



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Удосконалення процесів обробки свердлінням
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
за рішенням комісії з питань при виконанні корупційних дій
Студент Зубаєв Олександр Олександрович

Спеціальність « Технології машинобудування », група М-113м

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 7

Кількість сторінок пояснювальної записки 126

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень

Виконана Технологічна Завдання проекту, спроби встановити причини
для обробки та контролю, охорона праці та безпеки в
наступних ситуаціях, спробувати

б) висновок про відповідність проекту завданню Відповідає

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту, рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи

Виконані інженери розробили кожний розділ відповідно
останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту

д) позитивні особливості Розроблені технологічні процеси виконані на

[12:23:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №772 [2] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:23:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №777 [2] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:24:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №787 [2] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:24:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №792 [2] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:24:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №797 [2] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:25:24] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №802 [2] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:25:38] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №782 [2] (302219 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:26:06] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №807 [2] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:26:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №812 [2] (200050 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:26:37] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №817 [2] (200050 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:27:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №822 [2] (200050 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[12:27:31] Тип проверки: *Стандартная*

[12:27:31] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 23%)**

[12:27:31] **Уникальность текста 80%**® (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Зубач О.О., провів

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

14.12.2018р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Технології машинобудування

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

групи (магістерської)

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему Удосконалення процесів обробки свердлінням
за ріжучим рішенням різання при виготовленні корпусу
деталей

Виконав: студент 6 курсу, групи М-113м
спеціальності (напряму підготовки)

131 "Примодна механіка"

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

ЗуСар О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Колонов В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Логошніков В.О.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Другий (магістерський)
 Спеціальність 131 "Прикладна механіка"
 (код і назва)
 напрям підготовки _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ
С.І. Дзгя
 "17" 12 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Зубар Олександр Олександрович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Удосконалення процесів обробки свердлінням за
 рахунок режимиів різання при виготовленні кортунених деталей

Відповідник роботи Косов В.В., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" листопада 2018 року №366

Строк подання студентом роботи 10.10.2018

Вихідні дані до роботи 1. Креслення деталі

Програма випуску - 4000 шт.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
 робити) 1. Технологічна частина: розробка технологічного процесу меха-
 нічної обробки кортуну. 2. Конструкційна частина: розробка та розрахунок
 деталей та контрольних приєднів. 3. Організаційна частина: планування
 згідно з об'ємом на діючій. 4. Охорона праці та безпека
 надзвичайних ситуацій. 5. Спектральна.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Робоче креслення деталі. 2. Креслення з'єднання. 3. План обробки дета-
 лі. 4. РТК на охорону з ЧПК. 5. Робота приєднання. 6. Контрольно-
 вимірювальна. 7. Спецзавдання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Приймач виконання завдань
Технологічний	Колонов В.В., доцент	<i>[підпис]</i> 03.09.18	<i>[підпис]</i> 10.
Конструкторський	Колонов В.В., доцент	<i>[підпис]</i> 03.09.18	<i>[підпис]</i> 10.
Специфікація	Колонов В.В., доцент	<i>[підпис]</i> 03.09.18	<i>[підпис]</i> 10.
Охорона праці та безпеки в			
навч. ситуаціях	Шамрич В.І., доцент	<i>[підпис]</i> 10.10.18	<i>[підпис]</i>
Нормоконтроль	Козлова О.Б., доцент	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>

7. Дата видачі завдання 03 вересня 2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Призначення
1.	Опис призначення деталі (цреслення деталі)	05.09.2018	
2.	Вибір типу виробництва	10.09.2018	
3.	Аналіз технологічності деталі	15.09.2018	
4.	Вибір способу отримання заготовок (цреслення)	20.09.2018	
5.	Вибір баз	01.10.2018	
6.	MVD (цреслення MVD)	06.10.2018	
7.	Розрахунок принципів	10.10.2018	
8.	Технічні коригування	13.10.2018	
9.	Проектування операційної технології	02.11.2018	
10.	Оформлення технологічної та констр. документації	09.11.2018	
11.	Проектування та розрахунок робочого пристрою	17.11.2018	
12.	Проектування та розрахунок конструктивного пристрою	25.11.2018	
13.	Охорона праці	01.12.2018	
14.	Специфікація	05.12.2018	
15.	Захист	зроби	

Студент

[підпис]
(підпис)Зуєв О.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

[підпис]
(підпис)Колонов В.В.
(прізвище та ініціали)

ПЗ: 123

Об'єкт

деталі -

Мета д

рахуно

Диплом

на; кон

охорон

У розр

часу на

Для ан

докуме

Диплом

нення,

ЗАГОЛ

ВЕРСТ

ПРИС

РЕФЕРАТ

ПЗ: 123 сторінок, 107 формул, 20 рисунків, 19 таблиць, 21 використане джерело, 3 додатка.

Об'єктом розробки в дипломному проекті є технологічний процес виготовлення деталі – корпуси.

Мета дипломного проекту – удосконалення процесів обробки свердлінням за рахунок режимів різання.

Дипломний проект складається з таких основних розділів: технологічна частина; конструкторська частина; проектування механічної ділянки; спецзавдання; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

У розробленому проекті передбачені заходи на зниження витрат і зменшення часу на виробництво, запропоновані продуктивніші методи обробки.

Для аналізу заводського технологічного процесу використовувалися нормативні документи по обробці металів різанням, а також навчальна література.

Дипломний проект містить основні теоретичні положення, всі необхідні пояснення, розрахункові формули, ескізи і докладні розрахунки.

ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА, ВЕРСТАТ, ЕСКІЗ, ОПЕРАЦІЯ, РОЗМІР, ОТВІР, КОРПУС, ПРИПУСК, ПРИСТРІЙ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, ДІЛЯНКА.

ЗМІСТ

Завдання.....	1
Реферат	4
Введення.....	8
1 Технологічна частина.....	10
1.1 Службове призначення і конструктивні особливості деталі.....	10
1.1.1 Принцип роботи двигуна Д-18Т.....	10
1.1.2 Описання конструкції та призначення деталі.....	11
1.2 Вибір типу і форми організації виробництва.....	15
1.3 Вибір методу одержання заготовки	16
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	21
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	21
1.4.2 Проектування маршрутів обробки поверхонь	23
1.4.3 Проектування маршруту обробки заготовки. Вибір баз та технологічного обладнання.....	29
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	30
1.5.1 Розраховуємо припуски і технологічні розміри розрахунково-аналітичним методом для поверхні 2.....	31
1.5.2 Розраховуємо припуски і технологічні розміри табличним методом для пове- рхні 10	35
1.6 Проектування операційної технології	39
1.6.1 Операція 020 – токарна з ЧПК.....	39
1.6.2 Операція 040 - координатно-свердлильна.....	51
1.6.3 Операція 070 – круглошліфувальна.....	56
1.6.4 Операція 075 - вертикально-фрезерна	59
1.7 Розрахунок технічної норми часу	64
1.7.1 Операція 020 – токарна з ЧПК.....	64
1.7.2 Операція 040 - координатно-свердлильна.....	65
1.7.3 Операція 070 – круглошліфувальна.....	66

1.7.4 Операція 075 - вертикально-фрезерна.	67
1.8 Розробка РТК УП.....	70
1.8.1 Підготовка початкової інформації для машинного розрахунку керуючої програми, для верстатів з ЧПК.....	70
1.8.2 Розробка траєкторії руху інструментів.....	70
1.8.3 Автоматизований розрахунок керуючої програми	73
2 Конструкторська частина	78
2.1 Проектування свердлильного пристрою	78
2.1.1 Опис конструкції і принципу роботи.....	78
2.1.2 Розрахунок необхідного зусилля затиску	78
2.1.3 Розрахунок пристрою на точність.....	79
2.2 Контрольний пристрій.....	81
2.2.1 Вибір схеми базування	81
2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу виміру	82
2.2.3 Визначення сумарної похибки вимірювання.....	83
3 Проектування ділянки.....	85
3.1 Проектування ділянки виготовлення корпусу.....	85
3.1.1 Вихідні дані	85
3.1.2 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання	86
3.1.3 Планування технологічного обладнання та робочих місць	88
3.1.4 Основні техніко-економічні показники ділянки	90
4 Спеціальна частина	91
4.1 Аналіз літературних джерел.....	91
4.2 Виникаючі проблеми	92
4.3 Можливі шляхи рішення	97
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	102
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	102
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	103
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	106
5.4 Заходи з пожежної безпеки	116

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	117
Висновок.....	122
Список використаних джерел	123
Додаток А. Специфікація на робоче пристосування	
Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування	
Додаток В. Комплект технологічних карт	

ВСТУП

Все зростаюча конкуренція серед виробників авіаційних двигунів вимагає від виробника виготовлення продукції в мінімальні терміни з максимальною якістю і мінімальною собівартістю виробу.

Собівартість виробу в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів вживання прогресивного технологічного обладнання і зменшення тривалості виробничого циклу виготовлення деталі. В значній мірі скорочується тривалість циклу конструкторської і технологічної підготовки виробництва при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва.

Якість створюваного виробу забезпечується на етапах підготовки і виробництва продукції та реалізується в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якісної продукції є контроль виробу, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль деталі.

В умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства на ринку матиме вживання найбільш продуктивних з найменшою собівартістю засобів праці, що забезпечують необхідну якість; виконання автоматизованих конструкторських і технологічних робіт із складанням мережевої моделі роботи підприємства; вживання найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

Паралельно з цим необхідно проводити конверсію виробництва. Для цього необхідно посилити технологічні вимоги, проводити розробку прогресивних і енергозбережних технологій, збільшити ресурс і надійність вже вироблюваної продукції і провести прискорену її модернізацію, розробляти і налагоджувати виробництво товарів підвищеного попиту з високими експлуатаційними показниками, скоротити до мінімуму виробничі і невиробничі витрати. Етапи підготовки виробництва по виготовленню певного вигляду продукції - це основа для втілення конструкторської думки в реальні вироби, виготовлення їх та ремонту в процесі відробітку ресурсу.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення і конструктивні особливості деталі

1.1.1 Принцип роботи двигуна Д-18Т

Двигун складається з наступних основних вузлів:

- вхідний пристрій;
- компресор;
- камера згорання;
- турбіна;
- вихлопний пристрій.

Принцип роботи двигуна.

Повітря, що поступає в повітряозабірник двигуна, проходить через корпус першого рівня в компресор, ротор якого, що приводиться в обертання турбіною компресора, передає повітрю механічну енергію, унаслідок чого тиск повітря збільшується.

Лопатки направляючого апарату статора створюють необхідний напрям потоку на вході в кожну подальшу ступінь, а також частково перетворюють швидкість потоку в тиск.

Стисле в компресорі повітря поступає в камеру згорання, призначену для перетворення хімічної енергії палива в теплову шляхом організації ефективного горіння палива в потоці повітря, що поступає з компресора.

Стисле повітря з компресора поступає в кільцевий дифузор, в якому потім розпилявся зовнішнім обтічником жарової труби на дві частини і прямує в два кільцеві канали, – зовнішній і внутрішній.

Повітря, що поступило в кільцеві канали, омиває стінки жарової труби, через щілини і отвори входить в жарову трубу.

У передній частині жарової труби відбувається інтенсивне згорання палива в завихреному потоці повітря, що поступає через дванадцять завихорювачів.

У задній частині жарової труби відбувається перемішування гарячих газів з вторинним повітрям, що поступає, і відповідне зниження температури газів.

Паливо в колектор передається по трубках, з'єднаний за допомогою гумових ущільнень з блоком дренажних клапанів.

Розпилене форсункою паливо згорає в завихреному потоці, і гарячі газы потрапляють в зону змішування. У зоні змішування до гарячих газів додається вторинне повітря, що поступає через отвори зовнішньої і внутрішньої секцій жарової труби. Ефективне охолодження стінок жарової труби здійснюється вторинним повітрям, що входить всередину жарової труби через зовнішні і внутрішні щілини, утворені гофрованими кільцями.

З камери згорання газы поступають на турбіну компресора, де енергія газового потоку перетвориться в механічну роботу, використовувану для приводу компресора і агрегатів двигуна і літака.

Сопловий апарат першого рівня турбіни компресора призначений для розгону і направлення потоку гарячих газів під заданим кутом на лопатки робочого колеса першого рівня турбіни компресора.

З турбіни компресора газ поступає на вільну турбіну, яка служить для створення потужності, необхідної для приводу трансмісії двигуна. Сопловий апарат другого рівня турбіни компресора призначений для напрямку потоку гарячих газів під заданим кутом на лопатки робочого колеса другого рівня турбіни компресора. Момент, що крутить, розвивається вільною турбіною, передається на головний редуктор гвинта.

Пройшовши турбіну, газ поступає у вихлопний пристрій, в якому гальмується і викидається в атмосферу.

1.1.2 Описання конструкції та призначення деталі

Деталь «корпус» входить до складу гідромеханічного приводу ГМП-18Т (рис. 1.1). Гідромеханічний привід призначений для передачі крутного моменту від ротора КВТ через шестерні коробки приводів ходовим гвинтам реверсивного пристрою по командах, що поступають від агрегату управління реверсивним пристроєм,

і гальмування ходової частини реверсивного пристрою, що обертається, по командах від зворотного зв'язку реверсивного пристрою.

Корпус призначений для передачі крутного моменту. Крутний момент передається за допомогою осей, угвинчених в три різьбові отвори М6. Торцеві поверхні розміром $9h8_{(-0,03)}$ служать опорою для дисків, що стискають фрикційні диски і пружину. Також цим розміром визначається осьове розташування корпусу у вузлі. Радіальне розташування корпусу у вузлі визначається двома підшипниками, що встановлюються на поверхні $\varnothing 17h5_{(-0,008)}$. Вибірki на торцях корпусу призначені для забезпечення зазору між ним і іншими деталями, а також для зменшення маси. З метою зменшення маси виконані також чотири отвори $\varnothing 12$. Дві вибірки $\varnothing 10$ і дві лиски призначено для забезпечення вільного демонтажу підшипників.

Корпус працює в масляному середовищі при температурі до 110°C .

Корпус виготовлений із зносостійкої сталі 30X2H2ВФМА-Ш. Ця сталь містить: 0,26-0,33% вуглецю, 1,6-2,0% хрому, 1,4-1,8% нікелю, 1,0-1,4% вольфраму, 0,18-0,28% ванадію, 0,25-0,35% молібдену, 0,3-0,6% марганцю, 0,17-0,37% кремнію, не більше 0,012% сірки, не більше 0,02% фосфору. Сталь отримана методом електрошлакової переплавки.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості матеріалу

Межа плинності $\sigma_{\text{т}}$, МПа	Тимчасовий опір розриву $\sigma_{\text{в}}$, МПа	Відносне подовження δ , %	Відносне звуження ψ , %	Ударна в'язкість $\alpha_{\text{н}}$, Дж/см ²	Твердість (діаметр відбитка) НВ, мм	Щільність ρ , г/см ³
882	1078	11	50	88	3,5 – 3,3	7,85

Таблиця 1.2 – Характеристика поверхонь деталі

Поверхня	Розмір з допуском, мм	Квалітет	Допуск, мм		Шорсткість R_a , мкм
			На погрішність форми	На точність розташування	
1. Зовнішня циліндрова	$\varnothing 17_{-0,008}$	h5	—	—	0,4
2. Зовнішня циліндрова	$\varnothing 21$	h14	—	—	6,3
3. Внутрішня циліндрова	$\varnothing 12$	H14	—	—	6,3

4. Зовнішня плоска	9 _{-0,03}	h8	0,02	0,02	1,6
5. Внутрішня циліндрова	Ø87 ^{+0,035}	H7	0,05	0,05	1,6
6. Зовнішня циліндрова	Ø72	h14	—	—	6,3
7. Внутрішня циліндрова	Ø62	H14	—	—	6,3
8. Внутрішня плоска	2,5 ^{+0,12}	H12	—	—	6,3
9. Внутрішня плоска	1,5	H14	—	—	6,3
10. Зовнішня плоска	9,5 _{-0,2}	h12	—	—	6,3
11. Зовнішня плоска	0,1 ^{+0,3}	—	—	—	6,3
12. Зовнішня плоска	0,5 _{-0,1}	—	0,02	0,02	0,8
13. Фаска	0,6 ^{+0,3} ×45°	—	—	—	6,3
14. Фаска	0,6 ^{+0,3} ×45°	—	—	—	6,3
15. Внутрішня циліндрова	Ø54	H 14	—	—	6,3
16. Зовнішня циліндрова	Ø113 _{-0,35}	h12	—	—	6,3
17. Внутрішня плоска	3 ^{+0,04}	H10	—	0,02	1,6
18. Внутрішня плоска	4,5 ^{+0,48}	H15	—	—	6,3

Продовження таблиці 1.2

Поверхня	Розмір з допуском, мм	Квалітет	Допуск, мм		Шорсткість Ra, мкм
			На погіршеність форми	На точність розташування	
21. Зовнішня плоска	1,5 ^{+0,1}	H12	0,02	0,02	1,6
22. Фаска	0,6 ^{+0,3} ×45°	—	—	—	6,3
23. Фаска	(0,5±0,3)×45°	—	—	—	6,3
24. Зовнішня плоска	16 _{-0,24}	H12	—	—	6,3
25. Зовнішня ци-	Ø90	h14	—	—	6,3

ліндрова					
26. Зовнішня ци- ліндрова	Ø87	h14	—	—	6,3
27. Внутрішня циліндрова	R20	H14	—	—	6,3
28. Внутрішня циліндрова	Ø12	H14	—	0,3	6,3
29. Внутрішня циліндрова	Ø10	H14	—	—	6,3
30. Внутрішня плоска	3	H14	—	—	6,3
31. Зовнішня плоска	0,1...0,5	—	—	—	6,3

1.2 Вибір типу і форми організації виробництва

Річна програма випуску деталі корпус – 4000 шт. в рік, маса деталі $m_d = 0,176$ кг. Визначуваний тип виробництва заздалегідь залежно від програми випуску деталі і маси деталі по [2, с. 22]: маса деталі відноситься до легких – до 10 кг; програма випуску – 4000 шт.

За цими показниками визначуваний тип виробництва – серійне.

Остаточню тип виробництва визначимо за значенням коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о}$ [2, с. 22]

$$K_{з.о} = \frac{O}{M} \quad (1.1)$$

де O – кількість детале-операцій, що виконуються в перебігу місяця на ділянці; $O = 208$ детале-операцій,

M – число робочих місць; $M = 20$.

$$K_{з.о} = \frac{208}{20} = 10,4$$

Так як $K_{з.о} = 10,4 > 10$, то остаточно згідно [2] тип виробництва приймаємо як серійне.

Організаційна форма виконання робіт визначається залежно від принципу розташування робочих місць і характеру руху оброблюваних заготовок. В даному випадку форма виробництва – перемінно-поточна. Це означає, що операції обробки

закріплюються за обладнанням, розташованим в порядку виконання цих операцій, заготовки поступають на ділянку партіями. Кількість заготовок в партії визначається згідно [2, с. 24]

$$n = \frac{a \cdot N}{250} \quad (1.2)$$

де $a=60$ – періодичність запуску деталей у виробництво;

$N=2000$ шт. – річна програма випуску;

250 – кількість робочих днів в році.

$$n = \frac{60 \cdot 4000}{250} = 960 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір методу одержання заготовки

Метод отримання заготовок повинен задовольняти ряду умов, а саме забезпечувати:

- властивості заготовки, які необхідні для того, щоб деталь виконувала свої службові функції в даних умовах експлуатації;
- можливість отримання заготовок даної конструкції з даного матеріалу.

Якщо ці умови виконуються декількома способами отримання заготівки, необхідно вибрати найбільш економічний варіант. При цьому використовують два критерії:

- вартість виготовлення заготовки;
- коефіцієнт використання заготовки.

Метод отримання заготовки для деталі «корпус» - штамповка.

Класифікація поковки:

- 1) клас точності – Т3,
- 2) група стали – М2,
- 3) ступінь складності – С2,
- 4) конфігурація поверхні роз'єму - плоска (П).

Вихідний індекс – 8.

На виробництві виготовлення заготовки відбувається на молоті штампувальному паровоздушному М2145. В порівнянні з штампуванням на молотах, штампування на пресах є продуктивнішим в 2...3 рази, припуски та допуски зменшуються на 20...30%, витрата матеріалу знижується на 10...15%.

Порівняння методів виготовлення заготовки на молоті і на пресі дозволить виявити і економічно обґрунтувати вигідніший метод виготовлення.

Встановлюємо припуски на поверхні згідно [3]. Припуск на сторону при виготовленні заготовки на молоті складає 2,9 мм, при виготовленні на пресі – 2,6 мм. Дані заносимо в таблицю 1.3. Ескіз заготовки показаний на рис. 1.2.

Таблиця 1.3 – Порівняльні значення розмірів заготовки

Позначення	Розмір заготовки, мм	
	на молоті	на пресі
d_1	Ø22,8	Ø22,2
d_2	Ø95,8	Ø95,2
d_3	Ø118,8	Ø118,2
D_1	Ø81,2	Ø81,8
L_1	24,3	23,7
L_2	14,8	14,2
L_3	21,8	21,2

Визначаємо маси заготовок [2, с. 30]

$$m = \rho \cdot V \quad (1.3)$$

де ρ – щільність матеріалу, кг/см³;

V – об'єм заготовки, см³.

Маса заготовки, виготовленої на молоті:

$$m_1 = 0,00785 \cdot 113,37 = 0,89 \text{ кг}$$

Маса заготовки, виготовленої на пресі:

$$m_2 = 0,00785 \cdot 104,46 = 0,82 \text{ кг}$$

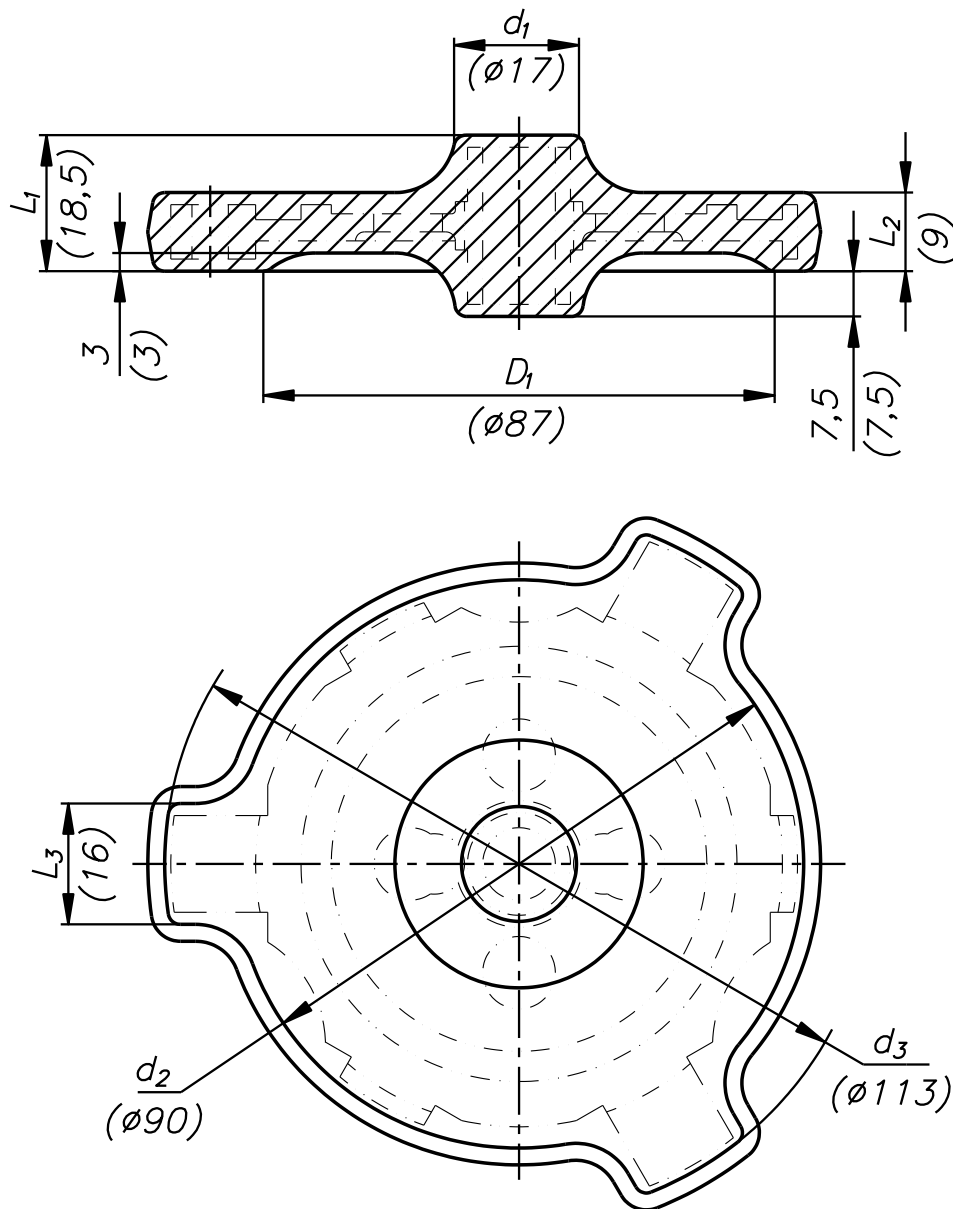


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки

Вартість однієї заготовки [2, с. 29]

$$C = \frac{C_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{C_{отх}}{1000} \quad (1.4)$$

де C_6 – базова вартість 1т заготовок;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса деталі, кг;

K_M – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності;

K_B – коефіцієнт, що враховує групу складності;

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_n – коефіцієнт, що враховує програму випуску;

$C_{отх} = 140$ грн/т – вартість 1 т стружки.

Таким чином, вартість однієї заготовки, виготовленої на молоті, складе:

$$C_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 0,89 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 - (0,89 - 0,176) \cdot \frac{140}{1000} = 6,20 \text{ грн}$$

Вартість однієї заготовки, виготовленої на пресі, складе:

$$C_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 0,82 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 - (0,82 - 0,176) \cdot \frac{140}{1000} = 5,72 \text{ грн}$$

Визначаємо коефіцієнт використання заготовки [2, с. 28]

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.5)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

Коефіцієнт використання заготовки, отриманої на молоті:

$$\eta_1 = \frac{0,176}{0,89} = 0,2$$

Коефіцієнт використання заготовки, отриманої на пресі:

$$\eta_2 = \frac{0,176}{0,82} = 0,23$$

Так як $C_1 > C_2$ и $\eta_1 < \eta_2$, то приймаємо спосіб виготовлення заготовки на пресі.

Цей спосіб забезпечує річну економію за вартістю виготовлення [2, с. 29]:

$$\Xi = (C_1 - C_2) \cdot N = (6,2 - 5,72) \cdot 4000 = 1920 \text{ грн.} \quad (1.6)$$

Економія матеріалу при цьому складе [2, с. 29]

$$\Xi_m = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \cdot \eta_1} \cdot N = \frac{0,176(0,23 - 0,2)}{0,23 \cdot 0,2} \cdot 4000 = 459,1 \text{ кг.} \quad (1.7)$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції – властивість, яка присуджується деталі, складальній одиниці (вузлу) або виробу в цілому з метою зниження вартості їх виготовлення, експлуатації і ремонту без збитку для виконання службових функцій.

Загальні вимоги до технологічності конструкції виробів:

1. Бажано, щоб конструкція мала технологічні вузли і модулі, які виготовляються і збираються незалежно один від одного і не розбираються повністю або частково при остаточній збірці виробу.

2. Конструкція повинна мати максимальну кількість стандартних, нормалізованих і уніфікованих деталей і вузлів – складальних одиниць.

3. Взаємозамінність деталей і складальних одиниць має бути максимальною і економічно обгрунтованою – з врахуванням підвищення вартості механічної обробки.

4. Конструкція деталей повинна забезпечувати одержання раціональних заготовок: з більш дешевших, легко формованих існуючими методами матеріалів, що обробляються при високих режимах лезвійним інструментом, а також прогресивними електрохімічними і електрофізичними методами; з мінімальними припусками на обробку; з окремих простих елементів, які з'єднуються зварюванням в процесі виготовлення деталі.

5. Конструкція деталі – форма, співвідношення розмірів, з'єднання поверхонь повинні забезпечувати можливість обробки:

- а) високопродуктивними методами;
- б) на існуючому обладнанні;
- в) стандартним і нормалізувати інструментом;
- г) на високих режимах;
- д) без зайвих труднощів: без додаткового ручного доведення, без спеціального оснащення і спеціального інструменту, за нормальних умов праці.

6. Точність і шорсткість поверхонь повинні також забезпечувати економічні вимоги: призначатися за умови можливого досягнення існуючими раціональними методами.

7. Конструкція деталі, складальної одиниці, виробу в цілому, повинна забезпечувати можливість впровадження засобів механізації і автоматизації в їх виробництво і контроль.

8. Конструкція виробу і його складові елементи мають бути ремонтпридатними.

Технологічність конструкції деталі визначаємо за допомогою ряду показників згідно [2, с. 26].

1) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі

$$K_{KE} = \frac{Q_{YE}}{Q_E} \quad (1.8)$$

де Q_{YE} – кількість уніфікованих елементів;

Q_E – загальна кількість елементів.

$$K_{KE} = \frac{17}{19} = 0,89$$

Т. к. $K_{KE} > 0,6$, то з цього коефіцієнту деталей технологічна.

2) Коефіцієнт точності обробки

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{CP}} \quad (1.9)$$

де A_{CP} – середнє значення квалітету точності обробки.

$$A_{CP} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} \quad (1.10)$$

де T_i – квалітет точності i -ої елементарної поверхні,

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету.

$$A_{CP} = \frac{5 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 17}{31} = \frac{388}{31} = 12,52$$

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{12,52} = 0,92$$

Т. к. $K_{TO} > 0,8$, то з цього коефіцієнту деталь технологічна.

3) Коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} \quad (1.11)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості (Ra).

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i n_i}{\sum n_i} \quad (1.12)$$

де B_i – клас шорсткості i -ої елементарної поверхні,

n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{8 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 5 + 4 \cdot 23}{31} = \frac{145}{31} = 4,68$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,68} = 0,21$$

Т. к. $K_{ш} < 0,32$, то з цього коефіцієнту деталь технологічна.

1.4.2 Проектування маршрутів обробки поверхонь

При механічній обробці здійснюється послідовне перетворення заготовки на готову деталь, тобто поступово поверхню заготовки роблять точнішою (уточнюють) доводячи показники точності і якості до вимог креслення. Необхідно розрахувати загальні уточнення за показниками точності і якості поверхні [2, с. 31]:

1) за точністю розміру

$$Eo_{Td} = Td_z / Td_{дет} \quad (1.13)$$

2) за шорсткістю

$$Eo_{Rz} = Rz_z / Rz_{дет} \quad (1.14)$$

3) за точності форми і взаємного розташування

$$Eo_{T\Delta} = T\Delta_z / T\Delta_{дет} \quad (1.15)$$

Виконуємо технологічну розмітку поверхонь корпусу (рис. 1.3).

1) Проектуємо маршрут обробки поверхні (МОП) для поверхні 2 – циліндричної зовнішньої поверхні $\varnothing 17h5_{(-0,008)}$, шорсткість $Rz=1,6$ ($Ra=0,4$), $Td = 0,008$ мм. Заготовка – штамповка, квалітет – 16, $Td = 0,9$ мм, шорсткість $Rz = 160$.

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності та якості поверхні:

$$E_{oTd} = Td_3 / Td_{дет} = 0,9/0,008 = 112,5$$

$$E_{oRz} = Rz_3 / Rz_{дет} = 160/1,6 = 100$$

$$E_{oT\Delta} = T\Delta_3 / T\Delta_{дет} = 0,3/0,003 = 100$$

Визначаємо кількість переходів по найбільшому E_o [2, с. 32]

$$k = 2 \cdot \lg E_o \quad (1.16)$$

$$k = 2 \cdot \lg 112,5 = 4,05.$$

Приймаємо $k = 4$.

Розподіляємо уточнення квалітетів точності на 4 переходи:

$$16 \rightarrow T/o \rightarrow 13 \rightarrow 10 \rightarrow 7 \rightarrow 5$$

Встановлюємо послідовність забезпечення шорсткості поверхні:

$$Rz 160 \rightarrow T/o \rightarrow Rz 100 \rightarrow Rz 25 \rightarrow Rz 6,3 \rightarrow Rz 1,6$$

Встановлюємо послідовність забезпечення точності форми і взаємного розташування поверхонь:

$$15 \rightarrow T/o \rightarrow 12 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 5$$

Приймаємо наступні технологічні переходи:

1. Точіння чорнове $Td_1 = 330$ мкм;

2. Точіння чистове $Td_2 = 70$ мкм;

3. Шліфування чорнове $Td_3 = 18$ мкм;

4. Шліфування чистове $Td_4 = 8$ мкм.

Розраховуємо уточнення по переходах.

Уточнення по Td .

$$E_{3Td} = 0,9/0,33 = 2,73$$

$$E_{4Td} = 0,33/0,07 = 4,71$$

$$E_{5Td} = 0,07/0,018 = 3,89$$

$$E_{6Td} = 0,018/0,008 = 2,25$$

$$E_{o4} = 2,73 \cdot 4,71 = 12,86$$

$$E_{o5} = 12,86 \cdot 3,89 = 50,03$$

$$E_{o6} = 50,03 \cdot 2,25 = 112,57$$

Уточнення по Rz.

$$E_{3Rz} = 160/100 = 1,6$$

$$E_{4Rz} = 100/25 = 4,0$$

$$E_{5Rz} = 25/6,3 = 3,97$$

$$E_{6Rz} = 6,3/1,6 = 3,94$$

$$E_{O4} = 1,6 \cdot 4,0 = 6,4$$

$$E_{O5} = 6,4 \cdot 3,97 = 25,41$$

$$E_{O6} = 25,41 \cdot 3,94 = 100,12$$

Уточнення по TΔ.

$$E_{3T\Delta} = 0,3/0,1 = 3,0$$

$$E_{4T\Delta} = 0,1/0,025 = 4,0$$

$$E_{5T\Delta} = 0,025/0,008 = 3,13$$

$$E_{6T\Delta} = 0,008/0,003 = 2,67$$

$$E_{O4} = 3,0 \cdot 4,0 = 12,0$$

$$E_{O5} = 12 \cdot 3,13 = 37,56$$

$$E_{O6} = 37,56 \cdot 2,67 = 100,3$$

Необхідні уточнення за всіма показниками досягнуті.

2) Проектуємо МОП для поверхні 10 - циліндричної внутрішньої поверхні $\varnothing 87H7(^{+0,035})$, шорсткість $Rz=6,3$ ($Ra=1,6$), $Td = 0,035$ мм. У заготовці на цю поверхню призначено напуск. Після першого чорнового розточування отримуємо наступні параметри поверхні: квалітет – 13, $Td = 0,54$ мм, шорсткість $Rz = 50$.

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності та якості поверхні:

$$E_{OTd} = Td_3 / Td_{дет} = 0,54/0,035 = 15,43$$

$$E_{ORz} = Rz_3 / Rz_{дет} = 50/6,3 = 7,94$$

$$E_{OT\Delta} = T\Delta_3 / T\Delta_{дет} = 0,18/0,012 = 15$$

Визначаємо кількість переходів по найбільшому E_O згідно (1.13)

$$k = 2 \cdot \lg 15,43 = 2,4.$$

Приймаємо $k = 3$.

Розподіляємо уточнення квалітетів точності на 3 переходи:

$$T/O \rightarrow 13 \rightarrow 11 \rightarrow 9 \rightarrow 7$$

Встановлюємо послідовність забезпечення шорсткості поверхні:

$$T/O \rightarrow Rz 50 \rightarrow Rz 25 \rightarrow Rz 12,5 \rightarrow Rz 6,3$$

Встановлюємо послідовність забезпечення точності форми і взаємного розташування поверхонь:

$$T/O \rightarrow 13 \rightarrow 10 \rightarrow 8 \rightarrow 6$$

Приймаємо наступні технологічні переходи:

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. Розточування чорнове | $Td_1 = 540 \text{ мкм};$ |
| 2. Розточування напівчистове | $Td_2 = 220 \text{ мкм};$ |
| 3. Розточування чистове | $Td_3 = 87 \text{ мкм};$ |
| 4. Розточування тонке | $Td_4 = 35 \text{ мкм}.$ |

Розраховуємо уточнення по переходах.

Уточнення по Td .

$$E_{2Td} = 0,54/0,22 = 2,46$$

$$E_{3Td} = 0,22/0,087 = 2,53$$

$$E_{4Td} = 0,087/0,035 = 2,49$$

$$E_{O3} = 2,46 \cdot 2,53 = 6,22$$

$$E_{O4} = 6,22 \cdot 2,49 = 15,49$$

Уточнення по Rz .

$$E_{2Rz} = 50/25 = 2,0$$

$$E_{3Rz} = 25/12,5 = 2,0$$

$$E_{4Rz} = 12,5/6,3 = 1,99$$

$$E_{O3} = 2,0 \cdot 2,0 = 4,0$$

$$E_{O4} = 4,0 \cdot 1,99 = 7,94$$

Уточнення по $T\Delta$.

$$E_{2T\Delta} = 0,18/0,06 = 3,0$$

$$E_{3T\Delta} = 0,06/0,025 = 2,4$$

$$E_{4T\Delta} = 0,025/0,012 = 2,1$$

$$E_{O3} = 3,0 \cdot 2,4 = 8,22$$

$$E_{O4} = 8,22 \cdot 2,1 = 17,2$$

Необхідні уточнення за всіма показниками досягнуті.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.4.

1.4.3 Проектування маршруту обробки заготовки. Вибір баз та технологічного обладнання

Вибір технологічних баз починається з вибору чорнової бази для першої операції.

Чорнова база повинна мати максимальний розмір для забезпечення кращої установки заготовки.

Чорновою базою для корпусу є поверхня 23.

Головними принципами при виборі чистових установчих баз є принцип єдності баз, принцип сталості цих баз на операціях технологічного процесу.

Чистова установча база повинна також забезпечувати:

- зручність установки;
- простоту робочого пристрою;
- мінімальні деформації при силовому закріпленні;
- мінімальні похибки установки.

Як чистові бази в подальшій обробці корпусу використовуються поверхні 23, 2 з упором в торець 12, також отвір 1 з упором в торці 4 і 5.

Маршрут обробки заготовки – це загальний план, на якому на основі компоновки переходів, раніше розроблених в МОП, встановлюємо склад і послідовність операцій технологічного процесу, вказуємо тип і модель верстата.

Етапна схема виготовлення корпусу: отримання заготовки - штампування; термообробка - загартування і відпуск; механічна чорнова обробка; механічна чистова обробка; шліфування; миття; контроль; покриття.

Вибір обладнання виробляємо згідно [5] та [6].

Маршрут виготовлення корпусу наведено в додатках.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Припуск – це шар матеріалу, який необхідно зняти з поверхні заготовки для досягнення заданих параметрів оброблюваної поверхні. Вихідні дані для призначення припусків: матеріал деталі, вид заготовки, її маса і розміри, маршрут обробки поверхні.

При визначенні припусків і розрахунку виконавчих розмірів на обробку визначається мінімальний припуск, який визначається двома методами: розрахунково-аналітичним і табличним.

Технологічні виконавчі розміри розраховуються методом розмірних ланцюгів. У основі цього методу лежить розмірний зв'язок шуканого технологічного розміру з іншими розмірами, які утворюють замкнутий контур.

Методика – правило визначення технологічного розміру A_i для зовнішньої поверхні: береться максимальний розмір поверхні деталі $A_{i+1 \max}$, до цього розміру

додається мінімальний припуск $2Z_{i+1 \min}$ на останній перехід механічної обробки і потім ще додається допуск на точність обробки TA_i [2, с. 54]

$$A_{i \max} = A_{i+1 \max} + 2Z_{i+1 \min} + TA_i \quad (1.17)$$

$$A_{i \min} = A_{i \max} - TA_i \quad (1.18)$$

Методика – правило визначення технологічного розміру A_i для внутрішньої поверхні: береться мінімальний розмір поверхні деталі $A_{i+1 \min}$, від цього розміру віднімається мінімальний припуск $2Z_{i+1 \min}$ і потім ще віднімається допуск на точність обробки TA_i [2, с. 55]

$$A_{i \min} = A_{i+1 \min} - 2Z_{i+1 \min} - TA_i \quad (1.19)$$

$$A_{i \max} = A_{i \min} + TA_i \quad (1.20)$$

Вихідні дані і результати розрахунків заносимо в таблицю 1.6

1.5.1 Розраховуємо припуски і технологічні розміри розрахунково-аналітичним методом для поверхні 2

Розрахункова схема показана на рис. 1.4. Остаточний розмір поверхні $\varnothing 17h5(-0,008)$.

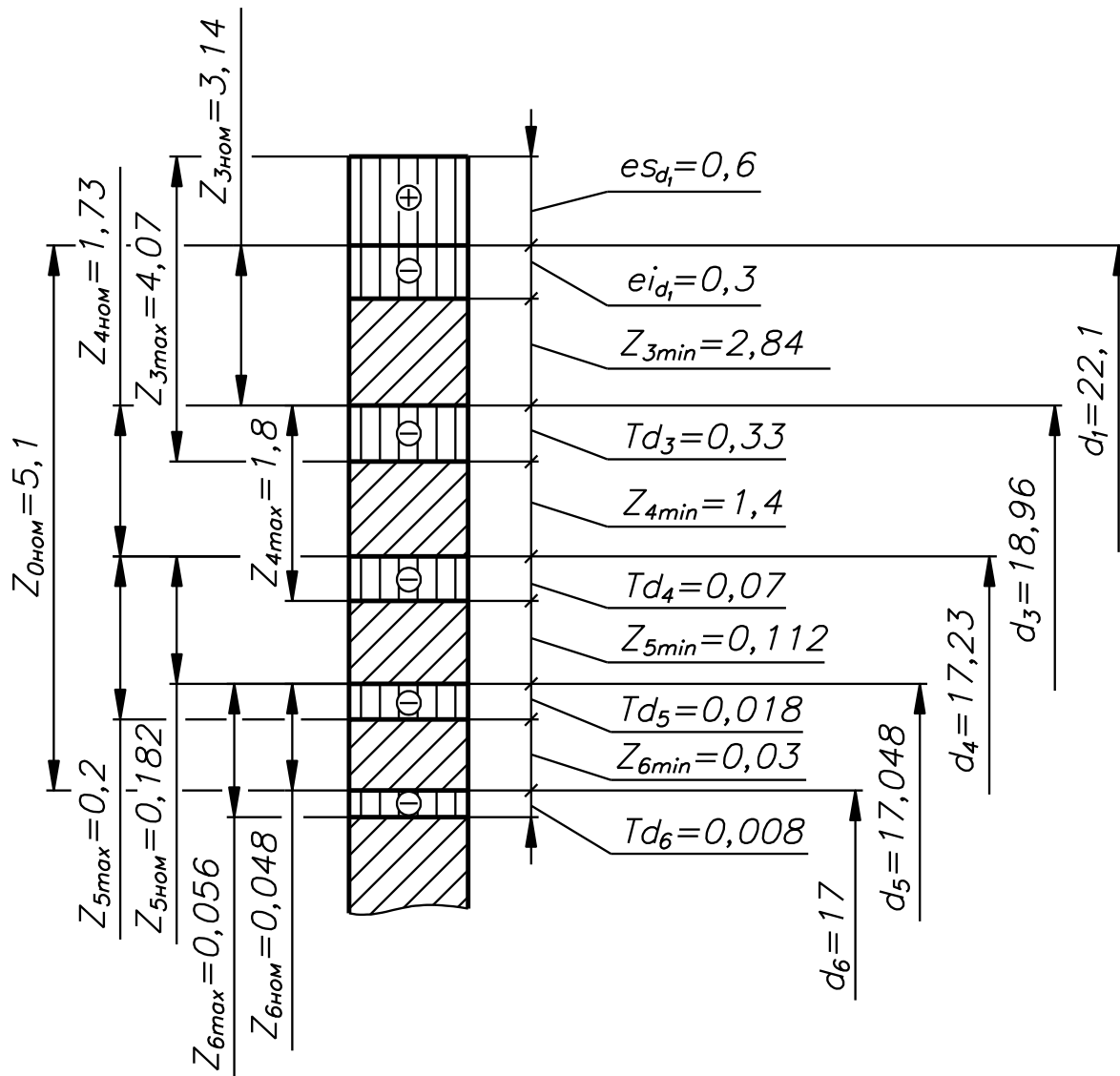


Рисунок 1.4 – Розрахункова схема визначення припусків і технологічних розмірів по переходах для поверхні $\varnothing 17h5(-0,008)$

Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку.

При обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь двосторонній припуск згідно

$$2Z_{i\min} = \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\varepsilon_{i-1}} + \varepsilon_i} \right] \quad (1.21)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередній (i-1) операції або переході;

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні, обробленої на попередній (i-1) операції;

$\Delta_{\varepsilon_{i-1}}$ – сумарне відхилення розташування поверхні, відхилення форми поверхні на попередній (i-1) операції;

ε_i – похибка установки заготовки на виконуваний i-й операції або i-м переході.

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.22)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

Знаходимо елементи припусків по переходах згідно [4].

Для 1-го переходу – заготівельної операції:

$R_{z_1} = 160$ мкм, $h_1 = 200$ мкм [4, с.186].

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2} \quad (1.23)$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення поковки;

$\Delta_{\text{екс}}$ – відхилення від концентричності.

$\Delta_{\text{кор}} = 0,5$ мм = 500 мкм, $\Delta_{\text{екс}} = 0,8$ мм = 800 мкм [4, с.186].

$$\Delta_1 = \sqrt{500^2 + 800^2} = 940 \text{ мкм.}$$

Для 2-го переходу – термообробки:

$$\Delta_2 = \Delta_1 = 940 \text{ мкм.}$$

Для 3-го переходу – чорнового точіння:

$R_{z_3} = 100$ мкм, $h_3 = 100$ мкм [4, т. 25, с.188].

$$\Delta_3 = k_y \cdot \Delta_2 \quad (1.24)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення.

$k_y = 0,06$ згідно [4, т. 29, с.190].

$$\Delta_3 = 943 \cdot 0,06 = 56 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_3 = 500 \text{ мкм згідно [6, т. 4.10, с.75].}$$

Оскільки установча і технологічна бази збігаються, то $\varepsilon_6 = 0$.

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_3 = 500 \text{ мкм.}$$

Для 4-го переходу – чистового точіння:

$$R_{z_4} = 25 \text{ мкм}, h_4 = 25 \text{ мкм [4, т. 25, с.188].}$$

$$k_y = 0,04 \text{ згідно [4, т. 29, с.190],}$$

$$\Delta_4 = k_y \cdot \Delta_3 = 0,04 \cdot 56 = 2,8 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_3 = 500 \text{ мкм згідно [6, т. 4.10, с.75].}$$

$$\varepsilon_4 = \varepsilon_3 = 500 \text{ мкм.}$$

Для 5-го переходу – шліфування чорнового:

$$R_{z_5} = 5 \text{ мкм}, h_5 = 10 \text{ мкм [4, т. 25, с.188].}$$

$$k_y = 0,03 \text{ згідно [4, т. 29, с.190],}$$

$$\Delta_5 = k_y \cdot \Delta_4 = 0,03 \cdot 2,8 = 0,01 \text{ мкм.}$$

Оскільки установча і технологічна бази збігаються, то $\varepsilon_6 = 0$, а оскільки обробка проводиться на оправці, а оправка закріплена в центрах, то похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0$.

$$\varepsilon_5 = 0.$$

Для 6-го переходу – шліфування чистового:

$$R_{z_6} = 2,5 \text{ мкм}, h_6 = 5 \text{ мкм [4, т. 25, с.188].}$$

$$k_y = 0,02 \text{ згідно [4, т. 29, с.190],}$$

$$\Delta_6 = k_y \cdot \Delta_5 = 0,02 \cdot 0,01 = 0 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_5 = 0.$$

Розраховуємо мінімальні припуски по (1.21).

$$2Z_3^{\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{940^2 + 500^2}) = 2800 \text{ мкм},$$

$$2Z_4^{\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{56^2 + 500^2}) = 1400 \text{ мкм},$$

$$2Z_5^{\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{2,8^2 + 0}) = 106 \text{ мкм},$$

$$2Z_6^{\min} = 2(5 + 10 + \sqrt{0,01^2 + 0}) = 30 \text{ мкм}.$$

Розраховуємо максимальні операційні розміри по (1.17).

$$d_{6\max} = d_{\text{ном}} + es_{Td6} = 17 + 0 = 17,0 \text{ мм},$$

$$d_{5\max} = d_{6\max} + 2Z_{6\min} + Td_5 = 17 + 0,03 + 0,018 = 17,048 \text{ мм},$$

$$d_{4\max} = d_{5\max} + 2Z_{5\min} + Td_4 = 17,048 + 0,106 + 0,07 = 17,224 \text{ мм},$$

$$d_{3\max} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} + Td_3 = 17,224 + 1,4 + 0,33 = 18,954 \text{ мм},$$

$$d_{1\max} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} + Td_1 = 18,954 + 2,8 + 0,9 = 22,654 \text{ мм}.$$

Отримані значення округлюємо.

Розраховуємо мінімальні операційні розміри по (1.18).

$$d_{6\min} = 17,0 - 0,008 = 16,992 \text{ мм},$$

$$d_{5\min} = 17,048 - 0,018 = 17,03 \text{ мм},$$

$$d_{4\min} = 17,23 - 0,07 = 17,16 \text{ мм},$$

$$d_{3\min} = 18,96 - 0,33 = 18,63 \text{ мм},$$

$$d_{1\min} = 22,7 - 0,9 = 21,8 \text{ мм}.$$

Уточнюємо мінімальні припуски для переходів.

$$2Z_{6\min} = d_{5\min} - d_{6\max} = 17,03 - 17,0 = 0,03 \text{ мм},$$

$$2Z_{5\min} = d_{4\min} - d_{5\max} = 17,16 - 17,048 = 0,112 \text{ мм},$$

$$2Z_{4\min} = d_{3\min} - d_{4\max} = 18,63 - 17,23 = 1,4 \text{ мм},$$

$$2Z_{3\min} = d_{1\min} - d_{3\max} = 21,8 - 18,96 = 2,84 \text{ мм}.$$

Визначаємо максимальні припуски для переходів.

$$2Z_{3\max} = d_{1\max} - d_{3\min} = 22,7 - 18,63 = 4,07 \text{ мм},$$

$$2Z_{4\max} = d_{3\max} - d_{4\min} = 18,96 - 17,16 = 1,8 \text{ мм},$$

$$2Z_{5\max} = d_{4\max} - d_{5\min} = 17,23 - 17,03 = 0,2 \text{ мм},$$

$$2Z_{6\max} = d_{5\max} - d_{6\min} = 17,048 - 16,992 = 0,056 \text{ мм}.$$

Виконуємо перевірку розрахунків [2, с. 54]

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \quad (1.25)$$

$$2Z_{0\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дет}}^{\min} = 22,7 - 16,992 = 5,708 \text{ мм},$$

$$2Z_{0\min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дет}}^{\max} = 21,8 - 17,0 = 4,8 \text{ мм},$$

$$5,708 - 4,8 = 0,908 = 0,9 + 0,008 = 0,908 \text{ мм}.$$

Визначаємо виконавчі технологічні розміри [2, с. 54]

$$d_{i_{\text{ном}}} = d_{i_{\text{max}}} - es_{d_i} \quad (1.26)$$

Допуск на штампування згідно [3] розподіляється $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$.

$$d_{1\text{ном}} = 22,7 - 0,6 = 22,1 \text{ мм},$$

$$d_{3\text{ном}} = 18,96 - 0 = 18,96 \text{ мм},$$

$$d_{4\text{ном}} = 17,23 - 0 = 17,23 \text{ мм},$$

$$d_{5\text{ном}} = 17,048 - 0 = 17,048 \text{ мм},$$

$$d_{6\text{ном}} = 17,0 \text{ мм}.$$

1.5.2 Розраховуємо припуски і технологічні розміри табличним методом для поверхні 10

Розрахункова схема показана на рис. 1.5. Остаточний розмір поверхні $\varnothing 87\text{H7} \begin{smallmatrix} +0,035 \\ \end{smallmatrix}$.

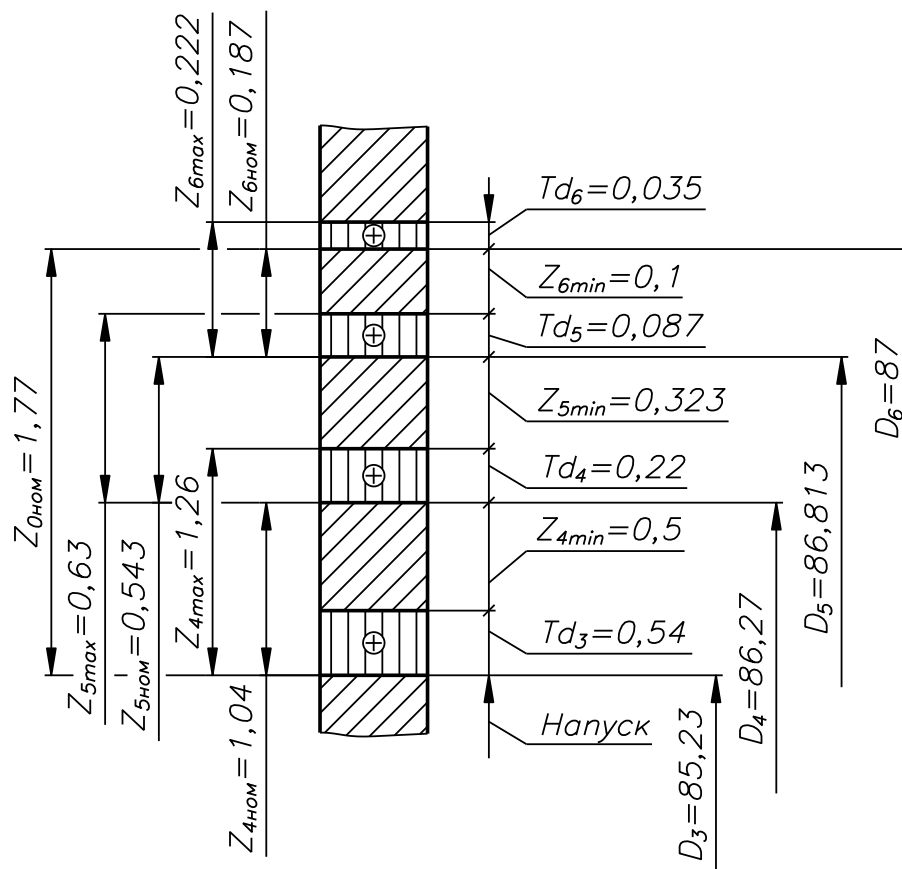


Рисунок 1.5 – Розрахункова схема визначення припусків і технологічних розмірів по переходах для поверхні $\varnothing 87\text{H7} \begin{smallmatrix} +0,035 \\ \end{smallmatrix}$

Визначаємо значення мінімальних припусків згідно [7, с. 254]:

$$2Z_{4\min} = 0,5 \text{ мм}, 2Z_{5\min} = 0,32 \text{ мм}, 2Z_{6\min} = 0,1 \text{ мм}.$$

У заготівці на цю поверхню призначений напуск.

Розраховуємо мінімальні операційні розміри по (1.19).

$$D_{6\min} = D_{\text{ном}} - EI_{Td6} = 87 - 0 = 87 \text{ мм},$$

$$D_{5\min} = D_{6\min} - 2Z_{6\min} - Td_5 = 87 - 0,1 - 0,087 = 86,813 \text{ мм},$$

$$D_{4\min} = D_{5\min} - 2Z_{5\min} - Td_4 = 86,813 - 0,32 - 0,22 = 86,273 \text{ мм},$$

$$D_{3\min} = D_{4\min} - 2Z_{4\min} - Td_3 = 86,273 - 0,5 - 0,54 = 85,233 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні розміри по переходах по (1.20).

$$D_{6\max} = D_{6\min} + Td_6 = 87 + 0,035 = 87,035 \text{ мм},$$

$$D_{5\max} = D_{5\min} + Td_5 = 86,813 + 0,087 = 86,9 \text{ мм},$$

$$D_{4\max} = D_{4\min} + Td_4 = 86,27 + 0,22 = 86,49 \text{ мм},$$

$$D_{3\max} = D_{3\min} + Td_3 = 85,23 + 0,54 = 85,77 \text{ мм}.$$

Уточнюємо мінімальні припуски для переходів.

$$2Z_{4\min} = D_{4\min} - D_{3\max} = 86,27 - 85,77 = 0,5 \text{ мм},$$

$$2Z_{5\min} = D_{5\min} - D_{4\max} = 86,813 - 86,49 = 0,323 \text{ мм},$$

$$2Z_{6\min} = D_{6\min} - D_{5\max} = 87,0 - 86,9 = 0,1 \text{ мм}.$$

Визначаємо максимальні припуски.

$$2Z_{6\max} = D_{6\max} - D_{5\min} = 87,035 - 86,813 = 0,222 \text{ мм},$$

$$2Z_{5\max} = D_{5\max} - D_{4\min} = 86,9 - 86,27 = 0,63 \text{ мм},$$

$$2Z_{4\max} = D_{4\max} - D_{3\min} = 86,49 - 85,23 = 1,26 \text{ мм}.$$

Виконуємо перевірку розрахунків по (1.25).

$$2Z_{0\max} = D_{\text{дет}}^{\max} - d_{\text{заг}}^{\min} = 87,035 - 85,23 = 1,805 \text{ мм},$$

$$2Z_{0\min} = D_{\text{дет}}^{\min} - D_{\text{заг}}^{\max} = 87 - 85,77 = 1,23 \text{ мм},$$

$$1,805 - 1,23 = 0,575 = 0,54 + 0,035 = 0,575 \text{ мм}.$$

Визначаємо виконавчі технологічні розміри. Оскільки обробляється внутрішня поверхня, то виконавчі розміри на переходи приймаємо [2, с. 55]

$$D_{i \min}^{+Td_i} \quad (1.27)$$

1.6 Проектування операційної технології

1.6.1 Операція 020 – токарна з ЧПК

Вихідні дані:

Верстат – токарний з ЧПК АТПр2М12СН.

Частота обертання шпинделя, об/хв (безступінчасте регулювання):

12,5 – 2500.

Подачі супортів, мм/хв (безступінчасте регулювання):

подовжнього – 0,1 – 10000,

поперечного – 0,1 – 10000.

Потужність електродвигуна 14 кВт.

Виконується чорнове точіння.

Операційний ескіз показаний на рис. 1.19.

Послідовність виконання операції:

перехід 1 – точить торець 4, точить поверхню 2, точить торець 12;

перехід 2 – центрувати поверхню 1;

перехід 3 – свердлити поверхню 1;

перехід 4 – точить поверхні 13, 2 і 8;

перехід 5 – точить торці 4 і 12;

перехід 6 – точить поверхні 14, 9 і 10;

перехід 7 – точить поверхні 13, 2 і 8;

перехід 8 – точить поверхні 14, 9 і 10.

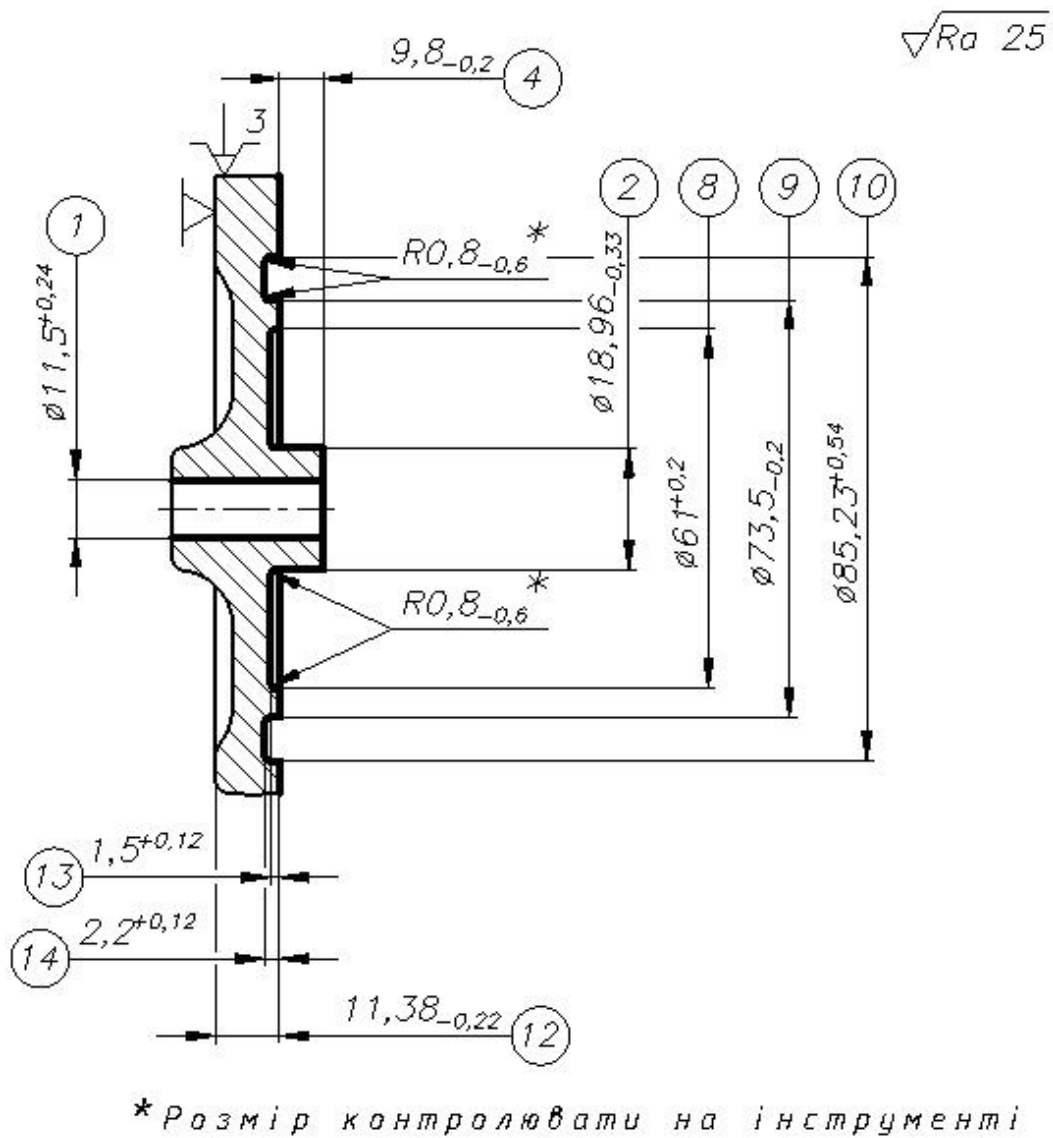


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз до операції 020

Розробляємо розрахунково-технологічну карту обробки деталі.

1.6.1.1 Підготовка операційного ескізу деталі

Обробку корпусу проводимо за одну установку, послідовно декількома інструментами.

Визначаємо налаштувальні розміри для оброблюваних поверхонь деталі по формулі:

$$A_{\text{настр.}} = (A_{\text{max}} + A_{\text{min}})/2 \quad (1.28)$$

Таблиця 1.7 – Розрахункові налаштувальні розміри

Номер	Налаштувальний розмір	Операційний розмір
1	$(11,74 + 11,5)/2 = 11,62$	$\varnothing 11,5^{+0,24}$
2	$(18,96 + 18,63)/2 = 18,795$	$\varnothing 18,96_{-0,33}$
3	$(61,2 + 61,0)/2 = 61,1$	$\varnothing 61^{+0,2}$
4	$(73,5 + 73,3)/2 = 73,4$	$\varnothing 73,5_{-0,2}$
5	$(85,77 + 85,23)/2 = 85,5$	$\varnothing 85,23^{+0,54}$
6	$(9,8 + 9,6)/2 = 9,7$	$9,8_{-0,2}$
7	$(11,38 + 11,16)/2 = 11,27$	$11,38_{-0,22}$
8	$(1,62 + 1,5)/2 = 1,56$	$1,5^{+0,12}$
9	$(2,32 + 2,2)/2 = 2,26$	$2,2^{+0,12}$
10	$(0,8 + 0,2)/2 = 0,5$	$R0,8_{-0,6}$

1.6.1.2 Вибір ріжучого інструменту, розрахунок режимів різання

Перехід 1: точить торець 4, точить поверхню 2, точить торець 12.

Вибираємо ріжучий інструмент по [10, гл. 7, с. 247]. Блок № 1.

Інструмент: різець підрізний відігнутий правий з пластиною з ВК8, $R = 0,8$ мм, $h \times b = 25 \times 16$ мм, $L = 140$ мм, $\varphi = 110^\circ$, ГОСТ 18880-73.

Припуск на торець 4: $z_0 = 22,65 - 11,27 - 9,7 = 1,68$ мм.

Припуск на поверхню 2: $z_0 = (22,25 - 18,795)/2 = 1,73$ мм.

Припуск на торець 12: $z_0 = 13,05 - 11,27 = 1,78$ мм.

Оскільки обробка поверхонь 4 та 12 в цій операції виробляється двічі, а обробка поверхні 2 три рази, то необхідно розбити припуск по переходах. Таким чином, призначаємо припуски на даний перехід:

для торця 4 $z_0 = 1,38$ мм, для поверхні 2 $z_0 = 1,35$ мм, для торця 12 $z_0 = 1,5$ мм.

Точіння кожної поверхні проводимо в три проходи.

Визначаємо глибину різання.

Торець 4: $t = 1,38/3 = 0,46$ мм.

Поверхня 2: $t = 1,35/3 = 0,45$ мм.

Торець 12: $t = 1,5/3 = 0,5$ мм.

Розраховуємо режими різання при підрізанні торця 4.

Вибираємо подачу по [5, с. 266]: $S = 0,272$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання по формулі [5, с. 265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.29)$$

де T – стійкість інструменту.

Коефіцієнт C_v та показники ступенів по [5, с. 269].

Економічна стійкість інструменту $T = 20$ хв [2, с. 80].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{Tc} \cdot K_{\phi} \cdot K_{rv} \quad (1.30)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу [5, с. 261];

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки [5, с. 263];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту [5, с. 263];

K_{Tc} – коефіцієнт, що враховує зміну стійкості інструменту при багатоверстатному обслуговуванні [5, с. 264];

K_{ϕ} – коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані різця [5, с. 271];

K_{rv} – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині різця [5, с. 271].

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (1.31)$$

де σ_B – властивість оброблюваного матеріалу – тимчасовий опір розриву,

$$\sigma_B = 1078 \text{ МПа};$$

K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності [5, с. 262];

n_v – показник ступеню за [5, с. 262].

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,9 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,42,$$

$$V = \frac{420}{20^{0,2} \cdot 0,46^{0,15} \cdot 0,272^{0,2}} \cdot 0,42 = 113,37 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя [2, с. 72]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.32)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 113,37}{3,14 \cdot 22,1} = 1633 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо основний (машинний) час [2, с. 78].

$$t_0 = \frac{L_{p.x.}}{nS} i \quad (1.33)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу.

$$L_{p.x.} = L_{рез} + l_{вр} + l_{пер} \quad (1.34)$$

де $L_{рез}$ – шлях різання;

$l_{вр}$ – величина врізання, $l_{вр} = 0$;

$l_{пер}$ – величина перебігу, $l_{пер} = 1,5 \text{ мм.}$

$$L_{p.x.} = 11,2 + 1,5 = 12,7 \text{ мм.}$$

$$t_{0_1} = \frac{12,7}{1633 \cdot 0,272} \cdot 3 = 0,086 \text{ хв.}$$

Розраховуємо режими різання при точінні поверхні 2.

Вибираємо подачу по [5, с. 266]: $S = 0,272 \text{ мм/об.}$

Визначаємо коефіцієнти по формулах (1.30) та (1.31) і швидкість різання по формулі (1.29).

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,9 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,42,$$

$$V = \frac{420}{20^{0,2} \cdot 0,45^{0,15} \cdot 0,272^{0,2}} \cdot 0,42 = 114,66 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 114,66}{3,14 \cdot 22,7} = 1608 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі (1.34) і основний час по формулі (1.33).

$$l_{\text{вр}} = 0; l_{\text{пер}} = 0.$$

$$L_{\text{р.х.}} = 8,5 \text{ мм.}$$

$$t_{0\text{II}} = \frac{8,5}{1608 \cdot 0,272} \cdot 3 = 0,054 \text{ хв.}$$

Розраховуємо режими різання при підрізанні торця 12.

Вибираємо подачу по [5, с. 266]: $S = 0,272 \text{ мм/об.}$

Визначаємо коефіцієнти по формулах (1.30) та (1.31) і швидкість різання по формулі (1.29).

$$K_{\text{mv}} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,9 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,42,$$

$$V = \frac{420}{20^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,272^{0,2}} \cdot 0,42 = 112,11 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 112,11}{3,14 \cdot 114,19} = 312 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі (1.34) і основний час по формулі (1.33).

$$l_{\text{вр}} = 0; l_{\text{пер}} = 2,5 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{р.х.}} = 47 + 2,5 = 49,5 \text{ мм.}$$

$$t_{0\text{III}} = \frac{49,5}{312 \cdot 0,272} \cdot 3 = 1,55 \text{ хв.}$$

Визначаємо потужність різання [5, с. 271]:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} \quad (1.35)$$

де P_z – тангенціальна складова сили різання [5, с. 271].

Швидкість різання V беремо максимальну з розрахованих для даного переходу.

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.36)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт [5, с. 271].

Коефіцієнт C_p і показники ступенів по [5, с. 273].

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{гр} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{гр} \quad (1.37)$$

де K_{mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу [5, с. 264];

$K_{фр}$, $K_{гр}$, $K_{\lambda p}$, $K_{гр}$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту [5, с. 275].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.38)$$

де σ_B – властивість оброблюваного матеріалу – тимчасовий опір розриву,

$\sigma_B = 1078$ МПа;

n_v – показник ступеню по [5, с. 264].

$$K_{mp} = \left(\frac{1078}{750} \right)^{0,75} = 1,31,$$

$$K_p = 1,31 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,048,$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,45^{1,0} \cdot 0,272^{0,75} \cdot 114,66^{-0,15} \cdot 1,048 = 5019,4 \text{ Н},$$

$$N = \frac{5019,4 \cdot 114,66}{1020 \cdot 60} = 9,4 \text{ кВт} < N_{ст}.$$

Визначаємо основний час на виконання першого переходу:

$$t_{O_1} = t_{O_I} + t_{O_{II}} + t_{O_{III}} = 0,086 + 0,054 + 1,55 = 1,69 \text{ хв.}$$

Перехід 2: засвердлити поверхню 1.

Вибираємо ріжучий інструмент по [5, с. 137]. Блок № 2.

Інструмент: свердло спіральне $d = 5$ мм, $L = 100$ мм, $l = 8$ мм, ГОСТ 10903-77, ріжуча частина – P18.

Глибина різання: $t = d/2 = 5/2 = 2,5$ мм.

Вибираємо подачу по [5, с. 277]: $S = 0,1$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання по формулі [5, с. 276]:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.39)$$

де T – стійкість інструменту.

Коефіцієнт C_v і показники ступенів по [5, с. 278].

Стійкість інструменту $T = 15$ хв [5, с. 279].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \quad (1.40)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу [5, с. 261];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту [5, с. 263];

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [5, с. 280].

Визначаємо K_{mv} по (1.31).

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,83 \cdot 1,0 = 0,47,$$

$$V = \frac{7 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,47 = 18,26 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 18,26}{3,14 \cdot 5} = 1163 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі [11, с. 221]:

$$L_{p.x.} = L_{рез} \cdot 2 + y \quad (1.41)$$

де $L_{рез}$ – шлях різання;

y – величина підведення, врізання і перебігу інструменту [11, с. 287].

$$L_{рез} = 4 \text{ мм}, y = 10 \text{ мм},$$

$$L_{p.x.} = 4 \cdot 2 + 10 = 18 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час по формулі (1.33).

$$t_{0_2} = \frac{18}{1163 \cdot 0,1} \cdot 1 = 0,16 \text{ хв.}$$

Визначаємо осьову силу [5, с. 277]:

$$P_o = 10 C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.42)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{mp}$ [5, с. 264].

Коефіцієнт C_v і показники ступенів по [5, с. 281].

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,31 = 177 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання [5, с. 280]:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} \quad (1.43)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент [5, с. 277].

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.44)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{mp}$ [5, с. 264].

Коефіцієнт C_p і показники ступенів по [5, с. 281].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,31 = 1,79 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$N = \frac{1,79 \cdot 1163}{9750} = 0,22 \text{ кВт} < N_{ст}.$$

Перехід 3: свердли́ти поверхню 1. Блок № 3.

Вибираємо ріжучий інструмент по [5, с. 137].

Інструмент: свердло спіральне $d = 11,5 \text{ мм}$, $L = 210 \text{ мм}$, $l = 60 \text{ мм}$, ГОСТ 10903-77, ріжуча частина – P18.

Глибина різання: $t = d/2 = 11,5/2 = 5,75 \text{ мм}$.

Вибираємо подачу по [5, с. 277]: $S = 0,25 \text{ мм/об}$.

Стійкість інструменту $T = 45 \text{ хв}$ [5, с. 279].

Визначаємо коефіцієнт по (1.31) і швидкість різання по формулі (1.29):

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,83 \cdot 1,0 = 0,47,$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 11,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,47 = 14,24 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 14,24}{3,14 \cdot 11,5} = 394 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі (1.34) і основний час по формулі (1.33).

$$L_{\text{рез}} = 30 \text{ мм}, y = 10 \text{ мм},$$

$$L_{\text{р.х.}} = 30 \cdot 2 + 10 = 70 \text{ мм}.$$

$$t_{03} = \frac{70}{394 \cdot 0,25} \cdot 1 = 0,71 \text{ хв}.$$

Визначаємо осьову силу по формулі (1.42):

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 11,5^{1,0} \cdot 0,25^{0,7} \cdot 1,31 = 3881 \text{ Н}.$$

Визначаємо крутний момент по формулі (1.44):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11,5^{2,0} \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1,31 = 19,71 \text{ Н·м},$$

Визначаємо потужність різання по формулі (1.43):

$$N = \frac{19,71 \cdot 394}{9750} = 0,8 \text{ кВт} < N_{\text{ст}}.$$

Перехід 4: точить поверхню 13 по поверхням 2 та 8.

Вибираємо ріжучий інструмент по [5, с. 127]. Блок № 4.

Інструмент: різець канавочний з пластиною з ВК8, $b = 6 \text{ мм}$, $R = 0,5 \text{ мм}$, $h \times b = 25 \times 16 \text{ мм}$, $L = 140 \text{ мм}$, $\varphi = 90^\circ$, ГОСТ 18881-73.

Припуск на поверхню 13: $z_0 = (61,1 - 18,795)/2 = 21,2 \text{ мм}$.

Кількість проходів: $i = 21,2/5,5 = 3,85$, $i = 4$.

Глибина різання $t = b = 6 \text{ мм}$.

Вибираємо подачу по [5, с. 266]: $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

Визначаємо швидкість різання по формулі [5, с. 268]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.45)$$

де T – стійкість інструменту.

Коефіцієнт C_v і показники ступенів по [5, с. 269].

Економічна стійкість інструменту $T = 20 \text{ хв}$ [2, с. 80].

Визначаємо коефіцієнти по формулах (1.30) та (1.31) і швидкість різання по формулі (1.29).

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,9 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,49,$$

$$V = \frac{47}{20^{0,2} \cdot 0,2^{0,8}} \cdot 0,49 = 46,06 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 46,06}{3,14 \cdot 61,1} = 240 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі (1.34) і основний час по формулі (1.33).

$$l_{вр} = 2; l_{пер} = 2 \text{ мм.}$$

$$L_{р.х.} = 1,5 + 2 + 2 = 5,5 \text{ мм.}$$

$$t_{0_4} = \frac{5,5}{240 \cdot 0,2} \cdot 4 = 0,46 \text{ хв.}$$

Визначаємо коефіцієнти K_{mp} по формулі (1.38) і K_p по формулі (1.37), тангенціальну складову сили різання P_z по формулі (1.36) і потужність різання по формулі (1.35):

$$K_{mp} = \left(\frac{1078}{750} \right)^{0,75} = 1,31,$$

$$K_p = 1,31 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,048,$$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 6^{0,72} \cdot 0,2^{0,9} \cdot 46,06^{-0,15} \cdot 1,048 = 16754,2 \text{ Н,}$$

$$N = \frac{16754,2 \cdot 46,06}{1020 \cdot 60} = 12,6 \text{ кВт} < N_{ст.}$$

Визначаємо основний час на виконання операції:

$$t_0 = \sum t_{0i} = 1,69 + 0,16 + 0,71 + 0,46 + 0,51 + 0,23 + 0,31 + 0,21 = 4,3 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 040 - координатно-свердлильна

Вихідні дані:

Верстат – координатно-розточувальний 2431.

Частота обертання шпинделя, об/хв (безступінчасте регулювання):
75 – 3000.

Подачі (безступінчасте регулювання):

шпинделя – 0,02 – 0,2 мм/об,

столу – 22 – 600 мм/хв; швидке переміщення столу – 1600 мм/хв.

Потужність електродвигуна 2,2 кВт.

1.6.2.1 Визначення режимів різання

Послідовність виконання операції:

перехід 1 – свердлити 3 отвори 28;

перехід 2 – зенкерувати 3 отвори 28;

перехід 3 – свердлити 4 отвори 29.

Операційний ескіз показаний на рис. 1.8.

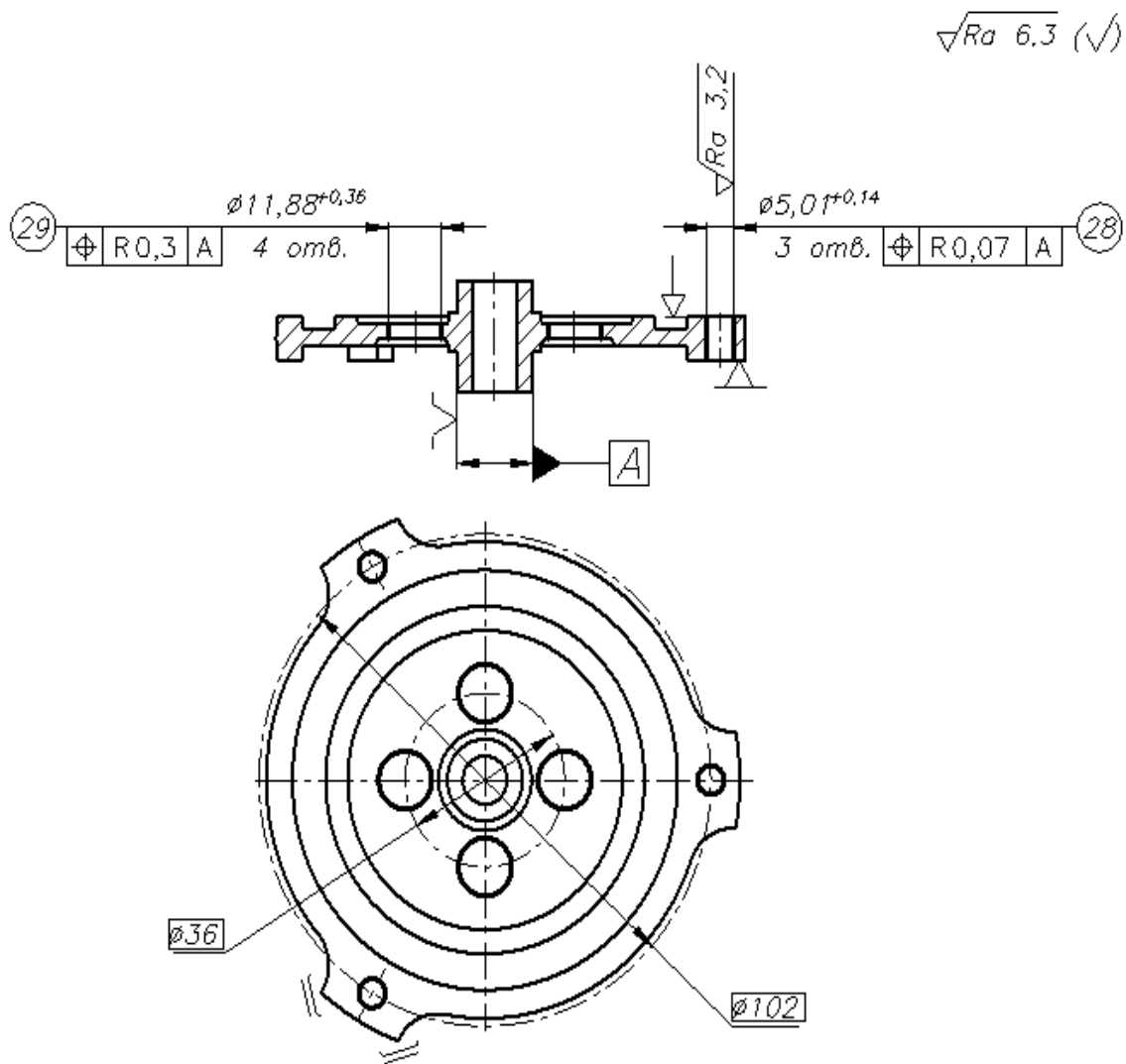


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз до операції 040

Перехід 1 – свердлити 3 отвори 28.

Вибираємо ріжучий інструмент по [10, с. 271].

Інструмент: свердло спіральне $d = 4,9$ мм, $L = 86$ мм, $l = 52$ мм, ГОСТ 10902-77, ріжуча частина – P18.

Глибина різання: $t = d/2 = 4,9/2 = 2,45$ мм.

Вибираємо подачу по [5, с. 277]: $S = 0,11$ мм/об.

Стійкість інструменту $T = 15$ хв [5, с. 279].

Визначаємо коефіцієнт по (1.40) і швидкість різання по формулі (1.39):

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,67 \cdot 1,0 = 0,37,$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 4,9^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,11^{0,7}} \cdot 0,37 = 9,23 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 9,23}{3,14 \cdot 4,9} = 600 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі (1.41) і основний час по формулі (1.33).

$$L_{\text{рез}} = 9,2 \text{ мм, } y = 2,5 \text{ мм,}$$

$$L_{\text{р.х.}} = 9,2 \cdot 2 + 2,5 = 20,9 \text{ мм.}$$

$$t_{0_1} = \frac{20,9}{600 \cdot 0,11} \cdot 3 = 0,96 \text{ хв.}$$

Визначаємо осьову силу по формулі (1.42):

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4,9^{1,0} \cdot 0,11^{0,7} \cdot 1,31 = 931 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент за формулою (1.44):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,9^{2,0} \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,31 = 1,86 \text{ Н·м,}$$

Визначаємо потужність різання по формулі (1.43):

$$N = \frac{1,86 \cdot 600}{9750} = 0,11 \text{ кВт} < N_{\text{ст.}}$$

Перехід 2: зенкерувати 3 отвори 28.

Вибираємо ріжучий інструмент по [5, с. 153].

Інструмент: зенкер $d = 5,1 \text{ мм}$, $L = 80 \text{ мм}$, $l = 15 \text{ мм}$, ГОСТ 21543-76, ріжуча частина – Т15К6.

$$\text{Глибина різання: } t = (5,1 - 4,9)/2 = 0,2/2 = 0,1 \text{ мм.}$$

$$\text{Вибираємо подачу по [5, с. 277]: } S = 0,3 \text{ мм/об.}$$

$$\text{Стійкість інструменту } T = 25 \text{ хв [5, с. 280].}$$

Визначаємо коефіцієнт по (1.40) і швидкість різання по формулі [5, с. 276]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.46)$$

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,37,$$

$$V = \frac{18,0 \cdot 5,1^{0,6}}{25^{0,25} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 0,3^{0,3}} \cdot 0,37 = 18_{\text{м/хв.}}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 5,1} = 1000 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі (1.41) і основний час по формулі (1.33).

$$L_{\text{рез}} = 9,2 \text{ мм, } y = 2,0 \text{ мм,}$$

$$L_{\text{р.х.}} = 9,2 \cdot 2 + 2,0 = 20,4 \text{ мм.}$$

$$t_{0,2} = \frac{20,4}{1000 \cdot 0,3} \cdot 3 = 0,21 \text{ хв.}$$

Визначаємо осьову силу по формулі [5, с. 277]:

$$P_o = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.47)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{\text{мр}}$ [5, с. 264].

Коефіцієнт C_v і показники ступенів по [5, с. 281].

$$P_o = 10 \cdot 140 \cdot 0,1^{1,2} \cdot 0,3^{0,65} \cdot 1,31 = 52,9 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M \cdot t^x \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.48)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{\text{мр}}$ [5, с. 264].

Коефіцієнт C_p і показники ступенів по [5, с. 281].

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,106 \cdot 0,1^{0,9} \cdot 5,1^{1,0} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1,31 = 0,34 \text{ Н·м,}$$

Визначаємо потужність різання по формулі (1.43):

$$N = \frac{0,34 \cdot 1000}{9750} = 0,03 \text{ кВт} < N_{\text{ст.}}$$

Перехід 3: свердлити 4 отвори 29.

Вибираємо ріжучий інструмент по [10, с. 273].

Інструмент: свердло спіральне $d = 12 \text{ мм}$, $L = 151 \text{ мм}$, $l = 101 \text{ мм}$, ГОСТ 10902-77, ріжуча частина – P18.

Глибина різання: $t = d/2 = 12/2 = 6,0$ мм.

Вибираємо подачу по [5, с. 277]: $S = 0,15$ мм/об.

Стійкість інструменту $T = 45$ хв [5, с. 279].

Визначаємо коефіцієнт по (1.40) і швидкість різання по формулі (1.39):

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{1078} \right)^{1,0} = 0,56,$$

$$K_v = 0,56 \cdot 0,67 \cdot 1,0 = 0,37,$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,37 = 15,36 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя по формулі (1.32).

$$n = \frac{1000 \cdot 15,36}{3,14 \cdot 12} = 400 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу по формулі (1.41) і основний час по формулі (1.33).

$$L_{\text{рез}} = 4,5 \text{ мм, } y = 8 \text{ мм,}$$

$$L_{\text{р.х.}} = 4,5 \cdot 2 + 2,5 = 11,5 \text{ мм.}$$

$$t_{0_3} = \frac{11,5}{400 \cdot 0,15} \cdot 4 = 0,77 \text{ хв.}$$

$$t_0 = \sum t_{0i} = 0,96 + 0,21 + 0,77 = 1,94 \text{ хв.}$$

Визначаємо осьову силу по формулі (1.42):

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 12^{1,0} \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,31 = 2832,9 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент по формулі (1.44):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12^{2,0} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,31 = 14,26 \text{ Н·м,}$$

Визначаємо потужність різання по формулі (1.43):

$$N = \frac{14,26 \cdot 400}{9750} = 0,58 \text{ кВт} < N_{\text{ст.}}$$

1.6.3 Операція 070 – круглошліфувальна

Вихідні дані:

Верстат - круглошліфувальний 3М153.

Частота обертання шпинделя заготовки, об/хв (безступінчасте регулювання):
50 – 1000.

Частота обертання шпинделя шліфувального круга, об/хв: 1900.

Швидкість автоматичного переміщення столу (безступінчасте регулювання),
м/хв: 0,02 – 5.

Швидкість врізної подачі шліфувальної бабки, мм/хв: 0,05 – 5.

Потужність електродвигуна 7,5 кВт.

Операційний ескіз показаний на рис. 1.32.

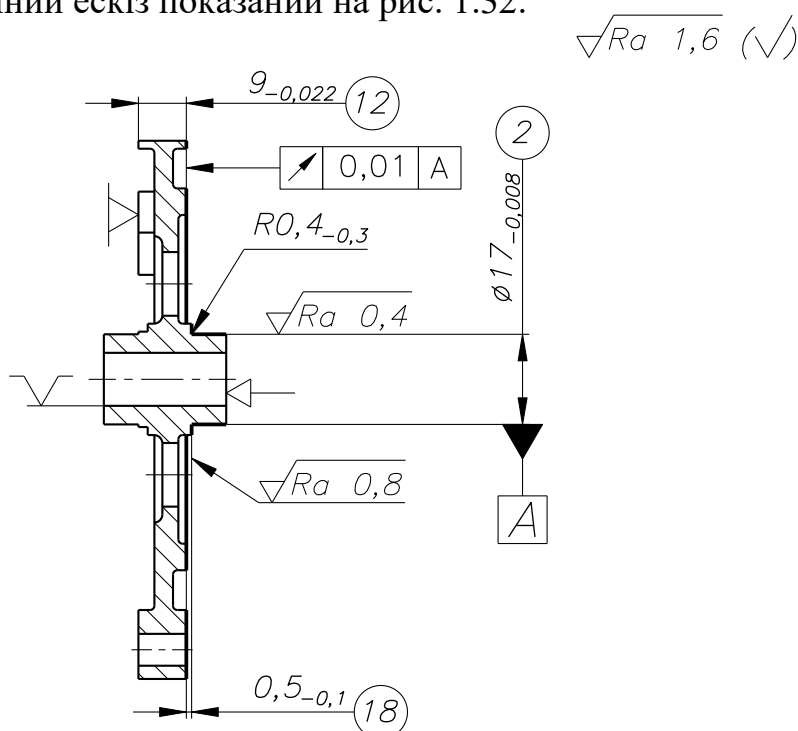


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз до операції 070

1.6.3.1 Визначення режимів різання

Обираємо ріжучий інструмент.

Згідно з рекомендаціями [12, с. 458] найкращу продуктивність забезпечить електрокорунд. Оскільки до оброблюваної поверхні пред'явлені підвищені вимоги по точності та чистоті, то згідно [11, с. 593, с. 623] уточнюємо марку абразиву і застосовуємо електрокорунд білий 25А з керамічною зв'язкою. Приймаємо зернистість 50, твердість круга СТ1 структура № 6 (6К). За рекомендаціями [11, с. 595] за-

стосовуємо круг ПВК – плоский круг з конічною виточкою. Згідно [5, с. 301] швидкість круга $v_k = 30$ м/с. Визначаємо діаметр круга виходячи з формули (1.32):

$$D = \frac{1000 \cdot V \cdot 60}{\pi \cdot n} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3,14 \cdot 1900} = 352 \text{ мм.}$$

З [10, с. 388] приймаємо найближче стандартне значення: $D = 350$ мм, $d = 127$ мм, $B = 30$ мм. Таким чином, круг має позначення:

ПВК 350x30x127 25A 50 СТ1 6К ГОСТ 2424-83.

Шліфування виконується за 3 переходи – попереднє шліфування поверхні 2, остаточне шліфування поверхні 2 і однократне шліфування поверхні 12. При цьому припуск на попереднє шліфування для поверхні 2 складає 0,156 мм, на остаточне шліфування 0,043 мм. Припуск на поверхню 12 складає 0,072 мм.

Шліфування проводиться методом врізання.

Визначаємо подачі по формулах [11, с. 624].

Поперечна подача при попередньому шліфуванні поверхні 2:

$$s_{tm} = \frac{13,5}{D_d^{0,7}} K_1 K_2 \quad (1.49)$$

де K_1, K_2 – поправочні коефіцієнти [11, с. 626].

Поперечна подача при остаточному шліфуванні поверхні 2:

$$s_{tm} = \frac{37,6}{D_d^{0,5} l_{d_1}^{0,6}} K_1 K_2 \quad (1.50)$$

де l_{d_1} – ширина поверхні, яка шліфується,

K_1, K_2 – поправочні коефіцієнти [11, с. 628].

Подовжня подача при шліфуванні поверхні 12:

$$s_{tm} = \frac{39,5}{D_d^{0,7} l_d^{0,5}} K_1 K_2 \quad (1.51)$$

де l_d – ширина поверхні, яка шліфується,

K_1, K_2 – поправочні коефіцієнти [11, с. 628].

Поперечна подача при попередньому шліфуванні поверхні 2:

$$s_{t_{M1}} = \frac{13,5}{17^{0,7}} \cdot 1 \cdot 0,95 = 1,76 \text{ мм/хв.}$$

Поперечна подача при остаточному шліфуванні поверхні 2:

$$s_{t_{M2}} = \frac{37,6}{17^{0,5} 9^{0,6}} \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 1,36 \text{ мм/хв.}$$

Подовжня подача при шліфуванні поверхні 12:

$$s_{t_{M3}} = \frac{39,5}{113^{0,7} 25,5^{0,5}} \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,23 \text{ мм/хв.}$$

Згідно [5, с. 301] швидкість деталі при попередньому врізному шліфуванні $v_d = 50 \text{ м/хв}$, при остаточному $v_d = 40 \text{ м/хв}$.

Визначаємо швидкість обертання деталі по формулі (1.32):

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 17} = 936 \text{ об/хв,}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 17} = 750 \text{ об/хв,}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 113} = 112 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо основний час [11, с. 632]:

$$T_o = \left(\frac{h \cdot A}{2 \cdot s_{t_m}} + \tau_3 \right) K \quad (1.52)$$

де h – припуск, мм,

A – кількість врізань,

τ_3 – час зачистки, хв [11, с. 636],

K – коефіцієнт, що враховує час на створення початкового натягу в системі та місцеві дошліфовки [11, с. 636].

$$T_{O1} = \left(\frac{0,156 \cdot 1}{2 \cdot 1,76} + 0,05 \right) \cdot 1,3 = 0,13 \text{ хв,}$$

$$T_{O2} = \left(\frac{0,043 \cdot 1}{2 \cdot 1,36} + 0,05 \right) \cdot 1,3 = 0,09 \text{ хв,}$$

$$T_{O_3} = \left(\frac{0,072 \cdot 1}{2 \cdot 0,23} + 0,11 \right) \cdot 1 = 0,28 \text{ хв},$$

$$T_O = T_{O_1} + T_{O_2} + T_{O_3} = 0,13 + 0,09 + 0,28 = 0,5 \text{ хв}.$$

Визначаємо потужність різання при шліфуванні периферією круга [5, с. 300]:

$$N = C_N v_d^r s_{tM}^y d^q b^z \quad (1.53)$$

де b – ширина шліфування, мм,

C_N і показники ступенів по [5, с. 303].

$$N_1 = 0,14 \cdot 50^{0,5} \cdot 1,76^0 \cdot 17^{0,2} \cdot 9^{1,0} = 3,6 \text{ кВт} < N_{\text{ст}}.$$

$$N_2 = 0,14 \cdot 40^{0,5} \cdot 1,36^0 \cdot 17^{0,2} \cdot 9^{1,0} = 3,22 \text{ кВт} < N_{\text{ст}}.$$

Визначаємо потужність різання при шліфуванні торцем круга [5, с. 300]:

$$N = C_N v_d^r t^x b^z \quad (1.54)$$

де C_N і показники ступенів з [5, с. 303].

$$N_3 = 0,14 \cdot 40^{0,8} \cdot 0,072^{0,4} \cdot 25,5^{0,5} = 4,67 \text{ кВт} < N_{\text{ст}}.$$

1.6.4 Операція 075 - вертикально-фрезерна

Вихідні дані:

Верстат – вертикально-фрезерний 6Р11.

Частота обертання шпинделя, об/хв:

50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Подача столу, мм/мин:

подовжня і поперечна: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800;

вертикальна: 8,3; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,7.

Найбільше переміщення столу, мм:

подовжнє: 630;

поперечне: 210;

вертикальне: 360.

Потужність електродвигуна 5,5 кВт.

Операційний ескіз показаний на рис. 1.10.

Послідовність виконання операції:

перехід 1 - фрезерувати поверхні 31 та 32 з однієї сторони;

перехід 2 - фрезерувати поверхні 31 та 32 з іншої сторони;

перехід 3 – фрезерувати поверхню 30 однієї сторони;

перехід 4 – фрезеруват поверхню 30 з іншої сторони.

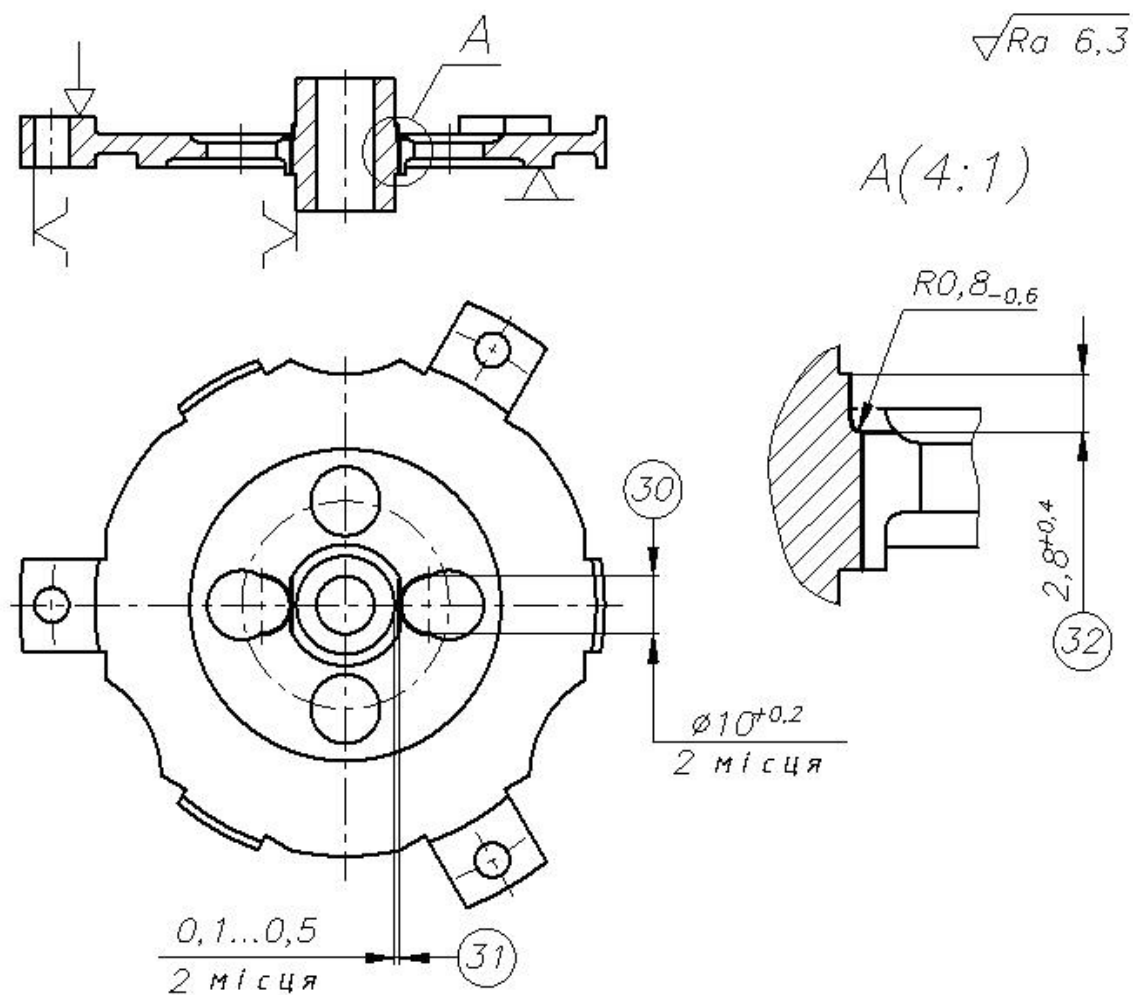


Рисунок 1.10 – Операційний ескіз до операції 075

1.6.4.1 Визначення режимів різання

Вибираємо ріжучий інструмент [5, с. 174].

Інструмент: фреза концевая $D = 10$ мм, $L = 92$ мм, $l = 22$ мм, $z = 4$, матеріал – Р6М5, ГОСТ 17026-71.

Визначаємо глибину t і ширину B фрезерування.

Для переходів 1 та 2: $t = 0,5$ мм, $B = 3,0$ мм; для переходів 3 та 4: $t = 10,0$ мм, $B = 3,0$ мм.

Згідно з [5, с. 285] приймаємо подачу на один оборот фрези для всіх переходів $s = 0,16$ мм/об.

Визначаємо подачу на зуб [5, с. 282]

$$s_z = s/z \quad (1.55)$$

$$s_z = 0,16/4 = 0,04 \text{ мм.}$$

Визначаємо швидкість різання (окружну швидкість фрези) [5, с. 282]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^h z^p} K_v \quad (1.56)$$

де T – період стійкості фрези, $T = 40$ хв [5, с. 290],

C_v і показники ступенів по [5, с. 286].

Для переходів 1 та 2:

$$v_1 = \frac{46,7 \cdot 10^{0,44}}{40^{0,37} \cdot 0,5^{0,24} \cdot 0,04^{0,26} \cdot 3^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 0,37 = 24,8 \text{ м/хв.}$$

Для переходів 3 та 4:

$$v_2 = \frac{46,7 \cdot 10^{0,44}}{40^{0,37} \cdot 10^{0,24} \cdot 0,04^{0,26} \cdot 3^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 0,37 = 12,35 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання фрези за формулою (1.32). Для переходів 1 та 2:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 24,8}{3,14 \cdot 10} = 789 \text{ об/хв.}$$

Для переходів 3 та 4:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 12,35}{3,14 \cdot 10} = 393 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо верстатні значення:

$$n_{1\text{ст}} = 630 \text{ об/хв,}$$

$$n_{2\text{ст}} = 315 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо фактичну швидкість різання з формули (1.29).

$$v_{1д} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 630}{1000} = 19,78 \text{ м/хв,}$$

$$v_{2д} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 315}{1000} = 9,89 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу [5, с. 282]:

$$s_m = s_z z n \quad (1.57)$$

Для переходів 1 та 2:

$$s_m = 0,04 \cdot 4 \cdot 630 = 100,8 \text{ мм/хв.}$$

Для переходів 3 та 4:

$$s_m = 0,04 \cdot 4 \cdot 315 = 50,4 \text{ мм/хв.}$$

Визначаємо основний час (11, с. 314):

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m} i = \frac{L}{s_m} i \quad (1.58)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні в напрямку подачі, мм;

l_1 – довжина врізання і перебігу фрези [11, с. 448];

l_2 – довжина на взяття пробної стружки, $l_2 = 5$ мм [11, с. 314]

L – довжина шляху, що проходить фреза у напрямку подачі;

i – число проходів.

$$T_{o_{1,2}} = \frac{9 + 1 + 5}{100,8} \cdot 2 = 0,3 \text{ хв.}$$

$$T_{o_{3,4}} = \frac{3 + 1 + 5}{50,4} \cdot 2 = 0,36 \text{ хв.}$$

$$T_o = \sum T_{oi} = 0,3 + 0,36 = 0,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо головну складову сили різання – окружну силу [5, с. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t_x s_z^y B^H z}{D^q n^w} K_{mp} \quad (1.59)$$

$$P_{z1,2} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,5^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 3^{0,1} \cdot 4}{10^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 1,31 = 22,81 \text{ Н},$$

$$P_{z3,4} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 10^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 3^{0,1} \cdot 4}{10^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 1,31 = 299,9 \text{ Н}.$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі [5, с. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} \quad (1.60)$$

$$M_{кр1,2} = \frac{22,81 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 1,14 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{кр3,4} = \frac{299,9 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 14,99 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо потужність різання [5, с. 290]:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} \quad (1.61)$$

$$N_{1,2} = \frac{22,81 \cdot 19,78}{1020 \cdot 60} = 0,01 \text{ кВт},$$

$$N_{3,4} = \frac{299,9 \cdot 9,89}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт}.$$

1.7 Розрахунок технічної норми часу

1.7.1 Операція 020 – токарна з ЧПК. Технічне нормування

Штучний час розраховується по формулі [4, с. 603]:

$$T_{шт.} = t_o + t_b + t_{обс.} + t_{п} \quad (1.62)$$

де $t_b = t_{b,y} + t_{м.в}$ – допоміжний час, що включає час $t_{b,y}$ у на установку і зняття заготівки та допоміжний час $t_{м.в}$, пов'язане з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні, хв;

$t_{обс}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{п}$ – час на особисті потреби, хв.

$t_{обс}$ і $t_{п}$ призначається у відсотках від оперативного часу:

$$t_{оп.} = t_o + t_{в.у} + t_{м.в} \quad (1.63)$$

Штучно-калькуляційний час розраховується по формулі [4, с. 604]:

$$T_{шт-к.} = T_{шт} + \frac{T_{п-3}}{n} \quad (1.64)$$

де $T_{п-3}$ – підготовчо-заключний час на партію, хв;

n – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво.

$$T_{п-3} = T_{п-3\ 1} + T_{п-3\ 2} + T_{п-3\ 3} \quad (1.65)$$

де $T_{п-3\ 1}$ – підготовчо-заключний час на прийоми, хв;

$T_{п-3\ 2}$ – підготовчо-заключний час, що враховує додаткові роботи, хв;

$T_{п-3\ 3}$ – підготовчо-заключний час на пробну обробку деталі, хв;

$$t_{в.у} = 0,12 \text{ хв по [11, с. 138, карта 51]},$$

$$t_{м.в} = 0,08 \cdot 20 + 0,06 \cdot 8 + 0,1 \cdot 8 = 2,88 \text{ хв по [4, с. 605]},$$

$$t_{в} = 0,12 + 2,88 = 3,0 \text{ хв},$$

$$t_{оп} = 4,3 + 0,12 + 2,88 = 7,3 \text{ хв.}$$

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{оп} = 0,1 \cdot 7,3 = 0,73 \text{ хв по [4, с. 605]},$$

$$t_{п} = 4\% \cdot t_{оп} = 0,04 \cdot 7,3 = 0,29 \text{ хв по [11, с. 136, карта 49]},$$

$$T_{шт.} = 4,3 + 3,0 + 0,73 + 0,29 = 8,32 \text{ хв.}$$

$$T_{п-3\ 1} = 17,1 \text{ хв [4, с. 609]},$$

$$T_{п-3\ 2} = 4 + 2 + 7 + 2 + 2 + 2,5 = 19,5 \text{ хв [4, с. 610]},$$

$$T_{п-3\ 3} = 16,0 \text{ хв [4, с. 611]},$$

$$T_{п-3} = 17,1 + 19,5 + 16,0 = 52,6 \text{ хв},$$

$$T_{шт-к.} = 8,32 + \frac{52,6}{960} = 8,37 \text{ хв.}$$

1.7.2 Операція 040 - координатно-свердлильна

Визначаємо штучний час по формулі [11, с. 230]:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} \quad (1.66)$$

При цьому допоміжний час T_v визначається [11, с. 230]:

$$T_B = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм} \quad (1.67)$$

де $T_{уст}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$T_{пер}$ – час, пов'язаний з переходом, хв;

$T_{изм}$ – час на контрольні виміри, хв.

$$T_{обс.} = (T_o + T_B) \cdot \alpha_{обс} / 100 \quad (1.68)$$

де $\alpha_{обс}$ – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, а також відпочинок і природні потреби.

Штучно-калькуляційний час розраховується по формулі (1.64).

$T_{уст} = 0,67$ хв [11, с. 290, карта 44],

$T_{пер} = 0,56$ хв по [11, с. 294, карта 45],

$T_{изм} = 0,56$ хв [11, с. 163, карта 64],

$T_B = 0,67 + 0,56 + 0,56 = 1,79$ хв,

$\alpha_{обс} = 6\%$ [11, с. 302, карта 50],

$T_{обс.} = (1,94 + 1,79) \cdot 6 / 100 = 0,22$ хв,

$T_{шт} = 1,94 + 1,79 + 0,22 = 3,95$ хв,

$T_{п-з} = 14$ хв [11, с. 300, карта 50].

$T_{шт-к.}$ по (1.64):

$$T_{шт-к.} = 3,95 + \frac{14}{960} = 3,9 \text{ хв.}$$

1.7.3 Операція 070 – круглошліфувальна

Визначаємо штучний час по формулі [11, с. 607]:

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_{тех} + \frac{(T_o + T_B)(\alpha_{орг} + \alpha_{отд})}{100} \quad (1.69)$$

де T_B – допоміжний час по (1.67);

$T_{тех}$ – час технічного обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{орг}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{отд}$ – час на відпочинок та природні потреби, хв.

$T_{уст} = 0,39$ хв [11, с. 640, карта 16],

$$T_{\text{пер}} = 1,41 \text{ хв по [11, с. 641, карта 17, 18],}$$

$$T_{\text{изм}} = 0,52 \text{ хв [11, с. 712, карта 70],}$$

$$T_{\text{в}} = 0,39 + 1,41 + 0,52 = 2,32 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{тех}} = 0,65 \text{ хв [11, с. 644, карта 19],}$$

$$\alpha_{\text{орг}} = 2\% \text{ [11, с. 644, карта 19],}$$

$$\alpha_{\text{отд}} = 6\% \text{ [11, с. 644, карта 19],}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,5 + 2,32 + 0,65 + \frac{(0,5 + 2,32)(2 + 6)}{100} = 3,69 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{п-з}} = 16 \text{ хв [11, с. 646, карта 20].}$$

$$T_{\text{шт-к.}} = 3,69 + \frac{16}{960} = 3,7 \text{ хв.}$$

1.7.4 Операція 075 - вертикально-фрезерна.

Визначаємо штучне час по формулі [11, с. 607]:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{o}} + T_{\text{в}} + \frac{(T_{\text{o}} + T_{\text{в}})(\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{отд}})}{100} \quad (1.70)$$

де $T_{\text{в}}$ – допоміжне час по (1.67);

$T_{\text{тех}}$ – час технічного обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{\text{орг}}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{\text{отд}}$ – час на відпочинок і природні потреби, хв.

$$T_{\text{уст}} = 0,57 \text{ хв [11, с. 435, карта 62],}$$

$$T_{\text{пер}} = 0,62 \text{ хв по [11, с. 442, карта 64],}$$

$$T_{\text{изм}} = 0,32 \text{ хв [11, с. 446, карта 67],}$$

$$T_{\text{в}} = 0,57 + 0,62 + 0,32 = 1,51 \text{ хв,}$$

$$\alpha_{\text{орг}} = 2\% \text{ [11, с. 422, карта 56],}$$

$$\alpha_{\text{отд}} = 4\% \text{ [11, с. 422, карта 56],}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,66 + 1,51 + \frac{(0,66 + 1,51)(2 + 4)}{100} = 2,49 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{п-з}} = 14 \text{ хв [11, с. 422, карта 56].}$$

$$T_{\text{шт-к.}} = 2,49 + \frac{14}{960} = 2,5 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків режимів різання і нормування пунктів 1.6 – 1.7 заносимо в табл. 1.8.

1.8 Розробка РТК УП

1.8.1 Підготовка початкової інформації для машинного розрахунку керуючої програми, для верстатів з ЧПК

Приймаємо налаштувальні розміри, визначені на виробництві.

Різець підрізний: $a = -10 \text{ мм}$, $b = -20 \text{ мм}$, $j = 1$.

Свердло: $a = 7 \text{ мм}$, $b = -50 \text{ мм}$, $j = 5$.

Свердло: $a = 7 \text{ мм}$, $b = -70 \text{ мм}$, $j = 5$.

Різець канавочний: $a = 0 \text{ мм}$, $b = -20 \text{ мм}$, $j = 1$.

1.8.2 Розробка траєкторії руху інструментів, визначення координат опорних точок

Визначаємо площину безпеки на відстані 20мм від торця 4 . Вирисовуємо для кожної поверхні траєкторії руху кожного інструменту (рисунки 1.21 – 1.24), привласнюємо номери опорним точкам.

Опис траєкторій.

Блок № 1: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 3 – 2 – 8 – 9 – 7 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 11 – 10 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 15 – 18 – 21 – 22 – 23 – 19 – 24 – 25 – 26 – 27

Блок № 2: 28 – 29 – 30 – 28

Блок № 3: 31 – 32 – 33 – 34 – 35 – 36 – 37 – 31

Блок № 4: 38 – 39 – 40 – 41 – 42 – 43 – 42 – 44 – 45 – 44 – 46 – 47 – 40 – 48 – 49

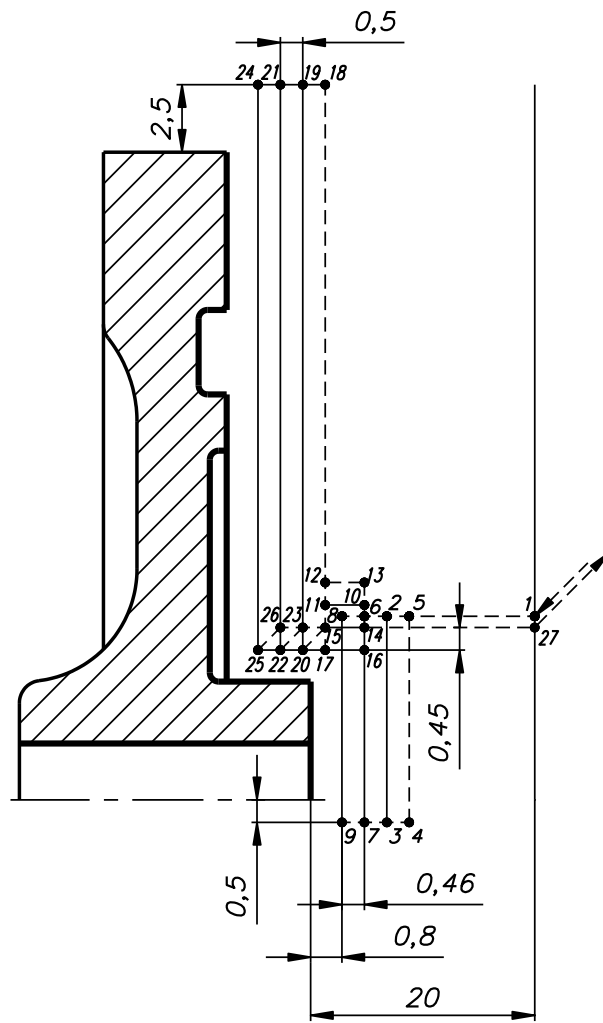


Рисунок 1.11 – Траєкторія руху інструменту в блоці № 1

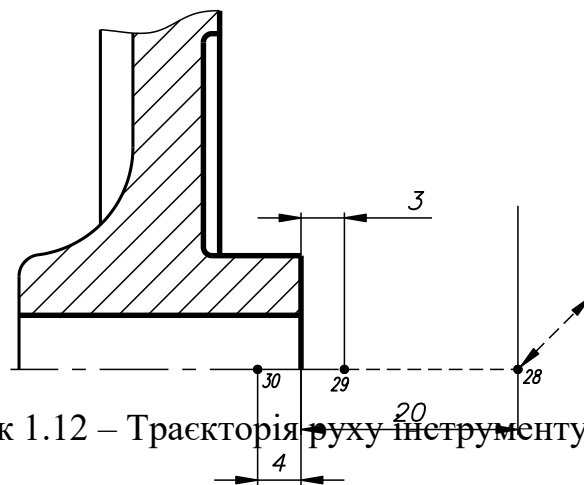


Рисунок 1.12 – Траєкторія руху інструменту в блоці № 2

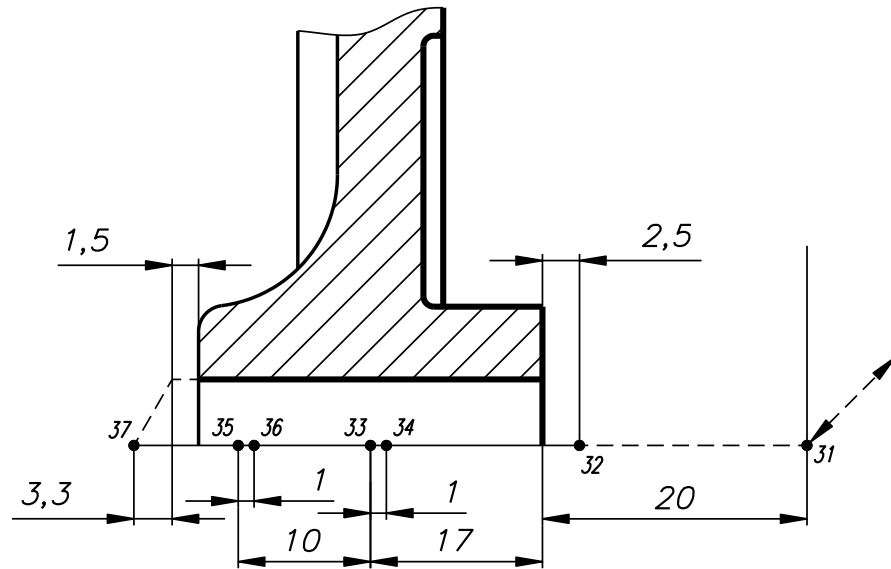


Рисунок 1.13 – Траєкторія руху інструменту в блоці № 3

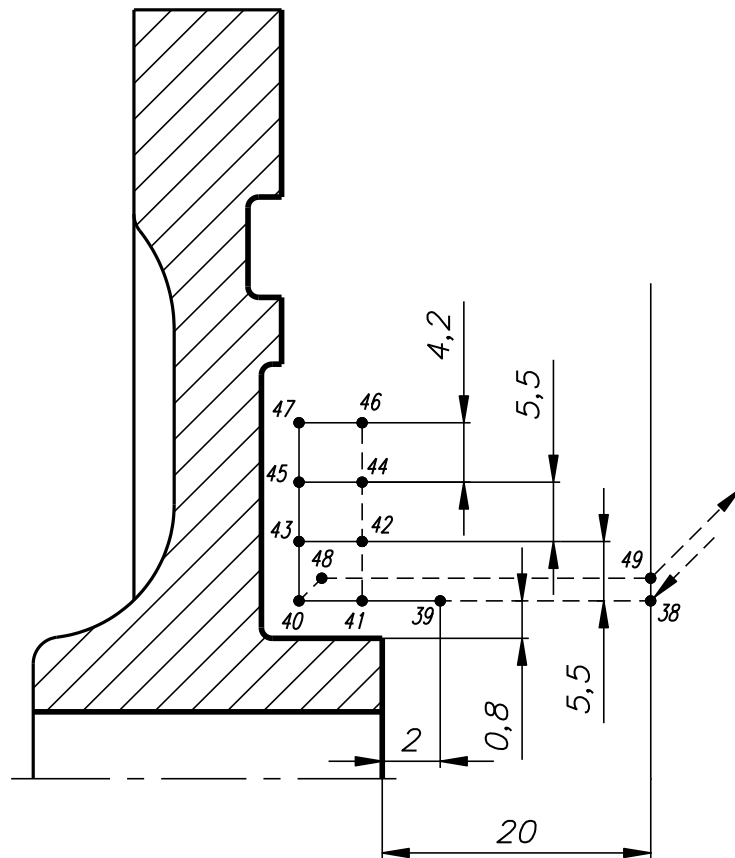


Рисунок 1.14 – Траєкторія руху інструменту в блоці № 4

1.8.3 Автоматизований розрахунок керуючої програми

Підготовка керуючої програми в системі АРТ для операції 020

PARTNO, OP.20, KORPUS

MACHIN / H22, 134

MACHIN / ROUGH

READ / 2, SYNON

. . .

FROM / 280, 140

TLON

CUTTER / 0.1

A1=11.27

A2=9.7

A3=1.56

A4=2.26

RD1=18.975/2

RD2=11.62/2

RD3=61.1/2

RD4=73.4/2

RD5=85.5/2

TL/ 01, ABJ, -10, -20, 1, R, 0.8

S/ 1633, CC, RANGE, 4

CLEARP/ (A1+A2+20)

GCL

O/ ON

TLP/02

RAP, GOTO/ (A1+A2+0.8+0.92) (RD1+0.8+0.45)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+A2+0.8+0.92)-0.5

RAP, GD/0.46,0

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+1.38)(RD1+0.8+0.45)

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+0.46)(RD1+0.8+0.45)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+A2+0.8+0.46) -0.5

RAP, GD/0.46,0

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+0.92)(RD1+0.8+0.45)

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8)(RD1+0.8+0.45)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+A2+0.8)-0.5

RAP, GD/0.46,0

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+0.46)(RD1+0.8+0.9)

S/ 1608, CC, RANGE, 4

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+0.8+1.5) (RD1+0.8+0.9)

RAP, GOTO/(A1+0.8+1.5)(RD1+0.8+1.35)

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+0.46)(RD1+0.8+1.35)

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+0.46)(RD1+0.8+0.45)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+0.8+1.5) (RD1+0.8+0.45)

RAP, GOTO/(A1+0.8+1.5)(RD1+0.8+0.9)

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+0.46)(RD1+0.8+0.9)

RAP, GOTO/(A1+A2+0.8+0.46)(RD1+0.8)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+0.8+1.5) (RD1+0.8)

RAP, GOTO/(A1+0.8+1.5)(RD5+15+2.5)

RAP, GOTO/(A1+ 0.8+1.0)(RD5+15+2.5)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+0.8+1.0) (RD1+0.8)

RAP, GD/0.5,0.5

RAP, GOTO/(A1+0.8+1.5)(RD5+15+2.5)

RAP, GOTO/(A1+ 0.8+0.5)(RD5+15+2.5)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+0.8+0.5)(RD1+0.8)

RAP, GD/0.5,0.5

RAP, GOTO/(A1+0.8+1.0)(RD5+15+2.5)

RAP, GOTO/(A1+ 0.8)(RD5+15+2.5)

F/ IPR, 0.272

GOTO/ (A1+0.8) (RD1+0.8)

RAP, GD/0.5,0.5

O/OFF

RTR

S/OFF

GH

TL/ 02, ABJ, 7, -50, 5, R, 0.0

S/ 1163, CC, RANGE, 4

CLEARP/ (A1+A2+20)

GCL

O/ ON

TLP/03

RAP, GOTO/ (A1+A2+3.0)0

F/ IPR, 0.1

GOTO/ (A1+A2-4.0)0

GOTO/ (A1+A2+3.0)0

O/OFF

RTR

S/OFF

GH

TL/ 03, ABJ, 7, -70, 5, R, 0.0

S/ 394, CC, RANGE, 2

CLEARP/ (A1+A2+20)

GCL

O/ ON

TLP/04

RAP, GOTO/ $(A1+A2+2.5)0$

F/ IPR, 0.25

GOTO/ $(A1+A2-17.0)0$

GOTO/ $(A1+A2-17.0+1.0)0$

GOTO/ $(A1+A2-27.0)0$

GOTO/ $(A1+A2-27.0+1.0)0$

GOTO/ $(A1+A2-28.47-4.8)0$

GOTO/ $(A1+A2+2.5)0$

O/OFF

RTR

S/OFF

GH

TL/ 04, ABJ, 0, -20, 1, R, 0.5

S/ 240, CC, RANGE, 1

CLEARP/ $(A1+A2+20)$

GCL

O/ ON

RAP, GOTO/ $(A1+A2+2.0)(RD1+0.8)$

F/ IPR, 0.2

GOTO/ $(A1-A3+0.8)(RD1+0.8)$

GOTO/ $(A1+2+0.8)(RD1+0.8)$

RAP, GOTO/ $(A1+A2+2.0)(RD1+5.5+0.8)$

F/ IPR, 0.2

GOTO/ $(A1-A3+0.8)(RD1+5.5+0.8)$

RAP, GD/2.0,0

RAP, GOTO/ $(A1+2.0+0.8)(RD1+10.1+0.8)$

F/ IPR, 0.2

GOTO/ (A1-A3+0.8)(RD1+10.1+0.8)

RAP, GD/2.0,0

RAP, GOTO/ (A1+2.0+0.8)(RD1+14.3+0.8)

F/ IPR, 0.2

GOTO/ (A1-A3+0.8)(RD1+14.3+0.8)

GOTO/ (A1-A3+0.8)(RD1+0.8)

RAP, GD/0.5,0.5

O/OFF

RTR

S/OFF

GH

FINI

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування свердлильного пристрою

2.1.1 Опис конструкції і принципу роботи

Свердлильний робочий пристрій складається з плити 1, в отвір і на плоскість якої встановлюється деталь. Також на цій плиті знаходиться колодка 4, в пазу якої може переміщатися призма 3, що фіксує деталь в потрібному кутовому положенні. Зверху на деталь встановлюється накладка 2 з кондукторними втулками 13, 14 та 15 і притискається прихватами 6. У кутовому положенні шайба орієнтується за допомогою паза і штифта 22.

2.1.2 Розрахунок необхідного зусилля затиску

Утримання деталі від провороту в даному пристрої здійснюється за допомогою призми, в яку упирається деталь. Розрахуємо зусилля на призмі, необхідне для надійного затиску деталі і оберігання її від провороту.

Крутний момент при обробці становить $M_{кр} = 14,26 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Умова статичної рівноваги системи – рівність моментів. По умові надійного закріплення деталі протидіючий момент необхідно збільшити на коефіцієнт запасу $k = 1,5 \dots 2$. Таким чином, протидіюча моменту різання сила затиску Q повинна створювати на плечі $L = 45 \text{ мм}$ момент в $1,5 \dots 2$ рази перевищує момент різання.

Схема дії сил і моментів показана на малюнку 2.1.

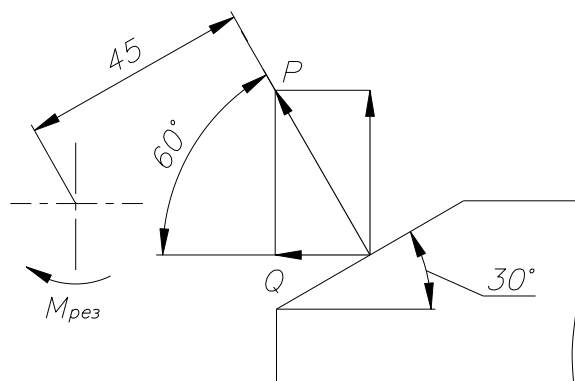


Рисунок 2.1 – Дія сил в механізмі затиску

Визначаємо номінальний розмір координат розташування осей кондукторних втулок.

Для свердління 4 отворів $\varnothing 11,88^{+0,36}$:

$$\varnothing_{K1} = \varnothing_{D1} = 36 \text{ мм.}$$

Для обробки 3 отворів $\varnothing 5,01^{+0,14}$:

$$\varnothing_{K2} = \varnothing_{D2} = 102 \text{ мм.}$$

Розраховуємо допуск на розмір $\varnothing_K$ за формулою [15, с. 93]:

$$T_K \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \left(\Delta_1 \cdot \frac{H + 2a}{H} \right)^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2} \quad (2.3)$$

де T_d – повне поле допуску на розмір обробки,

$k = 1 \dots 1,2$ – коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок.

Приймаємо значення коефіцієнта до $k = 1$,

ε_6 – похибка базування заготовки в пристрої,

ε_3 – похибка закріплення заготовки в пристрої,

Δ_1 – частка похибки обробки, що залежить від зміщення осі свердла відносно осі отвору змінної втулки,

Δ_2 – частка похибки обробки, що залежить від зміщення осі змінної втулки відносно осі постійної втулки,

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок, приймається рівною 0,005 мм,

Δ_4 – частка похибки обробки, що залежить від величини припустимого зносу змінної втулки з направляючими діаметром,

H – висота кондукторної втулки,

a – величина зазору для виходу стружки.

Для свердління 4 ($\varnothing_{K1}$) отворів $\varnothing 11,88^{+0,36}$ допуск на зміщення отворів становить $T_d = 0,6$ мм; для 3 отворів $\varnothing 5,01^{+0,14}$ ($\varnothing_{K2}$) $T_d = 0,14$ мм.

Похибка базування для даного пристрою $\varepsilon_6 = 0,0565$ мм.

Δ_1 для $\varnothing_{K1}$ при $d_{св} = 12_{-0,043}$, $d_{вт} = 12_{+0,016}^{+0,043}$ складе: $\Delta_1 = 0,086$ мм.

Δ_1 для $\varnothing_{K2}$ при $d_{зенк} = 5_{+0,026}^{+0,036}$, $d_{вт} = 5_{+0,040}^{+0,052}$ складе: $\Delta_1 = 0,026$ мм.

Δ_2 для $\varnothing_{K2}$ при $d_{пост} = 12_{-0,017}^{+0,018}$, $d_{см} = 12_{-0,017}^{-0,006}$ складе: $\Delta_2 = 0,035$ мм.

Δ_3 для $\varnothing_{K_1}$ дорівнює 0,005 мм, так як застосована тільки постійна втулка.

Δ_3 для $\varnothing_{K_2}$ дорівнює 0,01 мм, так як застосовані 2 втулки - постійна та швидкозмінна.

Δ_4 для $\varnothing_{K_1}$ дорівнює 0,024 мм, Δ_4 для $\varnothing_{K_2}$ дорівнює 0,015 мм [15, с. 89].

$$T_{K_1} \leq 0,6 - \sqrt{0,0565^2 + \left(0,086 \cdot \frac{15 + 2 \cdot 3}{15}\right)^2} + 0,005^2 + 0,024^2 = 0,46 \text{ мм.}$$

$T_{K_1} \leq \pm 0,23$. Виконавчий розмір $\varnothing_{K_1} = 36 \pm 0,23$ мм.

$$T_{K_2} \leq 0,14 - \sqrt{0,0565^2 + \left(0,026 \cdot \frac{15 + 2 \cdot 3}{15}\right)^2} + 0,035^2 + 0,01^2 + 0,015^2 = 0,06 \text{ мм.}$$

$T_{K_2} \leq \pm 0,03$. Виконавчий розмір $\varnothing_{K_2} = 102 \pm 0,03$ мм.

2.2 Контрольний пристрій

2.2.1 Вибір схеми базування

Даний пристрій призначений для контролю перпендикулярності проточки на $\varnothing 85$ мм відносно $\varnothing 17_{-0,008}$ в межах 0,06 мм. Деталь в пристрої розташуємо так, щоб вісь обертання була вертикальною. При такому положенні деталі відсутня необхідність в закріпленні деталі – вона притиснута до кільця 6 власною вагою. Таким чином $\varepsilon_3 = 0$. Зверху на деталь, на поверхню $\varnothing 17_{-0,008}$, одягається втулка 1, на якій за допомогою втулки 4 і корпуси 5 кріпиться вимірювальний прилад. Погрішність базування, що виникає унаслідок непаралельності технологічної і вимірювальної баз в межах половини поля допуску (0,004 мм), складає $\varepsilon_6 = 0,004$ мм. Обертання навколо вертикальної осі сприяє проведенню операції контролю.

Погрішність пристрою може бути викликана наявністю зазорів (рис. 2.3).

Визначимо похибку пристрою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,004 \times \frac{35}{9} + 0,004 \times \frac{35}{75} = 0,015 \text{ мм.}$$

Похибка положення контрольованої деталі в пристрої [16]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,004^2 + 0 + 0,015^2} = 0,016 \text{ мм} = 16 \text{ мкм.} \quad (2.4)$$

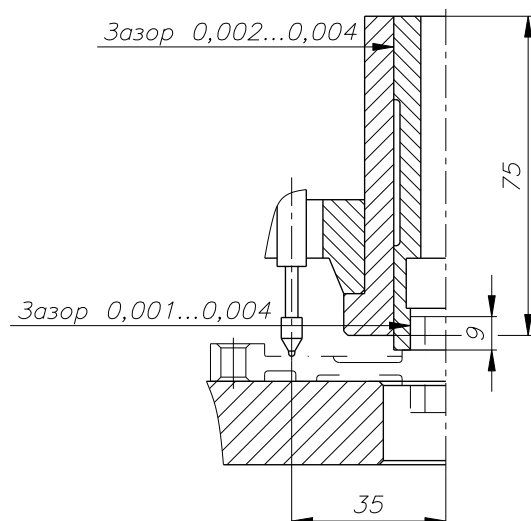


Рисунок 2.3 – Ескіз установки деталі в пристрої

2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу виміру

Контрольно-вимірювальний пристрій призначений для здобуття інформації про фактичне значення параметрів виробів в заданих одиницях виміру.

Вимірювання проводиться за допомогою вимірювальної головки 1ИГ з ціною ділення 0,002 мм, закріпленої на корпусі 5. Вимірювальна голівка має шкальний пристрій (відліковий), який забезпечує достатню точність відліку без надмірної напруги зору.

$$\Delta_{\text{ин}} = 0,002 \text{ мм}, P_{\text{ус}} = 2 \text{ Н.}$$

Для забезпечення точкового контакту приймаємо наконечник сферичної форми при радіусі сфери 2 мм. Матеріал наконечника – твердий сплав.

2.2.3 Визначення сумарної похибки вимірювання

Розрахунок сумарної похибки контрольно-вимірювального пристрою здійснюється за формулою [16]:

$$\varepsilon_{\text{кип}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t + \Delta_{\text{ус}} \quad (2.5)$$

де ε – похибка положення контрольованої деталі в пристрої,

Δ_p – це похибка передаточного пристрою. Оскільки в конструкції контрольного пристрою передаточний пристрій відсутній, $\Delta_p = 0$;

Δ_Δ – похибка виготовлення еталонної деталі. Оскільки для цього пристрою еталонна деталь не застосовується, то $\Delta_\Delta = 0$;

$\Delta_{ин}$ – похибка вибраного засобу виміру, $\Delta_{ин} = 2$ мкм;

Δ_t – похибка, викликана зміною температури навколишнього середовища,

Δ_{yc} – похибка, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації.

Похибка, викликана зміною температури навколишнього середовища:

$$\Delta_t = \ell \times \alpha (t_1 - t_2) \quad (2.6)$$

де ℓ – розмір вимірюваного об'єкту, $\ell = 6$ мм;

α – коефіцієнт лінійного розширення, $\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6}$ 1/град.

Можливий перепад температури 10° .

$$\Delta_t = 6 \times 13,4 \cdot 10^{-6} \times 10 = 0,0008 \text{ мм} = 0,8 \text{ мкм.}$$

Похибка, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації, визначимо по формулі Герца [16]:

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}} \quad (2.7)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від наконечника, при твердому сплаві $K = 0,81$.

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{2}} = 0,75 \text{ мкм.}$$

Підставивши всі значення у формулу (2.5) отримаємо:

$$\varepsilon_{кип} = 16 + 0 + 0 + 2 + 0,8 + 0,75 = 19,55 \text{ мкм.}$$

Зіставивши фактичну сумарну погрішність $\varepsilon_{кип}$ з допустимою (8%...30% Td)

$|\delta_{изм}| = 20$ мкм, робимо висновок, що необхідна умова точності дотримується:

$$\varepsilon_{кип} = 19,55 \text{ мкм} < 20 \text{ мкм} = |\delta_{изм}|.$$

3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНКИ

3.1 Проектування ділянки виготовлення корпусу

3.1.1 Вихідні дані

Вихідними даними для проектування виробничої ділянки є технологічний процес виготовлення деталей; перелік обладнання, на якому виконується даний технологічний процес; трудомісткість виготовлення деталей на кожній операції і річна програма випуску всіх деталей, що обробляються на даному обладнанні.

Оскільки за умови, якщо на ділянці оброблятиметься лише деталь «корпус» середній коефіцієнт завантаження верстатів складатиме 0,03, то необхідне дозавантажити цю ділянку іншими деталями, подібними за масою і типом.

На проектованій ділянці виготовлятимуться 12 деталей:

- 1 – корпус, $N = 4000$ шт.;
- 2 – корпус натискний, $N = 3000$ шт.;
- 3 – перехідник, $N = 4500$ шт.;
- 4 – корпус, $N = 4000$ шт.;
- 5 – стакан підшипника, $N = 3500$ шт.
- 6 – корпус, $N = 2000$.
- 7 – втулка, $N = 5000$.
- 8 – перехідник, $N = 2500$.
- 9 – цапфа, $N = 1500$.
- 10 – корпус натискний, $N = 5000$.
- 11 – стакан, $N = 4000$.
- 12 – втулка, $N = 3500$.

Тип виробництва – серійне, із змінно-потоковою формою організації виробництва.

Вихідні дані приведені в таблиці 3.1.

3.1.2 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання

Для змінно-потоккових ліній кількість верстатів для кожної операції розраховується по формулі [13, с. 7]:

$$S_{pi} = \frac{\sum t_{шт-ki} \cdot N_i}{\Phi_d \cdot m \cdot 60} \quad (3.1)$$

де $t_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

N_i – річна програма випуску i -ої деталі;

Φ_d – річний фонд роботи верстата в одну зміну, $\Phi_d = 2000$ год;

m – кількість робочих змін, $m = 2$.

По формулі (3.1):

$$S_{di} = \frac{8,37 \cdot 4000 + 6,58 \cdot 3000 + 7,31 \cdot 4500 + 6,26 \cdot 4000 + 5,69 \cdot 2000}{2000 \cdot 2 \cdot 60} \times \\ \times \frac{4,36 \cdot 5000 + 5,34 \cdot 1500 + 5,22 \cdot 5000 + 4,65 \cdot 4000 + 6,56 \cdot 3500}{2000 \cdot 2 \cdot 60} = 0,91$$

Приймаємо кількість верстатів АТПр2М12СН на операції $S_{pi} = 1$.

Коефіцієнт завантаження верстатів визначаємо за формулою [13, с. 8]:

$$K_{zi} = \frac{S_{pi}}{S_{mi}} \quad (3.2)$$

$$K_{zi} = \frac{0,85}{1} = 0,91.$$

Аналогічно розраховуємо кількість верстатів і коефіцієнт їх завантаження на інші операції. Результати розрахунків вносимо в таблицю 3.1.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання на ділянці визначаємо згідно [13, с. 8]:

$$K_{зср} = \frac{\sum S_p}{\sum S_{\pi}} \quad (3.3)$$

$$K_{зср} = \frac{16,01}{20} = 0,8.$$

3.1.3 Планування технологічного обладнання та робочих місць

Готуємо вихідну інформацію для планування змінно-потоккової лінії у вигляді таблиці 3.3 і доповнюємо відсутню інформацію – габаритні розміри, і готуємо темплети по довідковій літературі.

Верстати розташовуватимемо в порядку виконання операцій техпроцесу виготовлення деталі.

Вибираємо сітку колон – 24x12 м.

На форматі в масштабі 1:100 наносимо сітку колон – один проліт типової секції виробничих будівель, вказавши номери колон і відстані між ними – крок колон і ширину прольоту.

Змінно-потоккова лінія обробки деталей має ширину $b=9,8$, $a= 51$, не включаючи ширину магістральних проїздів і допоміжної площі.

Виробнича площа ділянки дорівнює

$$S_{\text{уч.}} = a \cdot b = 51 \cdot 9,8 = 500 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

Питома площа на один верстат розраховується по формулі [13, с. 48]:

$$F_{\text{уд.}} = \frac{S_{\text{уч.}}}{\sum C_{\text{п}}} \quad (3.5)$$

де $C_{\text{п}}$ – прийнята кількість обладнання, $C_{\text{п}}=20$.

$$F_{\text{уд.}} = \frac{500}{20} = 25 \text{ м}^2$$

Таблиця 3.2 - Специфікація технологічного обладнання лінії обробки даних деталей.

№ операції	№ п/п	Найменування технологічного обладнання	Модель	Габарити	S _{пр.}	Зона обслуговування	R _y	Потужність N, кВт.
015	1	Токарно-гвинторізний	1A616	2335x852	1	I	1	4
020	2	Токарний з ЧПК	АТПр2М12СН	2900x2000	1			14
025	3	Токарний з ЧПК	АТПр2М12СН	2900x2000	1	II	1	14
030	4	Токарний з ЧПК	АТПр2М12СН	2900x2000	1			14
035	5	Токарний з ЧПК	АТПр2М12СН	2900x2000	1			14
040	6	Координатно-розточувальний	2431	1780x1330	1		1	2,2
045	7	Горизонтально-фрезерний	6P83	2560x2260	1		1	11
050	8	Вертикально-фрезерний з ЧПК	6550PФ3	5000x4380	1		1	4,3
060	9	Внутрішньо-шліфувальний	3K225B	2225x1775	1		1	0,76
065	10	Кругло-шліфувальний	3M153	2700x2540	1		1	7,5
070	11	Кругло-шліфувальний	3M153	2700x2540	1		1	7,5
075	12	Вертикально-фрезерний	6P11	1480x1990	1		1	5,5
080	13	Вертикально-свердлильний	2H118	870x590	1		1	1,5
085	14	Токарно-гвинторізний	1A616	2335x852	1		1	4
090	15	Токарно-гвинторізний	1A616	2335x852	1		1	4
095	16	Токарно-гвинторізний	1A616	2335x852	1		1	4
100	17	Токарно-гвинторізний	1A616	2335x852	1		1	4
105	18	Різьбонарізний	5991	1865x1150	1		1	1,1
110	19	Плоско-шліфувальний	3E710A	2560x1980	1		1	4
115	20	Плоско-шліфувальний	3E710A	2560x1980	1		1	4

3.1.4 Основні техніко-економічні показники ділянки

Кількість верстатів, шт.	20
Основна площа ділянки, м ²	500
Сітка колон, м	24x12
Питома площа на один верстат, м ²	25
Коефіцієнт завантаження обладнання	0,8

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Оптимізація режимів різання при свердління

4.1 Аналіз літературних джерел

Для зниження витрат при обробці виробів на металоріжучому обладнанні, зростання продуктивності праці, економії дефіцитних інструментальних матеріалів, підвищення точності і якості поверхні виробів необхідні обґрунтований вибір і призначення оптимальних режимів різання для конкретного технологічного процесу.

Загальновизнаним, в даний час, є те, що за найбільш інформативний критерій оптимального режиму різання на практиці вибирають критерій «мінімуму витрат». Однак в умовах ринкової економії, конкуренції та боротьби за ринки збуту і замовників може виникнути ситуація, при якій виявиться необхідним відійти від критерію «мінімуму витрат» на шкоду прибутку для того, щоб, виконавши в строк умови договору, не втратити клієнта і підтримати репутацію фірми. Також буває необхідно форсувати режими для того, щоб скоротити час роботи дорогого обладнання. Або ж навпаки - пожертвувати тривалістю обробки з метою збереження дорогого інструменту.

У нас в країні були проведені дослідження і розроблені способи практичного застосування корисних вібрацій при різанні. Так були досліджені використання корисних вібрацій при глибокому свердлінні отворів малого діаметра в важкооброблюваних вязких сталях і сплавах, де виникають труднощі з відведенням стружки. Полегшити стружковідвід виявилось можливим шляхом застосування вібраційного свердління, при якому задаються примусові вібрації в осьовому напрямку оброблюваної заготівлі або інструменту, завдяки чому при окремих параметрах коливань вдається забезпечити дроблення стружки по довжині і отримати дрібну, легко видаляему з отвору стружку.

На практиці частіше застосовують схему з осьовими вібраціями інструменту. Підбором частоти і амплітуди вібрацій, що накладаються на подачу інструменту, створюється переривчасте різання, при якому забезпечується дроблення стружки по довжині і створюються сприятливі умови для роботи ріжучого леза. При переривча-

стому різанні ріжуча кромка періодично виводиться із зони різання і при цьому охолоджується, МОР безперешкодно проникає в зону різання, а поверхневі плівки на площинах леза періодично відновлюються. Все це сприяє підвищенню стійкості інструменту, що дозволяє підвищувати режими різання (в першу чергу швидкість різання) і продуктивність.

Крім того, при вібраційному свердлінні полегшуються умови різання, обумовлені кінематикою процесу: по-перше, зрізання стружки відбувається при великих товщинах зрізу, завдяки чому зменшується негативний вплив радіуса заокруглення кромки; по-друге, виникає кінематичне загострення ріжучого леза внаслідок безперервної зміни фактичних значень кутів γ і α , заданих при заточуванні.

4.2 Виникаючі проблеми

Глибокі точні отвори в суцільному матеріалі обробляються за кілька операцій, які можна розділити на дві групи. До першої відносяться операції свердління і чорнового розточування. Вони є найбільш складними, їх основне призначення - забезпечення вимог по розташуванню осі отвору і її прямолінійності. До другої групи належать чистові операції (чистове розточування, хонінгування і ін.), Основним призначенням яких є забезпечення необхідної точності діаметральних розмірів, форми і шорсткості.

Способи глибокого свердління й чорнового розточування мають ряд загальних особливостей, з якими в значній мірі пов'язані труднощі, що виникають в процесі обробки:

- примусове відведення стружки з отвору потоком мастильно-охолоджуючої рідини (МОР) або якийсь інший робочого середовища; порушення безперебійного відведення стружки призводить до порушення або припинення процесу обробки;
- базування робочої частини інструменту під час роботи на поверхню обробленої частини отвору; при неправильному способі базування можливі виникнення дефектів отвори, посилення вібрацій, підвищений знос інструменту;

- мала жорсткість технологічної системи , що є перешкодою для підвищення продуктивності, так як при підвищенні режимів різання в системі виникають крутильні і поперечні коливання (останні є до того ж джерелом виникнення дефектів отвори).

Тому в технології обробки глибоких отворів операціями першої групи приділяється більше уваги.

Зростання номенклатури деталей з глибокими отворами, розширення діапазону їх діаметрів і відносин l / d_0 , а також збільшення обсягу випуску зажадали вдосконалення способів їх обробки, що забезпечують високу продуктивність, економічність і точність.

При суцільному свердлінні поблизу осі свердла виникають несприятливі умови різання, пов'язані з тим, що швидкість різання знижується до нуля на осі свердла, а задній кут в процесі різання приймає негативне значення. У осі свердла, по суті, немає різання, а відбувається лише зняття металу, що супроводжується зростанням осьової складової сили різання і підвищеним зношуванням інструменту. Ці недоліки можна усунути зниженням ріжучого леза поблизу осі, що призводить до утворення так званого «нульового стрижня».

Кільцеве свердління має і деякі недоліки. У міру свердління стрижень внаслідок перерозподілу залишкових напруг деформується, чинячи тиск на стінки інструменту і при обертанні заготовки здійснює поперечні коливання інструменту з частотою обертання заготовки. Для зменшення негативного впливу стержня на його кінці встановлюють спеціальну опору, якої він базується на поверхню отвору в інструменті. Однак при використанні опори витрачається час на обробку отвори на кінці стрижня під установку її, крім того, опора ускладнює прохід стружки при її внутрішньому відводі, тому необхідність установки опори повинна бути строго обґрунтована.

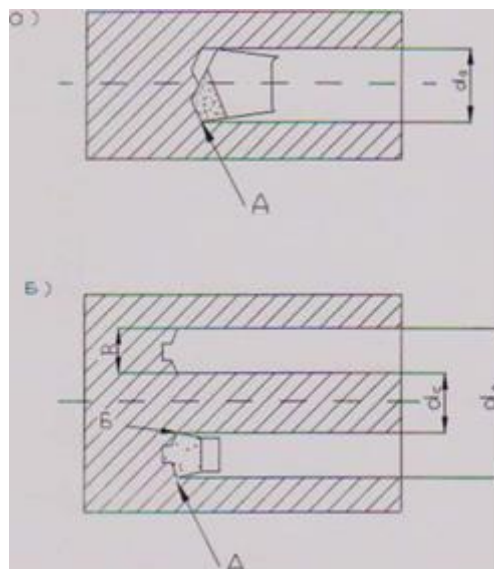


Рисунок 4.1 – Утворення отвору при суцільному (а) й кільцевому (б) свердлінні.

Проведені роботи показують, що для кільцевого свердління може бути створений інструмент і меншого діаметру. Вибір способу свердління в кожному випадку повинен проводитися з урахуванням ряду факторів: діаметра і глибини свердління, обсягу випуску виробів, витрат на інструмент і іншу технологічну оснастку, а також з урахуванням переваг і недоліків порівнюваних способів.

У нашій країні роботи по вдосконаленню способів обробки глибоких отворів проводяться на багатьох підприємствах країни. Створено оригінальні конструкції інструменту і ефективні технологічні процеси.

Наявні нормативні таблиці для вибору режимів різання, як правило, містять режими, обробка на яких призводить до мінімальної собівартості операції. Але при цьому нормативи не дозволяють вибрати режим різання, виходячи з конкретних умов або критеріїв оптимізації операції (продуктивність, задана витрата інструменту, виробіток за період стійкості та ін). Більшість нормативів призначені для вибору режиму різання при роботі на універсальному обладнанні в діапазоні середніх та інтенсивних режимів різання, і не враховують складний характер стійкісних залежностей в широкому діапазоні зміни режиму, характерного для автоматизованого виробництва. Також недоліком є те, що в якості критерію експлуатаційної придатності інструментів і характеристики ріжучих властивостей використовується тільки стій-

кість інструменту, виражена у хвилинах машинного часу. Стійкість, виражена у хвилинах машинного часу, не є достатньо надійним показником роботи різального інструменту, оскільки зниження режимів обробки призводить до збільшення стійкості інструменту, в той час як сумарна робота, виконана інструментом за період стійкості, може скорочуватися. Справедливість такого твердження добре ілюструється порівнянням значень стійкості T і напрацювання L [17, табл. 1] при використанні різних режимів. У цій таблиці на підставі експериментів, проведених в МДТУ ім.

М.Е. Баумана, приведено порівняння режимів для свердління спіральним свердлом $D = 14$ мм отвору у вуглецевій якісній конструкційній сталі.

Таблиця 4.1 – Порівняльні показники стійкості T і напрацювання L інструменту

S_0 , мм/об	0,20			0,28			0,40		
n , об/хв	350	500	700	350	500	700	350	500	700
V , м/хв	15	23	30	15	23	30	15	23	30
T , хв	230	128	53	212	123	11	78	30	0,4
L , м	15,2	12,2	7,4	20,8	17,2	2,3	10,9	6,0	0,1

Тому роботу, виконану інструментом, правильніше характеризувати так званим напрацюванням, вираженим в кількості просвердлених отворів за період стійкості. Загальну умовну довжину отвору, обробленого свердлом, згідно [17] можна визначити по формулі:

$$L = \frac{1000S_0}{\pi D}(VT), \text{ мм} \quad (4.1)$$

Добуток (VT) визначає довжину шляху, пройденого ріжучим лезом в його відносному русі з оброблюваною деталлю, і тому пройдений інструментом шлях слід вважати надійнішою і правильнішою характеристикою роботи інструменту в порівнянні з часом його роботи. Крім того, слід мати на увазі, що швидкість різання, що забезпечує здобуття максимального напрацювання за період стійкості, не збігається з величиною швидкості різання, яка забезпечує максимальну стійкість в хвилинах. Для здобуття максимальної ефективності від вживання даного інструменту у всіх випадках вигідніше працювати з більш вищими швидкостями в порівнянні з

тими, які забезпечують максимальну стійкість за часом його роботи. При роботі на автоматах і агрегатних верстатах автоматичних ліній для підвищення стійкості і надійності інструменту у багатьох випадках доводиться використовувати діапазон низьких режимів різання.

Таким чином, вибір режимів різання залежить від чинників, які практично не враховані в нормативних таблицях: критерій оптимізації режиму різання (продуктивність, витрата інструменту, його надійність і ін.), тип використовуваного обладнання (універсальні верстати, верстати з ЧПК, агрегатні верстати автоматичних ліній та ін.), міра автоматизації зміни і переточування інструменту та інших факторів.

Всі фактори, що впливають на вибір режиму різання, в кінцевому рахунку визначають ступінь інтенсивності режимів. Можна, в першому наближенні, вважати, що цю інтенсивність можна поділити на три види: помірні (найнижчі), нормальні (середні) і форсованих (підвищені).

Помірні режими різання зазвичай характеризують максимумами залежності напрацювання від швидкості різання. Такі режими використовуються, коли прагнуть отримати максимальну напрацювання і надійність, найменші витрати і витрати по інструменту, або коли операція при роботі цим інструментом не є лімітуючою. Зазвичай на таких режимах працюють агрегатні верстати автоматичних ліній в масовому виробництві. Робота на помірних режимах характеризується періодами стійкості, що у декілька разів (інколи до 10...12 разів) перевищують нормативні значення стійкості.

Нормальні режими різання передбачають здобуття нормативного періоду стійкості і мінімальної собівартості операції. Вони найчастіше використовуються в одиничному і серійному виробництві при роботі на універсальних верстатах.

Форсовані режими різання використовуються в тих випадках, коли дана операція лімітує продуктивність, при роботі на дорогому автоматизованому обладнанні з автоматичною зміною зношеного інструменту, при використанні інструменту високої якості та ін.

Оскільки інтенсивність процесу свердління і його продуктивність визначаються значенням лінійної швидкості подачі свердла [19]:

$$s_M = n \cdot s_0, \quad (4.2)$$

перехід на сусіднє значення продуктивності можна здійснити як за рахунок використання сусіднього значення n , так і за рахунок переходу на сусіднє значення s_0 , набуваючи при цьому одного і того ж значення s_M .

Проте з точки зору стійкості інструменту спосіб переходу на новий режим різання має принципове значення, оскільки міра впливу n на стійкість згідно [19] приблизно в 3 рази вище, ніж міра впливу s_0 . Тому перехід на менш інтенсивний режим роботи раціонально здійснювати за рахунок переходу на менше значення n , а на інтенсивніший режим – за рахунок переходу на більше значення s_0 .

4.3 Можливі шляхи рішення

З врахуванням всього вищевикладеного були розроблені формули для оптимізації параметрів режимів свердління для спіральних свердел з швидкорізальної сталі для різних (помірного, нормального і форсованого) режимів робіт [17].

Для нормальних режимів свердління. Подача, мм/об:

для свердел $D \leq 10$ мм

$$s_0 = 0,025 K_s K_{HBs} K_{ls} D \quad (4.3)$$

для свердел $D > 10$ мм

$$s_0 = 0,063 K_s K_{HBs} K_{ls} D^{0,6} \quad (4.4)$$

Частота обертання шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{8 \cdot 10^3 K_v K_{HBv} K_{lv} K_c}{D} \quad (4.5)$$

Для помірних режимів свердління. Подача, мм/об:

$$s_0 = 0,02 D^{0,8} K_s K_{HBs} K_{ls} \quad (4.6)$$

Частота обертання шпинделя, об/хв:

$$n = n_0 K_{HBv} K_{lv} \quad (4.7)$$

Для форсованих режимів свердління. Подача, мм/об:

$$s_0 = 0,08 D^{0,6} K_s K_{HBs} K_{ls} \quad (4.8)$$

Частота обертання шпинделя, об/хв:

$$n = 318 \left(\frac{A}{s_0 D} \right)^{0,5} \quad (4.9)$$

У приведених формулах використовуються коефіцієнти, які характеризують вплив, відповідно, на подачу s_0 та на частоту обертання шпинделя n наступних чинників:

K_s та K_v - марки оброблюваного матеріалу,

K_{HBs} та K_{HBv} - твердості оброблюваного матеріалу,

K_{ls} та K_{lv} - глибини свердління,

K_c - довжини свердління.

При виборі форсованого режиму свердління використовуються умовний показник інтенсивності режиму свердління A .

У роботі [17] був розроблений і запропонований для використання так званий умовний показник інтенсивності режиму свердління:

$$A = \frac{V^2 s}{D} \quad (4.10)$$

Орієнтовні значення A для нормального і форсованого режимів свердління отворів глибиною $3D$ у вуглецевих сталях з $HB=200$ приведені в таблиці 4.2 [17, табл. 2].

Таблиця 4.2 – Орієнтовні значення показника інтенсивності режиму свердління

Режим роботи	Значення A для свердел серії	
	Короткої та середньої	Довгої та подовженої
Нормальний	12,5	7
Форсований	25,0	13

Контрольні значення A для інших умов свердління можуть бути підраховані за допомогою поправочних коефіцієнтів як

$$A = A_{\text{табл}} K_v^2 K_{HBv}^2 K_{lv}^2 K_{HBs} K_{ls} \quad (4.11)$$

Всі поправочні коефіцієнти представлені в [20]. Значення n_0 для помірного режиму визначаються за допомогою величини n_0D , що також приводиться у вказаному джерелі. Ці дані приведені в таблицях 5.3 та 5.4.

Таблиця 4.3 – Поправочні коефіцієнти і значення залежно від марки оброблюваного матеріалу

Оброблювана сталь	K_s	K_v	Dn_0	$V_s \cdot 10^5$
Підвищеної та високої оброблюваності A12, A20, A30, A40Г	1,2	1,2	5700	384
Вуглецева якісна 08, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 50, 60, 65	1,0	1,0	4700	256
Легована хромиста 15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 30ХРА, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х	0,9	0,9	3800	152
Легована хромонікелева і хромонікелева з бором 20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 12ХН24А, 20Х2Н4А, 30ХН3А	0,85	0,78	3500	112
Легована марганцевиста 15Г, 20Г, 25Г, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, 10Г2, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2 хромомарганцева 18ХГ, 18ХГТ, 20ХГР,	0,8	0,75	3200	96

Таблиця 4.4 – Поправочні коефіцієнти і значення залежно від твердості оброблюваного матеріалу і глибини свердління

K_{HBs}	K_{ls}	K_{HBv}	K_{lv}
$(200/HB)^{1,2}$	$1,4(d/l)^{0,3}$	$(200/HB)^{0,9}$	$1,7(d/l)^{0,5}$

K_c : для свердел короткої серії – 1,2; середньої серії – 1,0; довгої – 0,7.

Визначаємо режими різання для обробки корпусу при помірних, нормальних і форсованих режимах робіт. Діаметр свердління $d = 12$ мм. Глибина свердління $l = 4,5$ мм. Інструмент – свердло спіральне P18, середній серії, $D = 12$ мм, ГОСТ 10902-77.

Твердість оброблюваного матеріалу складає 370HB. Таким чином коефіцієнти будуть рівні:

$$K_{HBs} = (200/370)^{1,2} = 0,48, K_{HBv} = (200/370)^{0,9} = 0,57;$$

$$K_{ls} = 1,4(12/4,5)^{0,3} = 1,88, K_{lv} = 1,7(12/4,5)^{0,5} = 2,78;$$

$$K_s = 0,8, K_v = 0,75,$$

$K_c = 1,0$ для свердел середньої серії.

Для нормальних режимів свердління. Подача згідно з формулою (4.4):

$$s_0 = 0,063 \cdot 0,8 \cdot 0,48 \cdot 1,88 \cdot 12^{0,6} = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Частота обертання шпинделя по формулі (4.5):

$$n = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 0,75 \cdot 0,57 \cdot 2,78 \cdot 1,0}{12} = 792,3 \text{ об/хв.}$$

Для помірних режимів свердління. Подача по формулі (4.6):

$$s_0 = 0,02 \cdot 12^{0,8} \cdot 0,8 \cdot 0,48 \cdot 1,88 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

Частота обертання шпинделя по формулі (4.7). Виходячи з даних табл. 4.3 визначаємо n_0 .

$$n_0 = 3200/12 = 266,67 \text{ об/хв,}$$

$$n = 266,67 \cdot 0,57 \cdot 2,78 = 422,6 \text{ об/хв.}$$

Для форсованих режимів свердління. Подача по формулі (4.8):

$$s_0 = 0,08 \cdot 12^{0,6} \cdot 0,8 \cdot 0,48 \cdot 1,88 = 0,26 \text{ мм/об.}$$

Частота обертання шпинделя по формулі (4.9). З табл. 4.2 для форсованого режиму і свердла середньої серії $A = 25,0$. По формулі (4.11):

$$A = 25 \cdot 0,75^2 \cdot 0,57^2 \cdot 2,78^2 \cdot 0,48 \cdot 1,88 = 31,9,$$

$$n = 318 \left(\frac{31,9}{0,26 \cdot 12} \right)^{0,5} = 1016,8 \text{ об/хв.}$$

Якщо уточнити дані, отримані по формулах, за паспортними даними свердлувального верстата 2Н118, то отримаємо три сусідні значення подач (0,14, 0,2 та 0,28 мм/об) і три сусідні значення зворотів шпинделя (360, 700 и 1000 об/хв).

Представлені формули (4.3)-(4.11) дозволяють визначити оптимальні режими обробки деталі з врахуванням поставлених перед виробництвом завдань.

При порівнянні отриманих даних з нормативами [5] і [11] видно, що в них приведені дані, розраховані на здобуття по можливості більшої стійкості інструменту, тобто на нормальні режими свердління при яких згідно [20] стійкість відповідає

емпіричній залежності $T = 6d^{0,7}$ і в першому наближенні забезпечує здобуття мінімальної собівартості обробки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

При роботі на даній ділянці можуть виникати небезпеки:

Потенційні небезпеки, фізичного характеру:

- захоплення обертовими частинами круглошліфувального верстата одягу робітника, у випадку неправильно підібраного розміру спеціального одягу;
- попадання стружки в очі при порушенні технологічної дисципліни;
- ураження електричним струмом, у випадку недотримання техніки безпеки;
- опіки гарячою водою, у випадку недотримання техніки безпеки;
- поломка інструмента і травмування робочого уламками деталі або інструменту, якщо не спрацювали кінцеві вимикачі, і дверцята залишилися відкритими;

Потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру:

- підвищена запиленість, у випадку відсутності засобів захисту;
- незадовільні метеорологічні умови, внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну

Потенційні небезпеки психофізіологічного характеру:

- незадовільна організація робочого місця, у випадку недостатнього врахування ергономіки;

Потенційні небезпеки, що пов'язані з порушеннями правил пожежної безпеки:

- коротке замикання, у випадку перенавантаження електричної системи;

Потенційні небезпеки, що пов'язані з проявом наслідків надзвичайних ситуацій:

- невідповідність персоналу в умовах надзвичайних ситуацій.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Відповідно до ГОСТу 12.3.002-75 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности» розміщення виробничого обладнання повинно забезпечувати безпеку і зручність його експлуатації, обслуговування та ремонту з урахуванням:

- зниження впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів до значень, встановлених стандартами;
- безпечного пересування працюючих (а також сторонніх осіб), швидкої їх евакуації в екстрених випадках, а також найкоротших підходів до робочих місць, по можливості, не перетинають транспортні шляхи;
- найкоротших шляхів руху предметів праці і виробничих відходів з максимальним винятком зустрічних вантажопотоків;
- безпечної експлуатації транспортних засобів, засобів механізації та автоматизації виробничих процесів;
- використання засобів захисту працюючих від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- робочих зон (робочих місць), необхідних для вільного та безпечного виконання трудових операцій при монтажі (демонтажі), обслуговування та ремонту обладнання з урахуванням розмірів використовуваних інструментів і пристосувань, місць для установки, зняття і тимчасового розміщення вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції і відходів виробництва, а також запасних і демонтуються вузлів і деталей;
- площ для розміщення запасів оброблюваних заготовок, вихідних матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції, відходів виробництва, нестационарних стелажів, технологічної тари і аналогічних допоміжних зон;
- площ для розміщення стаціонарних майданчиків, сходів, пристроїв для зберігання і переміщення матеріалів, інструментальних столів, електричних шаф, пожежного інвентарю та аналогічних зон стаціонарних пристроїв;
- поділу на роботизованих ділянках робочих зон промислових робіт і обслуговуючого персоналу.

Відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» на підприємстві дотримуються таких стандартів:

- працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи, а також учні, курсанти, слухачі та студенти під час трудового і професійного навчання проходять на підприємстві за рахунок роботодавця інструктажі, навчання та перевірку знань з

питань охорони праці, надання домедичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки у разі виникнення аварії;

- особи, які суміщують професії, проходять навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці як з їхніх основних професій, так і за професіями, що суміщуються.

Відповідно до ДСТУ EN 457-2001 «Безопасность машин. Звуковые сигналы опасности. Общие требования, проектирование и испытания» звукові сигнали безпеки повинні відповідати таким вимогам:

- природа звукового сигналу безпеки повинна бути такою, щоб будь-яка людина в зоні приймання сигналу була в змозі розпізнати і прореагувати на нього правильно;

- звуковим сигналам безпеки повинен надаватися пріоритет у розпізнаванні щодо інших звукових сигналів;

- необхідно регулярно, з певним інтервалами часу та в моменти, коли наявний новий сигнал або шум, перевіряти ефективність звукового сигналу безпеки;

- звуковий сигнал повинен бути ясно чутним.

На виробництві виготовлення заготовки відбувається на молоті штампувальному М2145. Для виконання техніки безпеки виконуються такі вимоги:

- під час виконання налагоджувальних робіт молоти повинні мати пристрій для утримання ударної частини у верхньому положенні. Пристрій повинен кріпитися до станини молота для фіксування в робочому і неробочому положеннях;

- видалення продуктів згоряння змащувальних матеріалів, визначених технічною документацією на устаткування, з робочого простору штампувальних молотів повинно виконуватися витяжними пристроями;

- інструмент на бойок необхідно встановлювати і підтримувати під час роботи кліщами або за допомогою рукояток інструмента.

Щоб уникнути травматизму на ділянці передбачаються наступні заходи, згідно з системою стандартів безпеки праці.

При роботі за верстатом:

- технічним процесом передбачене використання пневмо- та гідроприводів для затиску заготовок, обладнані запобіжними пристроями;

- гальмування двигуна після зупинки приводу здійснюється за рахунок тер-

тя, тобто самовільно;

- на всіх металоріжучих верстатах ділянки встановлена система пуску і зупинки;
- передбачені запобіжні захисні засоби для автоматичного відключення верстатів при виході якого-небудь параметра обладнання за межі допустимих значень, що виключає аварійні режими роботи;
- передбачена фіксація та кріплення рухомих органів станка при ремонтах, в неробочому стані при транспортуванні;

При роботі зі струмопровідними елементами:

- всі струмопровідні частини верстатів захищені кожухом або ізольовані, можливо введення в обладнання пристроїв для контролю ізоляції та сигналізації або відключення живлення при пошкодженні з метою захисту від ураження електричним струмом;
 - застосована низька напруга (24В) для освітлення та живлення інструментів.
- Використовується також заземлення і занулення неструмопровідних частин обладнання, які можуть виявитися під напругою;
- застосовується електричне розділення мережі на окремі ділянки за допомогою спеціальних розподільних трансформаторів;
 - передбачені застережливі знаки: „блискавки” на дверцях і кришках електроапаратури.

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Відповідно до ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

1. Температура повітря.
2. Відносна вологість повітря.
3. Швидкість руху повітря.
4. Інтенсивність теплового випромінювання.

Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць. Оптимальні та допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні проєктованих приміщень відповідають

значенням, зазначеним у ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Па

Таблиця 5.1 – Метрологічні умови в приміщенні цеху

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, t, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря
Холодний період	Середньої важкості, Па	19-21	60-40	0.2
Теплий період	Середньої важкості, Па	21-23	60-40	0.2

Таблиця 5.2 – Допустимі норми температури, вологості та швидкості руху повітря на робочому місці

Категорія робіт	Температура повітря, t, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря	Температура повітря на робочому місці, t, °C
Середньої важкості, Па	18-27	65	0,1-0,3	19-24

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року є пристрій системи опалювання, поєднаний з приточною вентиляцією.

Дані метрологічні умови досягаються вживанням автоматичної системи регулювання температури навколишнього повітря. Термометри встановлені в декількох точках робочого приміщення, відносну вологість повітря вимірюють психрометром.

Коливання температури повітря по горизонталі в робочій зоні, а також протягом зміни допускається до 5 °C, при цьому абсолютні значення температури повітря, виміряної на різній висоті і в різних ділянках приміщень протягом зміни, не виходять за межі допустимих величин.

Відповідно до ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» для забезпечення нормальних метеорологічних умов і підтримки теплової рівноваги тіла людини і довкілля в цеху проводиться низка заходів, основними з яких є наступні:

– механізація і автоматизація важких і трудомістких робіт, виконання яких супроводиться надлишковим теплоутворенням в організмі людини;

– раціональне розміщення і теплоізоляція обладнання, апаратів, комунікацій і інших джерел, випромінюючих на робочі місця конвекційне і променисте тепло. Тепловипромінююче обладнання розміщується так, щоб виключити поєднання потоків променистої енергії на робочих місцях, а там де це, можливо, воно встановлене на відкритих майданчиках. Теплоізоляція здійснена з таким розрахунком, що температура зовнішніх стінок тепловипромінюючого обладнання не перевищує 45°C;

– для запобігання переохолодженню і простудним захворюванням біля входу в цех влаштовані тамбури або створені теплові повітряні завіси, які направляють потік зовнішнього холодного повітря у верхню зону приміщення;

– організований раціонально водно-сольовий режим з метою профілактики перегрівів;

– робітники забезпечені раціональним спецодягом (напівкомбінезон б/п, сорочка, головний убір, рукавички б/п) та спецвзуттям.

Одним з багаточисельних чинників, які погіршують самопочуття і викликають захворювання робітників, є надлишкове конвекційне і променисте тепло.

За допомогою вентиляції удалося зменшити запилення повітря і забруднення його шкідливими газами і парами, понизити температуру і добитися такого положення, щоб вміст в робочій зоні виробничого приміщення токсичних газів, пари пилу і інших аерозолів не перевищував гранично допустимих концентрацій.

Згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» для ефективної роботи система вентиляції відповідає наступним санітарно-гігієнічним і технічним вимогам:

- кількість приточного повітря $G_{пр}$ відповідає кількості видаляемого $G_{выт}$ (різниця між ними повинна бути мінімальною);

- приточні і витяжні системи в приміщенні розміщені правильно; свіже повітря подається в ті частини приміщення, де кількість шкідливих виділень мінімальна (або їх немає взагалі), а віддаляється, де виділення максимальні; приплив повітря здійснюватися, як правило, у робочу зону, а витяжка – з верхньої зони приміщення;

- системи вентиляції не викликає переохолодження або перегріву працюючих і не створює на робочих місцях шум, що перевищує гранично допустимі рівні.

Таблиця 5.3 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях

Найменування речовини	Фактична концентрація	ГДК $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	Клас небезпеки
Окис вуглецю	12	20	4
Пил алюмінію	3	2	4
Пил абразиву	5	6	4
Пари масла	5	5	3

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» виконуються такі стандарти:

- робочі місця освітлюються в такій мірі, щоб робітник мав можливість добре бачити процес роботи, не напружуючи зору і не нахиляючись для цього до інструменту і обробляє виробу. Освітлення робочих місць не повинне створювати різких тіней або відблисків, що надають сліпучу дію;
- недостатнє або неправильне освітлення робочого місця викликає перевтому зору, знижує працездатність і може стати причиною нещасного випадку;
- проходи і проїзди освітлюють так, щоб забезпечувалася хороша видимість елементів будівлі і обладнання, складених на підлозі заготовок і деталей, рухомого внутрізаводського транспорту.

На ділянці цеху передбачено природне і штучне освітлення. Природне освітлення використовується в денний час доби: воно забезпечує хорошу освітленість, сприятливо діє на зір і володіє високою економічністю. На вікнах з сонячного боку встановлені захисні пристрої від попадання прямих сонячних променів, стекла очищаються від пилу і бруду не рідше двох разів на рік. Кріплення стекол у вікнах зроблене способом, виключає можливість випадання їх з рам.

Штучне освітлення використовується в темний час доби. Джерелом штучного світла є електрика, що використовується в лампах розжарювання або в люмінесцентних лампах.

На ділянці цеху є загальне, місцеве і аварійне освітлення.

Норми вібрації встановлені згідно ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги» і зазначені в таблиці 5.5.

Вібрація - це коливання механізмів, машин, будинків і т.д. Вібрація характеризується: частотою, Гц; амплітудою, мм; віброшвидкістю, см/хв; віброприскоренням, см/хв².

Таблиця 5.4 – Допустимий рівень вібрації робочих місць та на території підприємства

Частота, Гц	Амплітуда, мм	Віброшвидкість, см/хв	Ввіброприскорення, см/хв ²
3	0,6 ... 0,4	1,12 ... 0,76	22 ... 14
100	0,005 ... 0,003	0,23 ... 0,19	112 ... 124

Загальна вібрація частотою менша, ніж 0,7 Гц викликає захворювання під умовною назвою «Морська хвороба» (унаслідок втрати людиною орієнтації). Вібрація частотою 4 ... 6 Гц, також може викликати віброзахворювання. Найбільш небезпечною вважається вібрація частотою 6 ... 9 Гц, оскільки вона близька до частоти власних коливань більшості внутрішніх органів людського організму (серце, шлунок, нирки) і може викликати резонанс. Віброзахворювання відноситься до професійних захворювань, ефективне лікування захворювання можливе лише на ранніх стадіях.

Відповідно з «Санитарными нормами и правилами по ограничению шума на территории и в помещениях производственных предприятий», по ОСТ2Н89-40-75, рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА по ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Електромагнітне поле (ЕМП) в обладнанні (виникає довкола живлення кабелів і провідників при протіканні електричного струму) є незначним по впливу на організм людини. ГОСТ 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» вказує норми ЕМП.

Таблиця 5.5 – Норми опромінення ЕМП

Тривалість опромінення	Гранична потужність, мкВт/см ²
За вісім годин роботи	10
Не більше двох годин за робочий день	100
Не більше 15 ... 20 хвилин за робочий день при обов'язковому використанні захисних окулярів	1000

Для зменшення впливу ЕМП на організм людини застосовуються екрани. Екрани можуть бути виготовлені з метала або металевої сітки. Екран щільно прилягає до джерела опромінення.

Розрахунок штучного освітлення на ділянці:

Вихідні умови:

$$A = 22 \text{ м}$$

$$B = 16 \text{ м}$$

$$H = 4 \text{ м}$$

$$E_n = 400 \text{ лк}$$

1. Вибір системи освітлення. Згідно ДБН В.2.5–28–2006 "Природне і штучне освітлення" обираємо загальний тип освітлення.

2. Визначення рівня нормованої освітленості (E_n). Згідно [21, с. 19]

$$E_n = 400 \text{ лк}$$

3. Вибір джерела світла. Згідно умов задачі, обираємо люмінесцентні лампи.

4. Вибір типу світильника. Згідно [21, с. 23] обираємо тип світильника ЛВП.

5. Оцінка коефіцієнта запасу та коефіцієнта нерівномірності (мінімального) освітлення. Згідно [21, с. 27] обираємо коефіцієнт запасу k_3 :

$$k_3 = 1.5$$

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), як правило дорівнює:

$$z = 1,1 \text{ – для люмінесцентних ламп низького тиску.}$$

6. Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення. Згідно [21, с. 28] обираємо $p_c=70\%$; $p_{ст}=50\%$; $p_{п}=30\%$.

7. Чисельне значення індексу приміщення. Визначають за рівнянням:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (5.1)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

$$i = \frac{22 \cdot 16}{4 \cdot (22 + 16)} = 2,3$$

$$h = H - h_p - h_3 \quad (5.2)$$

де H – висота виробничого приміщення, м;

h_p – висота поверхні над підлогою, м;

h_3 – висота звисання світильника від стелі, м.

$$h = 4 - 0,8 - 0,2 = 3 \text{ м.}$$

Розрахунок h_3 :

а) розрахувати кількість рядів світильників у приміщення:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]} \quad (5.3)$$

де $[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника [21, с. 23]

$$N_p = \frac{16}{(4 - 0,8) \cdot 1,3} = 4.$$

б) визначити максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p} \quad (5.4)$$

$$L_{\max} = \frac{16}{4} = 4 \text{ м.}$$

в) розрахувати висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \quad (5.5)$$

$$h = \frac{4}{1,3} = 3\text{м.}$$

г) знайти висоту звисання світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (5.6)$$

$$h_3 = 4 - 0,8 - 0,2 = 3 \text{ м.}$$

8. Значення коефіцієнта використання світлового потоку η згідно [21, с. 29]:

$$\eta = 58\%.$$

9. Визначення світлового потоку лампи та кількості світильників:

а) сумарний світловий потік

$$\Phi_{\text{сум}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta} \quad (5.6)$$

де $\Phi_{\text{сум}}$ – розрахунок значення сумарного світлового потоку у приміщення,

лм;

E_n – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа поверхні, м^2 ;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_{\text{сум}} = \frac{400 \cdot 352 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,58} = 400551 \text{ лм};$$

б) умовна загальна кількість світильників у приміщенні;

$$N^* = AB / L_{\max}^2 \quad (5.7)$$

$$N^* = 22 \cdot 16 / 4^2 = 23;$$

в) світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\text{сум}}}{N_{\text{л}}}, \text{ лм} \quad (5.8)$$

де $N_{\text{л}}$ – загальна кількість ламп у приміщенні, шт.

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{400551}{5400} = 8707 \text{ лм.}$$

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n \quad (5.9)$$

$$N_{\text{л}} = 23 \cdot 2 = 36;$$

г) згідно [21, с. 23] вибрати тип лампи за найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{\text{л}}$ і розрахувати коефіцієнт m :

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} \quad (5.10)$$

$$m = \frac{8707}{5400} = 1,6;$$

д) визначити оптимальну кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* \cdot m \quad (5.11)$$

$$N = 23 \cdot 1,6 = 36;$$

10. Визначити загальну розрахункову освітленість E_p у приміщенні:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}, \text{ лк} \quad (5.12)$$

$$E_p = \frac{5400 \cdot 72 \cdot 0,58}{352 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 388 \text{ лк.}$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватися умова:

$$E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_{\text{н}}, \text{ лк} \quad (5.13)$$

$$E_p = 400 - (400 \cdot 0,1) = 360 \text{ лк};$$

$$E_p = 400 + (400 \cdot 0,2) = 480 \text{ лк}.$$

Граничні умови (360 лк – 480 лк), при яких значення розрахунків будуть вірними.

11. Розрахувати загальну потужність установки:

$$P_{\text{сум}} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}}, \text{Вт} \quad (5.14)$$

$$P_{\text{сум}} = 72 \cdot 80 = 5769 \text{ Вт.}$$

12. Виконати ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників.

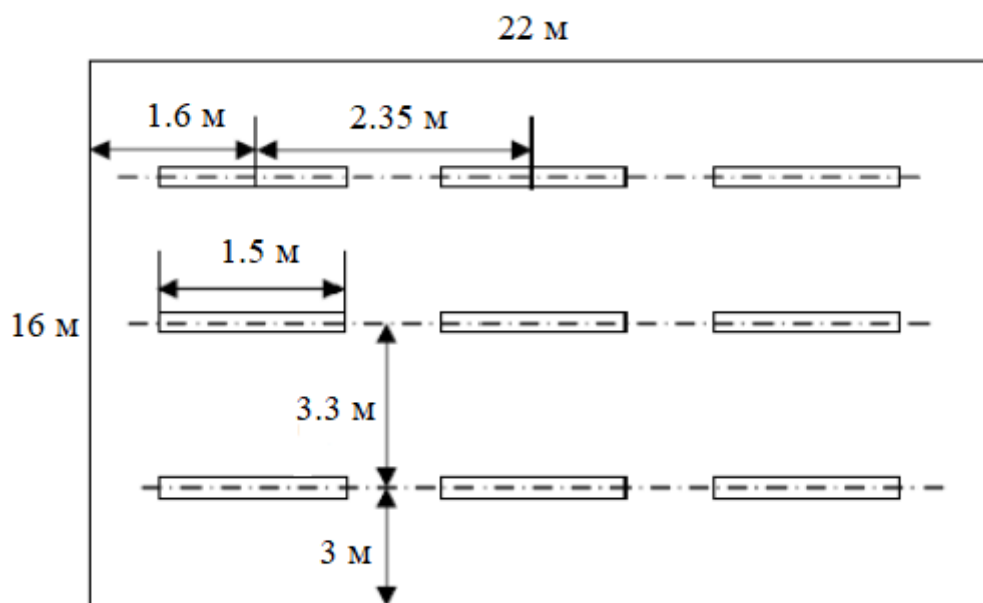


Рисунок 5.1 – Схема розміщення світильників у виробничому приміщенні

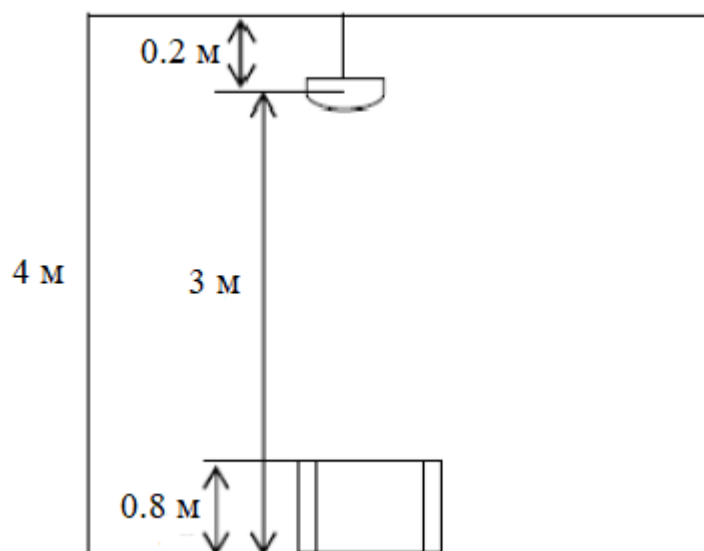


Рисунок 5.2 – Схема розміщення світильників над робочою поверхнею

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі на дільниці:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» на дільниці можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки дільниця обладнана ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» в електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- всі іскристі частини обладнання поміщені у пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана прихованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

У складському господарстві передбачаються наступні заходи щодо пожежної безпеки:

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до всіх стелажів;
- строге дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежною сигналізацією та засобами індивідуального пожежогасіння;
- поділ складів на відсіки протипожежними стінами за ознаками однорідності засобів пожежогасіння та можливості спільного зберігання матеріалів.

Відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені евакуаційні виходи, які розташовані розосереджено.

джено і їх кількість складає п'ять штук. Проходи, призначені для евакуації, мають меншу довжину і мінімальну кількість поворотів.

Відповідно до «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» до первинних засобів пожежогасіння відноситься: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна – з брезенту розміром один метр на один метр; ящик з піском; совкові лопати; внутрішні пожежні крани) і пожежний інструмент (гачки, ломы, сокири).

На кожні 600 м² для механічних цехів прийнято:

- вогнегасники - 2 штуки;
- ящик з піском - 2 штуки;
- лопати залізні - 2 штука;

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» передбачено пристрій пожежної сигналізації з розрахунку: один сигналізатор на 65 м² площі, для швидкої і точної передачі повідомлення про пожежу і місця його виникнення. Всі сигналізатори замикаються на приймальні станції пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100, що дозволяє, централізовано і оперативно керувати пожежними підрозділами.

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Сили і засоби, які залучаються для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Унаслідок надзвичайних ситуацій у населених пунктах країни і на підприємствах можуть виникнути руйнування, зараження місцевості радіоактивними та хімічними речовинами. Люди можуть опинитися у завалах, пошкоджених та палаючих будинках, інших непередбачуваних ситуаціях. У зв'язку з цими обставинами буде потрібне проведення заходів із рятування людей, надання їм допомоги, локалізації аварій та усунення пошкоджень. При вирішенні цих проблем виходять з того, що в осередках ураження і районах лиха будуть проводитися не тільки суто рятувальні роботи, а й деякі невідкладні, що не пов'язані з рятуванням людей. Рятувальні та ін-

ші невідкладні роботи (РiНР) проводяться з метою порятунку людей та надання допомоги ураженим, локалізації аварій та усунення пошкоджень, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт. При проведенні РiНР великого значення має дотримання певних умов. Такими умовами є: своєчасне створення угруповань, сил, що залучаються для проведення РiНР, своєчасне ведення розвідки, швидкий рух і введення сил у осередок ураження, безперервне проведення РiНР до їх повного завершення, тверде й оперативне управління силами, що залучаються до проведення РiНР, і всебічне забезпечення їх діяльності.

Заходи, що відносяться до рятувальних робіт:

- розвідка маршрутів, за якими вводяться або виводяться формування ЦЗ;
- локалізація і гасіння пожеж;
- пошук і рятування людей з-під завалів;
- відкриття зруйнованих захисних споруд і рятування людей;
- подача повітря у завалені захисні споруди;
- надання ураженим першої медичної допомоги та їх евакуація;
- санобробка людей та знезараження їх одягу;
- знезараження місцевості, споруд, техніки.

Крім рятувальних робіт, в осередках ураження проводяться невідкладні роботи, до яких відносяться:

- прокладання маршрутних шляхів на заражених територіях і будування проїздів у завалах;
- локалізація аварій на комунально-енергетичних мережах, лініях зв'язку та їх відновлення;
- закріплення або ліквідація конструкцій споруд, які загрожують падінням та перешкоджають проведенню рятувальних робіт;
- ліквідація боєприпасів та інших вибухонебезпечних предметів (балони з газом, бочки з бензином тощо).

Керівництво проведенням усіх цих робіт у надзвичайних ситуаціях проводяться надзвичайними комісіями держави, області, міста тощо.

Виникнення стихійних лих, а також аварій та катастроф можна в деяких випадках прогнозувати. Ці прогнози, як правило, закладаються в плани ЦЗ підприємств, установ, що передбачають попереджувальні заходи, які повинні зменшити наслідки аварій і катастроф.

Характер та обсяг таких заходів залежать від виду та рівня аварії або стихійного лиха, масштабів і часу їх виникнення.

Загалом до таких заходів відносяться:

- приведення в готовність засобів захисту;
- перевірка готовності систем оповіщення;
- підготовка і видача населенню засобів індивідуального захисту та особистої профілактики;
- проведення санітарно-епідеміологічних заходів;
- підготовка до евакуації або відселення та їх проведення;
- вивезення матеріальних цінностей;
- захист продуктів харчування, джерел води тощо;
- герметизація приміщень.

Способи і послідовність проведення цих робіт залежать від обставин, що склались у районі аварії чи катастрофи, та наявності сил і засобів для проведення таких робіт.

Ліквідація наслідків надзвичайної ситуації проводиться для відновлення роботи підприємств, організацій, навчальних закладів тощо.

При ліквідації наслідків надзвичайної ситуації здійснюються такі заходи:

- розвідка осередків надзвичайних ситуацій;
- локалізація і гасіння пожеж;
- відбудова споруд і шляхів сполучення;
- проведення ізоляційне обмежених заходів в осередках інфекційного зараження;
- проведення спецобробки населення;
- дезактивація, дегазація техніки, майна, доріг, місцевості тощо.

Для проведення рятувальних робіт залучаються невоєнізовані формування ЦЗ, військові частини і підрозділи, медичні організації тощо. Невоєнізовані формування мають у першу чергу проводити рятувальні роботи на об'єктах народного господарства.

До них входять формування загального призначення, які мають у своєму складі аварійно-технічні формування, формування механізації робіт тощо. Вони можуть бути посилені протипожежними, дорожніми, автомобільними та іншими підрозділами.

Від швидкості та рішучості дій формувань залежить життя багатьох людей та збереження матеріальних цінностей.

При рятувальних роботах потрібно дотримуватись таких заходів безпеки:

- пересування людей і автомобілів дозволяється тільки позначеними та розвіданими шляхами;
- забороняється вести роботи біля конструкцій, які загрожують падінням;
- зберігати режим радіаційного та хімічного захисту;
- проведення робіт у задимлених та загазованих приміщеннях групами по 2-3 чоловіки в особистих засобах захисту;
- проведення робіт на електромережах, електроустановках тільки після їх відключення і заземлення;
- освітлення ділянок роботи вночі та за несприятливої погоди.

Під стійкістю роботи об'єкта народного господарства розуміють здатність підприємства, установи попереджувати виникнення виробничих аварій, катастроф, протистояти впливу уражаючих факторів, аби запобігти або зменшити загрозу життю і здоров'ю робітників і службовців, матеріальних втрат, а також забезпечити відновлення порушеного виробництва в мінімально короткий термін.

Стійка робота промислового підприємства складається:

- а) зі стійкості інженерно-технічного комплексу до дії зовнішніх факторів при аваріях, катастрофах, а також при застосуванні щодо них сучасної зброї;
- б) зі стійкості виробничої діяльності (захист виробничого персоналу, надійність систем управління, поновлення роботи у стислі терміни).

Фактори, від яких залежить стійка робота об'єктів у НС мирного і воєнного часу:

1. Надійність захисту робітників і службовців.
2. Безпечність розташування об'єкта щодо зон масштабних зруйнувань.
3. Можливість інженерно-технічного комплексу протистояти діям сучасної військової зброї.
4. Безперервність постачання електроенергією, паливом, газом і всім необхідним для випуску продукції.
5. Надійність керування виробництвом, силами і засобами ЦЗ.
6. Підготовленість підприємства до поновлення виробництва і проведення рятувальних робіт.

З вищеперерахованих факторів впливають такі шляхи і засоби підвищення стійкості підприємств, установ, навчальних закладів України

- нагромадження фондів захисних споруд і засобів індивідуального захисту;
- будівництво важливих підприємств за межами зон можливих зруйнувань;
- підсилення і дублювання енергетичних потужностей;
- розширення зв'язків між галузями промисловості і підприємствами.

ВИСНОВОК

Згідно із завданням на дипломний проект, проведено заходи з удосконалення процесів обробки свердлінням за рахунок режимів різання при виготовленні корпусних деталей. Детально розроблений технологічний процес виготовлення корпусу. Вибраний метод здобуття заготовки, призначені припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені по рекомендаціях нормативних документів авіаційної промисловості. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектований верстатний пристрій (свердлильний).

У частині по охороні праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях виконаний повний аналіз небезпек на ділянці механічної обробки втулки з точки зору безпеки проведення робіт, запропоновані засоби по забезпеченні безпеки, приведена характеристика виробництва по мірі пожежної безпеки, розроблено заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Спецзавдання виконане на тему: оптимізація режимів різання при свердлінні.

Складений альбом технологічної документації на виготовлення деталі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения / Ред. В.П. Огурцов. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 256 с.
2. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 01.07.90.
3. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 694 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 652 с.
5. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /Под ред. А.Ф. Горбачевича. – Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.
6. Косилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении/ А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 352 с.
7. Методичні рекомендації до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак., Є.Я. Корневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.
8. Обработка металлов резанием / Под ред. М.И. Панова. – М.: Машиностроение, 1972. – 176 с.
9. Справочник нормировщика-машиностроителя Т2. / Под ред. Е.Н. Стружестраха. – М.: ОНТИЗ, 1961. – 892 с.
10. Режимы резания металлов / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 176 с.
11. Богуслаев, В.А., Леховицер, В.А., Смирнов, А.С., Станочные приспособления, Монография. – Запорожье, изд. ОАО “Мотор Сич”, 2000. – 461 с.
12. Даниленко, Б.Д. Некоторые вопросы нормирования режимов резания. “Известия ВУЗов. Машиностроение”. Издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. №6, 2004.
13. Даниленко, Б.Д. Обоснование формы нормативных таблиц для выбора режимов сверления. “Известия ВУЗов. Машиностроения”. Издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. №9, 1987.
14. Даниленко, Б.Д. Элементы нормирования, включаемые в нормативы по режимам резания при сверлении. “Известия ВУЗов. Машиностроения”. Издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. №9, 1985.
15. Даниленко, Б.Д. Приближенный выбор режима сверления при использовании различных критериев оптимизации. “Известия ВУЗов. Машиностроение”. Издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. №1-3, 1994.
16. СНиП II 90-80. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования. – М.: Госстрой, 1981. – 144 с.
17. СНиП II 92-76. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий. Нормы проектирования. – М.: Госстрой, 1981. 124 с.
18. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень методом світлового потоку» /Укл. В.І. Шмирко, О.В. Коробко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 34 с.

[illegible]**Формат А4**

[illegible]