

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса ВТ022-08.008

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

(шифр і назва спеціальності)

Рижук Р.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення корпусу ВТ022-08.008” студента групи МПз-41 Рижука Р.М. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи – вдосконалити базовий технологічний процес механічного оброблення корпусу ВТ022-08.008.

У першій частині, визначено, що за кількісними та якісними показниками деталь “Корпус” ВТ022-08.008 є технологічною. Проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі. Аналізуючи базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008, визначено, що він відповідає середньосерійному типу виробництва і характеризується застосуванням універсального технологічного обладнання без програмного керування, на обладнанні застосовано стандартні патрони та універсальні збірно-розбірні пристосування.

Річна програма випуску 80000 шт, що вказана у завданні, відповідає великосерійному типу виробництва, тому у проектному технологічному процесі запроваджено зміни для підвищення продуктивності виготовлення корпусів.

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

Коефіцієнт використання матеріалу для лиття в кокіль є вищим ніж для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення заготовки деталі вибрано литво в кокіль.

Проведено вибір обладнання, інструментів, розраховано припуски, режими різання та технічні норми часу. Розроблено технологічний процес механічного оброблення корпусу ВТ022-08.008.

У третій частині для обробки отворів і торців в деталі “Корпус” ВТ022-08.008 на 015 токарно-револьверній операції розроблено спеціальний пристрій для базування та затиску заготовки, виконано складальне креслення.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ

1 Загально-технічна частина

1.1. Службове призначення деталі

1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....

1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....

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

2 Технологічна частина

2.1. Визначення типу виробництва.....

2.2. Вибір способу одержання заготовки.....

2.3. Вибір технологічних баз.....

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

2.5. Визначення припусків на оброблення.....

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

3 Конструкторська частина

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

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

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1. Технічні засоби мінімізації вібраційних і акустичних навантажень у виробничому середовищі.....

4.2. Професійне навчання та оцінювання знань з охорони праці працівників, залучених до виконання робіт підвищеної небезпеки.....

Висновки.....

Перелік посилань.....

Додатки

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено технологічне проектування процесу механічного оброблення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 для умов великосерійного типу виробництва. Деталь застосовується як база для підшипникового вузла барабана стрічкового конвеєра. Використовується для базування та фіксації сферичного підшипника та сприйняття радіального та осевого навантаження на барабан. Виготовляється із сталі 35Л.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 відповідає середньосерійному типу виробництва, що характеризується застосуванням універсального технологічного обладнання без програмного керування, на обладнанні застосовано стандартні патрони та універсальні збірно-розбірні пристосування.

Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає великосерійному типу виробництва. Тому при розробленні проектного технологічного процесу необхідно внести такі зміни: для виготовлення заготовки доцільно використовувати методи литва із вищим коефіцієнтом використання матеріалу, зокрема литво в кокіль; токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарно-револьверних напівавтоматах замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів; оброблення двох отворів $\varnothing 12,5H12$ доцільно виконувати одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням двохшпindelної свердлильної головки та комбінованого інструмента свердло-зенкер; оброблення отвору під різьбу із фаскою доцільно обробляти за один перехід із застосуванням комбінованого інструмента свердло-зенківка; доцільне застосування технологічного оснащення із механізованим приводом затиску.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” ВТ022-08.008 застосовується як база для підшипникового вузла барабана стрічкового конвеєра. Використовується для базування та фіксації сферичного підшипника та сприйняття радіального та осевого навантаження на барабан.

Основними конструктивними елементами для виконання функціональних характеристик вказаного корпусу є: внутрішня сферична поверхня $\varnothing 84\text{H}7^{(+0,035)}$, Ra 1,6 - посадочна поверхня для зовнішнього кільця сферичного підшипника кочення; дві внутрішні циліндричні поверхні 92H12; Ra 12,5 - посадочні поверхні для ущільнюючих манжетів; дві внутрішні канавки $\varnothing 96\text{H}14^{(+0,087)}$; Ra 12,5; $l = 2,2^{+0,2}$; Ra 6,3 – для розміщення стопорних кілець, що фіксують підшипник; внутрішня різьба M8×1-7H; $l = 16$ мм; Ra 6,3 – для загвинчування маслянки, через яку подається мастило для змащування підшипника; плоска поверхня 158h14; 54h14; $17 \pm 0,3$ – для встановлення корпусу на рамі; два отвори $\varnothing 12,5\text{H}9$, $128 \pm 0,5$; Ra 25 – для приєднання корпусу до рами двома болтами; внутрішня канавка R 36^{+0,35} – для забезпечення можливості встановлення підшипника на сферичну поверхню.

Інші поверхні (фаски, торці) визначають конфігурацію корпусу, забезпечують його жорсткість, простоту експлуатації та встановлення.

Деталь “Корпус” ВТ022-08.008 виготовляється із сталі 35Л, що характеризується середніми показниками границі міцності та текучості. Перевагами такого матеріалу над матеріалом сталь 35 є можливість виготовлення заготовки методами литва. У таблицях 1.1 та 1.2 детальніше наведено інформацію про хімічний склад та характеристики механічних випробувань сталі 35Л.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 35Л, %

Хімічний елемент	%
(Si)	0,20-0,52
(Cu), не більше	0,30
(Mn)	0,40 – 0,90
(Ni), не більше	0,30
(P), не більше	0,04
(Cr), не більше	0,30
(S), не більше	0,045

Таблиця 1.2 – Характеристики механічних випробувань сталі 35Л

Термообробка, стан поставки	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, Дж/м ²	HB
Нормалізація 860-880 °С. Відпуск 600-630 °С.	<100	280	500	15	25	35	
Гартування 860-880 °С. Відпуск 600-630 °С.	<100	350	550	16	20	30	
Відпал 850 °С, піч	30	255	530	19	34	49	146
Відпал 950 °С, піч.	30	255	530	22	39	64	143

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для проектування технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 розглянуто креслення, технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі. Розглядаючи вимоги до точності та шорсткості поверхонь, останнім присвоєно порядкові номери, що відображено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі “Корпус” ВТ022-08.008

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорст- кість
1	2	3	4
1, 2	Канавки внутрішні $\varnothing 96H14^{(+0,87)}$; $l = 2,2^{+0,25}$	14	Ra12,5
3	Внутрішня фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra25
4	Різьба M8×1-7H; $l = 16$ мм; Ra 12,5	12	Ra12,5

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
5, 6	Отвори $\varnothing 12,5H12$ мм, $128\pm 0,5$	9	Ra2,5
7, 8	Отвори $\varnothing 92H12$; L=12 мм	12	Ra12,5
9, 10	Внутрішня канавка R $36^{+0,35}$; 26 мм	14	Ra25
11	Отвір під різьбу M8×1-7H; $\varnothing 6,7^{+0,2}$ мм, 16 мм	12	Ra25
12, 13	Торцеві поверхні 54h14 _(-0,74)	14	Ra 25
14	Внутрішня сферична поверхня $\varnothing 84H7^{(+0,035)}$	7	Ra1,6
15, 16	Внутрішні фаски 1×45°	14	Ra25
17	Площина 160h14; 54h14; $17\pm 0,3$; Ra 25	14	Ra2,5

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Виконуючи аналіз технологічності деталі “Корпус” ВТ022-08.008, враховано програму випуску, що дорівнює 80000 шт. і виконується в умовах великосерійного типу виробництва. Розглянуто вимоги до точності, шорсткості поверхонь, наявність лінійних нахилів та заокруглень на необроблених механічно поверхнях, параметри сферичної поверхні та інші технічні вимоги.

Матеріал деталі сталь 35Л має добрі ливарні властивості, піддається різанню. Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки різні методи литва, зокрема литва в кокіль, литва в піщані форми із механізованим або ручним методами формування.

У конструкції корпусу достатньо поверхонь для базування та закріплення заготовки під час виконання чорнових та чистових переходів механічного оброблення. Можливе використання пристроїв із механічним приводом затиску. Для оброблення внутрішньої сферичної поверхні необхідно застосовувати спеціальне обладнання та оснащення, а для двох внутрішніх канавок – спеціальні різці.

Для забезпечення точності оброблення поверхонь деталей на перших

операціях доцільно проводити оброблення площини 17 та двох отворів 5 і 6, що будуть основними базами на наступних операціях.

Для оброблення отворів, площин, канавок можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців, свердл, зенкерів, фрез, комбінованих осьових інструментів а також як устаткування можна використовувати верстати-напівавтомати.

Отже, за якісними показниками деталь “Корпус” ВТ022-08.008 є технологічною.

Проведено розрахунок технологічності деталі “Корпус” ВТ022-08.008 за трьома кількісними показниками: коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації, відповідно до відомих методик та даних із табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 10 + 12 \cdot 4 + 9 \cdot 2 + 7 \cdot 1}{17} = 12,53;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,53} = 0,92.$$

При $K_{\text{тч}} = 0,92 > 0,8$ деталь “Корпус” ВТ022-08.008 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 11 + 4 \cdot 7 + 3 \cdot 10}{28} = 4,24,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,24} = 0,24.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,24 > 0,16$ деталь “Корпус” ВТ022-08.008 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{14}{17} = 0,82.$$

При $K_{ye} = 0,82 > 0,6$ деталь “Корпус” ВТ022-08.008 є технологічною.

Враховуючи проведені розрахунки та критерії, за кількісними показниками деталь “Корпус” ВТ022-08.008 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Перелік операцій та технологічного устаткування, що застосовується для реалізації базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Перелік операцій та технологічного устаткування базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6P12	Універсальне збірно-розбірне пристосування із базуванням по торцю і площині з ручним затиском
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Трьохкулачковий спіральнорейковий патрон
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Трьохкулачковий спіральнорейковий патрон
020 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Універсальне збірно-розбірне пристосування із базуванням на призми з ручним затиском
025 Токарна	Сферотокарний верстат МК6031	Універсальне збірно-розбірне пристосування із базуванням на два пальці і площину з ручним затиском
030 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Трьохкулачковий спіральнорейковий патрон

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3
035Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Універсальне збірно-розбірне пристосування із базуванням на два пальці і площину з ручним затиском
040Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Універсальне збірно-розбірне пристосування із базуванням на два пальці і площину з ручним затиском
045Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Універсальне збірно-розбірне пристосування із базуванням на два пальці і площину з ручним затиском

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 відповідає середньосерійному типу виробництва, що характеризується застосуванням універсального технологічного обладнання без програмного керування, на обладнанні застосовано стандартні патрони та універсальні збірно-розбірні пристосування. Для забезпечення параметрів поверхонь деталі використовуються стандартні універсальні ріжучі та вимірювальні інструменти.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині проведено аналіз креслення деталі “Корпус” ВТ022-08.008, що застосовується як база для підшипникового вузла барабана стрічкового конвеєра із фіксацією сферичного підшипника та сприйняття радіального та осевого навантаження на барабан. Вивчено технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі. Попередньо розглянуто методи досягнення параметрів деталі при розробленні проектного технологічного процесу механічного оброблення та виготовлення заготовки.

За якісними та кількісними показниками деталь “Корпус” ВТ022-08.008 є технологічною.

Матеріал деталі сталь 35Л має добрі ливарні властивості, піддається

різанню. Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки різні методи литва, зокрема литва в кокіль, литва в піщані форми із механізованим або ручним методами формування.

Для забезпечення точності оброблення поверхонь деталей на перших операціях доцільно проводити оброблення площини 17 та двох отворів 5 і 6, що будуть основними базами на наступних операціях.

Для оброблення отворів, площин, канавок можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців, свердл, зенкерів, фрез, комбінованих осьових інструментів а також як устаткування можна використовувати верстати-напівавтомати.

Базовий технологічний процес, який використовується для виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 відповідає середньосерійному типу виробництва. Річна програма випуску 80000 шт, що вказана у завданні, відповідає крупносерійному типу виробництва. Тому у проектному технологічному процесі необхідно запровадити такі зміни:

- для виготовлення заготовки використовувати методи литва із вищим коефіцієнтом використання матеріалу, зокрема литво в кокіль;

- токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарно-револьверних напівавтоматах замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів;

- оброблення двох отворів $\varnothing 12,5H12$ доцільно виконувати одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням двохшпindelної свердлильної головки та комбінованого інструмента свердло-зенкер;

- оброблення отвору під різьбу із фаскою доцільно обробляти за один перехід із застосуванням комбінованого інструмента свердло-зенківка;

- доцільне застосування технологічного оснащення із механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволять підвищити продуктивність виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

За наближеними даними тип виробництва механічного оброблення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 для програми випуску $N = 80000$ шт. і маси деталі $m = 1,9$ кг відповідає великосерійному.

Використовуємо також аналітичний метод для точного визначення типу виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій на основі даних штучного часу на кожну із операцій базового технологічного процесу.

У таблиці 2.1. представлено перелік операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008.

Таблиця 2.1 – Дані базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008

Операція	Т шт	Операція	Т шт	Операція	Т шт
005 Вертикально- фрезерна на верстаті мод. 6P12	1,29хв.	020 Вертикально- свердлильна на верстаті 2Н135	0,96хв.	035 Вертикально- свердлильна на верстаті 2Н135	1,1хв.
010 Токарно- гвинторізна на верстаті мод. 16K20	7,08хв.	025 Токарна на верстаті МК6031	4,11хв.	040 Вертикально- свердлильна на верстаті 2Н135	0,47хв.
015 Токарно- гвинторізна на верстаті мод. 16K20	4,82хв.	030 Токарно- гвинторізна на верстаті 16K20	2,8хв.	045 Вертикально- свердлильна на верстаті 2Н135	0,75хв.

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

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{зн}}}, \quad (2.1)$$

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

$$\eta_{3.н.} = 0,75.$$

$$m_{p005} = \frac{80000 \cdot 1,29}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,58. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{80000 \cdot 7,08}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 3,16. P_{010} = 4 \text{ верстати.}$$

$$m_{p015} = \frac{80000 \cdot 4,82}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 2,15. P_{015} = 3 \text{ верстати.}$$

$$m_{p020} = \frac{80000 \cdot 0,96}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,43. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{80000 \cdot 4,11}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 1,84. P_{025} = 3 \text{ верстати.}$$

$$m_{p030} = \frac{80000 \cdot 2,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 1,25. P_{030} = 2 \text{ верстати.}$$

$$m_{p035} = \frac{80000 \cdot 1,1}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,49. P_{035} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p040} = \frac{80000 \cdot 0,47}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,21. P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p045} = \frac{80000 \cdot 0,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,34. P_{045} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{3.ф.} = \frac{m_p}{p}, \quad (2.2)$$

$$\eta_{3.ф.005} = \frac{0,58}{1} = 0,58;$$

$$\eta_{3.ф.010} = \frac{3,16}{4} = 0,79;$$

$$\eta_{3.ф.015} = \frac{2,15}{3} = 0,72.$$

$$\eta_{3.ф.020} = \frac{0,43}{1} = 0,43.$$

$$\eta_{\text{з.ф.025}} = \frac{1,84}{3} = 0,61.$$

$$\eta_{\text{з.ф.030}} = \frac{1,25}{2} = 0,63.$$

$$\eta_{\text{з.ф.035}} = \frac{0,49}{1} = 0,49.$$

$$\eta_{\text{з.ф.040}} = \frac{0,21}{1} = 0,21.$$

$$\eta_{\text{з.ф.045}} = \frac{0,34}{1} = 0,34.$$

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

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

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,58} = 1,29. \quad O_{005} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,79} = 0,95. \quad O_{010} = 1 \text{ операція.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,72} = 1,04. \quad O_{015} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,43} = 1,74. \quad O_{020} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,61} = 1,23. \quad O_{025} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,63} = 1,19. \quad O_{030} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,49} = 1,53. \quad O_{035} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,21} = 3,57. \quad O_{040} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,34} = 2,21. \quad O_{045} = 3 \text{ операції.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{20}{17} = 1,18$$

Для $K_{з.о.} = 1,18$ тип виробництва – великосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (2.4)$$

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 3979}{80000} = 2,98 \text{ хв.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Корпус” ВТ022-08.008 сталь 35Л має добрі ливарні властивості, піддається різанню. Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки різні методи литва, зокрема литва в кокіль, литва в піщані форми із механізованим або ручним методами формування.

Порівнюємо методи виготовлення заготовок за коефіцієнтом використання матеріалу. Розглянуто такі способи виготовлення заготовки:

- 1) лиття в кокіль;
- 2) лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями.

Для першого способу (лиття в кокіль) виготовлення заготовки: 7 клас точності розмірів; 2 ряд припусків. Для другого способу (лиття в піщані форми): 11 клас точності розмірів; 4 ряд припусків.

Проектуємо заготовки, що можуть формуватись вказаними методами, визначаємо припуски на механічне оброблення та розміри із допусками.

Результати розрахунку загальних припусків деталі “Корпус” ВТ022-08.008 представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку загальних припусків деталі “Корпус” ВТ022-08.008

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1) Лиття в кокіль				
Торцеві поверхні 54h14 _(-0,74)	Ra 25	1,0	1,4 × 2 = 2,8	56,8±0,5
Внутрішня сферична поверхня Ø79,26	Ra 1,6	1,1	2,4 × 2 = 4,8	Ø74,46±0,55
Площина 57±0,3	Ra 25	1,0	1,4	58,4±0,5
2) лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями				
Торцеві поверхні 54h14 _(-0,74)	Ra 25	4,0	5,0 × 2 = 10,0	64±2,0
Внутрішня сферична поверхня Ø79,26	Ra 1,6	4,4	7,5 × 2 = 15,0	Ø64,26±2,2
Площина 57±0,3	Ra 25	4,0	5,0	62±2,0

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

Для визначення маси заготовки проводимо розрахунок маси припусків та додаємо до маси готової деталі:

$$Q = q + m_{\text{пр}}; \quad (2.5)$$

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho, \quad (2.6)$$

де $\rho = 7,0 \text{ г/см}^3$.

Розраховуємо об'єми припусків:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot (D - d)^2 \cdot H}{4}, \quad (2.7)$$

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

Для лиття в кокіль:

$$V_1 = \frac{2\pi \cdot (112^2 - 74,46^2) \cdot 1,4}{4} = 15385 \text{мм}^3,$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (84^2 - 74,46^2) \cdot 54}{4} = 64081 \text{мм}^3,$$

$$V_3 = 2 \cdot 54 \cdot 40 \cdot 1,4 = 6048 \text{мм}^3,$$

$$V_4 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 12,5^2 \cdot 17}{4} = 4170 \text{мм}^3,$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot 6,7^2 \cdot 16}{4} = 563 \text{мм}^3,$$

$$V_{\text{пр}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = 15385 + 64081 + 6048 + 4170 + 563 = \\ = 90247 \text{мм}^3 = 90,25 \text{см}^3.$$

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

$$V_1 = \frac{2\pi \cdot (112^2 - 64,26^2) \cdot 5}{4} = 66055 \text{мм}^3,$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (84^2 - 64,26^2) \cdot 54}{4} = 124060 \text{мм}^3,$$

$$V_3 = 2 \cdot 54 \cdot 40 \cdot 5 = 21600 \text{мм}^3,$$

$$V_4 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 12,5^2 \cdot 17}{4} = 4170 \text{мм}^3,$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot 6,7^2 \cdot 16}{4} = 563 \text{мм}^3,$$

$$V_{\text{пр}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = 66055 + 124060 + 21600 + 4170 + 563 = \\ = 216\,448 \text{ мм}^3 = 216,45 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припуску:

— для лиття в кокіль:

$$m_{\text{пр1}} = 90,25 \cdot 7,8 = 704 \text{ г} = 0,704 \text{ кг}.$$

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

$$m_{\text{пр2}} = 216,45 \cdot 7,8 = 1688 \text{ г} = 1,688 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовок:

— для лиття в кокіль:

$$Q_1 = 1,9 + 0,704 = 2,604 \text{ кг}.$$

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

$$Q_2 = 1,9 + 1,688 = 3,588 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.8)$$

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

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{1,9}{2,604} = 0,73;$$

— для лиття в піщані форми із машинним формуванням за дерев'яними моделями:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{1,9}{3,588} = 0,53.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу для лиття в кокіль є вищим ніж для лиття в піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 вибрано литво в кокіль.

2.3. Вибір технологічних баз

Для механічного оброблення поверхонь деталі “Корпус” ВТ022-08.008 використовуються чорнові бази на перших операціях та чистові на наступних. Для забезпечення точності оброблення поверхонь деталей на перших операціях доцільно проводити оброблення площини 15 та двох отворів 16 і 17, що будуть основними базами на наступних операціях.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 вимагає розроблення різних варіантів оброблення поверхонь деталі, на основі яких сформовано остаточний маршрут, що забезпечує формування заданих параметрів деталі з використанням верстатів-напівавтоматів.

Способи оброблення поверхонь деталі “Корпус” ВТ022-08.008 представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Способи оброблення поверхонь деталі “Корпус” ВТ022-08.008

№ 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	Канавки внутрішні $\varnothing 96H14(^{+0,87})$; $l = 2,2^{+0,25}$	14	Ra 6,3	Розточування канавочним різцем однократне	Фрезерування

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
3	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra 25	Зенкування	Формування комбінованим інструментом
4	Різьба M8×1-7H; l = 16 мм;	13	Ra 12,5	Нарізання різьби мітчиком	
5, 6	Отвори Ø12,5H12 мм, 128±0,5	9	Ra 6,3	Свердління та зенкерування комбінованим інструментом по кондуктору	Свердління Зенкерування
7, 8	Отвори Ø 92H12; L=12 мм	13	Ra 12,5	Напівчистове розточування	
9, 10	Внутрішня канавка R 36 ^{+0,35} ; 26 мм	13	Ra 25	Фрезерування однократне	
11	Отвір під різьбу M8×1-7H; Ø6,7 ^{+0,2} мм, 16 мм	14	Ra 25	Свердління по кондуктору	
12, 13	Торцеві поверхні 54h14(−0,74)	14	Ra 25	Точіння однократне	Фрезерування
14	Внутрішня сферична поверхня Ø84H7(^{+0,035})	7	Ra 1,6	Розточування напівчистове Розточування чистове Розточування тонке	Розточування напівчистове Шліфування напівчистове Шліфування чистове
15, 16	Внутрішні фаски 1×45°	14	Ra 25	Розточування однократне	
17	Площина 160h14; 54h14; 17±0,3;	14	Ra 25	Фрезерування однократне	

Із варіантів оброблення поверхонь табл. 2.4 сформовано операційну технологію, що відповідає великосерійному типу виробництва. Токарне оброблення поверхонь виконується на токарно-револьверних напівавтоматах замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів. Оброблення двох отворів Ø12,5H12 виконується одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням двохшпindelної свердлильної головки та комбінованого

інструмента свердло-зенкер. Оброблення отвору під різьбу із фаскою виконується за один перехід із застосуванням комбінованого інструмента свердло-зенківка. Застосовується технологічне оснащення із механізованим приводом затиску.

005. Вертикально-фрезерна.

1. Фрезерування плоскої поверхні 17, витримуючи розміри $54 \pm 0,3$; $158 \pm 0,6$.

010. Вертикально-свердлильна.

1. Свердління та зенкерування двох отворів 5, 6, витримуючи розміри $\varnothing 12,5H12^{(+0,11)}$, $128 \pm 0,5$ одночасне.

015. Токарно-револьверна.

1. Підрізання торця 12, витримуючи розмір $55,4h14_{(-0,74)}$ з поперечного переднього супорта.

2. Розточування попереднє отвора 14, витримуючи розміри $\varnothing 78,85H11^{(+0,22)}$; $l = 55,4$ мм; розточування попереднє отвора 7 з підрізанням торця, витримуючи розміри $\varnothing 84,85H14^{(+0,87)}$; $l = 12$ мм одночасно з револьверної головки.

3. Розточування попереднє отвора 7 з підрізанням торця, витримуючи розмір $\varnothing 90,85H14^{(+0,87)}$; $l = 12$ мм, розточування внутрішньої фаски 15, витримуючи розмір $1,5 \times 45^\circ$ одночасно з револьверної головки.

4. Розточування остаточне отвору 7 з підрізанням торця, витримуючи розміри $\varnothing 92H12$; $l = 12$ мм. з револьверної головки.

5. Розточування внутрішньої канавки 1, витримуючи розміри $\varnothing 96H14^{(+0,87)}$; $b = 2,2^{+0,25}$; $R0,3$ з поперечного заднього супорта.

020. Токарно-револьверна.

1. Підрізання торця 13, витримуючи розмір $554h14_{(-0,74)}$ з поперечного переднього супорта.

2. Розточування попереднє отвора 8 з підрізанням торця, витримуючи розміри $\varnothing 84,85H14^{(+0,87)}$; $l = 12$ мм з револьверної головки.

3. Розточування попереднє отвора 8 з підрізанням торця, витримуючи розмір $\varnothing 90,85H14^{(+0,87)}$; $l = 12$ мм, розточування внутрішньої фаски 16, витримуючи розмір $1,5 \times 45^\circ$ одночасно з револьверної головки.

4. Розточування остаточне отвору 8 з підрізанням торця, витримуючи розміри $\varnothing 92H12$; $l = 12$ мм. з револьверної головки.

5. Розточування внутрішньої канавки 2, витримуючи розміри $\varnothing 96H14(^{+0,87})$; $b = 2,2^{+0,25}$; $R0,3$ з поперечного заднього супорта.

025. Сферотокарна.

1. Розточування переднє сферичної поверхні 14, витримуючи розмір $\varnothing 83,92H8(^{+0,054})$; $l = 30$ мм.

2. Розточування остаточне сферичної поверхні 14, витримуючи розмір $\varnothing 84H7(^{+0,035})$; $l = 30$ мм.

030. Вертикально-фрезерна.

1. Фрезерування послідовне двох канавок 9, 10, витримуючи розміри $\varnothing 89$; $R36(^{+0,35})$; $l = 26$ мм.

035. Вертикально-свердлильна.

1. Свердління отвору 11 під різьбу і зенкування фаски 3, витримуючи розміри $\varnothing 6,7(^{+0,2})$; $l = 16$ мм; $1 \times 45^\circ$ одночасно.

040. Вертикально-свердлильна.

Нарізання різьби 4, витримуючи розміри $M8 \times 1-7H$; $l = 16$ мм.

Операція 045. Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків для виконання операцій розробленого технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” ВТ022-08.008, проміжних розмірів переходів проведено, використовуючи табличний та аналітично-розрахунковий методи. Результати розрахунків представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски оброблення деталі “Корпус” ВТ022-08.008

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорст-кість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 54h14 _(-0,74)					
Напівчистове точіння	14	Ra25	0,74		54 _{-0,74}
Заготовка	7-мий кл.	Rz200	1,0	1,4×2=2,8	56,8±0,5
Плоска поверхня 57±0,3					
Фрезерування торцевою фрезою	14	Ra25	0,6		57±0,3
Заготовка	7-мий кл.	Rz200	1,0	1,3	58,4±0,5
Отвір Ø92H12 ^(+0,35)					
Напівчистове розточування	12	Ra12,5	0,35	0,575×2=1,15	Ø92 ^{+0,35}
Попереднє розточування (2 переходи)	14	Ra25	0,87	3,0×2 = 6,0 4,0×2 = 8,0	Ø90,85 ^{+0,87} Ø84,85 ^{+0,87}
Заготовка – попередньо-оброблена поверхня	11	Rz20	1,1	7,575×2=15,15	Ø76,85 ^{+1,1}
Отвір Ø12,5H12 ^(+0,18)					
Зенкерування	12	Ra12,5	0,18	0,25×2=0,5	Ø12,5 ^{+0,18}
Свердління по кондуктору	14	Ra25	0,43	6×2=12	Ø12 ^{+0,43}
Заготовка	7-мий кл.	Rz200	–	суцільний матеріал	
Отвір під різьбу Ø6,7 ^(+0,2)					
Свердління по кондуктору	14	Ra25	0,2	3,35×2=6,7	Ø6,7 ^{+0,2}
Заготовка	7-мий кл.	Rz200	–	суцільний матеріал	
Різьба M8×1-7H					
Нарізання різьби мітчиком	7 ступінь точності	Ra12,5	0,15		M8×1-7H
Отвір	14	Ra25	0,2	3,35×2=6,7	Ø6,7 ^{+0,2}

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання оброблення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 проведено для переходу 015 токарно-револьверної операції.

015 Токарно-револьверна.

Перехід 2.

Підрізання торця 12, витримуючи розмір $55,4h14_{(-0,74)}$ з поперечного заднього супорта.

Різець підрізний відігнутий 25×16 , Т5К10

1. Глибина різання:

$t = 1,4$ мм.

2. Довжина робочого ходу інструмента [14]:

$$L_{p.x.} = l_{різ} + l_2 + l_{дод.} \quad (2.9)$$

де $l_{різ.} = 19,1$ мм;

$l_2 = 5 + 1 = 6$ мм; [14].

$l_{дод.} = 0$;

$L_{p.x.} = 19,1 + 6 + 0 = 25,1$ мм.

3. Подача різця на оберт шпинделя:

$S_o = 0,8$ мм/об [14].

4. Період стійкості інструменту:

$T_M = 60$ хв. [14].

5. Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.10)$$

де K_v – коефіцієнт швидкості різання [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\phi} \cdot K_{\phi 1} \cdot K_{\Gamma}; \quad (2.11)$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

$$\sigma_B = 500 \text{ МПа}, K_r = 1,0 [14]; n_v = 1,0 [14];$$

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{500} \right)^{1,0} = 1,5.$$

$$K_{пv} = 1,0 [14];$$

$$K_{ив} = 0,65 [14];$$

$$K_{\phi v} = 0,7 \text{ при } \phi = 90^\circ [14];$$

$$K_{\phi 1v} = 1,0 [14];$$

$$K_{rv} = 0,94 \text{ при } r1 [14];$$

$$C_v = 340; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,20; [14];$$

$$K_v = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,91 = 0,62;$$

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,62 = 98 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 98}{\pi \cdot 110} = 284 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.12)$$

7. Коректуємо за паспортом верстата: $n_d = 258 \text{ хв}^{-1}$.

8. Коректуємо швидкість різання:

$$V_{д1} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000} = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 258}{1000} = 89 \text{ м/хв.}$$

9. Сила різання при підрізанні торця [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p; \quad (2.13)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт сили різання [14]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp};$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n [14];$$

$$n = 0,75 [14];$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{500}{750} \right)^{0,75} = 0,74 [14].$$

$$K_{\text{фр}} = 0,89 [14]; K_{\text{гр}} = 1,0 [14]; K_{\lambda\text{р}} = 1,0 [14]; K_{\text{гп}} = 1,0 [14];$$

$$K_{\text{р}} = 0,74 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,66;$$

$$C_{\text{р}} = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15 [14];$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,4^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 89^{-0,15} \cdot 0,66 = 1196,5 \text{ Н.}$$

10. Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.14)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{1196,5 \cdot 89}{1020 \cdot 60} = 1,74 \text{ кВт.}$$

11. Перевіряємо потужність приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \text{ кВт}; \quad (2.15)$$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \text{ кВт}, \quad (2.16)$$

де $N_{\text{д}}$ – потужність приводу верстата 5,5 кВт;

$$\eta = 0,8.$$

$$N_{\text{шп}} = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{різ}} = 1,74 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 4,4 \text{ кВт.}$$

Умова (2.15) виконується, відповідно режими різання назначені правильно.

12. Основний час обробки:

$$T_0 = \frac{L_{\text{п.х.}} \cdot i}{S_0 \cdot n} = \frac{25,1 \cdot 1}{0,8 \cdot 258} = 0,12 \text{ хв.} \quad (2.17)$$

Аналогічно проведено розрахунки режимів різання для інших технологічних операцій виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008 і зведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 005. Вертикально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерування плоскої поверхні 17, витримуючи розміри 54±0,3; 158±0,6	1,4	378	1	200	0,09	160	124,6	200	1,89	2,1
Операція 010. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердління та зенкерування двох отворів 5, 6, витримуючи розміри Ø12,5 H12 ^(+0,11) , 128±0,5 одночасне.	6 0,25	34	1	45	0,12	390	14,7	–	0,66	3,0
Операція 015. Токарно-револьверна										
Перехід 2										
Підрізання торця 12, витримуючи розмір 55,4h14 _(-0,74) з поперечного переднього супорта.	1,4 1	25,22	1	62	0,8	260	89	–	0,12	1,74
Перехід 3										
Розточування попереднє отвора 14, витримуючи розміри Ø78,85H11 ^(+0,22) ; l = 55,4 мм; розточування попереднє отвора 7 з підрізанням торця, витримуючи розміри Ø84,85H14 ^(+0,87) ; l = 12 мм одночасно з револь- верної головки	1,05	57,4	1	92	0,1	432	109	–	1,4	2,2

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 4 Розточування попереднє отвора 7 з підрізанням торця, витримуючи розмір $\varnothing 90,85H14^{(+0,87)}$; $l = 12$ мм, розточування внутрішньої фаски 15, витримуючи розмір $1,5 \times 45^\circ$ одночасно з револьверної головки.	3,0	17	1	92	0,1	335	97	—	0,46	2,1
Перехід 5 Розточування остаточне отвору 7 з підрізанням торця, витримуючи розміри $\varnothing 92H12$; $l = 12$ мм. з револьверної головки.	0,575	17	1	62	0,2	556	165,8	—	0,14	0,42
Перехід 6 Розточування внутрішньої канавки 1, витримуючи розміри $\varnothing 96H14^{(+0,87)}$; $b = 2,2^{+0,25}$; $R0,3$ з поперечного заднього супорта.	2,2	4,5	1	62	0,18	432	134	—	0,07	1,7
Операція 020. Токарно-револьверна										
Перехід 2										
Підрізання торця 13, витримуючи розмір $554h14_{(-0,74)}$ з поперечного переднього супорта.	1,4 1	25,14	1	62	0,82	259	89	—	0,12	1,74
Перехід 3										
Розточування попереднє отвора 8 з підрізанням торця, витримуючи розміри $\varnothing 84,85H14^{(+0,87)}$; $l = 12$ мм з револьверної голівки.	4,0	16	1	62	0,1	432	118,8	—	0,29	1,9

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 2 Фрезерування послідовне двох каналок 9, 10, витримуючи розміри Ø89; R36(^{+0,35}); l = 26 мм.	3,0	47	2	82	0,07	562	39	37	2,7	1,64
Операція 035. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердління отвору 11 під різьбу і зенкування фаски 3, витримуючи розміри Ø6,7(^{+0,2}); l = 16мм; 1×45° одночасно.	3,35 1	22	1	27	0,08	356	11	–	0,74	3,2
Операція 040. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Нарізання різьби 4, витримуючи розміри M8×1-7H; l = 16 мм.	0,5	22	1	62	1	127	3,7	–	0,38	–

Розрахунок технічних норм часу для 015 токарно-револьверні операції проведено аналітичним методом, а для решти операцій - на основі табличних даних.

Штучний час операції, що виконується на токарно-револьверному верстаті [1]:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{тех.обсл.}} + T_{\text{орг.обсл.}} + T_{\text{відп.}} \quad (2.18)$$

015 Токарно-револьверна операція

1. Основний час:

$$T_o = 0,12 + 1,4 + 0,46 + 0,14 + 0,07 = 2,19 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо допоміжний час за нормативами [1].

2.1. $T_{\text{в.з.}} = 0,075 \text{ хв.}$ – час на встановлення і зняття деталі [1].

2.2. Час на керування верстатом (вмикання і вимикання) $T_{\text{кер}} - t_1 = 0,01 \text{ хв.}$ [1].

Час повороту револьверної головки – 4 позиції: $t_2 = 0,015 \times 4 = 0,06$ хв. [1].

Час переміщення револьверної головки в поздовжньому напрямку:

$$t_3 = 0,04 \times 4 = 0,16 \text{ хв. [1].}$$

Час переміщення поперечного супорта:

$$t_4 = 0,08 \times 2 = 0,16 \text{ хв. [1].}$$

Отже, час на керування верстатом:

$$T_{\text{кер}} = 0,01 + 0,06 + 0,16 + 0,16 = 0,39 \text{ хв.}$$

2.3. Час на контрольні вимірювання розмірів $T_{\text{вим.}}$ [1]:

- $t_{\text{вим.1}} = 0,11$ хв. – вимірювання розміру $\varnothing 92\text{H}12^{(+0,35)}$ калібр-пробкою;
- $t_{\text{вим.2}} = 0,11$ хв. – вимірювання розміру $\varnothing 78,85\text{H}11^{(+0,22)}$ калібр-пробкою;
- $t_{\text{вим.3}} = 0,04$ хв. – вимірювання розміру $55,4_{-0,74}$ лінійним шаблоном [1];
- $t_{\text{вим.4}} = 0,07$ хв. – вимірювання розміру $1 \times 45^\circ$ фасочним шаблоном [1];
- $t_{\text{вим.5}} = 0,07$ хв. – вимірювання розміру $b=2,2^{+0,25}$ шаблоном спеціальним;

$$T_{\text{вим.}} = \sum t_{\text{вим.}i} = 0,11 + 0,11 + 0,04 + 0,07 + 0,07 = 0,4 \text{ хв.}$$

При контролі 30% деталей:

$$T_{\text{вим.д.}} = T_{\text{вим.}} \cdot 0,3 = 0,4 \cdot 0,3 = 0,12 \text{ хв.}$$

Тоді, допоміжний час дорівнює:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{в.з.}} + T_{\text{кер}} + T_{\text{вим.д}} = 0,075 + 0,39 + 0,12 = 0,585 \text{ хв.}$$

3. Оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} = 2,19 + 0,585 = 2,775 \text{ хв.}$$

Час на технічне обслуговування [1]:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = T_{\text{о}} \cdot 2\% = 2,19 \cdot 0,02 = 0,04 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування [1]:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{\text{оп}} \cdot 1,3\% = 2,775 \cdot 0,013 = 0,036 \text{ хв.}$$

Час на перерви, відпочинок і особисті потреби $T_{\text{відп.}} [1]$:

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{оп}} \cdot 6\% = 2,775 \cdot 0,06 = 0,167 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо штучний час (2.18):

$$T_{\text{шт}} = 2,19 + 0,585 + 0,04 + 0,036 + 0,167 = 3,02 \text{ хв.}$$

020 Токарно-револьверна операція

1. Визначаємо основний час:

$$T_o = 2,19 + 0,585 + 0,45 + 0,135 + 0,06 = 1,045 \text{ хв.}$$

005 Вертикально-фрезерна операція.

1. Основний час: $T_o = 1,89 \text{ хв.}$

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{\text{шт.к}} = \Psi_k \cdot T_o. \quad (2.19)$$

$$T_{\text{шт.к005}} = 1,51 \cdot 1,89 = 2,85 \text{ хв.}$$

010 Вертикально-свердлильна операція

1. Основний час: $T_o = 0,66 \text{ хв.}$

2. Штучно-калькуляційний час (2.19):

$$T_{\text{шт.к010}} = 1,4 \cdot 0,66 = 0,92 \text{ хв.}$$

020 Токарно-револьверна операція

1. Основний час: $T_o = 0,12 + 0,29 + 0,46 + 0,14 + 0,07 = 1,08 \text{ хв.}$

2. Штучно-калькуляційний час (2.19):

$$T_{\text{шт.к020}} = 1,5 \cdot 1,08 = 1,62 \text{ хв.}$$

025 Сферотокарна

1. Основний час: $T_o = 1,16 + 1,85 = 3,01 \text{ хв.}$

2. Штучно-калькуляційний час (2.19):

$$T_{\text{шт.к025}} = 1,36 \cdot 3,01 = 4,09 \text{ хв.}$$

030 Вертикально-фрезерна операція

1. Основний час: $T_o = 2,7$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к030} = 1,51 \cdot 2,7 = 4,08 \text{ хв.}$$

035 Вертикально-свердлильна операція

1. Основний час: $T_o = 0,74$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к035} = 1,3 \cdot 0,74 = 0,96 \text{ хв.}$$

040 Вертикально-свердлильна операція

1. Основний час: $T_o = 0,38$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к040} = 1,3 \cdot 0,38 = 0,49 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.7 представлено результати розрахунку норм часу.

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу виготовлення деталі “Корпус” ВТ022-08.008

Номер та назва операції	T_o , хв	Допоміжний час, T_d хв			$T_{оп}$, хв	Час обслуговування, $T_{об}$, хв			$T_{шт}$, хв.
		$T_{у.}$	$T_{кер}$	$T_{вим}$		$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$	$T_{відп.}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Вертикально-фрезерна	1,89								2,85
010 Вертикально-свердлильна	0,66								0,92
015 Токарно-револьверна	2,19	0,075	0,39	0,12	2,775	0,04	0,036	0,167	3,02
020 Токарно-револьверна	1,08								1,62
025 Сферотокарна	3,01								4,09
030 Вертикально-фрезерна	2,7								4,08
035 Вертикально-свердлильна	0,74								0,96
040 Вертикально-свердлильна	0,38								0,49

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для обробки отворів і торців в деталі “Корпус” ВТ022-08.008 на 015 токарно-револьверній операції розроблено спеціальний пристрій для базування та затиску заготовки.

Пристрій призначений для токарного оброблення торцевої поверхні $54h14(-0,74)$; отвору $\varnothing 95H12(+0,35)$; канавки внутрішньої $\varnothing 96H14(+0,87)$; $b = 2,2^{+0,25}$; внутрішньої фаски $1 \times 45^\circ$, отвору $\varnothing 78,85H11(+0,22)$ при витримуванні відстані від бази $57 \pm 0,3$.

Деталь базують в пристосуванні на площину, циліндричний і зрізаний пальці $\varnothing 12,5d9(-0,050 \atop -0,093)$ обробленими поверхнями: площиною $l = 158$, $b = 54$ та двома отворами $\varnothing 12,5H12(+0,18)$.

Затиск заготовки здійснюється передачею зусилля від пневмоциліндра двохсторонньої дії через важіль 8, коромисло 5, два притискачі 4. Пристосування встановлюється на конічній частині шпинделя токарно-револьверного верстата. Для балансування пристрою використовуються тягарі 11, закріплені на корпусі пристосування.

Креслення пристрою представлено у графічній частині.

Похибку встановлення заготовки деталі “Корпус” ВТ022-08.008 у пристрої знаходимо за формулою [15]:

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

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

$$\Delta \varepsilon_1 \leq \Delta \varepsilon_{10}. \quad (3.2)$$

Точність розмірів отворів: $\varnothing 92H12(^{+0,35})$; $\varnothing 96H14(^{+0,87})$; $\varnothing 78,85H11(^{+0,22})$ забезпечено за рахунок налагодження токарно-револьверного верстата та жорсткості інструментів, тому похибка базування на ці розміри буде дорівнювати нулю, тобто $\Delta_6 = 0$. Похибка установки виникає при досягненні розміру $57 \pm 0,3$; та забезпечення концентричності отворів відносно вертикальних отворів, по яких виконується базування.

Схему базування заготовки представлено на рис. 3.1.

На основі представленої схеми базування встановлено, що похибка базування Δ_{655} на розмір 57 дорівнює нулю, оскільки технологічна та вимірювальні бази співпадають, тобто $\Delta_{657} = 0$.

Похибка закріплення при прикладанні сили $\Delta_{357} = 100$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 15$ мкм.

Похибка установки на розмір 57:

$$\Delta \epsilon_{y55} = \sqrt{0,1^2 + 0,015^2} = 0,101 \text{ мм.}$$

Допустима похибка при обробленні отворів:

$$\Delta \epsilon_{10} = \delta, \quad (3.3)$$

де δ – допуск розміру 57, $\delta = 0,6$ мм.

Перевіряємо виконання умови (3.3):

$$0,101 \text{ мм} < 0,6 \text{ мм}.$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена.

Похибка забезпечення концентричності отворів відносно вертикальних отворів, по яких виконується базування дорівнює максимальному зазору $S_{\max}$ між пальцями та вертикальними отворами корпуса, що визначається за формулою:

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

де $D_{\max}$ – максимальний діаметр отвору $\varnothing 12,5H12^{(+0,18)}$.

$d_{\min}$ – мінімальний діаметр циліндричного пальця $\varnothing 12,5d9^{(-0,050)}_{(-0,093)}$.

$$D_{\max} = 12,68 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 12,5 + (-0,093) = 12,407 \text{ мм}.$$

$$\text{Таким чином, } \Delta \varepsilon_{y65} = 12,68 - 12,407 = 0,273 \text{ мм}.$$

Похибка закріплення при прикладанні сили $\Delta_{357} = 100 \text{ мкм}$.

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 15 \text{ мкм}$.

Похибка установки для досягнення концентричності отворів:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{0,273^2 + 0,1^2 + 0,015^2} = 0,291 \text{ мм}.$$

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Розрахунок силових параметрів під час затиску заготовки деталі “Корпус” ВТ022-08.008 при проектуванні пристрою проведено для переходу підрізання торця 1, витримуючи розмір $55,4h14^{(-0,74)}$ оскільки на цьому переході виникають найбільші значення сил різання на 015 операції.

Схему для розрахунку силових параметрів при затиску заготовки деталі представлено на рис. 3.1.

Заготовка базується на два пальці (зрізаний і циліндричний) та на плиту і закріплюється двома притискачами. При цьому на заготовку діють сили затиску $P_{\text{зат1}}$ та $P_{\text{зат2}}$. Крім цього на заготовку діє момент різання $M_{\text{різ}}$ під час підрізання торця.

На основі розрахункової схеми рис. 3.1 записуємо рівняння рівноваги сил, що діють на заготовку:

$$P_{\text{зат1}} \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} + P_{\text{зат2}} \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} = K \cdot M_{\text{різ}} , \quad (3.5)$$

де $f_1=0,2$ – коефіцієнт тертя між заготовкою і притискачем;

D – діаметр по якому здійснюється затиск заготовки;

$K=2,5$ – коефіцієнт запасу.

Момент різання під час підрізання торця визначаємо за формулою:

$$M_{\text{різ}} = P_z \frac{D_1}{2}, \quad (3.6)$$

де P_z – сила різання;

D_1 – максимальний діаметр торця, що підрізається.

Сила різання при підрізанні торця визначена у частині 2 і становить $P_z = 1196,5 \text{ Н}$.

Із рівняння (3.) визначаємо силу затиску заготовки із врахуванням $P_{\text{зат1}} = P_{\text{зат2}}$ із врахуванням рівняння (3.6):

$$P_{\text{зат1}} = \frac{K \cdot P_z \cdot D_1}{2 \cdot f_1 \cdot D}. \quad (3.7)$$

$$P_{\text{зат1}} = \frac{2,5 \cdot 1196,5 \cdot 0,112}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,112} = 7478 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$P_{\text{зат1}} \leq W, \quad (3.8)$$

де W – сила створена пристроєм при затиску заготовки.

На основі розрахункової схеми рис. 3.1, з врахуванням двох важельних механізмів, отримано формулу для визначення сили створеної пристроєм при затиску заготовки:

$$W = \frac{F_1}{l_2} \frac{l_1}{l_3} \frac{l_4}{l_3} \eta, \quad (3.9)$$

де l_1 – довжина вертикальної частини плеча важеля; $l_1 = 86 \text{ мм}$;

l_2 – довжина горизонтальної частини плеча важеля; $l_2 = 80$ мм ;

l_4 – відстань від осі обертання до місця прикладання зусилля на притискач,
 $l_4 = 53$ мм;

l_3 – відстань від осі обертання до місця прикладання сили затиску, $l_3 = 57$ мм;

$\eta = 0,9$.

F_1 – сила на штоці пневмоциліндра.

Сила на штоці пневмоциліндра [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot D_1^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.10)$$

де $D_1 = 200$ мм діаметр циліндра;

Із формули (3.11) отримано:

$$F_1 = 0,785 \cdot 0,2^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 11304 \text{ Н}.$$

Підставляємо дані у формулу (3.9)

$$W = \frac{11304}{80} \frac{86}{57} 0,9 = 11299 \text{ Н}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.8): $P_{\text{зат1}} = 7478 \text{ Н} < W = 11299 \text{ Н}$.

Оскільки умова (3.8) виконується, відповідно затиск заготовки деталі “Корпус” ВТ022-08.008 буде забезпечено.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Технічні засоби мінімізації вібраційних і акустичних навантажень у виробничому середовищі

Протидія вібраціям у джерелі їх генерації передбачає зниження динамічних зусиль, що ініціюють механічні коливання. На етапі інженерного проєктування машин і агрегатів рекомендується застосовувати кінематичні схеми з мінімізованим ударним навантаженням і прискореннями, щоб запобігти виникненню автоколивань.

Уникнення резонансних режимів роботи є критичним для стабільності функціонування обладнання. Для цього необхідно налаштовувати систему так, щоб власні частоти конструктивних елементів не збігалися з частотою збурюючої сили. Частотний аналіз здійснюється як аналітичними методами з урахуванням масово-жорсткісних параметрів, так і експериментально (на вібраційних стендах).

Методи вібродемпфування реалізуються через дисипацію енергії механічних коливань у вигляді тепла, з використанням матеріалів з високим коефіцієнтом внутрішнього тертя (металополімери, еластомери, сплави на основі марганцю, міді, нікелю, титану). Додатково застосовуються антивібраційні покриття з пружнов'язких матеріалів, які поглинають коливальну енергію. Демпфери мають найбільшу ефективність поблизу резонансної частоти.

Динамічне віброгасіння забезпечується використанням гармонійно налаштованих масо-пружних систем (віброгасіїв), зокрема пружинних, маятникових, інерційних, гідравлічних пристроїв, що функціонують у протифазі до основного агрегату. Основна умова ефективної роботи віброгасія - точне узгодження його власної частоти з частотою вібрацій об'єкта. Недоліком є обмеженість діапазону ефективної дії.

Віброізоляція впроваджується шляхом вставлення елементів зниженої жорсткості (віброізоляторів) між джерелом коливань і захищуваним об'єктом. Це дозволяє знизити передачу динамічних навантажень через зменшення амплітуди переданої енергії. Віброізоляційні системи мають бути налаштовані так, щоб передавальна функція системи мала мінімальні значення в робочому діапазоні частот.

Засоби індивідуального захисту від вібраційного впливу включають антивібраційні рукавиці, вкладиші, амортизуюче взуття та спеціалізовані елементи одягу. Їхнє застосування є виправданим у випадках, коли інженерні методи зниження вібрації є недостатніми.

Методи акустичної безпеки на виробництві

Акустичний контроль реалізується через такі напрями:

1. Інженерна акустична оптимізація джерел шуму, що включає раціональне проєктування механізмів, використання мал шумних матеріалів і вдосконалення технологічних процесів.

2. Звукоізоляція обладнання шляхом монтажу шумопоглинаючих конструкцій — глушників, резонаторів, акустичних кожухів, а також використання конструкційного оздоблення (панелей, плит, акустичних бар'єрів). Застосовуються також акустичні екрани, облицювання з пористих матеріалів та мінеральних волокон.

3. Персональні засоби захисту органів слуху - протишуми (вкладиші, навушники, шумозахисні шоломи), які добираються з урахуванням спектрального складу шуму та його інтенсивності.

Технологічні рішення передбачають:

- розміщення обладнання з урахуванням акустичних характеристик приміщення;
- розробку технологій зниженої шумогенерації;
- впровадження автоматизованого дистанційного управління;
- проєктування операторських кабін з підвищеним рівнем звукоізоляції.

Архітектурно-планувальні заходи включають просторове розмежування гучних і тихих зон, застосування буферних зон (зелених насаджень), розміщення цехів з урахуванням напрямку вітру, шумопоглинаючі екрани.

Акустичні матеріали та інтер'єрне поглинання звуку: у цехах невеликого об'єму застосовуються пористі оздоблювальні матеріали (базальтові мати, мінеральні плити, зерниста штукатурка), у великих приміщеннях — акустичні поглиначі у вигляді підвісних елементів (конусів, кубів), що знижують рівень шуму на 5–12 дБ.

Протидія аеродинамічному шуму (вентиляційні системи, пневматичні механізми) реалізується шляхом впровадження акустичних глушників (реактивних або активних) залежно від частотного спектра шуму.

Організаційно-профілактичні заходи:

- скорочення часу експозиції шуму;
- чергування режимів праці та відпочинку;
- попереджувальні сигнали при імпульсному шумі;
- заповнення пауз рівномірним фоновим шумом, щоб уникнути акустичного шоку (різниця не більше 20 дБ);
- гігієнічна оцінка шумових навантажень та медичний супровід працівників.

4.2. Професійне навчання та оцінювання знань з охорони праці працівників, залучених до виконання робіт підвищеної небезпеки

Відповідно до вимог законодавства, передбачених статтями 14 та 18 Закону України «Про охорону праці», а також ст. 153 Кодексу законів про працю України, роботодавець зобов'язаний організовувати та забезпечувати проведення інструктажу, навчання та перевірки знань з питань охорони праці (ОП) працівників, які залучені до виконання робіт із підвищеним рівнем професійного ризику.

Особи, які приймаються на роботу або переводяться на нові посади, що

пов'язані з потенційною виробничою небезпекою, а також у процесі трудової діяльності, повинні проходити первинне, повторне, позапланове та цільове інструктування з охорони праці, включаючи навчання з надання домедичної допомоги постраждалим та дій в умовах аварійних ситуацій.

Згідно з Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці №15, працівники, які виконують роботи, зазначені в Переліку робіт підвищеної небезпеки №15 та Переліку №263/121, зобов'язані щорічно проходити спеціальне навчання та періодичну перевірку знань відповідних нормативно-правових актів.

Організаційні аспекти проведення спеціального навчання:

- Спеціалізоване навчання може здійснюватись безпосередньо на підприємстві або делеговано ліцензованим навчальним центрам чи суб'єктам господарювання, що мають право на проведення професійної підготовки з питань охорони праці.

- Навчальні плани та програми розробляються з урахуванням конкретних виробничих процесів, техногенних ризиків, посадових обов'язків працівників та затверджуються наказом роботодавця.

- У разі інтеграції спеціального навчання до програм професійної підготовки, перепідготовки або підвищення кваліфікації, воно є невід'ємною складовою таких програм.

Процедура перевірки знань:

- Атестація працівників з питань охорони праці здійснюється комісією підприємства, створеною відповідно до нормативних вимог.

- У випадках, коли створення комісії на підприємстві неможливе, перевірка знань проводиться зовнішньою комісією — спорідненого підприємства або територіального органу виконавчої влади, уповноваженого здійснювати державний нагляд за дотриманням вимог з охорони праці.

- Результати перевірки знань оформлюються протоколом засідання комісії (форма згідно з додатком 1 до Типового положення №15).

Працівники, допущені до виконання робіт підвищеної пожежної небезпеки,

проходять спеціалізовану підготовку (навчання з пожежно-технічного мінімуму) перед початком виконання обов'язків, а також щорічну перевірку знань нормативних актів з питань пожежної безпеки. Посадові особи проходять пожежно-технічне навчання з періодичністю один раз на три роки.

Документальне оформлення та підтвердження допуску:

- Після успішного проходження перевірки знань з охорони праці працівнику видається посвідчення встановленого зразка (згідно з додатком 2 до Типового положення №15).

- Посвідчення є офіційним документом, що підтверджує проходження спеціального навчання та допуск до виконання робіт підвищеної небезпеки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Корпус” ВТ022-08.008 застосовується як база для підшипникового вузла барабана стрічкового конвеєра. Використовується для базування та фіксації сферичного підшипника та сприйняття радіального та осьового навантаження на барабан. Виготовляється із сталі 35Л.

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

Тому у проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: для виготовлення заготовки використовується литво в кокіль із вищим коефіцієнтом використання матеріалу; токарне оброблення поверхонь виконується на токарно-револьверних напівавтоматах замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів; оброблення двох отворів $\varnothing 12,5H12$ виконується одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням двохшпindelної свердлильної головки та комбінованого інструмента свердло-зенкер; оброблення отвору під різьбу із фаскою виконується за один перехід із застосуванням комбінованого інструмента свердло-зенківка; застосовується технологічне оснащення із механізованим приводом затиску.

Вдосконалення технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність праці при виготовленні деталі “Корпус” ВТ022-08.008.

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.