \cdot 27}{4} = 4769 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np6} = \frac{\pi \cdot 3,8^2 \cdot 10}{4} \cdot 2 = 227 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np7} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 20}{4} \cdot 3 = 1696 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np8} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 17}{4} = 214 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np9} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 8}{4} = 100 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np10} = \frac{\pi \cdot (20^2 - 11,2^2) \cdot 3}{4} \cdot 2 = 1293 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np} = \sum V_{np_i};$$

$$V_{np} = 83153 \text{ мм}^3 = 83,153 \text{ см}^3.$$

Для заготовки одержаної литвом під тиском:

$$V_{np1} = \frac{\pi \cdot (129,2^2 - 107^2) \cdot 1,4}{4} = 5763 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np2} = \frac{\pi \cdot (129,2^2 - 126^2) \cdot 7,4}{4} = 4744 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np3} = \frac{\pi \cdot (118^2 - 112^2) \cdot 3,5}{4} = 3792 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np4} = \frac{\pi \cdot 1,4(24^2 + 2 \cdot 10^2)}{4} = 853 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot 1,4(25^2 + 2 \cdot 10^2)}{4} = 907 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (15^2 - 12,37^2) \cdot 27}{4} = 1526 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 3,8^2 \cdot 10}{4} \cdot 2 = 227 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 20}{4} \cdot 3 = 1696 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 17}{4} = 214 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 8}{4} = 100 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр10}} = \frac{\pi \cdot (20^2 - 17,8^2) \cdot 3}{4} \cdot 2 = 392 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i};$$

$$V_{\text{пр}} = 20214 \text{ мм}^3 = 20,214 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припусків:

– лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр1}} = 83,153 \cdot 2,6 = 216,2 \text{ г} = 0,216 \text{ кг}.$$

– для лиття під тиском у прес-форму:

$$m_{\text{пр2}} = 20,214 \cdot 2,6 = 52,556 \text{ г} \approx 0,053 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовок:

– лиття в піщані форми:

$$Q_1 = 0,25 + 0,216 = 0,466 \text{ кг}.$$

– лиття під тиском:

$$Q_2 = 0,25 + 0,053 = 0,303 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_B = \frac{q}{Q}, \quad (2.4)$$

– лиття в піщані форми:

$$K_{B.M.1} = \frac{0,25}{0,466} = 0,54;$$

– лиття під тиском:

$$K_{B.M.2} = \frac{0,25}{0,303} = 0,83.$$

Отже, застосування способу формування заготовки деталі “Корпус” 948.214.845 литтям під тиском дозволяє забезпечити вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж литтям в піщані форми, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано перший спосіб одержання заготовки.

2.2. Вибір технологічних баз

Для виконання технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 948.214.845 застосовано як чорнові так і чистові базові поверхні. Тому на першій операції запропоновано виконати підрізання торця 20 та проточування зовнішньої циліндричної поверхні 5, що будуть серед основних технологічних баз на наступних операціях.

На першій операції використовуємо як базові зовнішню сферичну поверхню та чорновий торець 21 з гідрозатиском по зовнішній поверхні.

На другій операції використовуємо як базові зовнішню торцеву поверхню 20 та зовнішню циліндричну поверхню 5 з пневмозатиском і прикладанням сил на бокових поверхнях.

На третій операції використовуємо як базові зовнішній торець 20 і внутрішній конічний контур із орієнтацією на внутрішніх бобишках з пневмозатиском і прикладанням сил на бокових поверхнях.

На четвертій операції використовуємо як базові зовнішній торець, отвір 18

із орієнтацією на зовнішніх бобишках з пневмозатиском і прикладанням сил на торцевій поверхні.

На п'ятій операції використовуємо як базові зовнішній торець, отвір 18, зовнішню циліндричну поверхню 5 із орієнтацією на зовнішніх бобишках з пневмозатиском і прикладанням сил на торцевій поверхні.

2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

В процесі технологічного проектування процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 948.214.845 проведено порівняння двох різних варіантів досягнення необхідних показників точності поверхонь деталі. При цьому за рахунок поєднання різних процесів викладено остаточну операційну технологію виготовлення деталі, що відповідає великосерійному типу виробництва із використання напівавтоматизованого обладнання, зокрема токарного горизонтального напівавтомата та агрегатних верстатів

Порівняння двох різних варіантів досягнення необхідних показників точності поверхонь деталі “Корпус” 948.214.845 представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрути оброблення поверхонь деталі “Корпус”
948.214.845

№ 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	Отвір з різьбою М4-7Н; l=10	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
2, 3, 4	Три фаски 1×45°	14	Ra12,5	Формування комбінованим свердлом	Зенкування
5	Циліндрична поверхня Ø126h14 _(-0,87)	14	Ra12,5	Точіння напівчистове	—
6	Отвір з різьбою М4-7Н; l=12	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
7, 8	Дві фаски 0,7×45°	14	Ra12,5	Формування комбінованим свердлом	Зенкування
9	Отвір Ø3,3 ^{+0,14} ; 9±0,12; l=8 для нарізання різьби М4-7Н	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
10, 11, 12	Три отвори з різьбою М6-7Н; l=14	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
14	Кільцева канавка 4Н14 ^(+0,25) ; 3,5h14 _(-0,25) ; 2,5±0,2	14	Ra12,5	Напівчистове точіння з поздовжньою подачею	Фрезерування кінцевою фрезою чорнове
15	Фаска 1×45°	14	Ra12,5	Формування комбінованим свердлом	Зенкування
16, 17	Два отвори Ø3,3 ^{+0,14} ; 36±0,15; l=12 для нарізання різьби М4-7Н	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
18	Отвір Ø10H7 ^(+0,015) , l=5	7	Ra1,6	Зенкерування Розвертання чорнове Розвертання чистове	Розсвердлювання Розвертання чорнове Розвертання чистове

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
19	Отвір $\varnothing 20H14(^{+0,043})$	14	Ra12,5	Свердління із застосуванням кондуктора	Розсвердлювання
20	Торцева поверхня $87h14(^{-0,87})$	14	Ra12,5	Точіння торця напівчистове із поперечною подачею	Фрезерування торцевою фрезою чорнове
21	Торцева поверхня $87h14(^{-0,87})$	14	Ra12,5	Фрезерування торцевою фрезою чорнове	Фрезерування циліндричною фрезою напівчистове
22	Отвір з різьбою $M16 \times 1,5-7H; l=12$	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
23, 24, 25	Три отвори $\varnothing 4,95^{+0,26}; l=20$ для нарізання різьби $M6-7H, 98 \pm 0,15$	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
26, 27	Два отвори $\varnothing 3,8H14(^{+0,3}); l=10; 85 \pm 0,2$	14	Ra12,5	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
28	Отвір $\varnothing 14,37^{+0,2}; l=20$ для нарізання різьби $M16 \times 1,5-7H$	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Розсвердлювання
29	Отвір $\varnothing 3,3^{+0,14}; 45 \pm 0,2; l=17$ для нарізання різьби $M4-7H$	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
30, 31	Два отвори $\varnothing 20H14(^{+0,52}); 27 \pm 0,26$	14	Ra12,5	Розсвердлювання	Зенкерування
32, 33	Два отвори з різьбою $M4-7H; l=10$	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—

Для умов великосерійного типу виробництва на основі синтезу і вибору кращих альтернатив маршрутів оброблення поверхонь деталі сформовано остаточний маршрут механічного оброблення. Запропоновано операцію проточування зовнішнього діаметра та підрізання торця виконувати на токарному багатошпиндельному горизонтальному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням, замість токарно-гвинторізних

верстатів. Свердління малих отворів і нарізання в них різьби здійснювати на агрегатних верстатах-напівавтоматах, оснащених багатоінструментальними налагодженнями та багатошпіндельними головками, замість звичайних вертикально-свердлильних і різенарізних верстатів. Для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі за замість звичайних інструментів із виконанням двох окремих операцій.

005. Токарна напівавтоматна.

1. Підрізання остаточне торця 20 з поперечного супорта у розмір $88,4h14_{(-0,87)}$.

2. Проточування остаточне зовнішньої циліндричної поверхні 5 з поздовжнього супорта у розмір $\varnothing 126h14_{(-0,87)}$.

3. Розточування остаточне торцевої канавки 14 з поздовжнього супорта у розміри $4H14_{(+0,25)}$; $3,5h14_{(-0,25)}$; $2\pm 0,2$.

4. Перевірити розміри: $88,4h14_{(-0,87)}$, $\varnothing 126h14_{(-0,87)}$, $4H14_{(+0,25)}$; $3,5h14_{(-0,25)}$; $2\pm 0,2$.

010. Вертикально-фрезерна.

1. Фрезерування остаточне торцевої поверхні 21 у розмір $87h14_{(-0,87)}$.

Перевірити розмір $87h14_{(-0,87)}$.

015. Агрегатна.

Позиція II. Свердління двох отворів 16, 17 з формуванням двох фасок 7, 8, у розміри $\varnothing 3,3_{+0,14}$; $36\pm 0,15$; $l=12$, $0,7\times 45^\circ$ одночасно з вертикальної двохшпіндельної головки Па; свердління отвору 9 з формуванням фаски 15 у розміри $\varnothing 3,3_{+0,14}$; $9\pm 0,12$; $l=8$, $1\times 45^\circ$ з горизонтальної головки Пб.

Позиція III. Розсвердлювання послідовне отвору 28 та зенкерування отвору 18 комбінованим інструментом у розміри $\varnothing 14,37_{+0,2}$; $l=20$ під різьбу $M16\times 1,5-7H$, $\varnothing 9,65_{+0,15}$ з вертикальної багатошпіндельної головки IIIа.

Позиція IV. Розсвердлювання отвору 19 у розмір $\varnothing 20H14_{(+0,043)}$ з

вертикальної головки IVa.

Позиція V. Розвертання попереднє отвору 18 у розмір $\varnothing 9,919^{+0,036}$ з вертикальної головки Va.

Позиція VI. Розвертання остаточне отвору 18 у розмір $\varnothing 10^{+0,015}$ з вертикальної головки VIa.

Позиція VII. Нарізання різьби одночасне в двох отворах 32, 33 у розміри М4-7Н; $l=10$ з вертикальної двохшпindelьної головки VIIa; нарізання різьби в отворі 1 у розміри М4-7Н; $l=10$ з горизонтальної головки VIIб.

Позиція VIII. Нарізання різьби в отворі 22 у розміри М16×1,5-7Н; $l=12$ з вертикальної головки VIIIa.

10. Перевірити розміри: М4-7Н; $36\pm 0,15$; $l=12$; $l=10$; $0,7\times 45^\circ$, $9\pm 0,12$; $l=8$, М16×1,5-7Н, $1\times 45^\circ$.

020. Агрегатна.

Позиція II. Свердління трьох отворів 23, 24, 25 та формування трьох фасок 2, 3, 4 у розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=20$ під різьбу М6-7Н, $98\pm 0,15$, $1\times 45^\circ$ одночасне з вертикальної трьохшпindelьної головки IIa.

Позиція III. Свердління двох отворів 26, 27 та формування двох фасок та свердління отвору 29 з формуванням фаски у розміри $\varnothing 3,8H14^{(+0,3)}$; $l=10$; $85\pm 0,15$, $\varnothing 3,3^{+0,14}$; $45\pm 0,2$; $l=17$ під різьбу М4-7Н, $0,5\times 45^\circ$ одночасне з вертикальної трьохшпindelьної головки IIIa.

Позиція IV. Нарізання різьби в трьох отворах 10, 11, 12 у розміри М6-7Н; $l=14$ з вертикальної трьохшпindelьної головки IVa одночасне.

Позиція V. Нарізання різьби в отворі 6 у розміри М4-7Н; $l=12$ з вертикальної головки Va; розсвердлювання отвору 30 у розміри $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27\pm 0,2$ з горизонтальної головки Vб.

2. Перевірити розміри: $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27\pm 0,2$, М6-7Н; $l=14$, М4-7Н; $l=12$, $\varnothing 3,8H14^{(+0,3)}$; $l=10$; $85\pm 0,15$, $45\pm 0,2$; $l=17$, $98\pm 0,15$.

025. Вертикально-свердлильна.

1. Розсвердлювання отвору 31 у розміри $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27\pm 0,2$.

Операція 030. Контроль.

2.4. Визначення припусків на оброблення

Для розрахунку припусків для механічного оброблення деталі “Корпус” 948.214.845 у розробленому технологічному процесі застосовано табличний та аналітично-розрахунковий методи із виведенням остаточних результатів у вигляді таблиці 2.4.

Також результати аналітично-розрахункового методу розрахунку припусків оброблення отвору $\varnothing 10H7(^{+0,015})$, Ra 1,6 на 015 агрегатній операції із базуванням і затиском деталі у спеціальному оснащенні представлено на рис. 2.3.

Таблиця 2.4 – Припуски на оброблення поверхонь деталі “Корпус” 948.214.845

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
Торець 87h14(_{-0,87})					
Фрезерування чорнове	14	Ra12,5	0,87	1,4	87h14(_{-0,87})
Обточування напівчистове	14	Ra12,5	0,87	1,4	88,4h14(_{-0,87})
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	1,0	—	89,8±0,5
Циліндрична поверхня $\varnothing 126h14(-0,87)$					
Обточування напівчистове	14	Ra12,5	0,87	$1,6 \times 2 = 3,2$	$\varnothing 126h14(-0,87)$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	1,1	—	129,2±0,55
Отвір $\varnothing 20H14(^{+0,52})$					
Розсвердлювання	14	Ra12,5	0,52	$1,1 \times 2 = 2,2$	$\varnothing 20H14(^{+0,52})$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	0,9	—	$\varnothing 17,8 \pm 0,45$

Габаритні розміри заготовки: $89,8 \pm 0,5 \times \varnothing 129,2 \pm 0,55$.

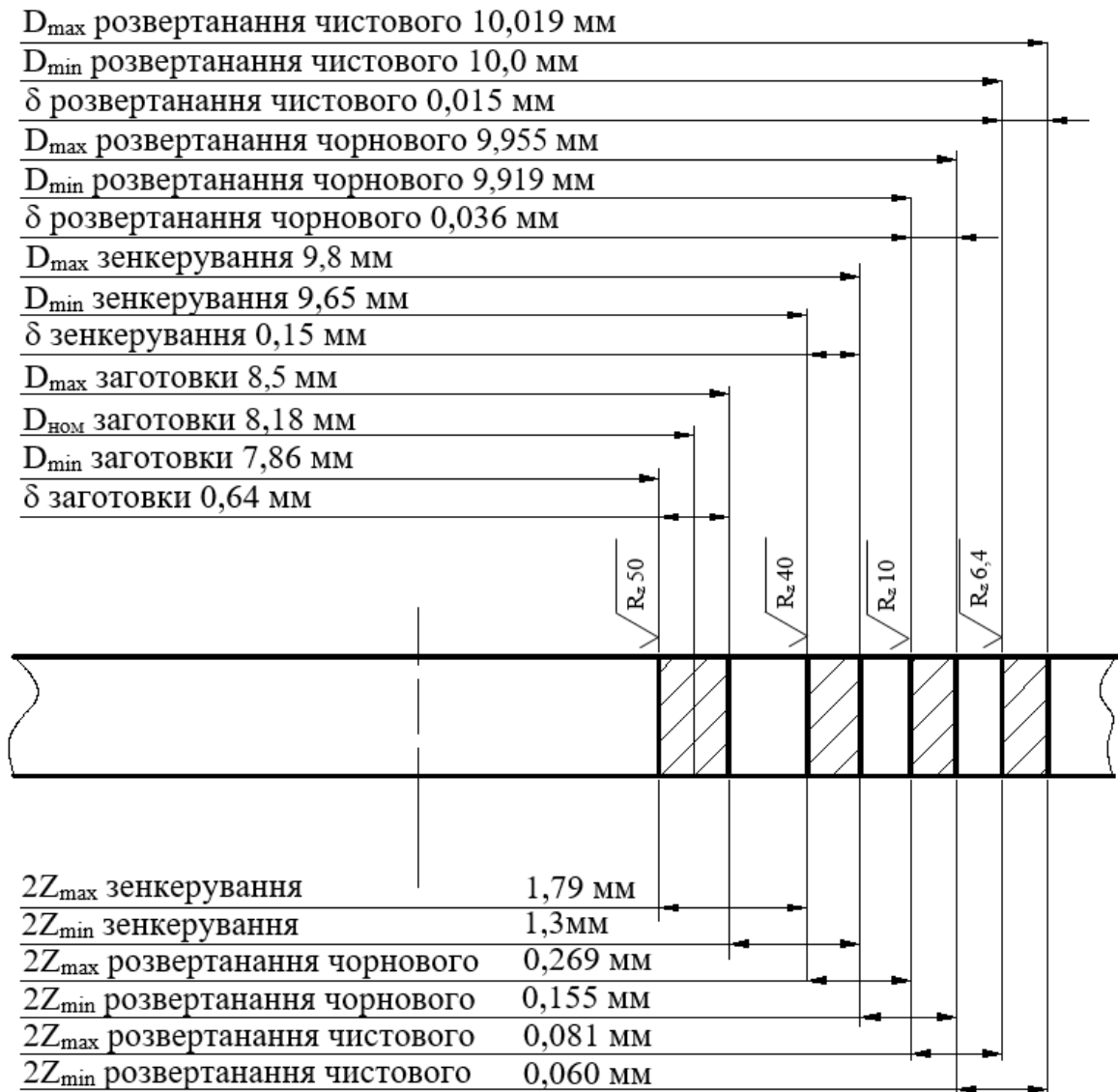


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків на механічне оброблення отвору $\varnothing 10H7(^{+0,015})$

2.5. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Режими різання визначено на основі табличних даних довідників, а на один перехід 020 агрегатної операції оброблення деталі “Корпус” 948.214.845 розрахунок режимів різання проведено аналітичним методом.

Операція 020 Агрегатна. Свердління трьох отворів 23, 24, 25 та формування трьох фасок 2, 3, 4 у розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=20$ під різбу М6-7Н, $98\pm 0,15$, $1\times 45^\circ$ одночасне з вертикальної трьохшпиндельної головки Па.

1. Глибину різання при свердлінні:

Позиція II: $t_{IIa1} = 2,5$ мм.

2. Довжина робочого ходу багатошпиндельної свердлильної головки із свердлами [14]:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебігу} + l_{дод.}, \quad (2.4)$$

де $l_{різ. Па} = 20$ мм; $l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебігу} = 5$ мм.

$$L_{p.x. Па} = 20 + 5 = 25 \text{ мм.}$$

3. Подача багатошпиндельної свердлильної головки:

Позиція II: $S_{oIIa} = 0,12$ мм/об.

4. Період стійкості свердла у наладці [14]:

$$T = T_M \cdot \lambda, \quad (2.5)$$

де $T_M = 200$ хв. [14];

λ – коефіцієнт часу різання.

Коефіцієнт часу різання:

$$\lambda = \frac{L_{різ.}}{L_{p.x.}}, \quad (2.6)$$

$$\lambda_{IIa} = \frac{20}{25} = 0,8.$$

Період стійкості свердла у наладці (2.5):

$$T_{IIa} = 200 \cdot 0,8 = 160 \text{ хв.}$$

5. Швидкість різання [14]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.7)$$

де $C_v = 36,3$, $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$ [14];

$D = 5$ мм – діаметр свердла;

K_v – поправочний коефіцієнт.

Поправочний коефіцієнт [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}, \quad (2.8)$$

де $K_{mv} = 0,8$ для сплаву АК12 [14].

$K_{nv} = 1,0$ для матеріалу свердла Р6М5 [14].

$K_{lv} = 0,9$ при свердлінні отвору $3,6D$ [14].

$$K_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,72.$$

Підставляємо дані у формулу (2.7):

$$V = \frac{36,3 \cdot 5^{0,25}}{200^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} \cdot 0,72 = \frac{36,3 \cdot 1,5}{1,94 \cdot 0,31} \cdot 0,72 = 65,2 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання свердла у багаотошпиндельній головці [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.9)$$

Позиція II:

$$n_{IIa} = \frac{1000 \cdot 65,2}{\pi \cdot 5} = 4153 \text{ хв}^{-1};$$

Приймаємо $n_{дIIa \max} = 2036 \text{ хв}^{-1}$.

7. Хвилинна подача свердла із багаотошпиндельною головкою:

$$S_m = S_o \cdot n, \quad (2.10)$$

Позиція II:

$$S_{mIIa} = 0,12 \cdot 2036 = 244 \text{ мм/хв.}$$

8. Коректуємо швидкість різання [14]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \quad (2.11)$$

Позиція II:

$$V_{\text{дIIa}} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 2036}{1000} = 32 \text{ м/хв.}$$

9. Визначаємо осьову силу різання при свердлінні [14]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.12)$$

де $K_p=1$ для сплаву АК12 – поправочний коефіцієнт;

$C_p = 9,8$; $y = 0,7$; $q = 1,0$ [14].

Підставляємо дані у формулу (2.12) із врахування багатоінструментальної наладки багатошпиндельної головки (3 свердла $\varnothing 5,0$):

$$P_{\text{оIIa}} = 3 \cdot 10 \cdot 9,8 \cdot 5,0^{1,0} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1,0 = 333 \text{ Н.}$$

10. Визначаємо потужність різання [14]:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}, \quad (2.13)$$

де $N_{\text{табл. IIa}} = 0,15$ кВт [14];

$$N_{\text{різIIa}} = 0,15 \cdot 1,0 \cdot \frac{2036}{1000} \cdot 3 = 0,92 \text{ кВт.}$$

11. Сумарна потужність різання:

$$N_{\Sigma} = \frac{\sum N_{\text{різ.i}}}{\eta}, \quad (2.14)$$

де $\eta = 0,75$ – коефіцієнт корисної дії.

$$N_{\Sigma \text{II}} = \frac{0,92}{0,75} = 1,23 \text{ кВт.}$$

12. Основний час різання на другій позиції:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (2.15)$$

Позиція II:

$$T_{\text{оIIa}} = \frac{25}{0,12 \cdot 2036} \cdot 1 = 0,1 \text{ хв.}$$

Також визначено режими різання для інших операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 948.214.845, що зведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 948.214.845

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005. Токарна напівавтоматна.										
Перехід 2 Підрізання остаточне торця 20 з поперечного супорта у розмір 88,4h14 _(-0,87)	1,4	22	1	118	0,2	495	188	98	0,21	1,14
Перехід 3 Проточування остаточне зовнішньої циліндричної поверхні 5 з поздовжнього супорта у розмір Ø126h14 _(-0,87) .	1,6	10	1	118	0,2	495	188	98	0,08	1,2
Перехід 4 Розточування остаточне торцевої канавки 14 з поздовжнього супорта у розміри 4H14 ^(+0,25) ; 3,5h14 _(-0,25)	4,0	7	1	120	0,1	495	186	49,5	0,14	1,4

Продовження таблиці 2.5

[illegible]

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розсвердлювання послідовне отвору 28 та зенкерування отвору 18 комбінованим інструментом у розміри $\varnothing 14,37^{+0,2}$; $l=20$ під різьбу $M16 \times 1,5-7H$, $\varnothing 9,65^{+0,15}$ з вертикальної багатошпindel'ної головки IIIa.	1,0 0,9	26	1	120	0,28	560	25	166	0,15	1,4
Позиція IV Розсвердлювання отвору 19 у розмір $\varnothing 20H14^{(+0,043)}$ з вертикальної головки IVa.	1,815	9	1	190	0,1	580	34	58	0,14	1,5
Позиція V Розвертання попереднє отвору 18 у розмір $\varnothing 9,919^{+0,036}$ з вертикальної головки Va.	0,134	9	1	20	0,7	210	6,4	147	0,06	0,05
Позиція VI. Розвертання остаточне отвору 18 у розмір $\varnothing 10^{+0,015}$ з вертикальної головки VIa.	0,04	9	1	20	0,6	300	8,7	180	0,05	0,02

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція VII. Нарізання різьби одночасне в двох отворах 32, 33 у розміри М4-7Н; l=10 з вертикальної двохшпindelьної головки VIIa; нарізання різьби в отворі 1 у розміри М4-7Н; l=10 з горизонтальної головки VIIб.	0,38	19	2	150	0,7	290	3,8	203	0,19	0,04
Позиція VIII. Нарізання різьби в отворі 22 у розміри М16×1,5-7Н; l=12 з вертикальної головки VIIIa.	0,433	27	1	180	1,5	160	7,9	240	0,12	0,75
020 Агрегатна										
Позиція II Свердління трьох отворів 23, 24, 25 та формування трьох фасок 2, 3, 4 у розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; l=20 під різбу М6-7Н, $98 \pm 0,15$, $1 \times 45^\circ$ одночасне з вертикальної трьохшпindelьної головки IIa.	2,5	25	1	154	0,12	2036	32	244	0,1	1,23

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція III. Свердління двох отворів 26, 27 та формування двох фасок та свердління отвору 29 з формуванням фаски у розмірі $\varnothing 3,8H14^{(+0,3)}$; $l=10$; $85\pm 0,15$, $\varnothing 3,3^{+0,14}$; $45\pm 0,2$; $l=17$ під різьбу М4-7Н, $0,5\times 45^\circ$ одночасне з вертикальної трьохшпindel'ної головки IIIa.	1,9 1,65	20	1	180	0,05	2275	26,7 23,7	114	0,15	1,07
Позиція IV. Нарізання різьби в трьох отворах 10, 11, 12 у розміри М6-7Н; $l=14$ з вертикальної трьохшпindel'ної головки IVa одночасне.	0,54	20	2	110	1,0	200	3,7	200	0,18	0,07
Позиція V. Нарізання різьби в отворі 6 у розміри М4-7Н; $l=12$ з вертикальної головки Va;	0,38	20	2	150	0,7	290	3,8	203	0,18	0,03
розсвердлювання отвору 30 у розміри $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27\pm 0,2$ з горизонтальної головки Vб.	1,1	12	1	180	0,1	580	40	58	0,17	0,9

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
025 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2										
Розсвердлювання отвору 31 у розмірі $\varnothing 20H14(^{+0,52}_{-0,27})$	1,1	12	1	180	0,1	580	40	58	0,17	0,9

Технічні норми часу визначено на основі табличних даних довідників, а на 020 агрегатну операцію оброблення деталі “Корпус” 948.214.845 розрахунок технічних норм часу проведено аналітичним методом.

Штучний час роботи агрегатного напівавтомата [14]:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{доп.}} + T_{\text{тех.обсл.}} + T_{\text{орг.обсл.}} + T_{\text{відп.}}, \quad (2.16)$$

Час циклу роботи напівавтомата:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р.х.}} + t_{\text{х.х.}}, \quad (2.17)$$

де $t_{\text{р.х.}}$ – час робочих ходів;

$t_{\text{х.х.}}$ – час на швидкі переміщення.

Час робочих ходів дорівнює найбільшому часу на позиціях верстата, тобто на позиції Va $t_p = 0,18$ хв.

Час на швидкі переміщення визначається як сума часу прискореного руху 5 с. та часу витраченого на поворот стола, тобто 2,2 с.

$$t_{\text{х.х.}} = 5 + 2,2 = 7,2 \text{ с} = 0,12 \text{ хв.}$$

Час циклу агрегатного напівавтомата:

$$T_{\text{ц020}} = 0,18 + 0,12 = 0,30 \text{ хв.}$$

Час на допоміжні переходи:

– час на базування, закріплення та зняття деталі із пристосування:

$$t_{\text{вст.зн.}} = 0,08 \text{ хв. [1];}$$

– час на вимірювання:

98±0,15, 85±0,15, 45±0,2, 27±0,2 – вимірювання штангенциркулем –
 $t_{\text{вим.1}} = 0,12 \cdot 4 = 0,48 \text{ хв. [1].}$

Ø20H14(+0,52) - вимірювання калібр-пробкою двостороннім двохграничним
 $t_{\text{вим.2}} = 0,06 \text{ хв. [1];}$

Ø3,8H14(+0,3) - вимірювання калібр-пробкою двостороннім двохграничним
 $t_{\text{вим.3}} = 0,06 \text{ хв. [1];}$

M6-7H –вимірювання калібр-пробкою різьбовою (M6-7H) - $t_{\text{вим.4}} = 0,3 \text{ хв. [1].}$

M4-7H –вимірювання калібр-пробкою різьбовою (M6-7H) – $t_{\text{вим.5}} = 0,1 \text{ хв. [1].}$

1×45°; 0,7×45° –вимірювання шаблоном фасочним спеціальним –
 $t_{\text{вим.6}} = 0,04 \cdot 6 = 0,24 \text{ хв. [1].}$

Сумарний час, що витрачається на вимірювання:

$$T_{\text{доп.вим.}} = 0,48 + 0,06 + 0,06 + 0,3 + 0,1 + 0,24 = 1,24 \text{ хв.}$$

Час вимірювань при 30%-му контролі:

$$T_{\text{доп.вим.дійсн.}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 1,24 \cdot 0,3 = 0,37 \text{ хв.}$$

Час на виконання допоміжних переходів, що не перекриті часом циклу роботи агрегатного верстата.

$$T_{\text{доп.не}} = (t_{\text{вст.зн.}} + T_{\text{доп.вим.дійсн.}}) - T_{\text{ц.}} \quad (2.18)$$

$$T_{\text{доп. не}} = (0,08 + 0,37) - 0,30 = 0,15 \text{ хв.}$$

Час на виконання технічного обслуговування [1]:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = t_p \cdot 2\% = 0,18 \cdot 0,02 = 0,004 \text{ хв.}$$

Час на виконання організаційного обслуговування [1]:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{\text{ц}} \cdot 2,4\% = 0,30 \cdot 0,024 = 0,007 \text{ хв.}$$

Час на виконання особистих потреб [1]:

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{ц}} \cdot 6\% = 0,30 \cdot 0,06 = 0,018 \text{ хв.}$$

Штучний час роботи агрегатного напівавтомата (2.16):

$$T_{\text{шт.020}} = 0,30 + 0,15 + 0,004 + 0,007 + 0,018 = 0,48 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час роботи агрегатного напівавтомата:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (2.19)$$

де $n = 1450$ шт – величина партії деталей.

$T_{\text{п.з.}} = 55$ хв.

$$T_{\text{шт.к020}} = 0,48 + \frac{55}{1450} = 0,52 \text{ хв.}$$

005 Токарна напівавтоматна операція.

Основний час: $T_{005} = 0,21$ хв.

Штучний час [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_{\text{о}}, \quad (2.20)$$

$$T_{\text{шт.005}} = 2,1 \cdot 0,21 = 0,44 \text{ хв.}$$

010 Вертикально-фрезерна.

Основний час: $T_{010} = 0,04$ хв.

Штучний час (2.20):

$$T_{\text{шт.010}} = 1,51 \cdot 0,04 = 0,06 \text{ хв.}$$

015 Агрегатна операція.

Основний час: $T_{015} = 0,19$ хв.

Штучний час (2.20):

$$T_{\text{шт.015}} = 1,8 \cdot 0,19 = 0,34 \text{ хв.}$$

025 Вертикально-свердлильна.

Основний час: $T_{025} = 0,17$ хв.

Штучний час (2.20):

$$T_{\text{шт.025}} = 1,51 \cdot 0,17 = 0,26 \text{ хв.}$$

Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус”
948.214.845 зведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі
“Корпус” 948.214.845

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстата, T _ц , хв	Час обслуго- вування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	п, шт Т	T _{шт.к.} , хв
		T _у .	T _{пер} .	T _{вим} .			T _{тех.об} .	T _{орг.об} .	T _{відп} .				
005 Токарна напів- автоматна	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1450	0,44
010 Вертикаль- но-фрезерна	0,04	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,06
015 Агрегатна	0,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,34
020 Агрегатна	0,18	0,08	0,01	0,37	0,12	0,30	0,004	0,007	0,018	0,48	55		0,52
025 Вертикаль- но- свердлильна	0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,26

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для забезпечення одночасної обробки отворів деталі «Корпус» 948.214.845 на агрегатній операції 020 виконано розроблення спеціалізованого затискного пристрою. Конструкція пристрою передбачає його монтаж на поворотному столі агрегатного верстата за допомогою Т-подібних пазів та кріпильних елементів (болтових з'єднань), що забезпечує надійну фіксацію та точне позиціонування відносно робочих органів верстата.

З урахуванням великосерійного типу виробництва, на поворотному столі одночасно розміщується шість ідентичних пристроїв, що функціонують у складі багатопозиційної технологічної системи агрегатного верстата. Таке компонування дозволяє реалізувати принцип паралельно-послідовної обробки заготовок, при якому на різних позиціях одночасно виконуються окремі технологічні переходи.

Пристрій призначений для оброблення отвору $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $27 \pm 0,2$, трьох отворів М6-7Н; $l=14$, $98 \pm 0,15$, $1 \times 45^\circ$ отвору М4-7Н; $l=12$, $45 \pm 0,2$; $0,5 \times 45^\circ$, двох отворів $\varnothing 3,8H14^{(+0,3)}$; $l=10$; $85 \pm 0,15$.

У пристрої заготовка встановлюється та фіксується за комбінованою схемою базування: по зовнішньому торцевому елементу та внутрішній циліндричній поверхні отвору діаметром $\varnothing 10^{+0,015}$, який взаємодіє з установчим пальцем (поз. 8) і опорною базою (поз. 10). Кутова орієнтація заготовки реалізується шляхом контакту із зовнішніми бобишками.

Принцип функціонування пристрою реалізується за рахунок послідовної взаємодії базувальних, затискних та пневмопривідних елементів у складі агрегатного верстата з поворотним столом.

У початковому (завантажувальному) положенні пристрій розміщується на відповідній позиції поворотного столу, де здійснюється встановлення

заготовки. Орієнтація та фіксація деталі виконуються за допомогою основних баз 8 і 10, а також допоміжної бази 30, що забезпечує необхідну точність позиціонування відносно інструменту та кінематичної схеми обробки.

Після встановлення заготовки через систему керування подається стиснене повітря до лівої порожнини гільзи 11 пневмоциліндра. У результаті цього відбувається осьове переміщення поршня 2 разом зі штоком 28 та клиновим елементом 15 у правому напрямку. Клин 15, взаємодіючи з плунжерами, перетворює поступальний рух у радіальне переміщення виконавчих елементів. Далі через різьбові з'єднання (гвинти 23) здійснюється передача руху на важелі 9, які обертаються навколо осей 45.

Унаслідок зазначеної кінематичної взаємодії важелі забезпечують притискання прихватів 24 до поверхні заготовки, створюючи необхідне зусилля затиску. Таким чином реалізується надійна фіксація деталі, що гарантує стабільність її положення під час механічної обробки та мінімізує похибки, пов'язані з вібраціями або зміщенням.

Після завершення операції затиску поворотний стіл разом із закріпленим пристроєм індексується на наступну робочу позицію. У процесі циклу обробки заготовка послідовно проходить шість технологічних позицій, на кожній з яких виконуються відповідні операції (свердління, нарізання різьби).

Після завершення повного циклу обробки пристрій повертається у вихідне (завантажувальне) положення. На цьому етапі стиснене повітря подається до правої порожнини гільзи 11, що спричиняє зворотне переміщення поршня 2, штока 28 та клина 15 у лівому напрямку. При цьому під дією пружного елемента (пружини 23) важелі 9 повертаються у вихідне положення, що викликає розтискання прихватів 24 та звільнення заготовки.

Після розтискання оброблена деталь вилучається з пристрою, і система переходить до наступного робочого циклу. Така конструктивно-кінематична схема забезпечує автоматизований, повторюваний процес базування, закріплення та обробки деталей із високим рівнем продуктивності та точності.

Креслення розробленого затискного пристрою наведено у графічній частині роботи.

Похибка встановлення заготовки деталі «Корпус» 948.214.845 у пристрої визначається на основі аналітичної залежності, яка враховує сумарний вплив похибок базування, закріплення та виготовлення елементів оснащення [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{пр}}^2} . \quad (3.1)$$

Необхідний рівень точності встановлення заготовки у затискному пристрої забезпечується за умови, що сумарна похибка встановлення не перевищує допустимого поля допуску на розміри, які формуються в процесі механічної обробки [15]. Інакше кажучи, виконання вимог до точності гарантується при дотриманні умови [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 \leq T . \quad (3.2)$$

На агрегатній операції 020 здійснюється обробка різьбових отворів деталі «Корпус» 948.214.845. Ключовою вимогою до точності є забезпечення їх взаємного просторового розташування, а також координатного положення відносно базових конструктивних елементів корпусу. При цьому точність взаємного розміщення отворів визначається, насамперед, кінематичною та геометричною точністю свердлильної насадки і кондукторного оснащення, тоді як точність їх розташування відносно елементів деталі регламентується конструкторською документацією і становить допуск $T=0,3$ мм.

З урахуванням прийнятої схеми базування та конструктивного виконання пристрою, похибка базування Δ_6 обумовлюється наявністю радіального зазору у sprzęженні «установчий палець 8 - базовий отвір заготовки».

Для кількісної оцінки похибки встановлення на агрегатній операції 020 використовується розрахункова схема (рисунок 3.1), яка враховує наявність зазору між циліндричною поверхнею базувального елемента пристрою та попередньо обробленою поверхнею корпусу. Такий підхід дозволяє визначити

максимальне можливе відхилення положення заготовки в межах допусків спряжених елементів.

Похибка базування:

$$\Delta_{\text{б.}} = S_{\text{max}}. \quad (3.3)$$

Максимальний зазор у спряженні «установчий палець 8 - базовий отвір заготовки»:

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max1}} - d_{\text{min2}}, \quad (3.4)$$

де D_{max1} – максимальний розмір отвору;

d_{min2} – мінімальний розмір пальця.

$$D_{\text{max1}} = D_{\text{ном1}} + ES_{1.}, \quad (3.5)$$

де $D_{\text{ном1}}$ – номінальний розмір отвору;

$ES_{1.}$ – верхнє відхилення отвору.

$$d_{\text{min2}} = d_{\text{ном2}} + ei_{2.}, \quad (3.6)$$

де $d_{\text{ном2}}$ – номінальний розмір пальця;

$ei_{2.}$ – нижнє відхилення пальця.

Розмір отвору деталі $\varnothing 10H7(^{+0,015})$.

Розмір пальця – $\varnothing 10f7(^{-0,013}_{-0,028})$.

Визначаємо максимальний зазор.

$$D_{\text{max1}} = 10 + 0,015 = 10,015 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{min2}} = 10 + (-0,028) = 9,972 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{max}} = 10,015 - 9,972 = 0,043 \text{ мм.}$$

Тоді,:

$$\Delta_{\text{б.}} = 0,043 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення заготовки $\Delta_3 = 70$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta_n = 20$ мкм.

Похибка встановлення заготовки деталі «Корпус» 948.214.845 у пристрої (3.1):

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0,043^2 + 0,07^2 + 0,02^2} = 0,085 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,085 \text{ мм} < 0,3 \text{ мм}$$

Отже, точність встановлення заготовки забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Для визначення необхідного зусилля затиску заготовки на агрегатній операції 020 приймається розрахункова схема навантаження, що відповідає найбільш несприятливому режиму - одночасному нарізанні різьби М6-7Н у трьох отворах, при якому формується максимальний крутний момент різання $M_{\text{різ}}$ (рис. 3.2).

Заготовка встановлюється на циліндричну базу та додатково притискається до опорної обробленої поверхні пристрою за допомогою двох притискних елементів. Сила затиску $P_{\text{зат}}$, передаючись через систему важелів (плечей) і притискачів, створює нормальну реакцію в зоні контакту, яка забезпечує утримання заготовки в заданому положенні.

У процесі різання на заготовку діє сумарний крутний момент $M_{\text{різ}}$ що прагне викликати її обертання навколо осі базування. Стійкість положення деталі забезпечується силами тертя, що виникають у контакті «заготовка - опорна поверхня пристрою» під дією затискних сил.

Необхідна умова відсутності провертання визначається рівновагою моментів:

$$P_{\text{зат1}} \cdot f_1 \cdot R + P_{\text{зат2}} \cdot f_1 \cdot R = K \cdot M_{\text{різ}} , \quad (3.7)$$

де R – еквівалентний радіус прикладання сили тертя. Із креслення одержано:

$$R = \frac{L}{2} = \frac{112}{2} = 56 \text{ мм} = 0,056 \text{ м}.$$

Момент, що виникає при формоутворенні різьби мітчиком [14]:

$$M_{\text{різ}} = 3 \cdot 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p , \quad (3.8)$$

де $C_m = 0,0022$; $q = 1,8$; $y = 1,5$ [14].

$D = 6 \text{ мм}$;

P – крок різьби, $P = 1,0 \text{ мм}$.

$$K_p = K_{\text{мр}}, \quad K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 \text{ [14]}.$$

Отже, $M_{\text{кр}} = 3 \cdot 10 \cdot 0,0022 \cdot 6^{1,8} \cdot 1^{1,5} \cdot 1,0 = 1,66 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Коефіцієнт запасу $K = 2,8$.

Оскільки $P_{\text{зат1}} = P_{\text{зат2}}$, тоді $2P_{\text{зат}} \cdot f_1 \cdot R = KM_{\text{різ}}$.

Сила затиску одним прихватом:

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{2 \cdot f_1 \cdot R} = \frac{2,8 \cdot 1,66}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,056} = 207,5 \text{ Н}. \quad (3.9)$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$2P_{\text{зат}} \leq W , \quad (3.10)$$

де W – сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок клинового та важільного механізмів.

Із розрахункової схеми рис. 3.2, сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок клинового та важільного механізмів:

$$W = \frac{F_1}{2 \operatorname{tg}(\beta + \varphi)} \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.11)$$

де $\beta = 10^\circ$ кут клина.

φ – кут тертя $\varphi = 11^\circ$;

$l_1 = 87$ мм;

$l_2 = 94$ мм;

η – ККД, $\eta = 0,9$.

F_1 – сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі.

Сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot (D_1^2 - d_1^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.12)$$

де $D_1 = 100$ мм діаметр циліндра;

$d_1 = 22$ мм діаметр штока.

Із формули (3.9) отримано:

$$F_1 = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2 \text{ Н.}$$

Тоді

$$W = \frac{2689,2}{2 \operatorname{tg}(10 + 11)} \frac{87}{94} \cdot 0,9 = 2918 \text{ Н.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.10): $2P_{\text{зат}} = 415 \text{ Н} < W = 2918 \text{ Н}$. Отже, заготовка деталі “Корпус” 948.214.845 буде надійно закріплено на 020 агрегатній операції.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Основні санітарно-гігієнічні вимоги до території підприємств, розміщення будівель і споруд

Формування безпечних і здорових умов праці починається з обґрунтованого вибору промислового майданчика та раціональної просторової організації виробничих, допоміжних і обслуговуючих будівель і споруд на території підприємства.

Під час вибору ділянки під будівництво підприємства необхідно враховувати аерокліматичні умови регіону, особливості рельєфу місцевості, режими утворення туманів, а також умови розсіювання та перенесення в атмосфері промислових викидів. Розміщення підприємств неприпустиме поблизу джерел централізованого водопостачання, на територіях, забруднених органічними або радіоактивними відходами, а також у зонах потенційного затоплення. Окремо слід враховувати фоновий рівень забруднення, що формується вже наявними промисловими джерелами викидів у районі забудови.

При вирішенні питань функціонального зонування території підприємства значну увагу приділяють переважаючому напрямку вітрів і топографії місцевості. Виробничі зони, як правило, розміщують з підвітряного боку відносно допоміжних та адміністративно-побутових зон. Розташування будівель і споруд повинно забезпечувати такі умови, щоб у зонах повітрозабору систем вентиляції та кондиціонування концентрація шкідливих речовин у зовнішньому повітрі не перевищувала 30% гранично допустимих концентрацій (ГДК) для повітря робочої зони.

Орієнтацію будівель відносно сторін світу необхідно виконувати з урахуванням забезпечення нормативного рівня природного освітлення виробничих приміщень. Відстані між будівлями приймаються не меншими за висоту найвищої з розташованих навпроти споруд, що виключає взаємне

затінення.

Розміщення виробничих будівель здійснюється, як правило, відповідно до послідовності технологічного процесу. При цьому доцільно здійснювати їх групування за ознаками спільності санітарно-гігієнічних і протипожежних вимог, а також з урахуванням енергоємності процесів і організації транспортних та людських потоків.

Відповідно до Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, підприємства з технологічними процесами, що є джерелами хімічних, фізичних або біологічних факторів забруднення довкілля, у разі неможливості впровадження безвідходних технологій мають бути відокремлені від житлової забудови санітарно-захисними зонами (СЗЗ). Межі СЗЗ встановлюються від джерел утворення забруднень до меж житлової території.

До основних джерел забруднення атмосферного повітря належать організовані викиди через димові труби та вентиляційні шахти, розосереджені викиди через аераційні ліхтарі виробничих будівель, а також неорганізовані джерела — відкриті склади, місця перевантаження матеріалів і зберігання відходів.

Території санітарно-захисних зон повинні бути обов'язково озеленені, що забезпечує їх функціонування як природних бар'єрів для пилу, газоподібних домішок і шумового впливу. На зовнішній межі СЗЗ, що прилягає до житлової забудови, рівні забруднення не повинні перевищувати встановлені гігієнічні нормативи (ГДК, ГДР), а для курортно-рекреаційних зон — не більше 0,8 від нормативного значення.

Важливим елементом санітарного благоустрою є озеленення території, улаштування пішохідних доріжок, зон відпочинку та спортивних майданчиків. Частка озелених територій повинна становити не менше 10–15% загальної площі підприємства.

Для накопичення та тимчасового зберігання виробничих відходів передбачаються спеціально виділені майданчики з огороженням та зручними транспортними під'їздами.

Основні вимоги до виробничих будівель регламентуються нормативним документом. При проектуванні виробничих приміщень необхідно враховувати санітарну характеристику технологічних процесів, дотримуватись норм площі на одного працівника, а також забезпечувати нормативні параметри розміщення обладнання і ширини проходів для безпечної експлуатації та обслуговування.

Об'єм виробничих приміщень на одного працівника має становити не менше 15 м³, а площа — не менше 4,5 м². Ширина основних проходів у цехах повинна бути не менше 1,5 м, а проїздів — не менше 2,5 м.

Вхідні двері та ворота, що виходять безпосередньо назовні, обладнуються тамбурами або повітряно-тепловими завісами для мінімізації тепловтрат і проникнення холодного повітря.

Висота виробничих приміщень приймається не менше 3,2 м, а для енергетичних і складських приміщень — не менше 3,0 м. Відстань від підлоги до нижніх конструктивних елементів перекриття має бути не менше 2,6 м. Галереї, містки, сходові переходи та майданчики виконуються шириною не менше 1 м і обладнуються огороженням висотою 1 м з бортовим захистом 0,2м.

Усі робочі майданчики, розташовані на висоті понад 260 мм від рівня підлоги, повинні бути оснащені захисними поручнями. Металеві сходи для обслуговування обладнання встановлюються з кутом нахилу до 45°, зі сходинок висотою 230–260 мм і шириною 250–300 мм. Для періодичного обслуговування обладнання (1–2 рази за зміну), розташованого на перепаді висот до 3 м, допускається збільшення кута нахилу сходів до 60°.

4.2. Основні правила техніки безпеки під час роботи на шліфувальних і заточних верстатах

1. Загальні вимоги безпеки при роботі на шліфувальних і заточних верстатах:

1.1. До самостійного виконання робіт на шліфувальних і заточних

верстатах із використанням сухих абразивних кругів допускаються працівники, які пройшли попередній медичний огляд, професійне навчання, інструктажі з охорони праці та техніки безпеки, успішно склали відповідні іспити й отримали посвідчення встановленого зразка.

1.2. У разі переходу на експлуатацію нового обладнання працівник зобов'язаний ознайомитися з конструктивними особливостями верстата, вимогами безпечної експлуатації та пройти позаплановий інструктаж з охорони праці.

1.3. Робітники повинні виконувати роботи у спеціальному виробничому одязі, спецвзутті та, за необхідності, використовувати засоби індивідуального захисту (зокрема захисні окуляри). Спецодяг має бути повністю застебнутий. Обов'язковим є використання головного убору, що повністю закриває волосся. Виконання робіт у легкому взутті (сандалі, босоніжки, капці тощо) забороняється.

1.4. Верстатники зобов'язані підтримувати обладнання, інструмент та робоче місце у справному і чистому стані. Роботи слід виконувати, перебуваючи на дерев'яних настилах (трапах).

1.5. Зберігання матеріалів і готової продукції здійснюється виключно на стелажах або спеціально відведених місцях. Розміщення заготовок і виробів у проходах, проїздах або безпосередньо на підлозі поблизу робочої зони забороняється.

1.8. Усі механічні передачі та обертові елементи металорізальних верстатів повинні бути оснащені захисними огороженнями. Деталі, що виступають за габарити обладнання, необхідно додатково захищати спеціальними запобіжними пристроями.

1.9. На робочому місці дозволяється зберігати лише інструменти, пристосування та заготовки, необхідні для виконання поточної зміни.

1.10. Робоче місце має бути забезпечене місцевим освітленням, яке гарантує достатню видимість у зоні обробки. При штучному освітленні світильник слід розташовувати нижче рівня очей оператора.

1.11. Забороняється допуск сторонніх осіб до керування верстатами, а також залишення обладнання без нагляду під час роботи.

1.12. Усі операції зі встановлення та зняття деталей, заміни інструменту, вимірювання та прибирання стружки виконуються виключно при повністю зупиненому приводі верстата.

1.13. При обробці матеріалів, що утворюють дрібну стружку, або при роботі на високих швидкостях різання необхідно використовувати захисні екрани або захисні окуляри.

1.14. Перед кожним пуском обладнання необхідно переконатися у відсутності небезпеки для оточуючих осіб.

1.15. Верстатник зобов'язаний:

1.15.1. знати конструкцію обладнання та вміти виявляти його несправності;

1.15.2. переміщувати заготовки масою понад 16 кг із застосуванням вантажопідіймальних механізмів і спеціальних захватів;

1.15.3. дотримуватись вимог виробничої санітарії та гігієни праці;

1.15.4. виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку.

1.16. Невиконання вимог інструкції тягне за собою відповідальність відповідно до чинного законодавства.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи:

2.1. Перевірити наявність і справність захисних огорожень у небезпечних зонах, а також стан заземлення (занулення) верстата.

2.2. Переконатися у наявності та справності необхідного інструменту й технологічного оснащення.

2.3. Провести випробування верстата на холостому ходу з перевіркою справності органів керування, електрокнопових пристроїв, гальмівних систем та фіксаторів важелів, що унеможливають самовільне перемикання режимів.

2.4. Перевірити безперебійну роботу систем змащування та охолодження.

2.5. Монтаж абразивних кругів дозволяється виконувати лише кваліфікованим наладчикам, які пройшли спеціальний інструктаж.

2.6. Перед установленням абразивний круг необхідно ретельно оглянути на наявність тріщин і сколів. Використання дефектних кругів забороняється.

2.7. Абразивні круги повинні мати маркування або бирку з даними про випробування, порядковим номером і підписом відповідальної особи. Дані про випробування вносяться до відповідного журналу.

2.8. Біля кожного заточного верстата має бути розміщена табличка із зазначенням відповідального за експлуатацію.

2.9. Також встановлюється табличка з допустимою окружною швидкістю круга та частотою обертання шпинделя.

2.10. Кріплення круга здійснюється лише двома затискними фланцями однакового діаметра, який має становити не менше $1/3$ діаметра круга.

2.11. Між фланцями та кругом обов'язково встановлюються еластичні прокладки (гума, картон тощо) товщиною 0,1–1 мм залежно від розміру круга.

2.12. Затягування різьбових з'єднань виконується виключно гайковими ключами. Використання ударного інструменту забороняється.

2.13. Перекочування абразивних кругів по підлозі не допускається.

2.14. Обертові елементи, шпиндель та кріпильні деталі повинні бути захищені кожухами.

2.15. Під час заточування забороняється знаходитися в площині обертання круга; оператор має розташовуватися збоку.

2.16. Подача деталі до круга повинна здійснюватися плавно, без ударних навантажень.

2.17. У разі виявлення биття круга роботу необхідно негайно припинити для усунення несправності.

2.18. Використання бокових поверхонь круга допускається лише за умови їх конструктивного призначення для таких операцій.

2.19. Інструмент необхідно утримувати надійно, запобігаючи його заклинюванню.

2.20. Під час роботи забороняється:

2.20.1. торкатися або очищати абразивний круг руками;

2.20.2. використовувати несправні або невипробувані круги;
2.20.3. відкривати захисні кожухи механізмів;
2.20.4. виконувати монтаж або демонтаж ременів під час роботи;
2.20.5. працювати без захисних засобів або за відсутності системи пиловидалення та заземлення.

2.21. Випробування абразивних кругів здійснюється:

- для діаметра до 400 мм — не менше 2 хв;
- для діаметра понад 400 мм — не менше 5 хв.

3. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

3.1. У разі виявлення несправності, що може призвести до аварійної ситуації, необхідно негайно припинити роботу та повідомити керівника робіт.

3.2. При виникненні пожежі, стихійного лиха або аварії обладнання слід зупинити верстат, знеструмити його та діяти згідно з вказівками відповідальних осіб.

3.3. У разі нещасного випадку необхідно зупинити обладнання, надати першу допомогу постраждалому, викликати екстрену медичну допомогу та повідомити керівництво.

4. Вимоги безпеки після завершення роботи:

4.1. Відключити верстат та електродвигун від мережі живлення.

4.2. Очистити робоче місце від стружки, розмістити інструмент і пристосування у встановлених місцях, упорядкувати заготовки та готову продукцію.

4.3. Виконати змащування рухомих і тертьових вузлів обладнання.

4.4. При передачі зміни повідомити змінника або керівника про всі виявлені несправності обладнання.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Корпус” 948.214.845 є складовою частиною промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення промислових та складських об’єктів, зокрема підприємств коксохімічної, цементної та цегельної промисловості. Функціональне призначення деталі полягає у забезпеченні просторового розташування та фіксації конструктивних елементів виробу з дотриманням заданої взаємної орієнтації та захисту від негативного впливу навколишнього середовища. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” 948.214.845 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає великосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу запропоновано комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, скорочення допоміжного часу та підвищення рівня механізації і спеціалізації обладнання та оснащення: для отримання заготовки застосовуються високоточні способи лиття, зокрема лиття під тиском, що забезпечує формування тонкостінних ребер жорсткості та скорочує обсяг подальшого механічного оброблення; операція проточування зовнішнього діаметра та підрізання торця виконується на токарному багатопшпіндельному горизонтальному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням; свердління малих отворів і нарізання в них різьби здійснюється на агрегатних верстатах-напівавтоматах, оснащених багатоінструментальними налагодженнями та багатопшпіндельними головками; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовуються комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

Зміни у базовому технологічному процесі дозволяють зменшити загальну кількість операцій та підвищити продуктивність праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак 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.