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 деталі “Корпус 732.145.127”

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41
спеціальності 131 “Прикладна механіка”
(шифр і назва спеціальності)
(підпис) Гунько Я.Р. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Дячун А.Є. (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
2024

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127” студента групи МП-41 Гунька Я.Р. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи – розробити технологічний процес механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127”.

У першому розділі проведено аналіз конструктивних особливостей та технічних вимог виготовлення деталі “Корпус 732.145.127”. За якісними та кількісними показниками деталь є технологічною. Визначено, що базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає дрібносерійному типу виробництва. Поставлено завдання на кваліфікаційну роботу.

У другому розділі для визначення типу виробництва деталі “Корпус 732.145.127” застосовано в першому наближенні табличний спосіб з перевіркою аналітичним методом. Встановлено тип виробництва – великосерійний.

Для забезпечення технічних вимог на кресленні деталі розглянуто для порівняння способи виготовлення заготовки: лиття під тиском; лиття в піщані форми, створення яких здійснюється машинним способом. Для проектування технологічного процесу виготовлення деталі використано спосіб виготовлення заготовки – литво під тиском. Розроблено схеми базування деталі, розраховано припуски для виконання технологічного процесу. Вибрано технологічне устаткування та інструменти. Розраховано режими різання та технічні норми часу. Розроблено операційну технологію виготовлення корпуса.

У третьому розділі для механічного оброблення отворів деталі “Корпус 732.145.127” на 015 агрегатній операції проведено проектування спеціального пристрою з можливістю базування та закріплення деталі на агрегатному верстаті. Проведено розрахунок калібра-пробки та елементів багатошпиндельної насадки.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ .....

1 Загально-технічна частина

1.1. Службове призначення деталі .....

1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....

1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....

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

2 Технологічна частина

2.1. Визначення типу виробництва.....

2.2. Вибір способу одержання заготовки.....

2.3. Вибір технологічних баз.....……..

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....

2.5. Визначення припусків на оброблення.....

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

3 Конструкторська частина

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

3.2. Розрахунок калібра-пробки.....

3.3. Розрахунок елементів багатошпиндельної насадки.....

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1. Розрахунок кількості засобів пожежогасіння для розміщення на дільниці виготовлення деталі.....

4.2. Обов’язки працівника за трудовим договором щодо охорони праці...

Висновки.....

Перелік посилань.....

Додатки

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127”. Деталь використовується як базовий елемент освітлювального засобу для виробничих підприємств, складських приміщень різних галузей промисловості, що характеризуються підвищеною вологістю або запиленістю. Особливістю такого корпусу є його герметична здатність при підвищених тисках та при умовах виникнення вибухонебезпечних та пожежонебезпечних ситуацій. Матеріал деталі сплав АК 12.

Для базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127” характерними є параметри, технологічні та конструктивні елементи дрібносерійного типу виробництва. Продуктивність базового технологічного процесу та устаткування не дозволяє забезпечити встановлену програму випуску, тому виникає необхідність у проектуванні нового технологічного процесу.

Доцільно застосовувати спосіб виготовлення заготовки лиття під тиском, або інші точні методи литва, що забезпечують герметичність корпусу, формування тонких стінок та зменшення припусків на механічну обробку.

Можливо застосовувати у виробництві напівавтомати, зокрема токарну обробку поверхонь доцільно проводити на токарному багатошпиндельному напівавтоматі, а обробку отворів - на агрегатних верстатах. Це дозволяє скоротити час обробки деталі, значно зменшити кількість операцій, підвищити продуктивність, зменшити виробничі площі.

Доцільно застосувати оснащення із механічним затиском заготовки, в основі яких є пневмопривод. Це дозволяє зменшити штучний час обробки деталі. При токарній обробці можливе використання різців з багатогранними твердосплавними змінним пластинами, а на агрегатних операціях комбінованих свердел для одночасного свердління отворів та формування фасок.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус 732.145.127” використовується як базовий елемент освітлювального засобу для виробничих підприємств, складських приміщень різних галузей промисловості, що характеризуються підвищеною вологістю або запиленістю. Особливістю такого корпусу є його герметична здатність при підвищених тисках та при умовах виникнення вибухонебезпечних та пожежонебезпечних ситуацій.

Серед основних деталей, що забезпечують функціональну здатність даного корпуса є: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 110H9(^{+0,087})$; Ra2,8; торцева поверхня $177h14_{(-1,0)}$; Ra12,8 – які призначені для встановлення фацетного відбивача; різь трубна циліндрична $G\frac{1}{2}-B$; Ra6,6 – для приєднання корпусу з електромагнітним апаратом; отвори М4-7Н; М6-7Н; Ra6,6 – кріпильні отвори; отвір $\varnothing 12{,}5^{+0,43}$; Ra12,8; два отвори $\varnothing 5H14(^{+0,3})$; Ra12,8 – кріплення лампи.

Решта поверхонь мають додаткове конструктивне та експлуатаційне призначення.

Матеріалом деталі “Корпус 732.145.127” за даними креслень, що встановлений із міркувань забезпечення технічних вимог до освітлювального засобу є сплав АК12 на основі хімічних елементів Al-Si-Mg. Такий слав має хороші ливарні властивості та при правильному виборі способу виготовлення заготовки забезпечує герметичність корпусу. Середній вміст кремнію у сплаві 12%. У наступних таблицях 1.1 та 1.2 представлено характеристики сплаву АК 12.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК12, %

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 – Фізико-механічні характеристики сплаву АК12

Спосіб лиття	Вид термообробки	Густина, ρ, г/см^3	σ_p, 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

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для кращого і системного вивчення конструктивних особливостей деталі “Корпус 732.145.127” проведено аналіз креслення даної деталі із внесенням даних у таблицю 1.3. При цьому виконано нумерацію поверхонь деталі, що піддаються механічній обробці, визначено конструктивні розміри, квалітет їх точності та шорсткість.

Таблиця 1.3 – Аналіз конструктивних параметрів поверхонь деталі “Корпус 732.145.127”

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Торцева поверхня 103	Не оброблюється	Rz50
2	Торцева поверхня 177	Не оброблюється	Rz50
3	Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різьбу $G\frac{1}{2}-B$	12	Ra12,8
4	Отвір $\varnothing 14H14(^{+0,43})$	14	Ra12,8
5	Різьба трубна циліндрична $G\frac{1}{2}-B$, l=16 min	13	Ra6,6
6	Отвір $\varnothing 12,5H14(^{+0,43})$	14	Ra12,8
7	Торцева поверхня 7,5	Не оброблюється	Rz50
8	Торцева поверхня $177h14(_{-1,0})$	14	Ra12,8

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
9	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 110H9(^{+0,087})$	9	Ra2,8
10	Торцева внутрішня поверхня 5,5±0,1	14	Ra6,6
11,14,17	Отвір глухий $\varnothing 4,95H12(^{+0,12})$ під різьбу М6-7Н; l=16±1,0; ∅96±0,3	12	Ra12,8
12,15,18, 21,24	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,8
27,31,34,37	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,8
13,16,19	Різьбовий глухий отвір М6-7Н; 12min; ∅96±0,3	12	Ra6,6
20	Отвір глухий $\varnothing 4,95H12(^{+0,12})$ під різьбу М6-7Н; l=9; 34±0,3	12	Ra12,8
23	Отвір глухий $\varnothing 4,95H12(^{+0,12})$ під різьбу М6-7Н; l=7,5; 34±0,3	12	Ra12,8
22,25	Різьбовий глухий отвір М6-7Н; 6min; 34±0,3	12	Ra6,6
26	Отвір наскрізний $\varnothing 3,3H12(^{+0,12})$ під різь М4-7Н	12	Ra6,6
30	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12(^{+0,12})$ під різьбу М4-7Н; $l=12^{+1,0}$; 39±0,3; 36±0,3	12	Ra6,6
28	Різьбовий наскрізний отвір М4-7Н; 8±0,1	12	Ra6,6
29	Внутрішня фаска 1,5×45°	14	Ra12,8
33,36	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12(^{+0,12})$ під різьбу М4-7Н; $l=12^{+1,0}$; 39±0,3; 36±0,3	12	Ra6,6
35,38	Різьбовий глухий отвір М4-7Н; 8min; 39±0,3; 36±0,3	12	Ra6,6
39,40	Отвір наскрізний $\varnothing 5H14(^{+0,3})$	14	Ra12,8
41	Внутрішня фаска 120°±1°	14	Ra12,8

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Для аналізу технологічності деталі “Корпус 732.145.127” використано дані щодо розмірів поверхонь, їх точності, шорсткості та інших технічних вимог, необхідної програми випуску 110000 шт. та визначеного типу виробництва – великосерійного.

Матеріал деталі слав АК 12 має хороші ливарні властивості та при застосуванні способу виготовлення заготовки лиття під тиском забезпечує герметичність корпусу, яка піддається додатковій перевірці із застосуванням спеціальної випробувальної машини з подачею у корпус води під тиском. Також перевагами такого матеріалу є зменшення ваги деталі порівняно із стальними деталями, забезпечення формування тонкостінних елементів із ребрами жорсткості, відведення тепла із освітлювального засобу.

Для механічної обробки деталі є достатня кількість поверхонь для виконання чорнової обробки базових поверхонь на перших операціях, що використовуються для подальших чистових операцій. Оброблення внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 110H9(^{+0,087})$ на перших токарних операціях забезпечує її використання як базової поверхні на наступних операціях оброблення отворів із забезпеченням їх необхідної точності.

При механічній обробці можливе використання твердосплавних інструментів із підвищеними режимами різання. У конструкції відсутні перешкоди для доступу ріжучих та вимірювальних інструментів до оброблюваних поверхонь. Можливе використання стандартних інструментів. Для базування та затиску заготовки на операціях механічної обробки доцільне застосування спеціального оснащення, при цьому жорсткість деталі є достатньою для прикладання необхідних сил затиску.

Отже, за якісними показниками деталь “Корпус 732.145.127” є технологічною.

Для визначення кількісних показників технологічності деталі “Корпус 732.145.127” за параметрами точності, шорсткості та уніфікації застосовано

стандартні формули із застосуванням даних із табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

$$К_Т = 1 - \frac{1}{Т_с}, \qquad (1.1)$$

$$Т_с = \frac{\sum Т_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 17 + 13 \cdot 1 + 12 \cdot 18 + 9 \cdot 1}{37} = 12{,}86;$$

$$К_Т = 1 - \frac{1}{12{,}86} = 0{,}92.$$

При $К_с = 0{,}92 > 0{,}8$ деталь “Корпус 732.145.127” є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

$$К_г = \frac{1}{Б_с}, \qquad (1.2)$$

$$Б_с = \frac{\sum Б_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 14 + 3 \cdot 22}{37} = 4{,}43,$$

$$К_г = \frac{1}{4{,}43} = 0{,}23.$$

При $К_г = 0{,}23 > 0{,}16$ деталь “Корпус 732.145.127” є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$К_u = \frac{N_u}{N_f} = \frac{32}{37} = 0{,}86.$$

При $К_u = 0{,}86 > 0{,}6$ деталь “Корпус 732.145.127” є технологічною.

Отже, за кількісними показниками деталь “Корпус 732.145.127” також є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Основні операції, технологічне обладнання та оснащення базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус 732.145.127” зібрано у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Операції, технологічне обладнання та оснащення базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус 732.145.127”

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20	Патрон затискний спеціальний. Кулачки спеціальні
010, 015, 030 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н118	Кондуктори спеціальні з ручним затиском заготовки.
020, 025, 035-065 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Кондуктори спеціальні з ручним затиском заготовки.
070-095 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Підставки спеціальні пересувні та поворотні з ручним затиском заготовки

Для базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127” характерними є параметри, технологічні та конструктивні елементи дрібносерійного типу виробництва. Зокрема, у структурі технологічного процесу використано універсальне технологічне обладнання: токарно-гвинторізний, вертикально-свердлильні та різенарізні верстати. Для базування та затиску заготовок застосовано спеціальне технологічне оснащення з ручним затиском з можливістю повороту або зміщення закріпленої заготовки із частиною пристрою, оскільки відбувається оброблення декількох отворів на одному робочому місці. Також використовуються стандартні ріжучі та вимірювальні інструменти.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

Проведено аналіз конструктивних особливостей та технічних вимог виготовлення деталі “Корпус 732.145.127”. За якісними та кількісними показниками деталь “Корпус 732.145.127” є технологічною. Матеріал деталі слав АК 12 має хороші ливарні властивості. Точність та шорсткість поверхонь,

що піддаються механічному обробленню досягається звичайними методами механічної обробки: проточування, розточування, свердління, нарізання різьби.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає дрібносерійному типу виробництва. У завданні до кваліфікаційної роботи програма випуску становить 110000 шт., що за табличними даними відповідає великосерійному типу виробництва. Продуктивність базового технологічного процесу та устаткування не дозволяє забезпечити встановлену програму випуску, тому виникає необхідність у проектуванні нового технологічного процесу.

Доцільно застосовувати спосіб виготовлення заготовки лиття під тиском, або інші точні методи литва, що забезпечують герметичність корпусу, формування тонких стінок та зменшення припусків на механічну обробку.

Тип виробництва дозволяє економічно доцільним застосовувати у виробництві напівавтомати, зокрема токарну обробку поверхонь доцільно проводити на токарному багатошпиндельному напівавтоматі, а обробку отворів - на агрегатних верстатах. Це дозволяє скоротити час обробки деталі, значно зменшити кількість операцій, підвищити продуктивність, зменшити виробничі площі.

Доцільно застосувати оснащення із механічним затиском заготовки, в основі яких є пневмопривод. Це дозволяє зменшити штучний час обробки деталі. При токарній обробці можливе використання різців з багатогранними твердосплавними змінним пластинами, а на агрегатних операціях комбінованих свердел для одночасного свердління отворів та формування фасок.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Для визначення типу виробництва деталі “Корпус 732.145.127” застосовано в першому наближенні табличний спосіб, при якому на основі вихідних даних: програми випуску із завдання N = 110 000 шт. та маси деталі m = 0,38 кг встановлено тип виробництва – великосерійний.

Другий спосіб визначення типу виробництва деталі – аналітичний, що грунтується на даних про штучний час виготовлення деталі на кожній із операцій базового технологічного процесу, програми випуску, фонді робочого часу. Проведемо розрахунок типу виробництва аналітичним способом.

Дані про штучний час виготовлення деталі “Корпус 732.145.127” на кожній із операцій базового технологічного процесу представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані про штучний час виготовлення деталі “Корпус 732.145.127” із базового технологічного процесу

Операція	($T_{шт}$), хв.	Операція	($T_{шт}$), хв.
005 Токарно-гвинторізна	2,1	055 Вертикально-свердлильна	0,8
010 Вертикально-свердлильна	0,44	060 Вертикально-свердлильна	0,44
015 Вертикально-свердлильна	0,44	065 Вертикально-свердлильна	0,75
020 Вертикально-свердлильна	0,46	070 Різенарізна	1,3
025 Вертикально-свердлильна	0,52	075 Різенарізна	0,9
030 Вертикально-свердлильна	0,8	080 Різенарізна	0,95
035 Вертикально-свердлильна	1,4	085 Різенарізна	0,44
040 Вертикально-свердлильна	1,52	090 Різенарізна	0,42
045 Вертикально-свердлильна	0,46	095Різенарізна	0,9
050 Вертикально-свердлильна	0,44		

Проводимо розрахунок кількості верстатів, необхідних для виконання кожної операції [1]:

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

де $F_д$ – річний фонд часу роботи обладнання, $F_Д$=3979 год;

$\eta_{з.н.}$ = 0,75.

$$m_{p005} = \frac{110000 \cdot 2,1}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 1,3.$$ P_{005} = 2 верстати.

$$m_{p010} = \frac{110000 \cdot 0,44}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,27.$$ P_{010} = 1 верстат.

$$m_{p015} = \frac{110000 \cdot 0,44}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,27.$$ P_{015} = 1 верстат.

$$m_{p020} = \frac{110000 \cdot 0,46}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,28.$$ P_{020} = 1 верстат.

$$m_{p025} = \frac{110000 \cdot 0,52}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,32.$$ P_{025} = 1 верстат.

$$m_{p030} = \frac{110000 \cdot 0,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,49.$$ P_{030} = 1 верстат.

$$m_{p035} = \frac{110000 \cdot 1,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,86.$$ P_{035} = 1 верстат.

$$m_{p040} = \frac{110000 \cdot 1,52}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,93.$$ P_{040} = 2 верстати.

$$m_{p045} = \frac{110000 \cdot 0,46}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,28.$$ P_{045} = 1 верстат.

$$m_{p050} = \frac{11000 \cdot 0,44}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,27.$$ P_{050} = 1 верстат.

$$m_{p055} = \frac{110000 \cdot 0,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,49.$$ P_{055} = 1 верстат.

$$m_{p060} = \frac{110000 \cdot 0,44}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,27.$$ P_{060} = 1 верстат.

$$m_{p065} = \frac{110000 \cdot 0,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,46.$$ P_{065} = 1 верстат.

$$m_{p070} = \frac{110000 \cdot 1,3}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,8.$$ P_{070} = 1 верстат.

$$m_{p075} = \frac{110000 \cdot 0,9}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,55. \quad P_{075} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p080} = \frac{110000 \cdot 0,95}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,58. \quad P_{080} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p085} = \frac{110000 \cdot 0,44}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,27. \quad P_{085} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p090} = \frac{110000 \cdot 0,42}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,26. \quad P_{090} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p095} = \frac{110000 \cdot 0,9}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,55. \quad P_{095} = 1 \text{ верстат.}$$

Проводимо розрахунок фактичного коефіцієнта завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_P}{P}, \tag{2.2}$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{1,3}{2} = 0,65.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,27}{1} = 0,27.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,27}{1} = 0,27.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,28}{1} = 0,28.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,32}{1} = 0,32.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,49}{1} = 0,49.$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{0,86}{1} = 0,86.$$

$$\eta_{з.ф.040} = \frac{0,93}{2} = 0,47.$$

$$\eta_{з.ф.045} = \frac{0,28}{1} = 0,28.$$

$$\eta_{з.ф.050} = \frac{0,27}{1} = 0,27.$$

$$\eta_{з.ф.055} = \frac{0,49}{1} = 0,49.$$

$$\eta_{з.ф.060} = \frac{0,27}{1} = 0,27.$$

$$\eta_{з.ф.065} = \frac{0,46}{1} = 0,46.$$

$$\eta_{з.ф.070} = \frac{0,8}{1} = 0,8.$$

$$\eta_{з.ф.075} = \frac{0,55}{1} = 0,55.$$

$$\eta_{з.ф.080} = \frac{0,58}{1} = 0,58.$$

$$\eta_{з.ф.085} = \frac{0,27}{1} = 0,27.$$

$$\eta_{з.ф.090} = \frac{0,26}{1} = 0,26.$$

$$\eta_{з.ф.095} = \frac{0,55}{1} = 0,55.$$

Проводимо розрахунок кількості операцій на кожному робочому місці за [1]:

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

$O_{005} = \frac{0,75}{0,65} = 1,15$. O_{005} = 2 операції.

$O_{010} = \frac{0,75}{0,27} = 2,8$. O_{010} = 3 операції.

$O_{015} = \frac{0,75}{0,27} = 2,8$. O_{015} = 3 операції.

$O_{020} = \frac{0,75}{0,28} = 2,7$. O_{020} = 3 операції.

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,32} = 2,3.$$ O_{025} = 3 операції.

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,49} = 1,5.$$ O_{030} = 2 операції.

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,86} = 0,87.$$ O_{035} = 1 операція.

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,47} = 1,6.$$ O_{040} = 2 операції.

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,28} = 2,7.$$ O_{045} = 3 операції.

$$O_{050} = \frac{0,75}{0,27} = 2,8.$$ O_{050} = 3 операції.

$$O_{055} = \frac{0,75}{0,49} = 1,5.$$ O_{055} = 2 операції.

$$O_{060} = \frac{0,75}{0,27} = 2,8.$$ O_{060} = 3 операції.

$$O_{065} = \frac{0,75}{0,46} = 1,6.$$ O_{065} = 2 операції.

$$O_{070} = \frac{0,75}{0,8} = 0,94.$$ O_{070} = 1 операція.

$$O_{075} = \frac{0,75}{0,55} = 1,36.$$ O_{075} = 2 операції.

$$O_{080} = \frac{0,75}{0,58} = 1,3.$$ O_{080} = 2 операції.

$$O_{085} = \frac{0,75}{0,27} = 2,8.$$ O_{085} = 3 операції.

$$O_{090} = \frac{0,75}{0,26} = 2,88.$$ O_{090} = 3 операції.

$$O_{095} = \frac{0,75}{0,55} = 1,36.$$ O_{095} = 2 операції.

Проводимо розрахунок коефіцієнта закріплення операцій:

$$К_1 = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{45}{21} = 2{,}14 .$$

Для $К_1$ = 2,14 тип виробництва – великосерійний.

Період виготовлення деталей [1]:

$$t_р = \frac{60 \cdot F_д}{N}, \qquad (2.4)$$

$$t_р = \frac{60 \cdot 3979}{110000} = 2{,}17 \text{ хв.}$$

Проводимо розрахунок оптимальної величини партії деталей [1]:

$$n = \frac{N \cdot j}{F}, \qquad (2.5)$$

де F=257 днів.

$$n = \frac{110000 \cdot 5}{257} = 2140 \text{ шт.}$$

Кількість робочих змін, протягом яких відбувається виготовлення партії деталей [1]:

$$C = \frac{T_{am} \cdot n}{476 \cdot 0{,}8}, \qquad (2.6)$$

де T_{am} – середній штучно-калькуляційний час, хв.

$$T_{am} = \frac{\sum_{i=1}^{т} T_{ai}}{\sum_{i=1}^{т} O_i}, \qquad (2.7)$$

$$T_{am} = \frac{1,3 + 0,27 + 0,27 + 0,28 + 0,32 + 0,49 + 0,86 + 0,93 + 0,28 + 0,27}{19} =$$

$$= \frac{0,49 + 0,27 + 0,46 + 0,8 + 0,55 + 0,58 + 0,27 + 0,26 + 0,55}{19} = \frac{9,5}{19} = 0,5(\text{хв}).$$

$$C = \frac{T_{am} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,5 \cdot 2140}{476 \cdot 0,8} = 2,8 \text{ зміни.}$$

Приймаємо ціле число змін С = 3 зміни.

Відкоректована величина партії деталей [1]:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C}{T_{am}}, \qquad (2.8)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 3}{0,5} = 2284(\text{шт.})$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Для забезпечення технічних вимог на кресленні деталі “Корпус 732.145.127” розглянуто для порівняння такі способи виготовлення заготовки:

Перший спосіб: лиття під тиском.

Другий спосіб: лиття в піщані форми, створення яких здійснюється машинним способом.

Для першого способу вибираємо клас точності– 7; ряд припусків – 1.

Для другого способу вибираємо клас точності– 11; ряд припусків – 3.

Визначаємо розміри та масу двох способів виготовлення заготовок. Для цього вибираємо загальні припуски на механічну обробку поверхонь заготовок, виконуємо їх креслення, розраховуємо об’єми та маси.

Креслення заготовок представлено на рис. 2.1 та 2.2.

Значення припусків на поверхнях альтернативних варіантів заготовок деталі “Корпус 732.145.127” представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення припусків на поверхнях альтернативних варіантів заготовок деталі “Корпус 732.145.127”

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1) лиття під тиском				
Внутрішня циліндрична поверхня ∅110H9($^{+0,087}$)	Ra2,8	1,2	2,0 × 2 = 4,0	∅106±0,6
Торцева поверхня 177h14($_{-1,0}$)	Ra12,8	1,4	1,6	178,6±0,7
Торцева внутрішня поверхня 5,5±0,1	Ra12,8	0,56	0,9	4,6±0,28 на кресленні 6,2±0,28
Отвір ∅14$^{+0,43}$	Ra12,8	0,7	1,0 × 2 = 2,0	∅12±0,35
Отвір ∅12,5H14($^{+0,43}$)	Ra12,8	0,7	1,0 × 2 = 2,0	∅10,5±0,35
2) лиття в піщані форми, створення яких здійснюється машинним способом				
Внутрішня циліндрична поверхня ∅110H9($^{+0,087}$)	Ra2,8	5,0	6,5 × 2 = 13,0	∅97±2,5
Торцева поверхня 177h14($_{-1,0}$)	Ra12,8	5,6	6,0	183±2,8
Торцева внутрішня поверхня 5,5±0,1	Ra12,8	2,2	3,2	2,3±1,1 на кресленні 8,3±1,1

Визначаємо масу заготовки, додаючи до маси деталі масу припуску:

$$Q = q + m_{пр}; \tag{2.9}$$

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

де ρ = 2,6 г/см^3.

Об’єми припусків:

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

де D, d, H – геометричні параметри припуску, мм.

Визначаємо об’єм припусків для першого способу:

$$V_{пр1} = \frac{\pi \cdot (110^2 - 84^2) \cdot 1}{4} = 3959{,}54 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр2} = \frac{\pi \cdot (110^2 - 106^2) \cdot 6{,}1}{4} = 4137{,}26 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр3} = \frac{\pi \cdot (14^2 - 12^2) \cdot 6}{4} = 267{,}34 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр4} = \frac{\pi \cdot (18{,}75^2 - 12^2) \cdot 20}{4} = 3333{,}46 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр5} = \frac{\pi \cdot (12{,}5^2 - 10{,}5^2) \cdot 2}{4} = 72{,}22 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр} = \sum V_{пр_i};$$

$$V_{пр} = 3959{,}54 + 4137{,}26 + 267{,}34 + 3333{,}46 + 72{,}22 = 11769{,}8 \text{ мм}^3 = 11{,}77 \text{ см}^3.$$

Визначаємо об’єм припусків для другого способу:

$$V_{пр1} = \frac{\pi \cdot (110^2 - 84^2) \cdot 3{,}2}{4} = 12670{,}53 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр2} = \frac{\pi \cdot (110^2 - 97^2) \cdot 8{,}3}{4} = 17533{,}21 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр3} = \frac{\pi \cdot 14^2 \cdot 6}{4} = 923{,}16 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр4} = \frac{\pi \cdot 18{,}75^2 \cdot 20}{4} = 5519{,}53 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр5} = \frac{\pi \cdot 12{,}5^2 \cdot 2}{4} = 245{,}3 \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр} = \sum V_{пр_i};$$

$$V_{пр} = 12670{,}53 + 17533{,}21 + 923{,}16 + 5519{,}53 + 245{,}3 = 36891{,}7 \text{ мм}^3 = 36{,}89 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припуску:

– для першого способу:

$$m_{пр1} = 11,77 \cdot 2,6 = 30,6 г \approx 0,031 кг.$$

– для другого способу:

$$m_{пр2} = 36,89 \cdot 2,6 = 95,9 \text{ г} \approx 0,096 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовок:

– для першого способу:

$$Q_1 = 0,38 + 0,031 = 0,411 \text{ кг}.$$

– для другого способу:

$$Q_2 = 0,38 + 0,096 = 0,476 кг.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$К_2 = \frac{q}{Q_i}, \qquad (2.12)$$

– для першого способу:

$$К_2 = \frac{0,38}{0,475} = 0,8;$$

– для другого способу:

$$К_2 = \frac{0,38}{0,41} = 0,92.$$

Отже, із міркувань економії матеріалу заготовки, зменшення кількості об’єму матеріалу, що піддається зрізуванню, забезпечення вищої точності заготовки та параметрів якості поверхонь для проектування технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус 732.145.127” використовуємо спосіб виготовлення заготовки – литво під тиском.

2.3. Вибір технологічних баз

Для механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127” використовуються чорнові та чистові поверхні базування, зокрема, зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні та торці. Орієнтація деталі здійснюється відносно її конструктивних елементів із використанням спеціальних елементів

на оснащенні.

Схеми базування деталі “Корпус 732.145.127” представлено у таблиці 2.3.

На 005 токарній напівавтоматній операції застосовується спеціальний цанговий патрон із базуванням деталі по торцю і зовнішній циліндричній поверхні з гідрозатиском.

На 010 агрегатній операції деталь базується по торцю і квадратній поверхні в спеціальному затискному пристрої. Затиск деталі здійснюється пневмоприводом.

На 015 агрегатній операції деталь базується по обробленому торцю, внутрішній циліндричній поверхні та отвору в спеціальному затискному пристрої. Затиск деталі здійснюється пневмоприводом.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Альтернативні варіанти маршрутів механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127” із врахуванням вимог щодо точності та шорсткості оброблюваних поверхонь представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Альтернативні варіанти маршрутів механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127”

№ 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	Торцева поверхня 103	Не оброблюється	Rz50	Не підлягає механічній обробці	–
2	Торцева поверхня 177	Не оброблюється	Rz50	Не підлягає механічній обробці	–
3	Отвір $\varnothing 18,75^{+0,28}$ під різьбу $G\frac{1}{2}-B$	13	Ra12,8	Розсвердлювання	–
4	Отвір $\varnothing 14^{+0,43}$	14	Ra12,8	Розсвердлювання	–

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
5	Різьба трубна циліндрична $G\frac{1}{2}-B$, l=16	13	Ra6,6	Нарізання різьби мітчиком	–
6	Отвір $\varnothing 12{,}5^{+0{,}43}$	14	Ra12,8	Розсвердлювання	–
7	Торцева поверхня 7,5	Не оброблюється	Rz50	Не підлягає механічній обробці	–
8	Торцева поверхня $177h14(_{-1{,}0})$	14	Ra12,8	Напівчистове точіння поперечною подачею	–
9	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 110H9(^{+0{,}087})$	9	Ra2,8	Напівчистове розточування. Чистове розточування	–
10	Торцева внутрішня поверхня 5,5±0,1	14	Ra6,6	Напівчистове точіння поперечною подачею. Чистове точіння поперечною подачею	Точіння поздовжньою подачею
11, 14, 17	Отвір глухий $\varnothing 4{,}95H12(^{+0{,}12})$ під різьбу М6-7Н; l=16±1,0; ∅96±0,3	12	Ra12,8	Свердління по кондуктору	Центрування. Свердління
12,15, 18, 21, 24	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,8	Зенкування	Утворення при центруванні
27, 31, 34, 37	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,8	Зенкування	Утворення при центруванні
13, 16, 19	Різьбовий глухий отвір М6-7Н; 12min; ∅96±0,3	12	Ra6,6	Нарізання різьби мітчиком	–
20	Отвір глухий $\varnothing 4{,}95H12(^{+0{,}12})$ під різьбу М6-7Н; l=9±0,18; 34±0,3	12	Ra12,8	Свердління по кондуктору	Центрування. Свердління

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
23	Отвір глухий $\varnothing 4{,}95H12(^{+0,12})$ під різьбу М6-7Н; l=7,5±0,18; 34±0,3	12	Ra12,8	Свердління по кондуктору	Центрування. Свердління
22, 25	Різьбовий глухий отвір М6-7Н; 6min; 34±0,3	12	Ra6,6	Нарізання різьби мітчиком	–
26	Отвір наскрізний $\varnothing 3{,}3H12(^{+0,12})$ під різь М4-7Н	12	Ra6,6	Свердління по кондуктору	Центрування. Свердління
30	Отвір глухий $\varnothing 3{,}3H12(^{+0,12})$ під різьбу М4-7Н; $l = 12^{+1,0}$; 39±0,3; 36±0,3	12	Ra6,6	Свердління по кондуктору	Центрування Свердління
28	Різьбовий наскрізний отвір М4-7Н; 8±0,1	12	Ra6,6	Нарізання різьби мітчиком	–
33, 36	Отвір глухий $\varnothing 3{,}3H12(^{+0,12})$ під різьбу М4-7Н; $l = 12^{+1,0}$; 39±0,3; 36±0,3	12	Ra6,6	Свердління по кондуктору	Центрування. Свердління
35, 38	Різьбовий глухий отвір М4-7Н; 8min; 39±0,3; 36±0,3	12	Ra6,6	Нарізання різьби мітчиком	–
39, 40	Отвір наскрізний $\varnothing 5H14(^{+0,3})$	14	Ra12,8	Свердління по кондуктору	Центрування. Свердління
41	Внутрішня фаска $120^{o}\pm1^{o}$	14	Ra12,8	Методом копіювання при свердлінні	–

За результатами аналізу із таблиці 2.4 альтернативних варіантів маршрутів механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127” для великосерійного типу виробництва, застосовуючи принцип концентрації операцій, розроблено операційну технологію виготовлення цієї деталі.

005 Токарна напівавтоматна.

1. Підрізати торець 8 остаточно, витримуючи розміри $177_{-1,0.}$

2. Розточити попередньо отвір 9 з попереднім підрізанням торця 10,

витримуючи розміри $\varnothing 109{,}58^{+0{,}22}$; 5,2±0,1.

3. Розточити остаточно отвір 9 з остаточним підрізанням торця 10, витримуючи розміри $\varnothing 110^{+0{,}087}$; 5,5±0,1 на токарному чотирьохшпиндельному напівавтоматі.

010 Агрегатна.

Позиція II. Свердлити чотири отвори 26, 30, 33, 36 з утворенням чотирьох фасок 27, 31, 34, 37, витримуючи розміри $\varnothing 3{,}3^{+0{,}12}$; 0,5×45°; 36±0,3; 39±0,3; $l=12^{+1{,}0}$ з горизонтальної силової головки IIа одночасно; свердлити два отвори 39, 40 та три отвори 11, 14, 17 з формуванням трьох фасок 12, 15, 18, витримуючи розміри $\varnothing 5^{+0{,}3}$; 31±0,2; $\varnothing 4{,}95^{+0{,}12}$; 16±1,0; ∅96±0,3; 1×45° з вертикальної силової головки IIб одночасно.

Позиція III. Розсвердлити наскрізний отвір 6, витримуючи розмір $\varnothing 12{,}5^{+0{,}43}$ з вертикальної силової головки IIа.

Позиція IV. Нарізати різьбу 28, 32, 35, 38, витримуючи розміри M4-7H; 36±0,3; 39±0,3; 8min з горизонтальної силової головки IVа; нарізати різь 13, 16, 19, витримуючи розміри M6-7H; ∅96±0,3; 12min з вертикальної силової головки IVб на спеціальному агрегатному верстаті.

015 Агрегатна

Позиція II. Свердлити два отвори 20, 23 з утворенням двох фасок 21, 24, витримуючи розміри $\varnothing 4{,}95^{+0{,}12}$; 7,5±0,18; 9±0,18; 34±0,3; 1×45° з горизонтальної силової головки IIа одночасно;

зенкувати фаску 29, витримуючи розмір 5×45° з вертикальної силової головки IIб одночасно.

Позиція III. Нарізати різьбу 22, 25 в двох отворах, витримуючи розміри M6-7H; 6min; 34±0,3 з горизонтальної силової головки IIIа одночасно;

розсвердлити отвори 3, 4 з формуванням фаски 41, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0{,}43}$; $\varnothing 18{,}75^{+0{,}28}$; 120°±1°; 22±0,26 з вертикальної силової головки IIIб одночасно.

Позиція IV. Нарізання різьби 5, витримуючи розміри $G\frac{1}{2}-B$; 16min з

вертикальної силової головки IVa одночасно на спеціальному агрегатному верстаті мод. 2ХА4620.

Перевірити розміри: 7,5±0,18; 9±0,18; 34±0,3; М6-7Н; 6min; $\varnothing 14^{+0,43}$; 120°±1°; 22±0,26; $G\frac{1}{2}-B$; 1,5×45°; 1×45°. Контроль 30%.

020 Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків для механічної обробки деталі “Корпус 732.145.127” проведено методом вибору із довідникових даних та на основі аналітичних розрахунків. При цьому спосіб виготовлення заготовки – литво під тиском, оброблення поверхонь виконується відповідно до розробленої операційної технології. Результати розрахунку припусків представлено у таблиці 2.5.

Оброблення поверхні отвору $\varnothing 110H9(^{+0,087})$ запропоновано проводити на 005 Токарній напівавтоматній операції методами напівчистового та чистового розточування із використанням горизонтального токарного напівавтомата та із затиском заготовки у цанговому патроні. Результати розрахунків аналітичним методом припусків та допусків для обробки цієї поверхні представлено на рис. 2.3.

Таблиця 2.5 – Припуски для обробки поверхонь деталі “Корпус 732.145.127”

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
Торцева поверхня $177h14(_{-1,0})$					
Напівчистове точіння	14	Ra12,8	1,0	1,6	$177_{-1,0}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R_z50	1,4	–	178,6±0,7
Торцева внутрішня поверхня 5,5±0,1					

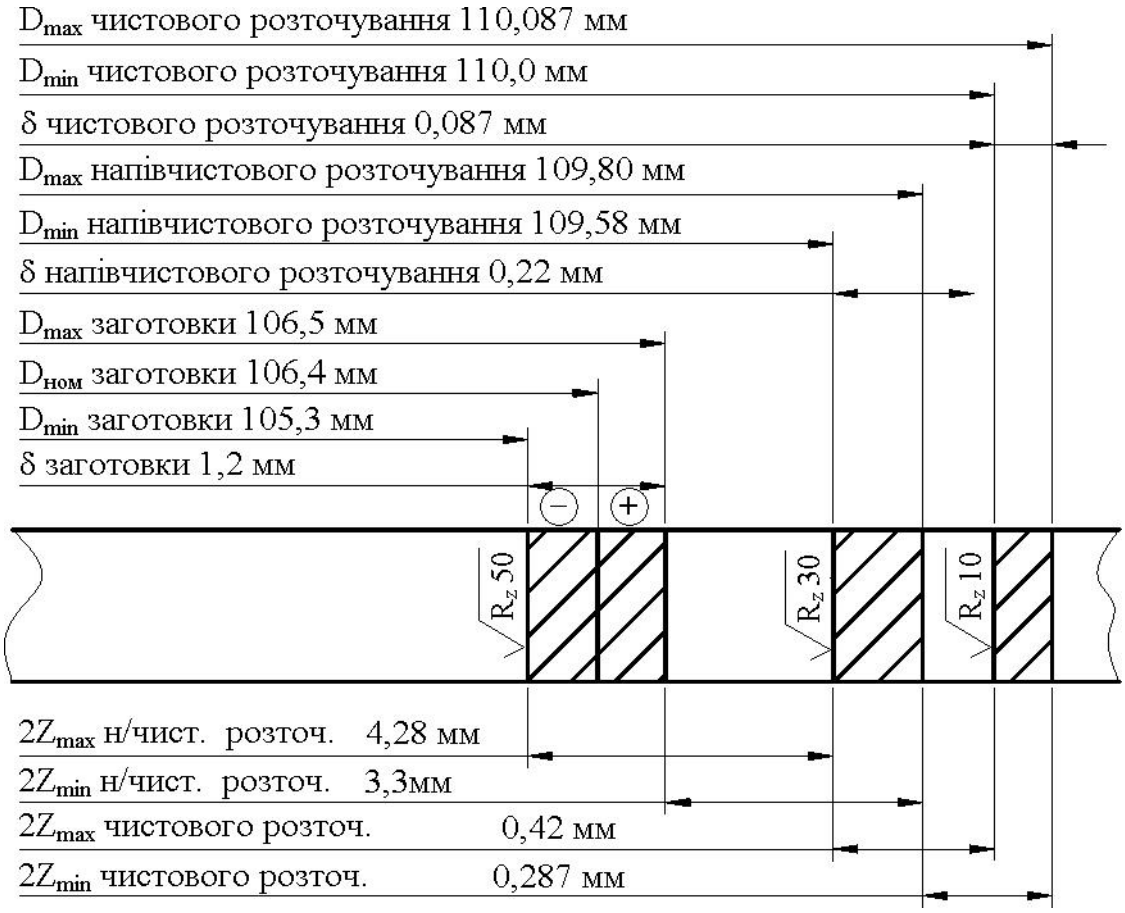

Рисунок 2.3 – Розподіл припусків і допусків розточування отвору $\varnothing 110H9(^{+0,087})$

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Чистове точіння при поперечній подачі	14	Ra6,6	0,2	0,3	5,5±0,1
Напівчистове точіння при поперечній подачі	14	Ra12,8	0,2	0,6	5,2±0,1
Заготовка	7-мий кл.	Rz50	0,56	0,9	4,6±0,28
Отвір $\varnothing 14^{+0,43}$					
Розсвердлювання	14	Ra12,8	0,43	1,0 × 2 = 2,0	$\varnothing 14^{+0,43}$
Заготовка	7-мий кл.	R_z50	0,7	–	∅12±0,35
Отвір $\varnothing 12,5H14(^{+0,43})$					

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Розсвердлю-вання	14	Ra12,8	0,43	1,0 × 2 = 2,0	$\varnothing 12{,}5H14(^{+0{,}43})$
Заготовка	7-мий кл.	R_z50	0,7	–	$\varnothing 10{,}5 \pm 0{,}35$
Отвір $\varnothing 18{,}75^{+0{,}28}$					
Розсвердлю-вання	12	Ra12,8	0,28	2,375× 2 = 4,75	$\varnothing 18{,}75^{+0{,}28}$
Заготовка	14	Ra12,8	0,43	–	$\varnothing 14^{+0{,}43}$

Відповідно до розрахунків вносимо зміни в розмір поверхні 9 заготовки, який складає ∅106,4±0,6. Габаритні розміри заготовки: ∅120±0,6 ×178,6±0,6.

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання для обробки деталі “Корпус 732.145.127” проведено для 015 агрегатної операції.

015 Агрегатна.

1. Глибини різання на кожній із позицій:

Позиція II: $t_{IIa} = 2{,}5$ мм.

$t_{IIб} = 5$ мм.

Позиція III: $t_{IIIa} = 0{,}504$ мм.

$t_{IIIб} = 2{,}375$ мм.

Позиція IV: $t_{IVa} = 1{,}38$ мм.

2. Довжини робочих ходів силових головок [14]:

$$L_{р.х.} = l_{рі} + l_{пі} + l_{врі} + l_{пер} + l_{д}. \qquad (2.13)$$

Позиція II: $l_{рі\ IIa1} = 9$ мм; $l_{пі,\ врі\ IIa1} = 2$ мм.

$l_{рі\ IIa2} = 7{,}5$ мм; $l_{пі,\ врі.\ IIa2} = 2$ мм.

$l_{рі\ IIб3} = 5$ мм; $l_{пі,\ врі,\ пер.\ IIб3} = 3$ мм.

$$L_{р.х.\ IIа1} = 9 + 2 = 11 \text{ мм.}$$

$$L_{р.х.\ IIа2} = 7{,}5 + 2 = 9{,}5 \text{ мм.}$$

$$L_{р.х.\ IIб3} = 5 + 3 = 8 \text{ мм.}$$

Позиція III: $l_{рі.\ IIIа1,2} = 12$ мм; $l_{пі,\ врі.\ IIIа} = 13$ мм.

$l_{рі.\ IIIб1,2} = 22$ мм; $l_{пі,\ врі.,пер.IIIб} = 8$ мм.

$$L_{р.х.\ IIIа} = 22 + 8 = 30 \text{ мм.}$$

Позиція IV: $l_{рі\ IVа1} = 32$ мм; $l_{пі,\ врі\ IVа1} = 15{,}4$ мм;

$$L_{р.х.\ IVа1} = 32 + 15{,}4 = 47{,}4 \text{ мм.}$$

Найбільше значення робочого ходу силової головки: $L_{р.х.\ IVа} = 47{,}4$ мм.

3. Подачі кожної силової головки:

Позиція II: $S_{оIIа1,\ IIа2} = 0{,}12$ мм/об.

$S_{оIIб} = 0{,}75$ мм/об.

Позиція III: $S_{оIIIа1,\ IIIа2} = 1{,}0$ мм/об.

$S_{оIIIб} = 0{,}4$ мм/об.

Позиція IV: $S_{оIVа} = 1{,}8$ мм/об.

4. Період стійкості інструментів:

$$T_р = T_М \cdot \lambda, \tag{2.14}$$

де $T_М = 150$ хв. [14].

Коефіцієнт часу різання:

$$\lambda = \frac{L_{різ.}}{L_{р.х.}}, \tag{2.15}$$

$$\lambda_{IIа} = \frac{9}{11} = 0{,}82;$$

$$\lambda_{IIб} = \frac{5}{8} = 0{,}63;$$

$$\lambda_{IIIa} = \frac{12}{25} = 0,48;$$

$$\lambda_{IIIб} = \frac{22}{30} = 0,73;$$

$$\lambda_{IVa} = \frac{32}{47,4} = 0,68.$$

Стійкість інструментів (2.14):

$$T_{pIIa} = 150 \cdot 1,0 = 150 \text{ хв};$$

$$T_{pIIб} = 150 \cdot 0,63 = 94,5 \text{ хв};$$

$$T_{pIIIa} = 150 \cdot 0,48 = 72 \text{ хв};$$

$$T_{pIIIб} = 150 \cdot 0,73 = 109,5 \text{ хв};$$

$$T_{pIVa,б} = 150 \cdot 0,68 = 102 \text{ хв.}$$

5. Швидкість різання.

Позиція II [14]:

$$V_{IIa} = \frac{C_{v2} \cdot D^{q2}}{T^{m2} \cdot S^{y2}} \cdot K_{V2}, \qquad (2.16)$$

де $Cv2 = 36,3; q2 = 0,25; y2 = 0,55; m2 = 0,125$ [14];

$D = 3,3$ мм;

T = 150 хв;

$S = 0,12$ мм/об.

Поправочний коефіцієнт швидкості різання [14]:

$$K_v = K_м \cdot K_v \cdot K_l, \qquad (2.17)$$

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

За формулою (2.16) отримаємо:

$$V_{IIa1,2} = \frac{36,3 \cdot 3,3^{0,25}}{150^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} \cdot 0,72 = \frac{36,3 \cdot 1,35}{1,87 \cdot 0,31} \cdot 0,72 = 60,87 \text{ м/хв}.$$

Швидкість різання для вертикальної головки [14]:

$$V = V_v \cdot K_{1v} \cdot K_{2v} \cdot K_{3v}, \quad (2.18)$$

$$V_{Пб3} = 49 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 49 = 49 \text{ м/хв.}$$

Позиція III [14]:

$$V_{III} = V = V_v \cdot K_1, \quad (2.19)$$

$$V_{IIIa1,2} = 10 \cdot 1,3 = 13 \text{ м/хв.}$$

$$V_{IIIб3} = 59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 59 \text{ м/хв.}$$

Позиція IV [14]:

$$V_{IV} = 16 \cdot 1,3 = 20,8 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.20)$$

Позиція II:

$$n_{IIa} = \frac{1000 \cdot 60,87}{\pi \cdot 4,95} = 3926,2 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{IIб} = \frac{1000 \cdot 49}{\pi \cdot 32} = 487,7 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIa\ max}$ = 2036 хв$^{-1}$; $n_{дIIб}$ = 490 хв$^{-1}$.

Позиція III:

$$n_{IIIa} = \frac{1000 \cdot 13}{\pi \cdot 6} = 690 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{IIIб} = \frac{1000 \cdot 59}{\pi \cdot 18,75} = 1002 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIIa\ max}$ = 690 хв$^{-1}$; $n_{дIIIб}$ = 1000 хв$^{-1}$.

Позиція IV:

$$n_{IVa} = \frac{1000 \cdot 20,8}{\pi \cdot 19} = 348,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIV}$ = 350 хв$^{-1}$.

7. Подача інструментів:

$$S_м = S_о \cdot n, \tag{2.21}$$

Позиція II:

$$S_{мIIа} = 0,12 \cdot 2036 = 244,3 \text{ мм/хв}.$$

$$S_{мIIб} = 0,75 \cdot 490 = 367,5 \text{ мм/хв}.$$

Позиція III:

$$S_{мIIIа} = 1,0 \cdot 690 = 690 \text{ мм/хв}.$$

$$S_{мIIIб} = 0,4 \cdot 1000 = 400 \text{ мм/хв}.$$

Позиція IV:

$$S_{мIVа} = 1,8 \cdot 350 = 630 \text{ мм/хв}.$$

Приймаємо мінімальну хвилинну подачу, тобто $S_{мIIIа} = 244,3 \text{ мм/хв}$.

8. Коректуємо частоту обертання інструментів відповідно до подачі $S_{мIII}$:

$$n = \frac{S_м}{S_о}, \tag{2.22}$$

Позиція II:

$$n_{IIа} = \frac{244,3}{0,12} = 2036 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIа}$ = 2036 хв$^{-1}$.

$$n_{IIб} = \frac{244,3}{0,75} = 325,7 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIб}$ = 326 хв$^{-1}$.

Позиція III:

$$n_{IIIа} = \frac{244,3}{1,0} = 244,3 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIIа}$ = 244 хв$^{-1}$.

$$n_{IIIб} = \frac{244,3}{0,4} = 610,75\,хв^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIIб}$ = 610 $хв^{-1}$.

Позиція IV:

$$n_{IV} = \frac{244,3}{1,8} = 135,7\,хв^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIV}$ = 136 $хв^{-1}$.

9. Коректуємо швидкість різання:

$$V_д = \frac{\pi \cdot d \cdot n_д}{1000}, \qquad (2.23)$$

Позиція II:

$$V_{дIIа} = \frac{\pi \cdot 4,95 \cdot 2036}{1000} = 31,6\,м/хв.$$

$$V_{дIIб} = \frac{\pi \cdot 32 \cdot 326}{1000} = 32,8\ м/хв.$$

Позиція III:

$$V_{дIIIа} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 244}{1000} = 4,6\,м/хв.$$

$$V_{дIIIб} = \frac{\pi \cdot 18,75 \cdot 610}{1000} = 36\,м/хв.$$

Позиція IV:

$$V_{дIVа} = \frac{\pi \cdot 19 \cdot 136}{1000} = 8,1\,м/хв.$$

10. Осьове зусилля різання:

Позиція II [14]:

$$P_o = 10 \cdot C_{p2} \cdot D^{q2} \cdot S^{y2} \cdot K_{p2}, \qquad (2.24)$$

де $D_{IIа}$ = 4,95 мм; $D_{IIб}$ = 32 мм – діаметр зенкера;

$S_{IIа}$ = 0,12 мм/об; $S_{IIб}$ = 0,75 мм/об – подача різання;

C_{p2} = 9,8; y2 = 0,7; q2 = 1,0 [14].

Силова головка IIа має в наладці 2 інструменти.

$$P_{оIIа} = 10 \cdot 9{,}8 \cdot 4{,}95^{1{,}0} \cdot 0{,}12^{0{,}7} \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}0 = 10 \cdot 9{,}8 \cdot 4{,}95 \cdot 0{,}23 \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}0 = 223{,}2\,Н.$$

$$P_{оIIб} = 10 \cdot 9{,}8 \cdot 32^{1{,}0} \cdot 0{,}75^{0{,}7} \cdot 1{,}0 = 10 \cdot 9{,}8 \cdot 32 \cdot 0{,}82 \cdot 1{,}0 = 2572\,Н.$$

Позиція III [14] :

$$M_{кр} = M_к \cdot K_1 \cdot K_2, \tag{2.25}$$

$$M_{крIIIа} = 2 \cdot 6{,}3 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}4 = 2 \cdot 1{,}26 = 2{,}52\ Н \cdot м.$$

Для силової головки IIIб [14]:

$$P_о = P_т \cdot K_р, \tag{2.26}$$

$$P_{оIIIб} = 3200 \cdot 1{,}0 = 3200\ Н.$$

Позиція IV:

$$M_{крIVа} = 180 \cdot 2{,}7 \cdot 0{,}4 = 194{,}4\ Н \cdot м.$$

11. Потужність різання [14]:

$$N_{різ} = N_т \cdot K_{N1} \cdot \frac{n}{1000}, \tag{2.27}$$

Позиція II:

$$N_{різIIа} = 2 \cdot 0{,}1 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{2036}{1000} = 0{,}41\ кВт.$$

$$N_{різIIб} = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{326}{1000} = 0{,}33\ кВт.$$

Позиція III:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}; \tag{2.28}$$

$$N_{різIIIа} = \frac{2{,}52 \cdot 244}{9750} = 0{,}06\,кВт.$$

Для силової головки IIIб [14]:

$$N_{різIIIб} = 2,3 \cdot 1,0 \cdot \frac{610}{1000} = 1,4 \text{ кВт}.$$

Позиція IV:

$$N_{різIVа} = \frac{194,4 \cdot 136}{9750} = 2,7 \text{кВт}.$$

12. Сумарна потужність агрегатного верстата:

$$N_{\Sigma} = \frac{\sum N_{різ.i}}{\eta}, \tag{2.29}$$

$$N_{\Sigma} = \frac{0,41 + 0,33 + 0,06 + 1,4 + 2,7}{0,75} = \frac{4,9}{0,75} = 6,53 \text{ кВт}.$$

13. Основний час обробки заготовки на кожній позиції:

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{S_o \cdot n} \cdot i, \tag{2.30}$$

Позиція II:

$$T_{oIIа} = \frac{11}{0,12 \cdot 2036} \cdot 1 = 0,045 \text{ хв.}$$

$$T_{oIIб} = \frac{8}{0,75 \cdot 326} \cdot 1 = 0,033 \text{ хв.}$$

Позиція III:

$$T_{oIIIа} = \frac{25}{1,0 \cdot 244} \cdot 1 = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{oIIIб} = \frac{30}{0,4 \cdot 610} \cdot 1 = 0,12 \text{ хв.}$$

Позиція IV:

$$T_{oIVа} = \frac{47,4}{1,8 \cdot 136} \cdot 1 = 0,19 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків режимів різання технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус 732.145.127” представлено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус 732.145.127”

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T_m, хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S_m, мм/хв	T_o, хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна напівавтоматна										
Перехід 2 Підрізати торець 8 остаточно, витримуючи розміри $177_{-1,0}$	1,6	15	1	122	0,101	1401	527,7	142,7	0,105	1,15
Перехід 3 Розточити попередньо отвір 9 з попереднім підрізанням торця 10, витримуючи розміри $\varnothing 109{,}58^{+0,22}$; 5,2±0,1	1,59	25	1	122	0,17	1401	481,8	238	0,105	1,4
Перехід 4 Розточити остаточно отвір 9 з остаточним підрізанням торця 10, витримуючи розміри $\varnothing 110^{+0,087}$; 5,5±0,1	0,21	29,5	1	122	0,2	1401	483,8	281	0,105	0,11
010 Агрегатна										
Позиція II Свердлити чотири отвори 26, 30, 33, 36 з утворенням чотирьох фасок 27, 31, 34, 37, витримуючи розміри $\varnothing 3{,}3^{+0,12}$; $0{,}5\times 45^{o}$; 36±0,3; 39±0,3; $l=12^{+1,0}$ з горизонтальної силової головки IIа одночасно;	1,65	14	1	155	0,08	2037	23	162,8	0,086	0,32
свердлити два отвори 39, 40 та три отвори 11, 14, 17 з формуванням трьох фасок 12, 15, 18, витримуючи розміри $\varnothing 5^{+0,3}$; 31±0,2; $\varnothing 4{,}95^{+0,12}$; 16±1,0; ∅96±0,3; 1×45° з вертикальної силової головки IIб одночасно	2,5	19	1	155	0,12	1358	21,4	162,8	0,12	0,61

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція III Розсвердлити наскрізний отвір 6, витримуючи розмір $\varnothing 12{,}5^{+0{,}43}$ з вертикальної силової головки IIа	1,0	8	1	37,5	0,45	361	14,4	162,8	0,05	0,18
Позиція IV Нарізати різьбу 28, 32, 35, 38, витримуючи розміри М4-7Н; 36±0,3; 39±0,3; 8min з горизонтальної силової головки IVа; нарізати різь 13, 16, 19, витримуючи розміри М6-7Н; ∅96±0,3; 12min з вертикальної силової головки IVб	0,38	28	1	85,8	0,7	234	3,1	163,2	0,17	0,12
	0,54	37	1	97,2	1,0	219	4,11	219	0,17	0,08
015 Агрегатна										
Позиція II Свердлити два отвори 20, 23 з утворенням двох фасок 21, 24, витримуючи розміри $\varnothing 4{,}95^{+0{,}12}$; 7,5±0,18; 9±0,18; 34±0,3; 1×45° з горизонтальної силової головки IIа одночасно;	2,5	11	1	155	0,12	2037	31,8	244,4	0,045	0,41
Зенкувати фаску 29, витримуючи розмір 5×45° з вертикальної силової головки IIб одночасно	5,0	8	1	94,8	0,75	327	32,9	244,5	0,033	0,33
Позиція III										

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нарізати різь 22, 25 в двох отворах, витримуючи розміри М6-7Н; 6min; 34±0,3 з горизонтальної силової головки IIIа одночасно;	1,65	25	1	75	1,0	245	4,7	244,4	0,1	0,06
розсвердлити отвори 3, 4 з формуванням фаски 41, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,43}$; $\varnothing 18,75^{+0,28}$; $120^{o}\pm1^{o}$; 22±0,26 з вертикальної силової головки IIIб одночасно	2,375	30	1	109,7	0,4	611	36	244,4	0,12	1,4
Позиція IV Нарізання різі 5, витримуючи розміри $G\frac{1}{2}-B$; 16min з вертикальної силової головки IVа одночасно	1,38	47,4	1	104	1,8	137	8,11	244,4	0,19	2,7

Розрахунок технічних норм часу проведено для 015 агрегатної операції.

Штучний час обробки на агрегатному верстаті [1]:

$$T_{ш} = T_{ці} + T_{д} + T_{то} + T_{оо} + T_{в}. \qquad (2.31)$$

Час циклу верстата:

$$T_{ці} = t_{р} + t_{х}. \qquad (2.32)$$

Час робочого ходу дорівнює основному часу лімітованої позиції IVа $t_{р} = 0,19\,хв. = 11,4\,с.$

Тривалість швидкого ходу $t_{х1} = 3,5$ с. Час повороту та фіксації ділильного стола $t_{х2} = 1,2$ с.

Час швидких переміщень:

$$t_{х} = t_{х1} + t_{х2} = 3,5 + 1,2 = 4,7\,с. = 0,078\ хв.$$

Час циклу верстата:

$$T_{ц015} = 11,4 + 4,7 = 16,1 \text{ с} = 0,27 \text{ хв.}$$

Час на допоміжні переходи:

– час для встановлення та зняття заготовки на верстаті: $t_з$ = 0,12 хв. [1];

– час на керуванням верстатом при включенні: $t_в$ = 0,01 хв. [1].

– час на вимірювання розмірів:

34±0,3 – штангенциркулем $t_{вим.1}$ = 0,09 хв. [1].

$\varnothing 14^{+0,43}$ – калібр-пробкою $t_{вим.2}$ = 0,06 хв. [1].

$G\frac{1}{2}$ – В – калібр-пробкою різевим $t_{вим.3}$ = 0,2 хв. [1].

М6-7Н – калібр-пробкою різевим $t_{вим.4}$ = 0,21 хв. [1].

1,5×45°; 1×45°;120°±1° – шаблоном фасочним спеціальним – $t_{вим.5}$ = 0,07·3=0,21 хв. [1].

Сумарний допоміжний час на вимірювання:

$$T_{дв} = 0,09 + 0,06 + 0,2 + 0,21 + 0,21 = 0,77 \text{ хв.}$$

При 30%-му контролі час вимірювання:

$$T_{двд} = T_{дв} \cdot 0,3 = 0,77 \cdot 0,3 = 0,23 \text{ хв.}$$

Оскільки допоміжний час на вимірювання є меншим за час робочого циклу $T_{ці}$ = 0,27 хв., то цей час не додано до штучного часу.

Час на технічне обслуговування [1]:

$$T_{то} = t_р \cdot 2\% = 0,19 \cdot 0,02 = 0,004 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування [1]:

$$T_{оо} = T_{ці} \cdot 2,4\% = 0,27 \cdot 0,024 = 0,0065 \text{ хв.}$$

Час на особисті потреби [1]:

$$T_в = T_{ці} \cdot 6\% = 0,27 \cdot 0,06 = 0,0162 \text{ хв.}$$

Штучний час (2.31):

$$T_{ш015} = 0,27 + 0,01 + 0,08 + 0,004 + 0,0065 + 0,0162 = 0,387 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{п}}{n}, \qquad (2.34)$$

де n = 2284 шт, $T_{п}$ = 52 хв.

Штучно-калькуляційний час (2.34):

$$T_{шк015} = 0,387 + \frac{52}{2284} = 0,41 \text{ хв.}$$

005 Токарна напівавтоматна операція.

Основний час: $T_{о005}$ = 0,105 хв.

Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шк} = \Psi \cdot T_{о}. \qquad (2.35)$$

$$T_{шк005} = 2,1 \cdot 0,105 = 0,22 \text{ хв.}$$

010 Агрегатна операція.

Основний час: $T_{о010}$ = 0,17 хв.

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шк010} = 1,8 \cdot 0,17 = 0,306 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку норм часу представлено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку технічних норм технологічного процесу механічної обробки деталі “Корпус 732.145.127”

Номер та назва операції	$T_{о}$, хв	Допоміжний час, $T_{д}$ хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстата, $T_{ц}$, хв	Час обслуговування, $T_{об}$, хв			$T_{шт}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	n, шт	$T_{шт.к.}$, хв
		$T_{у.}$	$T_{пер.}$	$T_{вим.}$			$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$	$T_{відп.}$				
005 Токарна напів-автоматна	0,105	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2284	0,22
010 Агрегатна	0,17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,306
015 Агрегатна	0,19	0,12	0,01	0,23	0,078	0,27	0,004	0,0065	0,0162	0,387	52		0,41

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок пристосування для механічного оброблення деталі

Для механічного оброблення отворів деталі “Корпус 732.145.127” на 015 агрегатній операції проведено проектування спеціального пристрою з можливістю базування та закріплення деталі на агрегатному верстаті. При цьому забезпечено умову одночасного оброблення декількох отворів із верхньої та бокової сторони.

Базування деталі здійснюється по обробленому отвору ∅110мм та по торцю 177мм на базу поз. 27, кутове зміщення деталі на горизонтальній площині визначається базуванням по отвору ∅5мм за допомогою пальця поз. 22.

Базування рухомих кондукторних плит агрегатного верстата відносно пристрою виконується за допомогою двох пальців 19 та двох пальців 5.

Затиск деталі здійснюється за допомогою горизонтального пневмоциліндра із гільзою 8, поршнем 2 та штоком 14. До передавально-підсилюючих механізмів включено клин 16, два плунжери 17 та два важелі 21 з прихватами 27.

Похибка установки заготовки [15]:

$$\Delta\varepsilon_{у} = \sqrt{\Delta_{1б}^2 + \Delta_{2з}^2 + \Delta_{3п}^2}\,. \qquad (3.1)$$

Умова забезпечення точності базування заготовки [15]:

$$\Delta\varepsilon_{у} \le \Delta\varepsilon_{уд}. \qquad (3.2)$$

На операції 015 агрегатній при центруванні, свердлінні, розсвердлюванні отворів, нарізанні різьби необхідно забезпечити точність їх взаємного розташування та точність розташування відносно стінок та конструктивних елементів корпуса. Відповідно до креслення допуск розташування отворів визначається 14 квалітетом і складає до 0,7мм.

При базуванні заготовки на циліндричний палець похибка базування $\Delta_{1б1}$ визначається максимальним зазором між отвором заготовки та базою. Базовий

палець виготовлено із діаметральним розміром $\varnothing 110f7^{-0,036}_{-0,071}$, при цьому діаметральний розмір базового отвору становить $\varnothing 110H9^{+0,087}$. Відповідно величина максимального зазору і похибки базування становить $\Delta_{1б1}$=110,087-109,929=0,158мм.

Похибка базування в осьовому напрямку при базуванні на торцеву поверхню $177_{-0,1}$: $\Delta_{1б2}$=0,1мм.

Похибка, що виникає при закріпленні деталі із приводом від пневмоцилідра двома прихватами $\Delta_{2з}$ = 70 мкм.

Для середньої точності похибка пристосування $\Delta_п$ = 0,02 мм.

Підставляємо значення у формулу (3.1) для розміру 34±0,15:

$$\Delta\varepsilon_{у} = \sqrt{0,158^2 + 0,07^2 + 0,02^2} = 0,17 мм.$$

Допустима похибка установки $\Delta\varepsilon_{уд} = 0,3$ мм.

Отже, $\Delta\varepsilon_у = 0,17 мм < \Delta\varepsilon_{уд} = 0,3 мм.$, відповідно свердління отворів можливе із точністю, що визначається технічними вимогами до креслення.

При проектуванні пристрою для виконання 015 агрегатної операції виготовлення деталі “Корпус 732.145.127” проведено розрахунок сил затиску деталі на основі розрахункової схеми рис. 3.1 під час розсвердлювання отвору ∅18,75мм під трубну різьбу, оскільки при цьому виникає найбільший крутний момент різання на всіх позиціях операції.

Затиск заготовки виконується двома прихватами із силами затиску $P_{зат1}$ = $P_{зат2}$ на кожному із них. Сили затиску протидіють крутному моменту різання $M_{різ}$.

На основі розрахункової схеми рис. 3.1 записано рівняння рівноваги:

$$P_{зат1} \cdot f_1 \cdot R + P_{зат2} \cdot f_1 \cdot R + \frac{2P_{зат} f_2 \cdot \left(R_2^3 - R_1^3\right)}{3\left(R_2^2 - R_1^2\right)} = K \cdot M_{різ} \quad , \qquad (3.3)$$

де f_1=0,2 – коефіцієнт тертя;

R= 28 мм;

f_2 =0,2;

R_1=55 мм;

R_2=60 мм.

Момент різання під час розсвердлювання отвору ∅18,75мм під трубну різьбу [14]:

$$M_{різ} = 10 \cdot C_м \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_р, \quad (3.4)$$

де $C_М = 0,031; q = 0,85; y = 0,8, x = 0,8$ [14].

D = 18,75 мм;

S = 0,4 мм/об;

t = 2,375мм.

$$K_р = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22.$$

Отже, $M_{різ} = 10 \cdot 0,031 \cdot 18,75^{0,85} \cdot 2,375^{0,8} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,22$=4,38 Н·м.

К = 3,7.

Після перетворювання формули (3.3) одержуємо:

$$P_{зат} = \frac{K \cdot M_{різ}}{2 \cdot f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}, \quad (3.5)$$

$$P_{зат} = \frac{3,7 \cdot 4380}{2 \cdot 0,2 \cdot 28 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{60^3 - 55^3}{3(60^2 - 55^2)}} = 713,7\,Н.$$

Умова забезпечення затиску заготовки:

$$P_{зат}K \leq W, \quad (3.6)$$

де W – сила, що передається від пневмоциліндра і передавально-підсилювального механізму, Н;

K=1,5 – коефіцієнт запасу.

На основі розрахункової схеми рис. 3.1, наявності у конструкції пристрою клинового і важільного механізмів, силу затиску, що досягається на пристрої визначаємо за формулою:

$$W = \frac{F_p}{2tg(\beta_1 + \varphi_1)} \frac{l_0}{l_1} \cdot \eta, \qquad (3.7)$$

де β_1 - половина кута при вершині клина, β=12°;

φ_1 – кут тертя між клином і поверхнею ковзання, φ=11°;

l_0 – довжина плеча першого важеля l_1 = 63 мм ;

l_1 – довжина плеча другого важеля l_2 = 158 мм ;

η – ККД, $\eta = 0,9$;

F_0 – сила на штоці пневмоциліндра.

Сила на штоці пневмоциліндра [15]:

$$F_0 = 0,785 \cdot (D_p^2 - d_r^2) \cdot p_1 \cdot \eta_1, \qquad (3.8)$$

де D_p, d_r – діаметри циліндра та штока відповідно.

Підставляючи дані у формулу (3.8), одержано:

$$F_0 = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2\,\text{Н}.$$

Підставляємо дані у формулу (3.7) та одержуємо:

$$W = \frac{2689,2}{2tg(12+11)} \frac{63}{158} \cdot 0,9 = 1194,3\,\text{Н}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.6): $KP_{зат} = 1070,55$ Н < $W = 1194,3$ Н. Умова виконується. Отже, затиск заготовки деталі “Корпус 732.145.127” буде забезпечено.

3.2. Розрахунок калібра-пробки

У проектному технологічному процесі для контролю отвору $\varnothing 110H9(^{+0,087})$ запропоновано використовувати калібр-пробку. Проведемо розрахунок геометричних параметрів такого вимірювального інструменту:

Виконавчі розміри для калібру для 9 квалітету:

- максимальний розмір прохідної та непрохідної сторони [16]:

$$ПР_{max} = D_{min} + Z_0 + \frac{H_0}{2}, \quad (3.9)$$

$$НЕ_{max} = D_{max} + \frac{H_0}{2}, \quad (3.10)$$

де Z = 12 мкм;

H_0 = 5 мкм.

- мінімальний розмір отвору, що піддається контролю:

$$D_{min} = D + EI, \quad (3.11)$$

$$D_{min} = 110 + 0 = 110 \text{ мм}.$$

- максимальний розмір отвору, що піддається контролю:

$$D_{max} = D + ES, \quad (3.12)$$

$$D_{max} = 110 + 0,087 = 110,087 \text{ мм}.$$

Підставляємо дані у формули (3.9) та (3.10):

$$ПР_{max} = 110 + 0,012 + \frac{0,005}{2} = 110,015 \text{ мм},$$

На кресленні позначаємо $\varnothing 110,015_{-0,005}$ ПР.

$$НЕ_{max} = 110,087 + \frac{0,005}{2} = 110,0895 \text{ мм}.$$

На кресленні позначаємо $\varnothing 110,087_{-0,005}$ НЕ.

Будуємо схему розташування полів допусків калібра-пробки (рис. 3.2).

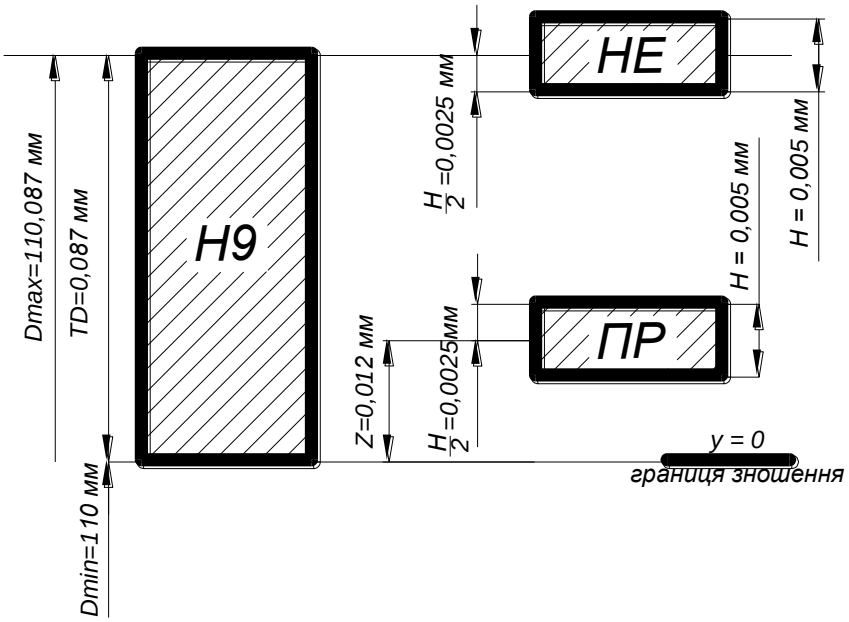

Рисунок 3.2. – Схема розташування полів допусків калібра ∅110Н9.

3.3. Розрахунок елементів багатошпиндельної насадки

У проектному технологічному процесі виготовлення деталі “Корпус 732.145.127” використовуються агрегатні верстати із багатошпиндельними насадками на робочих позиціях. На операції 015 агрегатній виконується свердління двох отворів ∅4,95мм і нарізання різьби М6-7Н в них за допомогою насадки, схема якої показана на рис. 3.3.

Переміщення робочої частини шпинделя із закріпленим інструментом:

$$\delta_y = \frac{P \cdot c^2 (1 + c)}{3EI}, \qquad (3.13)$$

де l=54мм, c=15мм.

Матеріал шпинделя Сталь 40Х (Модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.)

Осьовий момент інерції поперечного січення шпинделя:

$$I = \frac{\pi D_s^4}{64}, \qquad (3.14)$$

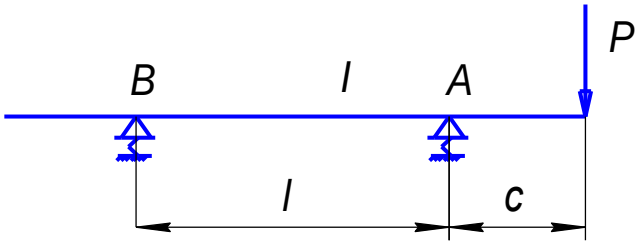

Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку на жорсткість шпинделя насадки до агрегатного верстата

$$I = \frac{3{,}14 \cdot 15^4}{64} = 2484\,\text{мм}^4.$$

Сила на зубчастому колесі приводу шпинделя:

$$P = \frac{2M_c \cdot tg\alpha_1}{d_{\omega 1}}, \qquad (3.15)$$

де $M_c = 3950$ Н·мм – момент різання.

$$P = \frac{2 \cdot 2520 \cdot tg20}{36} = 51\text{Н}.$$

Підставляємо числові дані у формулу (3.13):

$$\delta_y = \frac{51 \cdot 18^2 (51 + 18)}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2484} = 0{,}00076\text{мм}.$$

Величина прогину шпинделя не знижує точності оброблення отвору в межах допуску.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Розрахунок кількості засобів пожежогасіння для розміщення на дільниці виготовлення деталі

До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Для визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід враховувати фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості горючих речовин, їх взаємодію з вогнегасними речовинами, а також розміри площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок.

Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також для етажерок відкритих установок.

Якщо в одному приміщенні знаходиться декілька різних за пожежною небезпекою виробництв, не відділених одне від одного протипожежними стінами, усі ці приміщення забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва.

Покривала повинні мати розмір не менше як 1м × 1м. Вони призначені для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання горючих речовин розміри покривал можуть бути збільшені до величин: 2м × 1,5м, 2м × 2м. Покривала слід застосовувати для гасіння пожеж класів «А», «В», «D», (Е).

Бочки з водою встановлюють у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону та за наявності горючих матеріалів, їх кількість у приміщеннях визначається з розрахунку установки однієї бочки на 250-300 м^2 площі.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння повинні мати місткість

не менше 0,2 м^3 і бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 0,008 м^3.

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об’єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м^2.

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщаються на ньому, слід включати: вогнегасники – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу розміром 2м × 2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5, 1,0 або 3,0 м^3 та бути укомплектованими совковою лопатою.

Вмістилища для піску, що є елементом конструкції пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше 0,1 м^3. Конструкція ящика (вмістилища) повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

Склади лісу, тари та волокнистих матеріалів слід забезпечувати збільшеною кількістю пожежних щитів з набором первинних засобів пожежогасіння, виходячи з місцевих умов.

Будівлі та споруди, які зводяться та реконструюються, мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння з розрахунку:

– на 200 м^2 площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша 200 м^2 – два вогнегасники на поверх), бочка з водою, ящик з піском;
– на кожні 20 м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі), а на кожні 100 м довжини риштування – бочка з водою;
– на 200 м^2 площі перекриття з горючим утеплювачем або горючими покрівлями – один вогнегасник, бочка з водою, ящик з піском;
– на кожну люльку агрегату для будівництва градирень – по два вогнегасники;
– у місці встановлення теплогенераторів, калориферів – два вогнегасники та ящик з піском на кожний агрегат.

У вищезазначених місцях слід застосовувати вогнегасники пінні чи водяні місткістю 10 л або порошкові місткістю не менше 5 л.

На території будівництва, в місцях розташування тимчасових будівель,

складів, майстерень встановлюють пожежні щити (стенди) та бочки з водою.

Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється згідно з таблицями в залежності від їх вогнегасної спроможності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захищуваному приміщенні або на об'єкті (стандарт ISO №3941-77) :

- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);
- клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин, які розтоплюються;
- клас С – пожежі газів;
- клас D – пожежі металів та їх сплавів;
- клас (Е) – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок. Крім перерахованих параметрів, береться до уваги також категорія приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Вибір типу вогнегасника (пересувний чи переносний) обумовлений розмірами можливих осередків пожеж; у разі збільшення їх розмірів рекомендується використовувати пересувні вогнегасники .

Для гасіння великих площ горіння, коли застосування ручних та пересувних вогнегасників є недостатнім, на об'єкті мають бути передбачені додатково ефективні засоби пожежогасіння.

Необхідно враховувати кліматичні умови експлуатації будівель та споруд, вибираючи вогнегасник з відповідною температурною межею використання.

Якщо на об'єкті можливі комбіновані осередки пожеж, то перевага у виборі вогнегасника віддається більш універсальному щодо області застосування.

З наведених нижче рекомендацій, а також скориставшись даними таблиць (стандарт ISO №3941-77), призначаємо наступну кількість засобів пожежогасіння для проектованого цеху:

У відділеннях механічної обробки, заготівельних і складських приміщеннях, пожежні щити на відстані 50 м один від одного, оснащені: вогнегасники – 3 шт.; покривало з негорючого матеріалу розміром 2м × 2м – 1 шт.; гаки – 3 шт.; лопати – 2 шт.; ломи – 2 шт.; сокири – 2 шт.; ящик з піском – 1 шт.

Відділення по збереженню палива і мастильних речовин, а також у фарбувальному цеху, додатково оснастити пересувними порошковими вогнегасниками місткістю 50л., а також бочками з водою, по одній на відділення.

4.2. Обов’язки працівника за трудовим договором щодо охорони праці

Працівник зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;
- додержувати зобов'язань щодо охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства, установи, організації;
- проходити у встановленому порядку попередні та періодичні медичні огляди;
- співробітничати з власником або уповноваженим ним органом у справі організації безпечних та нешкідливих умов праці, особисто вживати посильних заходів щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи здоров'ю або людей, які його оточують, і навколишньому природному середовищу, повідомляти про небезпеку свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу.

Обов’язки працівника відповідають змісту Закону "Про охорону праці". Закон визнає працівника зобов'язаним додержувати нормативних актів про охорону праці, правил внутрішнього трудового розпорядку в частині охорони праці, а також умови колективного і трудового договору. Навіть якщо порушення норм та умов охорони праці створює загрозу життю чи здоров'ю лише самого працівника (порушника), воно може тягти за собою весь комплекс правових засобів впливу на працівника, які допускаються законодавством про працю (позбавлення премії, притягнення до дис-

циплінарної відповідальності тощо).

У випадку невиконання працівником обов'язків, передбачених законодавством, при відсутності його вини, власник теж має вжити заходів. Зокрема, якщо працівник не має змоги вивчити відповідні правила та належно пройти перевірку знань з питань охорони праці, він після повторної перевірки знань підлягає звільненню, якщо немає можливості перевести працівника на іншу роботу.

Власник або уповноважений ним орган зобов'язаний за свої кошти організувати проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, а також щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року.

Перелік професій, працівники яких підлягають медичному оглядові, термін і порядок його проведення встановлюються Міністерством охорони здоров'я України за погодженням із Державним комітетом України по нагляду за охороною праці.

Обов'язкові медичні огляди установлені для таких категорій працівників: а) зайнятих на важких роботах, роботах з шкідливими та небезпечними умовами праці; б) зайнятих на роботах, де є необхідність у професійному доборі; в) у віці до 21 року; г) деяких інших категорій працівників.

Власник не має права допускати працівника до роботи, якщо він зобов'язаний проходити, але своєчасно не пройшов медичний огляд. Якщо працівник ухиляється від проходження медичних оглядів, він відсторонюється від роботи без збереження заробітної плати. За наявності поважних причин непроходження медичного огляду у визначений термін відсторонення від роботи здійснюється зі збереженням заробітної плати.

Ухилення працівника від проходження медичного огляду, якщо його проходження обов'язкове, є порушенням трудової дисципліни і може тягти за собою дисциплінарну відповідальність працівника аж до звільнення з роботи.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Корпус 732.145.127” використовується як базовий елемент освітлювального засобу для виробничих підприємств, складських приміщень різних галузей промисловості, що характеризуються підвищеною вологістю або запиленістю. Особливістю такого корпусу є його герметична здатність при підвищених тисках та при умовах виникнення вибухонебезпечних та пожежонебезпечних ситуацій. Матеріал деталі сплав АК 12.

Для базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус 732.145.127” характерними є параметри, технологічні та конструктивні елементи дрібносерійного типу виробництва. Продуктивність базового технологічного процесу та устаткування не дозволяє забезпечити встановлену програму випуску, тому проведено проектування нового технологічного процесу. У проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: застосовано спосіб виготовлення заготовки лиття під тиском, що забезпечує герметичність корпусу, формування тонких стінок та зменшення припусків на механічну обробку; використано напівавтомати, зокрема токарну обробку поверхонь запропоновано проводити на токарному багатошпиндельному напівавтоматі, а обробку отворів - на агрегатних верстатах. Це дозволяє скоротити час обробки деталі, значно зменшити кількість операцій, підвищити продуктивність, зменшити виробничі площі; застосовано оснащення із механічним затиском заготовки, в основі яких є пневмопривод. Це дозволило зменшити штучний час обробки деталі; при токарній обробці використано різців з багатогранними твердосплавними змінним пластинами, а на агрегатних операціях комбіновані свердла для одночасного свердління отворів та формування фасок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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

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

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

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

5. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М. Методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» Частина І. Розробка креслення та технології виготовлення литої заготовки. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 71 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 : еавчальний 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. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.