

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедрою

_____ Юрій ПЕТРАКОВ

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі
«Корпус клапана Ду 15»»**

Виконав :

студент ІV курсу, групи МТ-41

___ Трибрат Костянтин Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

___ Фролов В.К. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Рецензент:

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП

1	ВИРІШЕННЯ ЗАГОЛЬНИХ ПИТАНЬ МАШИНОБУДУВАННЯ	7
	1.1 Програмний продукт «Adjustment of Lathe by Test-details».....	7
	1.2 Програмний продукт «Adjustment of Lathe by Etalon-detail».....	9
	1.3 Програмний продукт «Wear of Cutting Tools».....	11
	1.4 Програмний продукт «Overall Machining Uncertainty»	15
2	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	18
	2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлу	18
	2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація	18
	2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлу	18
	2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу	19
	2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва	20
	2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі.....	22
	2.4 Визначення виду та способу виготовлення заготовки	23
	2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі.....	28
	2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз.....	29
	2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій.....	32
	2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки	35
	2.7 Проектування послідовності оброблення поверхонь заготовки	35
	2.8 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус клапана Ду15».....	40
	2.9 Короткий опис вибору верстатного обладнання	45
	2.10 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки ..	46
	2.10.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом.....	46
	2.10.2 Визначення припусків аналоговими методами	52
	2.11 Визначення режимів різання	54
	2.11.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом	54
	2.11.2 Визначення режимів різання аналоговими методами	58
	2.12 Нормування технологічних операцій	60
	2.12.1 Розрахунок поштучного часу для операції 005.....	60
	2.12.2 Нормування аналоговими методами	62
3	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ	63
	3.1 Розроблення і розрахунок верстатних пристроїв	63
	3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв	63
	3.1.2 Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв	64
	3.2 Теоретичні та методичні основи проектування верстатних пристроїв	64
	3.2.1 Розрахунок похибок базування.....	64
	3.2.2 Послідовність проектного розрахунку верстатного пристрою	66
	3.3 Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв	66
	3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску Q.....	66
	3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв.....	71
4	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	72
	4.1 Розрахунок собівартості деталі	72

ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Трибрат К. О.		
		Фролов В. К.		
		Фролов В. К.		
Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус клапана Ду15»				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			4	89
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, гр. МТ-41				

4.1.1 Сировина та матеріали	72
4.1.2 Зворотні відходи	73
4.1.3 Паливо та енергія на технологічні цілі	73
4.1.4 Основна заробітна плата	74
4.1.5 Додаткова заробітна плата	74
4.1.6 Нарахування на заробітну плату.....	74
4.1.7 Відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати.....	74
4.1.8 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування.....	75
4.1.9 Загальновиробничі витрати.....	75
4.1.10 Загальногосподарські витрати.....	76
4.1.11 Інші виробничі витрати.....	76
4.1.12 Позавиробничі витрати	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
5.1 Електробезпека	78
5.1.1 Електротравматизм та дія електричного струму на організм людини	78
5.1.2 Допустимі значення струмів і напруг	79
5.1.3 Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.....	79
5.1.4 системи засобів і заходів безпечної експлуатації електроустановок	80
5.2 Пожежна безпека	83
5.2.1 Поняття про пожежу. Класифікація пожеж.....	83
5.2.2 Вогнестійкість будівель та споруд	84
5.3 Освітлення приміщення ділянки.....	85
5.4 Безпека верстатних пристроїв	86
5.5 Безпека під час роботи з персональним комп'ютером.....	86
Література	88
Додатки	90
6.1 Свідоцтва про реєстрацію авторських прав на твір	
6.2 Технологічні карти	
6.2.1 Маршрутні карти	
6.2.2 Операційні карти	
6.3 Фрагмент коду керуючої програми для операції 005	
6.4 Специфікації	

ВСТУП

Однією з основних галузей промисловості України є машинобудування. Машинобудування визначає технічний прогрес країни і суттєво впливає на створення її матеріально-технічної бази.

Технологія машинобудування – наука про виготовлення машин необхідної якості, кількості, що встановлена виробничою програмою та в задані строки із найменшими затратами.

У технології машинобудування існують дві головні проблеми: проблема якості виготовленої продукції та проблема продуктивності праці. Кожна з цих проблем включає в себе ряд інших, більш вузьких та конкретних проблем, наприклад, надійність та довговічність, геометрична та функціональна взаємозамінність, технологічність, автоматизація технологічних процесів і функцій управління в усіх видах виробництва і, врешті, проблема максимального збільшення ефективності науково-дослідних робіт.

Підвищення ефективності машинобудівного виробництва, його розвиток повинен здійснюватись насамперед в результаті удосконалення технології. Удосконалення сучасних технологічних процесів іде по шляху підвищення швидкості обробки, скорочення часу на допоміжні дії, комплексної автоматизації машинобудівного виробництва, від проектування деталі до контролю готового виробу. Слід зазначити, що проектування раціональних і оптимальних технологічних процесів включає розв'язання великого комплексу взаємопов'язаних задач по забезпеченню встановлених технологічними вимогами параметрів точності виробів і заданого рівня економічних показників виробництва. Розв'язання цих задач знаходиться в прямій залежності від ступеня наукового проектування розроблених технологічних процесів, від їх математичного писання на основі якого розрахунковими методами можуть бути знайдені технологічні рішення.

Також важливим чинником розвитку виробництва в машинобудуванні є технічне переозброєння та модернізація засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень науки та техніки: впровадження прогресивних методів оброблення, застосування високопродуктивних верстатів з ЧПК та промислових роботів, новітніх матеріалів, високопродуктивного ріжучого інструменту, які дозволяють використовувати енерго- та матеріалозберігаючі технології.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Програмний продукт «Adjustment of Lathe by Test-details»

Похибка налагодження металорізальних верстатів – одна із складових частин загальної похибки виготовлення деталей. Вона залежить від застосовуваного способу налагодження, точності вимірювальних інструментів і пристроїв, кваліфікації виконавця.

Спосіб налагодження верстату за пробними деталями полягає в попередній установці різального інструменту та упорів на необхідний налагоджувальний розмір за допомогою вимірювального інструмента і наступне корегування їхнього положення за результатами вимірів пробних деталей, оброблених на налагодженому верстаті [1].

Налагодження верстатів за пробними деталями досить трудомістке, частина пробних деталей є непридатними. Тому воно використовується при обробленні невеликих деталей простої конфігурації.

Метою даної роботи є підвищення продуктивності при розрахунках налагоджувальних розмірів та визначення якості налагодження верстатів за пробними деталями.

Авторами створена комп'ютерна програма «Adjustment of Lathe by Test-details» [2], написана мовою програмування Delphi. Інтерфейс головного вікна програми представлено на рис. 1.1 Ключем для початку роботи програми є введені користувачем ідентифікаційні дані (для студента – прізвище та номер групи), що виключає можливість обміну результатами розрахунків між користувачами-студентами.

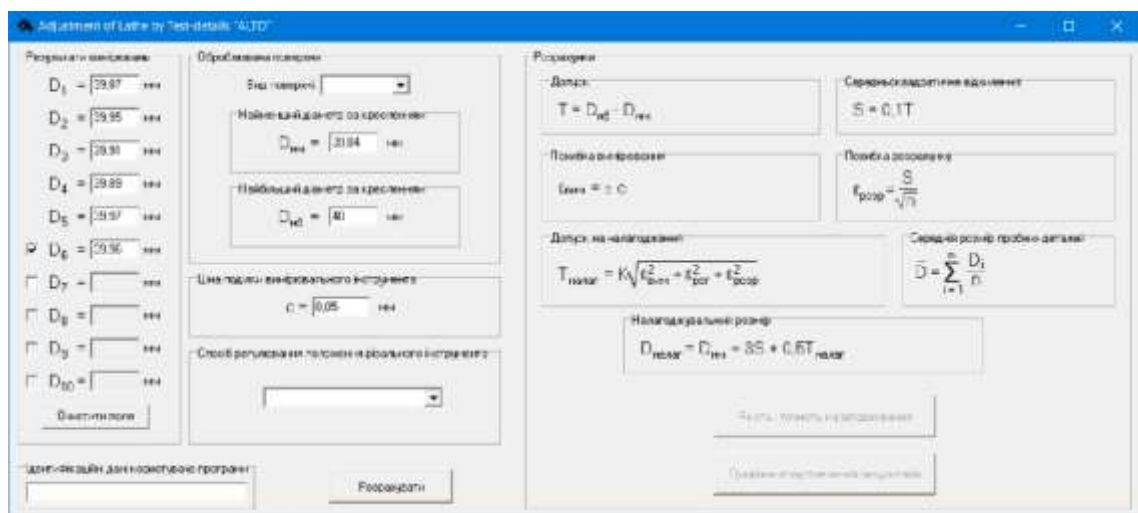


Рисунок 1.1 – Інтерфейс головного вікна програми «Adjustment of Lathe by Test-details»

Вихідними даними (рис. 1.1) для роботи програми є результати експерименту, вид оброблюваної поверхні (зовнішня чи внутрішня), гранично допустимі розміри деталі, ціна поділки вимірювального інструмента та спосіб регулювання положення різального інструмента.

						ДГБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк. 7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Результати розрахунків (рис. 1.2) (допуск, середньоквадратичне відхилення, похибка вимірювання, похибка розрахунку, допуск на налагодження, середнє арифметичне значення вимірюваного розміру деталі та налагоджувальний розмір) можна побачити, натиснувши кнопку «Розрахувати». Також стануть доступними кнопки «Якість і точність налагоджування» та «Графічне представлення результатів», що містять відповідні дані.

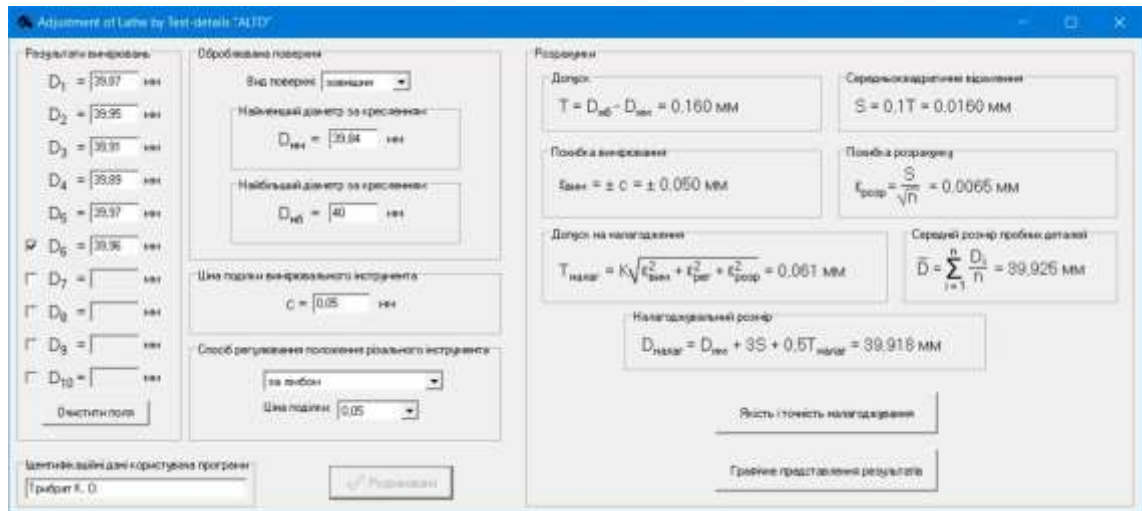


Рисунок 1.2 – Інтерфейс вікна з результатами розрахунків

Оцінка якості і точності налагоджування (рис. 1.3) виконується шляхом використання математичних нерівностей із необхідними поясненнями.

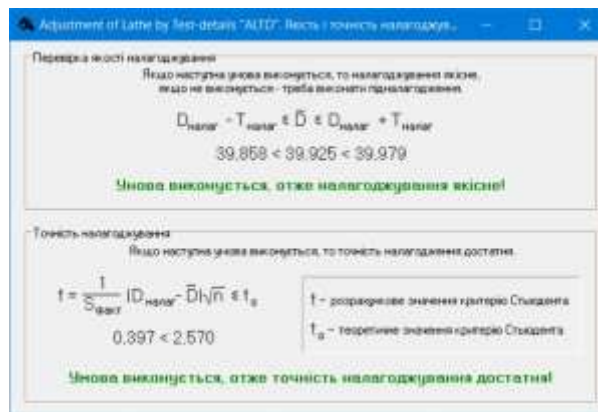


Рисунок 1.3 – Інтерфейс вікна з оцінкою якості і точності налагоджування

Графічне представлення результатів (рис. 1.4) включає: поле допуску, поле допуску на налагодження, діаметри пробних деталей, найменший та найбільший діаметри деталі за кресленням, зображення різця, налагодженого на відповідний діаметр.

Комп'ютерну програму «Adjustment of Lathe by Test-details» впроваджено в навчальний процес. Вона використовується для обчислення результатів при виконанні лабораторної роботи «Налагодження верстатів за пробними деталями» з дисципліни «Технологія машинобудування».

а)

б)

Рисунок 1.4 – Інтерфейс вікна з графічним представлення результатів для зовнішньої (а) та внутрішньої (б) поверхонь

1.2 Програмний продукт «Adjustment of Lathe by Etalon-detail»

Похибка налагодження металорізальних верстатів – одна із складових частин загальної похибки виготовлення деталей. Вона залежить від застосовуваного способу налагодження, точності вимірвальних інструментів і пристроїв, кваліфікації виконавця.

Спосіб налагодження верстату за еталоном передбачає установку різального інструменту та упорів по заздалегідь виготовленому еталону, що являє собою прототип деталі, оброблюваної на даному верстаті. Налагодження виконується в статиці і не враховує ні жорсткості реальної технологічної системи, ні якості виготовлення еталону.

Налагодження за еталоном дозволяє збільшити корисний час використання обладнання. При цьому не потрібні наладчики високої кваліфікації.

Метою даної роботи є підвищення продуктивності при розрахунках налагоджувальних розмірів верстатів за еталоном.

Авторами створена комп'ютерна програма «Adjustment of Lathe by Etalon-details» [3], написана мовою програмування Delphi. Інтерфейс головного вікна програми представлено на рис. 1.5. Ключем для початку роботи програми є введені користувачем ідентифікаційні дані (для студента – прізвище та номер групи), що виключає можливість обміну результатами розрахунків між користувачами-студентами.

Вихідними даними для роботи програми є результати експерименту, вид оброблюваної поверхні (зовнішня чи внутрішня), гранично допустимі розміри деталі, коефіцієнт для визначення допуску на остаточний розмір еталону (0,1...0,15), коефіцієнт, що враховує відхилення закону розподілу похибок від нормального (1...1,2), похибка виготовлення еталону, похибка регулювання положення інструменту.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.5 – Інтерфейс головного вікна програми «Adjustment of Lathe by Etalon-details»

Результати розрахунків (рис. 1.6) (допуск, попередній розрахунковий розмір еталону, розмір еталону після корегування, величина поправки, середнє арифметичне значення оброблюваного розміру, налагоджувальний розмір, середньоквадратичне відхилення, похибка налагодження. можна побачити, натиснувши кнопку «Розрахувати». Також стане доступною кнопка «Графічне представлення результатів», що містить відповідні дані.

Рисунок 1.6 – Інтерфейс вікна з результатами розрахунків

Графічне представлення результатів (рис. 1.7) включає: поле допуску, поле допуску на остаточний розмір еталону, діаметри еталонів, діаметри деталей, виготовлених за цими еталонами, найменший та найбільший діаметри деталі за кресленням, зображення різця,

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а)

б)

Рисунок 1.7 – Інтерфейс вікна з графічним представлення результатів для зовнішньої (а) та внутрішньої (б) поверхонь

налагодженого на відповідний діаметр.

Комп'ютерну програму «Adjustment of Lathe by Etalon-details» впроваджено в навчальний процес. Вона використовується для обчислення результатів при виконанні лабораторної роботи «Налагодження верстатів за еталоном» з дисципліни «Технологія машинобудування».

1.3 Програмний продукт «Wear of Cutting Tools»

На точність оброблення заготовок безпосередньо впливають як неточність виготовлення, так і зношування різальних інструментів. Ознаками зношування є зміна розміру і форми задньої та передньої поверхні різальної частини інструмента, поява блискучої смужки на різальній кромці, виникнення вібрацій технологічної обробляючої системи, зміна розміру обробленої поверхні, поява сторонніх звуків тощо.

Швидкість зношування залежить від багатьох факторів: матеріалу інструмента та заготовки, геометричних параметрів різальної частини інструмента, елементів режиму оброблення, наявності мастильно-охолоджувальної рідини тощо. Знаючи закономірність зношування, можна спрогнозувати момент підналагодження або заміни різального інструмента, визначити кількість деталей, які можуть бути оброблені без підналагодження. Також можна змінювати період стійкості інструмента, корегуючи режим оброблення.

Для визначення величини зношування та періоду стійкості інструмента використовуються багатофакторні степеневі або поліноміальні залежності або більш простіші однофакторні степеневі функції типу

$$f(x) = k x^a, \quad (1.1)$$

де x – змінний досліджуваний фактор;

k, a – константи.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						11
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості змінного фактору, яким можна керувати, є один з елементів режиму різання – глибина різання h , швидкість подачі S або швидкість різання V . Найбільшим чином на величину зношування та період стійкості інструмента впливає швидкість різання V .

Якщо функцією є зношування інструмента, то обмеження – довільний час його роботи, якщо ж функція – період стійкості, то обмеження – величина допустимого зношування.

Для визначення констант в залежності (1.1) необхідно провести однофакторний експеримент, вимірюючи величину зношування інструмента через певні проміжки часу для кожного з рівнів досліджуваного фактору.

При токарному обробленні величина зношування по задній поверхні різця на порядок вища, ніж його розмірне зношування. Через це для отримання більш точних результатів експерименту вимірюється зношення саме по задній поверхні, а величина розмірного зношування розраховується за відомою формулою [4, с.38].

Зважаючи на те, що експериментальні значення величини зношування отримуються під час періоду пропорційного зношування інструмента, залежності розмірного зношування від часу його роботи $h_p = f(\tau)$ для кожного з рівнів досліджуваного фактору описуються лінійними функціями виду

$$h_p = a\tau + b, \quad (1.2)$$

де a і b – коефіцієнти.

Якщо задати довільне значення часу роботи інструмента τ_0 , то за допомогою залежностей (1.2) можна отримати значення розмірного зношування інструмента h_p для кожного з рівнів досліджуваного фактору. При призначенні величини часу τ_0 необхідно зважати на те, що експериментально отриману функцію дозволено екстраполювати за межі досліджуваної області не більше, ніж на 10%.

При цьому закономірність зміни розмірного зношування h_p від досліджуваного фактору (наприклад, швидкості різання V_j) визначається за математичною моделлю

$$h_p = C_{h_p} V^k, \quad (1.3)$$

де C_{h_p} – коефіцієнт;

k – показник степеня; $0 < k < 1$.

Якщо задати величину допустимого розмірного зношування інструмента $[h_p]$, то за допомогою залежностей (1.2) можна отримати значення періоду стійкості інструмента T_p для кожного з рівнів швидкості різання V .

Математична модель залежності періоду стійкості інструмента T від швидкості різання V має вигляд степеневої функції:

$$T = C_T V^z, \quad (1.4)$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_T – коефіцієнт;

z – показник степеня; $z < 0$.

Для апроксимації функцій (1.2-1.4) можна скористатись методом найменших квадратів, а для визначення коефіцієнтів та показників степеня – вирішити для кожної з функцій систему рівнянь. Зрозуміло, що такі розрахунки є трудомісткими та неточними.

Метою даної роботи є підвищення продуктивності оброблення результатів експериментальних досліджень зношування різців при обточуванні.

Авторами створена комп'ютерна програма «Wear of Cutting Tools» [5], написана мовою програмування Delphi. Інтерфейс головного вікна програми представлено на рис. 1.8. Ключем для початку роботи програми є введені користувачем ідентифікаційні дані (для студента – прізвище та номер групи), що виключає можливість обміну результатами розрахунків між користувачами-студентами.

Рисунок 1.8 – Інтерфейс головного вікна програми «Wear of Cutting Tools»

Вихідними даними для роботи програми є результати експерименту, допустиме зношування по задній поверхні різця, елементи режиму оброблення, матеріал та діаметр заготовки, геометричні параметри різальної частини інструмента. Результати розрахунків (швидкість різання, загальна тривалість роботи інструмента, значення розмірного зношування інструмента після кожного проміжку його роботи, значення допустимого розмірного зношування) можна побачити в окремому вікні програми (рис. 1.9), натиснувши відповідну кнопку.

Для отримання невідомих параметрів математичних моделей необхідно задати довільне значення тривалості роботи інструмента t_0 та натиснути кнопку «Визначити параметри».

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						13
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.9 – Інтерфейс вікна з результатами розрахунків

Після визначення невідомих параметрів математичних моделей будуть побудовані графіки залежностей:

- розмірного зношування від часу оброблення $h_p = f(\tau)$;
- розмірного зношування від швидкості різання $h_p = f(V)$;
- періоду стійкості інструмента від швидкості різання $T = f(V)$.

Графіки залежностей виводяться в окремому вікні програми (рис. 1.10).

Рисунок 1.10 – Інтерфейс вікна з графіками залежностей

Комп'ютерну програму «Wear of Cutting Tools» введено в навчальний процес. Вона використовується для обчислення результатів лабораторної роботи «Дослідження впливу технологічних факторів на зношування різального інструмента» з дисципліни «Технологія машинобудування».

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Програмний продукт «Overall Machining Uncertainty»

Одним із завдань технолога є аналіз факторів, що викликають похибки оброблення і розроблення заходів щодо їх усунення.

Сумарна похибка оброблення ε_{Σ} є наслідком дії багатьох первинних похибок:

$$\varepsilon_{\Sigma} = f(\varepsilon_i). \quad (1.5)$$

Найсуттєвіші з них наступні:

- $\varepsilon_{\text{уст.}}$ – похибка установки заготовки;
- $\varepsilon_{\text{верст.}}$ – геометричні похибки верстата;
- $\varepsilon_{\text{налаг.}}$ – похибка налагодження верстата;
- $\varepsilon_{\text{темп. деф.}}$ – похибка від температурних деформацій елементів технологічної оброблюючої системи (ТОС);
- $\varepsilon_{\text{знош.інстр.}}$ – похибка від зношування різального інструмента;
- $\varepsilon_{\text{пруж. деф.}}$ – похибка від пружних деформацій елементів ТОС.

Тобто

$$\varepsilon_{\Sigma} = f(\varepsilon_{\text{уст.}}, \varepsilon_{\text{верст.}}, \varepsilon_{\text{налаг.}}, \varepsilon_{\text{темп. деф.}}, \varepsilon_{\text{знош.інстр.}}, \varepsilon_{\text{пруж. деф.}}). \quad (1.6)$$

Сумарну похибку оброблення ε_{Σ} визначають для найбільш точних розмірів, які необхідно витримати на певній операції, з метою призначення обґрунтованих технологічних допусків на окремих технологічних переходах або перевірки можливості забезпечення точності розмірів.

На практиці сумарну похибку оброблення ε_{Σ} визначають наступним чином. Спочатку проводять оброблення партії деталей. Потім вимірюють дійсний розмір кожної деталі. Далі проводять статистичне оброблення експериментальних даних, яке найчастіше включає розрахунок оцінки математичного очікування (середнього арифметичного значення) розміру \bar{D} , оцінки дисперсії нормального розподілу (середньоквадратичного відхилення) S та експериментального значення сумарної похибки оброблення ε_{Σ} .

Метою даної роботи є підвищення продуктивності визначення сумарної похибки оброблення деталей в заданій технологічній системі та прийняття рішення щодо якості налагодження цієї технологічної системи.

Авторами створена комп'ютерна програма «Overall Machining Uncertainty» [6], написана мовою програмування Delphi. Інтерфейс вікна програми представлено на рис. 1.11. Ключем для початку роботи програми є введені користувачем ідентифікаційні дані (для студента – прізвище та номер групи), що виключає можливість обміну результатами розрахунків між користувачами-студентами.

Вихідними даними для роботи програми є результати експерименту та граничні розміри деталі.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.11 – Інтерфейс вікна програми «Overall Machining Uncertainty»

Результати розрахунків (поле допуску, середнє арифметичне значення вимірюваного розміру деталі, середньоквадратичне відхилення, сумарна похибка оброблення та графічне представлення результатів) можна побачити, натиснувши кнопку «Розрахувати».

Графічна інтерпретація результатів (рис. 1.12) представляє собою горизонтальну вісь із експериментальними (дійсними) розмірами деталей. Деталі, розмір яких знаходиться в межах поля допуску – придатні (позначаються синіми точками), а деталі, розміри яких за межами поля допуску – непридатні (червоні точки). Також на рисунку позначено поле розсіювання розмірів, що представляє собою сумарну похибку оброблення.

Рисунок 1.12 – Інтерфейс вікна з результатами розрахунків

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Маючи графічне представлення розсіювання дійсних розмірів деталей відносно поля допуску, можна зробити висновок щодо якості налагодження ТОС. На рис. 1.13 представлено приклади якісного (рис. 1.13, а) та неякісного (рис. 1.13, б) налагодження ТОС. Причому, при обробленні охоплених розмірів (валів), деталі, що знаходяться в червоній зоні – невиправно непридатні, а при обробленні охоплюючих розмірів (втулок) – непридатні з можливістю виправлення. При неякісному налагодженні технолог повинен прийняти заходи щодо зменшення сумарної похибки оброблення ε_{Σ} . Це можна зробити шляхом зміни налагоджувального розміру, вчасного підналагоджування верстату, вчасної зміни зношеного інструменту, зміни режиму різання тощо. Також не буде зайвим проаналізувати вплив інших складових сумарної похибки оброблення.

а)

б)

Рисунок 1.13 – Розсіювання дійсних розмірів деталей відносно поля допуску при якісному (а) та неякісному (б) налагодженні верстата

Комп'ютерну програму «Overall Machining Uncertainty» впроваджено в навчальний процес. Вона використовується для обчислення результатів при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Технологія машинобудування».

«Визначення сумарної похибки оброблення деталей в заданій технологічній системі»

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлу

2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Деталь «Корпус клапана Ду15» (рис. 2.1) відноситься до класу корпусні деталі. Головним елементом деталі є порожнистий циліндр, що має 4 різьбові отвори для кріплення верхньої та нижньої кришок. До зовнішньої поверхні циліндру прилягають 2 співвісних восьмигранника, вісь яких перпендикулярна до осі циліндру. Восьмигранники мають співвісні різьбові отвори. До зовнішньої поверхні корпусу та граней восьмигранників прилягають дві конічні бобишки, що між собою розташовані дзеркально. Бобишки мають різьбові отвори, що перетинаються із отворами восьмигранників.

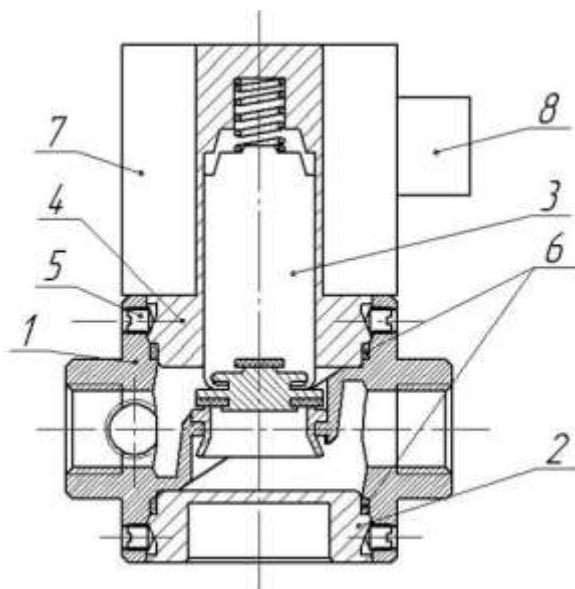
Аналіз кресленика деталі «Корпус клапана Ду15» показує, що на кресленнику деталі є достатня кількість проєкцій, перерізів та видів, які дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Корпус клапана Ду15 має габаритні розміри 62×65×95. Найточнішою поверхнею є внутрішня поверхня отвору $\varnothing 26^{+0,021}$ шорсткістю Ra0,63, що виконана за 7-им квалітетом. Внутрішні поверхні $\varnothing 51,7^{+0,046}$ та $\varnothing 53,6^{+0,046}$ шорсткістю Ra2,5, виконані за 8-им квалітетом. Також корпус має 4 отвори з метричною різьбою грубого класу точності 7H, та 4 отвори з трубною різьбою класу точності В.

Рисунок 2.1 – 3-D модель деталі «Корпус клапана Ду15»

2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлу

Корпус клапана призначений для установки в нього клапана, який призначений для дистанційного керування потоками рідин. Внутрішні поверхні клапана працюють в середовищі рідини – води. Конструкція не сприймає значних навантажень в процесі експлуатації.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – Корпус клапана Ду 15; 2 – кришка нижня; 3 – якір; 4 – кришка верхня; 5 – гвинт; 6 – кільцеве ущільнення; 7 – електромагнітна котушка; 8 – клемова коробка

Рисунок 2.2 – Складальний кресленик деталі «Корпус клапана Ду15»

2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Оскільки деталь в процесі експлуатації постійно працює в умовах високої вологи, то в якості конструкційного матеріалу обираємо сплав АК12, що відноситься до класу алюмінієвих ливарних сплавів. Сплав має підвищену рідинно текучість та герметичність, що забезпечує одержання щільних герметичних виливків складної форми, які в процесі експлуатації не сприймають значних навантажень.

Висновок: Матеріал заготовки сплав АК12 забезпечує сприятливі умови деталі в заданих умовах експлуатації.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад у % матеріалу АК12 ГОСТ 1583-93

до 1,5	10-13	до 0,5	до 0,1	84,3 - 90	до 0,6	до 0,1	до 0,1	до 0,3
--------	-------	--------	--------	-----------	--------	--------	--------	--------

Таблиця 2.2 – Фізико механічні характеристики матеріалу АК12 ГОСТ 1583-93

147-157	2700	50
---------	------	----

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Тип виробництва-це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску виробів. У відповідності до стандартів ГОСТ 3.1108-74 Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

Однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій ($K_{з.о}$), який визначається як відношення кількості всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватись протягом базового відрізка часу до загальної кількості робочих місць.

Коефіцієнт закріплення операцій – це відношення числа всіх різних технологічних операцій, які виконано чи належить виконати протягом місяця, до числа робочих місць. (ДСТУ 2974-95).

Операція – це закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, над однією деталлю, одним або кількома інструментами, одним або групою робітників (ДСТУ 2391-94).

Робоче місце – це елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції та оснащена матеріально-технічними засобами, використовуваними в процесі праці (ДСТУ 2960-94).

Коефіцієнт закріплення операції розраховується за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^n РМ_j} \quad (2.1)$$

де $K_{з.о}$ – коефіцієнт закріплення операції, розрахований на місяць; $ОП$ – загальна кількість операція, які виконуються на дільниці на протязі місяця; $РМ$ – кількість робочих місць на дільниці, які виконують відмінні технологічні операції.

Разом з тим є очевидним, що для визначення коефіцієнта закріплення операцій за формулою (2.1) можливо тільки для наявної дільниці цеху певної структури.

Для попереднього проектування доцільно використовувати аналогові методи визначення типу виробництва. Для цього необхідно визначити масу деталі та річний обсяг випуску.

Масу деталі знаходимо за допомогою програмного продукту SolidWorks попередньо побудувавши тривимірну модель деталі «Корпус клапана Ду15» (рис. 2.3).

У відповідності до виконаних розрахунків визначили, що маса деталі складає $m = 0,26$ кг, а обсяг випуску $N_p = 3000$ штук на рік.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.3 – Визначення маси деталі в середовищі SolidWorks

Відповідно до вихідних даних тип виробництва визначаємо за даними табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Аналогові дані для визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	легкі, масою до 20кг	середні, масою (20...30)кг	важкі, масою більше 30кг
Одиничний	до 100	до 10	1...5
Малосерійний	101...500	11...200	6...100
Середньосерійний	501...5000	201...1000	101...300
Великосерійний	5001...50000	1001...5000	301...1000
Масовий	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Для маси деталі $m = 0,26\text{кг}$ та річного обсягу випуску $N_p = 3000$ штук на рік тип виробництва буде середньосерійним.

Серійне виробництво – тип виробництва, що характеризується одночасним виготовленням на підприємстві обмеженої номенклатури однорідної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94).

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						21
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для середньо серійного типу виробництва встановлено, що коефіцієнт закріплення операцій визначається наступним діапазоном $10 < K_{30} \leq 20$. Для подальшого вирішення завдань технологічного підготовки виробництва, приймаємо величину коефіцієнта закріплення операцій $K_{30} = 11$.

Тип виробництва для традиційного машинобудівного виробництва визначає вид верстатного обладнання, інструментального забезпечення, систему верстатних пристроїв та певну систему проектування технологічних процесів. Враховуючи що в сучасному машинобудівному виробництві все більше використовують верстатні системи числового програмного управління (ЧПУ), то вплив типу виробництва на технологічне проектування значно зменшується, оскільки такі верстати мають широкі технологічні можливості, високу гнучкість і забезпечуються спеціалізованими системами пристроїв та системами інструментального забезпечення, а відповідно вимагають проектування операційного технологічного процесу (управляючих програм) незалежно від типу виробництва.

Висновок: Технологічне підготовки виробництва будемо виконувати для середньо серійного типу виробництва з коефіцієнтом закріплення операцій $K_{30} = 11$.

2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність-це властивість виробу, яка забезпечує найбільш просту реалізацію технологічного процесу.

Відпрацювання деталі на технологічність представляє собою комплекс заходів по забезпеченню необхідного рівня технологічності конструкції по встановленим показникам, направлена на підвищення продуктивності праці, зниженню витрат і скорочення часу на виготовлення виробу з забезпеченням належного рівня якості.

Оцінка технологічності може бути двох видів :

- якісна ;
- кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду і допускається на усіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовими показниками і раціональна у тому випадку коли ці показники значно впливають на технологічність виробу.

Нетехнологічними слід вважати елементи, які на даному етапі або заданих умов виробництва не можуть бути оброблені з використанням наявного обладнання та інструментального забезпечення. Сучасні верстати з ЧПУ практично знімають проблему технологічності конструкції виробу, оскільки їх технологічні можливості в сукупності з

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						22
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системою керування верстатом практично не мають обмежень на конструктивні особливості деталей машин.

Заготовка деталі «Корпус клапана Ду15» технологічна. Конструкція деталі складається з простих поверхонь, оброблення яких не потребує використання складного спеціального різального інструменту, забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструменту. Достатня жорсткість деталі допускає роботу з використанням високих режимів різання. Технологічний пристрій, що реалізує теоретичну схему базування по загальним технологічним базам забезпечує точне та надійне базування і закріплення в процесі оброблення.

Технологічні можливості верстатів з ЧПК та їх інструментальне забезпечення дозволяє обробляти практично всі конструктивні елементи деталей.

Умови технологічності деталі:

- допускається оброблення поверхонь деталі на прохід;
- для оброблення використовуються стандартні різальні і вимірювальні інструменти;
- оброблення всіх поверхонь забезпечує зручне підведення стандартного різального інструменту.

Висновок: Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус клапана Ду15» будемо проектувати для умов багатомноменклатурного виробництва з застосуванням верстатів з ЧПК.

2.4 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Важливим етапом підготовки до проектування технологічного процесу виготовлення деталей машин, який значною мірою визначає всі наступні рішення, є етап вибору виду та способу виготовлення заготовки. Вибір виду та способу виготовлення заготовки визначає величину припусків для оброблення поверхонь, особливості видалення поверхневих шарів матеріалу на етапі чорнового оброблення, величину залишкових напружень, які будуть вимагати включення в технологічний процес операцій термічного оброблення для їх зменшення та вирівнювання в поперечних перерізах робочих поверхонь.

В сучасному машинобудівному виробництві освоєні технологічні процеси виготовлення заготовок наступними видами:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, плит, листів, складних профілів);
- методами порошкової металургії;

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- комбінованими методами, коли окремі частини заготовки виготовляються литтям, або пластичним деформуванням, а їх з'єднання виконується зварюванням.

Разом з тим, необхідно приймати до уваги, що до теперішнього часу практичну більшість заготовок для машинобудівного виробництва виготовляються литтям або пластичним деформуванням.

Для визначення виду виготовлення заготовки необхідно, в першу чергу, прийняти до уваги фізико-механічні характеристики конструкційного матеріалу, конструктивні особливості деталі та її умови роботи у вузлу. Для виготовлення заготовок деталей машин використовують переважно дві великі групи матеріалів, а саме: конструкційні сталі та чавуни. Відповідно до їх фізико-механічних характеристик для виготовлення заготовок з конструкційних сталей використовують технологічні процеси пластичного деформування, а для заготовок з чавунів технологічні процеси лиття.

Враховуючи, що матеріал для виготовлення деталі визначає конструктор при проектуванні робочого кресленика деталі, то визначення виду виготовлення заготовок не складає великих труднощів, а саме: переважно пластичним деформуванням для сталей, окремих марок алюмінієвих та магнієвих сплавів, титанових сплавів і литтям для чавунів, сталей для лиття, окремих марок алюмінієвих та магнієвих сплавів.

За умов стабільного спеціалізованого виробництва, яке орієнтоване на тривалий випуск певних виробів, необхідно проектувати конструкцію достатньо точної заготовки з урахуванням службового призначення виробу, технологічного процесу механічного оброблення, вимог до характеристик якості робочих поверхонь та виробу в цілому. Необхідно приймати до уваги, що виготовлення заготовок зі стабільними характеристиками якості забезпечує надійну реалізацію технологічного процесу оброблення та зменшення витрат інструментальних матеріалів, оскільки режими різання для таких умов є оптимальними.

Проектування конструкції заготовки передбачає послідовне вирішення наступних завдань:

- проектування розміщення лінії рознімання опоки, штампу або прес-форми;
- визначення поверхонь заготовки, які планується використовувати для базування на перших операціях технологічного процесу оброблення;
- проектування необхідних етапів та послідовності оброблення поверхонь заготовки для досягнення заданих характеристик якості робочих поверхонь (чорнове, напівчистове, чистове та завершальне);
- визначення припусків для запланованих етапів оброблення кожної обробної поверхні;
- урахування технологічних особливостей реалізації процесу виготовлення заготовки, пластичне деформування в закритих або відкритих штампах, необхідні радіуси

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заокруглення поверхонь, необхідні ухили для зовнішніх та внутрішніх поверхонь, економічна точність розмірів даного способу виготовлення та параметри шорсткості поверхонь заготовки.

Узагальнення практичного досвіду виготовлення заготовок в машинобудуванні та результатів наукових досліджень основних технологічних процесів пластичного деформування та лиття дають змогу розробити стандартизований алгоритм обґрунтування виду та способу виготовлення заготовок деталей машинобудівного виробництва. Застосування такого алгоритму дає змогу найбільш простим та надійними способом спроектувати конструкцію заготовки. Вихідним документом для проектування заготовки є кресленик деталі, на якому вказано конструкційний матеріал та відповідний стандарт, який визначає його основні фізико-механічні характеристики, масу деталі та додатково необхідно приймати до уваги обсяг випуску таких деталей.

Відповідно, для обґрунтованого визначення виду та способу виготовлення заготовки необхідно послідовно визначити наступні показники конструкції деталі:

- код конструкційного матеріалу (КМ) за даними табл.2.4;

Таблиця 2.4 – Узагальнена класифікація конструкційних матеріалів за видами виготовлення заготовок

Код матеріалу (КМ)	Конструкційні матеріали	Окремі марки конструкційних матеріалів даної групи
13	<i>Кольорові сплави для лиття</i>	
	бронзи олов'яні (ГОСТ 613-79)	БрО10Ф1; БрО5Ц5С5
	бронзи без олов'яні (ГОСТ 493-79)	БрС30; БрА10Ж4Н4Л
	латуні (ГОСТ17711-93)	ЛЦ16К4; ЛЦ40Мц3Ж
	алюмінієві сплави (ДСТУ 2839-94)	АЛ2; АЛ3; АЛ6

- код серійності виготовлення заготовок (КС) за даними табл. 2.5;

При проектуванні конструкції заготовки необхідно визначити техніко-організаційні умови виробництва заготовок, для характеристики якого використовують коефіцієнт серійності (КС) і його значення визначають за даними табл. 2.5.

- код конструкційної форми (КФ) за даними табл. 2.6;

Наступним важливим фактором, який необхідно враховувати при проектуванні заготовок є характеристика конструктивної форми деталі, яка визначає геометричні особливості конструкції

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі. Конструктивні форми деталей загального машинобудування умовно поділяють на одинадцять груп. За характерними основними конструктивними ознаками визначають код форми (КФ), вихідні дані для якого наведено в табл.2.6.

Таблиця 2.5 – Визначення коефіцієнту серійності виготовлення заготовок

Маса заготовки, кг	Код групи серійності (КС) для заданого обсягу випуску заготовок				
	1	2	3	4	5
до 20	<300	300-3000	3001-35000	35001-200000	>200000

Таблиця 2.6 – Конструктивні форми деталей

Код форми (КФ)	Основні конструктивні ознаки деталі	Приклади конструкцій
4	Деталі ускладненої просторової форми	
42	Тонкостінні деталі, в тому числі і порожнисті, з плоскою, циліндричною, конічною або більш складною зовнішньою поверхнею	Пластини, панелі приладів, гільзи циліндрів, резервуари та оболонки

- код маси заготовок (КВ) за даними табл. 2.7.

Кожен спосіб виготовлення заготовок використовує відповідне технологічне обладнання, яке має обмеження за розмірами технологічної зони, габаритними розмірами заготовок, максимальним зусиллям робочого органу та інше. Узагальнюючим показником наведених обмежень є маса заготовки. Для визначення коду маси заготовки (КВ) доцільно використовувати рекомендації, які наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Визначення коду маси заготовки

Код маси заготовки (КВ)	Маса заготовки, Мз, кг	Код маси заготовки (КВ)	Маса заготовки, Мз, кг
1	до 20	5	501-1000

За визначеними характеристиками заготовки, які виражаються чисельними кодами за даними табл. 2.8 визначаються коди доцільних способів виготовлення заготовки.

Таблиця 2.8 – Вибір можливих способів виготовлення заготовок

Код матеріалу, <i>КМ</i>	Код форми, <i>КФ</i>	Код серійності, <i>КС</i>	Код маси, <i>КВ</i>	Коди способів виготовлення заготовок
13	21, 22	1, 2	1-8	111; 112
		3	1, 2	112; 113; 12; 13
			3-8	112; 113
		4, 5	1	113; 12; 14; 15; 16
			2	113; 12; 14; 16
			3-5	113; 14
			6-8	113
	31-33	1, 2	1-8	111; 112
	31, 32	3	1, 2	112; 113; 12; 13
			3-8	112; 113
		4, 5	1	113; 15; 16
			2	113; 16
			3-8	113
	33	3	1-8	112; 113
		4, 5	1, 2	113; 16
			3-8	113
	41, 42	1, 2	1-8	111; 112
	41	3	1, 2	112; 113; 12; 13
			3-8	112; 113
	41, 42	4, 5	1	113; 12; 15; 16
			2	113, 12; 16
			3-8	113

Аналіз рекомендацій, які наведені в табл. 2.8 свідчить про можливість застосовувати декілька способів виготовлення заготовок при однакових сукупностях визначених кодів, що потребує подальшого обґрунтованого прийняття рішень. За результатами узагальнення практичного використання різних видів та способів виготовлення заготовок визначені основні характеристики якості поверхонь, які найчастіше обмежуються точністю розмірів поверхонь та висотних параметрів шорсткості поверхні. Основні характеристики традиційних технологічних

процесів виготовлення заготовок, економічна точність розмірів та параметри шорсткості поверхонь, які виготовлені різними видами та способами наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Економічна точність розмірів та параметри шорсткості поверхонь заготовки, які виготовлені різними видами та способами

Код	Вид та способи виготовлення заготовок	Точність розмірів, IT	Параметр шорсткості, R_a , мкм
1	<i>Литтям</i>		
11	<i>Лиття в піщано-глинисті форми</i>		
111	ручне формування за дерев'яними моделями	17	80-20
112	ручне формування за металевими моделями	16-17	40-10
113	машинне формування за металевими моделями	14-16	20-5

Використовуючи вище подані дані для обґрунтованого визначення виду та способу виготовлення заготовки, маємо наступні показники конструкції деталі:

- код конструкційного матеріалу (*КМ*) - 13 (за даними табл.2.4);
- код серійності виготовлення заготовок (*КС*) - 2 (за даними табл. 2.5);
- код конструкційної форми (*КФ*) - 42 (за даними табл. 2.6);
- код маси заготовок (*КВ*) -1 (за даними табл. 2.7).

На основі визначених чотирьох показників визначаємо коди способів виготовлення заготовок для даної деталі: такими кодами є 111;112; (за даними табл. 2.8).

Це лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням за дерев'яними моделями (код 111) та з ручним формуванням за металевими моделями (код 112). Обираємо лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням за металевими моделями (код 112).

Економічну точність розмірів (IT) та параметри шорсткості поверхонь (R_a) заготовки визначаємо за даними табл. 2.9:

Точність розмірів IT (16-17); параметри шорсткості поверхонь $R_a=(20-5)$ мкм.

Ескіз заготовки наведено на рис.2.4, 3-D модель заготовки – на рис. 2.5.

2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);

										Арк.
										28
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ					

Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки

Рисунок 2.5 – 3-D модель заготовки

- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП);

2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Вихідними даними для вибору ЗТБ є робочий кресленик деталі і вузла в який входить задана деталь.

Для обґрунтування необхідно виконати класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

Конструкції будь-якої деталі можна представити як сукупність чотирьох видів поверхонь:

- основні конструкторські бази (ОКБ);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП);
- вільні поверхні (ВП);

Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням наведена на рис. 2.6.

Основними конструкторськими базами «Корпусу клапана Ду15» є 2 співвісних отвори О1, О2, та прилегла торцева поверхня О3.

- ОКБ - поверхні деталі, які визначають положення даної деталі в складальній одиниці або вузлу.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						29
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.6 – Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням

- Допоміжними конструкторськими базами є поверхні Д1-Д18.

ДКБ – поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї деталей.

- КП - поверхні деталей, які забезпечують фіксацію положення деталей, що приєднуються (К1-К8).

Інші поверхні є вільними поверхнями В1-В37.

- ВП – додаткові поверхні деталі, які створюють єдиний геометричний образ деталі.

У відповідності до алгоритму обґрунтування технологічних баз необхідно перевірити можливість використання поверхонь основних конструкторських баз в якості загальних технологічних баз (ЗТБ). Є очевидним, що поверхні основних конструкторських баз можуть бути використані в якості загальних технологічних баз. Теоретична схема базування по загальним технологічним базам наведено на рис. 2.7.

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам (рис. 2.7) має вид:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (2.2)$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.7 – Теоретична схема базування по загальним технологічним базам

Рисунок 2.8 – Теоретична схема базування по загальним технологічним базам

Конструктивна реалізація такої схеми базування (рис. 2.7) передбачає використання відповідних установочних елементів для реалізації площини $У(3)$, подвійна опорна база $ПО(2)$ реалізується коротким циліндричним пальцем, опорна база $О(1)$ реалізується жорстким упором.

Існує ще одна схема базування по ЗТБ, яка наведена на рис. 2.8.

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам (рис. 2.8) має вид:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow ПН(4) + О(1) + О(1) \quad (2.3)$$

Подвійна напрямна $ПН(4)$ та одна опорна бази $О(1)$ (точка 5) реалізуються за допомогою переднього плаваючого центру-грибка та заднього жорсткого центру-грибка. Інша опорна база $О(1)$ (точка 6) реалізується жорстким упором.

Аналізуючи дві попередньо наведені схеми базування по загальним технологічним базам (рис. 2.7 та 2.8), можна зробити такі висновки:

- Подвійна опорна база у схемі базування, що представлена на рис. 2.7 реалізується коротким циліндричним пальцем, для якого необхідний 8-ий квалітет точності отвору $О1$,

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а оскільки за креслеником отвір О1 має 14-й квалітет, то він потребує додаткового оброблення, що ускладнює процес виготовлення деталі.

- У схемі базування, що представлена на рис. 2.8 співвісність отворів О1 та О2 забезпечать перпендикулярність головних отворів корпусу відносно отворів основних конструкторських баз.

Таким чином, для загальних технологічних баз обираємо схему базування представлену на рис. 2.7, оскільки за такої схеми базування буде забезпечене правильне просторове розташування2поверхонь головних отворів відносно поверхонь основних конструкторських баз, та немає необхідності в додатковій обробці отвору О1.

2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

На другому етапі вибору технологічних баз необхідно визначити схему базування для перших технологічних операцій. Загальною вимогою до всіх можливих схем базування є забезпечення оброблення комплекту поверхонь загальних технологічних баз.

Обґрунтування технологічних баз для перших операцій є важливою складовою проектування технологічного процесу оброблення заданої деталі і забезпечує виконання ряду важливих технологічних завдань, а саме оброблення поверхонь загальних технологічних баз за першу технологічну операцію та чорнового оброблення поверхонь заготовки, які відкриті для оброблення, зменшення загальної кількості установок заготовки для виконання всього технологічного процесу.

При виборі поверхонь, які входять в комплект технологічних баз у відповідності за їх призначенням та ступенями вільності, яких вони полишають, доцільно враховувати наступні геометричні співвідношення:

- площа установочної бази повинна забезпечувати максимальну площу силового трикутника;
- напрямна база повинна забезпечувати найбільшу відстань розміщення опорних елементів, тобто мати максимальну довжину.

При виборі базових поверхонь для перших технологічних операцій необхідно забезпечити відкритість для оброблення всіх поверхонь загальних технологічних баз та вибрати такі верстати, які можуть здійснювати послідовне оброблення поверхонь ЗТБ для досягнення заданих характеристик якості. За інших умов необхідно приймати до уваги, що повний комплект загальних технологічних баз необхідно обробити за найближчі перші технологічні операції.

Якщо за першу технологічну операцію повний комплект загальних технологічних баз не оброблено, то в комплект технологічних баз для наступних технологічних операцій обов'язково

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинні входити попередньо оброблені головні базові поверхні, до яких відносять установочну базу У(3) або подвійну напрямну базу ПН(4).

За результатами наукових досліджень процесів оброблення різанням розроблено такий алгоритм вибору технологічних баз для перших операцій технологічного процесу:

- в якості технологічних баз необхідно приймати необробні поверхні заготовки. Такий вибір базових поверхонь буде забезпечувати після оброблення правильну просторову розташованість необробних поверхонь заготовки відносно обробних;
- якщо всі поверхні заготовки за креслеником деталі є обробними, то в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні, які мають найменший припуск.

Такий вибір базових поверхонь буде забезпечувати усунення можливості виникнення браку при подальшому обробленні таких поверхонь;

- якщо відсутні поверхні з мінімальним припуском, а його величина є достатньо рівномірною, то в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні заготовки, на яких виникнення браку не допускається;
- в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні заготовки, для яких необхідно забезпечити рівномірний припуск для наступних етапів оброблення;
- якщо є декілька можливих конкурентних схем базування по технологічним базам, то в якості технологічних баз, необхідно приймати варіант базування в якому обробна поверхня зв'язана з базовою поверхнею найкоротшими розмірними ланцюгами.

Розглянемо реалізацію наведеного алгоритму для деталі «Корпус клапана Ду15».

Структурна формула схеми базування по технологічним базам (рис. 2.9) має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (2.4)$$

Схема базування (рис. 2.9) включає торцеву поверхню Д5, внутрішню конічну поверхню В6 головного отвору та торцеву поверхню Д17 отвору К7. Конструктивна реалізація такої схеми базування (рис. 2.9) є достатньо складною, оскільки для базування по необробленому отвору необхідно застосувати спеціальну розтискну оправку. Ця оправка реалізує установочну базу У(3) та подвійну опорну базу ПО(2). Опорна база О(1) реалізується жорстким упором. Така схема базування (рис. 2.9) забезпечує оброблення поверхонь загальних технологічних баз, чорнове оброблення одного головного отвору корпусу та отвору К8.

Розглянемо іншу схему базування по технологічним базам (рис. 2.10), структурна формула якої має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow ПН(4) + О(1) + О(1) \quad (2.5)$$

Схема базування (рис. 2.10) включає зовнішні циліндричні поверхні В36, В37 та поверхні восьмигранників В22, В24. Конструктивна реалізація такої схеми базування (рис. 2.10)

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						33
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.9 – Теоретична схема базування по технологічним базам

Рисунок 2.10 – Теоретична схема базування по технологічним базам

передбачає використання двох коротких призм для реалізації подвійної напрямної бази ПН(4), опорні бази О(1) реалізуються жорсткими упорами. Така схема базування (рис. 2.10) забезпечує

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						34
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оброблення поверхонь загальних технологічних баз, чорнове та чистове оброблення головних отворів корпусу.

Необхідно приймати до уваги, що кожна схема базування вирішує певні технологічні завдання, тому в залежності від найбільш важливих технологічних завдань і визначається схема базування для перших технологічних операцій.

Оскільки сучасні верстати з ЧПК та багатоцільові верстати мають широкі технологічні можливості реалізації всіх видів оброблення лезовими різальними інструментами, то для даного завдання проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус клапан Ду15» технологічним завданням є забезпечення мінімальної кількості установок заготовки в технологічному процесі. Такій умові відповідає схема базування, яка наведена на рис. 2.10 і її доцільно використати в технологічному процесі для першої технологічної операції.

На попередньому етапі проектування технологічного процесу оброблення необхідно визначити типові послідовності оброблення поверхонь. Для всіх обробних поверхонь заготовки визначаємо типові послідовності оброблення з урахуванням, що оброблення будемо виконувати на багатоцільових верстатах з ЧПУ на базі горизонтально-фрезерних обробних центрів. Тому типові послідовності оброблення поверхонь орієнтовані на застосуванні технологічних переходів фрезерування, свердління та розточування. Визначені типові послідовності оброблення наведено в табл. 2.10.

2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки

Типову послідовність оброблення поверхонь заготовки проектуємо на основі рекомендацій, що наведені в «Справочнике технолога-машиностроителя» [7]. Параметри точності IT та шорсткості R_a для різних видів оброблення обираємо за цим же джерелом. Зводимо все до табл. 2.10.

2.7 Проектування послідовності оброблення поверхонь заготовки

Важливим технологічним завданням проектування технологічних процесів є визначення послідовності оброблення поверхонь деталі. Тому вихідним документом для виконання цього етапу є робочий кресленик деталі та класифікація поверхонь деталі за їх службовим призначенням. Визначення послідовності оброблення поверхонь деталі є базою для подальшого проектування технологічних операцій оброблення. Зміст кожної технологічної операції оброблення буде в значній мірі визначатись технологічними можливостями верстату. Тому етап визначення послідовності оброблення поверхонь для заданої деталі є найбільш важливим для подальшого технологічного проектування.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						35
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10 – Технологічна послідовність оброблення поверхонь заготовки

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R _a , мкм		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R _a , мкм
1	2	3	4	5	6
O1, O2	14	2,5	Свердління	12	12,5
			Розточування чорнове	11	6,3
			Розточування напівчистове	10	2,5
O3, D12	14	3,2	Фрезерування торцеве однократне	12	3,2
D1, D5	12	3,2	Фрезерування торцеве однократне	12	3,2
D2, D3, D6, D7	8	2,5	Розточування чорнове	12	6,3
			Розточування чистове	9	3,2
			Розточування тонке	8	1,25
D4, D8	12	3,2	Розточування чорнове	12	6,3
			Розточування напівчистове	10	3,2
D9, D10	12	3,2	Розточування чорнове	12	6,3
			Розточування напівчистове	10	3,2
D11	7	0,63	Свердління	12	12,5
			Розточування напівчистове	10	3,2
			Розточування чистове	9	1,25
			Розточування тонке	7	0,63
D13, D14, D15, D16	14	3,2	Фрезерування торцеве однократне	12	3,2
D17, D18	14	3,2	Фрезерування торцеве однократне	12	3,2
B4, B9	14	3,2	Розточування чорнове	12	6,3
			Розточування напівчистове	10	3,2
B11, B12, B13, B14	14	6,3	Розточування однократне	12	6,3

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ

Арк.

36

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6
K1, K2	B	6,3	Свердління	12	12,5
			Розточування напівчистове	10	3,2
			Розточування чистове	9	1,25
			Зенкування	–	–
			Нарізання нарізі мітчиком	7H	3,2
K3, K4, K5, K6	7H	6,3	Свердління	12	12,5
			Зенкування	–	–
			Нарізання нарізі мітчиком	7H	3,2
K7, K8	B	6,3	Свердління	12	12,5
			Цекування	–	–
			Зенкування	–	–
			Нарізання нарізі мітчиком	B	3,2
B1-B3, B5-B8, B10, B15-B37	–	–	Ці поверхні за креслеником є необробними поверхнями і їх характеристики якості забезпечуються технологічними процесом виготовлення заготовки	–	–

Узагальнений алгоритм визначення послідовності оброблення поверхонь в технологічному процесі розроблено за результатами наукових досліджень, аналізу практичного досвіду застосування ефективних технологічних процесів, які успішно реалізовувались в виробництві і передбачає таку послідовність оброблення поверхонь будь-яких конструкцій деталей:

- Першими обробляються поверхні заготовки, які є базами для виконання наступних етапів оброблення.
- Кожний наступний технологічний перехід або операція повинні підвищувати характеристики якості обробних поверхонь.
- Етап чорнового оброблення заготовки необхідно відокремлювати від наступних етапів оброблення певним проміжком часу, або, для скорочення проміжку часу між етапами оброблення, передбачати застосуванням операцій старіння (природного або штучного) особливо

для технологічних процесів оброблення відповідальних, великогабаритних та високо вартісних деталей.

- Для своєчасного виявлення браку на поверхнях, на яких він не допускається, необхідно передбачати оброблення цих поверхонь на перших етапах технологічного процесу, що забезпечить своєчасне виявлення браку та зменшить непродуктивні витрати на оброблення.

- На чорновому етапі оброблення після попереднього оброблення базових поверхонь, першими необхідно обробляти поверхні, при обробленні яких буде видалятися максимальний об'єм матеріалу, або які мають найбільший припуск, а також найбільш відповідальні поверхні.

- Завершальне оброблення найбільш відповідальних поверхонь необхідно виконувати на останніх технологічних операціях або переходах, що забезпечує можливість при завершальному їх обробленні компенсувати всі попередні похибки оброблення, виключає випадкове пошкодження остаточно оброблених поверхонь та забезпечує максимальну тривалість етапу природного старіння.

- При чорновому обробленні поверхонь ступінчастих валів (особливо при недостатній їх жорсткості) першими необхідно обробляти поверхні, які найменше зменшують загальну жорсткість заготовки, а також намагатися забезпечити мінімальну довжину робочих переміщень інструменту при обробленні заданих поверхонь валу.

- Технологічні переходи в технологічній операції необхідно виконувати таким чином, щоб довжина ходу інструменту з найменшим періодом стійкості була мінімальною.

- Поверхні заготовки, до яких встановлені вимоги взаємної просторової розташованості найкраще обробляти за одну установку при незмінній загальній технологічній базі.

- Оброблення складних поверхонь, наприклад нарізання нарізі, оброблення поверхонь методами поверхневого пластичного деформування (обкочування, розкочування, вигладжування), методами плоско вершинного хонінгування, які вимагають спеціального налагодження верстату, необхідно виділяти в окремі технологічні операції.

- При завершальному обробленні точних відповідальних поверхонь на верстатах традиційних конструкцій доцільно не передбачати зміну інструменту, оскільки зміна інструменту може вимагати коригування налагодження верстату.

- Кріпильні поверхні, які передбачені в конструкції деталі, доцільно обробляти після завершального оброблення поверхні, в якій вони виготовляються. Така послідовність виконання технологічних переходів забезпечить перпендикулярність вісі кріпильного отвору до поверхні в якій вони обробляються.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						38
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- При обробленні певної кількості отворів однією багатоінструментною наладкою на агрегатних верстатах, доцільно комплектувати наладку інструментами з близьким діапазоном розмірів, що забезпечить підвищення продуктивності оброблення.

Недоцільно комплектувати інструментальну наладку відмінними осьовими інструментами, наприклад, свердлами, зенкерами, розвертками, оскільки ефективні умови роботи кожного з таких інструментів суттєво відрізняються і, в першу чергу, оптимальними значеннями подач. Разом з тим, в теперішній час широко застосовуються конструкції комбінованих різальних інструментів для верстатів з ЧПУ, де можливе управління режимами різання в процесі оброблення складних поверхонь.

- При проектуванні технологічних операцій оброблення на багатоцільових верстатах доцільно планувати таку послідовність та кількість технологічних переходів, яка потребує кількості інструментів, що не перевищує ємність інструментального магазину верстату, або передбачати використання конструкцій комбінованих різальних інструментів.

- В умовах великосерійного виробництва для організації ефективного обслуговування робочих місць доцільно синхронізувати технологічні операції за часом їх виконання для створення вихідних умов автоматизації виконання окремих операцій та всього технологічного процесу.

- Якщо в технологічному процесі механічного оброблення передбачені операції термічного оброблення, то технологічний процес за завданнями, що вирішуються, розділяється на два етапи, до термічного оброблення та після термічного оброблення.

- Фаски на поверхнях необхідно утворювати після завершального лезового оброблення тих поверхонь, де необхідно їх обробляти. Канавки, які розділяють окремі обробні поверхні і призначені для перебігу різальних інструментів при подальшому обробленні поверхонь, наприклад, оброблення нарізі, завершального розточування або шліфування, необхідно обробляти перед виконанням оброблення, яке вони забезпечують. А фаски та канавки, які обробляють на поверхнях, що обробляються методами поверхневого пластичного деформування (ППД) виконуються після виконання ППД.

- В технологічних процесах необхідно передбачати операції контролю, які доцільно розмішувати між окремими етапами оброблення, наприклад перед виконанням особливо відповідальних операцій, а також після завершення виконання технологічного процесу.

При проектуванні операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника» враховані всі вимоги наведеного алгоритму.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус клапана Ду15»

Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі корпус вимагає визначення послідовності виконання технологічних переходів на кожній технологічній операції.

005 Багатоцільова. Верстат моделі Haas EC-400

А. Установити, закріпити, зняти

005.01 Фрезерувати торцеву поверхню Д12 остаточно, витримуючи розмір 1.

А1. Повернути стіл на 180°.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 05.02 Фрезерувати торцеву поверхню О3 остаточно, витримуючи розмір 2.
- 05.03 Центрувати торцеву поверхню О3 остаточно, витримуючи розміри 3, 4, 5, 6, 7.
- A2. Повернути стіл на 180°.
- 05.04 Центрувати торцеву поверхню Д12 остаточно, витримуючи розміри 3, 4, 5, 6, 7.
- 05.05 Свердлити отвір О2 остаточно, витримуючи розміри 8, 9.
- A3. Повернути стіл на 180°.
- 05.06 Свердлити отвір О1 остаточно, витримуючи розміри 8, 9.
- 05.07 Розсвердлити отвір О1 остаточно, витримуючи розміри 8', 9.
- A4. Повернути стіл на 180°.
- 05.08 Розсвердлити отвір О2 остаточно, витримуючи розміри 8', 9.
- 05.09 Розточити поверхню О2 попередньо, витримуючи розміри 8'', 9'.
- A5. Повернути стіл на 180°.
- 05.10 Розточити поверхню О1 попередньо, витримуючи розміри 8'', 9'.
- 05.11 Розточити канавку В11 остаточно, витримуючи розміри 10, 11, 12, 13, 14.
- A6. Повернути стіл на 180°.
- 05.12 Розточити канавку В13 остаточно, витримуючи розміри 10, 11, 12, 13, 14.
- 05.13 Розточити послідовно внутрішню фаску та отвір О2 остаточно, витримуючи розміри 16, 8''', (15).
- A7. Повернути стіл на 180°.
- 05.14 Розточити послідовно внутрішню фаску та отвір О1 остаточно, витримуючи розміри 16, 8''', (15).
- 05.15 Фрезерувати зовнішню фаску прилеглу до поверхні О3, витримуючи розмір 16.
- A8. Повернути стіл на 180°.
- 05.16 Фрезерувати зовнішню фаску прилеглу до поверхні Д12, витримуючи розмір 16.
- A9. Повернути стіл на 90° за годинниковою стрілкою.
- 05.17 Фрезерувати торцеву поверхню Д1 остаточно, витримуючи розмір 17.
- A10. Повернути стіл на 180°.
- 05.18 Фрезерувати торцеву поверхню Д5 остаточно, витримуючи розмір 18.
- 05.19 Свердлити отвір Д11 остаточно, витримуючи розміри, 19 (20).
- 05.20 Розсвердлити отвір Д11 остаточно, витримуючи розміри, 19', (20).
- 05.21 Розточити послідовно поверхні Д6, Д7, Д8 попередньо упорним різцем, витримуючи розміри 21, 22, 23, 24, 25, 26.
- 05.22 Розточити послідовно поверхні В9, Д10 попередньо упорним різцем, витримуючи розміри 27, 20'.
- A11. Повернути стіл на 180°.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						41
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

05.23 Розточити послідовно поверхні Д2, Д3, Д4 попередньо упорним різцем, витримуючи розміри 21, 22, 23, 24, 25, 26.

05.24 Розточити послідовно поверхні В4, Д9 попередньо упорним різцем, витримуючи розміри 27, 20'.

05.25 Розточити послідовно поверхні Д2, Д3, Д4 попередньо упорним різцем, витримуючи розміри 21', 22', 23, 24', 25', 26'.

A12. Повернути стіл на 180°.

05.26 Розточити послідовно поверхні Д6, Д7, Д8 попередньо упорним різцем, витримуючи розміри 21', 22', 23, 24', 25', 26'.

05.27 Розточити поверхню Д11 попередньо, витримуючи розміри 19", (20').

05.28 Розточити послідовно внутрішню фаску та поверхні Д6, Д7, Д8 остаточно упорним різцем, витримуючи розміри 28, 21", 22", 23, 24", 25", 26".

05.29 Розточити послідовно поверхні В9, Д10 остаточно упорним різцем, витримуючи розміри 27', 20".

A13. Повернути стіл на 180°.

05.30 Розточити послідовно внутрішню фаску та поверхні Д2, Д3, Д4 остаточно упорним різцем, витримуючи розміри 28, 21", 22", 23, 24", 25", 26".

05.31 Розточити послідовно поверхні В4, Д9 остаточно упорним різцем, витримуючи розміри 27', 20".

05.32 Розточити поверхню Д11 остаточно, витримуючи розміри 19"', (20").

010 Багатоцільова. Верстат моделі Haas EC-400

Установ А

А. Установити, закріпити, зняти

A1. Повернути стіл на 90° проти годинникової стрілки.

10.01 Фрезерували поверхню Д18 остаточно, витримуючи розмір 1.

A2. Повернути стіл на 180°.

10.02 Фрезерували поверхню Д17 остаточно, витримуючи розмір 1.

10.03 Центрувати поверхню Д17 остаточно, витримуючи розміри 2, 3, 4, 5, 6, 7.

A3. Повернути стіл на 180°.

10.04 Центрувати поверхню Д18 остаточно, витримуючи розміри 2, 3, 4, 5, 6, 7.

10.05 Свердлити отвір К8 остаточно, витримуючи розміри 8, 1.

A4. Повернути стіл на 180°.

10.06 Свердлити отвір К7 остаточно, витримуючи розміри 8, 1.

10.07 Цекувати отвір К7 остаточно, витримуючи розміри 9, 10.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						42
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A5. Повернути стіл на 180°.

10.08 Цекувати отвір K8 остаточно, витримуючи розміри 9, 10.

10.09 Зенкувати отвір K8 остаточно, витримуючи розмір 11.

A6. Повернути стіл на 180°.

10.10 Зенкувати отвір K7 остаточно, витримуючи розмір 11.

10.11 Нарізати нарізь K7 остаточно, витримуючи розміри 12, 8.

A7. Повернути стіл на 180°.

10.12 Нарізати нарізь K8 остаточно, витримуючи розміри 12, 8.

A8. Повернути стіл на 90° за годинниковою стрілкою.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						43
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.13 Фрезерувати торцеву поверхню Д14 остаточно, витримуючи розміри 13, (14).

A9. Повернути стіл на 180°.

10.14 Фрезерувати торцеву поверхню Д13 остаточно, витримуючи розміри 20, (14).

10.15 Свердлити отвір К3 остаточно, витримуючи розміри 15, 16, 17.

A10. Повернути стіл на 180°.

10.16 Свердлити отвір К4 остаточно, витримуючи розміри 15, 16, 17.

10.17 Зенкувати отвір К4 остаточно, витримуючи розмір 18.

A11. Повернути стіл на 180°.

011.18 Зенкувати отвір К3 остаточно, витримуючи розмір 18.

10.19 Нарізати нарізь К3 остаточно, витримуючи розміри 19, 17.

A12. Повернути стіл на 180°.

10.20 Нарізати нарізь К4 остаточно, витримуючи розміри 19, 17.

Установ Б

A. Установити, закріпити, зняти

10.21 Фрезерувати торцеву поверхню Д15 остаточно, витримуючи розміри 13, (14).

A13. Повернути стіл на 180°.

10.22 Фрезерувати торцеву поверхню Д16 остаточно, витримуючи розміри 20, (14).

10.23 Свердлити отвір К6 остаточно, витримуючи розміри 15, 16, 17.

A14. Повернути стіл на 180°.

10.24 Свердлити отвір К5 остаточно, витримуючи розміри 15, 16, 17.

10.25 Зенкувати отвір К5 остаточно, витримуючи розмір 18.

A15. Повернути стіл на 180°.

011.26 Зенкувати отвір К6 остаточно, витримуючи розмір 18.

10.27 Нарізати нарізь К6 остаточно, витримуючи розміри 19, 17.

A16. Повернути стіл на 180°.

10.28 Нарізати нарізь К5 остаточно, витримуючи розміри 19, 17.

10.29 Нарізати нарізь К2 остаточно, витримуючи розміри 21, 22.

A17. Повернути стіл на 180°.

10.30 Нарізати нарізь К1 остаточно, витримуючи розміри 21, 22.

015 Мийочна

020 Контрольна

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						44
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9 Короткий опис вибору верстатного обладнання

Рисунок 2.12 – Горизонтально-фрезерний обробляючий центр Naas EC-400

Таблиця 2.11 – Характеристики верстата [8]

Горизонтально-фрезерний обробний центр Naas EC-400	
Характеристика	Значення
Кількість керованих осей, шт	4
Макс. переміщення по осі X, мм	508
Макс. переміщення по осі Y, мм	508
Макс. переміщення по осі Z, мм	508
Довжина палети/столу, мм	400
Ширина палети/столу, мм	400
Максимальне навантаження, кг	454
Кількість змінних палет, шт.	2
Час повороту палети на 90°, с	3,6
Час зміни палети, с	8
Розмір конуса шпинделя	40
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв	8000
Макс. потужність шпинделя, кВт	14,9
Макс. крутний момент, кН	102
Макс. осьове зусилля, кН	20,5
Макс. швидкість холостих подач, м/хв	25,4
Макс. робочі подачі по осях, м/хв	12,7

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Кількість позицій в автоматичному змінника інструменту, шт.	24+1
Макс. діаметр інструмента (при зайнятих сусідніх позиціях), мм	76
Макс. маса інструменту, кг	5,4
Час зміни інструменту (середнє), с	2,1
Точність позиціонування, мм	± 0,0050
Повторюваність, мм	± 0,0025
Обсяг бака МОР, л	303
Орієнтовна маса верстата (залежить від комплектації), кг	10115

2.10 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

2.10.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

2.10.1.1 Розрахунок припусків на отвір $\varnothing 26^{+0,021} \text{ Ra0,63}$

Мінімальний припуск для оброблення поверхонь обертання визначається за формулою:

$$2Z_{i \min} = 2 \left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\frac{\Delta_{\Sigma}^2}{2} + \frac{\varepsilon^2}{2}} \right)$$

де R_z – висота нерівностей профілю; h – глибина дефектного поверхневого шару; Δ_{Σ} – сумарне просторове відхилення поверхні; ε – похибка установки заготовки.

Визначаємо елементи припуску. Середню висоту мікронерівностей R_z і глибину дефектного поверхневого шару h визначаємо за [7, с. 182, т. 6]. Сумарне просторове відхилення Δ_{Σ} заготовки визначаємо за [9, с. 69, т. 4.7]:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \sqrt{\frac{IT_d^2}{3} + 0,25^2} = \sqrt{\frac{1^2}{3} + 0,25^2} = 0,629 \text{ мм} = 629 \text{ мкм},$$

де IT_d – допуск (мм) на розмір зовнішньої циліндричної поверхні що лежить у призмі.

Сумарне просторове відхилення Δ_{Σ} після свердління визначаємо за [9, с. 71 т. 4.9]:

$$\Delta_{\Sigma \text{ свердл}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot h)_2 + C_{02}} = \sqrt{(0,9 \cdot 4)_2 + 25_2} = 25 \text{ мкм}$$

де Δ_k – питоме уведення свердла (мкм/мм); h – глибина отвору; C_0 – зміщення вісі отвору (мкм).

Сумарне просторове відхилення Δ_{Σ} після чистового розточування [7, с. 189, ф. 38]:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чист}} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,04 \cdot 629 = 25 \text{ мкм},$$

де K_y – коефіцієнт уточнення [7, с. 190, т. 29].

Похибка устаноки визначається за формулою [9, с. 74]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

де ε_6 – похибка базування на виконуваний операції, ε_3 – похибка закріплення на виконуваний операції.

										Арк.
										46
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ					

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{IT_d}{2\sin(\alpha/2)} = \frac{1000}{2\sin 60^\circ} = 577 \text{ мкм},$$

де IT_d – допуск на розмір зовнішньої циліндричної поверхні що лежить у призмі. α – кут призми.

Похибка закріплення ε_3 при свердлінні дорівнює 135 мкм [9, с. 81, т. 4.13]:

$$\varepsilon_{y \text{ свердл}} = \sqrt{577^2 + 135^2} = 593 \text{ мкм}$$

Похибка установки ε_y при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_{y \text{ чист}} = K_y \varepsilon_{y \text{ свердл}} = 0,05 \cdot 593 = 30 \text{ мкм}$$

Похибка установки ε_y при тонкому розточуванні:

$$\varepsilon_{y \text{ тон}} = K_y \varepsilon_{y \text{ свердл}} = 0,04 \cdot 593 = 24 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахункові мінімальні припуски для кожного переходу:

$$2Z_{\text{свердл min}} = 2 \left((R_z + h)_{\text{заг}} + \frac{\Delta_z}{\sqrt{\Sigma_{\text{заг}}}} + \frac{\varepsilon_{y \text{ свердл}}}{\sqrt{\Sigma_{\text{свердл}}}} \right) = 2 \left((400) + \frac{629}{\sqrt{\Sigma_{\text{заг}}}} + \frac{593}{\sqrt{\Sigma_{\text{свердл}}}} \right) = 2 \cdot 1264 = 2528 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{чист min}} = 2 \left((R_z + h)_{\text{свердл}} + \frac{\Delta_z}{\sqrt{\Sigma_{\text{свердл}}}} + \frac{\varepsilon_{y \text{ чист}}}{\sqrt{\Sigma_{\text{чист}}}} \right) = 2 \left((50+70) + \frac{25}{\sqrt{\Sigma_{\text{свердл}}}} + \frac{30}{\sqrt{\Sigma_{\text{чист}}}} \right) = 2 \cdot 159 = 318 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{тон min}} = 2 \left((R_z + h)_{\text{чист}} + \frac{\Delta_z}{\sqrt{\Sigma_{\text{чист}}}} + \frac{\varepsilon_{y \text{ тон}}}{\sqrt{\Sigma_{\text{тон}}}} \right) = 2 \left((25+25) + \frac{25}{\sqrt{\Sigma_{\text{чист}}}} + \frac{24}{\sqrt{\Sigma_{\text{тон}}}} \right) = 2 \cdot 85 = 170 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахункові припуски для кожного переходу:

$$d_{p \text{ тон}} = d_{\text{тон max}} = 26,021 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ чист}} = d_{p \text{ тон}} - 2Z_{\text{тон min}} = 26,021 - 0,17 = 25,851 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ свердл}} = d_{p \text{ чист}} - 2Z_{\text{чист min}} = 25,851 - 0,318 = 25,533 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ заг}} = d_{p \text{ свердл}} - 2Z_{\text{свердл min}} = 25,533 - 2,528 = 23,005 \text{ мм}$$

Визначаємо допуски для кожного переходу за ГОСТ 25346-89:

$$T_{\text{заг}} = 1300 \text{ мкм (IT16)}$$

$$T_{\text{свердл}} = 210 \text{ мкм (IT12)}$$

$$T_{\text{чист}} = 52 \text{ мкм (IT9)}$$

$$T_{\text{тон}} = 21 \text{ мкм (IT7)}$$

Визначаємо граничні розміри для кожного переходу:

$$d_{\text{тон max}} = d_{\text{дет max}} = 26,021 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ чист}} = 23,851 \text{ мм}, \quad \text{приймаємо } d_{\text{чист max}} = 25,851 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ свердл}} = 25,533 \text{ мм}, \quad \text{приймаємо } d_{\text{свердл max}} = 25,53 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ заг}} = 23,005 \text{ мм}, \quad \text{приймаємо } d_{\text{заг max}} = 23 \text{ мм}$$

$$d_{\text{тон min}} = d_{\text{дет min}} = 26 \text{ мм}$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$d_{\text{чист min}} = d_{\text{чист max}} - T_{\text{чист}} = 25,851 - 0,052 = 25,799 \text{ мм}$$

$$d_{\text{свердл min}} = d_{\text{свердл max}} - T_{\text{свердл}} = 25,53 - 0,21 = 25,32 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг min}} = d_{\text{заг max}} - T_{\text{заг}} = 23 - 1,3 = 21,7 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для кожного переходу:

$$2Z_{\text{тон min}} = d_{\text{тон max}} - d_{\text{чист max}} = 26,021 - 25,851 = 0,170 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чист min}} = d_{\text{чист max}} - d_{\text{свердл max}} = 25,851 - 25,53 = 0,321 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{свердл min}} = d_{\text{свердл max}} - d_{\text{заг max}} = 25,53 - 23 = 2,53 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{тон max}} = d_{\text{тон min}} - d_{\text{чист min}} = 26 - 25,799 = 0,201 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чист max}} = d_{\text{чист min}} - d_{\text{свердл min}} = 25,799 - 25,32 = 0,479 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{свердл max}} = d_{\text{свердл min}} - d_{\text{заг min}} = 25,32 - 21,7 = 3,62 \text{ мм}$$

Усі розраховані значення зводимо до табл. 2.12.

Виконуємо перевірку вірності проведених розрахунків:

$$2Z_{\text{max}} - 2Z_{\text{min}} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}$$

$$4,3 - 3,021 = 1,3 - 0,021$$

$$1,279 = 1,279$$

Отже, розрахунки виконано вірно.

Таблица 2.12 - Элементы припуска, граничные отклонения та допуски

Технологічні переходи при оброблення внутрішньої циліндричної поверхні Ø26Н7	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_i$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T_i , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε_y				$d_{i \text{ min}}$	$d_{i \text{ max}}$	$2Z_{i \text{ min}}$	$2Z_{i \text{ max}}$
Заготовка (виливок)	400		629	–	–	23,005	1300	21,7	23	–	–
Свердління	50	70	25	593	$2 \cdot 1264 = 2528$	25,533	210	25,32	25,53	2,53	3,62
Чистове розточування	25	25	25	30	$2 \cdot 159 = 318$	25,851	52	25,799	25,851	0,321	0,479
Тонке розточування	–	–	–	24	$2 \cdot 85 = 170$	26,021	21	26	26,021	0,170	0,201
								$2Z_z$		3,021	4,3

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ

Арк.

48

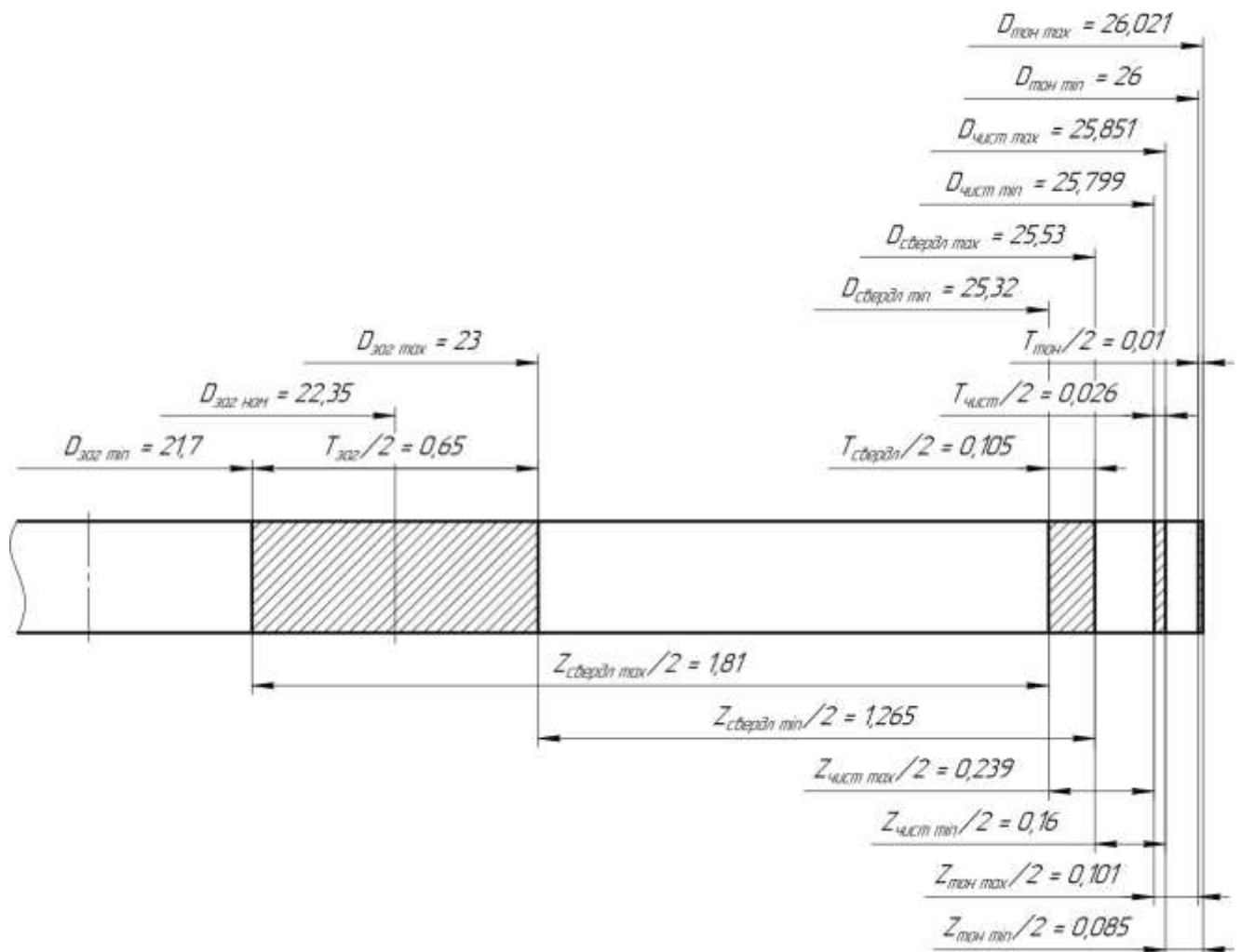


Рисунок 2.13 – Схема розміщення припусків та допусків на оброблення отвору $\varnothing 26^{+0,021}$

2.10.1.2 Розрахунок припусків на отвір $\varnothing 53,6^{+0,046} \text{ Ra}2,5$

Мінімальний припуск для оброблення поверхонь обертання визначається за формулою:

$$2Z_{i \min} = 2 \left((R + h)_{i-1} + \frac{\Delta_{\Sigma, i-1} + \varepsilon_{y, i}}{2} \right)$$

де R_z – висота нерівностей профілю; h – глибина дефектного поверхневого шару; Δ_{Σ} – сумарне просторове відхилення поверхні; ε – похибка установки заготовки.

Визначаємо елементи припуску. Середню висоту мікронерівностей R_z і глибину дефектного поверхневого шару h визначаємо за [7, с. 182, т. 6]. Сумарне просторове відхилення Δ_{Σ} заготовки визначаємо за [9, с. 69, т. 4.7]:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \sqrt{\frac{IT_d^2}{3} + 0,25^2} = \sqrt{\frac{1^2}{3} + 0,25^2} = 0,629 \text{ мм} = 629 \text{ мкм},$$

де IT_d – допуск (мм) на розмір зовнішньої циліндричної поверхні що лежить у призмі.

Сумарне просторове відхилення Δ_{Σ} після чорнового розточування [7, с. 189, ф. 38]:

									Арк.
									49
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ				

$$\Delta_{\Sigma \text{чорн}} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,06 \cdot 629 = 38 \text{ мкм},$$

де K_y – коефіцієнт уточнення [7, с. 190, т. 29].

Сумарне просторове відхилення Δ_{Σ} після чистового розточування визначається аналогічно:

$$\Delta_{\Sigma \text{чист}} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,04 \cdot 629 = 25 \text{ мкм},$$

Похибка установки визначається за формулою [9, с. 74]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2},$$

де ε_b – похибка базування на виконуваний операції, ε_z – похибка закріплення на виконуваний операції.

$$\varepsilon_b = \frac{IT_d}{2\sin(\alpha/2)} = \frac{1000}{2\sin 60^\circ} = 577 \text{ мкм},$$

де IT_d – допуск на розмір зовнішньої циліндричної поверхні що лежить у призмі. α – кут призми.

Похибка закріплення ε_z при чорновому розточуванні дорівнює 135 мкм [9, с. 81, т. 4.13]:

$$\varepsilon_{y \text{чорн}} = \sqrt{577^2 + 135^2} = 593 \text{ мкм}$$

Похибка установки ε_y при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_{y \text{чист}} = K_y \varepsilon_{y \text{чорн}} = 0,05 \cdot 593 = 30 \text{ мкм}$$

Похибка установки ε_y при тонкому розточуванні:

$$\varepsilon_{y \text{тон}} = K_y \varepsilon_{y \text{чорн}} = 0,04 \cdot 593 = 24 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахункові мінімальні припуски для кожного переходу:

$$2Z_{\text{чорн min}} = 2 \left((R+h)_z + \frac{\Delta_{\Sigma \text{заг}}}{\sqrt{2}} + \frac{\varepsilon_{y \text{чорн}}}{\sqrt{2}} \right) = 2 \left((400) + \frac{629}{\sqrt{2}} + \frac{593}{\sqrt{2}} \right) = 2 \cdot 1264 = 2528 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{чист min}} = 2 \left((R+h)_z + \frac{\Delta_{\Sigma \text{чорн}}}{\sqrt{2}} + \frac{\varepsilon_{y \text{чист}}}{\sqrt{2}} \right) = 2 \left((40+50) + \frac{38}{\sqrt{2}} + \frac{30}{\sqrt{2}} \right) = 2 \cdot 138 = 276 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{тон min}} = 2 \left((R+h)_z + \frac{\Delta_{\Sigma \text{чист}}}{\sqrt{2}} + \frac{\varepsilon_{y \text{тон}}}{\sqrt{2}} \right) = 2 \left((25+25) + \frac{25}{\sqrt{2}} + \frac{24}{\sqrt{2}} \right) = 2 \cdot 85 = 170 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахункові припуски для кожного переходу:

$$d_{p \text{тон}} = d_{\text{тон max}} = 53,646 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{чист}} = d_{p \text{тон}} - 2Z_{\text{тон min}} = 53,646 - 0,17 = 53,476 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{чорн}} = d_{p \text{чист}} - 2Z_{\text{чист min}} = 53,476 - 0,276 = 53,2 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{заг}} = d_{p \text{чорн}} - 2Z_{\text{чорн min}} = 53,2 - 2,528 = 50,672 \text{ мм}$$

Визначаємо допуски для кожного переходу за ГОСТ 25346-89:

$$T_{\text{заг}} = 1900 \text{ мкм (IT16)}$$

									Арк.
									50
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ				

$$T_{\text{чорн}} = 300 \text{ мкм (IT12)}$$

$$T_{\text{чист}} = 120 \text{ мкм (IT10)}$$

$$T_{\text{тон}} = 46 \text{ мкм (IT8)}$$

Визначаємо граничні розміри для кожного переходу:

$$d_{\text{тон max}} = d_{\text{дет max}} = 53,646 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ чист}} = 53,476 \text{ мм,} \quad \text{приймаємо } d_{\text{чист max}} = 53,47 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ чорн}} = 53,2 \text{ мм,} \quad \text{приймаємо } d_{\text{чорн max}} = 53,2 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ заг}} = 50,672 \text{ мм,} \quad \text{приймаємо } d_{\text{заг max}} = 50,6 \text{ мм}$$

$$d_{\text{тон min}} = d_{\text{дет min}} = 53,6 \text{ мм}$$

$$d_{\text{чист min}} = d_{\text{чист max}} - T_{\text{чист}} = 53,47 - 0,12 = 53,35 \text{ мм}$$

$$d_{\text{чорн min}} = d_{\text{чорн max}} - T_{\text{чорн}} = 53,2 - 0,3 = 52,9 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг min}} = d_{\text{заг max}} - T_{\text{заг}} = 50,6 - 1,9 = 48,7 \text{ мм}$$

Таблиця 2.13 - Елементи припуску, граничні відхилення та допуски

Технологічні переходи при оброблення внутрішньої циліндричної поверхні Ø53,6H8	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_i$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T_i , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	h	$\Delta\Sigma$	ε_y				$d_{i \text{ min}}$	$d_{i \text{ max}}$	$2Z_{i \text{ min}}$	$2Z_{i \text{ max}}$
Заготовка (виливок)	400		629	—	—	50,672	1900	48,7	50,6	—	—
Чорнове розточування	40	50	38	593	$2 \cdot 1264 =$ 2528	53,2	300	52,9	53,2	2,6	40
Чистове розточування	25	25	25	30	$2 \cdot 138 =$ 276	53,476	120	53,35	53,47	0,27	25
Тонке розточування	—	—	—	24	$2 \cdot 85 =$ 170	53,646	46	53,6	53,646	0,176	—
								$2Z_3$	3,046	4,9	

Визначаємо граничні значення припусків для кожного переходу:

$$2Z_{\text{тон min}} = d_{\text{тон max}} - d_{\text{чист max}} = 53,646 - 53,47 = 0,176 \text{ мм}$$

										Арк.
										51
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІБ.ММІ.МІ-4121.000 113					

$$2Z_{\text{чист min}} = d_{\text{чист max}} - d_{\text{чорн max}} = 53,47 - 53,2 = 0,27 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чорн min}} = d_{\text{чорн max}} - d_{\text{заг max}} = 53,2 - 50,6 = 2,6 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{тон max}} = d_{\text{тон min}} - d_{\text{чист min}} = 53,6 - 53,35 = 0,25 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чист max}} = d_{\text{чист min}} - d_{\text{чорн min}} = 53,35 - 52,9 = 0,45 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чорн max}} = d_{\text{чорн min}} - d_{\text{заг min}} = 52,9 - 48,7 = 4,2 \text{ мм}$$

Усі розраховані значення зводимо до табл. 2.13.

Виконуємо перевірку вірності проведених розрахунків:

$$2Z_{\text{max}} - 2Z_{\text{min}} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}$$

$$4,9 - 3,046 = 1,9 - 0,046$$

$$1,854 = 1,854$$

Отже, розрахунки вірні.

Рисунок 2.14 – Схема розміщення припусків та допусків на оброблення отвору $\varnothing 53,6^{+0,046}$

2.10.2 Визначення припусків аналоговими методами

Для остаточно прийнятого способу виготовлення виливка литтям у піщано-глинисті форми з ручним формуванням за металевими моделями згідно з ГОСТ 26645-85 призначаємо:

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						52
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технологічний процес лиття – лиття у піщано-глинисті сирі форми з низько-вологих (до 2,8 %) високоміцних (більше 160кПа або 1,6 кг/см²) сумішей високим рівнем ущільнення до твердості не нижчої 90 одиниць; клас розмірної точності виливка 7.

2. При визначенні ступеня жолоблення елементів виливка враховуємо, що виливок має тонкі та довгі елементи; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка – 3;

3. Ступінь точності поверхонь виливка – 10;

4. Шорсткість поверхонь виливків $R_a = 12,5$ мкм,

5. Клас точності маси виливків – 8;

6. Ряд припусків на оброблення виливка – 4;

Згідно з ГОСТ 26645-85 точність виливка позначається: 7–3–10–8 ГОСТ26645-85.

Таблиця 2.14 – Визначення допусків, припусків та технологічних напусків для лінійних розмірів виливка деталі «Корпус клапана Ду15», (ГОСТ 26645-85)

№	Параметр	95h14 Ra3,2	65h12 Ra3,2	28h14 Ra3,2	Ø32H14 Ra3,2
1	2	3	4	5	6
1	Допуск на розмір виливка	1,2	1,2	1	1
2	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова
3	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова Напівчистова
4	Прийняте остаточне оброблення для забезпечення заданої якості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова Напівчистова
5	Загальний припуск на сторону	1,2	1,2	1	1

Продовження табл. 2.14

1	2	3	4	5	6
6	Технологічний напуск на сторону внаслідок формувальних уклонів	–	–	–	1
7	Остаточний розмір вилівка (прийнятий)	97,4±0,6	67,4±0,6	29±0,5	30±0,5

2.11 Визначення режимів різання

2.11.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

2.11.1.1 Розрахунок режиму різання для послідовного чорнового розточування отворів

$\varnothing 53,6^{+0,046} \text{ Ra}2,5$ та $\varnothing 51,7^{+0,046} \text{ Ra}2,5$

Вихідні дані:

- Оброблюваний матеріал – Сплав АК12;
- Устаткування – Горизонтально-фрезерний обробляючий центр Naas EC-400;
- Інструмент – розточувальний різець зі змінною багатогранною пластиною з твердого сплаву ВК8 ($\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 30^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $r = 1$).

Оскільки оброблюється корпусна деталь та сучасні верстати з ЧПК не вносять значних обмежень для встановлення подачі, маємо наступні обмеження, для встановлення подачі:

Обмеження за міцністю змінної пластини:

$$[s]_{\text{ли}} = \left[\frac{34 \cdot h^{(0,17-x)} \cdot c^{1,35} \cdot (\sin 60^\circ)^{0,8}}{C_p \cdot (\sin \varphi)^{0,8} \cdot K_p} \right]^{\frac{1}{y}}$$

де h – глибина різання, $h = 1,5$ мм;

c - товщина пластини, $c = 4$ мм;

C_p – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, $C_p = 40$;

x, y – показники ступеня, ; $x = 1$; $y = 0,75$;

K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$;

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують геометричні параметри різальної частини інструменту, $K_{\varphi p} = 0,89, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 0,93$;

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,83$$

										Арк.
										54
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ					

$$[s]_{nz} = \left[\frac{34 \cdot 1,5^{(0,17-1)} \cdot 4^{1,35} \cdot 0,866^{0,8}}{40 \cdot 1^{0,8} \cdot 0,83} \right]^{0,75} = 6,85 \text{ (мм/об)}$$

Обмеження за шосткістю поверхні:

$$[s]_{uu} = \sqrt{4Ra \cdot 8r_e}$$

де r_e - радіус вершини змінної пластини;

Ra - шорсткість поверхні;

$$[s]_{uu} = \sqrt{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 1} = 0,28 \text{ (мм / об)}$$

За розрахованими значеннями остаточно обираємо подачу: $S = 0,25$ мм/об;

Швидкість різання при розточуванні визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v \cdot 0,9 \text{ (м/хв)}$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, $C_v = 485$ [10]

x, y, m – показники ступеня; $x = 0,12$; $y = 0,25$; $m = 0,28$;

S - подача, $S = 0,25$ мм/об;

T - період стійкості, $T = 60$ хв;

t - глибина різання, $t = 1,5$ мм;

K_v – поправочний коефіцієнт, $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} K_{\varphi} K_{rv}$

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{mv} = 1$;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує характер поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,9$;

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента, $K_{iv} = 2,7$;

K_{φ} – коефіцієнт, що враховує вплив кута φ ; $K_{\varphi} = 0,7$

K_{rv} – коефіцієнт, що враховує вплив радіуса r заокруглення вершини інструмента; $K_{rv} = 0,94$

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 2,7 \cdot 0,7 \cdot 0,94 = 1,60$$

Тоді:

$$V = \frac{485}{60^{0,28} \cdot 1,5^{0,12} \cdot 0,25^{0,25}} \cdot 1,6 \cdot 0,9 = 299 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_i}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 299}{3,14 \cdot 53} = 1797 \text{ об/хв}$$

Приймаємо: $n = 1800$ об/хв.

Уточнюємо дійсну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 53 \cdot 1800}{1000} = 300 \text{ м/хв}$$

									Арк.
									55
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ				

Визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = 10 C_p h^x S^y V^n K_p$$

де C_p – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, $C_p = 40$;

x, y, n – показники степеня, $x = 1$; $y = 0,75$; $n = 0$;

K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$;

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{mp} = 1$;

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують геометричні параметри різальної частини інструменту, $K_{\phi p} = 0,94$; $K_{\gamma p} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 0,93$;

$$K_p = 1 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,96$$

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,5^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot V^0 \cdot 0,96 = 204 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{204 \cdot 300}{1000 \cdot 60} = 1,02 \text{ кВт}$$

Визначаємо час оброблення:

$$T_o = \frac{L}{S_{xv}} = \frac{l_{x.i} + l_{\text{ерізання}} + l_{\text{перемізу}}}{S_o \cdot n} = \frac{16 + 1 + 0}{0,25 \cdot 1800} = 0,038 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Режими різання для послідовного чорнового розточування отворів $\varnothing 53,6^{+0,046}$ Ra2,5 та $\varnothing 51,7^{+0,046}$ Ra2,5

$t, \text{ мм}$	$S, \text{ мм / об}$	$V, \text{ м / хв}$	$n, \text{ об / хв}$	$P_z, \text{ Н}$	$N, \text{ кВт}$	$T_o, \text{ хв}$
1,5	0,25	300	1800	204	1,02	0,038

2.11.1.2 Розрахунок режиму різання для свердління центрального отвору $\varnothing 12$ Ra12,5

Вихідні дані:

- Оброблюваний матеріал – Сплав АК12;
- Устаткування – Горизонтально-фрезерний обробляючий центр Haas EC-400;
- Інструмент – свердло спіральне із твердого сплаву $\varnothing 12$.

Подача яка допускається міцністю різальних кромки свердла визначається за емпіричною формулою:

$$[S]_{pk} = C_s \cdot D_{0,6}$$

де C_s – коефіцієнт пропорційності. $C_s = 0,125$

									Арк.
									56
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ				

Тоді

$$[S]_{pk} = 0,125 \cdot 12^{0,6} = 0,56 \text{ (мм/об)}$$

Рекомендована подача при свердлінні отвору в суцільному матеріалі алюмінію свердлом із твердого сплаву $\varnothing 12$ становить 0,12 мм/об [10, с. 277, т. 25].

Для подальших розрахунків приймаємо $S = 0,12$ мм/об

Швидкість різання при свердлінні визначається за формулою:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y} K_V$$

де C_V – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, $C_V = 36,3$

q, y, m – показники ступеня; $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$;

S - подача, $S = 0,12$ мм/об;

T - період стійкості, $T = 60$ хв;

t - глибина різання, $t = 6$ мм;

K_V – поправочний коефіцієнт, $K_V = K_{mv} K_{iv} K_{hv}$

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{mv} = 1$;

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента, $K_{iv} = 1$;

K_{hv} – коефіцієнт, що враховує глибину отвору; $K_{hv} = 1$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Тоді:

$$V = \frac{36,3 \cdot 12^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} \cdot 1 = 130 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 130}{3,14 \cdot 12} = 3450 \text{ об/хв}$$

Приймаємо: $n = 3450$ об/хв.

Визначаємо крутний момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p$$

де C_p – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, $C_p = 0,005$;

q, y – показники ступеня, $q = 2$; $y = 0,8$;

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови оброблення. В даному випадку $K_p = K_{mp}$

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{mp} = 1$;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 12^2 \cdot 0,12_{0,8} \cdot 1 = 1,32 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо осьову складову сили різання:

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p$$

де C_p – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, $C_p = 9,8$;

q, y – показники ступеня, $q = 1$; $y = 0,7$;

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови оброблення. В даному випадку $K_p = K_{mp}$

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{mp} = 1$;

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 12^1 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1 = 267 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{1,32 \cdot 3450}{1000 \cdot 60} = 0,076 \text{ кВт}$$

Визначаємо час оброблення:

$$T_o = \frac{L}{S} = \frac{l_{x.i} + l_{\text{врізання}} + l_{\text{перемізу}}}{S_o \cdot n} = \frac{4 + 3 + 3}{0,12 \cdot 3450} = 0,024 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Режими різання для свердління центрального отвору $\varnothing 12$ Ra12,5

$t, \text{ мм}$	$S, \text{ мм/об}$	$V, \text{ м/хв}$	$n, \text{ об/хв}$	$M_{kp}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	$P_o, \text{ Н}$	$N, \text{ кВт}$	$T_o, \text{ хв}$
6	0,12	130	3450	1,32	267	0,076	0,024

2.11.2 Визначення режимів різання аналоговими методами

Таблиця 2.17 – Режими різання на технологічних переходах

№ Операції	№ Переходу	$h, \text{ мм}$	$S_z, \text{ мм/зуб}$	$S_o, \text{ мм/об}$	$S_{xв}, \text{ мм/хв}$	$V, \text{ м/хв}$	$n, \text{ об/хв}$
1	2	3	4	5	6	7	8
005	01	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	02	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	03	2	–	0,05	350	87,92	7000
	04	2	–	0,05	350	87,92	7000
	05	5	–	0,12	456	119,32	3800
	06	5	–	0,12	456	119,32	3800
	07	8	–	0,25	750	150,72	3000
	08	8	–	0,25	750	150,72	3000
	09	0,9	–	0,2	440	122,96	2200

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ

Арк.

58

Продовження табл. 2.17

1	2	3	4	5	6	7	8
05	10	0,9	–	0,2	440	122,96	2200
	11	1	–	0,1	220	138,16	2200
	12	1	–	0,1	220	138,16	2200
	13	0,4	–	0,1	220	128,49	2200
	14	0,4	–	0,1	220	128,49	2200
	15	1,6	0,1	0,2	1500	235,5	7500
	16	1,6	0,1	0,2	1500	235,5	7500
	17	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	18	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	19	6	–	0,12	414	130,0	3450
	20	6,5	–	0,25	500	157	2000
	21	1,5	–	0,25	450	299,56	1800
	22	0,7	–	0,2	440	216,91	2200
	23	1,5	–	0,25	450	299,56	1800
	24	0,7	–	0,2	440	216,91	2200
	25	0,18	–	0,15	300	335,41	2000
	26	0,18	–	0,15	300	335,41	2000
	27	0,4	–	0,1	220	178,40	2200
	28	0,11	–	0,1	220	370,43	2200
	29	0,3	–	0,15	450	221,06	2200
30	0,11	–	0,1	220	370,43	2200	
31	0,3	–	0,15	450	221,06	2200	
32	0,1	–	0,05	110	179,68	2200	
010	01	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	02	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	03	2	–	0,05	350	87,92	7000
	04	2	–	0,05	350	87,92	7000
	05	5,75	–	0,12	414	129,996	3450
	06	5,75	–	0,12	414	129,996	3450
	07	3	0,1	0,3	1920	351,68	6400
	08	3	0,1	0,3	1920	351,68	6400

Продовження табл. 2.17

1	2	3	4	5	6	7	8
010	09	1	0,1	0,3	2250	316,75	7500
	10	1	0,1	0,3	2250	316,75	7500
	11	0,86	–	1,337	80,22	2,48	60
	12	0,86	–	1,337	80,22	2,48	60
	13	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	14	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	15	2,5	–	0,08	600	58,86	7500
	16	2,5	–	0,08	600	58,86	7500
	17	1	0,1	0,3	2250	162,97	7500
	18	1	0,1	0,3	2250	162,97	7500
	19	0,5	–	1	120	2,26	120
	20	0,5	–	1	120	2,26	120
	21	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	22	1,2	0,1	0,3	2250	353,25	7500
	23	2,5	–	0,08	600	58,86	7500
	24	2,5	–	0,08	600	58,86	7500
	25	1	0,1	0,3	2250	162,97	7500
	26	1	0,1	0,3	2250	162,97	7500
	27	0,5	–	1	120	2,26	120
	28	0,5	–	1	120	2,26	120
29	1,16	–	1,814	63,49	2,3	35	
30	1,16	–	1,814	63,49	2,3	35	

2.12 Нормування технологічних операцій

2.12.1 Розрахунок поштучного часу для операції 005

Визначимо норму часу, що приходить на операцію 005 «Багатоцільова з ЧПУ» при обробленні деталі «Корпус клапана Ду15».

Норма часу штучного визначається за наступною формулою:

$$T_{шт} = T_{он} + T_{обс} + T_{вн}$$

де $T_{вн}$ - час на власні потреби робітника, хв;

$T_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв;

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						60
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_{on} - оперативний час оброблення, хв;

$$T_{on} = T_o + T_{доп}$$

де T_o - основний час оброблення, хв;

$T_{доп}$ - допоміжний час роботи, хв, визначається за формулою:

$$T_{доп} = T_{уст} + T_{ун} + T_{вим} + T_{ін} + T_{ст}$$

де $T_{уст}$ - час на установку та зняття деталі, хв; $T_{уст} = 0,5$ хв;

$T_{ун}$ - час на прийом керування обладнання, хв, $T_{ун} = 0,5$ хв;

$T_{вим}$ - час на контрольні виміри, хв, $T_{вим} = 0,5$ хв;

$T_{ін}$ - час на зміну інструменту, $T_{ін} = 0,05$ хв;

$T_{ст}$ - час на поворот столу на 90° , $T_{ст} = 0,06$ хв;

Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп} = 0,5 + 0,5 + 0,5 + 13 \cdot 0,05 + 1,5 = 3,65 \text{ хв}$$

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 3$ хв

Отже, оперативний час складає:

$$T_{on} = 3 + 3,65 = 6,65 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{обс}$ та час на власні потреби $T_{вл}$ приймають у відсотках від оперативного часу:

$$T_{обс} = 0,06 \cdot T_{on} = 0,06 \cdot 6,65 = 0,4 \text{ хв}$$

$$T_{вл} = 0,04 \cdot T_{on} = 0,04 \cdot 12,5 = 0,27 \text{ хв}$$

Підставивши дані в формулу $T_{шт}$, отримаємо:

$$T_{шт} = 6,65 + 0,4 + 0,27 = 7,32 \text{ хв}$$

Визначимо норму штучно-калькуляційного часу за наступною формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n}$$

де $T_{н.з}$ - підготовчо-заклучний час, хв; n - кількість деталей в партії, шт;

Норма підготовчо-заклучного часу визначається за формулою:

$$T_{нз} = T_{орг} + T_{нал} + T_{но},$$

де $T_{орг}$ - норма часу на організаційну підготовку, хв; $T_{нал}$ - норма часу на налагодження верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв, хв; $T_{но}$ - норма часу на пробне оброблення, хв. Приймаємо $T_{орг} = 10$ хв, $T_{нал} = 30$ хв, $T_{но} = 15$ хв. Отже:

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$T_{пз} = 10 + 30 + 15 = 55 \text{ хв}$$

Розмір партії деталей n можна визначити за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{F},$$

де N – річний обсяг випуску, шт; t – кількість днів, на які потрібно забезпечити запас деталей; F – кількість робочих днів за рік. Приймаємо $t = 10$ днів, $F = 250$ днів. Отже:

$$n = \frac{3000 \cdot 10}{250} = 120 (\text{шт}).$$

Отже:

$$T_{шт-к} = 7,32 + \frac{55}{120} = 7,78 \text{ хв}$$

2.12.2 Нормування аналоговими методами

Норми часу для всіх інших операцій призначаємо аналоговим методом [12], [13] та зводимо дані в табл. 2.18.

Таблиця 2.18 – Нормування операцій аналоговим методом

№	T_o , хв	$T_{уст.}$ хв	$T_{уп}$, хв	$T_{вим.}$ хв	$T_{ін.}$ хв	$T_{ст.}$ хв	$T_{обс.}$ хв	$T_{вл.}$ хв	$T_{пз}$, хв			$T_{шк.}$ хв
									$T_{орг.}$, хв	$T_{нал.}$, хв	$T_{по.}$, хв	
005	3	0,5	0,5	0,5	0,65	1,5	0,4	0,27	10	30	15	7,78
010	3,5	1	0,8	0,5	0,75	2,04	0,52	0,34	10	30	20	9,91

ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Розроблення і розрахунок верстатних пристроїв

3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

3.1.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкції верстатного пристрою для операції 005

Пристрій призначений для базування і закріплення заготовки на операції 005. Передбачається встановлення пристрою на стіл багатоцільового верстату з ЧПК HAAS EC-400. Пристрій одномісний з ручним затиском.

Прийнята схема базування для операції 005 передбачає базування по двом зовнішнім циліндричним поверхням та двом взаємно перпендикулярним площинам. Така схема базування (рис. 3.1) позбавляє заготовку 6 ступенів вільності.

Матеріал заготовки – сплав АК12.

Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки у пристрої

3.1.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкції верстатного пристрою для операції 010

Пристрій призначений для базування і закріплення заготовки на операції 010. Передбачається встановлення пристрою стіл багатоцільового верстату з ЧПК верстат HAAS EC-400. Пристрій одномісний з ручним затиском.

Прийнята схема базування для операції 010 передбачає базування по площині та прилеглим до неї точним отвором. Така схема базування (рис. 3.2) позбавляє заготовку 5 ступенів вільності. Для позбавлення 6-го ступеня вільності передбачено жорсткий упор.

Матеріал заготовки – сплав АК12.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк. 63
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.2 – Схема базування заготовки у пристрої

3.1.2 Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв

У відповідності до відомих алгоритмів, розроблення конструкцій пристроїв проводять наступним чином: опрацьовують варіанти схем установки заготовок в пристрої і для технічної реалізації кращої із них вибирають конструкції установочних елементів пристрою; розроблюють розрахункову схему сил і моментів, що діють на заготовку під час обробки, розраховують силу для надійного закріплення заготовки; розроблюють схему затискного механізму і визначають його основні параметри; вибирають конструкції інших елементів пристрою; розроблюють ескіз загального виду (принципову схему); виконують розрахунки пристрою на точність; розраховують на міцність (жорсткість) найслабші та найбільше навантажені ланки пристрою.

3.2 Теоретичні та методичні основи проектування верстатних пристроїв

3.2.1 Розрахунок похибок базування

3.2.1.1 Розрахунок похибки базування для операції 005

Базування заготовки здійснюється у двох коротких призмах з кутом $\alpha = 120^\circ$ по зовнішніх циліндричних поверхнях $\varnothing 62 \pm 0,5$. Похибка базування виникає за рахунок «плавання» горизонтальної осі заготовок з різним діаметром.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						64
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.3 – Схема визначення похибки базування

Визначаємо похибку базування згідно схеми, що зображена на рис. 2.2:

$$\varepsilon_{\delta} = H_{\max} - H_{\min} = BO_1 - BO_2 = \frac{A_1 O_1}{\sin(\alpha/2)} - \frac{A_2 O_2}{\sin(\alpha/2)} = \frac{A_1 O_1 - A_2 O_2}{\sin(\alpha/2)} = \frac{\frac{D_{\max}}{2} - \frac{D_{\min}}{2}}{\sin(\alpha/2)} = \frac{IT_d}{2\sin(\alpha/2)}$$

Таким чином:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{IT_d}{2\sin(\alpha/2)} = \frac{1}{2\sin 60^\circ} = 0,577 \text{ мм}$$

3.2.1.2 Розрахунок похибки базування для операції 010

Базування заготовки здійснюється на площину, короткий циліндричний палець та жорсткий упор. Похибка базування виникає за рахунок зазору між внутрішньої поверхнею заготовки і зовнішньою поверхнею пальця. Такою виникає похибка за рахунок допуску на поверхню до якою встановлено жорсткий пор.

Похибка базування від плоскопаралельного зміщення буде рівна максимальному зазору між внутрішньої поверхнею заготовки і зовнішньою поверхнею пальця:

$$\varepsilon_{\delta} = S_{\max}$$

$$\varepsilon_{\delta} = ES - ei$$

де ES – верхнє відхилення отвору, ei – нижнє відхилення пальця.

$$\varepsilon_{\delta} = 0,046 - (-0,03) = 0,076 \text{ мм}$$

Похибка базування від кутового зміщення (рис. 3.4):

$$\varepsilon_{\delta} = \arctg \left(\frac{IT}{l} \right),$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						65
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де IT – допуск на площину до якої встановлено упор, l .

$$\varepsilon = \arctg\left(\frac{1}{37}\right) = 1^{\circ}30'$$

Рисунок 3.4 – Схема визначення похибки базування

3.2.2 Послідовність проектного розрахунку верстатного пристрою

Методика проектного розрахунку верстатних пристроїв включає в себе виконання наступних етапів:

1. Підготовку вихідних даних для проектування;
2. Розроблення компоновки пристрою;
3. Розрахунок пристрою на точність;
4. Розрахунок необхідної сили затиску;
5. Розрахунок силових механізмів;

Не дивлячись на лінійність викладеної методики, процес проектування і розрахунку часто таким не являється. Проектний розрахунок пристроїв це – ітераційний процес, в якому повернення до попередніх етапів може відбуватися, наприклад, для уточнення схеми установки, зміни вимог до елементів пристрою тощо.

3.3 Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску Q

3.3.1.1 Розрахунок необхідної сили затиску Q для операції 005

Під час свердління отвору $\varnothing 10$ у восьмиграннику може відбутися зсув заготовки із призми у напрямку осьової сили різання. Схема дії сил зображена на рис. 3.5. Вагою заготовки нехтуємо, оскільки вона незначна.

Умова рівноваги заготовки:

$$\sum P = 0$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						66
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

$$kP_o = F_{\text{тер}_1} + 2F_{\text{тер}_2}$$

Умова рівноваги заготовки:

$$\sum P = 0$$

$$kP_o = F_{\text{тер}_1} + 2F_{\text{тер}_2}$$

де k – коефіцієнт надійності закріплення; P_o – осьова сила при свердлінні; $F_{\text{тер}_1}$, $F_{\text{тер}_2}$ – сили тертя між заготовкою та прихватом, між заготовкою і призмою відповідно.

$$F_{\text{тер}_1} = Qf_1; \quad F_{\text{тер}_2} = Nf_2; \quad N = \frac{Q}{4\sin(\alpha/2)}$$

де f_1 , f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою та прихватом, між заготовкою і призмою відповідно; α – кут призми.

$$kP_o = Qf_1 + 2 \frac{Q}{4\sin(\alpha/2)} f_2 = Q \left(f_1 + \frac{f_2}{2\sin(\alpha/2)} \right)$$

$$Q = \frac{kP_o}{f_1 + \frac{f_2}{2\sin(\alpha/2)}} = \frac{2,5 \cdot 222}{0,18 + \frac{0,18}{2\sin 60^\circ}} = 1955 \text{ Н}$$

Таким чином, сила затиску Q , що необхідна для усунення зсуву заготовки із призми у напрямку осової сили різання становить 1955 Н.

Під час свердління центрального отвору $\varnothing 12$ під дією осової сили різання може відбутися зсув заготовки вздовж призми. Схема дії сил зображена на рис. 3.6.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						67
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.6 – Розрахункова схема

Умова рівноваги заготовки:

$$\sum P = 0;$$

$$kP_o = F_{мер_1} + 4F_{мер_2};$$

$$F_{мер_1} = Qf_1; \quad F_{мер_2} = \frac{Q}{4} f_2;$$

$$kP_o = Qf_1 + 4 \frac{Q}{4} f_2 = Q(f_1 + f_2)$$

$$Q = \frac{kP_o}{f_1 + f_2} = \frac{2,5 \cdot 267}{0,18 + 0,18} = 1854 \text{ Н}$$

Таким чином, сила затиску Q , що необхідна для усунення зсуву заготовки вздовж призми становить 1854 Н.

Під час послідовного чорнового розточування отворів $\varnothing 53,6^{+0,046}$ та $\varnothing 51,7^{+0,046}$ під дією головної складової сили різання може відбутися проворот заготовки у призмі. Схема дії сил зображена на рис. 3.7.

Умова рівноваги заготовки:

$$\sum M_o = 0;$$

$$kM_{різ} = F_{мер_1} r_{11} + 4F_{мер_2} r_{22};$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						68
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.7 – Розрахункова схема

$$F_{мер_1} = Qf_1; \quad F_{мер_2} = Nf_2; \quad N = \frac{Q}{4\sin(\alpha/2)}$$

$$kM_{піз} = Qfr_{3_1} + 4 \frac{Qf_2}{4\sin(\alpha/2)} r_{3_2} = Q \left(r_{3_1}f_1 + \frac{r_{3_2}f_2}{\sin(\alpha/2)} \right)$$

$$Q = \frac{kM_{піз}}{r_{3_1}f_1 + \frac{r_{3_2}f_2}{\sin(\alpha/2)}}$$

$$M_{піз} = P_z r_\delta = 204 \cdot 26 = 5304 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$Q = \frac{2,5 \cdot 2028}{29,5 \cdot 0,18 + \frac{31 \cdot 0,18}{\sin 60^\circ}} = 1128 \text{ Н}$$

Таким чином, сила затиску Q , що необхідна для усуненні провороту заготовки у призмі становить 431 Н.

Для подальших розрахунків приймає найбільше значення сили затиску Q , що становить 1955 Н.

3.3.1.2 Розрахунок необхідної сили затиску Q для операції 010

Під час свердління отвору $\varnothing 11,5$ може відбутися проворот заготовки навколо осі пальця. Схема дії сил зображена на рис. 3.8. Вагою заготовки нехтуємо, оскільки вона незначна.

Осьова сила при свердлінні:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 11,5^1 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1 = 255 \text{ Н}$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						69
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.8 – Розрахункова схема

Умова рівноваги заготовки:

$$\sum M_o = 0;$$

$$kP_o l_1 = M_{мер_1} + M_{мер_2};$$

$$M_{мер_1} = F_{мер_1} l_2; \quad F_{мер_1} = Qf;$$

$$M_{мер_2} = \frac{1}{3} Qf \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2};$$

$$kP_o l_1 = Qf l_2 + \frac{1}{3} Qf \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2};$$

$$Q = \frac{kP_o l_1}{f l_2 + \frac{1}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}$$

$$Q = \frac{2,5 \cdot 255 \cdot 28}{0,18 \cdot 29,4 + \frac{1}{3} \cdot 0,18 \cdot \frac{62^3 - 55,6^3}{62^2 - 55,6^2}} = 1686 \text{ Н}$$

Таким чином, сила затиску Q , що необхідна для усуненні провороту заготовки становить 1686 Н. Приймаємо це значення для подальших розрахунків.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						70
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв

3.3.2.1 Розрахунок силових механізмів пристрою для операції 005

Оскільки заготовка затискається прихватом, який затискають дві гайки, то осьове зусилля, що створюється силою затиску однією гайки:

$$W = \frac{Q}{2} = \frac{1955}{2} = 977,5 \text{ Н}$$

Сила, що прикладається робітником для затиску гайки визначається за формулою:

$$P_{роб.} = \frac{W \cdot r_{сер.} \cdot tg(\psi + \varphi_{зв.}) + M_{мер.}}{l},$$

де $r_{сер.}$ – середній радіус різьби; ψ – кут підйому різьби; $\varphi_{зв.}$ – кут тертя в різьбовому профілі; $M_{мер.}$ – момент тертя між гайкою та прихватом; l – довжина ключа.

$$\psi = \text{arctg} \left(\frac{t}{\pi \cdot d_{сер.}} \right) = \text{arctg} \left(\frac{1,75}{\pi \cdot 10,863} \right) = 2,9^\circ,$$

де t – крок різьби; $d_{сер.}$ – середній діаметр різьби.

$$\varphi_{зв.} = \text{arctg} \left(\frac{f_{різб.}}{\cos(\alpha/2)} \right) = \text{arctg} \left(\frac{0,18}{\cos 30^\circ} \right) = 11,7^\circ,$$

де $f_{різб.}$ – коефіцієнт тертя між різьбою гайки та гвинта; α – кут профілю різьби

$$M_{мер.} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} \cdot 977,5 \cdot 0,18 \cdot \frac{25^3 - 13,6^3}{25^2 - 13,6^2} = 1747 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

де f – коефіцієнт тертя між гайкою та прихватом; D, d – зовнішній та внутрішній діаметри бурта гайки відповідно

$$P_{роб.} = \frac{977,5 \cdot 5,4315 \cdot tg 14,6^\circ + 1747}{180} = 17,4 \text{ Н}$$

Таким чином, Сила, що прикладається робітником для затиску гайки становить 17,4 Н.

3.3.2.2 Розрахунок силових механізмів пристрою для операції 010

Оскільки заготовка затискається прихватом, який затискають дві гайки, то осьове зусилля, що створюється силою затиску однією гайки:

$$W = \frac{Q}{2} = \frac{1686}{2} = 843 \text{ Н}$$

Сила, що прикладається робітником для затиску гайки визначається за формулою:

$$P_{роб.} = \frac{W \cdot r_{сер.} \cdot tg(\psi + \varphi_{зв.}) + M_{мер.}}{l},$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						71
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $r_{сер}$ – середній радіус різьби; ψ – кут підйому різьби; $\varphi_{зв}$ – кут тертя в різьбовому профілі; $M_{тер}$ – момент тертя між гайкою та прихватом; l – довжина ключа.

$$\psi = \operatorname{arctg} \left(\frac{t}{\pi \cdot d_{сер}} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{1,75}{\pi \cdot 10,863} \right) = 2,9^\circ,$$

де t – крок різьби; $d_{сер}$ – середній діаметр різьби.

$$\varphi_{зв.} = \operatorname{arctg} \left(\frac{f_{різб.}}{\cos(\alpha/2)} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{0,18}{\cos 30^\circ} \right) = 11,7^\circ,$$

де $f_{різб.}$ – коефіцієнт тертя між різьбою гайки та гвинта; α – кут профілю різьби

$$M_{тер.} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} \cdot 843 \cdot 0,18 \cdot \frac{25^3 - 13,6^3}{25^2 - 13,6^2} = 1508 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

де f – коефіцієнт тертя між гайкою та прихватом; D, d – зовнішній та внутрішній діаметри бурта гайки відповідно

$$P_{роб.} = \frac{843 \cdot 5,4315 \cdot \operatorname{tg} 14,6^\circ + 1508}{180} = 15 \text{ Н}$$

Таким чином, Сила, що прикладається робітником для затиску гайки становить 15 Н.

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок собівартості деталі

Собівартість продукції – один з найважливіших показників діяльності підприємства, так як комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів підприємства і значною мірою визначає кінцеві результати його діяльності – прибуток та рентабельність.

Розрахунок собівартості виробу передбачає складання калькуляції згідно з «Типовим положенням планування, обліку і калькулювання собівартості (робіт, послуг) у промисловості» [13].

4.1.1 Сировина та матеріали

Витрати на придбання матеріалів обчислюються на підставі норм їх витрат і цін з урахуванням транспортно-заготівельних затрат:

$$C_m = k_{мз} \cdot q_m \cdot Ц_m = 1,08 \cdot 0,4 \cdot 100 = 43,2 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де q_m – норма витрат матеріалу на одиницю продукції, $q_m = 0,4$ кг/шт; $Ц_m$ – ціна 1 кг матеріалу, $Ц_m = 100$ грн; $k_{мз}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати. Приймаємо для розрахунку $k_{мз} = 1,08$.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.1.

									Арк.
									72
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ				

Таблиця 4.1 – Витрати на матеріали

Матеріал	Стандарт	Одиниця виміру	Норма витрат на виріб	Ціна одиниці, грн	Сума, грн/шт
Сплав АК12	ГОСТ 1412-85	кг/шт	2,02	31	40
Транс.-заготів. витрати					3,2
Всього:					43,2

4.1.2 Зворотні відходи

Залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів та інших видів матеріальних ресурсів вираховуються із загальної суми матеріальних витрат:

$$C_e = q_e \cdot C_e = 0,14 \cdot 25 = 3,5 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де q_e – кількість зворотних на одиницю продукції, $q_e = 0,14$ кг/шт; C_e – ціна одиниці зворотних відходів, $C_e = 25$ грн/кг.

4.1.3 Паливо та енергія на технологічні цілі

До цієї статі відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються в процесі виробництва продукції.

Витрати на електроенергію та технологічні цілі $C_{ен}$ на рік розраховуються за формулою:

$$C_{ен} = C_{ен} \cdot n_o \cdot N_e \cdot T_p \cdot k_{ев} \cdot k_{ен} = 1,68 \cdot 1 \cdot 14,9 \cdot 2000 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 34043,52 (\text{грн}),$$

де $C_{ен}$ – тарифи за одну кВт-год електроенергії, $C_{ен} = 1,68$ грн;

n_{oi} – кількість встановленого обладнання і-го виду, де електроенергія використовується як технологічна, $n_{oi} = 1$;

N_{ei} – встановлена потужність обладнання і-го виду, $N_{ei} = 14,9$ кВт;

T_{pi} – річний корисний фонд часу роботи обладнання, $T_{pi} = 2000$ годин;

$k_{ев}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за часом, $k_{ев} = 0,85$;

k_{eni} – коефіцієнт використання електрообладнання за потужністю, $k_{ен} = 0,8$.

Розподіл цих витрат на одиницю продукції $C_{вно}$ розраховується за формулою:

$$C_{вно} = C_{ен} / Q = 34043,52 / 3000 = 11,35 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де Q – обсяг виробництва, $Q = 3000$ шт.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк. 73
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.4 Основна заробітна плата

Витрати за цією статтею розраховуються за кожним видом робіт (операцій) залежно від норми часу та погодинної тарифної ставки робітників:

$$C_{з.о} = \sum_{i=1}^n C_{mi} t_{ui} = 100 \cdot \frac{(67,92 + 91)}{3000} = 5,3 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де C_{mi} – погодинна тарифна ставка для i -го виду робіт (операцій), грн; t_{ui} – норма часу для i -го виду робіт (операцій), н-годин. Приймаємо $C_m = 100$ грн для оператора верстатів з ЧПК, який обслуговує чотирьохосьовий обробляючий центр. Норми часу було розраховано у п. 2.11.2.

4.1.5 Додаткова заробітна плата

Витрати за цією статтею визначаються у відсотках до основної заробітної плати. Приймаємо норматив додаткової заробітної плати у розмірі 30%:

$$C_{з.д} = C_{з.о} \cdot 0,3 = 5,3 \cdot 0,3 = 1,59 (\text{грн} / \text{шт}).$$

4.1.6 Нарахування на заробітну плату

Відповідно до Закону України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» підприємства, установи та організації є платниками єдиного внеску. Єдиний внесок нараховується на суму нарахованої заробітної плати за видами виплат, які включають основну та додаткову заробітну плату, інші заохочувальні та компенсаційні виплати, у тому числі в натуральній формі, що визначаються відповідно до Закону України «Про оплату праці» та суму винагороди фізичним особам за виконання робіт (надання послуг) за цивільно-правовими договорами.

Норматив єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування складає 38,11% (для 45 класу професійного ризику виробництва):

$$C_{стп} = (C_{з.о} + C_{з.д}) \cdot 0,3811 = (5,3 + 1,59) \cdot 0,3811 = 2,63 (\text{грн} / \text{шт}).$$

4.1.7 Відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати

Витрати на відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв $C_{ін}$ визначаються, виходячи з їх кількості, строків служби, або норм витрат:

$$C_{ін} = \left(\sum_{i=1}^n Z_{інi} \right) / Q = 60000 / 3000 = 20 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де $Z_{інi}$ – вартість спеціальних інструментів, пристроїв, i -го виду, грн.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						74
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.8 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування

Розподіл цих витрат на одиницю продукції проводиться, виходячи з величини витрат за годину роботи устаткування і тривалості його роботи:

$$C_y = C'_y \cdot k_{npi} \cdot T_{mi} = 318,46 \cdot 1,0 \cdot 2000 / 3000 = 212,3 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де C'_y – планова собівартість однієї приведеної машино-години устаткування прийнятого за базове, грн;

k_{npi} – коефіцієнт приведення витрат на експлуатацію і-ої групи устаткування;

T_{mi} – кількість машино-годин роботи устаткування і-ої групи, необхідних для виготовлення відповідного виробу.

$$C'_y = \frac{C'_{yp}}{T_p} = \frac{636923,52}{2000} = 318,46 (\text{грн}),$$

де T_p – річний фонд робочого часу роботи устаткування, прийнятого за базове, годин;

C'_{yp} – річні витрати на утримання та експлуатацію устаткування прийнятого за базове, грн.

$$C'_{yp} = C'_{ya} + C'_{yen} + C'_{py} = 600000 + 34043,52 + 2880 = 636923,52 (\text{грн}),$$

де C'_{ya} – річні амортизаційні відрахування, грн:

$$C'_{ya} = C_y \cdot \frac{a}{100} = 3000000 \cdot \frac{20}{100} = 600000 (\text{грн}),$$

де C_y – ціна устаткування, прийнятого за базове, грн; a – норма амортизації. Приймаємо для розрахунку $a=20\%$.

C'_{yen} – річні витрати на електроенергію, $C'_{yen} = 34043,52$ грн,

C'_{py} – річні витрати на ремонт устаткування, прийнятого за базове та інші витрати:

$$C'_{py} = k'_{p.c.} \cdot C'_{p.c.} = 36 \cdot 80 = 2880 (\text{грн}),$$

де $k'_{p.c.}$ – коефіцієнт ремонтної складності устаткування, прийнятого за базове;

$C'_{p.c.}$ – середня величина витрат на одиницю ремонтної складності устаткування, прийнятого за базове, грн.

4.1.9 Загальновиробничі витрати

Ці витрати включаються у собівартість одиниці продукції пропорційно витратам на основну заробітну плату та на утримання та експлуатацію устаткування:

$$C_{зв} = k_{зв} \cdot (C_{з.о} + C_y) = 0,03 \cdot (5,3 + 212,3) = 6,53 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де $k_{зв}$ – норматив загальновиробничих витрат:

$$k_{зв} = \frac{C_{зв.p}}{C_{з.о.p} + C_{y.p}} = \frac{20000}{31800 + 636923,52} = 0,03$$

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						75
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $C_{зв.р}$ – річні загальновиборничі витрати, грн; $C_{з.о.р}$ – річний фонд основної заробітної плати робітників, зайнятих виробництвом продукції, грн;

$C_{у.р}$ – річні витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн.

4.1.10 Загальногосподарські витрати

Ці витрати розподіляються між різними видами продукції аналогічно тому, як розподіляються загальновиборничі витрати:

$$C_{зе} = k_{зе} (C_{з.о} + C_{у}) = 0,8 \cdot (5,3 + 212,3) = 174,08 (\text{грн} / \text{шт}),$$

де $k_{зе}$ – норматив загальногосподарських витрат, $k_{зе} = 0,8$.

4.1.11 Інші виробничі витрати

Норматив інших виробничих витрат приймається 0,05 від виробничих витрат:

$$C_{ін} = 0,05 \cdot C_{вир} = 0,05 \cdot 6,53 = 0,3 (\text{грн} / \text{шт}).$$

4.1.12 Позавиробничі витрати

Норматив комерційних витрат прийнято рівним 0,05 від виробничих витрат:

$$C_{поз.вит..} = 0,05 \cdot C_{в.с.} = 0,05 \cdot 6,53 = 0,3 (\text{грн} / \text{шт}).$$

Результати розрахунків собівартості одиниці продукції зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Калькуляція собівартості продукції

№ п/п	Найменування статей калькуляції	Всього	Питома вага
1	2	3	4
2	Сировина та матеріали	43,2	10,02%
2	Зворотні відходи	-3,5	-0,81%
3	Паливо й енергія на технологічні цілі	11,43	2,65%
4	Основна заробітна плата	5,3	1,23%
5	Додаткова заробітна плата	1,79	0,42%
6	Відрахування на соціальне страхування	2,63	0,61%

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4
7	Відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати	20	4,64%
8	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	212,3	49,24%
9	Загальновиробничі витрати	6,53	1,51%
	Виробнича собівартість	256,48	59,49%
10	Загальногосподарські витрати	174,08	40,37%
11	Інші виробничі витрати	0,3	0,07%
12	Позавиробничі	0,3	0,07%
	Повна собівартість	431,16	100%

Отже, повна собівартість виготовлення деталі «Корпус клапана Ду15» складає 431,16 грн.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Електробезпека

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики (ГОСТ 12.1.009176.ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения).

5.1.1 Електротравматизм та дія електричного струму на організм людини

Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, спричинених дією електричного струму, є незначною і становить близько 1%. Однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм становить 20-40% і посідає одне з перших місць. Щороку в Україні від електричного струму гине приблизно 1500 осіб.

Основними причинами електротравматизму на виробництві є:

- випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування;
- робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань;
- доторкання до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження чи пробою ізоляції;
- недотримання правил будови, улаштування, безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів тощо.

Проходячи через організм людини, електричний струм справляє на нього термічну, електролітичну, механічну та біологічну дію.

Термічна дія струму спричинює опіки окремих ділянок тіла, нагрівання кровонесних судин, серця, мозку та інших органів, через які проходить струм, що призводить до виникнення в них функціональних розладів.

Електролітична дія струму характеризується розкладом (електролізом) крові та інших органічних рідин, що викликає суттєві порушення їх фізико-хімічного складу.

Механічна дія струму загрожує ушкодженнями (розриви, розшарування тощо) різноманітних тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту.

Біологічна дія струму на живу тканину спричиняє небезпечне збудження клітин та тканин організму, що супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів. Таке збудження може призвести до суттєвих порушень і навіть повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						78
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.2 Допустимі значення струмів і напруг

Допустимі значення струмів і напруг наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму, що проходить через тіло людини

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість дії струму t, с					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	Більше 1,0
Змінний, 50Гц	U, В	500	250	100	70	50	36
	I, мА	500	250	100	70	50	6
Постійний	U, В	500	400	250	230	200	40
	I, мА	500	400	250	230	200	15

У разі виконання роботи в умовах високої температури (понад 25 °С) і відносної вологості повітря (понад 75 %) значення табл. 3.8 необхідно зменшити у три рази.

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії понад 1 с нижчі за пороговий невідпускаючий струм, тому за таких значень людина, доторкнувшись до струмовідних частин установки, здатна ще самостійно звільнитися від дії електричного струму.

5.1.3 Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

Відповідно до правил улаштування електроустановок, приміщення за небезпекою електротравм поділяються на три категорії:

- без підвищеної небезпеки;
- з підвищеною небезпекою
- особливо небезпечні;

Категорія приміщення визначається наявністю в приміщенні чинників підвищеної або особливої небезпеки електротравм.

До чинників підвищеної небезпеки відносяться:

- температура в приміщенні, що впродовж доби перевищує 35 °С;
- відносна вологість більше 75%, але менше насичення;
- струмопровідна підлога — металева, бетонна, цегляна, земляна тощо;
- струмопровідний пил;
- можливість одночасного доторкання людини до неструмовідних частин електроустановки і до металоконструкцій, що мають контакт з землею.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						79
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До чинників особливої небезпеки електротравм відносяться:

- відносна вологість, близька до насичення (до 100%);
- агресивне середовище, що порушує ізоляцію.

Якщо в приміщенні відсутні чинники підвищеної і особливої небезпеки, то воно відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки електротравм.

При наявності в приміщенні одного з чинників підвищеної небезпеки, таке приміщення відноситься до приміщень підвищеної небезпеки електротравм.

При наявності в приміщенні одночасно двох чинників підвищеної небезпеки або одного чинника особливої небезпеки, приміщення вважається особливо небезпечним.

З наведеного видно, що класифікація приміщень за небезпекою електротравм враховує тільки особливості цих приміщень, стан їх середовища і не враховує електротехнічних параметрів електроустановок.

Категорія приміщень є одним з основних чинників, які визначають вимоги щодо виконання електроустановок, безпечної їх експлуатації, величини напруги, заземлення (занулення) електроустановок. Умови поза приміщеннями прирівнюються до особливо небезпечних.

5.1.4 системи засобів і заходів безпечної експлуатації електроустановок

5.1.4.1 Технічні стани та способи захисту при нормальних режимах роботи електроустановок

Ізоляція струмовідних частин.

Забезпечується шляхом покриття їх шаром діелектрика для захисту людини від випадкового доторкання до частин електроустановок, через які проходить струм. Розрізняють робочу, додаткову, подвійну та посилену ізоляцію.

Робочою називається ізоляція струмовідних частин електроустановки, яка забезпечує її нормальну роботу та захист від ураження струмом.

Додатковою називається ізоляція, яка застосовується додатково до робочої і у випадку її пошкодження забезпечує захист людини від ураження струмом.

Подвійною називається ізоляція, яка складається з робочої та додаткової. Наприклад, додаткова ізоляція досягається шляхом виготовлення корпусів та рукояток електроустановки із діелектричних матеріалів (пластмасові корпуси ручних електрифікованих інструментів, побутових електропристроїв тощо).

Посиленою називається покращена робоча ізоляція.

Забезпечення недоступності неізольованих струмовідних частин.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						80
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передбачає застосування захисних огорожень, блокувальних пристроїв та розташування неізольованих струмовідних частин на недосяжній висоті чи в недоступному місці.

Захисні огороження можуть бути суцільними та сітчастими. Суцільні огороження (корпуси, кожухи, кришки і т. ін.) застосовуються в електроустановках з напругою до 1000 В, а сітчасті (огорожі, бар'єри) - до і вище 1000 В. Вони повинні встановлюватись на відстані до струмопровідних частин не менше за припустиму.

Попереджувальні сигналізація, знаки та написи.

Є пасивними засобами захисту, які не усувають небезпеки ураження, а лише інформують про її наявність. Попереджувальна сигналізація може бути світловою (лампочки, світлодіоди і т. ін.) та звуковою (зумери, дзвінки, сирени). На виробництві широко використовують світлову сигналізацію для попередження про наявність напруги на тих чи інших частинах електроустановки. Наприклад, при подачі напруги на електроустановку на пульті керування загоряється сигнальна лампочка «Мережа».

Вирівнювання потенціалів

Є способом зниження напруг дотику та кроку між точками електричного кола, до яких можливе одночасне доторкання людини або на яких вона може одночасно стояти. Вирівнювання потенціалів досягається шляхом штучного підвищення потенціалу опорної поверхні ніг до рівня потенціалу струмовідної частини, а також при контурному заземленні.

5.1.4.2 Технічні способи та засоби захисту при переході напруг на нормально неструмовідні частини електроустановок

Захисне заземлення

Застосовують у мережах з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю та в мережах напругою вище 1000 В з будь-яким режимом нейтралі джерела живлення.

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання зі землею або з її еквівалентом металевих частин електроустановки, які нормально не перебувають під напругою, але можуть опинитись під нею в аварійних режимах роботи. Призначення захисного заземлення полягає в тому, щоб у випадку появи напруги на металевих конструктивних частинах електроустановки (наприклад, унаслідок замикання на корпус фази при пошкодженні її ізоляції) забезпечити захист людини від ураження електричним струмом у разі її доторкання до таких частин. Це досягається шляхом зниження до безпечних значень напруг дотику та кроку.

Захисне занулення.

Застосовується в чотирьохпровідних мережах напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю. Відповідно до правил улаштування електроустановок, занулення корпусів електроустановок використовується в тих випадках, що й захисне заземлення.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						81
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а

б

а – схема доторкання людини до заземленого корпусу, який опинився під напругою;

б – еквівалентна електрична схема

Рисунок 5.1 – Схема захисного заземлення

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним проводом металевих частин електроустановки, які нормально не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею в аварійних режимах роботи.

Нульовий захисний провід - це провід, який з'єднує частини, що підлягають зануленню, з глухозаземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму або її еквівалентом.

При зануленні (рис. 5.2) у випадку замикання фазного проводу мережі на корпус 1 електроустановки виникає однофазне коротке замикання, тобто замикання між фазним та нульовим проводами. Внаслідок цього електроустановка автоматично вимикається апаратом захисту від струмів короткого замикання 2 (перегорає плавка вставка запобіжника замкненої фази чи спрацьовує автоматичний вимикач). Таким чином, забезпечується захист людей від ураження електричним струмом.

Рисунок 5.2 – Схема захисного занулення

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						82
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки - це один із важливих напрямків щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього середовища. Незважаючи на значний поступ у науково-технічній сфері, людству ще не пощастило знайти абсолютно надійних засобів щодо забезпечення пожежної безпеки. Більше того, статистика свідчить, що при зростанні чисельності населення на 1 % кількість пожеж збільшується приблизно на 5 %, а збитки від них зростають на 10 %. І сьогодні, коли людство увійшло в третє тисячоліття своєї багатовікової історії, питання пожежної безпеки залишаються актуальними. Кожних п'ять секунд на земній кулі виникає пожежа, а в Україні - кожних 10 хв. Протягом однієї доби в Україні виникає 120-140 пожеж, в яких гинуть 6-7, отримують травми 3-4 людини; вогнем знищується 32-36 будівель, 4-5 одиниць техніки. Щодобові збитки від пожеж становлять близько 500 тис. грн.

Часто збитки від пожеж поділяють на прямі та побічні.

Прямі збитки - це втрати, пов'язані зі знищенням або пошкодженням вогнем, водою, димом і внаслідок високої температури основних фондів та іншого майна підприємств (установ), а також громадян, якщо ці втрати мають прямий причинний зв'язок з пожежею. Побічні збитки - це втрати, пов'язані з ліквідацією пожежі, а також зумовлені простоем виробництва, перервою у роботі, зміною графіка руху транспортних засобів та іншою вигодою, втраченою внаслідок пожежі. Як правило, побічні збитки перевищують прямі в 3-4 рази.

5.2.1 Поняття про пожежу. Класифікація пожеж

Пожежа - це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що поширюється в часі та просторі. Слід зазначити, що пожеж безпечних не буває. Якщо вони і не створюють прямої загрози життю та здоров'ю людини (наприклад, лісові пожежі), то завдають збитків довкіллю, призводять до значних матеріальних втрат.

Під час пожежі відбуваються певні хімічні та фізичні явища:

- хімічна реакція горіння;
- виділення і передача тепла;
- виділення і поширення продуктів горіння;
- газовий обмін.

Характер і масштаби горіння під час пожежі залежать від таких чинників: агрегатного стану горючих матеріалів (найбільш вибухопожежонебезпечними є газоподібні горючі речовини); особливостей розміщення пожежного навантаження (розосереджене в приміщенні та займає більшу частину площі, зосереджене в одній або декількох ділянках приміщення та займає меншу частину площі); об'ємно-планувальних особливостей об'єкта пожежі; метеорологічних умов.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						83
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вищезазначені чинники зумовлюють особливості газового обміну та димоутворення, температурний режим та види теплообміну.

5.2.2 Вогнестійкість будівель та споруд

Поширення пожежі у будівлях та спорудах значною мірою залежить від вогнестійкості будівельних конструкцій.

Вогнестійкість конструкції - здатність конструкції зберігати несучі та (або) огорожувальні функції в умовах пожежі.

За вогнестійкістю всі будівлі та споруди поділяють на вісім ступенів (п'ять основних та три додаткових), які характеризуються межами вогнестійкості основних будівельних конструкцій та межами поширення вогню по цих конструкціях. Найвищу вогнестійкість мають будівлі та споруди I ступеня, будівельні конструкції в яких виготовлені з негорючих матеріалів відповідної товщини (наприклад, цегляний будинок), а найнижчу - V ступеня, виготовлені з горючих матеріалів (наприклад, дерев'яний будинок).

Виходячи з категорії пожежовибухонебезпечності, для цеху обробки деталі «Корпус задній пневматично-гідролічного підсилювача зчеплення» обираємо будівлю зі ступенем вогнестійкості IIIа – будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції - з негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп низької та помірної горючості. Відповідно до ступеню вогнестійкості будівлі, максимально допустима висота будівлі цеху – 30 м. Для виробництва заданої деталі обираємо одноповерховий цех. Для одноповерхової будівлі категорії Д, зі ступенем вогнестійкості IIIа, максимально допустима площа поверху між протипожежними стінками є необмежена.

Межа вогнестійкості конструкції - показник вогнестійкості конструкцій, який визначається часом (як правило, в годинах) від початку вогневого випробовування за стандартного температурного режиму до настання одного з нормованих для цієї конструкції граничних станів з вогнестійкості.

Межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій представлені в табл. 5.2.

На ділянці обладнаний пожежний щит з набором інструментів і ємністю з піском. Для забезпечення гасіння пожежі в початковій стадії його виникнення на внутрішній водогінній мережі цеху встановлені пожежні крани. Ділянка постачена пожежною сигналізацією. Для гасіння електроустаткування передбачені вогнегасники ОУ-8, ОУ-5, УН-2Н, ОХП-10.

Максимальна відстань від найвіддаленішої точки дільниці категорії Д до евакуаційного виходу в будівлі зі ступенем вогнестійкості IIIа не повина перевищувати 100м. Мінімальна ширина шляхів евакуації – не менше 1 м, дверей – 0,8 м.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						84
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій

Будівельні конструкції	Група займистості	Межа вогнестійкості
Стіни, що несуть навантаження, стіни сходових кліток, колони	Негорючі	2 г
Плити, настили й інші несучі конструкції покриття міжповерхових перекриттів	Важко займисті	0,75 г
Зовнішні стіни з навісних панелей	Важко займисті	0,25 г
Внутрішні перегородки	Важко займисті	0,25 г

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) діляниця цеху на якій відбувається оброблення даної деталі належить до сухого типу приміщення.

За ступенем пожежної небезпеки згідно з ПУЕ вказане приміщення відноситься до класу П-І — це приміщення, де є горючі рідини з температурою спалаху парів понад 61°C.

Діляниця цеху відноситься до вибухонебезпечна зона класу 2 - простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго.

5.3 Освітлення приміщення ділянки

Збереження зору людини, стан його центральної нервової системи і безпека на виробництві значною мірою залежить від умов освітлення.

Правильне освітлення ділянки має велике значення для безпеки і високопродуктивної роботи. Освітлення забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. Раціонально встановлена освітленість сприяє росту продуктивності праці і підвищенню якості продукції, що випускається.

Оскільки діляниця цеху має висоту 6 метрів, то для освітлення виробничого приміщення застосуємо світильники типу ЛСМ 02 з люмінесцентними лампами низького тиску ЛД 80 Вт.

Додатком до основного освітлення, застосуємо місцеве, що створюється світильниками ми і концентрує світловий потік безпосередньо на робочому місці.

Проектом передбачені два види освітленості: природний і штучний.

Природне освітлення здійснюється бічним світлом через вікна. Враховуючи, що зорова робота відноситься до середньої точності то коефіцієнт природного освітлення при боковому природному освітленні має значення 2.

Необхідна нормована освітленість для комбінованого штучного висвітлення 2000 лк, для загального — 200 лк.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						85
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Освітлення потребує систематичного догляду, правильної експлуатації освітлювальної установки та контролю освітленості на робочих місцях не менше одного разу на рік.

Для автоматичного контролю освітленості на робочих місцях встановлюються фото діоди ФД, які вказують на недостатню освітленість.

5.4 Безпека верстатних пристроїв

За ГОСТ 12.2.029-88 до верстатних пристроїв висуваються такі вимоги:

- зовнішні елементи конструкцій не повинні мати гострих крайок, кутів, та інших небезпечних нерівностей, якщо їх наявність не є технологічною необхідністю
- елементи верстатних пристроїв не повинні заважати роботі верстату, обмежувати доступ до органів керування, створювати небезпеку для верстатника.
- конструкція верстатного пристрою повинна забезпечувати надійне та зручне з'єднання із верстатом, змінними елементами. Спосіб з'єднання повинен виключати можливість самовільного ослаблення кріплення та зміщення пристрою в процесі експлуатації..
- пристрої масою більш ніж 15 кг повинні мати елементи кріплення, що дозволяє механізувати його монтаж та переміщення.
- конструкція пристрою повинна гарантувати безпеку від защемлення частин тіла при ручній зміні заготовок. Допустимі зазори між затисни елементом і заготовкою не повинні перевищувати 5 мм.
- зусилля закріплення заготовки повинні перевищувати сили різання не менш ніж в 2,5 разів.

Пристрої, спроектовані в даному дипломному проекті задовольняють цим умовам

5.5 Безпека під час роботи з персональним комп'ютером

Сьогодні діяльність більшості працівників сучасних професій у виробничій сфері пов'язана з використанням комп'ютерної техніки. Працюючи з комп'ютером, людина потрапляє під вплив різноманітних факторів: електромагнітних полів (діапазон радіочастот: ВЧ, УВЧ і СВЧ), інфрачервоного та іонізуючого випромінювання, шуму і вібрацій, статичної електрики.

Нині в багатьох установах, підприємствах часто застосовують застарілу техніку. Вимоги щодо безпеки праці на сьогодні є чинними.

Робота з комп'ютером вимагає значної розумової напруги і супроводжується нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напругою зорової роботи і досить значним навантаженням на м'язи рук під час роботи з клавіатурою ПК. Велике значення має раціональна конструкція і розташування елементів робочого місця, що є важливим для підтримки оптимальної робочої пози в процесі праці.

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						86
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримуватись правильного режиму роботи і відпочинку. В протилежному випадку в персоналу спостерігається незадоволеність роботою, головний біль, роздратування, порушення сну, втома і больові відчуття в очах, попереку, у ділянці шиї та рук.

Залежно від розміщення вікон у приміщенні, де встановлені комп'ютери, рекомендується таке забарвлення його стін і підлоги:

- вікна орієнтовані на південь — стіни зелено-блакитного або світло-блакитного кольору; підлога — зелена;
- вікна орієнтовані на північ — стіни світло-оранжевого або оранжево-жовтого кольору; підлога — червоно-оранжева;
- вікна орієнтовані на схід — стіни жовто-зеленого кольору; підлога — зелена або червоно-оранжева;
- вікна орієнтовані на захід — стіни жовто-зеленого або блакитно-зеленого кольору; підлога — зелена або червоно-оранжева.

Обчислювальна техніка є джерелом тепловиділення, що може спричинити підвищення температури і зниження відносної вологості у приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, потрібно дотримуватись необхідних параметрів мікроклімату (табл. 5.3):

Таблиця 5.3 – Нормативні параметри мікроклімату для приміщень з ПК

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	22—24	40—60	0,1
	21—23	40—60	0,1
Теплий	23—25	40—60	0,1
	22—24	40—60	0,2

Об'єм приміщень, в яких провадиться робота за комп'ютером, не повинен бути меншим як 20 м³ на людину із урахуванням максимальної кількості одночасно працюючих.

Для подачі у приміщення повітря використовують системи механічної вентиляції і кондиціонування, а також природну вентиляцію.

Рівень шуму на робочому місці операторів-програмістів не має перевищувати 35—45 дБ, а в залах обробки інформації на обчислювальних машинах — 56—70 дБ. Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщення, де встановлені комп'ютери, мають бути облицьовані звукопоглинаючими матеріалами.

Література

1. «Технологія машинобудування 2». Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за напрямом підготовки бакалаврів 6.050502 «Інженерна механіка» подальшої спеціальності 7.05050201/8.05050201 «Технологія машинобудування» / Укладачі: Петраков Ю.В., Фролов В.К. – К.: КПІ, 2015. – 65 с. (електронне видання).
2. Фролов В.К., Трибрат К.О. Комп'ютерна програма «Adjustment of Lathe by Test-details «ALTD». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 72348 від 22.06.2017. Заявка № 72914 від 03.04.2017. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Бюлетень «Авторське право та суміжні права» № 48. Каталог державної реєстрації № 22.
3. Фролов В.К., Трибрат К.О. Комп'ютерна програма «Adjustment of Lathe by Etalon-details «ALED». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 74720 від 14.11.2017. Заявка № 75475 від 14.09.2017. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Бюлетень «Авторське право та суміжні права» № 48. Каталог державної реєстрації № 22.
4. «Технологія машинобудування 1». Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за напрямом підготовки бакалаврів 6.050502 «Інженерна механіка» подальшої спеціальності 7.05050201/8.05050201 «Технологія машинобудування» / Укладачі: Петраков Ю.В., Фролов В.К. – К.: КПІ, 2015. – 101 с. (електронне видання).
5. Фролов В.К., Трибрат К.О. Комп'ютерна програма «Wear of Cutting Tools «WCT». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 70253 від 03.02.2017. Заявка № 70799 від 06.12.2016. Державна служба інтелектуальної власності України. Бюлетень «Авторське право та суміжні права» № 43. Каталог державної реєстрації № 21.
6. Фролов В.К., Трибрат К.О. Комп'ютерна програма «Overall Machining Uncertainty «OMU». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 76266 від 25.01.2018. Заявка № 76904 від 28.11.2017. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Бюлетень «Авторське право та суміжні права» № 48. Каталог державної реєстрації № 22.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 1/Под ред.. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е узд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656с., ил.
8. Веб сайт HAAS [електронний ресурс]. URL: <https://www.haascnc.com/>
9. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред.. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е узд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496с., ил.asdasd
11. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 383с.

										Арк.
										88
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ

12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 894 с.
13. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 493 с.
14. Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості. Постанова КМ України від 26.04.2006, №473. (“Закон і бізнес” №41; 42; 43 за 2006 р.)
15. «Методичні вказівки до самостійної роботи студентів» з дисципліни «Економіка організації та планування виробництва» для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машино-будування» [Електронний ресурс] / Укл.: С.М. Савченко, Т.Є. Моїсеєнко, – К., 2014. – 29 с.
16. Основи охорони праці/В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.
17. Основи охорони праці: Підручник. 3-е видання / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2011. – 474 с.
18. Katalog narzędzi. URL: <http://www.abplanalptools.pl/>
19. D’ANDREA Tools. URL: <http://www.dandrea.com/>

					ДПБ.ММІ.МТ-4121.000 ПЗ	Арк.
						89
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		