

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 955.742.004 світлодіодного світильника

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Кондратенко М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Окіпний І.Б.

(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
2026

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення корпусу 955.742.004 світлодіодного світильника” студента групи МП-41 Кондратенка М.В. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Окіпний І.Б.

Мета роботи - вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 955.742.004 для середньосерійного виробництва.

У першій частині на основі встановлених критеріїв проведено комплексну оцінку технологічності конструкції корпусу. За сукупністю якісних і кількісних показників встановлено, що деталь «Корпус» 955.742.004 є технологічною. Проаналізовано робоче креслення і технічні вимоги деталі. А також вивчено базовий технологічний процес виготовлення корпусу 955.742.004 на підприємстві, що відповідає дрібносерійному виробництву. Це пов'язано із використанням універсального технологічного обладнання без засобів автоматизації. При цьому для базування та закріплення заготовок на верстатах застосовуються пристрої, кондуктори та підставки з ручним приводом затискних механізмів.

З урахуванням річної програми випуску 45000 шт., що відповідає середньосерійному типу виробництва, у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів.

У другій частині проведено порівняння способів виготовлення заготовок корпусу. Застосування способу формування заготовки деталі “Корпус” 955.742.004 литтям під тиском на спеціальних формувальних машинах забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж лиття у піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано перший спосіб одержання заготовки.

У процесі розроблення технологічного маршруту виконано вибір металорізального обладнання, різальних та вимірювальних інструментів, визначено величини припусків на обробку, розраховано режими різання та встановлено технічно обґрунтовані норми часу. Проведено проектування технологічного процесу механічної обробки деталі, що забезпечує досягнення заданих показників якості поверхонь.

У третій частині для забезпечення послідовного оброблення за програмою поверхонь деталі «Корпус» 955.742.004 на 005 свердлильній з ЧПК операції розроблено конструкцію спеціалізованого затискного пристрою.

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 Методи зниження вібрації та шуму на ділянці виготовлення деталі.....

4.2 Фінансування охорони праці на підприємстві.....

Висновки.....

Перелік посилань.....

Додатки

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі здійснено вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 955.742.004 для середньосерійного типу виробництва. Деталь “Корпус” 955.742.004 є серед основних частин світлодіодного світильника, призначеного для загального освітлення об’єктів житлового господарства, адміністративних і громадських, допоміжних і господарських приміщень. Призначення деталі полягає у забезпеченні просторового розташування та монтажу конструктивних елементів світлодіодного світильника з дотриманням їх заданої взаємної орієнтації та захисту від негативного впливу навколишнього середовища. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” 955.742.004 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів: отримання заготовки доцільно здійснювати точними способами лиття, зокрема литтям під тиском із формування тонкостінних ребер жорсткості та зменшення припусків механічного оброблення; фрезерні та свердлильні операції доцільно виконувати на верстатах з ЧПК, обробку отворів на вертикальних площинах на універсальних вертикально-свердлильних верстатах та різенарізних напівавтоматах; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 955.742.004 є серед основних частин світлодіодного світильника, призначеного для загального освітлення об’єктів житлового господарства, адміністративних і громадських, допоміжних і господарських приміщень. Призначення деталі полягає у забезпеченні просторового розташування та монтажу конструктивних елементів світлодіодного світильника з дотриманням їх заданої взаємної орієнтації та захисту від негативного впливу навколишнього середовища.

До основних поверхонь деталі, за допомогою яких виконується кріплення деталей світлодіодного світильника належать: торцева поверхня $38h14_{(-0,62)}$; $Ra\ 12,5$; зовнішній контур $265\pm0,7$; $128\pm0,6$; $Rz\ 50$ – використовуються для приєднання кришки із розсіювачем, визначають габарити виробу; профільний паз на торці корпусу $b=4H14^{(+0,3)}$; $6\pm0,1$; $124\pm0,2$; $Ra\ 12,5$ – використовується для розміщення у нього ущільнювача, що захищає від потрапляння шкідливих елементів зовнішнього середовища у світильник; вісім отворів $\varnothing3,7H14^{(+0,3)}$; $l=7$; $32\pm0,2$; $88\pm0,2$; $38\pm0,2$; $Ra\ 12,5$ – для приєднання світлодіодних плат, використовуючи саморізи; два різьбових отвори $M4-7H$; $l=7$; $22\pm0,1$; $Ra\ 6,3$ – для приєднання гвинтами контролера; два різьбових отвори $M4-7H$; $l=8$; $254\pm0,2$; $Ra\ 6,3$ – для приєднання розсіювача до корпусу гвинтами; отвір $\varnothing14H7^{(+0,018)}$; $l=2$; $Ra\ 1,6$ – для приєднання сальника з ущільнювальними елементами; три різьбових отвори $M3-7H$; $l=7$; $12\pm0,1$; $7\pm0,2$; $Ra\ 6,3$ – для кріплення елементів управління світильником; два наскрізних отвори $\varnothing14H14^{(+0,43)}$; $l=2$; $19\pm0,1$; $Ra\ 12,5$ – для встановлення заглушок або для підведення додаткових кабелів при послідовному кріпленні масиву світильників; два наскрізних отвори $\varnothing5H14^{(+0,3)}$; $178\pm0,2$; $Ra\ 12,5$ – для кріплення кронштейна світильника, за допомогою якого світильник закріплюють на елементах будівельної конструкції.

Інші поверхні, зокрема профільний виступ, циліндричні виступи під

отвори і ребра жорсткості не підлягають механічному обробленню, визначають конфігурацію корпусу.

Деталь «Корпус» 955.742.004 за даними креслення, необхідно виготовляти зі сплаву АК12 системи Al-Si (алюміній–кремній). Аналогами є сплави EN AC-44200/AlSi12(a) (Євросоюз), A14130 (США). Застосування вказаного матеріалу обумовлено сукупністю експлуатаційних характеристик світлодіодного світильника. Основними перевагами сплаву АК12 є корозійна стійкість, хороші ливарні властивості та схильність до заповнення ливарних форм, мала ймовірність утворення дефектів при литті, висока теплопровідність для відведення тепла від світлодіодних панелей, а також мала питома маса порівняно зі сталями. Застосування даного сплаву дає змогу зменшити масу світильника, покращити його тепловідведення та підвищити надійність корпусу при експлуатації.

Хімічний склад сплаву в основному визначений вмістом алюмінію і кремнію, частка якого становить близько 12%, що забезпечує покращення ливарних властивостей сплаву, формування структури матеріалу та його експлуатаційних властивостей.

У таблицях 1.1 та 1.2 представлено 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

В процесі проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 955.742.004 проведено аналіз технічних вимог та показників точності і шорсткості поверхонь деталі. Такий аналіз визначається необхідністю обґрунтованого вибору методів механічного оброблення, визначення послідовності технологічних операцій, призначення технологічних баз та забезпечення заданої точності виготовлення. За результатами проведеного аналізу поверхні корпусу, що піддаються механічному обробленню пронумеровано для подальшого формування маршруту обробки та наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги до поверхонь деталі “Корпус” 955.742.004

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1, 2	Два отвори з різьбою М4-7Н; $l=8$; $254\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,3
3	Профільний паз на торці $b=4H14(^{+0,3})$; $6\pm 0,1$; $124\pm 0,2$	14	Ra 12,5
4, 5	Два отвори $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=7$; $254\pm 0,2$ під різьбу М4-7Н	12	Ra 6,3
6-8	Три отвори з різьбою М3-7Н; $l=7$; $12\pm 0,1$; $7\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,3
9-16	Вісім фасок $0,5\times 45^\circ$; $32\pm 0,2$; $88\pm 0,2$; $38\pm 0,2$	14	Ra 12,5
17, 18	Два отвори $\varnothing 7H14(^{+0,36})$; $l=2$; $180\pm 0,2$	14	Ra 12,5
19, 20	Два отвори $\varnothing 14H14(^{+0,43})$; $l=2$; $19\pm 0,1$	14	Ra 12,5
21, 22	Два отвори $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=10$; $22\pm 0,1$ під різьбу М4-7Н;	12	Ra 6,3
23, 24	Два отвори з різьбою М4-7Н; $l=7$; $22\pm 0,1$	12 (7)	Ra 6,3
25, 26	Дві фаски $2\times 45^\circ$; $254\pm 0,2$	14	Ra 12,5
27	Торець $38h14(^{-0,62})$	14	Ra 12,5
28	Отвір $\varnothing 14H7(^{+0,018})$; $l=2$; $19\pm 0,1$	7	Ra 1,6

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
29-31	Три отвори $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=9$; $12\pm 0,1$; $7\pm 0,2$ під різьбу М3-7Н	12	Ra 6,3
22, 33	Дві фаски $0,5\times 45^\circ$; $22\pm 0,1$	14	Ra 12,5
34-41	Вісім отворів $\varnothing 3,7H14^{(+0,3)}$; $l=7$; $32\pm 0,2$; $88\pm 0,2$; $38\pm 0,2$	14	Ra 12,5
42-44	Три фаски $0,5\times 45^\circ$; $12\pm 0,1$; $7\pm 0,2$	14	Ra 12,5
45	Зовнішній контур $265\pm 0,7$; $128\pm 0,5$	7 клас точності заготовки	Rz 50

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Річна програма випуску в обсязі 45000 шт., що за прийнятою класифікацією відповідає середньосерійному типу виробництва деталі «Корпус» 955.742.004 врахована при визначенні її технологічності. У такому виробництві необхідне застосування способів виготовлення заготовок корпусу, що мають підвищену продуктивність і точність, спеціальне технологічне оснащення з механізованим затиском заготовок. Проаналізовано вимоги креслень щодо точності та якості поверхонь корпусу.

Матеріал деталі алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується корозійною стійкістю, хорошими ливарними властивостями та схильністю до заповнення ливарних форм, малою ймовірністю утворення дефектів при литті, високою теплопровідністю для відведення тепла від світлодіодних панелей, а також малою питомою масою порівняно зі сталями. Використання цього сплаву зменшує масу корпусу та надає можливість одержання тонкостінних елементів, зокрема ребер жорсткості.

Конструкція корпусу є технологічною для забезпечення усіх етапів проектування технологічного процесу його механічного оброблення, зокрема раціонального базування та надійного закріплення заготовки під час виконання чорнових і чистових операцій. Додатково міцність деталі підвищено за рахунок доданих 14 зовнішніх ребер жорсткості, що двома рядами розміщено на

площинах корпусу. Це забезпечує застосування сил затиску на оснащенні і сприймати сили різання без суттєвих пружних деформацій деталі.

Для забезпечення формування базових поверхонь технологічних операцій, які в подальшому сприятимуть точності оброблення деталі на перших операціях доцільно провести свердління двох наскрізних отворів 17, 18 у розміри $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$; $l=2$; $180\pm 0,2$ та фрезерування торця 27 у розмір $38h14_{(-0,62)}$.

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різьбових поверхонь деталі можливе застосування стандартних різальних інструментів: фрез, свердел, зенкерів, розверток, мітчиків тощо. Для оброблення торцевої канавки необхідне застосування верстата з ЧПК. Як основне технологічне обладнання доцільно використовувати свердлильні верстати з ЧПК, фрезерні верстати з ЧПК, універсальні вертикально-свердлильні верстати, використовуючи принцип концентрації операцій в умовах середньосерійного типу виробництва.

Отже, на основі вищевказаного деталей «Корпус» 955.742.004 є технологічною і придатною до механічного оброблення в умовах середньосерійного типу виробництва.

Додатково до аналізу на основі якісних параметрів виконано кількісну оцінку технологічності корпусу із використанням основних показників: коефіцієнта точності, коефіцієнта шорсткості та коефіцієнта уніфікації. Розрахунки виконано на основі відомих методик із використанням даних табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 30 + 12 \cdot 14 + 7 \cdot 1}{45} = 13,2;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,2} = 0,92.$$

При $K_{тч} = 0,92 > 0,8$ деталь “Корпус” 955.742.004 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 14 + 3 \cdot 30}{45} = 3,36,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,36} = 0,3.$$

При $K_{ш} = 0,3 > 0,16$ деталь “Корпус” 955.742.004 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{36}{45} = 0,80.$$

При $K_{yc} = 0,8 > 0,6$ деталь “Корпус” 955.742.004 є технологічною.

Таким чином, за кількісними показниками деталь “Корпус” 955.742.004 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Перелік основного технологічного устаткування для здійснення операцій базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 955.742.004 представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технологічне устаткування операцій базового технологічного процесу виготовлення корпусу 955.742.004

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005, 010 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6P12	Пристрій спеціальний із ручним приводом затиску
015 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3
020 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
025 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
030 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Підставка спеціальна
040 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
045 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Підставка спеціальна
050 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
055 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Підставка спеціальна
060, 065 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
070-080 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Підставка спеціальна
085, 090, 095 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Підставка спеціальна

Технологічний процес виготовлення корпусу 955.742.004 на підприємстві за основними ознаками відповідає дрібносерійному виробництву. Це пов'язано із використанням універсального технологічного обладнання без засобів автоматизації. При цьому для базування та закріплення заготовок на верстатах застосовуються пристрої, кондуктори та підставки з ручним приводом затискних механізмів. Свердління отворів, формування у них фасок та різьби

виконується, застосовуючи спеціальні пересувні і поворотні кондуктори та підставки. Механічне оброблення поверхонь корпусу виконується стандартним універсальним ріжучими інструментами (фрезами, свердлами, зенкерами, мітчиками тощо).

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині проаналізовано технічні вимоги деталі «Корпус» 955.742.004 як складовою частиною світлодіодного світильника, призначеного для загального освітлення об'єктів житлового господарства, адміністративних і громадських, допоміжних і господарських приміщень. На основі приведеного аналізу встановлено, що деталь «Корпус» 955.742.004 є технологічною і придатною до механічного оброблення в умовах середньосерійного типу виробництва.

Матеріал деталі алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується корозійною стійкістю, хорошими ливарними властивостями та схильністю до заповнення ливарних форм, малою ймовірністю утворення дефектів при литті, високою теплопровідністю для відведення тепла від світлодіодних панелей, а також малою питомою масою порівняно зі сталями. Використання цього сплаву зменшує масу корпусу та надає можливість одержання тонкостінних елементів, зокрема ребер жорсткості.

Для забезпечення формування базових поверхонь технологічних операцій, які в подальшому сприятимуть точності оброблення деталі на перших операціях доцільно провести свердління двох наскрізних отворів 17, 18 у розміри $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$; $l=2$; $180\pm 0,2$ та фрезерування торця 27 у розмір $38h14_{(-0,62)}$.

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різьбових поверхонь деталі можливе застосування стандартних різальних інструментів: фрез, свердел, зенкерів, розверток, мітчиків тощо. Для оброблення торцевої канавки необхідне застосування верстата з ЧПК.

Технологічний процес виготовлення корпусу 955.742.004 на підприємстві

за основними ознаками відповідає дрібносерійному виробництву. Це пов'язано із використанням універсального технологічного обладнання без засобів автоматизації. При цьому для базування та закріплення заготовок на верстатах застосовуються пристрої, кондуктори та підставки з ручним приводом затискних механізмів. Свердління отворів, формування у них фасок та різьби виконується, застосовуючи спеціальні пересувні і поворотні кондуктори та підставки.

Річна програма випуску, що становить 45000 шт. відповідно до завдання, характеризує середньосерійний тип виробництва. Тому процес проектування технологічного доцільно доповнити такими змінами:

- отримання заготовки здійснювати точними способами лиття, зокрема литтям під тиском із формування тонкостінних ребер жорсткості та зменшення припусків механічного оброблення;

- фрезерні та свердлильні операції доцільно виконувати на верстатах з ЧПК, обробку отворів на вертикальних площинах – на універсальних вертикально-свердлильних верстатах та різенарізних напівавтоматах;

- для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

Запропоновані зміни базового технологічного процесу дозволять підвищити продуктивність виготовлення деталі «Корпус» 955.742.004 в умовах середньосерійного виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі «Корпус» 955.742.004 алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується хорошими ливарними властивостями та схильністю до заповнення ливарних форм, малою ймовірністю утворення дефектів при литті. Використання цього сплаву зменшує масу корпусу та надає можливість одержання тонкостінних елементів, зокрема ребер жорсткості, використовуючи різні методи литва.

Вибір раціонального способу виготовлення заготовки на основі порівняння двох варіантів здійснено за коефіцієнтом використання матеріалу. Для порівняльного аналізу розглянуто такі способи одержання заготовки:

1. Лиття під тиском на спеціальних формувальних машинах.
2. Лиття у піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями.

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

Загальні припуски деталі «Корпус» 955.742.004 наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальні припуски деталі «Корпус» 955.742.004

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 під тиском на спеціальних формувальних машинах				
Зовнішній контур 265	Rz50	1,4	Не обробляється різанням	265±0,7
Зовнішній контур 128	Rz50	1,0	Не обробляється різанням	128±0,5
Торець 38h14 _(-0,62)	Ra 12,5	0,9	1,1	39,1±0,45

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Два отвори $\varnothing 14H14(^{+0,43})$	Ra 12,5	0,6	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 12 \pm 0,3$
Отвір $\varnothing 14H7(^{+0,018})$	Ra 1,6	0,6	$1,4 \times 2 = 2,8$	$\varnothing 11,2 \pm 0,3$
2) Лиття у піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями				
Зовнішній контур 265	Rz50	6,0	Не обробляється різанням	$265 \pm 3,0$
Зовнішній контур 128	Rz50	4,8	Не обробляється різанням	$128 \pm 2,4$
Торець 38h14($_{-0,62}$)	Ra 12,5	3,4	3,4	$41,4 \pm 1,7$

Для визначення припусків для поверхонь, що піддаються механічному обробленню виконано проектування заготовок для вказаних вище способів їх формоутворення. Масу заготовки знайдено додаванням маси припусків до маси деталі після оброблення, що становить 0,45 кг.

Ескізи запропонованих варіантів заготовок зображено на рис. 2.1 (лиття під тиском на спеціальних формувальних машинах) та на рис. 2.2 (литво у піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями).

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.

За рівняннями (2.1) – (2.3) розраховано об'єми припусків окремих елементів заготовки:

- одержаної литвом під тиском:

$$V_{np1} = 2402 \cdot 4 = 9608 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np2} = 5205 \cdot 1,1 = 5725,5 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np3} = \frac{\pi \cdot (14^2 - 11,2^2) \cdot 2}{4} = 110,78 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np4} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot (14^2 - 12^2) \cdot 2}{4} = 163,28 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np5} = 8 \cdot \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 7}{4} = 601,81 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np6} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 10}{4} = 251,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np7} = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 3,0^2 \cdot 9}{4} = 190,76 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np8} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 8}{4} = 200,96 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np9} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 2}{4} = 153,86 \text{ мм}^3.$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{npi} &= 9608 + 5725,5 + 110,78 + 163,28 + 601,81 + 251,2 + 190,76 + 200,96 + 153,86 = \\ &= 17006,15 \text{ мм}^3 = 17 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

- одержаної литвом в піщані форми:

$$V_{np1} = 2402 \cdot 4 = 9608 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np2} = 5205 \cdot 3,4 = 17697 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np3} = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 14^2 \cdot 2}{4} = 923,16 \text{ мм}^3;$$

$$V_{np4} = 8 \cdot \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 7}{4} = 601,81 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}5} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 10}{4} = 251,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}6} = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 3,0^2 \cdot 9}{4} = 190,76 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}7} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 8}{4} = 200,96 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}8} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 2}{4} = 153,86 \text{ мм}^3.$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр}i} &= 9608 + 17697 + 923,16 + 601,81 + 251,2 + 190,76 + 200,96 + 153,86 = \\ &= 29626,75 \text{ мм}^3 = 29,63 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Визначаємо масу припусків:

– для лиття під тиском на спеціальних формувальних машинах:

$$m_{\text{пр}1} = 17 \cdot 2,6 = 44,2 \text{ г} = 0,044 \text{ кг}.$$

– для лиття у піщані форми:

$$m_{\text{пр}2} = 29,63 \cdot 2,6 = 77,038 \text{ г} \approx 0,077 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовок:

– лиття під тиском на спеціальних формувальних машинах:

$$Q_1 = 0,45 + 0,044 = 0,494 \text{ кг}.$$

– лиття у піщані форми:

$$Q_2 = 0,45 + 0,077 = 0,527 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

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

– для лиття під тиском на спеціальних формувальних машинах:

$$K_{\text{Б.М.1}} = \frac{0,45}{0,494} = 0,91;$$

– лиття у піщані форми:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,45}{0,527} = 0,85.$$

Отже, застосування способу формування заготовки деталі “Корпус” 955.742.004 литтям під тиском на спеціальних формувальних машинах забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж лиття у піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано перший спосіб одержання заготовки.

2.2. Вибір технологічних баз

У процесі проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 955.742.004 проаналізовано можливості застосування як чорнових так і чистових базових поверхонь. Тому на перших операціях запропоновано виконати свердління двох наскрізних отворів 17, 18 та фрезерування торця 27, що будуть серед основних технологічних баз на наступних операціях.

Схеми базування деталі “Корпус” 955.742.004 відображено у таблиці 2.2.

На першій операції запропоновано використовувати спеціальний пристрій з пневмозатиском рухомою призмою по зовнішній радіусній поверхні 45 (з правої сторони) з базуванням деталі по зовнішній торцевій поверхні 27 на опорні плити та призму по зовнішній радіусній поверхні 45 (з лівої сторони).

На другій операції запропоновано використовувати спеціальний пристрій з пневмозатиском двома прихватами з базуванням деталі по зовнішній (обробленій) торцевій поверхні та по двох отворах 17, 18 на циліндричний та зрізаний пальці.

На третій, четвертій та п'ятій операціях запропоновано використовувати спеціальні пристрої з пневмозатиском двома прихватами з базуванням деталі по торцевій (обробленій) зовнішній поверхні 27 та по двох отворах 17, 18 на

циліндричний та зрізаний пальці.

2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Для проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 955.742.004 розглянуто різні варіанти досягнення необхідних показників та технічних вимог до поверхонь деталі. При цьому, на основі синтезу розглянутих процесів одержано остаточний технологічний процес виготовлення корпусу, що відповідає середньосерійному типу виробництва із використанням верстатів з ЧПК, зокрема фрезерного та свердлильного верстатів з ЧПК.

Варіанти способів досягнення необхідних показників якості поверхонь деталі “Корпус” 955.742.004 відображено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Способи досягнення необхідних показників якості поверхонь деталі “Корпус” 955.742.004

№ 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, 2	Два отвори з різьбою М4-7Н; $l=8$; $254\pm0,2$	12 (7)	Ra 6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
3	Профільний паз на торці $b=4H14^{(+0,3)}$; $6\pm0,1$; $124\pm0,2$	14	Ra 12,5	Фрезерування кінцевою фрезою	—
4, 5	Два отвори $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=7$; $254\pm0,2$ під різьбу М4-7Н	12	Ra 6,3	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із використанням кондуктора
6-8	Три отвори з різьбою М3-7Н; $l=7$; $12\pm0,1$; $7\pm0,2$	12 (7)	Ra 6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
9-16	Вісім фасок $0,5\times 45^\circ$; $32\pm0,2$; $88\pm0,2$; $38\pm0,2$	14	Ra 12,5	Формування комбінованим свердлом	Зенкування
17, 18	Два отвори $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$; $l=2$; $180\pm0,2$	14	Ra 12,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із використанням кондуктора
19-20	Два отвори $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$; $l=2$; $19\pm0,1$	14	Ra 12,5	Розсвердлювання	—

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
21, 22	Два отвори $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=10$; $22\pm 0,1$ під різьбу М4-7Н	12	Ra 6,3	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із викорис- танням кондуктора
23, 24	Два отвори з різьбою М4-7Н; $l=7$; $22\pm 0,1$	12 (7)	Ra 6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
25, 26	Дві фаски $2\times 45^\circ$; $254\pm 0,2$	14	Ra 12,5	Зенкування	—
27	Торець 38h14($_{-0,62}$)	14	Ra 12,5	Фрезерування торцевою фрезою	—
28	Отвір $\varnothing 14H7(^{+0,018})$; $l=2$; $19\pm 0,1$	7	Ra 1,6	Зенкерування Розвертання чорнове Розвертання чистове	—
29- 31	Три отвори $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=9$; $12\pm 0,1$; $7\pm 0,2$ під різьбу М3-7Н	12	Ra 6,3	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із викорис- танням кондуктора
32, 33	Дві фаски $0,5\times 45^\circ$; $22\pm 0,1$	14	Ra 12,5	Формування комбінованим свердлом	Зенкування
34- 41	Вісім отворів $\varnothing 3,7H14(^{+0,3})$; $l=7$; $32\pm 0,2$; $88\pm 0,2$; $38\pm 0,2$	14	Ra 12,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із викорис- танням кондуктора
42- 44	Три фаски $0,5\times 45^\circ$; $12\pm 0,1$; $7\pm 0,2$	14	Ra 12,5	Формування комбінованим свердлом	Зенкування
45	Зовнішній контур $265\pm 0,7$; $128\pm 0,5$	7 клас точності заготовки	Rz 50	Одержується при литті заготовки	—

Для середньосерійного типу виробництва на основі аналізу маршрутів оброблення поверхонь корпусу із таблиці 2.3 сформовано остаточний маршрут механічного оброблення. Запропоновано фрезерні та свердлильні операції виконувати на верстатах з ЧПК замість звичайних універсальних вертикально-фрезерних та вертикально-свердлильних верстатів; обробку отворів на

вертикальних площинах виконувати на універсальних вертикально-свердлильних верстатах та різенарізних напівавтоматах, оскільки кількість отворів коливається в межах 2; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок запропоновано використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі замість операцій свердління та зенкування.

005 Свердлильна з ЧПК.

1. Центрування семи отворів 4, 5, 17, 18, 29, 30, 31 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 1,0^{+0,12}$; $\varnothing 2,14^{+0,14}$; 1,3; $254 \pm 0,2$; $180 \pm 0,2$; $12 \pm 0,1$; $7 \pm 0,2$.
2. Свердління трьох глухих отворів 29, 30, 31 під різьбу М3-7Н з одночасним формуванням трьох фасок 42, 43, 44 у розміри $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=9$; $12 \pm 0,1$; $7 \pm 0,2$; $0,5 \times 45^\circ$.
3. Свердління двох наскрізних отворів 17, 18 у розміри $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$; $l=2$; $180 \pm 0,2$.
4. Свердління двох наскрізних отворів 4, 5 під різьбу М4-7Н з одночасним формуванням двох фасок 25, 26 у розміри $\varnothing 3,3^{+0,18}$; $l=10$; $254 \pm 0,2$; $2 \times 45^\circ$.
5. Нарізання різьби 6, 7, 8 в трьох глухих отворах у розміри М3-7Н; $l=7$; $12 \pm 0,1$; $7 \pm 0,2$.
6. Нарізання різьби 1, 2 у двох наскрізних отворах у розміри М4-7Н; $l=8$; $254 \pm 0,2$.

Контроль 30%.

010 Програмна з ЧПК.

1. Фрезерування остаточне торця 27 у розмір $38h14_{(-0,62)}$.
2. Центрування одинадцяти отворів 34-41, 21, 22 та технологічного отвору послідовне за програмою у розміри $\varnothing 1,0^{+0,12}$; $\varnothing 2,14^{+0,14}$; 1,3; $32 \pm 0,2$; $88 \pm 0,2$; $38 \pm 0,2$; $22 \pm 0,1$.
3. Свердління технологічного отвору у розміри $\varnothing 4^{+0,18}$; $l=4 \pm 0,1$.
4. Фрезерування торцевого криволінійного паа 3 по контуру у розміри $b=4H14^{(+0,3)}$; $4 \pm 0,1$; $124 \pm 0,2$ за програмою.

5. Свердління восьми отворів 34-41 з одночасним формуванням восьми фасок 9-16 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 3,7H14^{(+0,3)}$; $l=7$; $32\pm 0,2$; $88\pm 0,2$; $38\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$.

6. Свердління двох отворів 21, 22 під різьбу М4-7Н послідовне за програмою у розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=10$; $22\pm 0,1$.

7. Зенкування двох фасок 22, 23 послідовне за програмою у розміри $0,5\times 45^\circ$; $22\pm 0,1$.

8. Нарізання різьби 23, 24 в двох глухих отворах послідовне за програмою у розміри М4-7Н; $l=7$; $22\pm 0,1$.

Контроль 30%.

015 Вертикально-свердлильна.

1. Розсвердлювання отвору 19 у розміри $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$; $l=2$; $19\pm 0,1$.

020 Вертикально-свердлильна.

1. Розсвердлювання отвору 19 у розміри $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$; $l=2$; $19\pm 0,1$.

025 Свердлильна з ЧПК.

1. Зенкерування отвору 28 у розміри $\varnothing 13,62^{+0,18}$; $l=2$; $19\pm 0,1$.

2. Розвертання попереднє отвору 28 у розміри $\varnothing 13,915^{+0,043}$; $l=2$; $19\pm 0,1$.

3. Розвертання остаточне отвору 28 у розміри $\varnothing 14^{+0,018}$; $l=2$; $19\pm 0,1$.

030 Контроль.

2.4. Визначення припусків на оброблення

Розрахунок припусків механічного оброблення деталі “Корпус” 955.742.004 у розробленому технологічному процесі здійснено табличним та аналітично-розрахунковим методами із виведенням результатів у вигляді таблиці 2.4.

Також результати аналітично-розрахункового визначення припусків оброблення отвору $\varnothing 14H7^{(+0,018)}$; $l=2$; $19\pm 0,1$, Ra 1,6 на 025 свердлильній з ЧПК операції із базуванням на циліндричний та зрізаний пальці та площину і затиском

деталі у спеціальному оснащенні представлено на рис. 2.3.

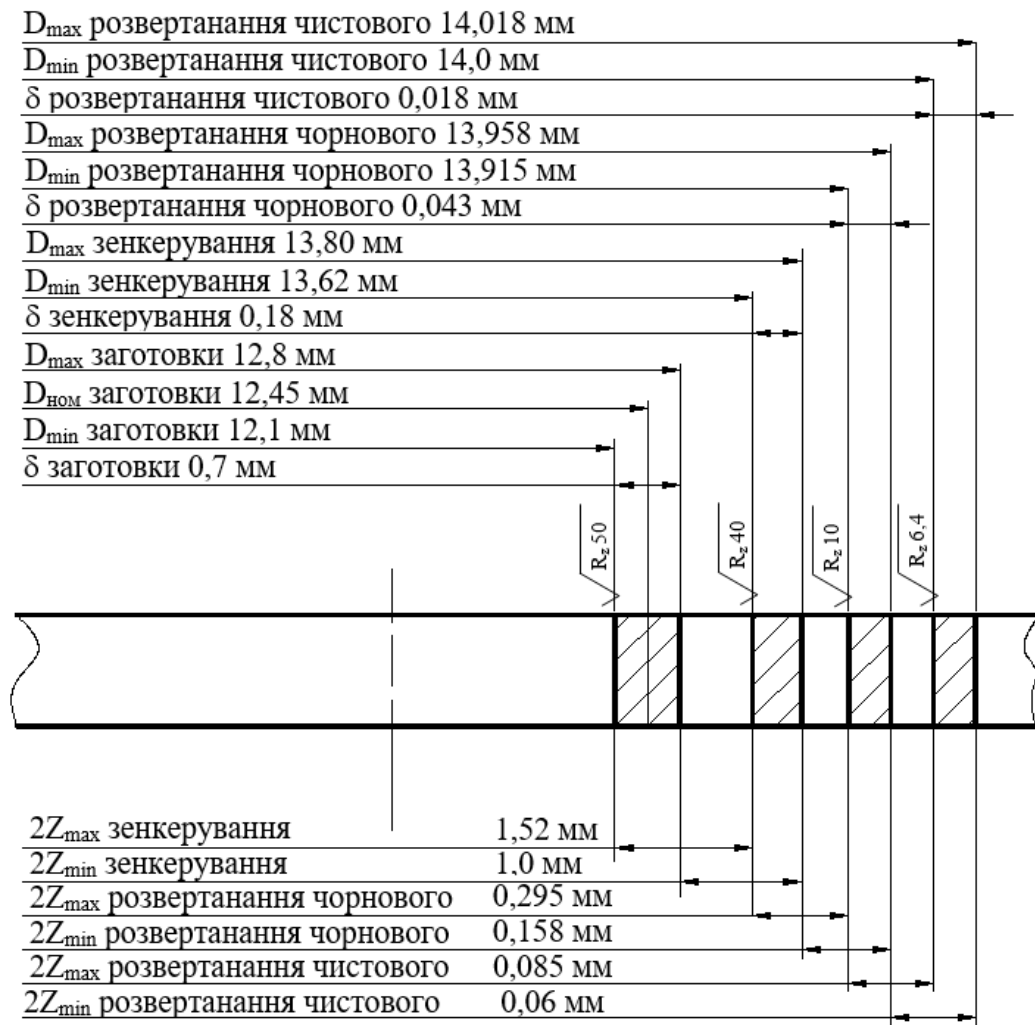


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків на механічне оброблення отвору $\varnothing 14H7(^{+0,018})$

Таблиця 2.4 – Припуски механічного оброблення поверхонь деталі “Корпус” 955.742.004

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 38h14 _(-0,62)					
Фрезерування торцевою фрезою	14	Ra12,5	0,62	1,1	38 _{-0,62}

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	0,9	—	39,1±0,45
Два отвори Ø14H14(+0,43)					
Розсвердлювання	14	Ra12,5	0,43	1,0 × 2 = 2,0	Ø14 ^{+0,43}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	0,6	—	Ø12±0,3
Криволінійний торцевий паз b=4H14(+0,3); 4±0,1					
Фрезерування кінцевою фрезою	14	Ra12,5	0,3	4	4 ^{+0,3}
Заготовка	7-мий кл.	Rz50	—	—	Суцільний матеріал

Габаритні розміри заготовки: 265±0,7 × 128±0,5 × 39,1±0,45.

2.5. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Режими різання вибрано із табличних даних довідників, а на сьомий технологічний перехід 010 операції та четвертий технологічний перехід 025 операції оброблення деталі “Корпус” 955.742.004 розрахунок режимів різання проведено аналітичним методом.

Операція 010 Програмна з ЧПК. Перехід 6. Свердління двох отворів 21, 22 під різьбу М4-7Н послідовне за програмою у розміри Ø3,3^{+0,16}; l=10; 22±0,1. Інструмент – свердло спіральне d = 3,3; L = 65; l = 36.

1. Глибина різання для свердління [14]:

$$t = 0,5 \cdot D, \quad (2.5)$$

$$t = 0,5 \cdot 3,3 = 1,65 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу [14]:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{пер.}}, \quad (2.6)$$

де $l_{\text{різ.}} = 10 \text{ мм};$

$l_{\text{вріз.}} = 1,5 \text{ мм [14];}$

$l_{\text{підв.}} = 2 \text{ мм [14];}$

$l_{\text{перебіг}} = 0 \text{ мм};$

$$L_{\text{р.х.}} = 10 + 2 + 1,5 = 13,5 \text{ мм.}$$

3. Подача при свердлінні [14]:

$$S_o = S_{\text{от}} \cdot K_{\text{ls}}, \quad (2.7)$$

де $S_{\text{от}} = 0,18 \text{ мм/об [14];}$

$K_{\text{ls}} = 0,9 \text{ при } l \leq 5 D \text{ [14];}$

$$S_o = 0,18 \cdot 0,9 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

4. Період стійкості свердла:

$T = 15 \text{ хв. [14].}$

5. Швидкість різання при свердлінні [14]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.8)$$

де $T = 15 \text{ хв};$

$S = 0,16 \text{ мм/об};$

$D = 3,3 \text{ мм};$

K_v – поправочний коефіцієнт[14]:

$$K_v = K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{lv}}, \quad (2.9)$$

де $K_{\text{mv}} = 1,0 \text{ [14];}$

$K_{\text{nv}} = 1,0 \text{ [14];}$

$K_{\text{lv}} = 0,85 \text{ [14].}$

$C_v = 36,3; y = 0,55; m = 0,125; q = 0,25 \text{ [14];}$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,85.$$

Підставляємо дані у рівняння (2.8):

$$V = \frac{36,3 \cdot 3,3^{0,25}}{15^{0,125} \cdot 0,162^{0,55}} \cdot 0,85 = 21,7 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.10)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 21,7}{\pi \cdot 3,3} = 2094 \text{ хв}^{-1}.$$

Для свердлильного верстата з ЧПК приймаємо частоту обертання шпинделя $n_d = 2000$ об/хв.

7. Коректуємо швидкість різання:

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

$$V_a = \frac{\pi \cdot 3,3 \cdot 2000}{1000} = 20,72 \text{ м/хв.}$$

8. Крутний момент при свердлінні [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.12)$$

де $D = 3,3$ мм;

$S = 0,16$ мм/об;

$K_p = 1,0$ [14];

$C_m = 0,005$; $y = 0,8$; $q = 2,0$ [14].

Підставляємо дані у рівняння (2.12):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,3^{2,0} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 1,0 = 0,13 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Потужність різання при свердлінні:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (2.13)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{0,13 \cdot 2000}{9750} = 0,03 \text{ кВт.}$$

10. Перевіряємо потужність приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}. \quad (2.14)$$

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.15)$$

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

Перевіряємо виконання умови (2.14):

$$N_{\text{різ}} = 0,03 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 8 \text{ кВт.}$$

Отже, режими різання вибрано правильно.

11. Основний час при свердлінні:

$$T_o = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (2.16)$$

де $i = 2$ – кількість переходів.

$$T_o = \frac{13,5}{0,16 \cdot 2000} \cdot 2 = 0,084 \text{ хв.}$$

Операція 025 Свердлильна з ЧПК . Перехід 3. Розвертання остаточне отвору 28 у розміри $\varnothing 14^{+0,018}$; $l=2$; $19 \pm 0,1$. Різальний інструмент – розвертка $\varnothing 14\text{H}7$; $L=175$; $l=41$; $z=8$ НКХ, Морзе1.

1. Глибина різання:

$$t = 0,0425 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу розвертки (2.6):

$$l_{\text{різ.}} = 2 \text{ мм;}$$

$$l_{\text{вріз.}} + l_{\text{пер}} = 15 \text{ мм [14];}$$

$$l_{\text{підв.}} = 2 \text{ мм [14];}$$

$$L_{\text{п.х.}} = 2 + 2 + 15 = 19 \text{ мм.}$$

3. Подача розвертки :

$$S_o = S_{от} \cdot K_{SM}, \quad (2.17)$$

де $S_{от} = 0,6$ мм/об [14];

$K_{SM} = 0,9$ [14].

$$S_o = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54 \text{ мм/об.}$$

4. Період стійкості розвертки:

$T_M = 30$ хв. [14].

5. Визначаємо швидкість різання [14]:

$$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vw}, \quad (2.18)$$

де $V_T = 15,3$ м/хв; $K_{VM} = 0,9$; $K_{V3} = 1,0$; $K_{VЖ} = 1,0$; $K_{Vw} = 0,9$; $K_{Vn} = 1,0$; $K_{Vl} = 1,0$;

$K_{VT} = 1,0$; $K_{Vi} = 1,0$ [14].

$$V = 15,3 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 12,4 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя (2.10):

$$n = \frac{1000 \cdot 12,4}{\pi \cdot 14} = 282 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо частоту обертання $n_d = 280$ об/хв.

7. Сила різання[14]:

$$P = \frac{P_T}{K_{PM}}, \quad (2.19)$$

де $P_T = 5,2$ Н [14];

$K_{PM} = 0,9$ [14].

$$P = \frac{5,2}{0,9} = 5,8 \text{ Н.}$$

8. Потужність різання [14]:

$$N = \frac{N_T}{K_{NM}}, \quad (2.20)$$

$$K_{pm} = 0,9 [14].$$

$$N = \frac{0,1}{0,9} = 0,11 \text{ кВТ}.$$

$$N_{\text{pi3}} = 0,11 \text{ кВТ} < N_{\text{III}} = 8 \text{ кВТ}.$$

12. Основний час при розвертанні (2.16):

$$T_0 = \frac{19}{0,54 \cdot 280} = 0,126 \text{ XB.}$$

Таблиця 2.5 – Режими різання операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 955.742.004

[illegible]

[illegible][illegible]

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свердління технологічного отвору у розміри $\varnothing 4^{+0,18}$; $l=4\pm 0,1$ Перехід 5	2	8	1	16	0,16	2000	19	320	0,05	0,06
Фрезерування торцевого криволінійного паза 3 по контуру у розміри $b=4H14^{(+0,3)}$; $4\pm 0,1$; $124\pm 0,2$ за програмою Перехід 6	4	650	1	32	S_z , мм/зуб 0,03	3148	29	360	1,8	0,09
Свердління восьми отворів 34-41 з одночасним формуванням восьми фасок 9-16 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 3,7H14^{(+0,3)}$; $l=7$; $32\pm 0,2$; $88\pm 0,2$; $38\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$	1,85	10	8	12	0,12	1800	14	216	0,37	0,05
Перехід 7 Свердління двох отворів 21, 22 під різьбу М4-7Н послідовне за програмою у розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=10$; $22\pm 0,1$	1,65	13,5	2	15	0,16	2000	20,72	320	0,084	0,03
Перехід 8 Зенкування двох фасок 22, 23 послідовне за програмою у розміри $0,5\times 45^\circ$; $22\pm 0,1$	0,5	3	2	16	0,1	1200	34,2	120	0,05	0,08
Перехід 9										
Нарізання різьби 23, 24 в двох глухих отворах послідовне за програмою у розміри М4-7Н; $l=7$; $22\pm 0,1$	0,606	20	2	12	0,7	620	8	434	0,1	0,9
Операція 015. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Розсвердлювання отвору 19 у розміри $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$; $l=2$; $19\pm 0,1$	1,0	9	1	35	0,6	500	19	300	0,03	0,12

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 020. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Розсвердлювання отвору 19 у розмірі Ø14Н14 ^(+0,43) ; l=2; 19±0,1	1,0	9	1	35	0,6	500	19	300	0,03	0,12
Операція 025 Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Зенкерування отвору 28 у розмірі Ø13,62 ^{+0,18} ; l=2; 19±0,1	0,585	17	1	30	0,3	460	22	138	0,12	0,18
Перехід 3 Розвертання попереднє отвору 28 у розмірі Ø13,915 ^{+0,043} ; l=2; 18±0,1	0,1475	19	1	30	0,9	220	10,2	198	0,1	0,14
Перехід 4 Розвертання остаточне отвору 28 у розмірі Ø14 ^{+0,018} ; l=2; 19±0,1	0,0425	19	1	30	0,54	280	12	151,2	0,126	0,11

Технічні норми часу визначено на основі табличних даних довідників, а на 010 операцію програмну з ЧПК оброблення деталі “Корпус” 955.742.004 розрахунок технічних норм часу проведено аналітичним методом.

Штучний час для операцій, що виконуються на верстатах з ЧПК [1]:

$$T_{ш} = (T_{ц} + T_{до}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right), \quad (2.21)$$

де $T_{ц}$ – час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК;

$$T_{ц} = T_{о} + T_{д}, \quad (2.22)$$

$T_{о}$ – основний час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК;

$$T_{о} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \quad (2.23)$$

L_i – довжина робочого ходу i -го переходу, мм;

S_i – подача при різанні, мм/хв;

T_d – час на допоміжні автоматичні дії;

$$T_d = T_{di} + T_{dx}, \quad (2.24)$$

де T_{di} – час на знімання та встановлення інструментів;

$$T_{di} = (T_{\pi} + T_{\phi}) \cdot k, \quad (2.25)$$

де T_{π} – час повороту барабана з інструментами; $T_{\pi} = 0,016$ хв.

k – кількість інструментів;

T_{ϕ} – час фіксації барабана з інструментами; $T_{\phi} = 0,016$ хв.

T_{dx} – час допоміжних ходів;

$$T_{dx} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{xi}}{S_{\pi}}, \quad (2.26)$$

де L_{xi} – довжина допоміжних ходів;

S_{π} – подача холостого ходу $S_{\pi} = 7000$ мм/хв.

010 Програмна з ЧПК

1. Основний час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК:

$$T_o = 0,08 + 0,46 + 0,05 + 1,8 + 0,37 + 0,084 + 0,05 + 0,1 = 2,994 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо час допоміжних ходів (2.26):

$$T_{dx} = \frac{16000}{7000} = 2,29 \text{ хв.}$$

3. Час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК (2.24):

$$T_{\pi} = 2,994 + 2,29 = 5,284 \text{ хв.}$$

4. Допоміжний час на виконання ручних переходів:

$$T_{до} = T_{доу} + T_{доп} + T_{дов}, \quad (2.27)$$

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

$T_{доп}$ – час на визначення правильного взаємного розміщення деталі та інструмента, хв;

$T_{дов}$ – час на виконання контролю оброблених поверхонь, хв.

4.1. Час на базування та знімання деталі $T_{доу} = 0,12$ хв. [1].

4.2. Час на визначення правильного взаємного розміщення деталі та інструмента [1].

– виставлення деталі та інструмента за координатами наладки:
 $t_1 = 0,6$ хв;

– перевіряння повернення інструменту у вихідну точку після оброблення:
 $t_2 = 0,2$ хв;

– монтування щитка для захисту від емульсії: $t_3 = 0,04$ хв.

$$T_{доп} = 0,6 + 0,2 + 0,04 = 0,84 \text{ хв.}$$

4.3. Час на виконання контролю оброблених поверхонь:

Вимірювання штангенциркулями:

- $38_{-0,62} - t_{1в} = 0,12$ хв.;
- $\varnothing 2,5^{+0,25}; 3^{+0,3}; 7 \pm 0,1 - t_{2в} = 0,12 \cdot 4 = 0,48$ хв.;
- $32 \pm 0,2; 88 \pm 0,2; 38 \pm 0,2; - t_{3в} = 0,13 \cdot 3 = 0,39$ хв.;
- $124 \pm 0,2 - t_{4в} = 0,16$ хв.

Вимірювання калібр-пробкою різьбовим (М4-7Н)

- М4-7Н – $t_{5в} = 0,31$ хв.

Вимірювання кутоміром універсальним

- $0,5 \times 45^\circ - t_{7в} = 0,08$ хв.

$$T_{дов} = \sum t_{ів} = 0,12 + 0,48 + 0,39 + 0,16 + 0,31 + 0,08 = 1,54 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{\text{довд}} = T_{\text{дов}} \cdot 0,3 = 1,54 \cdot 0,3 = 0,46 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{\text{до}} = 0,12 + 0,84 + 0,46 = 1,42 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}, \quad (2.28)$$

$$T_{\text{оп.}} = 5,284 + 1,42 = 6,704 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.21):

$$T_{\text{шт}} = 6,704 \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 7,31 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.29)$$

де $n = 900$ шт, $T_{\text{пз}} = 57$ хв.

$$T_{\text{шк}} = 7,31 + \frac{57}{900} = 7,37 \text{ хв.}$$

005 Свердлильна з ЧПК операція

Основний час: $T_{005} = 0,28 + 0,19 + 0,1 + 0,07 + 0,06 + 0,1 = 0,8$ хв.

Штучний час [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_{\text{о}}, \quad (2.30)$$

$$T_{\text{шт.005}} = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ хв.}$$

015 Вертикально-свердлильна операція

Основний час: $T_{015} = 0,03$ хв.

Штучний час (2.30):

$$T_{\text{шт.015}} = 3,5 \cdot 0,03 = 0,105 \text{ хв.}$$

020 Вертикально-свердлильна операція

Основний час: $T_{020} = 0,03$ хв.

Штучний час (2.30):

$$T_{\text{шт.020}} = 3,5 \cdot 0,03 = 0,105 \text{ хв.}$$

025 Свердлильна з ЧПК операція

Основний час: $T_{025} = 0,12 + 0,1 + 0,126 = 0,346 \text{ хв.}$

Штучний час (2.30):

$$T_{\text{шт.025}} = 4 \cdot 0,346 = 1,38 \text{ хв.}$$

Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус”

955.742.004 зведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 955.742.004

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.	п, шт	T _{шт.к.} , хв
		T _у .	T _{пер}	T _{вим}		T _{тех.об}	T _{орг.об}	T _{відп}				
005 Свердлильна з ЧПК	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	900	3,2
010 Програмна з ЧПК	2,994	0,12	0,84	0,46	6,704	0,6			7,31	57		7,37
015 Вертикально-свердлильна	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,105
020 Вертикально-свердлильна	0,03											0,105
025 Свердлильна з ЧПК	0,346											1,38

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для забезпечення послідовного оброблення за програмою поверхонь деталі «Корпус» 955.742.004 на 005 свердлильній з ЧПК операції виконано розроблення спеціалізованого затискного пристрою. Конструкція пристрою дозволяє його монтаж на столі свердлильного верстата з ЧПК за допомогою пазів та болтів із фіксацію та точним позиціонуванням відносно шпинделя верстата з ЧПК.

Пристрій призначений для оброблення двох отворів $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$; $l=2$; $180\pm 0,2$, трьох отворів МЗ-7Н; $l=7$; $12\pm 0,1$; $7\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$; двох отворів М4-7Н; $l=8$; $254\pm 0,2$; $2\times 45^\circ$.

Для забезпечення виконання визначених технологічних операцій, передбачених маршрутно-операційним технологічним процесом виготовлення корпусу, у пристосуванні реалізовано раціональну схему базування та закріплення. Заготовка встановлюється за торцевою базовою поверхнею та зовнішніми циліндричними поверхнями радіусом R64 із опорою на установчу базу поз. 5 та нерухому призму поз. 26. Точне просторове орієнтування й центрування деталі відносно технологічних баз забезпечується за рахунок використання рухомої призми поз. 14, що сприяє підвищенню точності позиціонування заготовки та стабільності її положення в процесі механічної обробки.

Принцип функціонування затискного механізму пристосування полягає в такому. На початковому етапі заготовку встановлюють торцевою поверхнею на базовий елемент поз. 5 та орієнтують у нерухомій призмі поз. 26. Після встановлення деталі через систему керування здійснюється подача стисненого повітря до лівої порожнини гільзи поз. 7 пневматичного циліндра. У результаті дії пневматичного приводу поршень поз. 2 разом зі штоком поз. 11

переміщується у правому напрямку, передаючи зусилля через клиновий механізм поз. 22 на плунжер поз. 24.

Подальше переміщення плунжера через регулювальний гвинт поз. 34 спричиняє поворот важеля поз. 12 навколо осі поз. 19. Внаслідок кінематичної взаємодії важіль переміщує рухому призму поз. 14 у напрямку до поверхні деталі, забезпечуючи її надійне базування та затискання у пристосуванні. Така конструктивна схема закріплення дозволяє рівномірно розподілити затискні зусилля, мінімізувати ймовірність зміщення заготовки та підвищити точність виконання технологічної операції.

Після завершення циклу механічної обробки система керування забезпечує подачу стисненого повітря до правої порожнини гільзи поз. 7 пневмоциліндра, що спричиняє реверсивне переміщення поршня поз. 2 разом зі штоком поз. 11 та клиновим елементом поз. 22 у лівому напрямку. Під дією зворотної пружини поз. 16 плунжер поз. 24 повертається у вихідне положення, а важіль поз. 12 здійснює поворот у протилежному напрямку, відводячи рухому призму поз. 14 від деталі. У результаті цього відбувається розтискання та вивільнення обробленої заготовки, після чого встановлення та оброблення наступної деталі здійснюється аналогічно відповідно до встановленого виробничого циклу.

Креслення розробленого затискного пристрою наведено у графічній частині роботи.

Похибку встановлення заготовки деталі «Корпус» 955.742.004 у запропонованому пристрої визначено на основі залежності, що враховує сумарний вплив похибок базування, закріплення та виготовлення елементів пристрою [15]:

$$\Delta \epsilon_1 = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{пр}}^2} . \quad (3.1)$$

При проектуванні пристрою необхідно, щоб була забезпечена умова, яка полягає у тому, що сумарна похибка встановлення заготовки не перевищує допустимого поля допуску на розміри поверхонь, які обробляються на пристрої [15]. Дану умову можливо представити у вигляді нерівності [15]:

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

На операції 005 свердлильній з ЧПК здійснюється обробка різьбових та наскрізних отворів деталі «Корпус» 955.742.004. Основною вимогою до їх точності є забезпечення взаємного просторового розташування, а також розташування відносно базових конструктивних елементів корпусу в межах визначених допусків. Точність взаємного розміщення отворів визначено точністю роботи свердлильного верстата з ЧПК. Точність розташування отворів відносно конструктивних елементів корпусу регламентовано конструкторською документацією і становить допуск $T=0,6$ мм.

Для схеми базування заготовки у пристрої на двох призмах похибку радіального базування Δ_6 розраховано за рівнянням [15]:

$$\Delta_6 = 0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (3.3)$$

де TD – допуск на розмір радіусної поверхні корпусу, по якій виконують базування $R64h14_{(-0,74)}$, $TD = 0,74$ мм.

α – половина кута призми, при $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$.

Підставляємо дані у рівняння (3.3):

$$\text{Тоді, } \Delta \varepsilon_{6,1} = 0,5 \cdot 0,74 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,524 \text{ мм} = 524 \text{ мкм}.$$

Похибка базування за довжиною отворів визначено допуском торцевої поверхні $38h14_{(-0,62)}$: $\Delta_{62}=0,62$ мм.

Похибка закріплення заготовки $\Delta_3 = 80$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 20$ мкм.

Похибка встановлення заготовки деталі «Корпус» 955.742.004 у пристрої (3.1):

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0,524^2 + 0,08^2 + 0,02^2} = 0,53 \text{ мм}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,53\text{мм} < 0,6\text{мм}$$

Отже, точність встановлення заготовки забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Для визначення необхідного зусилля затиску заготовки деталі «Корпус» 955.742.004 на операції 005 свердлильній з ЧПК розроблено розрахункову схему, що враховує найбільші навантаження із переходів операції при послідовному свердлінні отворів $\varnothing 7\text{H}14^{(+0,36)}$ мм, коли виникає максимальний крутний момент різання $M_{\text{кр}}$ (рис. 3.1).

Заготовка встановлюється на площину та призму та притискається до опорної поверхні призми за допомогою другої рухомої призми. Сила затиску P_3 , передається від пневмоциліндра через клиновий механізм, важіль та забезпечує утримання заготовки в заданому положенні.

При свердлінні на заготовку діє крутний момент $M_{\text{кр}}$ що прагне викликати обертання заготовки. Затиск заготовки забезпечується силами тертя, що виникають у контакті «заготовка - призма» під дією сили затиску.

Необхідна умова затиску заготовки:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{\text{кр}}}{D_3 \cdot \frac{f}{\sin \alpha}}, \quad (3.4)$$

де f – коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки та призмами; $f = 0,18$;

α – половина кута призми, при $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$;

D_3 – діаметр заготовки, по якому проходить затиск; $D_3 = 128\text{мм}$.

Момент, що виникає при свердлінні отворів [14]:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.5)$$

де $D = 7$ мм – діаметр свердла;

$S = 0,12$ мм/об – подача свердла;

$K_p = 1,0$ для сплаву АК12 [14];

$C_m = 0,005$; $y = 0,8$; $q = 2,0$ [14].

Підставляємо дані у рівняння (3.5):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 7^{2,0} \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,0 = 0,45 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу $K = 3,2$.

Підставляємо дані у рівняння (3.4):

$$\text{Отже, } P_3 = \frac{3,2 \cdot 0,45}{0,128 \cdot \left(\frac{0,18}{\sin 45} \right)} = 44 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$P_3 \leq W, \quad (3.6)$$

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

Із розрахункової схеми рис. 3.1, сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок клинового та важільного механізмів:

$$W = \frac{F_1}{2 \operatorname{tg}(\beta + \varphi)} \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.7)$$

де $\beta = 9^\circ$ кут клина.

φ – кут тертя $\varphi = 12^\circ$;

$l_1 = 60$ мм;

$l_2 = 59$ мм;

η – ККД, $\eta = 0,9$.

F_1 – сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі.

Сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot (D_1^2 - d_1^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.8)$$

де $D_1=90$ мм діаметр циліндра;

$d_1=20$ мм діаметр штока.

Із рівняння (3.8) отримано:

$$F_1 = 0,785 \cdot (0,09^2 - 0,02^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2176 \text{ Н}.$$

Тоді

$$W = \frac{2176}{2 \operatorname{tg}(9 + 12)} \frac{60}{59} \cdot 0,9 = 2594 \text{ Н}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.6): $P_3 = 44 \text{ Н} < W = 2594 \text{ Н}$. Отже, заготовка деталі “Корпус” 955.742.004 надійно закріплюється на 005 свердлильній з ЧПК операції.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Методи зниження вібрації та шуму на дільниці виготовлення деталі

Одним із найефективніших способів забезпечення безпечних умов праці на виробничій дільниці є зниження рівнів виробничої вібрації та шуму безпосередньо в джерелі їх виникнення. Відповідно до вимог Закон України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечити функціонування системи управління охороною праці та впроваджувати технічні заходи, спрямовані на усунення або мінімізацію впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом зниження величини збурювальних сил, які спричиняють механічні коливання. Тому на етапі проєктування машин, механізмів і технологічного оснащення необхідно застосовувати такі кінематичні схеми, що забезпечують мінімізацію динамічних навантажень, ударних процесів та інерційних сил.

Важливим заходом боротьби з вібрацією є недопущення роботи обладнання в резонансному режимі. Для цього необхідно виключити збіг частоти зовнішньої збурювальної сили з власною частотою коливань конструкції. Власні частоти окремих елементів обладнання визначають розрахунковими методами на основі відомих значень маси та жорсткості або експериментально під час стендових випробувань.

Ефективним методом зниження вібрацій є вібродемпфування, яке полягає у перетворенні механічної енергії коливань у теплову енергію за рахунок внутрішнього тертя матеріалів. Підвищення дисипації енергії досягається застосуванням конструкційних матеріалів із високими демпфувальними властивостями, зокрема полімерних композицій, металогуми, сплавів на основі марганцю та міді, нікель-титанових сплавів, а також нанесенням на вібруючі поверхні шарів пружно-в'язких матеріалів. Найбільша ефективність

вібродемпфування досягається поблизу резонансних частот, коли амплітуда коливань є максимальною.

Для зменшення амплітуди коливань широко застосовується динамічне віброгасіння. Динамічні віброгасники можуть бути пружинними, маятниковими, ексцентриковими або гідравлічними. Вони являють собою додаткову коливальну систему з певними значеннями маси та жорсткості, власна частота якої налаштовується на частоту коливань основного агрегату. У процесі роботи вібрації у віброгаснику виникають у протифазі до коливань обладнання, що забезпечує часткову компенсацію коливального процесу. Недоліком цього способу є його ефективність лише в обмеженому діапазоні частот.

Широкого застосування набуває також віброізоляція, сутність якої полягає у введенні до коливальної системи додаткового пружного елемента, що зменшує передачу вібрації від джерела її виникнення до фундаменту, конструкцій будівлі або безпосередньо до працівника. Як віброізолювальні елементи використовують гумові прокладки, пружинні опори, амортизатори, еластомерні вставки та комбіновані системи віброзахисту.

Якщо застосування технічних засобів не забезпечує зниження рівня вібрації до нормативних значень, передбачених вимогами нормативно-правових актів з охорони праці, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту. Для захисту рук застосовують антивібраційні рукавиці та прокладки, для захисту ніг - спеціальне взуття з вібропоглинальними підошвами, а для захисту тіла - антивібраційні пояси, нагрудники та спеціальний одяг.

Одним із найважливіших напрямів забезпечення безпечних умов праці на ділянці механічного оброблення є боротьба з виробничим шумом. Основними методами зниження шуму є:

1. зменшення шуму безпосередньо в джерелі його виникнення;
2. звукоізоляція та звукопоглинання;
3. застосування засобів індивідуального захисту органів слуху.

Технічні заходи передбачають використання малOSHумного обладнання, удосконалення конструкцій машин і механізмів, заміну технологічних процесів на менш шумні, застосування дистанційного керування та автоматизацію виробничих операцій. На стадії проєктування виробничих приміщень здійснюється акустичний розрахунок та визначаються заходи щодо обмеження шумових характеристик обладнання.

До планувальних заходів належать раціональне розміщення виробничих приміщень, ізоляція шумних діляниць від адміністративно-побутових приміщень, збільшення відстані між шумними та малOSHумними зонами, а також використання зелених насаджень і шумозахисних екранів.

У виробничих приміщеннях ефективно застосовуються засоби звукопоглинання, які забезпечують зниження рівня відбитого шуму. Для оздоблення стін і стелі використовують пористі матеріали, мінераловатні плити, базальтові мати, акустичні панелі та штукатурки пористої структури. У цехах великого об'єму додатково застосовують підвісні звукопоглинаючі конструкції у вигляді кубів, конусів або екранів, що дозволяє знизити рівень шуму на 5–12 дБ.

Для боротьби з аеродинамічним шумом, який виникає під час роботи компресорів, вентиляторів та пневматичного інструменту, застосовують глушники активного та реактивного типів. Активні глушники ефективні для високочастотного шуму, а реактивні – для низькочастотного.

Якщо технічними та організаційними заходами неможливо забезпечити допустимі рівні шуму, працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху: протишумові вкладиші, навушники або захисні шоломи. Використання таких засобів запобігає розвитку професійної приглухуватості, знижує нервово-емоційне навантаження та сприяє збереженню працездатності персоналу.

Крім технічних засобів захисту, важливе значення мають організаційно-профілактичні заходи, а саме: раціональне чергування режимів праці та відпочинку, скорочення часу перебування працівників у зоні підвищеного

шуму, проведення періодичних медичних оглядів працівників, які працюють в умовах дії шуму та вібрації, а також здійснення постійного контролю рівнів цих шкідливих виробничих факторів відповідно до вимог державних санітарних норм та нормативно-правових актів з охорони праці України.

4.2 Фінансування охорони праці на підприємстві

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» фінансування заходів з охорони праці здійснюється безпосередньо роботодавцем. Крім того, фінансування загальнодержавних, галузевих та регіональних програм, спрямованих на профілактику виробничого травматизму та професійних захворювань, передбачається за рахунок коштів державного та місцевих бюджетів, а також інших джерел фінансування, не заборонених чинним законодавством України.

Для суб'єктів господарювання незалежно від форми власності та фізичних осіб-підприємців, які використовують найману працю, нормативні витрати на охорону праці повинні становити не менше ніж 0,5 % від суми реалізованої продукції (робіт, послуг) за попередній рік. Для бюджетних установ та організацій витрати на охорону праці передбачаються у відповідних державних або місцевих бюджетах і повинні становити не менше 0,2 % від фонду оплати праці.

Державна політика у сфері охорони праці передбачає застосування економічних механізмів стимулювання роботодавців і працівників щодо створення безпечних та здорових умов праці. До таких стимулюючих заходів належать:

- запровадження механізмів пільгового оподаткування витрат, спрямованих на реалізацію заходів з охорони праці;
- диференціація розмірів страхових внесків залежно від стану виробничого травматизму та рівня організації роботи з охорони праці на підприємстві;

- матеріальне та моральне заохочення працівників за активну участь у вдосконаленні системи управління охороною праці, розробленні та впровадженні заходів щодо підвищення безпеки праці.

Заходи матеріального стимулювання повинні бути передбачені колективним договором підприємства та можуть включати підвищення посадових окладів, виплату премій, одноразових винагород за раціоналізаторські пропозиції, винахідницьку діяльність, а також застосування різних форм морального заохочення.

На підприємстві формується фонд охорони праці, кошти якого використовуються виключно за цільовим призначенням. Фінансування спрямовується на реалізацію комплексних заходів щодо досягнення нормативних вимог безпеки праці, поліпшення умов праці та запобігання виробничому травматизму і професійним захворюванням.

Кошти фонду охорони праці можуть використовуватися для:

- придбання та утримання засобів колективного й індивідуального захисту працівників;
- модернізації та ремонту інженерно-технічних засобів безпеки;
- забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту;
- проведення навчання, інструктажів і перевірки знань з питань охорони праці;
- проведення атестації робочих місць за умовами праці;
- здійснення заходів щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці;
- надання працівникам передбачених законодавством пільг і компенсацій за роботу в шкідливих та небезпечних умовах;
- реалізації природоохоронних та організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки виробництва.

Відповідно до вимог Кодексу законів про працю України та Закону України «Про охорону праці» використання коштів, передбачених на охорону

праці, на інші цілі забороняється. Розмір витрат, що включаються до витрат підприємства на охорону праці, визначається відповідно до Переліку заходів та засобів з охорони праці, затвердженого Кабінетом Міністрів України.

Належне фінансування заходів з охорони праці є одним із визначальних чинників функціонування ефективної системи управління охороною праці на підприємстві, сприяє зниженню рівня виробничого травматизму, професійної захворюваності та забезпечує створення безпечних і здорових умов праці для працівників.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Корпус” 955.742.004 є серед основних частин світлодіодного світильника, призначеного для загального освітлення об’єктів житлового господарства, адміністративних і громадських, допоміжних і господарських приміщень. Призначення деталі полягає у забезпеченні просторового розташування та монтажу конструктивних елементів світлодіодного світильника з дотриманням їх заданої взаємної орієнтації та захисту від негативного впливу навколишнього середовища. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” 955.742.004 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів: отримання заготовки доцільно здійснювати точними способами лиття, зокрема литтям під тиском із формування тонкостінних ребер жорсткості та зменшення припусків механічного оброблення; фрезерні та свердлильні операції доцільно виконувати на верстатах з ЧПК, обробку отворів на вертикальних площинах на універсальних вертикально-свердлильних верстатах та різенарізних напівавтоматах; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

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

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.