

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса 947.248.144 світлодіодного світильника

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

(шифр і назва спеціальності)

Єгоров Ю.В.
(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 947.248.144 світлодіодного світильника” студента групи МПс-41 Єгорова Ю.В.
Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи - вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 947.248.144 для середньосерійного типу виробництва.

У першій частині проведено аналіз технологічності конструкції корпусу за основними критеріями якості поверхонь. За переглянутими якісними і кількісними показниками деталь “Корпус” 947.248.144 є технологічною. Вивчено креслення і технічні вимоги до деталі. Проаналізовано базовий технологічний процес виготовлення корпусу 947.248.144, що відповідає дрібносерійному типу виробництва. Така організація виробництва обумовлена переважним використанням універсального металорізального обладнання, що функціонує без застосування автоматизованих систем керування та механізації допоміжних операцій. Для встановлення та фіксації заготовок на верстатах використовуються універсальні та спеціалізовані технологічні пристосування, зокрема кондуктори, підставки та затискні механізми з ручним приводом.

Для річного обсягу випуску 10000 деталей, що згідно з прийнятою класифікацією відповідає середньосерійному типу виробництва, у проєктному технологічному процесі передбачено впровадження організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності механічного оброблення, скорочення допоміжного часу та рівня трудомісткості виготовлення корпусу.

У другій частині проведено порівняння способів виготовлення заготовок корпусу. Застосування способу формування заготовки деталі “Корпус” 947.248.144 литтям під тиском забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж лиття у піщані форми і, тому для проєктування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано спосіб одержання заготовки – литво під тиском. У процесі розроблення технологічного маршруту виконано вибір

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

У третій частині для виконання програмної з ЧПК операції 010 на багатоцільовому верстаті з числовим програмним керуванням розроблено спеціалізоване технологічне пристосування для встановлення та закріплення деталі “Корпус” 947.248.144.

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 Техніка безпеки під час роботи на металорізальних верстатах.....	
4.2 Обов'язки працівника за трудовим договором щодо охорони праці ...	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено зміни у відомому технологічному процесі механічного оброблення корпуса 947.248.144 для середньосерійного типу виробництва. Деталь “Корпус” 947.248.144 є складовим конструктивним елементом світлодіодного світильника та призначена для забезпечення його функціонування в умовах підвищеної пожежо- та вибухонебезпеки. Корпус виконує функції розміщення та захисту внутрішніх елементів світильника від впливу зовнішніх експлуатаційних факторів, забезпечуючи необхідний рівень надійності та безпеки роботи освітлювального обладнання. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці: токарні операції доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК замість універсальних токарно-гвинторізних верстатів; оброблення отворів доцільно виконувати на багатоцільовому верстаті з ЧПК, враховуючи габарити деталі, замість десяти універсальних вертикально-свердлильних та різенарізних верстатів; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 947.248.144 є складовим конструктивним елементом світлодіодного світильника та призначена для забезпечення його функціонування в умовах підвищеної пожежо- та вибухонебезпеки. Світильник використовується для загального освітлення виробничих приміщень, об'єктів сільськогосподарського призначення, складських комплексів, допоміжних споруд та інших зон, що належать до вибухонебезпечного класу 22, а також пожежонебезпечних зон класів П-I та П-II. Корпус виконує функції розміщення та захисту внутрішніх елементів світильника від впливу зовнішніх експлуатаційних факторів, забезпечуючи необхідний рівень надійності та безпеки роботи освітлювального обладнання.

До основних поверхонь деталі, за допомогою яких виконується кріплення деталей світлодіодного світильника належать: зовнішні і внутрішні торцеві поверхні $12\pm 0,3$; $Rz\ 50$; $7H14^{(+0,3)}$; $\varnothing 336H14^{(+0,3)}$; $Ra\ 12,5$; зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 442$; $Rz\ 50$ – використовуються для приєднання кришки із розсіювачем, визначають габарити виробу а також призначені для забезпечення точного взаємного позиціонування, базування та монтажного суміщення складових елементів конструкції виробу під час його складання; торцевий паз $b=4H14^{(+0,3)}$; $6\pm 0,1$; $Ra\ 12,5$ – використовується для розміщення у нього ущільнювача, що захищає від потрапляння шкідливих елементів зовнішнього середовища у світильник; шістнадцять \отворів $\varnothing 3,7H14^{(+0,3)}$; $l=8$; $Ra\ 12,5$ – для приєднання світлодіодних плат, використовуючи саморізи; чотири отвори $M4-7H$; $l=14$; $\varnothing 328\pm 0,2$; $Ra\ 6,3$ – для кріплення розсіювача зі світлостабілізованого полікарбонату; два отвори $\varnothing 6^{+0,3}$; $36\pm 0,15$; $Ra\ 12,5$ – для кріплення блоку з електронною апаратурою; центральний отвір $\varnothing 17H7^{(+0,018)}$; $Ra\ 2,5$ – для приєднання сальника з ущільнювальними елементами; отвір з різьбою $M6-7H$;

$l=9\pm0,2$ для кріплення елементів, що усувають самовільне падіння кришки при обслуговуванні світильника.

Інші поверхні, зокрема циліндричні поверхні, фаски, ребра жорсткості визначають конфігурацію корпусу та покращують процес приєднання конструктивних елементів світильника.

Відповідно до вимог конструкторської документації, деталь «Корпус» 947.248.144 необхідно виготовляти зі сплаву АК12 системи Al–Si (алюміній–кремній). Закордонними аналогами цього матеріалу є сплави EN AC-44200 (AlSi12(a)) за європейським стандартом та A14130 за американською класифікацією. Вибір зазначеного сплаву обумовлений комплексом експлуатаційних вимог, що висуваються до корпусу світлодіодного світильника.

Сплав АК12 характеризується високими ливарними властивостями, доброю рікотекучістю та здатністю якісно заповнювати порожнини ливарної форми, що забезпечує отримання виливків складної конфігурації з мінімальною кількістю дефектів. Крім того, матеріал відзначається підвищеною корозійною стійкістю, що сприяє збільшенню довговічності виробу в різних умовах експлуатації.

Важливою перевагою сплаву є його висока теплопровідність, яка забезпечує ефективне відведення теплової енергії від світлодіодних модулів та електронних компонентів світильника, запобігаючи їх перегріванню. Поряд із цим, низька густина алюмінієво-кремнієвого сплаву порівняно зі сталевими матеріалами дозволяє суттєво зменшити масу виробу без погіршення його експлуатаційних характеристик.

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

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

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

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

Спосіб лиття	Вид термообробки	Густина, ρ , г/см ³	σ_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
під тиском	відпал		147	2,0	50

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

У процесі технологічного проєктування механічного оброблення деталі «Корпус» 947.248.144 виконано детальний аналіз конструкторських вимог, а також параметрів точності та шорсткості оброблюваних поверхонь. На основі результатів проведеного аналізу всі поверхні корпусу, що потребують механічного оброблення, були пронумеровані. Така нумерація використовується для подальшого формування маршруту обробки, розроблення операційної технології та забезпечення однозначної ідентифікації поверхонь на всіх етапах технологічного проєктування. Перелік зазначених поверхонь наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги до поверхонь деталі “Корпус” 947.248.144

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Отвір $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=12\pm 0,2$ для формування різьби М6-7Н	14	Ra12,5
2	Торець $7\pm 0,1$	14	Ra 12,5
3	Фаска на отворі $1\times 45^\circ$	14	Ra12,5
4	Торець $12\pm 0,3$	16, поверхня заготовки	Rz 50
8-23	Шістнадцять отворів $\varnothing 3,7H14^{(+0,3)}$; $l=8\pm 0,1$; $82\pm 0,2$; $49\pm 0,2$; $48\pm 0,2$; $79\pm 0,2$; $52\pm 0,2$; $48\pm 0,2$	14	Ra 12,5
24	Центральний отвір $\varnothing 17H7^{(+0,018)}$	7	Ra 1,6

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
25	Отвір з різьбою М6-7Н; $l=9\pm0,2$	12	Ra6,3
26, 27	Два отвори $\varnothing 6H14(^{+0,3})$; $36\pm0,15$	14	Ra 12,5
28	Циліндрична поверхня $\varnothing 442\pm0,8$	16, поверхня заготовки	Rz 50
29-44	Шістнадцять фасок на отворах $1\times 45^\circ$	14	Ra 12,5
45-48	Чотири отвори для формування різьби М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14\pm0,2$; $\varnothing 328\pm0,2$	13	Ra 6,3
49	Фаска на отворі $2,8\times 45^\circ$	14	Ra 12,5
50-53	Чотири фаски на отворах $1\times 45^\circ$	14	Ra 12,5
54, 55	Торець $42\pm0,4$	16, поверхня заготовки	Rz 50
56-59	Чотири отвори з різьбою М4-7Н; $l=10\pm0,2$; $\varnothing 328\pm0,2$	(7)	Ra 6,3
60	Отвір $\varnothing 336H14(^{+1,4})$	14	Ra 12,5
61	Кругла торцева канавка $b=4H14(^{+0,3})$; $6\pm0,1$; $\varnothing 344\pm0,2$	14	Ra 12,5

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

При оцінюванні технологічності деталі «Корпус» 947.248.144 враховано річну програму випуску, що становить 10000 виробів. Відповідно до прийнятої класифікації виробництв такий обсяг випуску відповідає середньосерійному типу виробництва, що висуває підвищені вимоги до продуктивності технологічного процесу та рівня його механізації. За цих умов доцільним є застосування високопродуктивних способів одержання заготовок, які забезпечують необхідну точність геометричних параметрів і мінімальні припуски на механічне оброблення. Крім того, технологічний процес повинен передбачати використання спеціалізованого технологічного оснащення, оснащеного механізованими або пневматичними затискними пристроями для скорочення допоміжного часу. Проаналізовано вимоги креслень щодо точності

та якості поверхонь корпусу.

Матеріалом корпусу є алюмінієвий ливарний сплав АК12 згідно з ДСТУ 2839-94, який характеризується комплексом властивостей, що забезпечують його ефективне використання у виробництві корпусних деталей. До основних переваг сплаву належать висока корозійна стійкість, добрі ливарні характеристики, підвищена рідкотекучість та здатність якісно заповнювати порожнини ливарних форм. Завдяки цьому забезпечується отримання виливків складної конфігурації з мінімальною ймовірністю виникнення ливарних дефектів. Додатковою перевагою є висока теплопровідність матеріалу, що сприяє ефективному відведенню тепла від світлодіодних модулів та інших елементів освітлювального обладнання.

Технологічні властивості сплаву АК 12 забезпечують можливість виготовлення тонкостінних конструктивних елементів, зокрема ребер жорсткості.

Додатково міцність деталі підвищено за рахунок доданих 60 зовнішніх ребер жорсткості, що рівномірно розміщено по колу корпусу. Це забезпечує застосування сил затиску на оснащенні і сприймання сил різання без надмірних пружних деформацій деталі.

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різьбових поверхонь деталі можливе застосування стандартних та спеціальних різальних інструментів: різців, свердел, зенкерів, розверток, мітчиків тощо. Як основне технологічне обладнання, враховуючи габарити деталі, доцільно використовувати токарні та багатофункціональні верстати з ЧПК, універсальні вертикально-свердлильні та різенарізні верстати, використовуючи принцип концентрації операцій в умовах середньосерійного типу виробництва.

Отже, деталь «Корпус» 947.248.144 є технологічною в умовах середньосерійного типу виробництва.

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

Розрахунки виконано на основі відомих методик із використанням даних табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 43 + 13 \cdot 4 + 12 \cdot 1 + 7 \cdot 5}{53} = 13,22;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,22} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь “Корпус” 947.248.144 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 9 + 3 \cdot 43}{53} = 3,21,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,21} = 0,31.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,31 > 0,16$ деталь “Корпус” 947.248.144 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{47}{53} = 0,89.$$

При $K_{\text{у.е.}} = 0,89 > 0,6$ деталь “Корпус” 947.248.144 є технологічною.

Таким чином, за кількісними показниками деталь “Корпус” 947.248.144 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Перелік основного технологічного устаткування для здійснення операцій базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 947.248.144

представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технологічне устаткування операцій базового технологічного процесу виготовлення корпусу 947.248.144

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K30	Патрон спеціальний
010 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н150	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
015, 025, 035, 040, 045, 055 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н150	Кондуктор спеціальний із ручним приводом затиску
020, 030, 050 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н150	Підставка спеціальна
060, 065 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Підставка спеціальна

Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» 947.248.144 за сукупністю виробничо-технологічних характеристик належить до дрібносерійного типу виробництва. Така організація виробництва обумовлена переважним використанням універсального металорізального обладнання, що функціонує без застосування автоматизованих систем керування та механізації допоміжних операцій. Для встановлення та фіксації заготовок на верстатах використовуються універсальні та спеціалізовані технологічні пристосування, зокрема кондуктори, підставки та затискні механізми з ручним приводом. Виконання операцій свердління отворів, зенкування фасок і нарізування різьби забезпечується за допомогою спеціальних пересувних і поворотних кондукторів.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині проаналізовано технічні вимоги деталі “Корпус” 947.248.144, яка є складовим конструктивним елементом світлодіодного

світильника та призначена для забезпечення його функціонування в умовах підвищеної пожежо- та вибухонебезпеки. На основі приведеного аналізу встановлено, що деталь «Корпус» 947.248.144 є технологічною в умовах середньосерійного типу виробництва.

Технологічні властивості сплаву АК 12 забезпечують можливість виготовлення тонкостінних конструктивних елементів, зокрема ребер жорсткості.

Додатково міцність деталі підвищено за рахунок доданих 60 зовнішніх ребер жорсткості, що рівномірно розміщено по колу корпусу. Це забезпечує застосування сил затиску на оснащенні і сприймання сил різання без надмірних пружних деформацій деталі.

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різьбових поверхонь деталі можливе застосування стандартних та спеціальних різальних інструментів: різців, свердел, зенкерів, розверток, мітчиків тощо. Як основне технологічне обладнання, враховуючи габарити деталі, доцільно використовувати токарні та багатофункціональні верстати з ЧПК, універсальні вертикально-свердлильні та різенарізні верстати, використовуючи принцип концентрації операцій в умовах середньосерійного типу виробництва.

Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» 947.248.144 за сукупністю виробничо-технологічних характеристик належить до дрібносерійного типу виробництва. Така організація виробництва обумовлена переважним використанням універсального металорізального обладнання, що функціонує без застосування автоматизованих систем керування та механізації допоміжних операцій. Для встановлення та фіксації заготовок на верстатах використовуються універсальні та спеціалізовані технологічні пристосування, зокрема кондуктори, підставки та затискні механізми з ручним приводом.

Річна програма випуску, що становить 10000 шт. відповідно до завдання, характеризує середньосерійний тип виробництва. Тому процес проектування технологічного доцільно доповнити такими змінами:

- отримання заготовки здійснювати точними способами лиття, зокрема

литтям під тиском із формуванням тонкостінних ребер жорсткості та зменшенням припусків механічного оброблення;

- токарні операції доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК замість універсальних токарно-гвинторізних верстатів;

- оброблення отворів доцільно виконувати на багатоцільовому верстаті з ЧПК, враховуючи габарити деталі, замість десяти універсальних вертикально-свердлильних та різенарізних верстатів;

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

Запропоновані зміни базового технологічного процесу дозволять підвищити продуктивність виготовлення деталі «Корпус» 947.248.144 в умовах середньосерійного виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва для виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144 визначено відповідно до річної програми випуску, яка становить 10000 шт., та маси готової деталі $m = 2,51$ кг. За табличним методом, задані параметри відповідають середньосерійному типу виробництва.

Для підтвердження отриманого результату додатково виконано розрахунок типу виробництва на основі визначення коефіцієнта закріплення операцій.

Перелік операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144 систематизовано та наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144

Операція	$T_{шт},$ хв.	Операція	$T_{шт},$ хв.
005 Токарно-гвинторізна	8,81	040 Вертикально-свердлильна	1,2
010 Вертикально-свердлильна	6,65	045 Вертикально-свердлильна	0,6
015 Вертикально-свердлильна	0,6	050 Вертикально-свердлильна	0,6
020 Вертикально-свердлильна	0,84	055 Вертикально-свердлильна	0,51
025 Вертикально-свердлильна	0,48	060 Різенарізна	0,7
030 Вертикально-свердлильна	0,51	065 Різенарізна	0,41
035 Вертикально-свердлильна	0,51		

Кількості верстатів, що використовуються для кожної операції [1]:

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

де F_d – час роботи обладнання, $F_d = 3979$ год;

$\eta_{зн.} = 0,75$.

$$m_{p005} = \frac{10000 \cdot 8,81}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,49. P_{005} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p010} = \frac{10000 \cdot 6,65}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,37. P_{010} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p015} = \frac{10000 \cdot 0,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,034. P_{015} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p020} = \frac{10000 \cdot 0,84}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,05. P_{020} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p025} = \frac{10000 \cdot 0,48}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,027. P_{025} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p030} = \frac{10000 \cdot 0,51}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,028. P_{030} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p035} = \frac{10000 \cdot 0,51}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,028. P_{035} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p040} = \frac{10000 \cdot 1,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,067. P_{040} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p045} = \frac{10000 \cdot 0,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,034. P_{045} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p050} = \frac{10000 \cdot 0,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,034. P_{050} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p055} = \frac{10000 \cdot 0,51}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,028. P_{055} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p060} = \frac{10000 \cdot 0,7}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,04. P_{060} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p065} = \frac{10000 \cdot 0,41}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,023. P_{065} = 1 \text{ верстат};$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.2)$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,49}{1} = 0,49;$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,37}{1} = 0,37;$$

$$\eta_{3.ф.015} = \frac{0,034}{1} = 0,034;$$

$$\eta_{3.ф.020} = \frac{0,05}{1} = 0,05;$$

$$\eta_{3.ф.025} = \frac{0,027}{1} = 0,027;$$

$$\eta_{3.ф.030} = \frac{0,028}{1} = 0,028;$$

$$\eta_{3.ф.035} = \frac{0,028}{1} = 0,028;$$

$$\eta_{3.ф.040} = \frac{0,067}{1} = 0,067;$$

$$\eta_{3.ф.045} = \frac{0,034}{1} = 0,034;$$

$$\eta_{3.ф.050} = \frac{0,034}{1} = 0,034;$$

$$\eta_{3.ф.055} = \frac{0,028}{1} = 0,028;$$

$$\eta_{3.ф.060} = \frac{0,04}{1} = 0,04;$$

$$\eta_{3.ф.065} = \frac{0,023}{1} = 0,023.$$

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

$$O = \frac{\eta_{3.н.}}{\eta_{3.ф.}}, \quad (2.3)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,49} = 1,53. \quad O_{005} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,37} = 2,0. \quad O_{010} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,034} = 22,0. \quad O_{015} = 22,0 \text{ операції};$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,05} = 15,0. \quad O_{020} = 15 \text{ операцій};$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,027} = 27,8 . O_{025} = 28 \text{ операцій};$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,028} = 26,8 . O_{030} = 27 \text{ операцій};$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,028} = 26,8 . O_{035} = 27 \text{ операцій};$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,067} = 11,2 . O_{040} = 12 \text{ операцій};$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,034} = 22,0 . O_{045} = 22 \text{ операції};$$

$$O_{050} = \frac{0,75}{0,034} = 22,0 . O_{050} = 22 \text{ операції};$$

$$O_{055} = \frac{0,75}{0,028} = 26,8 . O_{055} = 27 \text{ операцій};$$

$$O_{060} = \frac{0,75}{0,04} = 18,75 . O_{060} = 19 \text{ операцій};$$

$$O_{065} = \frac{0,75}{0,023} = 32,6 . O_{065} = 33 \text{ операцій}.$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{258}{13} = 19,8.$$

Для $K_{з.о.} = 19,8$ тип виробництва середньосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N}, \quad (2.4)$$

$$t_B = \frac{60 \cdot 3979}{10000} = 23,9 \text{ хв.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі «Корпус» 947.248.144 алюмінієвий сплав АК12 ДСТУ 2839-94 характеризується хорошими ливарними властивостями. Використання цього сплаву зменшує масу корпусу та надає можливість одержання тонкостінних елементів, зокрема ребер жорсткості, використовуючи різні методи литва.

Вибір способу виготовлення заготовки на основі двох варіантів здійснено за коефіцієнтом використання матеріалу. При цьому розглянуто такі способи одержання заготовки:

1. Лиття під тиском.
2. Лиття у піщані форми із машинним формуванням за металевими моделями.

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

Для першого варіанта виготовлення заготовки передбачено забезпечення 7-го класу точності лінійних розмірів із застосуванням 1-го ряду технологічних припусків. Для другого варіанта характерне використання 11-го класу точності розмірів і 3-го ряду припусків,

Загальні припуски деталі «Корпус» 947.248.144 наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Загальні припуски деталі «Корпус» 947.248.144

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
лиття під тиском				
дЦиліндрична поверхня Ø442±0,8	Rz50	1,6	Не обробляється різанням	Ø442±0,8
Отвір Ø336H14 ^(+1,4)	Ra 12,5	1,4	1,6 × 2 = 3,2	Ø332,8±0,7

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5
Торець $7\pm 0,1$	Ra 12,5	0,5	0,9	$6,1\pm 0,25$
Центральний отвір $\varnothing 17H7^{(+0,018)}$	Ra 1,6	0,6	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 15\pm 0,3$
лиття в піщані форми				
Циліндрична поверхня $\varnothing 442\pm 0,8$	Rz50	5,0	Не обробляється різанням	$\varnothing 442\pm 2,5$
Отвір $\varnothing 336H14^{(+1,4)}$	Ra 12,5	—	Суцільний матеріал	Не одержується литвом
Торець $7\pm 0,1$	Ra 12,5	—	Суцільний матеріал	Не одержується литвом
Центральний отвір $\varnothing 17H7^{(+0,018)}$	Ra 1,6	—	Суцільний матеріал	Не одержується литвом

Для визначення величини технологічних припусків на поверхні деталі, що підлягають механічному обробленню, виконано проєктування заготовок для обох розглянутих способів їх отримання. Розрахунок маси заготовки здійснено шляхом додавання маси припусків на механічне оброблення до маси готової деталі, яка після завершення всіх технологічних операцій становить 2,51 кг.

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

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

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

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

де $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$.

Об'єми припусків окремих елементів заготовки:

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

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

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

- одержаної литвом під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (336^2 - 332,8^2) \cdot 6,1}{4} = 10\,253 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (336^2 - 65^2) \cdot 0,9}{4} = 76\,815 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = 16 \cdot \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 8}{4} = 1\,376 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (17^2 - 15^2) \cdot 2,5}{4} = 126 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 14}{4} = 704 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (352^2 - 344^2) \cdot 6}{4} = 26\,239 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 2,5}{4} = 141 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 12}{4} = 339 \text{ мм}^3.$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр}_i} &= 10253 + 76815 + 1376 + 126 + 704 + 26239 + 141 + \\ &+ 339 = 115\,993 \text{ мм}^3 = 116 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

- одержаної литвом в піщані форми:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (336^2 - 65^2) \cdot 7}{4} = 597\,450 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 16 \cdot \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 8}{4} = 1\,376 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 12}{4} = 339 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (17^2 - 15^2) \cdot 2,5}{4} = 126 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 14}{4} = 704 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (352^2 - 344^2) \cdot 6}{4} = 26\,239 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 2,5}{4} = 141 \text{ мм}^3;$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр}_i} &= 597450 + 1376 + 126 + 704 + 26239 + 141 + \\ &+ 339 = 626\,375 \text{ мм}^3 = 626 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Визначаємо масу припусків:

– для лиття під тиском:

$$m_{\text{пр1}} = 116 \cdot 2,6 = 301,6 \text{ г} = 0,302 \text{ кг}.$$

– для лиття у піщані форми:

$$m_{\text{пр2}} = 626 \cdot 2,6 = 1\,627,6 \text{ г} \approx 1,628 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовок:

– лиття під тиском на спеціальних формувальних машинах:

$$Q_1 = 2,51 + 0,302 = 2,812 \text{ кг}.$$

– лиття у піщані форми:

$$Q_2 = 2,51 + 1,628 = 4,138 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_B = \frac{q}{Q}, \quad (2.8)$$

– для лиття під тиском:

$$K_{B.M.1} = \frac{2,51}{2,812} = 0,89;$$

– лиття у піщані форми:

$$K_{B.M.2} = \frac{2,51}{4,138} = 0,61.$$

Отже, застосування способу формування заготовки деталі “Корпус” 947.248.144 литтям під тиском забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж лиття у піщані форми і, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано спосіб одержання заготовки – литво під тиском.

2.3. Вибір технологічних баз

У процесі проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 947.248.144 використано як базові поверхні, одержані литвом під тиском а також поверхні після механічного оброблення.

Схеми базування деталі “Корпус” 947.248.144 відображено у таблиці 2.3.

На першій операції виконується базування деталі по центральному отвору 24 із упором в торець 4 із затиском по торцевій поверхні 54.

На другій операції виконується базування деталі по зовнішній циліндричній поверхні з упором в торець 7 із орієнтацією по пазах та ребрах жорсткості.

На третій і четвертій операціях виконується базування деталі по внутрішній циліндричній поверхні 60 з упором в торець 2 та орієнтацією по пазах.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Різні варіанти досягнення необхідних показників та технічних вимог до поверхонь деталі розглянуто для остаточного проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 947.248.144. Як результат поєднання розглянутих процесів одержано остаточний варіант технологічного процесу виготовлення корпусу, що відповідає середньосерійному типу виробництва, включаючи використання верстатів з ЧПК, зокрема токарного та багатоцільового верстатів з ЧПК.

Способи досягнення необхідних показників якості поверхонь деталі “Корпус” 947.248.144 відображено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Способи досягнення необхідних показників якості поверхонь деталі “Корпус” 947.248.144

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Отвір $\varnothing 4,95^{+0,26}_0$; $l=12\pm 0,2$ для формування різьби М6-7Н	14	Ra12,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із застосуванням кондуктора
2	Торець $7\pm 0,1$	14	Ra 12,5	Напівчистове проточування	—
3	Фаска на отворі $1\times 45^\circ$	14	Ra12,5	Зенкування	Формування в процесі свердління комбінованим свердлом
4	Торець $12\pm 0,3$	7 клас точності заготовки	Rz 50	Одержується литвом	—

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
8-23	Шістнадцять отворів $\varnothing 3,7H14^{(+0,3)}$; $l=8\pm 0,1$; $82\pm 0,2$; $49\pm 0,2$; $48\pm 0,2$; $79\pm 0,2$; $52\pm 0,2$; $48\pm 0,2$	14	Ra 12,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із застосуванням кондуктора
24	Центральний отвір $\varnothing 17H7^{(+0,018)}$	7	Ra 1,6	Зенкерування Розвертання чорнове Розвертання чистове	—
25	Отвір з різьбою M6-7H; $l=9\pm 0,2$	12	Ra 6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
26, 27	Два отвори $\varnothing 6H14^{(+0,3)}$; $36\pm 0,15$	14	Ra 12,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із застосуванням кондуктора
28	Циліндрична поверхня $\varnothing 442\pm 0,8$	7 клас точності заготовки	Rz 50	Одержується литвом	—
29- 44	Шістнадцять фасок на отворах $1\times 45^\circ$	14	Ra 12,5	Формування в процесі свердління комбінованим свердлом	Зенкування
45- 48	Чотири отвори для формування різьби M4- 7H $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14\pm 0,2$; $\varnothing 328\pm 0,2$	13	Ra 6,3	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління із застосуванням кондуктора
49	Фаска на отворі $2,8\times 45^\circ$	14	Ra 12,5	Розточування напівчистове	—
50- 53	Чотири фаски на отворах $1\times 45^\circ$	14	Ra 12,5	Зенкування	Формування в процесі свердління комбінованим свердлом
54, 55	Торець $42\pm 0,4$	7 клас точності заготовки	Rz 50	Одержується литвом	—

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
56-59	Чотири отвори з різьбою М4-7Н; $l=10\pm0,2$; $\varnothing 328\pm0,2$	(7)	Ra 6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
60	Отвір $\varnothing 336H14(^{+1,4})$	14	Ra 12,5	Розточування напівчистове	—
61	Кругла торцева канавка $b=4H14(^{+0,3})$; $6\pm0,1$; $\varnothing 344\pm0,2$	14	Ra 12,5	Розточування канавочним різцем	Фрезерування кінцевою фрезою

На основі аналізу маршрутів оброблення поверхонь корпусу із таблиці 2.3 сформовано остаточний маршрут механічного оброблення для середньосерійного типу виробництва. Запропоновано токарні операції виконувати на токарному верстаті з ЧПК замість універсальних токарно-гвинторізних верстатів; оброблення отворів виконувати на багатоцільовому верстаті з ЧПК, враховуючи габарити деталі, замість десяти універсальних вертикально-свердлильних та різенарізних верстатів; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

005. Токарна з ЧПК

1. Розточування внутрішньої циліндричної поверхні 60 та остаточне підрізання торця 2, розточування остаточне внутрішньої фаски 49 за програмою послідовне у розміри $\varnothing 336^{+1,4}$; $7\pm0,1$; $2,8\times 45^\circ$.

2. Розточування циліндричної торцевої канавки 61 у розміри $4^{+0,3}$; $6\pm0,1$; $\varnothing 344\pm0,2$.

3. Перевірити розміри. Контроль 30%.

010. Програмна з ЧПК

1. Центрування двадцяти двох отворів 26, 27, 45-48, 8-23 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,14^{+0,12}$; $36\pm0,15$; $\varnothing 328\pm0,2$; $82\pm0,2$; $49\pm0,2$; $48\pm0,2$; $79\pm0,2$; $52\pm0,2$; $48\pm0,2$.

2. Свердління шістнадцяти отворів 8-23 та одночасне зенкування шістнадцяти фасок 29-44 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 3,7^{+0,3}$; $l=8\pm 0,1$; $82\pm 0,2$; $49\pm 0,2$; $48\pm 0,2$; $79\pm 0,2$; $52\pm 0,2$; $48\pm 0,2$; $1\times 45^\circ$.

3. Свердління чотирьох отворів 45-48 під різьбу М4-7Н послідовне за програмою у розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14\pm 0,2$; $\varnothing 328\pm 0,2$.

4. Свердління двох отворів 26, 27 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 6^{+0,3}$; $36\pm 0,15$.

5. Зенкування чотирьох фасок 50-53 послідовне за програмою розміри $1\times 45^\circ$.

6. Зенкерування центрального отвору 24 у розмір $\varnothing 16,62^{+0,18}$.

7. Розвертання попереднє центрального отвору 24 у розмір $\varnothing 16,958^{+0,043}$.

8. Розвертання остаточне центрального отвору 24 у розмір $\varnothing 17^{+0,018}$.

9. Нарізання різьби 56-59 в чотирьох отворах послідовне за програмою у розміри М4-7Н; $l=10\pm 0,2$; $\varnothing 328\pm 0,2$.

10. Перевірити розміри. Контроль 30%.

015. Вертикально-свердлильна

1. Свердління отвору 1 під різьбу М6-7Н та одночасне формування фаски 3 у розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=12\pm 0,2$; $1,5\times 45^\circ$.

2. Перевірити розміри. Контроль 30%.

020. Різенарізна

1. Нарізання різьби 25 в отворі 1 у розміри М6-7Н; $l=9\pm 0,2$.

2. Перевірити розміри. Контроль 30%.

025. Контроль.

2.4. Визначення припусків на оброблення

Розрахунок припусків механічного оброблення деталі “Корпус” 947.248.144 у проєктному технологічному процесі виконано на основі табличних даних та розрахунковим методом. Результати представлено у

вигляді таблиці 2.4.

Також результати розрахункового визначення припусків оброблення отвору $\varnothing 17H7(^{+0,018})$; Ra 1,6 на 010 програмній з ЧПК операції із базуванням на спеціальну оправку і площину із пневмозатиском деталі у спеціальному оснащенні представлено на рис. 2.3.

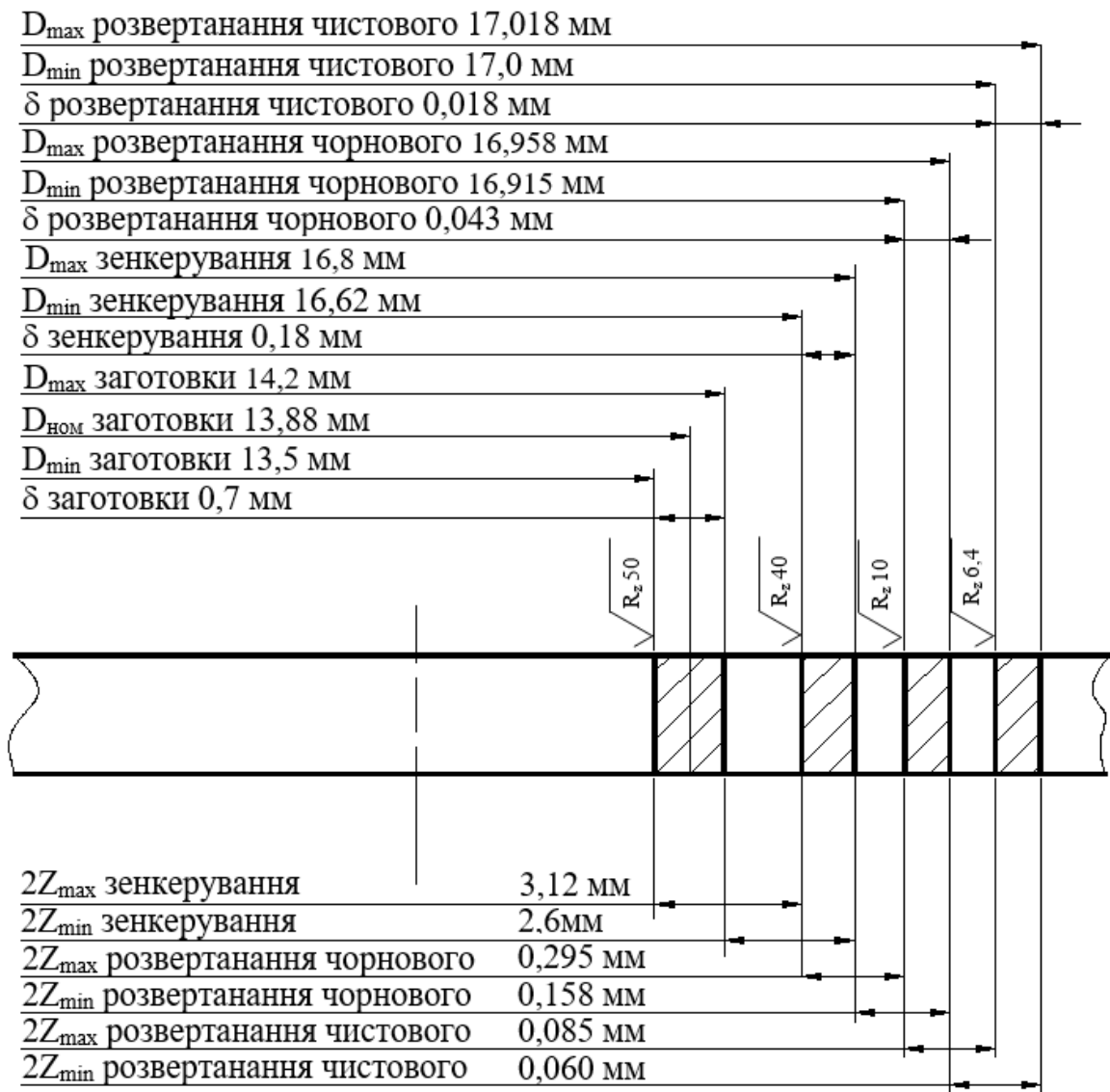


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків на механічне оброблення отвору $\varnothing 17H7(^{+0,018})$

Таблиця 2.4 – Припуски механічного оброблення поверхонь деталі “Корпус” 947.248.144

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
Отвір $\varnothing 336H14^{(+1,4)}$					
Розточування напівчистове	14	Ra12,5	1,4	$1,6 \times 2 = 3,2$	$\varnothing 336^{+1,4}$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	1,4	–	$\varnothing 332,8 \pm 0,7$
Торець $7 \pm 0,1$					
Підрізання напівчистове	14	Ra12,5	0,2	$1,0 \times 0,45 = 0,9$	$7 \pm 0,1$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	0,5	0,9	$6,1 \pm 0,25$
Кругла торцева канавка $b=4H14^{(+0,3)}$; $6 \pm 0,1$; $\varnothing 344 \pm 0,2$					
Розточування напівчистове	14	Ra12,5	0,3	4	$4^{+0,3}$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	–	–	Суцільний матеріал

Габаритні розміри заготовки: $\varnothing 442 \pm 0,8 \times 42 \pm 0,4$.

2.5. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Режими різання вибрано із табличних даних довідників, а на четвертий та дев'ятий технологічні переходи 010 операції оброблення деталі “Корпус” 947.248.144 режими різання визначено розрахунковим методом.

Операція 010 Програмна з ЧПК. Перехід 4. Свердління чотирьох отворів 45-48 під різьбу M4-7H послідовне за програмою у розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14 \pm 0,2$; $\varnothing 328 \pm 0,2$. Інструмент – свердло спіральне $d = 3,3$; $L = 65$; $l = 36$.

1. Глибина різання для свердління [14]:

$$t = 0,5 \cdot D, \quad (2.9)$$

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

2. Довжина робочого ходу [14]:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{пер.}, \quad (2.10)$$

де $l_{різ.} = 14$ мм;

$l_{вріз.} = 1,5$ мм [14];

$l_{підв.} = 2$ мм [14];

$l_{пер.} = 0$ мм;

$$L_{p.x.} = 14 + 2 + 1,5 = 17,5 \text{ мм.}$$

3. Подача при свердлінні [14]:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{ls} \quad (2.11)$$

де $S_{от} = 0,16$ мм/об [14];

$K_{ls} = 0,9$ при $l \leq 5 D$ [14];

$$S_o = 0,16 \cdot 0,9 = 0,14 \text{ мм/об.}$$

4. Період стійкості свердла:

$T = 15$ хв. [14].

5. Швидкість різання при свердлінні [14]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.12)$$

де $T = 15$ хв;

$S = 0,14$ мм/об;

$D = 3,3$ мм;

K_v – поправочний коефіцієнт[14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}, \quad (2.13)$$

де $K_{mv} = 1,0$ [14];

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

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

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

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

Підставляємо дані у рівняння (2.12):

$$V = \frac{36,3 \cdot 3,3^{0,25}}{15^{0,125} \cdot 0,14^{0,55}} \cdot 0,85 = 87,4 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 87,4}{\pi \cdot 3,3} = 8440 \text{ хв}^{-1}.$$

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

7. Коректуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (2.15)$$

$$V_d = \frac{\pi \cdot 3,3 \cdot 2000}{1000} = 20,73 \text{ м/хв.}$$

8. Крутний момент при свердлінні [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.16)$$

$$\text{де } D = 3,3 \text{ мм;}$$

$$S = 0,14 \text{ мм/об;}$$

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

$$C_m = 0,005; y = 0,8; q = 2,0 \text{ [14].}$$

Підставляємо дані у рівняння (2.12):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,3^{2,0} \cdot 0,14^{0,8} \cdot 1,0 = 0,11 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Потужність різання при свердлінні:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (2.17)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{0,11 \cdot 2000}{9750} = 0,023 \text{ кВт.}$$

10. Перевіряємо потужність приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}. \quad (2.18)$$

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.19)$$

$$N_{\text{шп}} = 13 \cdot 0,8 = 10,4 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо виконання умови (2.14):

$$N_{\text{різ}} = 0,023 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 10,4 \text{ кВт.}$$

Отже, режими різання вибрано правильно.

11. Основний час при свердлінні:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (2.20)$$

де $i = 2$ – кількість переходів.

$$T_o = \frac{17,5}{0,14 \cdot 2000} \cdot 4 = 0,25 \text{ хв.}$$

Операція 010 Програмна з ЧПК. Перехід 9. Розвертання остаточне центрального отвору 24 у розмір $\varnothing 17^{+0,018}$. Різальний інструмент – розвертка $\varnothing 17\text{H}7$; $L=175$; $l=41$; $z=8$ НКХ, Морзе1.

1. Гибина різання:

$$t = 0,021 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу розвертки (2.10):

$$l_{\text{різ.}} = 2,5 \text{ мм};$$

$$l_{\text{вріз.}} + l_{\text{пер}} = 17 \text{ мм [14];}$$

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

$$L_{\text{р.х.}} = 2,5 + 2 + 17 = 21,5 \text{ мм.}$$

3. Подача розвертки :

$$S_o = S_{\text{от}} \cdot K_{\text{см}}, \quad (2.21)$$

$$\text{де } S_{\text{от}} = 0,5 \text{ мм/об [14];}$$

$$K_{\text{см}} = 0,9 \text{ [14].}$$

$$S_o = 0,5 \cdot 0,9 = 0,45 \text{ мм/об.}$$

4. Період стійкості розвертки:

$$T_M = 30 \text{ хв. [14].}$$

5. Визначаємо швидкість різання [14]:

$$V = V_T \cdot K_{\text{vm}} \cdot K_{\text{vз}} \cdot K_{\text{vж}} \cdot K_{\text{vt}} \cdot K_{\text{vn}} \cdot K_{\text{vh}} \cdot K_{\text{vl}} \cdot K_{\text{vw}}, \quad (2.22)$$

$$\text{де } V_T = 17 \text{ м/хв; } K_{\text{vm}} = 0,9; K_{\text{vз}} = 1,0; K_{\text{vж}} = 1,0; K_{\text{vw}} = 0,9; K_{\text{vh}} = 1,0; K_{\text{vl}} = 1,0;$$

$$K_{\text{vt}} = 1,0; K_{\text{vi}} = 1,0 \text{ [14].}$$

$$V = 17 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 13,8 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя (2.10):

$$n = \frac{1000 \cdot 13,8}{\pi \cdot 17} = 258 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо частоту обертання $n_d = 260 \text{ об/хв.}$

7. Сила різання[14]:

$$P = \frac{P_T}{K_{\text{pm}}}, \quad (2.23)$$

$$\text{де } P_T = 5,7 \text{ Н [14];}$$

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

$$P = \frac{5,7}{0,9} = 6,3 \text{ Н.}$$

8. Потужність різання [14]:

$$N = \frac{N_T}{K_{NM}}, \quad (2.24)$$

де $N_T = 0,12 \text{ кВТ}$ [14].

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

$$N = \frac{0,12}{0,9} = 0,13 \text{ кВТ}.$$

9. Перевіряємо виконання умови (2.18):

$$N_{\text{pi3}} = 0,13 \text{ кВТ} < N_{\text{шш}} = 10,4 \text{ кВТ}.$$

Отже, режими різання вибрано правильно.

12. Основний час при розвертанні (2.16):

$$T_o = \frac{21,5}{0,45 \cdot 260} = 0,18 \text{ XB.}$$

Також визначено режими різання для інших операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144, що зведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144

[illegible]

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зенкування чотирьох фасок 50-53 послідовне за програмою розміри $1 \times 45^\circ$	1	4	4	17	0,1	1500	37	150	0,11	0,09
Перехід 7 Зенкерування центрального отвору 24 у розмір $\varnothing 16,62^{+0,18}$	1,21	12	1	35	0,34	620	27	211	0,06	0,19
Перехід 8 Розвертання попереднє центрального отвору 24 у розмір $\varnothing 16,958^{+0,043}$	0,169	12	1	35	0,8	240	9	192	0,06	0,17
Перехід 9 Розвертання остаточне центрального отвору 24 у розмір $\varnothing 17^{+0,018}$	0,021	21,5	1	30	0,45	260	13,8	117	0,18	0,13
Перехід 10 Нарізання різьби 56-59 в чотирьох отворах послідовне за програмою у розміри М4-7Н; $l=10 \pm 0,2$; $\varnothing 328 \pm 0,2$	0,606	24	4	15	0,7	660	8,2	462	0,21	0,05
Операція 015. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердління отвору 1 під різьбу М6-7Н та одночасне формування фаски 3 у розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=12 \pm 0,2$; $1,5 \times 45^\circ$	2,5	16	1	17	0,14	1100	16	154	0,1	1,9
Операція 020. Різенарізна										
Перехід 12 Нарізання різьби 25 в отворі 1 у розміри М6-7Н; $l=9 \pm 0,2$	0,866	22	1	25	1,0	540	10	540	0,04	0,07

Технічні норми часу визначено на основі табличних даних довідників, а на 010 операцію програмну з ЧПК оброблення деталі “Корпус” 947.248.144

технічні норми часу визначено розрахунковим методом.

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

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}) \cdot \left(1 + \frac{k}{100}\right), \quad (2.25)$$

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

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}}, \quad (2.26)$$

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

$$T_{\text{o}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \quad (2.27)$$

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

S_i – подача при різанні, мм/хв;

$T_{\text{д}}$ – час на допоміжні автоматичні дії;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{ді}} + T_{\text{дх}}, \quad (2.28)$$

де $T_{\text{ді}}$ – час на знімання та встановлення інструментів;

$$T_{\text{ді}} = (T_{\text{п}} + T_{\text{ф}}) \cdot k, \quad (2.29)$$

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

k – кількість інструментів;

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

$T_{\text{дх}}$ – час допоміжних ходів;

$$T_{\text{дх}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{\text{хі}}}{S_{\text{п}}}, \quad (2.30)$$

де $L_{\text{хі}}$ – довжина допоміжних ходів;

$S_{\text{п}}$ – подача холостого ходу $S_{\text{п}} = 10000$ мм/хв.

010 Програмна з ЧПК

1. Основний час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК:

$$T_o = 0,47 + 0,6 + 0,25 + 0,11 + 0,11 + 0,06 + 0,06 + 0,18 + 0,21 = 2,05 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо час допоміжних ходів (2.26):

$$T_{\text{дх}} = \frac{14000}{10000} = 1,4 \text{ хв.}$$

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

$$T_{\text{ц}} = 2,05 + 1,4 = 3,45 \text{ хв.}$$

4. Допоміжний час жна виконання ручних переходів:

$$T_{\text{до}} = T_{\text{доу}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{дов}}, \quad (2.31)$$

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

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

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

4.1. Час на базування та знімання деталі $T_{\text{доу}} = 0,32 \text{ хв. [1]}$.

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

– виставлення деталі та інструмента за координатами наладки:
 $t_1 = 0,5 \text{ хв};$

– перевіряння повернення інструменту у вихідну точку після оброблення:
 $t_2 = 0,3 \text{ хв};$

– монтування щитка для захисту від емульсії: $t_3 = 0,05 \text{ хв.}$

$$T_{\text{доп}} = 0,5 + 0,3 + 0,05 = 0,85 \text{ хв.}$$

4.3. Час на виконання контролю оброблених поверхонь:

Вимірювання штангенциркулями:

- $\varnothing 3,7^{+0,3}; \varnothing 6^{+0,3} - t_{1B} = 0,08 \cdot 2 = 0,16$ хв;
- $\varnothing 17^{+0,018} - t_{2B} = 0,13$ хв.
- $36 \pm 0,2; 48 \pm 0,2; 49 \pm 0,2; 52 \pm 0,2; - t_{3B} = 0,12 \cdot 4 = 0,48$ хв.
- $92 \pm 0,2 - t_{4B} = 0,14$ хв.
- $105 \pm 0,3; 104 \pm 0,2; 128 \pm 0,5; 122 \pm 0,2; 154 \pm 0,2; 79 \pm 0,2; 82 \pm 0,2; -$
 $t_{5B} = 0,2 \cdot 7 = 1,4$ хв.

Вимірювання калібром на розміщення спеціальним $326 \pm 0,2$ [1]:

- $\varnothing 328 \pm 0,2 - t_{6B} = 2$ хв.

Вимірювання штангенглибиноміром [1]:

- $10 \pm 0,2; 8 \pm 0,1 - t_{7B} = 0,12 \cdot 2 = 0,24$ хв.

Вимірювання калібр-пробкою різьбовим (М4-7Н):

- М4-7Н – $t_{8B} = 0,31$ хв.

Вимірювання кутоміром універсальним

$$1 \times 45^\circ - t_{11B} = 0,08 \cdot 20 = 1,6 \text{ хв}$$

$$T_{\text{дов}} = \sum t_{\text{ив}} = 0,16 + 0,13 + 0,48 + 0,14 + 1,4 + 2,0 + 0,24 + 0,31 + 1,6 = 6,45 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{\text{довд}} = T_{\text{дов}} \cdot 0,3 = 6,45 \cdot 0,3 = 1,94 \text{ хв}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{\text{до}} = 0,35 + 0,82 + 1,94 = 3,11 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}, \quad (2.32)$$

$$T_{\text{оп.}} = 3,45 + 3,11 = 6,56 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.25):

$$T_{\text{шт}} = 6,56 \cdot \left(1 + \frac{14}{100}\right) = 7,48 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{ш}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.33)$$

де $n = 200$ шт, $T_{\text{пз}} = 60$ хв.

$$T_{\text{шк}} = 7,48 + \frac{60}{200} = 7,78 \text{ хв.}$$

005 Токарна з ЧПК операція

Основний час: $T_{005} = 1,11 + 0,66 = 1,77$ хв.

Штучний час [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_{\text{о}}, \quad (2.34)$$

$$T_{\text{шт.005}} = 2,14 \cdot 1,77 = 3,79 \text{ хв.}$$

015 Вертикально-свердлильна операція

Основний час: $T_{015} = 0,1$ хв.

Штучний час (2.34):

$$T_{\text{шт.015}} = 3,5 \cdot 0,1 = 0,35 \text{ хв.}$$

020 Різенарізна операція

Основний час: $T_{020} = 0,04$ хв.

Штучний час (2.34):

$$T_{\text{шт.020}} = 1,72 \cdot 0,04 = 0,07 \text{ хв.}$$

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

Таблиця 2.6 – Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			T _{оп} , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	п, шт	T _{шт.к.} , хв
		T _у .	T _{пер}	T _{вим}		T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Токарна з ЧПК	1,77	-	—	—	—	—	—	—	—	—	200	3,79
010 Програмна ЧПК	2,05	0,35	0,82	1,94	6,56	0,92			7,48	60		7,78
015 Вертикально-свердильна	0,1	-	—	—	—	—	—	—	—	—		0,35
020 Різенарізна	0,04	-	—	—	—	—	—	—	—	—		0,07

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для виконання програмної з ЧПК операції 010 на багатоцільовому верстаті з числовим програмним керуванням розроблено спеціалізоване технологічне пристосування для встановлення та закріплення деталі “Корпус” 947.248.144. Конструкція пристосування забезпечує вільний доступ різальних інструментів до оброблюваних поверхонь з верхньої сторони відносно заготовки, для забезпечення виконання технологічного процесу.

Для реалізації заданих технологічних операцій, передбачених маршрутом механічної обробки даної деталі, її установа в пристосуванні здійснюється за схемою базування по зовнішній циліндричній поверхні Ø73 мм з осьовим упором у торцеву поверхню товщиною 10 мм на базовий елемент поз. 18. Орієнтація деталі відносно пристосування забезпечується взаємодією ребер жорсткості та бобишок з відповідними пазами бази поз. 18, що гарантує необхідну точність позиціонування та стабільність закріплення під час оброблення.

Для забезпечення закріплення заготовки в пристосуванні деталь установають торцевою поверхнею на верхню базову площину елемента 18, при цьому її орієнтація здійснюється за допомогою центрального циліндричного виступу бази, який входить у відповідний отвір деталі, а також шляхом взаємодії конструктивних елементів деталі з пазами бази 18. Після встановлення заготовки через систему керування подається стиснене повітря у верхні порожнини пневмоциліндрів 6, що спричиняє переміщення поршнів 7 вниз.

У процесі руху поршні через осі 9 передають зусилля на важелі 4, які здійснюють поворот навколо осей 10. У результаті цього через пальці 12 та пружини 14 відбувається радіальне переміщення прихватів 17 у напрямку до заготовки. Одночасно поршні 7 через осі 16 забезпечують поворот прихватів 17

донизу, створюючи необхідне затискне зусилля та надійно фіксуючи деталь у робочому положенні для виконання операції механічного оброблення.

Після завершення технологічного циклу подача стисненого повітря у верхні порожнини пневмоциліндрів припиняється. Під дією пружин 8 поршні 7 повертаються у вихідне верхнє положення. При цьому здійснюється зворотний поворот прихватів 17 від деталі, а через систему важелів 4 вони одночасно відводяться від центра пристосування. Унаслідок цього оброблена деталь звільняється від затискних елементів і може бути безперешкодно вилучена з пристосування для подальших технологічних операцій або контролю.

Установлення та закріплення наступної заготовки здійснюється за аналогічною схемою відповідно до описаного робочого циклу.

Пристрій призначений для оброблення шістнадцяти отворів $\varnothing 3,7^{+0,3}$; $l=8\pm 0,1$; $82\pm 0,2$; $49\pm 0,2$; $48\pm 0,2$; $79\pm 0,2$; двох отворів $\varnothing 6^{+0,3}$; $36\pm 0,15$; отвору $\varnothing 17^{+0,018}$; чотирьох отворів М4-7Н; $l=10\pm 0,2$; $\varnothing 328\pm 0,2$.

Креслення розробленого затискного пристрою наведено у графічній частині роботи.

Похибка встановлення заготовки деталі “Корпус” 947.248.144 у пристрої визначається на основі рівняння, яка враховує сумарний вплив похибок базування, закріплення та виготовлення елементів оснащення [15]:

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

Необхідна точність установлення та фіксації заготовки в технологічному оснащенні досягається за умови, що сумарна похибка базування і закріплення не перевищує допустимого значення допуску на розмір, який формується під час виконання операції механічного оброблення [15]. Виконання цієї вимоги гарантує, що похибки позиціювання та затискання деталі не матимуть суттєвого впливу на точність обробки і не спричинять виходу фактичних розмірів обробленої поверхні за межі встановленого поля допуску. Таким чином забезпечується відповідність отриманих параметрів деталі вимогам конструкторської документації.

Тому вимога щодо забезпечення точності оброблення виконується за умови дотримання наступного співвідношення [15]:

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

На програмній з ЧПК операції 010 виконують оброблення різьбових отворів М4-7Н та свердління двох отворів діаметром $\varnothing 6^{+0,3}$ мм, шістнадцяти отворів $\varnothing 3,7^{+0,3}$. Основними показниками точності для цих поверхонь є забезпечення їх взаємного розташування, а також точності позиціонування відносно базових і конструктивних елементів деталі. Точність взаємного розміщення отворів визначається насамперед точністю координатного позиціонування робочих органів верстата з ЧПК. Водночас точність розташування оброблених поверхонь відносно конструктивних елементів деталі регламентується 14-м квалітетом точності, що відповідає допустимому відхиленню до $T=0,3$ мм.

З урахуванням прийнятої схеми базування та конструктивного виконання пристосування похибка базування Δ_6 визначається величиною максимального зазору між зовнішньою базовою поверхнею заготовки та відповідним базувальним отвором пристосування. Оскільки отвір базового елемента виготовляється з припасуванням до зовнішнього діаметра базувальної поверхні корпусу із гарантованим зазором у межах від 0,10 до 0,15 мм, максимальне можливе зміщення заготовки в радіальному напрямку буде дорівнювати величині цього зазору. Таким чином, похибка базування у поперечному напрямку приймається рівною: $\Delta_6 = 0,15$ мм.

Похибка закріплення заготовки $\Delta_3 = 100$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta_n = 80$ мкм.

Похибка встановлення заготовки деталі “Корпус” 947.248.144 у пристрої (3.1):

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0,15^2 + 0,1^2 + 0,08^2} = 0,197 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,197\text{мм} < 0,3\text{мм}$$

Отже, точність встановлення заготовки забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Для визначення необхідного зусилля затиску деталі “Корпус” 947.248.144 на операції 010 програмній з ЧПК розглядається розрахункова схема дії сил під при зенкеруванні отвору $\varnothing 17\text{мм}$ (рис. 3.1). При цьому режимі оброблення виникає найбільший крутний момент різання, який використано при розрахунку затискного механізму.

Заготовка встановлюється на опорну базову поверхню пристосування та фіксується за допомогою двох прихватів. Затискні сили $P_{\text{зат}}$, що прикладаються через прихвати, забезпечують надійне притискання заготовки до установочної площини пристосування, виключаючи її зміщення в осьовому напрямку та відрив від опорних елементів під час оброблення.

Під час зенкеруванні отвору на заготовку діє крутний момент різання $M_{\text{різ}}$, який прагне повернути деталь відносно осі базування. Для забезпечення нерухомого розміщення заготовки сила тертя, створена механізмом затиску, повинна зрівноважити дію цього моменту. Тому необхідну силу затиску визначають із умови рівноваги моментів, тобто за умови, що момент сил тертя перевищує або дорівнює моменту різання.

Тоді мінімально необхідна сила затиску деталі визначається відповідно до розрахункової схеми рис. 3.1 за таким рівнянням:

$$P_{\text{зат}1} \cdot f_1 \cdot R + P_{\text{зат}2} \cdot f_1 \cdot R + \frac{2P_{\text{зат}} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)} = K \cdot M_{\text{різ}} , \quad (3.3)$$

де $f_1=0,2$ – коефіцієнт тертя між поверхнею заготовки та поверхнями двох прихватів;

$R = 219$ мм – радіус контакту прихватів із заготовкою відносно центру деталі;
 $f_2 = 0,2$ – коефіцієнт тертя між поверхнею заготовки та поверхнею базової оправки;

$R_1 = 218$ мм – менший радіус контакту корпуса із базовою оправкою;

$R_2 = 221$ мм – більший радіус контакту корпуса із базовою оправкою;

Момент різання при зенкеруванні [14]:

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

де $D = 17$ мм – діаметр зенкера;

$S = 0,34$ мм/об – подача при зенкеруванні;

t – глибина різання, $t = 1,21$ мм;

$K_p = 1,0$ – для матеріалу заготовки сплав АК12 [14];

$C_m = 0,051$; $q = 0,85$; $y = 0,8$, $x = 1$ [14].

Підставляємо дані у рівняння (3.4):

$$M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,051 \cdot 17^{0,85} \cdot 1,21^1 \cdot 0,34^{0,8} \cdot 1 = 2,89 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу $K = 3,2$.

Оскільки $P_{\text{зат1}} = P_{\text{зат2}}$, одержуємо:

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

Підставляємо дані у рівняння (3.9):

$$P_{\text{зат}} = \frac{3,2 \cdot 2890}{2 \cdot 0,2 \cdot 219 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{221^3 - 218^3}{3(221^2 - 218^2)}} = 70,33 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$P_{\text{зат}} \leq W, \quad (3.6)$$

де W – сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок важільних механізмів.

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

$$W = \frac{F_1}{l_1 + l_2} \cdot l_1 \cdot \eta, \quad (3.7)$$

де параметри визначаються конструкцією пристрою (рис. 3.1):

$$l_1 = 48 \text{ мм};$$

$$l_2 = 60 \text{ мм};$$

$$\eta - \text{к.к.д. } \eta = 0,9.$$

F_1 – сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі.

Сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі [15]:

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

де $D_1=80$ мм діаметр циліндра;

$d_1=24$ мм діаметр штока.

Підставляємо дані у рівняння (3.8):

$$F_1 = 0,785 \cdot (0,08^2 - 0,024^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 1646 \text{ Н}.$$

Підставляємо дані у рівняння (3.7):

$$W = \frac{1646}{48 + 60} \cdot 48 \cdot 0,9 = 658 \text{ Н}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.6): $P_{\text{зат}} = 70,33 \text{ Н} < W = 658 \text{ Н}$. Отже, заготовка деталі “Корпус” 947.248.144 буде надійно закріплено на операції 010 програмній з ЧПК.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Техніка безпеки під час роботи на металорізальних верстатах

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», до виконання робіт на металорізальних верстатах допускаються особи, які досягли встановленого законодавством віку, пройшли попередній медичний огляд, професійне навчання, вступний та первинний інструктажі з питань охорони праці, перевірку знань з безпечних методів праці та отримали відповідне посвідчення на право виконання робіт.

До самостійної роботи на верстатному обладнанні допускаються працівники, які пройшли стажування або дублювання протягом 2–15 робочих змін під керівництвом майстра, бригадира чи кваліфікованого працівника. Працівник повинен виконувати лише ті роботи, які передбачені його виробничим завданням або нарядом-допуском, за винятком випадків ліквідації аварійних ситуацій та запобігання виникненню небезпеки для людей.

Під час роботи на верстатах забороняється перебування сторонніх осіб у межах небезпечної зони обладнання. Не допускається експлуатація технічно несправних верстатів, обладнання зі знятими або пошкодженими захисними огороженнями, несправними блокувальними пристроями, системами сигналізації та захисним заземленням.

Під час оброблення довгомірних заготовок, довжина яких перевищує розміри робочого стола верстата, необхідно застосовувати додаткові опорні пристрої, роликові столи або спеціальні підставки, які виключають провисання матеріалу та його неконтрольоване переміщення.

До роботи допускається лише справний технологічний інструмент, пристрої та оснащення. Верстати, робочі столи, стелажі, тумби та інше виробниче обладнання повинні бути міцними, стійкими та відповідати ергономічним вимогам.

Очищення, змащування, регулювання, технічне обслуговування та

ремонт обладнання дозволяється виконувати виключно після повного зупинення верстата, відключення його від джерела електроживлення та вжиття заходів, що унеможливають випадковий запуск.

Працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. Забороняється приступати до роботи у стані алкогольного, наркотичного або токсичного сп'яніння, а також у разі погіршення самопочуття чи значної втоми.

У процесі виконання технологічних операцій працівник повинен постійно контролювати власний фізичний стан. При появі ознак перевтоми, сонливості, запаморочення або болю необхідно негайно припинити роботу та повідомити безпосереднього керівника.

Працівники зобов'язані дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, вимог пожежної безпеки та не використовувати засоби пожежогасіння не за прямим призначенням.

Під час роботи на металорізальних верстатах на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать:

- рухомі машини, механізми та їхні частини;
- переміщення заготовок, деталей і матеріалів;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- несприятливі параметри мікроклімату;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- небезпечна напруга електричного струму;
- недостатня або надмірна освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світлового потоку;
- гострі крайки, задирки та шорсткості на поверхнях обладнання, інструменту та оброблюваних деталей.

До психофізіологічних факторів належать:

- статичні та динамічні фізичні навантаження;

- нервово-психічні перевантаження;
- монотонність праці;
- перенапруження органів чуття та підвищене емоційне навантаження.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи працівник зобов'язаний отримати від керівника виробничого підрозділу інструктаж щодо безпечних методів виконання робіт та особливостей технологічного процесу.

Необхідно одягнути та належним чином заправити спецодяг, переконавшись у відсутності звисаючих елементів, які можуть бути захоплені рухомими частинами верстата.

Перед запуском обладнання необхідно:

- оглянути робоче місце;
- переконатися у вільності проходів;
- перевірити стан підлоги, відсутність сторонніх предметів, мастильних матеріалів та нерівностей;
- перевірити справність дерев'яної решітки або гумового килимка;
- переконатися у достатності освітлення робочої зони.

Освітлювальні прилади повинні забезпечувати нормативний рівень освітленості без утворення сліпучої дії та різких тіней. Світловий потік рекомендується спрямовувати з лівого боку відносно робочого місця.

Видалення стружки допускається лише після повної зупинки верстата та відведення ріжучого інструмента від оброблюваної деталі. Для очищення обладнання необхідно застосовувати спеціальні гачки, щітки та скребки. Видаляти стружку руками забороняється.

Усі заготовки та деталі повинні бути надійно закріплені на столі верстата за допомогою лещат, кондукторів, пристроїв або спеціального оснащення, що виключає їх зміщення чи випадіння під час оброблення.

Для вилучення інструмента зі шпинделя необхідно застосовувати спеціальні вибивачі або молотки з матеріалів, які виключають утворення іскор

та відокремлення частинок при ударі.

Шпиндель свердлильного верстата після відпускання рукоятки подачі повинен автоматично повертатися у вихідне верхнє положення.

Під час експлуатації верстатного обладнання забороняється:

- використовувати свердла та патрони зі зношеними або деформованими хвостовиками;
- працювати в рукавицях поблизу обертового інструмента;
- утримувати заготовку руками під час механічного оброблення;
- виконувати вимірювання та регулювання під час обертання шпинделя;
- гальмувати рухомі частини руками або сторонніми предметами.

Клини, болти, гвинти та інші елементи кріплення інструмента не повинні виступати за межі периферії шпинделя, оскільки це може призвести до травмування працівника.

Установлення та зняття деталей необхідно виконувати лише після повної зупинки шпинделя та переведення ріжучого інструмента у вихідне положення.

Під час заміни інструмента на багатошпиндельних головках, коли руки працівника знаходяться в зоні можливого переміщення головки, необхідно застосовувати спеціальні підставки або фіксувальні пристрої, які унеможливають її падіння в разі обриву вантажопідіймального механізму або несправності приводу.

Дотримання зазначених вимог безпеки під час роботи на металорізальних верстатах дозволяє мінімізувати ризик виникнення виробничого травматизму, забезпечити безпечну експлуатацію обладнання та створити належні умови праці відповідно до вимог чинного законодавства України з охорони праці.

4.2 Обов'язки працівника за трудовим договором щодо охорони праці

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та Кодексу законів про працю України, кожний працівник зобов'язаний дбати про особисту

безпеку і здоров'я, а також про безпеку та здоров'я інших осіб у процесі виконання трудових обов'язків. Виконання вимог нормативно-правових актів з охорони праці є невід'ємною складовою трудової дисципліни та однією з основних умов безпечної трудової діяльності.

Працівник зобов'язаний:

- знати та виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, виробничих інструкцій, правил технічної експлуатації обладнання та безпечного виконання робіт;
- дотримуватися правил поведінки з машинами, механізмами, технологічним обладнанням, інструментом та іншими засобами виробництва;
- правильно використовувати засоби колективного та індивідуального захисту і застосовувати їх за призначенням;
- виконувати вимоги колективного договору, трудового договору та правил внутрішнього трудового розпорядку в частині забезпечення охорони праці;
- проходити у встановленому законодавством порядку навчання, інструктажі, стажування та перевірку знань з питань охорони праці;
- проходити попередні та періодичні медичні огляди відповідно до вимог законодавства;
- співпрацювати з роботодавцем у питаннях створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- негайно повідомляти безпосереднього керівника про будь-яку виробничу ситуацію, яка становить загрозу життю або здоров'ю працівників, а також про нещасні випадки чи аварійні ситуації.

Зміст зазначених обов'язків визначено статтею 14 Закону України «Про охорону праці» та статтею 159 Кодексу законів про працю України. Працівник несе персональну відповідальність за дотримання вимог охорони праці під час виконання своїх трудових обов'язків.

Порушення працівником вимог нормативно-правових актів з охорони праці, навіть якщо воно створює небезпеку лише для самого працівника, може

бути підставою для застосування заходів дисциплінарного впливу, передбачених трудовим законодавством, зокрема оголошення догани, позбавлення премії або притягнення до дисциплінарної відповідальності в іншій формі.

У разі неможливості працівника засвоїти вимоги безпеки праці або пройти перевірку знань з питань охорони праці роботодавець зобов'язаний організувати повторне навчання та повторну перевірку знань. Якщо після повторної перевірки працівник не може виконувати покладені на нього трудові функції за станом здоров'я або внаслідок недостатньої кваліфікації, трудовий договір може бути припинений відповідно до вимог чинного законодавства України за умови відсутності можливості переведення працівника на іншу роботу.

Одним із найважливіших обов'язків працівника є проходження медичних оглядів. Роботодавець за власний рахунок зобов'язаний організовувати проведення:

- попередніх медичних оглядів при прийнятті на роботу;
- періодичних медичних оглядів під час трудової діяльності;
- щорічних обов'язкових медичних оглядів осіб віком до 21 року.

Обов'язковим медичним оглядам підлягають працівники:

- зайняті на важких роботах;
- зайняті на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами праці;
- працівники, професії яких потребують професійного добору;
- працівники віком до 21 року;
- інші категорії працівників, визначені чинним законодавством

України.

Перелік професій та порядок проведення медичних оглядів встановлюються центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я та нормативно-правовими актами з охорони праці.

Роботодавець не має права допускати працівника до виконання трудових обов'язків у разі непроходження ним обов'язкового медичного огляду. Якщо

працівник без поважних причин ухиляється від проходження медичного огляду, він підлягає відстороненню від роботи без збереження заробітної плати. У випадку наявності об'єктивних причин непроходження медичного огляду відсторонення може здійснюватися зі збереженням середнього заробітку відповідно до вимог законодавства.

Ухилення працівника від проходження обов'язкового медичного огляду є порушенням трудової дисципліни та може бути підставою для притягнення його до дисциплінарної відповідальності, передбаченої Кодексом законів про працю України.

Таким чином, належне виконання працівником своїх обов'язків у сфері охорони праці є необхідною умовою забезпечення безпечного виробничого процесу, запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням, а також підвищення рівня виробничої безпеки на підприємстві.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Корпус” 947.248.144 є складовим конструктивним елементом світлодіодного світильника та призначена для забезпечення його функціонування в умовах підвищеної пожежо- та вибухонебезпеки. Корпус виконує функції розміщення та захисту внутрішніх елементів світильника від впливу зовнішніх експлуатаційних факторів, забезпечуючи необхідний рівень надійності та безпеки роботи освітлювального обладнання. Деталь виготовляється із сплаву АК12.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус” 947.248.144 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці: отримання заготовки здійснюється точними способами лиття - литтям під тиском із формуванням тонкостінних ребер жорсткості та зменшенням припусків механічного оброблення; токарні операції виконуються на токарному верстаті з ЧПК замість універсальних токарно-гвинторізних верстатів; оброблення отворів виконується на багатоцільовому верстаті з ЧПК, враховуючи габарити деталі, замість десяти універсальних вертикально-свердлильних та різенарізних верстатів; для свердління малих отворів із одночасним утворенням фасок використовуються комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

Зміни у базовому технологічному процесі дозволяють підвищити продуктивність праці та рівень автоматизації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” /

Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 53 с.

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

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

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

14. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

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

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