

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
кронштейна 945.244.707 промислового світильника

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

(шифр і назва спеціальності)

Дзюба Б.О.
(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 кронштейна 945.244.707 промислового світильника” студента групи МПс-41 Дзюби Б.О.
Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи - вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення кронштейна 945.244.707 для великосерійного типу виробництва.

У першій частині на основі якісних та кількісних показників проведено аналіз технологічності конструкції кронштейна 945.244.707 і встановлено, що деталь є технологічною. Розглянуто креслення і технічні вимоги до деталі. За результатами аналізу чинного технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707, який використовується на підприємстві, встановлено наявність характерних ознак, властивих дрібносерійному типу виробництва. Зокрема, більшість технологічних операцій виконується на універсальному металорізальному обладнанні загального призначення із застосуванням стандартного технологічного оснащення. При цьому рівень механізації та автоматизації виробничих процесів є недостатнім, а виконання окремих операцій значною мірою залежить від ручних дій оператора.

Враховуючи річну програму випуску 100000 шт., що відповідає великосерійному типу виробництва, у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, що сприяють підвищенню продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів.

У другій частині проведено порівняння способів виготовлення заготовок кронштейна. Використання способу одержання заготовки деталі «Кронштейн» 945.244.707 литтям під тиском забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж литтям у піщані форми утвореними за металевими моделями, тому для технологічного проектування процесу виготовлення кронштейна вибрано лиття 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 забезпечення одночасного оброблення отворів деталі «Кронштейн» 945.244.707 на агрегатній операції 020 спроектовано спеціальне оснащення.

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 Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо зниження рівня шуму на ділянці виготовлення деталі.....	
4.2 Відшкодування підприємствам і громадянам збитків, завданих порушенням вимог охорони праці.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі внесено зміни у базовий технологічний процес механічного оброблення кронштейна 945.244.707 для великосерійного типу виробництва. Деталь «Кронштейн» 945.244.707 є складовим елементом конструкції промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення виробничих, складських та допоміжних приміщень. Основним функціональним призначенням деталі «Кронштейн» 945.244.707 є забезпечення точного взаємного розташування та надійної фіксації світильника на несучих трубних елементах конструкцій. Деталь виготовляється із сплаву АК12. Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає вееликосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці: для виготовлення заготовки доцільно використовувати високоточні способи ливарного формоутворення, зокрема лиття під тиском, яке забезпечує отримання заготовок із підвищеною розмірною точністю, низькою шорсткістю поверхонь, можливістю формування тонкостінних конструктивних елементів та зменшення припусків на подальше механічне оброблення; операції розточування центрального отвору, оброблення фасок і підрізання торцевих поверхонь рекомендується виконувати на горизонтальному багатошпиндельному токарному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням, а також на токарно-револьверному верстаті, що забезпечують концентрацію технологічних переходів; операції свердління отворів і нарізання внутрішніх різьб доцільно реалізовувати на агрегатному верстаті, оснащеному багатошпиндельними свердлильними та різьбонарізними головками, що дозволяє здійснювати одночасну обробку кількох отворів; для виконання операцій свердління отворів малого діаметра з одночасним формуванням фасок доцільно застосовувати комбіновані різальні інструменти зі швидкорізальної сталі, які поєднують функції свердління та зенкування, що сприяє скороченню кількості технологічних переходів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь «Кронштейн» 945.244.707 є складовим елементом конструкції промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення виробничих, складських та допоміжних приміщень. Такі світильники широко застосовуються в умовах промислових підприємств, зокрема в машинних залах електростанцій, підземних технічних приміщеннях, транспортних тунелях, галереях конвеєрних систем і водопровідних мереж, а також на підприємствах коксохімічної, цементної та цегельної промисловості. Експлуатація виробу передбачена в умовах підвищеної запиленості, вологості та впливу виробничих факторів.

Основним функціональним призначенням деталі «Кронштейн» 945.244.707 є забезпечення точного взаємного розташування та надійної фіксації світильника на несучих трубних елементах конструкцій. Деталь виконує роль базового кріпильного компонента, що забезпечує необхідну жорсткість з'єднання, стабільність геометричного положення світильника та збереження його взаємної орієнтації під час монтажу й експлуатації. Крім того, кронштейн забезпечує сприйняття та передавання механічних навантажень між елементами конструкції без порушення їх функціональних характеристик.

До основних поверхонь кронштейна, що підлягають механічному обробленню і забезпечують з'єднання елементів промислового світильника належать: центральний отвір $\varnothing 54H9(^{+0,074})$; Ra 2,5, який призначений для точного встановлення несучого елемента конструкції; торці $102h14(-_{0,87})$; Ra12,5 призначені для осьового базування та точного прилягання спряжених деталей, зокрема корпуса та сальника.; два отвори з різьбою M8-7H; $47\pm 0,1$ Ra6,3 служать для встановлення та надійного закріплення фіксувальних гвинтів, які забезпечують нерухомість світильника відносно несучого елемента конструкції, вісім отворів з різьбою M4-7H; $49\pm 0,1$; $43\pm 0,1$; $91\pm 0,1$; $62\pm 0,1$ Ra6,3 – для

кріплення гвинтами кронштейна до корпусу із ущільнювальними елементами; кільцева канавка $\varnothing 57H14(^{+0,74})$, 8, Ra 12,5 призначена для монтажу ущільнювальної манжети. Наявність канавки забезпечує правильне розташування ущільнювального елемента, запобігає його зміщенню під час роботи та сприяє підвищенню герметичності вузла. Фаски виконують допоміжну технологічну функцію. Їх наявність полегшує складання виробу, спрощує встановлення спряжених деталей, знижує ризик пошкодження ущільнювальних елементів і кріпильних деталей під час складання світильника.

Інші поверхні, зокрема чотири бобишки, зовнішні циліндричні та плоскі поверхні не підлягають механічному обробленню, визначають конфігурацію кронштейна.

Деталь «Кронштейн» 945.244.707 згідно з вимогами конструкторської документації та робочого креслення виготовляється з ливарного алюмінієвого сплаву АК12, який належить до системи Al–Si (алюміній–кремній) та входить до групи силумінів. Серед зарубіжних аналогів даного матеріалу найбільш поширеними є сплави EN AC-44200 (AlSi12(a)) відповідно до європейських стандартів та A14130 за американською класифікацією. Зазначені сплави широко використовуються для виробництва деталей складної форми, які виготовляються методами лиття у металеві форми або під тиском.

Високий вміст кремнію у складі сплаву АК12 забезпечує йому відмінні ливарні характеристики, зокрема підвищену рідкотекучість, малу усадку та здатність якісно заповнювати порожнини ливарної форми. Завдяки цьому забезпечується отримання заготовок зі складною геометрією, тонкостінними елементами та мінімальними відхиленнями від заданих розмірів. Крім того, сплав характеризується низькою схильністю до утворення ливарних дефектів, що позитивно впливає на якість заготовки та зменшує обсяг подальших операцій механічної обробки.

Важливою перевагою сплаву АК12 є його достатня корозійна стійкість, яка забезпечується утворенням на поверхні виробу щільної оксидної плівки. Така плівка виконує захисну функцію та перешкоджає розвитку корозійних процесів

під впливом атмосферної вологи, промислових викидів та інших агресивних факторів навколишнього середовища. Це особливо важливо для деталей світлотехнічного обладнання, що експлуатуються в умовах виробничих приміщень із підвищеною вологістю та запиленістю.

Додатковою перевагою алюмінієвого сплаву АК12 є його невелика густина, яка майже втричі менша порівняно з конструкційними сталями. Використання такого матеріалу дозволяє суттєво знизити масу кронштейна та всієї конструкції світильника, що полегшує монтажні роботи, транспортування виробу та зменшує навантаження на елементи кріплення.

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

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

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

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

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

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для розроблення раціонального та технологічно обґрунтованого процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707 на початковому етапі виконано детальний аналіз вимог робочого креслення, технічної документації та показників якості поверхонь, які підлягають механічній обробці.

Зазначений аналіз є необхідною умовою для обґрунтованого вибору методів формоутворення поверхонь, визначення структури та послідовності технологічного маршруту, вибору технологічних баз, а також забезпечення встановлених вимог щодо точності розмірів, шорсткості та взаємного розташування поверхонь.

На основі результатів проведеного аналізу поверхні деталі, що підлягають механічному обробленню, було ідентифіковано, пронумеровано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги до поверхонь деталі «Кронштейн» 945.244.707

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1, 2	Два отвори з різьбою М8-7Н, l=10	12	Ra6,3
3, 4, 5, 6	Чотири фаски 1×45°	14	Ra12,5
7	Отвір центральний $\varnothing 54H9^{(+0,074)}$	9	Ra2,5
8, 9, 10, 11	Чотири отвори з різьбою М4-7Н, l=16	12	Ra6,3
12, 14	Дві фаски 1,5×45°	14	Ra12,5
15	Торець 102h14 _(-0,87)	14	Ra12,5
16, 17, 18, 19	Чотири отвори $\varnothing 3,3^{+0,14}$; 49±0,1; 43±0,1; l=24 під різьбу М4-7Н	12	Ra6,3
20	Торець 102h14 _(-0,87)	14	Ra12,5
21, 22, 23, 24	Чотири отвори $\varnothing 3,3^{+0,14}$; 91±0,1; 62±0,1; l=10 під різьбу М4-7Н	12	Ra6,3
25, 26	Два отвори $\varnothing 6,8^{+0,26}$; 47±0,1; l=10 під різьбу М8-7Н	12	Ra6,3
27, 28, 29, 30	Чотири отвори з різьбою М4-7Н, l=7	12	Ra6,3
31	Кільцева канавка на отворі $\varnothing 57H14^{(+0,74)}$, 8	14	Ra 12,5
32, 33, 34, 35	Чотири фаски 1×45°	14	Ra12,5
36, 37	Дві фаски 1,5×45°	14	Ra12,5

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Під час оцінювання технологічності деталі «Кронштейн» 945.244.707 враховано річну програму випуску, що становить 100000 шт. Відповідно до прийнятої класифікації такий обсяг виробництва належить до великосерійного типу, для якого характерним є застосування високопродуктивних методів виготовлення заготовок і спеціалізованого технологічного оснащення. За цих умов економічно та технічно доцільним є використання спеціальних пристроїв із механізованими затискними механізмами, що забезпечують надійне базування і закріплення заготовки та зменшення витрат допоміжного часу.

У ході технологічного аналізу проведено детальне опрацювання вимог конструкторської документації щодо точності розмірів, геометричної форми, взаємного розташування поверхонь і показників їх якості. Аналіз зазначених параметрів дозволив обґрунтувати вибір раціональних способів механічного оброблення, визначити необхідний рівень технологічного оснащення та забезпечити виконання встановлених експлуатаційних вимог до деталі.

Матеріалом деталі є ливарний алюмінієвий сплав АК12 згідно з ДСТУ 2839-94, який належить до групи силумінів та характеризується високими ливарними властивостями, достатньою міцністю, корозійною стійкістю і невеликою густиною. Дотримання регламентованих параметрів ливарного процесу дає змогу отримати заготовки з необхідними показниками якості, що є важливими експлуатаційними характеристиками деталі.

З точки зору технологічності механічної обробки конструкція кронштейна відповідає вимогам сучасного виробництва, оскільки забезпечує вільний доступ різальних та вимірювальних інструментів до оброблюваних поверхонь, допускає правильне базування заготовки та її закріплення в технологічних пристосуваннях. Це створює умови для ефективного виконання операцій чорнового, напівчистового та чистового оброблення, забезпечуючи досягнення заданих показників точності та якості поверхонь у межах розробленого технологічного процесу.

Для забезпечення принципу суміщення баз та необхідної точності оброблення поверхонь кронштейна на перших операціях доцільно провести підрізання торців 15 та 20 та чистового розточування центрального отвору 7, що будуть серед основних технологічних баз на наступних операціях.

З метою забезпечення точності торців, отворів, різьбових поверхонь доцільно застосовувати стандартні різальні інструменти: різці, фрези, свердла, зенкери, мітчики тощо. Для формування кільцевої канавки в отворі необхідне застосування спеціального канавочного різця. Як основне технологічне обладнання можливе використання токарно-револьверного верстата, токарного напівавтомата, фрезерного та агрегатного верстатів, використовуючи принцип концентрації операцій.

Отже, за сукупністю якісних характеристик деталей «Кронштейн» 945.244.707 є технологічно в умовах великосерійного типу виробництва.

Також проведено кількісну оцінку технологічності конструкції деталі на основі таких показників: коефіцієнта точності, коефіцієнта шорсткості та коефіцієнта уніфікації. Розрахунки виконано із використанням даних табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{15 \cdot 15 + 12 \cdot 10 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 10}{36} = 11,8;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{11,8} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь «Кронштейн» 945.244.707 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 20 + 3 \cdot 15}{36} = 3,61,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,61} = 0,28.$$

При $K_{ш}=0,28 > 0,16$ деталь «Кронштейн» 945.244.707 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{30}{36} = 0,83.$$

При $K_{y.e.}=0,83 > 0,6$ деталь «Кронштейн» 945.244.707 є технологічною.

Таким чином, за кількісними показниками деталь «Кронштейн» 945.244.707 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

У таблиці 1.4 наведено перелік основного технологічного обладнання, що застосовується для виконання операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707.

За результатами аналізу чинного технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707, який використовується на підприємстві, встановлено наявність характерних ознак, властивих дрібносерійному типу виробництва. Зокрема, більшість технологічних операцій виконується на універсальному металорізальному обладнанні загального призначення із застосуванням стандартного технологічного оснащення. При цьому рівень механізації та автоматизації виробничих процесів є недостатнім, а виконання окремих операцій значною мірою залежить від ручних дій оператора.

Застосування універсальних верстатів забезпечує гнучкість виробництва та можливість виготовлення широкої номенклатури деталей, однак за умов річної програми випуску 100000 шт. такий підхід не дозволяє повною мірою реалізувати резерви підвищення продуктивності праці, скорочення тривалості виробничого циклу.

Таблиця 1.4 – Технологічне обладнання операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6P10	Пристрій спеціальний з ручним затиском
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон трьохкулачковий Кулачки спеціальні.
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон трьохкулачковий Кулачки спеціальні.
020, 025, 030 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Кондуктори поворотні та пересувні з ручним приводом затиску
035, 040, 045 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Підставки поворотні та пересувні з ручним приводом затиску
050, 055, 060 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Підставки поворотні та пересувні з ручним приводом затиску

Для базування та закріплення заготовок у робочій зоні металорізального обладнання використовуються універсальні та спеціалізовані технологічні пристрої, оснащені затискними механізмами з ручним приводом. Застосування такого способу закріплення призводить до збільшення тривалості допоміжних переходів і, відповідно, підвищення частки допоміжного часу в загальній структурі операційного циклу. Для виконання операцій свердління, зенкування фасок та нарізання внутрішніх різьб застосовуються спеціальні пересувні та поворотні кондуктори, а також підставки.

Механічна обробка поверхонь деталі здійснюється із використанням стандартних універсальних різальних інструментів. Для виконання відповідних технологічних переходів застосовуються токарні різці, свердла, зенкери, мітчики, торцеві фрези.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині здійснено аналіз технічних вимог та показників якості оброблюваних поверхонь деталі «Кронштейн» 945.244.707 як складового елемента конструкції промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення виробничих, складських та допоміжних приміщень. За сукупністю якісних та кількісних характеристик деталей «Кронштейн» 945.244.707 є технологічно в умовах великосерійного типу виробництва.

Матеріалом деталі є ливарний алюмінієвий сплав АК12 згідно з ДСТУ 2839-94, який належить до групи силумінів та характеризується високими ливарними властивостями, достатньою міцністю, корозійною стійкістю і невеликою густиною.

Для забезпечення принципу суміщення баз та необхідної точності оброблення поверхонь кронштейна на перших операціях доцільно провести підрізання торців 15 та 20 та чистового розточування центрального отвору 7, що будуть серед основних технологічних баз на наступних операціях.

З метою забезпечення точності торців, отворів, різьбових поверхонь доцільно застосовувати стандартні різальні інструменти: різці, фрези, свердла, зенкери, мітчики тощо. Для формування кільцевої канавки в отворі необхідне застосування спеціального канавочного різця. Як основне технологічне обладнання можливе використання токарно-револьверного верстата, токарного напівавтомата, фрезерного та агрегатного верстатів, використовуючи принцип концентрації операцій.

За результатами аналізу чинного технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707, який використовується на підприємстві, встановлено наявність характерних ознак, властивих дрібносерійному типу виробництва. Зокрема, більшість технологічних операцій виконується на універсальному металорізальному обладнанні загального призначення із застосуванням стандартного технологічного оснащення. При цьому рівень

механізації та автоматизації виробничих процесів є недостатнім, а виконання окремих операцій значною мірою залежить від ручних дій оператора.

Річна програма випуску, що становить 100000 шт. відповідно до завдання, характеризує великосерійний тип виробництва. У зв'язку з цим під час розроблення проектного технологічного процесу доцільно передбачити такі удосконалення:

- для виготовлення заготовки доцільно використовувати високоточні способи ливарного формоутворення, зокрема лиття під тиском, яке забезпечує отримання заготовок із підвищеною розмірною точністю, низькою шорсткістю поверхонь, можливістю формування тонкостінних конструктивних елементів та зменшення припусків на подальше механічне оброблення;

- операції розточування центрального отвору, оброблення фасок і підрізання торцевих поверхонь рекомендується виконувати на горизонтальному багатошпиндельному токарному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням, а також на токарно-револьверному верстаті, що забезпечують концентрацію технологічних переходів;

- операції свердління отворів і нарізання внутрішніх різьб доцільно реалізовувати на агрегатному верстаті, оснащеному багатошпиндельними свердлильними та різьбонарізними головками, що дозволяє здійснювати одночасну обробку кількох отворів;

- для виконання операцій свердління отворів малого діаметра з одночасним формуванням фасок доцільно застосовувати комбіновані різальні інструменти зі швидкорізальної сталі, які поєднують функції свердління та зенкування, що сприяє скороченню кількості технологічних переходів.

Запропоновані зміни базового технологічного процесу сприятимуть підвищенню продуктивності та рівня автоматизації виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707 в умовах великосерійного виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва для виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707 визначено відповідно до річної програми випуску, яка становить 100000 шт., та маси готової деталі $m = 0,44$ кг. За табличним методом задані параметри відповідають великосерійному типу виробництва.

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

Перелік операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707 наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707

Операція	$T_{шт},$ хв.	Операція	$T_{шт},$ хв.
005 Вертикально-фрезерна	0,43	035 Вертикально-свердлильна	0,2
010 Токарно- гвинторізна	1,55	040 Вертикально-свердлильна	0,4
015 Токарно- гвинторізна	0,3	045 Вертикально-свердлильна	0,4
020 Вертикально-свердлильна	0,33	050 Різенарізна	0,35
025 Вертикально-свердлильна	0,52	055 Різенарізна	0,55
030 Вертикально-свердлильна	0,43	060 Різенарізна	0,47

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;

$$\eta_{зн.} = 0,75.$$

$$m_{p005} = \frac{100000 \cdot 0,43}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,24. \quad P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{100000 \cdot 1,55}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,87. \quad P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{100000 \cdot 0,3}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,17. P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{100000 \cdot 0,33}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,18. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{100000 \cdot 0,52}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,29. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{100000 \cdot 0,43}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,24. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p035} = \frac{100000 \cdot 0,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,11. P_{035} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p040} = \frac{100000 \cdot 0,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,22. P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p045} = \frac{100000 \cdot 0,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,22. P_{045} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p050} = \frac{100000 \cdot 0,35}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,2. P_{050} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p055} = \frac{100000 \cdot 0,55}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,31. P_{055} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p060} = \frac{100000 \cdot 0,47}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,26. P_{060} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

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

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,24}{2} = 0,12.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,87}{1} = 0,87.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,17}{1} = 0,17.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,18}{1} = 0,18.$$

$$\eta_{3.ф.025} = \frac{0,29}{1} = 0,29.$$

$$\eta_{3.ф.030} = \frac{0,24}{1} = 0,24.$$

$$\eta_{3.ф.035} = \frac{0,11}{1} = 0,11.$$

$$\eta_{3.ф.040} = \frac{0,22}{1} = 0,22.$$

$$\eta_{3.ф.045} = \frac{0,22}{1} = 0,22.$$

$$\eta_{3.ф.050} = \frac{0,2}{1} = 0,2.$$

$$\eta_{3.ф.055} = \frac{0,31}{1} = 0,31.$$

$$\eta_{3.ф.060} = \frac{0,26}{1} = 0,26.$$

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

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

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,24} = 3,12. \quad O_{005} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,87} = 0,87. \quad O_{010} = 1 \text{ операція.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,17} = 4,48. \quad O_{015} = 5 \text{ операцій.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,18} = 4,07. \quad O_{020} = 5 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,29} = 2,58. \quad O_{025} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,24} = 3,12. \quad O_{030} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,11} = 6,72. O_{035} = 7 \text{ операцій.}$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,22} = 3,36. O_{040} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,22} = 3,36. O_{045} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{050} = \frac{0,75}{0,2} = 3,84. O_{050} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{055} = \frac{0,75}{0,31} = 2,44. O_{055} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{060} = \frac{0,75}{0,26} = 2,86. O_{060} = 3 \text{ операції.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{47}{12} = 3,92.$$

Для $K_{з.о.} = 3,92$ тип виробництва великосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

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

$$t_{\text{в}} = \frac{60 \cdot 3979}{100000} = 2,39 \text{ хв.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі «Кронштейн» 945.244.707 сплав АК 12. Високий вміст кремнію у складі сплаву АК12 забезпечує йому відмінні ливарні характеристики, зокрема підвищену рідкотекучість, малу усадку та здатність якісно заповнювати порожнини ливарної форми. Завдяки цьому забезпечується отримання заготовок зі складною геометрією, тонкостінними елементами та

мінімальними відхиленнями від заданих розмірів, тому для виготовлення заготовки кронштейна доцільно використовувати різні методи литва.

У межах виконання кваліфікаційної роботи вибір раціонального способу отримання заготовки для деталі «Кронштейн» 945.244.707 здійснено на основі порівняння двох альтернативних варіантів. Основним критерієм оцінювання прийнято коефіцієнт використання матеріалу.

До альтернативних варіантів отримання заготовки включено такі методи виготовлення:

1. Лиття у піщані форми утвореними за металевими моделями;
2. Лиття під тиском.

Для першого варіанту забезпечується 11-й клас точності розмірів і 3-й ряд припусків. Для другого варіанту забезпечується 7-й клас точності розмірів та 1-й ряд припусків.

На наступному етапі виконано проектування заготовок для обох розглянутих способів їх виготовлення з визначенням припусків на механічне оброблення для всіх поверхонь, що підлягають подальшому формоутворенню різанням.

Оскільки заготовка деталі «Кронштейн» 945.244.707 характеризується складною просторовою конфігурацією, її масу визначали розрахунковим методом. Для цього до маси готової деталі, яка становить 0,44 кг, додавали масу матеріалу, що припадає на припуски для механічного оброблення окремих поверхонь.

Вибрані величини припусків для деталі «Кронштейн» 945.244.707 представлено у табл. 2.2.

Ескізи запропонованих варіантів заготовок зображено на рис. 2.1 (лиття у піщані форми утвореними за металевими моделями) та на рис. 2.2 (лиття під тиском).

Таблиця 2.2 – Припуски механічного оброблення деталі «Кронштейн»
945.244.707

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) Лиття у піщані форми утвореними за металевими моделями				
Отвір центральний $\varnothing 54H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	3,0	$4,0 \times 2 = 8,0$	$\varnothing 46 \pm 1,5$
Торець 102h14 $(-0,87)$	Ra12,5	4,0	$4,0 \times 2 = 8,0$	$110 \pm 2,0$
Зовнішній контур 102	Rz50	4,0	–	$102 \pm 2,0$
Зовнішній контур 73	Rz50	4,0	-	$73 \pm 2,0$
Площина 16	Rz50	2,4	-	$16 \pm 1,2$
2) Лиття під тиском				
Отвір центральний $\varnothing 54H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	0,8	$1,5 \times 2 = 3,0$	$\varnothing 51 \pm 0,4$
Торець 102h14 $(-0,87)$	Ra12,5	1,0	$1,2 \times 2 = 2,4$	$104,4 \pm 0,5$
Зовнішній контур 102	Rz50	1,0	-	$102 \pm 0,5$
Зовнішній контур 73	Rz50	1,0	-	$73 \pm 0,5$
Площина 16	Rz50	0,6	-	$16 \pm 0,3$

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.

Отже, об'єми припусків окремих елементів заготовки, одержаної лиття у піщані форми утвореними за металевими моделями:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (59^2 - 46^2) \cdot 4}{4} = 4288 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (54^2 - 46^2) \cdot 100}{4} = 62\,831 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 4^2 \cdot 24}{4} = 1206 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{4\pi \cdot 4^2 \cdot 10}{4} = 503 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{4\pi \cdot 8^2 \cdot 10}{4} = 2011 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 102 \cdot 73 \cdot 4 - 97 \cdot 68 \cdot 4 = 3400 \text{ мм}^3;$$

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

$$V_{\text{пр}} = 4288 + 62831 + 1206 + 503 + 2011 + 3400 = 74\,239 \text{ мм}^3 = 74,2 \text{ см}^3.$$

Для заготовки одержаної литтям під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (59^2 - 51^2) \cdot 1,2}{4} = 829 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (54^2 - 51^2) \cdot 100}{4} = 24\,740 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 4^2 \cdot 24}{4} = 1206 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{4\pi \cdot 4^2 \cdot 10}{4} = 503 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{4\pi \cdot 8^2 \cdot 10}{4} = 2011 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 102 \cdot 73 \cdot 1,2 - 97 \cdot 68 \cdot 1,2 = 1\,020 \text{ мм}^3;$$

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

$$V_{\text{пр}} = 829 + 24740 + 1206 + 503 + 2011 + 1020 = 30\,309 \text{ мм}^3 = 30,3 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припусків:

– лиття у піщані форми утвореними за металевими моделями:

$$m_{\text{пр1}} = 74,2 \cdot 2,6 = 193 \text{ г} = 0,193 \text{ кг.}$$

– для лиття під тиском:

$$m_{\text{пр2}} = 30,3 \cdot 2,6 = 79 \text{ г} \approx 0,079 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу заготовок:

– лиття у піщані форми утвореними за металевими моделями:

$$Q_1 = 0,44 + 0,193 = 0,633 \text{ кг.}$$

– лиття під тиском:

$$Q_2 = 0,44 + 0,079 = 0,519 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

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

– лиття у піщані форми утвореними за металевими моделями:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,44}{0,633} = 0,70;$$

– лиття під тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,44}{0,519} = 0,85.$$

Отже, використання способу одержання заготовки деталі «Кронштейн» 945.244.707 литтям під тиском забезпечує вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж литтям у піщані форми утвореними за металевими моделями, тому для технологічного проектування процесу виготовлення кронштейна вибрано лиття під тиском.

2.3. Вибір технологічних баз

Для забезпечення точності технологічного процесу механічного оброблення деталі «Кронштейн» 945.244.707 використано чорнові та чистові

базові поверхні. Для забезпечення принципу суміщення баз та необхідної точності оброблення поверхонь кронштейна на перших операціях доцільно провести підрізання торців 15 та 20 та чистового розточування центрального отвору 7, що будуть серед основних технологічних баз на наступних операціях.

Схеми базування деталі «Кронштейн» 945.244.707 відображено у таблиці 2.3.

На першій операції використано як базу торець і зовнішню циліндричну поверхню з орієнтацією за виступом.

На другій операції використано як базу торець і центральний отвір.

На третій операції використано як базу торець і зовнішню циліндричну поверхню у патроні.

На четвертій операції використано як базу торець і центральний отвір з орієнтацією за виступом.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

У ході технологічного проектування процесу механічної обробки деталі «Кронштейн» 945.244.707 було розглянуто та проаналізовано два альтернативні варіанти досягнення встановлених вимог щодо точності оброблюваних поверхонь. За результатами комплексного порівняльного аналізу техніко-економічних показників і узгодження прийнятих технологічних рішень розроблено раціональний маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі. Сформований процес орієнтований на умови великосерійного виробництва та передбачає застосування високопродуктивного металорізального обладнання, зокрема токарно-револьверного верстата, токарного горизонтального напівавтомата та агрегатного напівавтомата, що забезпечує підвищення продуктивності оброблення.

Способи механічного оброблення поверхонь деталі «Кронштейн» 945.244.707 для досягнення заданих параметрів точності представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрути оброблення поверхонь деталі «Кронштейн»
945.244.707

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1, 2	Два отвори з різьбою М8-7Н, l=10	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
3, 4, 5, 6	Чотири фаски 1×45°	14	Ra12,5	Зенкування	Формування під час свердління комбінованим інструментом
7	Отвір центральний Ø54H9(^{+0,074})	9	Ra2,5	Напівчистове розточування Чистове розточування	—
8, 9, 10, 11	Чотири отвори з різьбою М4-7Н, l=16	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
12, 14	Дві фаски 1,5×45°	14	Ra12,5	Розточування	Зенкування
15	Торець 102h14(_{-0,87})	14	Ra12,5	Напівчистове підрізання торця із застосуванням поперечної подачі	Фрезерування торцевою фрезою чорнове
16, 17, 18, 19	Чотири отвори Ø3,3 ^{+0,14} ; 49±0,1; 43±0,1; l=24 під різьбу М4-7Н	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
20	Торець 102h14(_{-0,87})	14	Ra12,5	Напівчистове підрізання торця із застосуванням поперечної подачі	—
21, 22, 23, 24	Чотири отвори Ø3,3 ^{+0,14} ; 91±0,1; 62±0,1; l=10 під різьбу М4-7Н	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
25, 26	Два отвори $\varnothing 6,8^{+0,26}_0$; $47 \pm 0,1$; $l=10$ під різьбу M8-7H	12	Ra6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
27, 28, 29, 30	Чотири отвори з різьбою M4-7H, $l=7$	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	—
31	Кільцева канавка на отворі $\varnothing 57H14(^{+0,74}_0)$, 8	14	Ra 12,5	Розточування	Фрезерування дисковою фрезою
32, 33, 34, 35	Чотири фаски $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,5	Зенкування	Формування під час свердління комбінованим інструментом
36, 37	Дві фаски $1,5 \times 45^\circ$	14	Ra12,5	Зенкування	Формування під час свердління комбінованим інструментом

Для умов великосерійного типу виробництва на підставі результатів синтезу технологічних рішень і порівняльного аналізу альтернативних варіантів формоутворення поверхонь розроблено раціональний маршрут механічної обробки деталі. У проєктному варіанті технологічного процесу передбачено: операції розточування центрального отвору, оброблення фасок і підрізання торцевих поверхонь виконувати на горизонтальному багатошпиндельному токарному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням, а також на токарно-револьверному верстаті, що забезпечують концентрацію технологічних переходів; операції свердління отворів і нарізання внутрішніх різьб виконувати на агрегатному верстаті, оснащеному багатошпиндельними свердлильними та різьбонарізними головками, що дозволяє здійснювати одночасну обробку кількох отворів; для виконання операцій свердління отворів малого діаметра з одночасним формуванням фасок застосовувати комбіновані різальні інструменти зі швидкорізальної сталі, які поєднують функції свердління та

зенкування, що сприяє скороченню кількості технологічних переходів.

005 Вертикально-фрезерна

Перехід 2. Фрезерування остаточне плоскої поверхні 15 у розмір $103,2_{-0,87}$.

010 Токарно-револьверна

Перехід 2. Підрізання остаточне торця 20 у розмір $102_{-0,87}$, розточування фаски 12 у розмір $2,0 \times 45^\circ$ з револьверної головки одночасне.

015 Токарна напівавтоматна

Позиція II. Розточування попереднє центрального отвору 7 з поздовжнього супорта, у розмір $\varnothing 53,62^{+0,19}$, розточування фаски 14 в розмір $1,5 \times 45^\circ$ одночасне.

Позиція III. Розточування остаточне канавки 31 з поздовжнього супорта у розмір $\varnothing 57^{+0,74}$, $l = 8$.

Позиція IV. Розточування остаточне отвору 7 з поздовжнього супорта у розмір $\varnothing 54^{+0,074}$.

020 Агрегатна

Позиція II. Свердління чотирьох отворів 21, 22, 23, 24 та формування чотирьох фасок 32, 33, 34, 35 у розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$; $1 \times 45^\circ$, $91 \pm 0,1$, $62 \pm 0,1$ одночасне з силової головки IIa; свердління двох отворів 25, 26 та формування двох фасок 36, 37, у розміри $\varnothing 6,8^{+0,26}$; $1,5 \times 45^\circ$, $47 \pm 0,1$ одночасне з силової головки IIб.

Позиція III. Свердління чотирьох отворів 16, 17, 18, 19 та формування чотирьох фасок 3, 4, 5, 6 у розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$; $1 \times 45^\circ$, $49 \pm 0,1$, $43 \pm 0,1$ одночасне з силової головки IIIa.

Позиція IV. Нарізання різьби 27, 28, 29, 30 в чотирьох отворах у розміри M4-7H одночасне з силової головки IVa; нарізання різьби 1, 2 в двох отворах у розміри M8-7H одночасне з силової головки IVб.

Позиція V. Нарізання різьби 8, 9, 10, 11 в чотирьох отворах у розміри M4-7H одночасне з силової головки Va.

025 Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Розрахунок і вибір припусків механічного оброблення деталі «Кронштейн» 945.244.707 у проектному технологічному процесі проведено табличним та розрахунковим методами. Результати представлено у таблиці 2.5.

Також результати розрахунку припусків оброблення отвору $\varnothing 54H9(^{+0,074})$, Ra 2,5 на 015 токарній напівавтоматній операції в патроні спеціальному з гідрозатиском представлено на рис. 2.3.

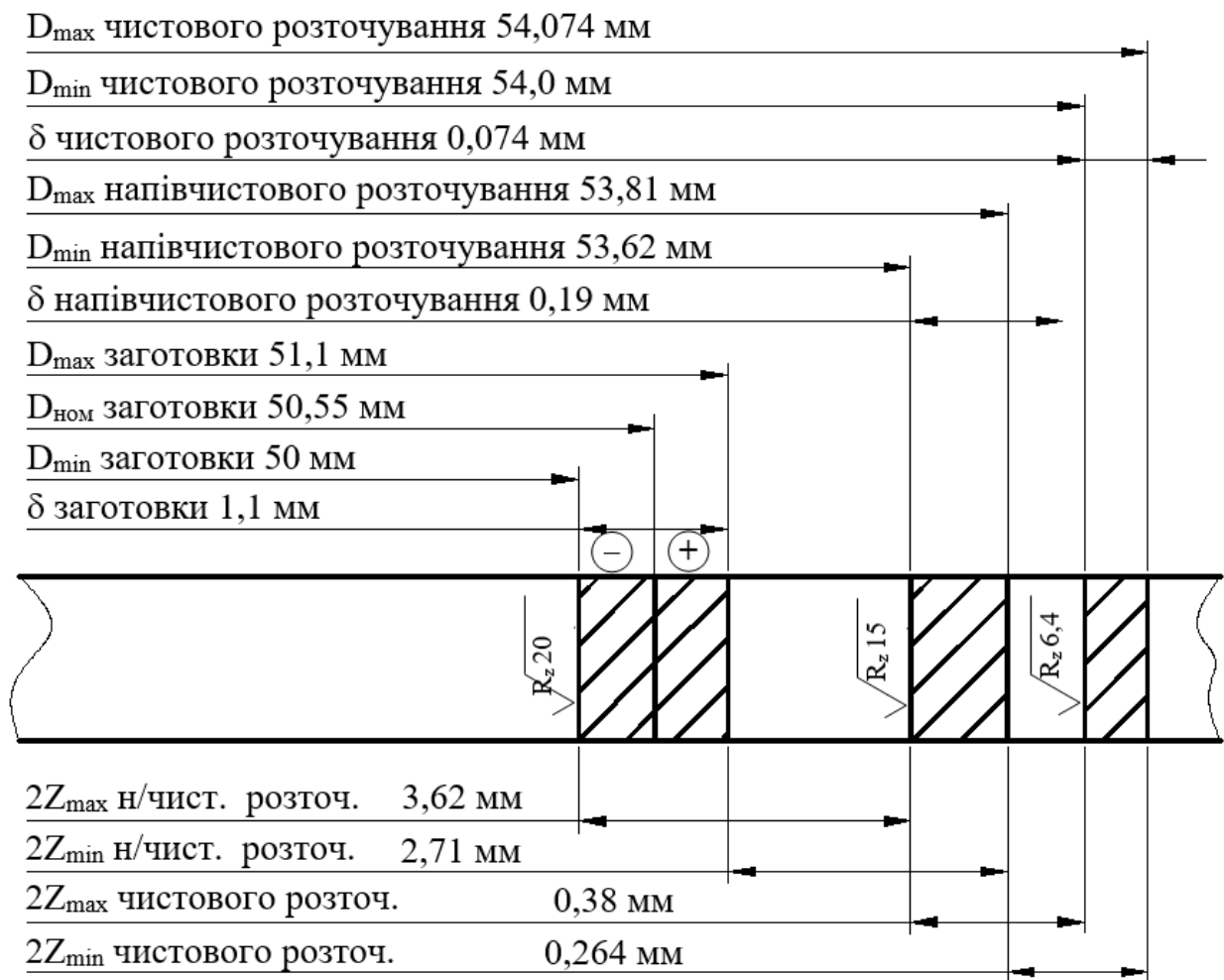


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків на механічне оброблення отвору $\varnothing 54H9(^{+0,074})$

Таблиця 2.5 – Припуски на оброблення поверхонь деталі «Кронштейн» 945.244.707

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торець 102h14(_{-0,87})					
Напівчистове підрізання поперечною подачею ³	14	Ra12,5	0,87	1,2	102 _{-0,87}
Фрезерування чорнове	14	Ra12,5	0,87	1,2	103,2 _{-0,87}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	1,0	2,4	104,4±0,5

Габаритні розміри заготовки: 102±0,5 ×104,4±0,5×73±0,5.

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Режими різання визначено на основі табличних даних довідників, а для 020 агрегатної операції оброблення деталі «Кронштейн» 945.244.707 визначення режимів різання проведено розрахунковим методом.

020 Агрегатна.

1. Глибини різання на кожному інструменті силових головок:

Позиція II: $t_{IIa} = 1,65$ мм.

$t_{IIб} = 3,4$ мм.

Позиція III: $t_{IIIa} = 1,65$ мм.

Позиція IV: $t_{IVa} = 0,38$ мм.

$t_{IVб} = 0,45$ мм.

Позиція V: $t_{Va} = 0,38$ мм.

2. Довжина робочого ходу силових головок з інструментами [14]:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебігу} + l_{дод.}, \quad (2.9)$$

де

Позиція II: $l_{\text{різ. IIa}} = 10 \text{ мм}$; $l_{\text{різ. підв, вріз. IIa}} = 5 \text{ мм}$;

$$L_{\text{р.х. IIa}} = 10 + 5 = 15 \text{ мм.}$$

$l_{\text{різ. IIб}} = 10 \text{ мм}$; $l_{\text{різ. підв, вріз. IIб}} = 5 \text{ мм}$; $l_{\text{перебігу IIб}} = 5 \text{ мм}$.

$$L_{\text{р.х. IIб}} = 10 + 5 + 5 = 20 \text{ мм.}$$

Позиція III: $l_{\text{різ. IIIa}} = 24 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IIIa}} = 5 \text{ мм}$.

$$L_{\text{р.х. IIIa}} = 24 + 5 = 29 \text{ мм.}$$

Позиція IV: $l_{\text{різ. IVa}} = 7 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IVa}} = 5 \text{ мм}$;

$$L_{\text{р.х. IVa}} = 7 + 5 = 12 \text{ мм.}$$

$l_{\text{різ. IVб}} = 7 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IVб}} = 5 \text{ мм}$; $l_{\text{перебігу IVб}} = 5 \text{ мм}$.

$$L_{\text{р.х. IVб}} = 7 + 5 + 5 = 17 \text{ мм.}$$

Позиція V: $l_{\text{різ. Va}} = 10 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. перебігу Va}} = 6 \text{ мм}$

$$L_{\text{р.х. Va}} = 10 + 6 = 16 \text{ мм.}$$

Найбільше число з одержаних значень робочого ходу силових головок

$$L_{\text{р.х. IIIa}} = 29 \text{ мм.}$$

3. Подачі інструментів на кожній із силових головок:

Позиція II: $S_{\text{oIIa}} = 0,08 \text{ мм/об.}$

$$S_{\text{oIIб}} = 0,1 \text{ мм/об.}$$

Позиція III: $S_{\text{oIIIa}} = 0,08 \text{ мм/об.}$

Позиція IV: $S_{\text{oIVa}} = 0,7 \text{ мм/об.}$

$$S_{\text{oIVб}} = 1,25 \text{ мм/об.}$$

Позиція V: $S_{\text{oVa}} = 0,7 \text{ мм/об.}$

4. Період стійкості інструментів у наладці [14]:

$$T_p = T_M \cdot \lambda, \quad (2.10)$$

де $T_M = 150 \text{ хв.}$ [14];

Коефіцієнт часу різання [14]:

$$\lambda = \frac{L_{\text{різ.}}}{L_{\text{р.х.}}}, \quad (2.11)$$

$$\lambda_{\text{IIa}} = \frac{10}{15} = 0,67.$$

$$\lambda_{II\delta} = \frac{10}{20} = 0,5$$

$$\lambda_{IIIa} = \frac{24}{29} = 0,83$$

$$\lambda_{IVa} = \frac{7}{12} = 0,58.$$

$$\lambda_{IV\delta} = \frac{7}{17} = 0,41$$

$$\lambda_{Va} = \frac{10}{16} = 0,63.$$

Стійкість інструментів (2.10):

$$T_{pIIa} = 150 \cdot 0,67 = 100,5 \text{ хв.}$$

$$T_{pIIa} = 150 \cdot 0,5 = 75 \text{ хв.}$$

$$T_{pIIIa} = 150 \cdot 0,83 = 124,5 \text{ хв.}$$

$$T_{pIVa} = 150 \cdot 0,58 = 87 \text{ хв.}$$

$$T_{pIV\delta} = 150 \cdot 0,41 = 61,5 \text{ хв.}$$

$$T_{pVa} = 150 \cdot 0,63 = 94,5 \text{ хв.}$$

5. Швидкість різання.

Позиція II для свердління [14]:

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

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

$D = 3,3$ мм;

$T = 110,5$ хв;

$S = 0,08$ мм/об.

Поправочний коефіцієнт [14]:

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

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

$K_{nv} = 1,0$ – для свердла із швидкорізальної сталі Р6М5 [14].

$K_{IV} = 1,0$ – при свердлінні отвору 3,0D.

Підставляємо дані у рівняння (2.13):

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

Підставляємо дані у рівняння (2.12):

$$V_{II} = \frac{36,3 \cdot 3,3^{0,25}}{110,5^{0,125} \cdot 0,08^{0,55}} \cdot 0,8 = \frac{36,3 \cdot 1,35}{1,8 \cdot 0,25} \cdot 0,8 = 87 \text{ м/хв.}$$

Позиція III:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.14)$$

де $V_{TIIIa} = 155 \text{ м/хв.}$ [14];

$K_1 = 1,0$ для сплаву АК12 [14];

$K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$;

$$V_{III} = 155 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 155 \text{ м/хв.}$$

Позиція IV:

$$V_{IV} = V_T \cdot K_1, \quad (2.15)$$

де $V_{TIVa} = 8 \text{ м/хв.}$ [14];

$K_1 = 1,3$ для сплаву АК12 [14];

$$V_{IV} = 8 \cdot 1,3 = 10,4 \text{ м/хв.}$$

Позиція V:

$V_{TVa} = 14 \text{ м/хв.}$ [14];

$K_1 = 1,3$ для сплаву АК12 [14];

$$V_V = 14 \cdot 1,3 = 16,9 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2.16)$$

Позиція II:

$$n_{IIa} = \frac{1000 \cdot 87}{\pi \cdot 3,3} = 8392 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIa \text{ max}} = 1928 \text{ хв}^{-1}$.

$$n_{IIб} = \frac{1000 \cdot 87}{\pi \cdot 6,8} = 4072 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIб \text{ max}} = 1928 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція III:

$$n_{IIIa} = \frac{1000 \cdot 155}{\pi \cdot 3,3} = 15425 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIIIa} = 1928 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція IV:

$$n_{IVa} = \frac{1000 \cdot 10,4}{\pi \cdot 4} = 828 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дIVa} = 828 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція V:

$$n_{Va} = \frac{1000 \cdot 16,9}{\pi \cdot 8} = 673 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{дVa} = 673 \text{ хв}^{-1}$.

7. Подача інструментів [14]:

$$S_m = S_o \cdot n, \quad (2.17)$$

Позиція II:

$$S_{mIIa} = 0,08 \cdot 1928 = 154,3 \text{ мм / хв}.$$

$$S_{mIIб} = 0,1 \cdot 1928 = 192,8 \text{ мм / хв}$$

Позиція III:

$$S_{mIIIa} = 0,08 \cdot 1928 = 154,3 \text{ мм / хв}.$$

Позиція IV:

$$S_{mIVa} = 0,7 \cdot 828 = 579,6 \text{ мм / хв}.$$

$$S_{\text{мIVб}} = 1,25 \cdot 828 = 1035 \text{ мм/хв}$$

Позиція V:

$$S_{\text{мVа}} = 0,7 \cdot 673 = 471 \text{ мм/хв.}$$

Приймаємо найменше значення подачі силової головки

$$S_{\text{мIIIа}} = 154,3 \text{ мм/хв.}$$

8. Коректуємо частоту обертання інструментів відповідно до величини $S_{\text{мIII}}$:

$$n = \frac{S_{\text{м}}}{S_{\text{о}}}, \quad (2.18)$$

Позиція II:

$$n_{\text{IIа}} = \frac{154,3}{0,08} = 1928,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дIIа}} = 1929 \text{ хв}^{-1}$.

$$n_{\text{IIб}} = \frac{154,3}{0,1} = 1543 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дIIб}} = 1543 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція III:

Приймаємо $n_{\text{дIIIа}} = 1929 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція IV:

$$n_{\text{IVа}} = \frac{154,3}{0,7} = 220,4 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дIVа}} = 220 \text{ хв}^{-1}$.

$$n_{\text{IVб}} = \frac{154,3}{1,25} = 123 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дIVб}} = 123 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція V:

$$n_{\text{Vа}} = \frac{154,3}{0,7} = 220 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дVа}} = 220 \text{ хв}^{-1}$.

9. Коректуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}. \quad (2.19)$$

Позиція II:

$$V_{dIIa} = \frac{\pi \cdot 3,3 \cdot 1929}{1000} = 20 \text{ м/хв.}$$

$$V_{dIIб} = \frac{\pi \cdot 6,8 \cdot 1543}{1000} = 32,9 \text{ м/хв.}$$

Позиція III:

$$V_{dIIIa} = \frac{\pi \cdot 3,3 \cdot 1929}{1000} = 20 \text{ м/хв.}$$

Позиція IV:

$$V_{dIVa} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 220}{1000} = 3 \text{ м/хв.}$$

$$V_{dIVб} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 123}{1000} = 3 \text{ м/хв.}$$

Позиція V:

$$V_{dVa} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 220}{1000} = 3 \text{ м/хв.}$$

10. Осьове зусилля для кожної силової головки:

Позиція II для свердління [14]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.20)$$

де $D = 3,3 \text{ мм};$

$S = 0,08 \text{ мм/об};$

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

$$K_p = K_{\text{мр}}, \quad (2.21)$$

де $K_{\text{мр}} = 1,0$ – для сплаву АК12 [14];

Підставляємо дані у рівняння (2.20) із врахуванням чотирьох свердел у наладці:

$$P_{\text{оIIa}} = 10 \cdot 9,8 \cdot 3,3^{1,0} \cdot 0,08^{0,7} \cdot 1,0 \cdot 4,0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 3,3 \cdot 0,17 \cdot 1,0 \cdot 4,0 = 220 \text{ Н}.$$

Позиція IV: визначаємо крутний момент при нарізанні різьби мітчиком [14]:

$$M_{\text{кр}} = M_{\text{кр.табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.22)$$

де $M_{\text{кр.табл.}} = 3,92 \text{ Н} \cdot \text{м}$ [14];

$K_1 = 0,5$ для різьби М4-7Н [14].

$K_2 = 0,4$ для сплаву АК12 [14].

$$M_{\text{крIVa}} = 3,92 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,78 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

11. Потужність різання на всіх позиціях [14]:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}, \quad (2.23)$$

де $K_N = 1,0$ для сплаву АК12 [14].

Позиція II: $N_{\text{табл.II}} = 0,03 \text{ кВт}$ [14].

$$N_{\text{різIIa}} = 4 \cdot 0,03 \cdot 1,0 \cdot \frac{1929}{1000} = 0,24 \text{ кВт}.$$

Позиція IV: потужність різання [14]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (2.24)$$

$$N_{\text{різIVa}} = \frac{4 \cdot 0,78 \cdot 220}{9750} = 0,08 \text{ кВт}.$$

12. Сумарна потужність агрегатного верстата для виконання процесів різання:

$$N_{\Sigma} = \frac{\sum N_{\text{різ.i}}}{\eta}, \quad (2.25)$$

де $\eta = 0,75$.

$$N_{\Sigma} = \frac{0,24 + 0,31 + 0,24 + 0,08 + 0,12 + 0,08}{0,75} = 1,42 \text{ кВт}.$$

13. Основний час на кожній позиції [14]:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n}, \quad (2.26)$$

Позиція II:

$$T_{\text{ollA}} = \frac{15}{0,08 \cdot 1929} = 0,097 \text{ XB.}$$

$$T_{\text{оII6}} = \frac{20}{0.1 \cdot 1543} = 0,13 \text{ XB.}$$

Позиція III:

$$T_{\text{IIIa}} = \frac{29}{0,08 \cdot 1929} = 0,19 \text{ XB.}$$

Позиція IV:

$$T_{oIVa} = \frac{12 \cdot 2}{0,7 \cdot 220} = 0,18 \text{ XB};$$

$$T_{oIV6} = \frac{17.2}{1.25 \cdot 123} = 0,22 \text{ XB.}$$

Позиція V:

$$T_{oVa} = \frac{16 \cdot 2}{0,7 \cdot 220} = 0,21 \text{ XB.}$$

Також визначено режими різання для інших операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 954.147.055, що зведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання операцій технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707

[illegible]

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 2 Підрізання остаточне торця 20 у розмір 102 _{-0,87} , розточування фаски 12 у розмір 2,0×45° з револьверної головки одночасне.	1,2 2,0	17	1	125	0,2	700	173	140	0,12	2,1
015 Токарна напівавтоматна										
Перехід 2 Розточування попереднє центрального отвору 7 з поздовжнього супорта, у розмір Ø53,62 ^{+0,19} , розточування фаски 14 в розмір 1,5×45° одночасне.	1,535 1,5	117	1	125	0,17	810	142	138	0,85	1,7
Перехід 3 Розточування остаточне канавки 31 з поздовжнього супорта у розмір Ø57 ^{+0,74} , l = 8.	8	17	1	125	0,1	810	147	81	0,21	2,4
Перехід 4 Розточування остаточне отвору 7 з поздовжнього супорта у розмір Ø54 ^{+0,074} .	0,19	114	1	125	0,14	810	141	114	1	0,12

Технічні норми часу на виконання технологічних операцій визначено на підставі нормативно-довідкових матеріалів з нормування праці із використанням табличних даних. Для агрегатної операції 020 з механічного оброблення деталі «Кронштейн» 945.244.707 норми часу встановлено аналітично-розрахунковим методом.

Штучний час роботи агрегатного напівавтомата [1]:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{доп.}} + T_{\text{тех.обсл.}} + T_{\text{орг.обсл.}} + T_{\text{відп.}}, \quad (2.27)$$

Час циклу роботи напівавтомата:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р.х.}} + t_{\text{х.х.}}, \quad (2.28)$$

де $t_{p.x.}$ – час робочих ходів;

$t_{x.x.}$ – час на швидкі переміщення.

Час робочих ходів визначається найбільшим часом на позиціях агрегатного верстата, тобто на позиції IVб $t_p = 0,22$ хв.

Час на швидкі переміщення визначається як сума часу прискореного руху 3,5 с. та часу витраченого на поворот стола, тобто 2,2 с.

$$t_{x.x.} = 3,5 + 1,2 = 4,7 \text{ с.} = 0,08 \text{ хв.}$$

Час циклу агрегатного напівавтомата:

$$T_{ц020} = 0,22 + 0,08 = 0,3 \text{ хв.}$$

Час на допоміжні переходи:

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

$$t_{вст.зн.} = 0,06 \text{ хв. [1];}$$

– час на вимірювання:

102_{0,87} – вимірювання калібр-скобою двостороннім двохграничним (102h14)–
 $t_{вим.1} = 0,09 \text{ хв. [1].}$

М4-7Н – вимірювання калібр-пробкою різьбовим М4-7Н –
 $t_{вим.2} = 0,21 \cdot 8 = 1,62 \text{ хв [1].}$

М8-7Н – вимірювання калібр-пробкою різьбовим М8-7Н –
 $t_{вим.3} = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ хв [1].}$

1×45° – вимірювання шаблоном фасочним спеціальним –
 $t_{вим.4} = 0,07 \cdot 10 = 0,7 \text{ хв. [1].}$

91±0,1, 62±0,1 – вимірювання калібром розміщення спеціальним –
 $t_{вим.1} = 0,18 \text{ хв. [1];}$

47±0,1 – вимірювання калібром розміщення спеціальним –
 $t_{вим.1} = 0,18 \text{ хв. [1];}$

49±0,1, 43±0,1 вимірювання калібром розміщення спеціальним –
 $t_{вим.1} = 0,18 \text{ хв. [1].}$

Сумарний час, що витрачається на вимірювання:

$$T_{доп.вим.} = 0,09 + 1,62 + 0,5 + 0,7 + 0,18 + 0,18 + 0,18 = 3,45 \text{ хв.}$$

Час вимірювань при 30%-му контролі:д

$$T_{\text{доп.вим.дійсн.}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 3,45 \cdot 0,3 = 1,04 \text{ хв.}$$

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

$$T_{\text{доп.не}} = (t_{\text{вст.зн.}} + T_{\text{доп.вим.дійсн.}}) - T_{\text{ц.}} \quad (2.29)$$

$$T_{\text{доп. не}} = (0,08 + 1,04) - 0,3 = 0,82 \text{ хв.}$$

Час на виконання технічного обслуговування [1]:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = t_p \cdot 2\% = 0,22 \cdot 0,02 = 0,004 \text{ хв.}$$

Час на виконання організаційного обслуговування [1]:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{\text{ц}} \cdot 2,4\% = 0,3 \cdot 0,024 = 0,0072 \text{ хв.}$$

Час на виконання особистих потреб [1]:

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{ц}} \cdot 6\% = 0,3 \cdot 0,06 = 0,018 \text{ хв.}$$

Штучний час роботи агрегатного напівавтомата (2.21):

$$T_{\text{шт.020}} = 0,3 + 0,82 + 0,004 + 0,0072 + 0,018 = 1,15 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час роботи агрегатного напівавтомата:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (2.30)$$

де $n = 1900$ шт – величина партії деталей.

$$T_{\text{п.з.}} = 72 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к020}} = 1,15 + \frac{72}{1900} = 1,19 \text{ хв.}$$

005 Вертикально-фрезерна

Основний час: $T_{005} = 0,1$ хв.

Штучний час [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_k \cdot T_o, \quad (2.31)$$

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

010 Токарно-револьверна

Основний час: $T_{0010} = 0,12$ хв.

Штучний час (2.31):

$$T_{шт.010} = 2,3 \cdot 0,12 = 0,28 \text{ хв.}$$

015 Токарна напівавтоматна операція.

Основний час: $T_{0020} = 1,0$ хв.

Штучний час (2.31):

$$T_{шт.020} = 2,1 \cdot 1 = 2,1 \text{ хв.}$$

Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707 зведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстата, T _ц , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	п, шт	T _{шт.к} хв
		T _у .	T _{пер.}	T _{вим.}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Вертикально-фрезерна	0,1											1900	0,21
010 Токарно-револьверна	0,12												0,28
015 Токарна напів-автоматна	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		2,1
020 Агрегатна	0,22	0,06	0,01	1,04	0,08	0,3	0,004	0,0072	0,018	1,15	72		1,19

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

З метою забезпечення одночасного оброблення системи отворів деталі «Кронштейн» 945.244.707 для агрегатної операції 020 спроектовано спеціальний затискний пристрій. Конструктивне виконання пристрою передбачає його встановлення на поворотному столі агрегатного верстата з використанням Т-подібних пазів і болтових кріпильних елементів, що гарантує високу жорсткість кріплення, стабільність положення та необхідну точність орієнтування відносно інструментальних вузлів обладнання.

Відповідно до умов великосерійного виробництва на поворотному столі агрегатного верстата одночасно встановлюються п'ять однотипних пристроїв, які утворюють багатопозиційну технологічну систему. Застосування такого компоувального рішення забезпечує реалізацію принципу паралельно-послідовного виконання технологічних переходів, за якого на різних робочих позиціях одночасно здійснюються окремі етапи механічного оброблення заготовок.

Пристрій призначений для оброблення восьми отворів М4-7Н; $49\pm 0,1$; $43\pm 0,1$; $91\pm 0,1$; $62\pm 0,1$; $1\times 45^\circ$, двох отворів М8-7Н; $47\pm 0,1$; $1\times 45^\circ$.

Для реалізації технологічних переходів, передбачених маршрутом механічного оброблення деталі, її встановлення в пристрої здійснюється за схемою базування по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 54H9$ та торцевій поверхні розміру 102h14, які контактують з установною базою поз. 43. Орієнтація заготовки відносно елементів пристрою забезпечується за боковим виступом шириною 16 мм за допомогою системи упорів, що включає жорсткий упор поз. 32 та підпружинений упор поз. 35. Зазначена схема базування і затиску гарантує однозначне просторове положення деталі.

Принцип функціонування пристрою полягає в автоматизованому затисканні та розтисканні деталі за допомогою пневматичного приводу. У

вихідному положенні, коли пристрій знаходиться на позиції завантаження-розвантаження поворотного столу агрегатного верстата, деталь установлюють на базу поз. 43 опорною торцевою поверхнею вниз та орієнтують відносно жорсткого упора поз. 32.

Після встановлення заготовки через систему керування здійснюється подача стисненого повітря до лівої порожнини гільзи поз. 5, внаслідок чого поршень поз. 1 разом зі штоком поз. 14 переміщується вправо. Рух штока передається клиновому механізму поз. 19, який через плунжери поз. 41 та регулювальні гвинти поз. 18 забезпечує поворот важелів поз. 16 навколо осей, утворених штифтами поз. 68. У результаті цього призми поз. 31 і 36 переміщуються до центра пристрою та здійснюють надійне затискання деталі в заданому положенні.

Після завершення операції базування та закріплення поворотний стіл транспортує пристрій із деталлю на відповідні робочі позиції агрегатного верстата, де виконуються передбачені технологічним процесом переходи механічного оброблення. По закінченні циклу оброблення пристрій повертається на позицію завантаження-розвантаження, після чого через систему керування стиснене повітря подається до правої порожнини гільзи поз. 5. При цьому поршень поз. 1 зі штоком поз. 14 та клином поз. 19 переміщується вліво, а плунжери поз. 41 під дією пружин поз. 66 зміщуються до центра пристрою. Важелі поз. 16 повертаються у вихідне положення та відводять призми поз. 31 і 36 від центра, забезпечуючи розтискання і звільнення обробленої деталі.

Конструкцією також передбачено можливість ручного розтискання затискного механізму. Для цього рукоятку поз. 67 повертають за годинниковою стрілкою, внаслідок чого серга поз. 25 через систему тяг поз. 39 і 27 передає рух важелям поз. 16. Поворот важелів викликає відведення призм поз. 31 та 36 від центра пристрою, що забезпечує звільнення деталі без використання пневматичного приводу.

Після вилучення обробленої деталі встановлення наступної заготовки та

виконання циклу затискання, оброблення і розтискання здійснюються в аналогічній послідовності.

Креслення розробленого затискного пристрою наведено у графічній частині роботи.

Похибка встановлення заготовки деталі «Кронштейн» 945.244.707 у пристрої визначається за аналітичною моделлю, що враховує сукупний вплив складових похибок, пов'язаних із базуванням заготовки, її закріпленням у пристрої, а також точністю виготовлення і складання елементів технологічного оснащення. [15]:

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

Необхідна точність базування та закріплення заготовки у затискному пристрої забезпечується за умови, що сумарна похибка її встановлення не перевищує допустимого значення, визначеного полем допуску на розміри та взаємне розташування поверхонь, які формуються в процесі механічного оброблення [15]. Таким чином, прийнята схема базування вважається придатною для реалізації технологічного процесу лише за умови, що величина результуючої похибки встановлення знаходиться в межах допустимого допуску. Зазначена вимога може бути записана у вигляді нерівності [15]:

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

На агрегатній операції 020 виконується формування різьбових отворів деталі «Кронштейн» 945.244.707. Однією з основних вимог до якості оброблення є забезпечення заданої точності взаємного просторового розташування отворів, а також їх координатного положення відносно базових поверхонь і конструктивних елементів деталі. При цьому точність взаємного розміщення отворів визначається переважно кінематичною та геометричною точністю багатошпindelної свердлильної головки і кондукторного оснащення, тоді як точність координатного розташування відносно базових елементів деталі регламентується вимогами конструкторської документації та

характеризується допуском $T=0,2$ мм.

Відповідно до прийнятої схеми базування та конструкції затискного пристрою, складова похибки базування Δ_6 зумовлена наявністю радіального зазору в посадковому спряженні між установною базою поз. 43 та базовим отвором заготовки. Наявність цього зазору спричиняє можливість зміщення заготовки відносно номінального положення в межах поля посадки, що безпосередньо впливає на точність координатного розташування оброблюваних отворів.

Похибка базування:

$$\Delta_{6.} = S_{\max} . \quad (3.3)$$

Максимальний зазор у спряженні між установною базою поз. 43 та базовим отвором заготовки:

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

де $D_{\max1}$ – максимальний розмір отвору;

$d_{\min2}$ – мінімальний розмір пальця.

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

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

$ES_{1.}$ – верхнє відхилення отвору.

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

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

$ei_{2.}$ – нижнє відхилення пальця.

Розмір отвору деталі $\varnothing 54H9^{+0,074}$.

Розмір пальця – $\varnothing 54f7_{-0,06}^{-0,03}$.

Визначаємо максимальний зазор.

$$D_{\max 1} = 54 + 0,074 = 54,074 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 2} = 54 + (-0,06) = 53,94 \text{ мм.}$$

$$S_{\max} = 54,074 - 53,94 = 0,134 \text{ мм.}$$

Тоді,:

$$\Delta_6 = 0,134 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення заготовки $\Delta_3 = 70 \text{ мкм.}$

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 40 \text{ мкм.}$

Похибка встановлення заготовки деталі «Кронштейн» 945.244.707 у пристрої (3.1):

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0,134^2 + 0,07^2 + 0,04^2} = 0,156 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,156 \text{ мм} < 0,2 \text{ мм}$$

Отже, точність встановлення заготовки забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Для визначення необхідної сили затиску заготовки на агрегатній операції 020 розглянуто розрахункову схему дії сил, наведену на рис. 3.1. Розрахунок виконано для найбільш навантаженого режиму оброблення - одночасного свердління чотирьох отворів діаметром 3,3 мм та двох отворів діаметром 6,8 мм, за якого виникає максимальний сумарний крутний момент різання.

У процесі встановлення заготовка базується по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 54H9^{(+0,074)}$ та торцевій поверхні, що забезпечує її фіксоване положення відносно установних елементів пристрою. Закріплення деталі здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 59 \text{ мм}$ за допомогою двох призм, які приводяться в дію від пневматичного приводу через клиновий механізм та систему важелів.

Під час свердління на заготовку діють осьові сили різання та крутний момент, створюваний різальним інструментом. Найбільш небезпечним фактором з точки зору надійності закріплення є крутний момент різання, який прагне повернути деталь навколо осі базового отвору. Тому сила затиску повинна бути достатньою для створення необхідних сил тертя в зонах контакту призм із поверхнею заготовки, що виключають її провертання під дією моменту різання протягом усього циклу оброблення.

Сила затиску заготовки визначається із умови рівноваги моменту різання та моментів тертя:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{D_3 \cdot \frac{f_2}{\sin \alpha}}, \quad (3.7)$$

де f_2 - коефіцієнт тертя в зонах контакту заготовки з робочими поверхнями призм $f_2 = 0,18$;

α – половина кута призми, що визначає геометрію затискного елемента. Для призми з кутом розкриття $2\alpha = 90^\circ$ значення кута становить $\alpha = 45^\circ$;

$M_{\text{кр}}$ – сумарний крутний момент різання, що виникає в процесі свердління отворів та прагне повернути заготовку відносно її осі, Н·м;

D_3 – діаметр поверхні заготовки, по якій здійснюється затискання призмами, м.

Момент різання при свердлінні:

$$M_{\text{різ1,2}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.8)$$

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

D – діаметр обробки, $D = 6,8$ мм; $D = 3,3$ мм;

S – подача при свердлінні; $S = 0,1$ мм/об, $S = 0,08$ мм/об.

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

$$\text{Отже, } M_{\text{різ1}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 6,8^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,22 = 0,45 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{різ2}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,3^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1,22 = 0,09 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент різання:

$$M_{\text{різ}} = 2M_{\text{різ1}} + 4M_{\text{різ2}};$$

$$M_{\text{різ}} = 2 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,09 = 1,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Коефіцієнт запасу $K = 3,0$.

Підставляємо дані у рівняння (3.7):

$$P_3 = \frac{3 \cdot 1,26}{0,059 \cdot \left(\frac{0,18}{\sin 45} \right)} = 252 \text{ Н.} \quad (3.9)$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

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

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

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

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

де $\beta = 9^\circ$ кут клина.

φ – кут тертя $\varphi = 10^\circ$;

$l_1 = 59 \text{ мм}$;

$l_2 = 57 \text{ мм}$;

η – ККД, $\eta = 0,9$.

F_1 – сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі.

Сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі [15]:

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

де $D_1 = 100 \text{ мм}$ діаметр циліндра;

$d_1=22$ мм діаметр штока.

Із формули (3.9) отримано:

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

Тоді

$$W = \frac{2689,2}{2 \operatorname{tg}(9 + 10)} \frac{59}{57} \cdot 0,9 = 3638 \text{ Н.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.10): $2P_{\text{зат}} = 504 \text{ Н} < W = 3638 \text{ Н}$. Отже, заготовка деталі «Кронштейн» 945.244.707 буде надійно закріплено на 020 агрегатній операції.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо зниження рівня шуму на ділянці виготовлення деталі

Шум є одним із найбільш поширених шкідливих виробничих факторів, який супроводжує технологічні процеси в машинобудуванні, транспортній галузі, сільському господарстві та інших сферах промислового виробництва. Постійне вдосконалення технологічного обладнання та збільшення ступеня механізації й автоматизації виробничих процесів призводять до розширення переліку професій, працівники яких піддаються тривалому впливу виробничого шуму.

У машинобудівній галузі підвищені рівні шуму спостерігаються під час механічної обробки металів різанням, холодного штампування, роботи ковальсько-пресового обладнання, пневматичного інструменту та операцій очищення лиття. Рівні шуму в окремих виробничих процесах можуть досягати 100–115 дБ, що суттєво перевищує допустимі санітарно-гігієнічні нормативи та створює небезпеку розвитку професійних захворювань.

Виробничий шум нерідко діє на працівника одночасно з іншими несприятливими факторами виробничого середовища, зокрема вібрацією, інфра- та ультразвуком, підвищеною температурою повітря, токсичними речовинами та виробничими випромінюваннями. Комплексна дія зазначених факторів значно підсилює негативний вплив на організм людини, сприяючи зниженню працездатності, підвищенню рівня професійної захворюваності та збільшенню ризику виробничого травматизму.

З фізіологічної точки зору шум є неспецифічним стресовим подразником, який чинить негативний вплив практично на всі функціональні системи організму. Тривалий вплив шуму може спричинити розвиток патологічних змін із переважним ураженням органів слуху, центральної нервової та серцево-судинної систем. В основі цих порушень лежать складні нервово-рефлекторні

та нейрогуморальні механізми, які призводять до порушення регуляторних функцій центральної нервової системи.

Дію шуму на організм людини умовно поділяють на:

- специфічну, що проявляється ураженням слухового аналізатора;
- неспецифічну, яка характеризується функціональними та органічними змінами в інших органах і системах організму.

Одним із найпоширеніших наслідків тривалого впливу шуму є розвиток нейросенсорної приглухуватості та професійної втрати слуху. Поряд із цим у працівників спостерігаються функціональні порушення нервової системи, що проявляються головним болем, швидкою втомлюваністю, підвищеною дратівливістю, порушеннями сну, зниженням концентрації уваги та загальної працездатності.

У працівників із тривалим стажем роботи в умовах підвищеного шуму можуть виникати стійкі астено-вегетативні порушення, зміни психоемоційного стану, погіршення пам'яті, уповільнення психомоторних реакцій, порушення функцій серцево-судинної та травної систем, а також зміни обмінних процесів в організмі. Вираженість зазначених змін залежить від інтенсивності шуму, тривалості його дії, спектрального складу та індивідуальних особливостей організму працівника.

Відповідно до санітарних норм виробничий шум класифікують:

- за спектральними характеристиками – на широкосмуговий та тональний;
- за часовими характеристиками – на постійний та непостійний.

Непостійний шум, своєю чергою, поділяють на:

- коливний;
- переривчастий;
- імпульсний.

Згідно з вимогами чинного законодавства України у сфері охорони праці та державних санітарних норм допустимий рівень шуму на постійних робочих місцях виробничих приміщень не повинен перевищувати 80 дБ. Перевищення

зазначених нормативів потребує впровадження комплексу організаційних і технічних заходів щодо зниження шумового навантаження на працівників.

Боротьба з виробничим шумом є одним із пріоритетних завдань системи управління охороною праці та передбачає реалізацію трьох основних напрямів:

1. зниження рівня шуму безпосередньо в джерелі його виникнення;
2. застосування засобів звукоізоляції та звукопоглинання;
3. використання засобів індивідуального захисту органів слуху.

На дільниці виготовлення деталі основними джерелами шуму є металорізальні верстати, пневматичний інструмент, вентиляційні установки та допоміжне технологічне обладнання. Для зниження рівня шуму доцільно передбачити впровадження таких технічних заходів:

- використання сучасного малошумного обладнання;
- своєчасне технічне обслуговування та балансування рухомих елементів машин;
- застосування вібродемпфувальних та віброізолювальних опор;
- встановлення шумозахисних кожухів, екранів та акустичних кабін;
- використання глушників на вентиляційних та пневматичних системах;
- облицювання стін і стелі звукопоглинальними матеріалами;
- застосування дистанційного керування та автоматизації технологічних процесів.

Планувальні заходи передбачають раціональне розміщення обладнання, ізоляцію шумних дільниць від адміністративних і побутових приміщень, а також використання акустичних перегородок і шумозахисних зон.

Для зниження відбитого шуму доцільно застосовувати пористі звукопоглинальні матеріали, зокрема мінераловатні плити, базальтові мати, акустичні панелі та інші конструкції, що забезпечують зменшення рівня шуму на 5–12 дБ.

У випадках, коли технічними та організаційними заходами неможливо забезпечити нормативні рівні шуму, працівники повинні використовувати

засоби індивідуального захисту органів слуху: протишумові вкладиші, навушники або захисні шоломи. Застосування зазначених засобів дозволяє запобігти розвитку професійної приглухуватості, зменшити функціональне навантаження на нервову систему та забезпечити безпечні умови праці.

Крім технічних засобів захисту, важливе значення мають організаційно-профілактичні заходи, які включають регламентування режимів праці та відпочинку, скорочення часу перебування працівників у шумових зонах, проведення періодичних медичних оглядів, постійний контроль рівнів шуму та проведення інструктажів з охорони праці. Реалізація зазначених заходів забезпечує дотримання вимог законодавства України з охорони праці та сприяє створенню безпечних і здорових умов праці на ділянці виготовлення деталі.

4.2 Відшкодування підприємствам і громадянам збитків, завданих порушенням вимог охорони праці

Відповідно до вимог законодавства України у сфері охорони праці та загальнообов'язкового державного соціального страхування, працівники мають право на відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання. Згідно зі статтею 9 Закону України «Про охорону праці», відшкодування матеріальної та моральної шкоди, заподіяної працівникові внаслідок ушкодження здоров'я або у разі його смерті, здійснюється відповідно до положень законодавства про загальнообов'язкове державне соціальне страхування.

Страхові виплати потерпілим та членам їх сімей здійснюються за рахунок коштів системи загальнообов'язкового державного соціального страхування. Водночас роботодавець має право за рахунок власних коштів здійснювати додаткові виплати та надавати інші види соціальної допомоги потерпілим працівникам або членам їх сімей, якщо це передбачено колективним договором, трудовим договором або внутрішніми нормативними документами підприємства.

Розміри відшкодування шкоди, заподіяної працівникові, визначаються відповідними нормативно-правовими актами України. У разі встановлення медико-соціальною експертною комісією стійкої втрати професійної працездатності потерпілому призначається одноразова страхова виплата, розмір якої визначається залежно від ступеня втрати працездатності та середньомісячного заробітку працівника.

У разі смерті працівника внаслідок нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання членам його сім'ї та утриманцям призначаються одноразові страхові виплати та інші передбачені законодавством види соціального забезпечення. Розмір таких виплат визначається чинними нормативними актами та залежить від кількості утриманців і соціального статусу членів сім'ї загиблого.

Якщо нещасний випадок стався внаслідок порушення потерпілим вимог нормативно-правових актів з охорони праці або інструкцій з безпечного виконання робіт, розмір одноразової допомоги може бути зменшений у порядку, встановленому законодавством. При цьому ступінь вини потерпілого визначається спеціальною комісією з розслідування нещасного випадку на виробництві.

За працівниками, які тимчасово втратили працездатність унаслідок виробничої травми або професійного захворювання, зберігаються місце роботи (посада) та середній заробіток на весь період лікування до повного відновлення працездатності або встановлення групи інвалідності в установленому законодавством порядку.

У разі неможливості виконання потерпілим попередніх трудових обов'язків роботодавець зобов'язаний відповідно до медичних рекомендацій організувати його професійне навчання, перепідготовку або перекваліфікацію, забезпечити працевлаштування на іншому робочому місці та, за необхідності, встановити пільгові умови праці або скорочений режим робочого часу.

Якщо підприємство не має можливості забезпечити працевлаштування працівників, які частково втратили працездатність, але не визнані особами з

інвалідністю, питання їх подальшого працевлаштування вирішується за участю державної служби зайнятості відповідно до вимог чинного законодавства України.

Період перебування працівника на інвалідності, що настала внаслідок нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання, зараховується до страхового стажу, необхідного для призначення пенсії за віком, а також до стажу роботи в шкідливих та небезпечних умовах праці, який дає право на пільгове пенсійне забезпечення.

Отже, система відшкодування шкоди, завданої порушенням вимог охорони праці, спрямована на забезпечення соціального захисту працівників, компенсацію втрати працездатності та стимулювання роботодавців до створення безпечних і нешкідливих умов праці, що є одним із основних принципів державної політики у сфері охорони праці.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталь «Кронштейн» 945.244.707 є складовим елементом конструкції промислового світильника, призначеного для забезпечення загального освітлення виробничих, складських та допоміжних приміщень. Основним функціональним призначенням деталі «Кронштейн» 945.244.707 є забезпечення точного взаємного розташування та надійної фіксації світильника на несучих трубних елементах конструкцій. Деталь виготовляється із сплаву АК12. Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн» 945.244.707 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає великосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу проведено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці: для виготовлення заготовки використано лиття під тиском, яке забезпечує отримання заготовок із підвищеною розмірною точністю, низькою шорсткістю поверхонь, можливістю формування тонкостінних конструктивних елементів та зменшення припусків на подальше механічне оброблення; операції розточування центрального отвору, оброблення фасок і підрізання торцевих поверхонь виконано на горизонтальному багатошпиндельному токарному напівавтоматі із багатоінструментальним налагодженням, а також на токарно-револьверному верстаті, що забезпечують концентрацію технологічних переходів; операції свердління отворів і нарізання внутрішніх різьб реалізовувалося на агрегатному верстаті, оснащеному багатошпиндельними свердлильними та різьбонарізними головками, що дозволяє здійснювати одночасну обробку кількох отворів; для виконання операцій свердління отворів малого діаметра з одночасним формуванням фасок застосовувалося комбіновані різальні інструменти зі швидкорізальної сталі, які поєднують функції свердління та зенкування, що сприяє скороченню кількості технологічних переходів.

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.