



УКРАЇНА

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

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Технологічні методи обробки та зменшення дисбалансу тонкостінних деталей типу тіл обертання

Студент Лебідь Ольга Валеріївна

Спеціальність і група 131 Прикладна механіка Мз-113м

Обсяг проекту (роботи) Повний

Кількість аркушів креслень

8725

Кількість сторінок пояснювальної записки 118

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень 1. Технологічна частина
2. Конструкторська частина 3. Проектування механічної ділянки. Розрахунок
необхідної кількості основного технологічного устаткування. 4. Технологічні
методи обробки та зменшення дисбалансу тонкостінних деталей типу тіл
обертання. 5. Охорона праці

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

в) характеристика виконання кожного розділу магістерської роботи, рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи
Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням науки та
техніки

г) негативні особливості виконання роботи

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості

Позитивною особливістю можна вважати: визначення головних закономірностей
впливу методу обробки та зменшення дисбалансу тонкостінних деталей типу тіл
обертання

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до роботи

Графічна частина та пояснювальна записка виконані у відповідності до діючих стандартів

є) відгук про роботу загалом

В цілому магістерська робота студентки групи Мз-113м Лебідь Ольги Валеріївни відповідає вимогам вищої школи

ж) інші зауваження

У якості зауважень можна привести наступне: На циклограмі некоректно вказане багатостаттєве обслуговування на операціях 35 та 40 та відсутні позначення елементів циклограм

з) оцінка роботи

В цілому магістерська робота студентки групи Мз-113м Лебідь Ольги Валеріївни заслуговує оцінку «задовільно»

Рецензію склав доцент кафедри ТМБ, к.т.н. Логомінов В.О.

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

_____ 2018 р.

(підпис)

[15:02:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №807 [2] (200031 миллисек.):
[Yandex](#) (**Время ожидания операции истекло**)

[15:03:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №812 [2] (200037 миллисек.):
[Yandex](#) (**Время ожидания операции истекло**)

[15:03:32] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №817 [2] (200039 миллисек.):
[Yandex](#) (**Время ожидания операции истекло**)

[15:03:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №822 [2] (200030 миллисек.):
[Yandex](#) (**Время ожидания операции истекло**)

[15:04:02] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №827 [2] (200040 миллисек.):
[Yandex](#) (**Время ожидания операции истекло**)

[15:04:19] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №832 [2] (200028 миллисек.):
[Yandex](#) (**Время ожидания операции истекло**)

[15:04:52] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №837 [2] (200031 миллисек.):
[Yandex](#) (**Время ожидания операции истекло**)

[15:04:53] Тип проверки: *Стандартная*

[15:04:53] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 22%)**

[15:04:53] [Уникальность текста 82%](#) [©] [\(Проигнорировано подстановок: 0%\)](#)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Лебідь О.В., провів
зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.
10.12.2018р.

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)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Технологічні методи обробки та
зменшення дисбалансу токоємних деталей
типу мп обертаючі.

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

131 „Прикладна механіка“
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лебідь О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гончар Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Логомнов 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)
 Напрямок підготовки ✓
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ
С.І. Дядя
 "13" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лебідь Ольга Валеріївна
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічні методи обробки та зменшення дисбалансу тонкостінних деталей шпунтів обертаючих

керівник роботи Гончар Н.В.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" листопада 2018 року № 968

2. Строк подання студентом роботи 04.12.2018

3. Вихідні дані до роботи 1. Креслення деталі.
 Річчо програмно випуску - 4000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічний часиння: розробка технологічного процесу механічної обробки сателіта 2. Конструкційна осиння: розробка та розрахунок робочого та контрольного пристроїв. 3. Автоматизація завантаження (вивантаження) заготовок і транспортування. 4. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Робоче креслення деталі. 2. Креслення заготовки з. План обробки деталі. 4. РТК на операцію з ЧПК. 5. Робоче пристосування. 6. Конструктивне пристосування. 7. Спецзавдання.

РЕФЕРАТ

ПЗ: 118 с., 10 рис., 10 табл., 4 іст. и 4 приложения. Графічна частина состоїт із 9 креслення формата А1 і 1 креслення формата А2.

Об'єк дослідження – технологічний процес виготовлення корпусу сателіта.

Метод дослідження – розрахунково - аналітичний.

Мета дипломного проекта – дослідження та вибір технологічних методів обробки та зменшення дисбалансу тонкостінних деталей типу тіл обертання.

У розробленому проекті сконструйовані робоче і контрольне пристосування, передбачені заходи, спрямовані на зниження витрат і зменшення часу на виробництво, запропоновані більш продуктивні методи обробки.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА, ВЕРСТАТ, ЕСКІЗ, ОПЕРАЦІЯ, РОЗМІР, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИСТОСУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНІЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
ТА ТЕРМІНІВ

ДСТУ	Державний стандарт України
КЗ	Карта заготовки
МК	Маршрутна карта
КВМ	Коефіцієнт використання матеріала
КВП	Контрольно-вимірювальне пристосування
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
ЗОТС	Змашувальне охолоджуюче технологічне середовище
ТО	Термічна обробка
ТУ	Технічні умови
ЧПУ	Числове програмне управління
ШК	Шліфовальний круг
ТВ	Технічні вимоги
ГОСТ	Государственный стандарт

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень, і термінів.....	7
Вступ	8
1. Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.1.1 Аналіз конструкції деталі	9
1.1.2 Аналіз умов роботи	9
1.1.3 Аналіз робочого креслення.....	10
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	15
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	15
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	28
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	36
1.6 Розрахунок режимів різання	36
1.6.1 Операція 025 – токарна	36
1.6.2 Операція 065 – шліфувальна.....	45
1.6.3 Операція 095 – фрезерна	50
1.7 Розробка операційної технології для операції 035 - токарна з ЧПУ.....	62
2 Конструкторська частина.....	69
2.1 Проектування робочого пристосування.....	69
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	69
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	71
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	72
2.1.4 Розрахунок затисного пристрою. Вибір приводу затисного пристрою.....	73
2.1.5 Перевірчий розрахунок на міцність деталей верстата	75
2.2. Проектування контрольного пристосування.....	76
2.2.1 Опис принципу роботи контрольного пристосування.....	76
2.2.2 Розрахунок сумарної погрішності виміру КІП.....	77
3 Проектування механічної ділянки. Розрахунок необхідної кількості основного технологічного устаткування.....	79
3.1 Розрахунок необхідної кількості обладнання та його завантаження.....	79
3.2 Визначення чисельності основних робітників.....	84
3.3 Планування технологічного устаткування і робочих місць на ділянці механічної обробки. Визначення площі виробничої ділянки.....	87

4 Технологічні методи зменшення дисбалансу тонкостінних деталей типу тіл обертання.....	89
4.1 Методи коригування мас деталі.....	91
4.2 Засоби балансування.....	93
4.3 Процес балансування корпусу сателіта.....	93
4.3.1 Устаткування і технологічне оснащення.....	93
4.3.2 Технологічний процес балансування корпусу сателіта.....	95
4.4 Способи підвищення точності балансування деталі і зниження трудомісткості виконання операцій.....	96
4.5 Контроль залишкових дисбалансів.....	97
5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	98
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	98
5.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	99
5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	102
5.4 Заходи щодо пожежної безпеки	108
5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	110
Висновок	112
Перелік посилань.....	113
Додаток А. Управляюча програма в коді ISO7bit	114
Додаток Б. Управляюча програма в коді APT	115
Додаток В. Специфікація свердлильного пристосування.....	117
Додаток Г. Специфікація контрольного пристосування.....	119

ВСТУП

Все зростаюча конкуренція серед виробників авіаційних двигунів, вимагає від виробника виготовлення продукції в мінімальні терміни з максимальною якістю і мінімальною собівартістю. Собівартість деталі в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів, інноваційного обладнання та зменшення тривалості виробничого циклу деталі.

В значній мірі скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва, при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва. Якість створюваного виробу забезпечується на етапах підготовки та виробництва продукції і реалізується в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якісної продукції є контроль виробу, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль.

Для забезпечення збільшення відсотка працездатних деталей і зменшення часу на контроль, необхідно застосовувати контрольні пристосування з автоматичним і напіваавтоматичним циклом роботи, при використанні різних датчиків, а також при аналізі отриманої інформації.

В умовах ринкової економіки для ефективної роботи підприємства на ринку, необхідно застосовувати найбільш продуктивні технології, з найменшою собівартістю на виготовлення, які окрім того будуть забезпечувати необхідну якість.

Для найбільш ефективного контролю якості продукції необхідно виконати автоматизовані, конструкторські та технологічні зміни, які ймовірно можуть трансформувати певну модель роботи підприємства.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.1.1 Аналіз конструкції деталі

Корпус сателіта є елементом двигуна Д- 36 і встановлений в повітряному турбостартері.

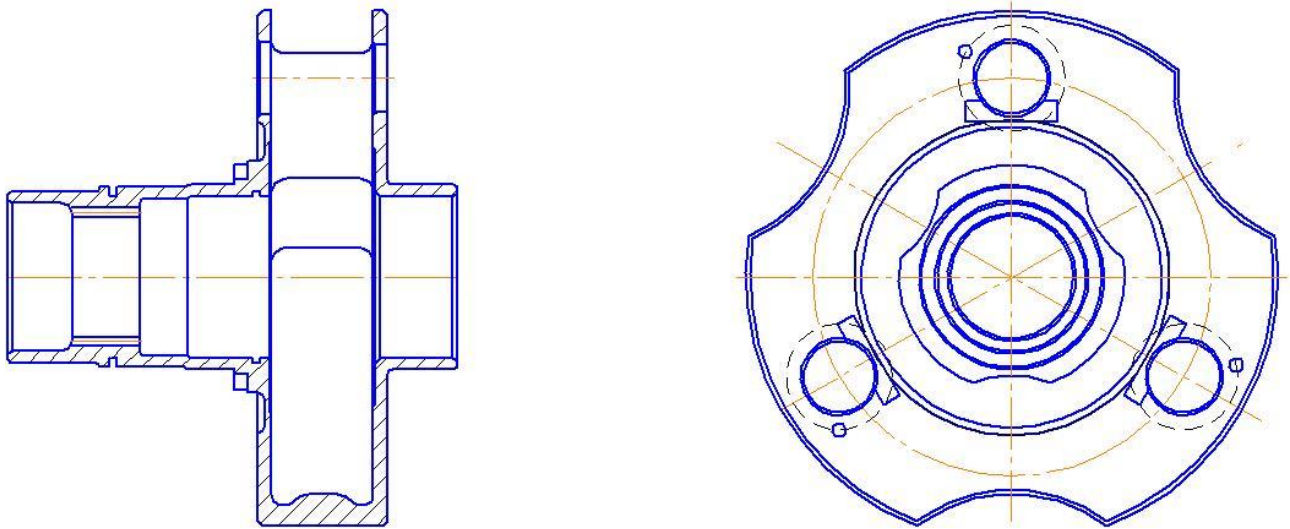


Рисунок 1.1 – Корпус сателіта

Провідна шестерня, встановлена на шліцах валу ротора турбіни, входить в зачеплення з трьома шестернями-сателітами, які обкатуються по шестерні внутрішнього зачеплення. Шестерні-сателіти встановлені в корпусі сателітів на дворядних роликових підшипниках. Корпус сателітів обертається в двох кулькових підшипниках і передає обертання на вал корпусу.

На деталі також є внутрішні шліці, які передають момент, що крутить, на коробку приводів.

Дана деталь утворена поверхнями обертання - зовнішніми і внутрішніми. Деталь містить наскрізні отвори, фаски, лиски, скруглення. Є 3 отвори $\varnothing 15,5H7^{+0,019}$ мм і 3 отвори $\varnothing 14,5H7^{+0,019}$ мм під сателіти. У корпусі передбачений внутрішній отвір $\varnothing 34H7^{+0,05}$ мм під кульковий підшипник.

1.1.2 Аналіз умов роботи

У конструкції двигуна Д- 36 корпус сателітів, працюючий в досить широкому інтервалі температур, відноситься до однієї з найбільш навантажених деталей.

Деталь має складну форму і конфігурацію і працює в умовах зміни параметрів двигуна (частоти обертання і температури), що повторюється.

Деталь відноситься до деталей групи контролю, до якої відносяться деталі і складальні одиниці, відмова, руйнування або наслідки руйнування яких можуть привести до небезпечних наслідків.

1.1.3 Аналіз робочого креслення

Технологічність конструкції деталі визначається, як сукупність властивостей конструкції, що визначають пристосованість деталі до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації і ремонті для заданих показників якості, обсягу випуску і умов виконання робіт. Високий рівень технологічності деталі формується за рахунок того, що конструктор передбачив можливість використання при її виготовленні типових технологічних рішень. Стандартизація елементів конструкції, канавок для виходу інструменту, радіусів закруглення, фасок і тому подібних елементів призводить до зниження витрат на підготовку відповідного технологічного інструменту і оснащення.

Доцільні форми деталі і порядок простановки розмірів спрощують процес підготовки програм і обробку деталі на верстатах з ЧПУ. Вимоги точності розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь економічно і конструктивно обгрунтовані. Креслення деталі містить старі позначення.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності і обсягу випуску виробів.

Форма організації виробництва характеризується рівнем спеціалізації робочих місць і принципом розташування устаткування.

Тип виробництва заздалегідь визначають на початковій стадії розробки технологічного процесу залежно від річного обсягу випуску і маси деталі.

Річна програма випуску деталі "Корпус сателіта" - $N = 4000$ штук, маса деталі - 1,89 кг, що відповідає серійному типу виробництва згідно [1, с. 15, таблиця 1.1].

Серійне виробництво характеризується виготовленням обмеженої номенклатури заготовок партіями або серіями, які повторюються через певний проміжок часу, і широкою спеціалізацією робочих місць.

Остаточно тип виробництва визначають за значенням коефіцієнта закріплення операцій (формула (1.1)) на дільниці. Коефіцієнт закріплення - це відношення усіх деталей-операцій, які виконуються впродовж місяця на дільниці, до кількості робочих місць, призначених для їх виконання.

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M}, \quad (1.1)$$

де O – кількість деталей-операцій, які виконуються на дільниці впродовж місяця;

M - кількість робочих місць (верстатів) на дільниці.

Для серійного виробництва $K_{з.о.} = 11 \dots 20$ – по [1, с. 16].

Для багатоосерійного виробництва $K_{з.о.} = 1 \dots 10$ по – [1, с. 15].

Дані для розрахунку кількості деталей-операцій і числа робочих місць приймаються після детальної розробки технологічного процесу механічної обробки корпусу сателітів, розрахунку необхідної кількості технологічного устаткування і робітників з урахуванням дозагрузки проекрованої дільниці деталями інших найменувань.

У зв'язку з серійним типом виробництва найзручніше буде застосувати змінно-потокową форму організації виробництва, при якій деталі поступають на ділянку партіями, але обробка їх здійснюється поточковим методом.

Кількість заготовок в партії для одночасного запуску визначається за формулою (1.2):

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

де $a = 3, 5, 10, 20, 60, 125$ днів - періодичність запуску деталей у виробництво або кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи складального цеху;

N – річна програма випуску, штук;

250 – кількість робочих днів в році.

Приймаємо $a = 5$ днів.

$$n = \frac{a \cdot N}{250} = \frac{5 \cdot 4000}{250} = 80 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Метод отримання тієї або іншої заготовки залежить від службового призначення деталі і вимог, що пред'являються до неї, від її конфігурації і розмірів, виду конструкційного матеріалу, типу виробництва і інших чинників.

Одну і ту ж деталь можна виготовити із заготовок, отриманих різними способами. Одним із основних принципів вибору заготовок є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку істотно скорочується витрата металу, об'єм механічної обробки і виробничий цикл виготовлення деталі.

Для порівняльного аналізу вибираємо два методи отримання заготовки: лиття з виплавляємих моделей і лиття в кокіль.

Визначення собівартості однієї заготовки, отриманої методом лиття по виплавляємим моделям, група складності - 4, клас точності - 2.

Припуски на сторону призначаємо, виходячи із заводського технологічного процесу виготовлення деталі.

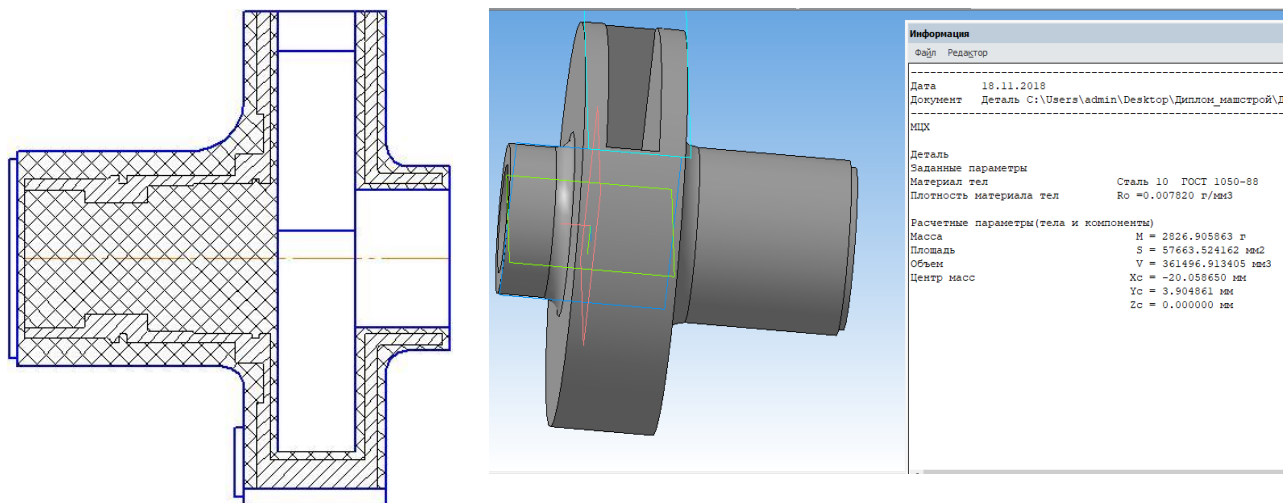


Рисунок 1.2 – Ескіз та 3D модель заготовки, отриманої литтям по виплавляємим моделям

Об'єм заготовки $V = 0,0003614969 \text{ м}^3$ (рис. 1.2)

Маса заготовки:

$$m = V \cdot \rho = 0,0003614969 \cdot 7850 = 4 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використаного матеріала:

$$K_{из} = \frac{q}{Q} = \frac{1,89}{4} = 0,47.$$

Вартість однієї заготовки розраховуємо за формулою (1.3):

$$C_{з1} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_3 \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (1.3)$$

де C_i – базова вартість однієї тонни заготовки, грн;

K_T – коефіцієнт, залежний від класу точності;

K_3 – коефіцієнт, залежний від групи складності;

K_B – коефіцієнт, залежний від маси;

K_M – коефіцієнт, залежний від матеріалу;

K_{Π} – коефіцієнт, залежний від обсягу виробництва заготовок.

Коефіцієнти $K_T, K_3, K_B, K_M, K_{\Pi}$ для виливки по виплавляємим моделям вибираємо по [2, с. 16-17, таблиця 1.12-1.16]; для відливки в кокіль по [2, с. 18-19, таблиця 1.24-1.28]:

$$C_{з1} = \frac{41600}{1000} \cdot 4 \cdot 1,06 \cdot 0,53 \cdot 1,12 \cdot 1,23 \cdot 1,23 - (4 - 1,89) \cdot \frac{7500}{1000} = 142,58 \text{ грн.}$$

Визначення собівартості однієї заготовки, отриманої методом лиття в кокіль, ступінь складності - С2, клас точності - Т4, група стали - М2.

Припуски на сторону призначаємо згідно [2, с. 12, табл. 1.3]. Припуски на сторону і розміри заготівлі заносимо в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Припуски та розміри деталі і заготовки

Розмір деталі, мм	Ø35	Ø40	Ø118	Ø37	54	43	33
Припуск на сторону, мм	2,5	2,6	2,9	2,5	2,6	2,6	2,6
Розмір заготовки, мм	Ø30	Ø45,2	Ø123,8	Ø42	59,2	48,2	38,2

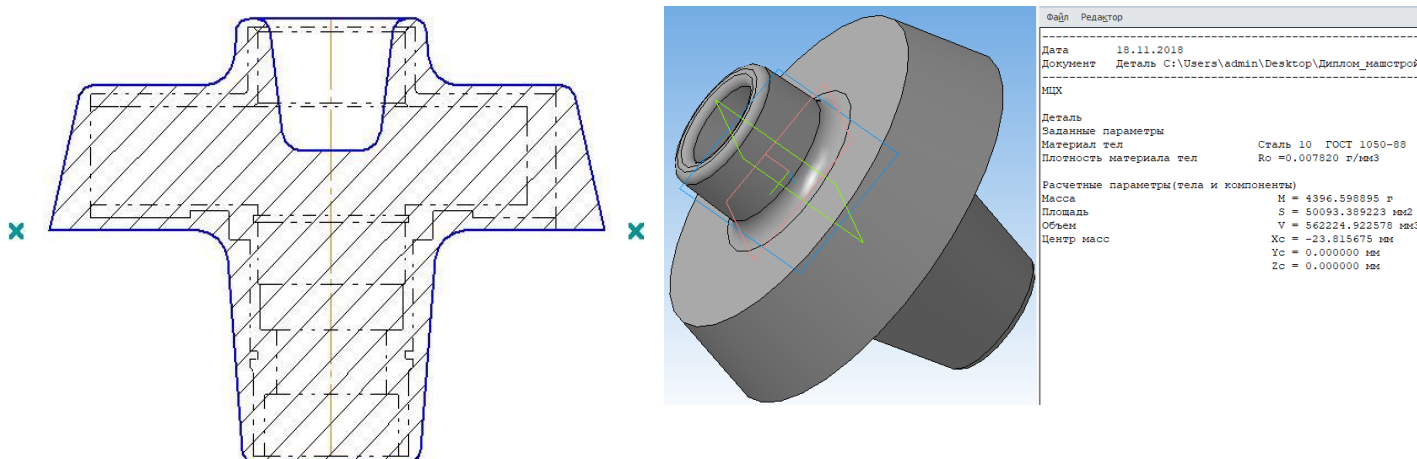


Рисунок 1.3 – Ескіз та 3D модель заготовки, отриманої литтям в кокіль

Об'єм заготовки $V = 0,0005622249 \text{ м}^3$ (рис. 1.3)

Маса заготовки:

$$m = V \cdot \rho = 0,0005622249 \cdot 7850 = 7,65 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використаного матеріала:

$$K_{\text{из}} = \frac{q}{Q} = \frac{1,89}{7,65} = 0,25.$$

Вартість однієї заготовки розраховуємо за формулою (1.7):

$$C_{32} = \frac{36800}{1000} \cdot 7,65 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 1,0 - (7,65 - 1,89) \cdot \frac{7500}{1000} = 200 \text{ грн.}$$

Записуємо отримані дані в таблицю 1.2.

При порівнянні двох методів отримання заготовок, отримані значення $C_{32} > C_{31}$ і $K_{\text{из}2} < K_{\text{из}1}$, отже приймаємо перший метод – відливка по виплавляємим моделям, і розраховуємо річну економію по вартості виготовлення заготовок і річну економію матеріалу.

Річна економія за вартістю виготовлення заготовок розраховується за формулою (1.4):

$$E = (C_{32} - C_{31}) \cdot N, \quad (1.4)$$

$$E = (200 - 142,58) \cdot 4000 = 229680 \text{ грн.}$$

Річна економія матеріалу розраховується за формулою (1.5):

$$M = \frac{q \cdot (K_{из1} - K_{из2})}{K_{из1} \cdot K_{из2}} \cdot N, \quad (1.5)$$

$$M = \frac{1,89 \cdot (0,47 - 0,25)}{0,47 \cdot 0,25} \cdot 4000 = 14155 \text{ кг.}$$

Таблиця 1.2 – Порівняльні показники двох методів отримання заготовок

Показник	Позначення	Варіант	
		Виплавляемі моделі	Кокіль
Маса заготовки, кг	Q_z	4	7,65
Базова вартість 1т заготовок, грн/т	C_b	41600	36800
Коефіцієнт	K_m	1,05	1,0
	K_z	0,53	0,89
	K_v	1,12	0,9
	K_m	1,23	1,8
	K_n	1,23	1,0
Вартість 1т стружки, грн/т	$S_{отх}$	7500	7500
Вартість 1 заготовки, грн	C_z	142,58	200
Коефіцієнт використання матеріалу	η	0,47	0,25

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Конструкція деталі вважається технологічною, якщо вона забезпечує просте і економічне виготовлення. Загальними критеріями технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості і технологічної собівартості її виготовлення.

Оцінити ці показники на початковому етапі проектування технологічних процесів неможливо унаслідок відсутності необхідних початкових даних, тому проведемо тільки якісну оцінку ознак технологічності конструкції.

Оброблюваність матеріалу 40ХНМЛ - висока, досягнення необхідної шорсткості поверхні - без особливих труднощів.

Поверхні, що використовуються як установчі для технологічних баз, - прості (плоскі, циліндричні).

У більшості операцій дотримується принцип єдності і постійності баз.

Деталь є досить жорсткою і не потребує установки додаткових опор. Деталь не потребує застосування спеціального допоміжного різального інструменту, але застосовується спеціальний вимірювальний інструмент.

Доступ різального інструменту до оброблюваних поверхонь - не завжди вільний.

Допуски і відхилення на розміри не відповідають стандартним значенням.

Дотримується надійність і простота виміру при обробці і після виготовлення.

Дотримується принцип найменших розмірних ланцюгів.

Загалом, технологічність конструкції деталі можна оцінити за допомогою наступних показників.

Коефіцієнт використання заготовки розраховуємо за формулою (1.6):

$$K_{из} = \frac{q}{Q}, \quad (1.6)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг;

$$K_{из} = \frac{1,89}{4} = 0,47.$$

Так як $K_{из} < 0,8$, конструкцію деталі по цьому коефіцієнту вважаємо нетехнологічною.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі знаходимо за формулою (1.7):

$$K_{кэ} = \frac{Q_{уз}}{Q_3} = \frac{101}{110} = 0,92, \quad (1.7)$$

де $Q_3 = 110$ – загальна кількість конструктивних елементів;

$Q_{y3} = 101$ – кількість уніфікованих елементів, мех. обробка яких можлива стандартним інструментом. $K_{к3} > 0,6$, тобто за цим показником деталь вважаємо технологічною.

Коефіцієнт точності обробки визначуваний за формулою (1.8):

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (1.8)$$

де $A_{cp} = 10$ – середнє значення квалітета точності розмірів деталі.

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 4 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 5 + 13 \cdot 9}{27} = 10,07 \approx 10.$$

Тоді,

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{10} = 0,9.$$

$K_{то} > 0,8$, тобто за цим показником деталь вважаємо технологічною.

Коефіцієнт шорсткості визначуваний за формулою (1.9):

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.9)$$

де B_{cp} - середнє значення показника шорсткості на робочому кресленні деталі.

$$B_{cp} = \frac{20 + 10 + 5 + 2,5 + 1,25 + 0,63}{6} = 6,56.$$

Тоді,

$$K_{ш} = \frac{1}{6,56} = 0,15.$$

$K_{ш} < 0,32$, тобто за цим показником деталь вважаємо технологічною.

Якщо хоча б один критерій не технологічний всю деталь вважаємо не технологічною.

Також ця деталь є тонкостінною і для її обробки необхідні використовувати спеціальну оснастку і пристосування у другій половині ТП.

Таким чином, можна зробити висновок, що конструкцію деталі в цілому можна вважати не технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь (МОП) - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, оскільки саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні і т. д. процеси, які діють на поверхню заготовки.

Для складання маршруту обробки поверхонь необхідно скласти характеристику кожної оброблюваної поверхні і зіставити її з відповідною поверхнею заготовки. Характеристики основних поверхонь деталі (рис. 1.4) заносимо в таблицю 1.3.

При проектуванні МОП зручно використати поняття уточнення, оскільки воно дозволяє за дослідно-статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних ланках обробки заготовки. Під уточненням розуміють відношення величини допуску, шорсткості або відхилення форми даного показника якості партії заготовок до величини допуску, шорсткості або відхилень форми цього ж показника партії деталей. Розрізняють загальне уточнення і уточнення за переходами.

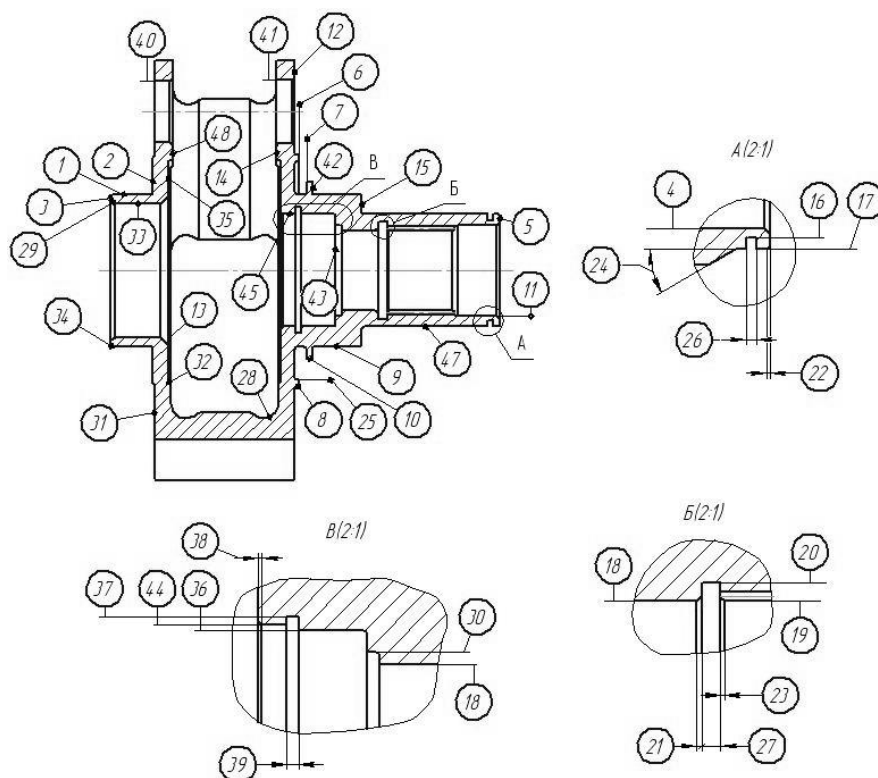


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Таблиця 1.3 – Показники точності і якості поверхонь деталі і заготовки.

№ поверхні	№ поверхні і її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники							
				Кваліте т точності		Биття, мм		Шерохов . Rz, мкм		Твердість	
		вид	тип	дет	заг	дет	заг	дет	заг	дет	заг
1	Ø50js6±0,008	цил	нар	6	14	-	-	2,5	80	HRC 29...35	HB 225...239
47	Ø39f7 ^{-0,025} _{-0,050}	цил	нар	7	14	-	-	2,5	80		
40	Ø22,5H7 ^{+0,023}	цил	вн	7	14	0,02	0,64	10	80		
41	Ø23,5H7 ^{+0,023}	цил	вн	7	14	0,02	0,64	10	80		
18	Ø26H9 ^{+0,045}	цил	вн	9	14	0,05	0,64	5	80		
36	Ø37H7 ^{+0,027}	цил	вн	7	14	0,02	0,64	2,5	80		
9	Ø50js6±0,0055	цил	нар	6	14	-	-	2,5	80		
14	34H8 ^{+0,05}	торц	-	8	14	0,02	0,64	2,5	80		

Складаємо маршрут обробки основних поверхонь.

Поверхня 1 - циліндрична зовнішня Ø50js6 ± 0,008 мм

а) деталь: $Td_d = 0,016 \text{ мм} \Rightarrow js6$ [3, с. 192, табл. 32].

$Ra = 0,63 \text{ мкм}; Rz = 2,5 \text{ мкм} \Rightarrow \nabla - 7$ [2, с. 33, табл. 2.5].

б) заготовка: $\varnothing 54,57 \pm 0,31$ мм.

$$Td_3 = 0,62 \text{ мм} \Rightarrow IT14 [3, \text{с. 192, табл. 32}].$$

$$Rz = 80 \text{ мкм} \Rightarrow \nabla - 2 [2, \text{с. 33, табл. 2.5}].$$

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$E_d = \frac{Td_3}{Td_\phi} = \frac{0,62}{0,016} = 38,8;$$

$$E_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_d} = \frac{80}{2,5} = 32.$$

За переважаючим показником розраховуємо кількість переходів механічної обробки (МОП):

$$K_p = 2lgE_d = 2lg38,8 = 3,2 \Rightarrow 4 \text{ переходів}.$$

Знаходимо різницю квалітетів точності деталі і заготовки. Складаємо ППТК поверхні :

$$\Delta_{\text{кв}} = IT14 - js6 = 8 = 3 + 2 + 2 + 1$$

$$\text{ППТК } IT14 \Rightarrow T/o \Rightarrow h11 \Rightarrow h9 \Rightarrow T/o \Rightarrow h7 \Rightarrow js6$$

Призначаємо наступні переходи механічної обробки :

- 1) заготовка – відливка;
- 2) т/о – відпал;
- 3) точіння чорнове;
- 4) точіння чистове;
- 5) т/о (відпуск);
- 6) шліфування попереднє;
- 7) шліфування остаточне;

Призначаємо допуски за переходами, шорсткість і погрішності форми і розташування відповідно до ППТК.

Отримані результати заносимо в таблицю 1.5.

Розраховуємо уточнення за показниками точності і якості за кожним переходом МОП:

$$E_{d3} = \frac{Td_1}{Td_3} = \frac{0,062}{0,16} = 3,88;$$

$$E_{d4} = \frac{Td_3}{Td_4} = \frac{0,16}{0,062} = 2,58;$$

$$E_{d6} = \frac{Td_4}{Td_6} = \frac{0,062}{0,025} = 2,48;$$

$$E_{d7} = \frac{Td_6}{Td_7} = \frac{0,025}{0,016} = 1,57.$$

Проведемо перевірку. За умовою:

$$\prod_{i=2}^n E_i \geq E_d;$$

$$\prod_{i=2}^n E_i = 3,88 \cdot 2,58 \cdot 2,48 \cdot 1,57 = 39,0 > E_d = 38,8.$$

Умова дотримується:

$$E_{Rz3} = \frac{Rz_1}{Rz_3} = \frac{80}{20} = 4;$$

$$E_{Rz4} = \frac{Rz_3}{Rz_4} = \frac{20}{10} = 2;$$

$$E_{Rz6} = \frac{Rz_4}{Rz_6} = \frac{10}{5} = 2;$$

$$E_{Rz7} = \frac{Rz_6}{Rz_7} = \frac{5}{2,5} = 2.$$

Проведемо перевірку. За умовою:

$$\prod_{i=2}^n E_{Rzi} \geq E_{Rz};$$

$$\prod_{i=2}^n E_{Rzi} = 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 32 = E_{Rz} = 32.$$

Умова дотримується

Аналогічно розраховуємо показники для інших поверхонь і заносим в таблицю 1.5.

Поверхні 14, 48 – торцева 34Н8^{+0,05} мм.

а) деталь: $Td_d = 0,05 \text{ мм} \Rightarrow \text{H8}$ [3, с. 192, табл. 32].

$Ra = 0,63 \text{ мкм}; Rz = 2,5 \text{ мкм} \Rightarrow \nabla - 7$ [2, с. 33, табл. 2.5].

$\perp = 0,02 \text{ мм}$.

б) заготовка: $30,07 \pm 0,31 \text{ мм}$.

$Td_3 = 0,62 \text{ мм} \Rightarrow \text{IT14}$ [3, с. 192, табл. 32].

$Rz = 80 \text{ мкм} \Rightarrow \nabla - 2$ [2, с. 33, табл. 2.5].

$\perp = 0,64 \text{ мм}$ ГОСТ 26645-85.

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$E_d = \frac{Td_3}{Td_d} = \frac{0,62}{0,05} = 12,4;$$

$$E_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_d} = \frac{80}{2,5} = 32;$$

$$E_{d\perp} = \frac{Td_3}{Td_d} = \frac{0,64}{0,02} = 32.$$

За переважаючим показником розраховуємо кількість переходів МОП :

$$K_p = 2lgE_d = 2lg32 = 3,01 \Rightarrow 3 \text{ перехода.}$$

Знаходимо різницю квалітетів точності деталі і заготовки. Складаємо ППТК поверхні

$$\Delta_{кв} = \text{IT14} - \text{H8} = 6 = 3 + 2 + 1$$

$$\text{ППТК IT14} \Rightarrow \text{T/o} \Rightarrow \text{T/o} \Rightarrow \text{H11} \Rightarrow \text{H9} \Rightarrow \text{H8}$$

Назначаємо наступні переходи механічної обробки:

- 1) заготовка – відливка;
- 2) т/о – відпал;
- 3) точіння чорнове;
- 4) точіння чистове;
- 5) т/о (відпуск);
- 6) шліфування попереднє;
- 7) шліфування остаточне;

Отримані результати заносимо в таблиці. 1.5.

Таблиця 1.4 – Маршрути обробки основних поверхонь

Характер поверхні	j	Уточнен я	К		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск			Уточнення		
			Розрах.	Прин.		i	Перехід	Геом. розм.	Шерох.	Взаим. роsp.	Геом. розм.	Шерох.	Взаим. роsp.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 Ø50js6±0,008 Rz = 2,5 HRC 29...35 Заготовка Ø54,57 ± 0,31 Rz = 80	d Rz ↗	38,8 32 –	 3,2	 4	Δ _{КВ} = IT14-js6 = 8 = 3 + 2 + 2 + 1 IT14 → T/o → h11 → → h9 → T/o → h7 → js6 Δ _{КЛ} = ∇2-∇7 = 5 = 2 + 1 + 1 + 1 Rz80 → T/o → Rz20 → → Rz10 → T/o → Rz5 → Rz2,5	1 2 3 4 5 6 7	Загот. T/o Точ. черн. Точ. чист. T/o Шл. попе. Шл. кінц.	0,62 – 0,16 0,062 – 0,025 0,016	80 – 20 10 – 5 2,5	 – 	– – 3,88 2,58 – 2,48 1,57	– – 4 2 – 2 2	 –
Перевірка											39,0	32	–
47 Ø39f7 ^{-0,025} _{-0,050} Rz = 2,5 ↗ = 0,02 HRC 29...35 Заготовка Ø59,13 ± 0,31 Rz = 80 ↗ = 0,64	d Rz ↗	24,8 32 32	 3,01	 3	Δ _{КВ} = IT14-f7 = 7 = 3 + 2 + 2 IT14 → T/o → h11 → → h9 → T/o → f7 Δ _{КЛ} = ∇2-∇7 = 5 = 2 + 2 + 1 Rz80 → T/o → Rz20 → → Rz5 → T/o → Rz2,5 Δ _{СТ} = ст13-ст6 = 7 = 4 + 2 + 1 ст13 → T/o → ст9 → → ст7 → T/o → ст6	1 2 3 4 5 6	Загот. T/o Точ. черн. Точ. чист. T/o Шліфов.	0,62 – 0,16 0,062 – 0,025	80 – 20 5 – 2,5	0,64 – 0,08 0,03 – 0,02	– – 3,88 2,58 – 2,48	– – 4 4 – 2	– – 8,0 2,67 – 1,5
Перевірка											24,82	32	32,04

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40 $\varnothing 22,5H7^{+0,023}$ $Rz = 10$ $\parallel = 0,02$ HRC 29...35 Заготовка $\varnothing 16,23 \pm 0,26$ $Rz = 80$ $\parallel = 0,64$	d	22,6			$\Delta_{KB} = IT14-H7 = 7 = 3 + 2 + 1 + 1$ $IT14 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow H11 \rightarrow$ $\rightarrow H9 \rightarrow H8 \rightarrow H7$ $\Delta_{KL} = \nabla 2-\nabla 6 = 4 = 1 + 1 + 1 + 1$ $Rz80 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow Rz40 \rightarrow$ $\rightarrow Rz20 \rightarrow Rz10 \rightarrow Rz10$ $\Delta_{CT} = CT16-CT8 = 8 = 3 + 2 + 2 + 1$ $CT16 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow CT13 \rightarrow$ $\rightarrow CT11 \rightarrow CT9 \rightarrow CT8$	1	Загот.	0,52	80	0,64	—	—	—
						2	T/o	—	—	—	—	—	—
						3	T/o	—	—	—	—	—	—
	Rz	8	3,01	4		4	Сверл.	0,13	40	0,16	4,0	2	4,0
						5	Зенк.	0,052	20	0,06	2,50	2	2,67
						6	Розв.	0,033	10	0,025	1,58	2	2,4
						7	Раст.	0,023	10	0,02	1,43	1	1,25
Перевірка											22,6	8	32,04
41 $\varnothing 23,5H7^{+0,023}$ $Rz = 10$ $\parallel = 0,02$ HRC 29...35 Заготовка $\varnothing 16,23 \pm 0,26$ $Rz = 80$ $\parallel = 0,64$	d	22,6			$\Delta_{KB} = IT14-H7 = 7 = 3 + 2 + 1 + 1$ $IT14 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow H11 \rightarrow$ $\rightarrow H9 \rightarrow H8 \rightarrow H7$ $\Delta_{KL} = \nabla 2-\nabla 6 = 4 = 1 + 1 + 1 + 1$ $Rz80 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow Rz40 \rightarrow$ $\rightarrow Rz20 \rightarrow Rz10 \rightarrow Rz10$ $\Delta_{CT} = CT16-CT8 = 8 = 3 + 2 + 2 + 1$ $CT16 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow CT13 \rightarrow$ $\rightarrow CT11 \rightarrow CT9 \rightarrow CT8$	1	Загот.	0,52	80	0,64	—	—	—
						2	T/o	—	—	—	—	—	—
						3	T/o	—	—	—	—	—	—
	Rz	8	3,01	4		4	Сверл.	0,13	40	0,16	4,0	2	4,0
						5	Зенк.	0,052	20	0,06	2,50	2	2,67
						6	Розв.	0,033	10	0,025	1,58	2	2,4
						7	Раст.	0,023	10	0,02	1,43	1	1,25
Перевірка											22,6	8	32,04

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18 Ø26H9 ^{+0,045} Rz = 5 ↗ = 0,05 HRC 29...35 Заготовка Rz = 80 ↗ = 0,64	d Rz ↗	13,78 16 12,8	2,4	3	$\Delta_{\text{КВ}} = \text{IT14-H9} = 5 = 2 + 2 + 1$ IT14 → T/o → H12 → → H10 → T/o → H9 $\Delta_{\text{КЛ}} = \nabla 2-\nabla 6 = 4 = 2 + 1 + 1$ Rz80 → T/o → Rz20 → → Rz10 → T/o → Rz5 $\Delta_{\text{СТ}} = \text{сТ14-сТ9} = 5 = 2 + 2 + 1$ сТ14 → T/o → сТ12 → → сТ10 → T/o → сТ9	1 2 3 4 5 6	Загот. T/o Сверл. Точіння T/o Шліф.	0,62 — 0,21 0,084 — 0,045	80 — 20 10 — 5	0,64 — 0,25 0,10 — 0,05	— — 2,95 2,50 — 1,87	— — 4 2 — 4	— — 2,56 2,50 — 2,0
Перевірка											13,79	16	12,8
36 Ø37H7 ^{+0,027} Rz = 5 ↗ = 0,02 HRC 29...35 Заготовка Rz = 80 ↗ = 0,64	d Rz ↗	22,96 16 32	3,01	3	$\Delta_{\text{КВ}} = \text{IT14-H7} = 7 = 3 + 2 + 2$ IT14 → T/o → H11 → → H9 → T/o → H7 $\Delta_{\text{КЛ}} = \nabla 2-\nabla 6 = 4 = 2 + 1 + 1$ Rz80 → T/o → Rz20 → → Rz10 → T/o → Rz5 $\Delta_{\text{СТ}} = \text{сТ13-сТ6} = 7 = 4 + 2 + 1$ сТ13 → T/o → сТ9 → → сТ7 → T/o → сТ6	1 2 3 4 5 6	Загот. T/o Сверл. Точіння T/o Шліф.	0,62 — 0,16 0,062 — 0,027	80 — 20 10 — 5	0,64 — 0,08 0,03 — 0,02	— — 3,88 2,58 — 2,30	— — 4 2 — 2	— — 8,0 2,67 — 1,5
Перевірка											23,02	16	32,04

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9 Ø50js5±0,0055 Rz = 2,5 HRC 29...35 Заготовка Ø59,13 ± 0,31 Rz = 80	d Rz ↗	56,36 32 —	 3,5	 4	$\Delta_{KB} = IT14-js5 = 9 = 3 + 3 + 2 + 1$ $IT14 \rightarrow T/o \rightarrow h11 \rightarrow$ $\rightarrow h8 \rightarrow T/o \rightarrow h6 \rightarrow js5$ $\Delta_{KL} = \nabla 2-\nabla 7 = 5 = 2 + 1 + 1 + 1$ $Rz80 \rightarrow T/o \rightarrow Rz20 \rightarrow$ $\rightarrow Rz10 \rightarrow T/o \rightarrow Rz5 \rightarrow$ $Rz2,5$	1 2 3 4 5 6 7	Загот. T/o Точ. черн. Точ. чист. T/o Шл. попер. Шл. кінце.	0,62 — 0,16 0,039 — 0,016 0,011	80 — 20 10 — 5 2,5	 — 	— — 3,88 4,10 — 2,44 1,46	— — 4 2 — 2 2	 —
Перевірка											56,67	32	
14, 48 34H8 ^{+0,05} Rz = 2,5 L = 0,02 HRC 29...35 Заготовка 30,07 ± 0,31 Rz = 80 L = 0,64	d Rz ↗	12,4 32 32	 3,01	 3	$\Delta_{KB} = IT14-H8 = 6 = 3 + 2 + 1$ $IT14 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow$ $H11 \rightarrow$ $\rightarrow H9 \rightarrow H8$ $\Delta_{KL} = \nabla 2-\nabla 7 = 5 = 2 + 2 + 1$ $Rz80 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow$ $Rz20 \rightarrow$ $\rightarrow Rz5 \rightarrow Rz2,5$ $\Delta_{CT} = CT15-CT8 = 7 = 4 + 2 + 1$ $CT15 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow CT11$ $\rightarrow$ $\rightarrow CT9 \rightarrow CT8$	1 2 3 4 5 6	Загот. T/o T/o Фрез. попередн. Фрез. окон. Шліфов.	0,62 — — 0,16 0,062 0,05	80 — — 20 5 2,5	0,64 — — 0,08 0,03 0,02	— — — 3,88 2,58 1,24	— — — 4 4 2	— — — 8,0 2,67 1,5
Перевірка											12,41	32	32,04

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12, 31 46h8 _{0,05} Rz = 10 ↗ = 0,03 HRC 29...35 Заготовка 53,73 ± 0,31 Rz = 80 ↗ = 0,64	d Rz ↗	12,4 8 21,3	2,7	3	$\Delta_{KB} = IT14-h8 = 6 = 3 + 2 + 1$ $IT14 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow h11 \rightarrow$ $\rightarrow h9 \rightarrow h8$ $\Delta_{KL} = \nabla 2-\nabla 5 = 3 = 1 + 1 + 1$ $Rz80 \rightarrow T/o \rightarrow T/o \rightarrow Rz40 \rightarrow$ $\rightarrow Rz20 \rightarrow Rz10$ $\Delta_{CT} = ct13-ct7 = 6 = 3 + 2 + 1$ $ct13 \rightarrow T/o \rightarrow ct10 \rightarrow$ $\rightarrow ct8 \rightarrow T/o \rightarrow ct7$	1 2 3 4 5 6	Загот. T/o Точ. черн. Точ. чист. T/o Шліфов.	0,62 — 0,16 0,062 — 0,05	80 — 40 20 — 10	0,64 — 0,12 0,05 — 0,03	— — 3,88 2,58 — 1,24	— — 2 2 — 2	— — 5,33 2,40 — 1,67
Перевірка											12,41	8	21,36

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) - це загальний план, в якому на основі компоновання раніше розроблених МОП встановлений склад і послідовність операцій технологічного процесу, вказані тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, приведені характеристики оброблюваних поверхонь, які входять у початкові, і тому подібне.

Розробивши поетапну схему технологічного маршруту і визначивши технологічні бази (див. п. 1.6.), сформуємо технологічні комплекси і операції. Технологічні комплекси формують з окремих поверхонь деталі, які доцільно обробляти з однієї установки заготовки.

I технологічний комплекс - поверхні 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 42, 56;

II технологічний комплекс - поверхні 1, 2, 3, 18, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 44.

Вибір технологічного устаткування, типу верстата визначають на етапі проектування МОП, призначивши метод механічної обробки. Вибір моделі верстата для конкретної операції залежить від конструктивних особливостей верстата, точності обробки, встановленої потужності, що досягається.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Припуск - це шар матеріалу, що містить різні дефекти, не допустимі за умови службового призначення, і який необхідно усунути з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні. Припуск слід розглядати як компенсатор погрешностей попередніх переходів.

До теперішнього часу розроблені два методи визначення припусків : розрахунково-аналітичний і дослідно-статистичний (табличний).

Для поверхні $\varnothing 50_{js6\pm 0,008}$ розрахуємо значення припусків розрахунково-аналітичним методом – 1 спосіб.

Технологічні розміри розраховуватимемо методом проф. Кована.

Обираємо нормативні і розрахункові значення елементів припусків для технологічних переходів.

R_z – висота мікронерівностей поверхні;

h – глибина дефектного поверхневого шару;

ρ – макронерівності поверхні, обумовлені погрішностями форми і просторовими відхиленнями оброблюваних поверхонь відносно базових поверхонь заготовки;

ε_y – погрішність установки заготовки.

Для заготовки $R_{Z1} = 80$ мкм, $h_1 = 100$ мкм [3, с. 182, табл. 7]:

$$\rho_1 = \Delta_k \cdot l = 0,7 \cdot 138 = 96,6 \text{ мкм.}$$

де $\Delta_k = 0,7$ – викривлення заготовки, мкм/мм [5, с. 200, табл. 28];

l – найбільший розмір деталі, мм.

Для т/о:

$$\rho_2 = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 138 = 69 \text{ мкм.}$$

де $\Delta_k = 0,5$ – викривлення після т/о, мкм/мм [5, с. 200, табл. 28];

Для точіння чернового $R_{Z3} = 40$ мкм, $h_3 = 50$ мкм [5, с. 193, табл. 23],
 $\varepsilon_3 = 150$ мкм [3, с. 42, табл. 13]:

$$\rho_3 = k_y \cdot \rho_2 = 0,06 \cdot 69 = 4,14 \text{ мкм.}$$

Для точіння чистового $R_{Z4} = 20$ мкм, $h_4 = 20$ мкм [5, с. 193, табл. 23].

$$\varepsilon_4 = k_y \cdot \varepsilon_3 = 0,04 \cdot 150 = 6 \text{ мкм;}$$

$$\rho_4 = k_y \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 4,14 = 0,1656 \text{ мкм.}$$

Для т/о:

$$\rho_5 = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 138 = 69 \text{ мкм.}$$

Для шліфування попереднього $R_{Z6} = 10$ мкм, $h_6 = 20$ мкм [3, с. 185, табл. 10]:

$$\varepsilon_6 = k_y \cdot \varepsilon_4 = 0,03 \cdot 6 = 0,18 \text{ мкм;}$$

$$\rho_6 = k_y \cdot \rho_5 = 0,03 \cdot 69 = 2,07 \text{ мкм.}$$

Для шліфування остаточного $R_{Z7} = 5$ мкм, $h_7 = 15$ мкм [3, с. 185, табл. 10], $\rho_7 = 0$, $\varepsilon_7 = 0$.

Розраховуємо мінімальні значення припусків для переходів механічної обробки за формулою (1.10):

$$2Z_{i \min} = 2 \left(R_{Z i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-2}^2 + \rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.10)$$

Для точіння чернового:

$$2Z_{3 \min} = 2 \left(80 + 100 + \sqrt{96,6^2 + 69^2 + 150^2} \right) = 743 \text{ мкм} \approx 0,8 \text{ мм.}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{4 \min} = 2 \left(40 + 50 + \sqrt{4,14^2 + 6^2} \right) = 195 \text{ мкм} \approx 0,2 \text{ мм.}$$

Для шліфування попереднього:

$$2Z_{6 \min} = 2 \left(10 + 20 + \sqrt{0,1656^2 + 69^2 + 0,18^2} \right) = 218 \text{ мкм} \approx 0,22 \text{ мм.}$$

Для шліфування остаточного:

$$2Z_{7 \min} = 2 (10 + 20 + 2,07) = 64 \text{ мкм} \approx 0,06 \text{ мм.}$$

Отримані результати заносимо в таблицю 1.5.

Розраховуємо технологічні розміри.

Визначуваний мінімальний розмір поверхні деталі - розмір кінцевого переходу механічної обробки.

$$d_{7 \min} = d_{7 \text{ ном}} + eid_7 = 50 - 0,008 = 49,992 \text{ мм.}$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.11):

$$\begin{aligned} d_{i \min} &= d_{i+1 \min} + 2Z_{i+1 \min}, \\ d_{6 \min} &= 49,992 + 0,06 = 50,052 \text{ мм;} \\ d_{4 \min} &= 50,052 + 0,22 = 50,272 \text{ мм;} \end{aligned} \quad (1.11)$$

$$d_{3 \min} = 50,272 + 0,2 = 50,472 \text{ мм};$$

$$d_{1 \min} = 50,472 + 0,8 = 51,272 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою (1.12):

$$d_{i \max} = d_{i \min} + Td_i, \quad (1.12)$$

$$d_{7 \max} = 49,992 + 0,016 = 50,008 \text{ мм};$$

$$d_{6 \max} = 50,052 + 0,025 = 50,077 \text{ мм};$$

$$d_{4 \max} = 50,272 + 0,062 = 50,334 \text{ мм};$$

$$d_{3 \max} = 50,472 + 0,16 = 50,632 \text{ мм};$$

$$d_{1 \max} = 51,272 + 0,62 = 51,892 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні значення припусків для переходів механічної обробки за формулою (1.13):

$$2Z_{i \max} = d_{i-1 \max} - d_{i \max}, \quad (1.13)$$

$$2Z_{3 \max} = 51,892 - 50,632 = 1,26 \text{ мм};$$

$$2Z_{4 \max} = 50,632 - 50,334 = 0,298 \text{ мм};$$

$$2Z_{6 \max} = 50,334 - 50,077 = 0,257 \text{ мм};$$

$$2Z_{7 \max} = 50,077 - 50,008 = 0,069 \text{ мм}.$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівняння:

$$TZ_0 = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}$$

$$2Z_{0 \max} = d_{1 \max} - d_{7 \min} = 51,892 - 49,992 = 1,9 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{1 \min} - d_{7 \max} = 51,272 - 50,008 = 1,264 \text{ мм}$$

$$1,9 - 1,264 = 0,62 + 0,016$$

$$0,636 = 0,636$$

Умова дотримується, розрахунки вірні.

Визначаємо технологічні виконавчі розміри для переходів механічної обробки. Перший перехід заготівля. Визначуваний номінальний розмір заготовки:

$$d_{1 \text{ ном}} = d_{1 \max} - esd_1 = 51,892 - 0,31 = 51,582 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір заготовки - $\varnothing 51,58 \pm 0,31$ мм

Виконавчі розміри для переходів:

$$[d_3] = \varnothing 50,63 h11_{-0,16} \text{ мм};$$

$$[d_4] = \varnothing 50,334 h9_{-0,062} \text{ мм};$$

$$[d_6] = \varnothing 50,077 h7_{-0,025} \text{ мм};$$

$$[d_7] = \varnothing 50 js6 \pm 0,008 \text{ мм}.$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.7.

Для поверхні $\varnothing 22,5 H7^{+0,023}$ призначаємо припуски табличним методом. Технологічні розміри розраховуватимемо методом розмірних ланцюгів.

По ГОСТ 26645-85, враховуючи загальний допуск елементу поверхні знаходимо $Z_{0 \min} = 2,9$ мм, відповідно на діаметр – $2Z_{0 \min} = 5,8$ мм.

Загальний припуск $2Z_{0 \min} = 5,8$ мм розподіляємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припуску γ і за формулою (1.14):

$$2Z_{4 \min} = 0,74 \cdot 5,8 = 4,292 \text{ мм};$$

$$2Z_{5 \min} = 0,12 \cdot 5,8 = 0,696 \text{ мм};$$

$$2Z_{6 \min} = 0,07 \cdot 5,8 = 0,406 \text{ мм};$$

$$2Z_{7 \min} = 0,07 \cdot 5,8 = 0,406 \text{ мм}.$$

Отримані значення припусків заносимо в таблицю 1.7.

Розраховуємо технологічні розміри по переходах МОП, починаючи з останнього переходу.

Оскільки розглядається внутрішня поверхня, визначуваний мінімальний розмір поверхні отвору - розмір останнього переходу механічної обробки.

$$d_{\text{дет}} = d_{7 \min} = d_{7 \text{ ном}} - e_{id7} = 22,5 - 0 = 22,5 \text{ мм}.$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.14):

$$d_{i \min} = d_{i+1 \min} - 2Z_{i+1 \min} - Td_i, \quad (1.14)$$

$$d_{6 \min} = 22,5 - 0,406 - 0,033 = 22,061 \text{ мм};$$

$$d_{5 \min} = 21,945 - 0,406 - 0,052 = 21,603 \text{ мм};$$

$$d_{4 \min} = 21,255 - 0,696 - 0,13 = 20,777 \text{ мм};$$

$$d_{1 \min} = 20,255 - 4,292 - 0,52 = 15,965 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою (1.15):

$$\begin{aligned}
 d_{i \max} &= d_{i \min} + Td_i, \\
 d_{1 \max} &= 15,965 + 0,52 = 16,485 \text{ мм}; \\
 d_{4 \max} &= 20,777 + 0,13 = 20,907 \text{ мм}; \\
 d_{5 \max} &= 21,603 + 0,052 = 21,655 \text{ мм}; \\
 d_{6 \max} &= 22,061 + 0,033 = 22,094 \text{ мм}; \\
 d_{7 \max} &= 22,5 + 0,023 = 22,523 \text{ мм}.
 \end{aligned}
 \tag{1.15}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків для переходів механічної обробки за формулою (1.16):

$$\begin{aligned}
 2Z_{i \max} &= d_{i \max} - d_{i-1 \min}, \\
 2Z_{4 \max} &= 20,907 - 15,965 = 4,942 \text{ мм}; \\
 2Z_{5 \max} &= 21,655 - 20,777 = 0,874 \text{ мм}; \\
 2Z_{6 \max} &= 22,094 - 21,603 = 0,491 \text{ мм}; \\
 2Z_{7 \max} &= 22,523 - 22,061 = 0,462 \text{ мм}.
 \end{aligned}
 \tag{1.16}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків для переходів механічної обробки по формулі (1.17):

$$\begin{aligned}
 2Z_{i \min} &= d_{i \min} - d_{i-1 \max}, \\
 2Z_{4 \min} &= 20,777 - 16,485 = 4,292 \text{ мм}; \\
 2Z_{5 \min} &= 21,603 - 20,907 = 0,696 \text{ мм}; \\
 2Z_{6 \min} &= 22,061 - 21,655 = 0,406 \text{ мм}; \\
 2Z_{7 \min} &= 22,5 - 22,094 = 0,406 \text{ мм}.
 \end{aligned}
 \tag{1.17}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівняння:

$$\begin{aligned}
 TZ_0 &= 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\
 2Z_{0 \max} &= d_{7 \max} - d_{1 \min} = 22,523 - 15,965 = 6,558 \text{ мм} \\
 2Z_{0 \min} &= d_{7 \min} - d_{1 \max} = 22,5 - 16,485 = 6,015 \text{ мм} \\
 6,558 - 6,015 &= 0,52 + 0,023 \\
 0,543 &= 0,543
 \end{aligned}$$

Умова дотримується, розрахунки вірні.

Визначаємо технологічні виконавчі розміри для переходів механічної обробки. Перший перехід заготовка. Визначуваний номінальний розмір заготовки:

$$d_{1 \text{ ном}} = d_{1 \text{ min}} + esd_1 = 15,965 + 0,26 = 16,225 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 16,23 \pm 0,26$ мм.

Виконавчий розмір для переходів:

$$[d_4] = \varnothing 20,78 \text{H}11^{+0,13} \text{ мм;}$$

$$[d_5] = \varnothing 21,603 \text{H}9^{+0,052} \text{ мм;}$$

$$[d_6] = \varnothing 22,061 \text{H}8^{+0,033} \text{ мм;}$$

$$[d_5] = \varnothing 22,5 \text{H}7^{+0,023} \text{ мм.}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Характеристика поверхні	МОП		Елементи припуски, мм				Розрахунковий		Td, мм	Граничне значення розміру, мм		Граничне значення припуски, мм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
	i	Технолог. переходи	Rz	h	ρ	ε	2Z _n ^{mi}	Розмір d, мм		max	min	max	min	
Ø50js6±0,008 метод Кована	1	Заготовка	80	100	96,6	—	—	51,272	0,62	51,892	51,272	—	—	Ø51,58 ± 0,31
	2	Т/о	—	—	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	Точ. черн.	20	50	4,14	150	0,8	50,472	0,16	50,632	50,472	1,26	0,8	Ø50,63h11 _{-0,16}
	4	Точ. чист.	10	20	0,1656	6	0,2	50,272	0,062	50,334	50,272	0,298	0,2	Ø50,334h9 _{-0,062}
	5	Т/о	—	—	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	Шл. пред.	5	20	2,07	0,18	0,22	50,052	0,025	50,077	50,052	0,257	0,22	Ø50,077h7 _{-0,025}
	7	Шл. кінц.	2,5	10	0	0	0,06	49,992	0,016	50,008	49,992	0,069	0,06	50js6 ± 0,008
	Перевірка : $TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{зар}} + Td_{\text{дет}} = 1,9 - 1,264 = 0,62 + 0,016 = 0,636 \text{ мм}$ $2Z_{0\max} = d_{1\max} - d_{7\min} = 51,892 - 49,992 = 1,9 \text{ мм}$ $2Z_{0\min} = d_{1\min} - d_{7\max} = 51,272 - 50,008 = 1,264 \text{ мм}$													
Ø22,5H7 ^{+0,023} метод РЦ	1	Заготовка					—	15,965	0,52	16,485	15,965	—	—	Ø 16,23 ± 0,26
	2	Т/о					—	—	—	—	—	—	—	—
	3	Т/о					—	—	—	—	—	—	—	—
	4	Сверл.					4,292	20,777	0,13	20,907	20,777	4,942	4,292	Ø20,78H11 ^{+0,13}
	5	Зенк.					0,696	21,603	0,052	21,655	21,603	0,874	0,696	Ø21,603H9 ^{+0,052}
	6	Разв.					0,406	21,061	0,033	22,094	21,061	0,491	0,406	Ø22,061H8 ^{+0,033}
	7	Раст.					0,406	22,5	0,023	22,523	22,5	0,462	0,406	Ø22,5H7 ^{+0,023}
	Перевірка: $TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{зар}} + Td_{\text{дет}} = 6,558 - 6,015 = 0,52 + 0,023 = 0,543 \text{ мм}$ $2Z_{0\max} = d_{7\max} - d_{1\min} = 22,523 - 15,965 = 6,558 \text{ мм}$ $2Z_{0\min} = d_{7\min} - d_{1\max} = 22,5 - 16,485 = 6,015 \text{ мм}$													

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 025 – токарна (рис. 1.5)

Початкові дані:

Деталь - корпус сателіта;

Матеріал - сталь 40ХНМЛ;

Заготівка - відливка;

Верстат - токарно-гвинторізний 16К25.

Різальний інструмент.

Різець токарний підрізний, відігнутий, правий $\varphi = 10^\circ$, R0, 8, T15K6 ГОСТ 18880-73.

Різець токарний підрізний, відігнутий, правий $\varphi = 10^\circ$, R0, 4, T15K6 ГОСТ 18880-73.

Свердло центровочне $d = 5$ мм, $D = 12,5$ мм, $l = 7,5-1,2$ мм, $L = 66-6,0$ мм, тип А, T15K6 ГОСТ 14952-75.

Свердло спіральне $d = 23,75$ мм, $l = 160$ мм, $L = 281$ мм, T15K6 ГОСТ 10903-77.

Свердло спіральне $d = 35$ мм, $l = 190$ мм, $L = 339$ мм, T15K6 ГОСТ 10903-77.

ЗОТС - 5% розчин емульсії ГОСТ 1975-75.

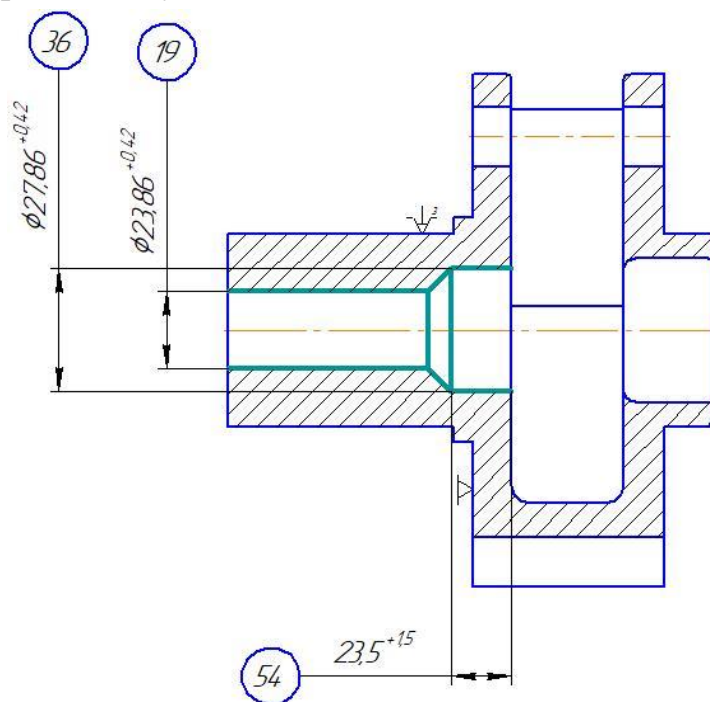


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз до операції 025

Розточувати отвір 19

Глибина різання $t = Z_{\max} = 1,69$ мм

Подачу вибираємо по [6].

$S_T = 0,2$ мм/об

Розрахункове значення подачі розраховуємо за формулою (1.18):

$$S_p = S_T \cdot K_{s1} \cdot K_{s2}, \quad (1.18)$$

де $K_{s1} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від твердості оброблюваного матеріалу;

$K_{s2} = 0,8$ – коефіцієнт, залежний від виду обробки.

$$S_p = 0,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

По паспорту верстата приймаємо: $S_{\text{ст}} = 0,1$ мм/об

Швидкість різання вибираємо по [6]:

$V_T = 150,2$ м/хв.

Розрахункове значення швидкості різання розраховуємо за формулою (1.19):

$$V_p = V_T \cdot K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot \dots \cdot K_{v10}, \quad (1.19)$$

де $K_{v1} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від умов обробки;

$K_{v2} = 0,8$ – коефіцієнт, залежний від головного кута в плані;

$K_{v3} = 0,72$ – коефіцієнт, залежний від стану обробленої поверхні;

$K_{v4} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від виду точіння;

$K_{v5} = 1,1$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини різця;

$K_{v6} = 0,76$ – коефіцієнт, залежний від твердості матеріалу;

$K_{v7} = 1,01$ – коефіцієнт, залежний від глибини різання;

$K_{v8} = 1,03$ – коефіцієнт, залежний від величини подачі;

$K_{v9} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від періоду стійкості інструменту;

$K_{v10} = 0,66$ – коефіцієнт, залежний від виду обробки.

$$V_p = 150,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,76 \cdot 1,01 \cdot 1,03 \cdot 1,0 \cdot 0,66 = 49,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.20)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 49,6}{3,14 \cdot 51,66} = 305,7 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата приймаємо: $n_{\text{ст}} = 250 \text{ об/хв.}$

Розраховуємо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 51,66 \cdot 250}{1000} = 40,6 \text{ м/хв.}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.6.

Росвердлити отвір 36.

Глибина різання $t = Z_{\text{max}} = 1,2 \text{ мм}$

Подача вибираємо по [6]:

$$S_T = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Розрахункове значення подачі розраховуємо за формулою (1.18).

$K_{s1} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від твердості оброблюваного матеріалу;

$K_{s2} = 0,8$ – коефіцієнт, залежний від виду обробки.

$$S_p = 0,16 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,128 \text{ мм/об.}$$

По паспорту верстата приймаємо: $S_{\text{ст}} = 0,1 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання вибираємо по [6]:

$$V_T = 150,2 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення швидкості різання розраховуємо за формулою (1.19).

$K_{v1} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від умов обробки;

$K_{v2} = 0,8$ – коефіцієнт, залежний від головного кута в плані;

$K_{v3} = 0,72$ – коефіцієнт, залежний від стану обробленої поверхні;

$K_{v4} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від виду точіння;

$K_{v5} = 1,1$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини різця;

$K_{v6} = 0,76$ – коефіцієнт, залежний від твердості матеріалу;

$K_{v7} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від глибини різання;

$K_{v8} = 1,07$ – коефіцієнт, залежний від величини подачі;

$K_{v9} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від періоду стійкості інструменту;

$K_{v10} = 0,66$ – коефіцієнт, залежний від виду обробки.

$$V_p = 150,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 1,0 \cdot 0,66 = 51 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 51}{3,14 \cdot 51,66} = 314 \text{ об/хв.} \quad (1.20)$$

По паспорту верстата приймаємо $n_{\text{ст}} = 250$ про/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання :

$$V = \frac{3,14 \cdot 51,66 \cdot 250}{1000} = 40,6 \text{ м/хв.}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.8.

Центрувати торець 19.

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

Подання обираємо по [4, с. 277, табл. 25].

$S_T = 0,09$ мм/об.

Розрахункове значення подачі розраховуємо за формулою (1.21):

$$S_p = S_T \cdot K_{s1}, \quad (1.21)$$

де $K_{s1} = 0,6$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини свердла.

$$S_p = 0,09 \cdot 0,6 = 0,054 \text{ мм/об.}$$

По паспорту верстата приймаємо: $S_{\text{ст}} = 0,05$ мм/об.

Швидкість різання вибираємо по [6]:

$V_T = 30,4$ м/хв.

Розрахункове значення швидкості різання розраховуємо за формулою (1.19):

$K_{v1} = 0,64$ – коефіцієнт, залежний від твердості матеріалу;

$K_{v2} = 1,25$ – коефіцієнт, залежний від періоду стійкості інструменту;

$K_{v3} = 1,32$ – коефіцієнт, залежний від відношення фактичного періоду стійкості до нормативного;

$K_{v4} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від довжини свердління;

$K_{v5} = 1,85$ – коефіцієнт, залежний від величини подання;

$K_{v6} = 0,68$ – коефіцієнт, залежний від діаметру свердління;

$K_{v7} = 0,6$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини свердла;

$K_{v8} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від умов обробки.

$$V_p = 30,4 \cdot 0,64 \cdot 1,25 \cdot 1,32 \cdot 1,0 \cdot 1,85 \cdot 0,68 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 24,2 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 24,2}{3,14 \cdot 5} = 1541 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата приймаємо: $n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/хв.}$

Розраховуємо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1250}{1000} = 19,6 \text{ м/хв.}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.6.

Свердли́ти отвір 19.

Глибина різання $t = 11,86 \text{ мм.}$

Подачу вибираємо по [4, с. 277, табл. 25]:

$$S_T = 0,29 \text{ мм/об.}$$

Розрахункове значення подачі розраховуємо за формулою (1.21), де:

$K_{s1} = 0,6$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини свердла.

$$S_p = 0,29 \cdot 0,6 = 0,17 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата приймаємо: $S_{\text{ст}} = 0,15 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання вибираємо по [6]:

$$V_T = 30,4 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення швидкості різання розраховуємо за формулою (1.19):

$K_{v1} = 0,63$ – коефіцієнт, залежний від твердості матеріалу;

$K_{v2} = 0,91$ – коефіцієнт, залежний від періоду стійкості інструменту;
 $K_{v3} = 1,05$ – коефіцієнт, залежний від відношення фактичного періоду стійкості до нормативного;
 $K_{v4} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від довжини свердління;
 $K_{v5} = 0,76$ – коефіцієнт, залежний від величини подачі;
 $K_{v6} = 1,1$ – коефіцієнт, залежний від діаметру свердління;
 $K_{v7} = 0,6$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини свердла;
 $K_{v8} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від умов обробки.

$$V_p = 30,4 \cdot 0,63 \cdot 0,91 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,76 \cdot 1,1 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 9,1 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 9,1}{3,14 \cdot 23,75} = 122 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата приймаємо: $n_{\text{ст}} = 80 \text{ об/хв.}$

Розраховуємо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 23,75 \cdot 80}{1000} = 6 \text{ м/хв.}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.6.

Розсвердлити отвір 36.

Глибина різання: $t = 5,63 \text{ мм}$

Подачу вибираємо по [4, с. 277, табл. 25]:

$S_T = 0,32 \text{ мм/об.}$

Розрахункове значення подачі розраховуємо за формулою (1.21), де:

$K_{s1} = 0,6$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини свердла.

$$S_p = 0,32 \cdot 0,6 = 0,19 \text{ мм/об.}$$

По паспорту верстата приймаємо: $S_{\text{ст}} = 0,15 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання вибираємо по [6]:

$V_T = 30,4 \text{ м/хв.}$

Розрахункове значення швидкості різання розраховуємо за формулою (1.19):

$K_{v1} = 0,64$ – коефіцієнт, залежний від твердості матеріалу;

$K_{v2} = 0,92$ – коефіцієнт, залежний від періоду стійкості інструменту;

$K_{v3} = 0,97$ – коефіцієнт, залежний від відношення фактичного періоду стійкості до нормативного;

$K_{v4} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від довжини свердління;

$K_{v5} = 0,62$ – коефіцієнт, залежний від величини подачі;

$K_{v6} = 1,4$ – коефіцієнт, залежний від діаметру свердління;

$K_{v7} = 0,6$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу різальної частини свердла;

$K_{v8} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від умов обробки.

$$V_p = 30,4 \cdot 0,64 \cdot 0,92 \cdot 0,97 \cdot 1,0 \cdot 0,62 \cdot 1,4 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 9,04 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 9,04}{3,14 \cdot 35} = 82,3 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата приймаємо $n_{\text{ст}} = 80 \text{ об/хв.}$

Розраховуємо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 80}{1000} = 8,8 \text{ м/хв.}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.6.

Технічне нормування операції.

Основний час для кожного переходу визначаємо за формулою (1.22):

$$T_{oi} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot i, \quad (1.22)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні у напрямі подачі, мм;

l_1 – величина урізування і перебігання інструменту, мм [7, с. 164, карта 65];

l_2 – додаткова довжина на взяття пробної стружки, мм [7, с. 165, карта 66].

$$T_{o1} = \frac{13,4+1,7+5}{250 \cdot 0,1} = 0,8 \text{ хв};$$

$$T_{o2} = \frac{5,83+2,2+5}{250 \cdot 0,1} = 0,52 \text{ хв};$$

$$T_{o3} = \frac{7,5+2}{1250 \cdot 0,05} = 0,15 \text{ хв};$$

$$T_{o4} = \frac{73+10}{80 \cdot 0,15} = 6,92 \text{ хв};$$

$$T_{o5} = \frac{13,4+5}{80 \cdot 0,15} = 1,53 \text{ хв}.$$

Загальний основний час на операцію складає:

$$T_{o\Sigma} = 0,8 + 0,52 + 0,15 + 6,92 + 1,53 = 9,92 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на операцію визначаємо за формулою (1.23):

$$T_{в\Sigma} = t_{y/c} + t_{пер} + t_{контр}, \quad (1.23)$$

де $t_{y/c} = 0,19 \text{ хв}$ – час на установку і зняття деталі [7, с. 138, карта 51];

$t_{пер} = 0,12 \cdot 2 + 0,35 \cdot 3 + 0,05 \cdot 5 = 1,54 \text{ хв}$ – час, пов'язаний з переходом.

де $0,12 \text{ хв}$ – час на подовжнє обточування різцем, встановленим на розмір [7, с. 150, карта 60];

2 – кількість переходів;

$0,35 \text{ хв}$ – час на свердління отвору [7, с. 153, карта 60];

2 – кількість переходів;

$0,05 \text{ хв}$ – змінити число оборотів або подачі [7, с. 156, карта 61];

5 – кількість проходів.

$t_{контр} = 0,11 + 0,16 + 0,17 + 0,21 + 0,19 = 0,84 \text{ хв}$ – час на контрольні виміри.

Сумарний допоміжний час на операцію складає:

$$T_{в\Sigma} = 0,19 + 1,54 + 0,84 = 2,57 \text{ хв}.$$

Час на обслуговування, відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.24):

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = (T_{\text{о}\Sigma} + T_{\text{в}\Sigma}) \cdot \frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{отд}}}{100}, \quad (1.24)$$

де $\alpha_{\text{обс}} = 4,0$ – відсоток часу від оперативного, на обслуговування робочого місця [7, с. 136, карта 49];

$\alpha_{\text{отд}} = 4,0$ – відсоток часу від оперативного на відпочинок і природні потреби [7, с. 136, карта 49].

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = (9,92 + 2,57) \cdot \frac{4+4}{100} = 1,0 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.25):

$$\begin{aligned} T_{\text{шт}} &= T_{\text{о}\Sigma} + T_{\text{в}\Sigma} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}}, \\ T_{\text{шт}} &= 9,92 + 2,57 + 1,0 = 13,49 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (1.25)$$

Підготовчо-завершальний час вибираємо по [7, с. 135, карта 49].

$t_{\text{п-з1}} = 16$ хв – час на налаштування верстата, інструмента і пристосувань;

$t_{\text{п-з2}} = 8$ хв – час на отримання інструмента і пристосувань виконавцем праці до початку і здача їх після закінчення обробки.

Сумарний підготовчо-завершальний час складає:

$$T_{\text{п-з}\Sigma} = 16 + 8 = 24 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час на операцію за формулою (1.26):

$$T_{\text{ш-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}\Sigma}}{n}, \quad (1.26)$$

де $n = 80$ шт. – партія деталей, що одночасно запускаються у виробництво.

$$T_{\text{ш-к}} = 13,49 + \frac{24}{80} = 13,79 \text{ хв.}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.6

1.6.2 Операція 065 – шліфувальна (рис. 1.6)

Початкові дані:

Деталь - корпус сателіта;

Матеріал - сталь 40ХНМЛ;

Заготовка - відливка;

Верстат - круглошлифовальний 3А161;

Різальний інструмент - шліфувальний круг (ШК)

ПП 500×10×203 14А 25 С2 К5 ГОСТ 2424 - 83;

Період стійкості ШК - $T_{\text{он}} = 40$ хв. [7, с. 625, карта 4];

ЗОТС - 5% розчин емульсії ГОСТ 1975-75.

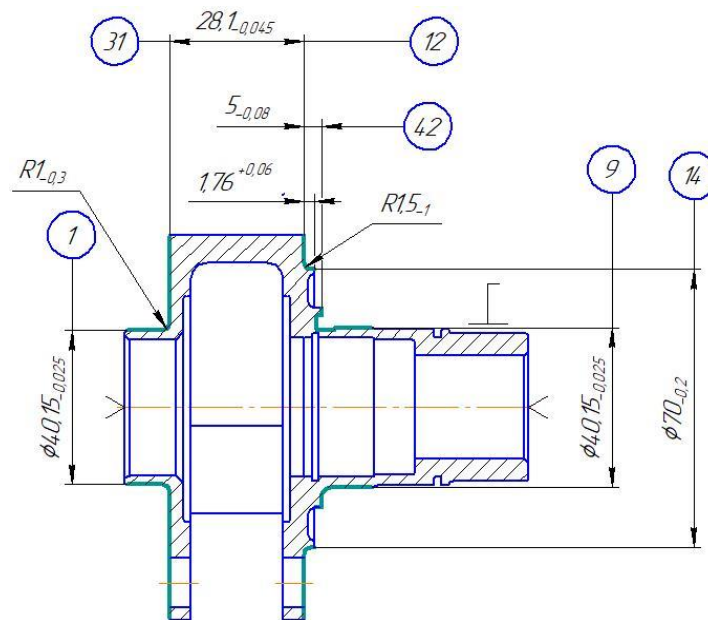


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз до операції 065

Шліфувати поверхні 12 і 14.

Припуск на обробку $Z_{\text{max}} = 0,42$ мм

Визначаємо число обертів деталі по [7, с. 628, карта 6].

$n_d = 93,159$ об/хв.

По паспорту верстата приймаємо $n_{\text{ст}} = 120$ об/хв.

Швидкість обертання деталі складає:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{ст}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 138 \cdot 120}{1000} = 52 \text{ м/хв.}$$

Подовжня подача складає $S_B = 3$ мм/об по [7, с. 628, карта 6].

Табличне значення поперечної подачі вибираємо по [7, с. 629, карта 6].

$S_{txт} = 0,0091$ мм/хід.

Розрахункове значення поперечної подачі знаходимо за формулою (1.27):

$$S_{txp} = S_{txт} \cdot K_{s1} \cdot K_{s2}, \quad (1.27)$$

де $K_{s1} = 0,72$ – коефіцієнт, залежний від припуску на діаметр і точність обробки;

$K_{s2} = 0,9$ – коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу і діаметру ШК.

$$S_{txp} = 0,0091 \cdot 0,72 \cdot 0,9 = 0,0058 \text{ мм/хід.}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_{txp \text{ ст}} = 0,005$ мм/хід.

Шліфувати поверхні 9 і 42

Припуск на обробку $Z_{\max} = 0,39$ мм.

Визначаємо число обертів деталі по [7, с. 626, карта 5].

$n_d = 77 \dots 154$ об/хв.

По паспорту верстата приймаємо $n_{ст} = 120$ об/хв.

Швидкість обертання деталі складає:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 120}{1000} = 18,84 \text{ м/хв.}$$

Подовжня подача складає: $S_B = 3$ мм/об по [7, с. 626, карта 5].

Табличне значення поперечної подачі вибираємо по [7, с. 626, карта 5]

$S_{txт} = 0,0157$ мм/хід.

Розрахункове значення поперечної подачі знаходимо за формулою (1.27), де:

$K_{s1} = 0,71$ – коефіцієнт, залежний від припуску на діаметр і точність обробки;

$K_{s2} = 0,95$ – коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу і діаметру ШК.

$$S_{txp} = 0,0157 \cdot 0,71 \cdot 0,95 = 0,011 \text{ мм/хід}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_{txp\text{ ст}} = 0,01$ мм/хід.

Шліфувати поверхні 31 и 1.

Припуск на обробку $Z_{\max} = 0,42$ мм.

Визначаємо число обертів деталі по [7, с. 628, карта 6].

$n_d = 93 \dots 159$ об/хв.

По паспорту верстата приймаємо $n_{\text{ст}} = 120$ об/хв.

Швидкість обертання деталі складає:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{ст}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 138 \cdot 120}{1000} = 52 \text{ м/хв.}$$

Подовжня подача складає $S_b = 3$ мм/об по [7, с. 628, карта 6].

Табличне значення поперечної подачі вибираємо по [7, с. 626, карта 5].

$S_{txт} = 0,0091$ мм/ход.

Розрахункове значення поперечної подачі знаходимо за формулою (1.27), де:

$K_{s1} = 0,72$ коефіцієнт, залежний від припуска на діаметр і точність обробки;

$K_{s2} = 0,9$ – коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу і діаметру ШК

$$S_{txp} = 0,0091 \cdot 0,72 \cdot 0,9 = 0,0058 \text{ мм/хід.}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_{txp\text{ ст}} = 0,005$ мм/хід.

Шліфувати поверхні 5 и 2.

Припуск на обробку $Z_{\max} = 0,21$ мм.

Швидкість обертання деталі складає: [7, с. 626, карта 5].

$n_d = 77 \dots 154$ об/хв.

По паспорту верстата приймаємо $n_{\text{ст}} = 120$ об/хв.

Швидкість обертання деталі складає:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{ст}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 120}{1000} = 18,84 \text{ м/хв.}$$

Подовжня подача складає $S_b = 3$ мм/об по [7, с. 626, карта 5].

Табличне значення поперечної подачі вибираємо по [7, с. 628, карта 6].

$S_{txт} = 0,0157$ мм/хід.

Розрахункове значення поперечної подачі знаходимо за формулою (1.27), де:

$K_{s1} = 0,71$ – коефіцієнт, залежний від припуску на діаметр і точність обробки;

$K_{s2} = 0,95$ – коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу і діаметру ШК.

$$S_{txp} = 0,0157 \cdot 0,71 \cdot 0,95 = 0,011 \text{ мм/хід.}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_{txp \text{ ст}} = 0,01 \text{ мм/хід.}$

Технічне нормування операції.

Основний час для кожного переходу визначаємо за формулою (1.28):

$$T_{oi} = \frac{L+L_1}{S_B \cdot n_{cti}} \cdot \frac{Z_{maxi}}{S_{txi}} \cdot K, \quad (1.28)$$

де Z_{max} – припуск на обробку на сторону, мкм;

K – коефіцієнт точності обробки [7, с. 633, карта 9].

$$T_{o1} = \frac{32+2}{3 \cdot 120} \cdot \frac{0,42}{0,005} \cdot 1,1 = 8,73 \text{ хв.}$$

$$T_{o2} = \frac{16+2}{3 \cdot 120} \cdot \frac{0,39}{0,01} \cdot 1,1 = 2,15 \text{ хв.}$$

$$T_{o3} = \frac{32+2}{3 \cdot 120} \cdot \frac{0,42}{0,005} \cdot 1,1 = 8,73 \text{ хв.}$$

$$T_{o4} = \frac{14+2}{3 \cdot 120} \cdot \frac{0,21}{0,01} \cdot 1,1 = 1,03 \text{ хв.}$$

Сумарний основний час на операцію складає:

$$T_{o\Sigma} = 8,73 + 2,15 + 8,73 + 1,03 = 20,64 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію визначаємо за формулою (1.29).

$$T_{в\Sigma} = t_{y/c} + t_{пер} + t_{контр} + t_{доп}, \quad (1.29)$$

де $t_{y/c} = 0,33$ мін – час на установку і зняття деталі [7, с. 640, карта 16];

$t_{пер} = 0,36 \cdot 2 + 0,31 \cdot 2 = 1,34$ мін – час, пов'язаний з переходом;

0,36 мін – час на чорнові переходи [7, с. 641, карта 17];

2 – кількість переходів;

0,31 – час на чистові переходи [7, с. 641, карта 17];

2 – кількість переходів;

$t_{\text{доп}} = 0,03 \cdot 2 = 0,06$ хв – час на додаткові прийоми;

0,03 хв. – час на перемикання числа оборотів деталі або подачі [7, с. 643, карта 18];

2 – кількість перемикань;

$t_{\text{контр}} = 0,11 \cdot 2 + 0,09 \cdot 2 = 0,4$ хв – час на контрольні виміри [7, с. 712, карта 70].

Сумарний допоміжний час на операцію складає:

$$T_{\Sigma} = 0,33 + 1,34 + 0,06 + 0,4 = 2,13 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування, відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.30):

$\alpha_{\text{обс}} = 1,5$ – відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця [7, с. 645, карта 19];

$\alpha_{\text{отд}} = 5,0$ – відсоток часу від оперативного на відпочинок і природні потреби [7, с. 645, карта 19].

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = (20,64 + 2,13) \cdot \frac{1,5+5}{100} = 1,48 \text{ хв.} \quad (1.30)$$

Час технічного обслуговування робочого місця розраховуємо за формулою (1.31).

$$T_{\text{тех}} = T_{\Sigma} \cdot \frac{T_{\text{пр}} \cdot 1,1}{T}, \quad (1.31)$$

де $T_{\text{пр}} = 2,3$ хв – час правки по [7, с. 645, карта 19];

T , хв. – стійкість ШК (см.початкові данні).

$$T_{\text{тех}} = 20,64 \cdot \frac{2,3 \cdot 1,1}{40} = 1,31 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.32):

$$T_{шт} = T_{о\Sigma} + T_{в\Sigma} + T_{обс} + T_{отд} + T_{тех}, \quad (1.32)$$

$$T_{шт} = 20,64 + 2,13 + 1,48 + 1,31 = 25,56 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час вибираємо по [7, с. 646, карта 20].

$t_{п-31} = 7 \text{ хв}$ – час на налагодження верстата, інструменту і пристосувань;

$t_{п-32} = 2,5 \text{ хв}$ – час на встановлення і зняття пристосування;

$t_{п-33} = 8 \text{ хв}$ – час на отримання інструменту і пристосувань виконавцем праці до початку і здача їх після закінчення обробки.

Сумарний підготовчо-завершальний час складає:

$$T_{п-3\Sigma} = 7 + 2,5 + 8 = 17,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час на операцію за формулою (1.31):

$n = 80 \text{ шт.}$ – партія деталей, що одночасно запускаються у виробництво.

$$T_{ш-к} = 25,56 + \frac{17,5}{80} = 25,78 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 095 – фрезерна (рис. 1.7)

Початкові дані:

Деталь - корпус сателітів;

Матеріал - сталь 40ХНМЛ;

Заготовка - відливання;

Верстат - вертикально-фрезерний 6Н12П;

Різальний інструмент - фреза кінцева $d = 40 \text{ мм}$, Р18, $Z = 6 \text{ мм}$ ГОСТ 17026-71;

ЗОТС - 5% розчин емульсії ГОСТ 1975-75.

Глибина фрезерування $t = 2 \text{ мм}$

Вибираємо табличне значення подачі по [8, с. 304, табл. 111].

$S_T = 0,2 \text{ мм/об.}$

Розрахункове значення подачі розраховуємо за формулою (1.33).

$$S_p = S_T \cdot K_{s1} \cdot K_{s2} \cdot K_{s3}, \quad (1.33)$$

де $K_{s1} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу інструменту [8, с. 305, табл. 114];

$K_{s2} = 0,66$ – коефіцієнт, залежний від виду оброблюваної поверхні [8, с. 305, табл. 114];

$K_{s3} = 0,25$ – коефіцієнт, залежний від параметра шорсткості [8, с. 305, табл. 114];

$$S_p = 0,2 \cdot 1,0 \cdot 0,66 \cdot 0,25 = 0,033 \text{ мм/об.}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_{ct} = 0,03 \text{ мм/об.}$

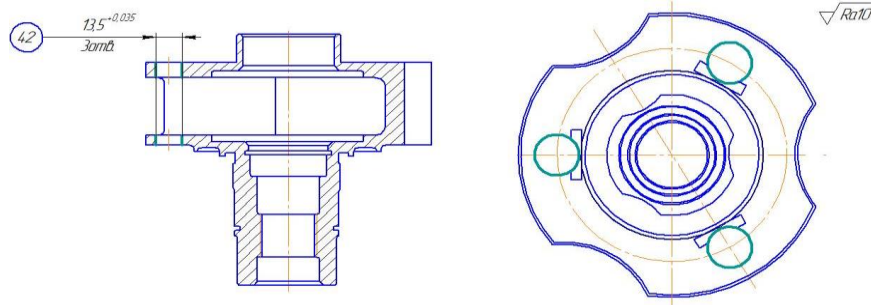


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз до операції 095

Вибираємо табличне значення швидкості різання по [8, с. 317, табл. 128].

$$V_T = 84 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення швидкості різання визначаємо за формулою (1.34):

$$V_p = V_T \cdot K_{v1} \cdot K_{v2} \cdot K_{v3} \cdot K_{v4} \cdot K_{v5} \cdot K_{v6}, \quad (1.34)$$

де $K_{v1} = 0,55$ – коефіцієнт, залежний від групи матеріалу;

$K_{v2} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від матеріалу інструменту;

$K_{v3} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від стану поверхні;

$K_{v4} = 0,57$ – коефіцієнт, залежний від оброблюваного елемента;

$K_{v5} = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від умов обробки;

$K_{v6} = 0,89$ – коефіцієнт, залежний від ширини фрезерування.

$$V_p = 84 \cdot 0,55 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,57 \cdot 1,0 \cdot 0,89 = 23,4 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 23,4}{3,14 \cdot 40} = 186,3 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо: $n_{\text{ст}} = 160 \text{ об/хв}$.

Розраховуємо дійсну швидкість різання.

$$V = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 160}{1000} = 20,1 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо хвилинну подану за формулою (1.35):

$$\begin{aligned} S_{\text{м}} &= S_{\text{ст}} \cdot n \cdot Z, \\ S_{\text{м}} &= 0,03 \cdot 160 \cdot 6 = 28,8 \text{ мм/хв.} \end{aligned} \quad (1.35)$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.6.

Технічне нормування операції

Основний час визначаємо за формулою (1.36):

$$T_o = \frac{L + l_1}{S_{\text{м}}} \cdot i, \quad (1.36)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні у напрямку подачі, мм;

$l_1 = 6$ мм – величина урізання і перебігання інструменту, мм [7, с. 448, карта 68];

i – кількість проходів.

$$T_o = \frac{2+6}{28,8} \cdot 3 = 0,83 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію визначаємо за формулою (1.37):

$$T_{\text{в}\Sigma} = t_{\text{у/с}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.37)$$

де $t_{\text{у/с}} = 0,39$ хв – час на установку і зняття деталі [7, с. 435, карта 62];

$t_{\text{пер}} = 0,1 + 0,38 \cdot 3 + 0,04 \cdot 3 = 1,36$ хв – час, пов'язаний з переходом;

0,1 – час на включення і виключення верстата [7, с. 439, карта 63];

0,38 – час на обробку трьох вибірок [7, с. 440, карта 64];

0,04 – час на поворот пристосування [7, с. 441, карта 64];

3 – кількість проходів.

$t_{\text{контр}} = 0,26 \cdot 3 = 0,78$ хв – час на контрольні виміри.

Сумарний допоміжний час на операцію складає:

$$T_{\Sigma} = 0,39 + 1,36 + 0,78 = 2,53 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування, відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.30).

$\alpha_{\text{обс+отд}} = 6$ – відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби [7, с. 422, карта 56].

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = (0,83 + 2,53) \cdot \frac{6}{100} = 0,21 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.32):

$$T_{\text{шт}} = 0,83 + 2,53 + 0,21 = 3,57 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час вибираємо по [7, с. 422, карта 56].

$T_{\text{п-з1}} = 14$ хв – час на установку деталі;

$T_{\text{п-з2}} = 2$ хв – час на установку фрези;

$T_{\text{п-з3}} = 10$ хв – час на отримання інструменту і пристосувань виконавцем праці до початку і здача їх після закінчення обробки.

Сумарний підготовчо-завершальний час складає:

$$T_{\text{п-з}\Sigma} = 14 + 2 + 10 = 26 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час на операцію за формулою (1.31):
 $n = 80$ шт. – партія деталей, що одночасно запускаються у виробництво.

$$T_{\text{ш-к}} = 3,57 + \frac{26}{80} = 3,9 \text{ хв}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 – Режими різання і норми часу

Операція	Перехід	Інструмент	Глибина різання t, мм	Подача S, мм/об	Частота обертання n, об/хв	Швидкість різання V, м/хв	Основн ий час T _о , хв	Допомі жний час T _в , хв	Штучний час T _{шт} , хв	Підг.зак лючни й час T _{п-з} , хв	Штучно- калькуля ц. час T _{ш-к} , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
020 Токарна	Гочити торець 6	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий φ = 10°, R0,8, T15K6 ГОСТ 18880-73	2,9	0,125	160	69,3	16,04	3,18	20,76	24	21,06
	Гочити пов. 9 і торець 7	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий φ = 10°, R0,4, T15K6 ГОСТ 18880-73	3,4	0,1	250	41,5					
	Гочити пов. 4 і торець 8	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий φ = 10°, R0,4, T15K6 ГОСТ 18880-73	9,16	0,1	250	32					
	Гочити торець 5	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий φ = 10°, R0,8, T15K6 ГОСТ 18880-73	1,2	0,125	250	32					
025 Токарна	Гочити пов. 1 і торець 2	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий φ = 10°, R0,8, T15K6 ГОСТ 18880-73	1,69	0,1	250	40,6	9,92	2,57	13,49	24	13,79
	Підрізати торець 3	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий φ = 10°, R0,4, T15K6 ГОСТ 18880-73	1,2	0,1	250	40,6					
	Зацентрувати торець 5	Свердло центровочне d = 5 мм, D = 12,5 мм, тип А,	2,5	0,05	1250	19,6					

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
025 Токарна	Свердлить отв. 19	Свердло спіральне d = 23,75 мм, T15K6 ГОСТ 10903-77	11,86	0,15	80	6	9,92	2,57	13,49	24	13,79
	Розсвердли отв. 36	Свердло спіральне d = 35 мм, T15K6 ГОСТ 10903-77	5,63	0,15	80	8,8					
035 Токарна з ЧПУ	Обробити пов. 5, 17, 4, 9, 10, 8, 12 за програмою	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий $\varphi = 70^\circ$, R0,8, T15K6 ГОСТ 18880-73	0,4	0,1	275	119,2	23,5	3,18	28,28	24	28,58
	Обробити пов. 11, 19, 18, 14 за програмою	Різець розточувальний, $\varphi = 60^\circ$, T15K6, R0,8 ГОСТ 18883-73	2,63	0,1	643	60,6					
	Обробити пов. 25 по программе	Різець прорізний, a = 6, R1,4, T15K6 ГОСТ 18874-73	6	0,15	275	64,8					
	Обробити пов. 13, 7 за програмою	Різець спеціальний, R0,8, T15K6	3,5	0,1	550	86,4					
	Обробити пов. 5, 17, 4, 9, 10, 8, 12 за програмою.	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий $\varphi = 10^\circ$, R0,6, T15K6 ГОСТ 18880-73	0,4	0,1	275	119,2					

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
035 Токарна с ЧПУ	Обробити пов. 11, 19, 18, 14 за програмою	Різець прорізний, $\phi = 60^\circ$, T15K6, R0,5 ГОСТ 18883-73	0,5	0,1	643	60,6	23,5	3,18	28,28	24	28,58
	Обробити пов. 20 за програмою	Різець прорізний, $\alpha = 3,15$, R1, T15K6 ГОСТ 18874-73	3,15	0,1	550	55,3					
	Обробити пов. 16 за програмою.	Різець прорізний, $\alpha = 1,8$, R0,15, T15K6 ГОСТ 18874-73	1,8	0,1	643	66,6					
040 Токарна с ЧПУ	Обрабити пов. 1, 2, 3, 28, 31 по программе	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий $\phi = 70^\circ$, R0,8, T15K6 ГОСТ 18880-73	0,63	0,1	275	119,2	22,68	3,14	27,37	24	27,67
	Обробити пов. 30, 36, 44 за програмою	Різець розточувальний, $\phi = 60^\circ$, T15K6, R0,5 ГОСТ 18883-73	0,67	0,1	550	62,7					
	Обробити пов. 1, 2, 3, 28, 31 за програмою	Різець ток. підрізний, відігнутий, правий $\phi = 70^\circ$, R0,4, T15K6 ГОСТ 18880-73	0,2	0,1	275	119,2					

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
040 Токарна с ЧПУ	Обробити пов. 30, 36, 44 за програмою.	Різець розточувальний, $\phi = 60^\circ$, T15K6, R0,5 ГОСТ18883-73	0,2	0,1	550	62,7	22,68	3,14	27,37	24	27,67
	Обробити пов. 29, 33 за програмою.	Різець розточувальний, $\phi = 60^\circ$, T15K6, R0,5 ГОСТ 18883-73	4,31	0,1	550	76					
	Обробити пов. 32, 35 за програмою.	Різець розточувальний, $\alpha = 6,5$, R0,5, T15K6 ГОСТ 18874-73	6,5	0,1	315	71,2					
	Обробити пов. 37 за програмою.	Різець прорізний, $\alpha = 2,2$, R0,15, T15K6 ГОСТ 18874-73	2,2	0,1	550	71,7					
	Обробити пов. 45 за програмою.	Різець різбовий, $\phi = 60^\circ$, T15K6 ГОСТ18885-73	0,54	$S_{пр} = 1$ мм/об $S_{поп} =$ 0,08 мм/ход	275	33,7					

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7			0 ¹	1	2 ¹
065 Шліфуваль на	Шліфувати пов. 12, 8	Шліф. круг ПП 500×10×203 14A 25 C2 K5 ГОСТ 2424 – 83	0,42	$S_{пр} = 3$ мм/об $S_{поп} =$ 0,005 мм/хід	$n_{шк} =$ 4860 об/хв $n_d = 120$ об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d = 52$ м/хв	0,46	,13	5,56 ²	7,5	5,78 ²
	Шліфувати пов. 9, 42		0,39	$S_{пр} = 3$ мм/об $S_{поп} =$ 0,01 мм/хід	$n_{шк} =$ 13380 об/хв $n_d = 120$ об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d =$ 18,84 м/хв					
	Шліфувати пов. 31, 28		0,42	$S_{пр} = 3$ мм/об $S_{поп} =$ 0,005 мм/хід	$n_{шк} =$ 4860 об/м $n_d = 120$ об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d = 52$ м/хв					
	Шліфувати пов. 1, 2		0,21	$S_{пр} = 3$ мм/об $S_{поп} =$ 0,01 мм/хід	$n_{шк} =$ 13380 об/м $n_d = 120$ об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d =$ 18,84 м/хв					

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7			10	11	12
075 Сверлильна с ЧПУ	Розсвердлити 3 отв. 41	Свердло спіральне d = 21,75 мм, Р6М5 ГОСТ 10903-77	2,47	0,1	200	13,66	,52	,52	1 2,76	1 1	1 2,8
	Зенкерувати 3 отв. 41	Зенкер d = 22,6 мм, Р6М5 ГОСТ 12489-71	0,44	0,3	90	6,4					
	Розгорнути 3 отв. 41	Розвертка d = 23,1 мм, Р6М5 ГОСТ 1672-80	0,25	0,3	63	4,6					
080 Довбальна	Обробити пов. 51 згідно ескізу	Довбляк d _{ао} = 17,28 мм, d _о = 20 мм, m = 1, z = 20 ГОСТ 6762-79	1,7	S _к = 0,2 мм/дв.х од S _в =0,03 мм/под в.х	200	10,1	,98	,81	1 0,54	0	1 0,79
090 Фрезерна	Фрезерувати 3 виборкі пов. 43 попередньо	Фреза кінцева d = 4 мм, Р18, Z = 4 ГОСТ 17025-71	0,4	0,01 мм/зуб	375	4,7	,0	,23	8 ,73	3	9 ,02
095 Фрезерная	Фрезерувати 3 виборкі пов. 50 попередньо	Фреза кінцева d = 40 мм, Р18, Z = 6 ГОСТ 17026-71	3,5	0,03 мм/зуб	160	20,1	,83	,63	3 ,57	6	3 ,9
100 Фрезерна с ЧПУ	Фрезерувати пов. 61, 62, 63, 64, 65 за програмою заздалегідь, потім остаточно	Фреза кінцева d = 16 мм, Р12Ф4К5, Z = 4 ГОСТ 17026-71	3,5	0,02 мм/зуб	400	20,1	1,31	,77	2 3,4	3	2 4,69
	Фрезерувати пов. 66, 67 за програмою заздалегідь, потім остаточно	Фреза кінцева d = 20 мм, Р18, Z = 5 ГОСТ 17026-71	3,5	0,02 мм/зуб	315	19,8					

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
120 Шліфуваль на	Шліфувати пов. 70, 71	Шліф. головка AW 25x16 24 A 25-H CT1 6 K A 35 м/с ГОСТ 2417-82	0,201	$S_{tx} =$ 0,005 мм/хід $S_{поп} =$ 3,2 мм/хід	$n_{шк} =$ 26700 об/хв $n_d =$ 155 об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d =$ 15,1 м/хв	19	2,31	23,01	9,5	23,13
125 Шліфуваль на	Шліфувати пов. 9 и 4 и торець 42 и 15	Шліф. круг 1 500×10×203 14A 25 C2 K5 ГОСТ 2424 – 83	0,078 0,139	$S_{пр} = 2$ мм/об $S_{поп} =$ 0,005 мм/хід	$n_{шк} =$ 13380 об/хв $n_d = 120$ об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d =$ 18,84 м/хв, 14,7 м/хв	8,15	2,97	9,39	17,5	9,61
	Шліфувати пов. 1 и 2		0,051	$S_{пр} = 2$ мм/об $S_{поп} =$ 0,005 мм/хід	$n_{шк} =$ 13380 об/хв $n_d = 120$ об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d =$ 18,84 м/хв					
130 Шліфуваль на	Шліфувати пов. 36 и 43	Шліф. головка AW 25x10 24 A 25-H CT1 6 K A 35 м/с ГОСТ 2417-82	0,34	$S_{пр} = 2,5$ мм/об $S_{поп} =$ 0,0015 мм/хід	$n_{шк} =$ 18060 об/хв $n_d = 400$ об/хв	$V_{шк} =$ 35 м/с $V_d =$ 46,5 м/хв	12,83	0,84	15,99	7,8	16

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
130 Шліфувальна	Шліфувати пов. 18	Шліф. головка AW 25x10 24 A 25-H CT1 6 K A 35 м/с ГОСТ 2417-82	0,36	$S_{\text{пр}} = 2,5$ мм/об $S_{\text{поп}} = 0,0015$ мм/хід	$n_{\text{шк}} = 18060$ об/хв $n_d = 400$ об/хв	$V_{\text{шк}} = 35$ м/с $V_d = 32,7$ м/хв	12,83	0,84	15,99	7,8	16
135 Розточная	Розточіти. 3 отв. пов. 50 і 3 отв. пов. 51	Резець розточний, спеціальний $\varphi = 60^\circ$, T15K6, R0,5 + оправка для резців	0,23	0,05	1100	81,2	0,42	6,91	7,92	17	8,13
140 Розточная	Розточіти 3 фаски пов. 52, затем 3 фаски пов. 53	Резець фасочний, $\varphi = 45^\circ$, 16x16x80, P18, ГОСТ 18875-73	0,6	0,05	710	52,4	0,37	5,71	6,57	17	6,78

1.7 Розробка операційної технології для операції 035 - токарна з ЧПУ

Характерною особливістю верстатів з ЧПУ є автоматична реалізація сукупності закодованих команд (управляючої програми), що забезпечують необхідну послідовність взаємних положень оброблюваної деталі і інструменту.

Для проектування РТК і розробки УП важливим є ознайомлення з початковими даними і їх аналіз; підготовка операційного ескіза; модель верстата з ЧПУ; визначення настроювальних розмірів для оброблюваної деталі; визначення координат еталонного блоку, "нульової" точки супорта; складання плану обробки; визначення параметрів налаштування інструментів; розробка траєкторії руху інструментів; кодування інформації і підготовка УП для верстатів з ЧПУ.

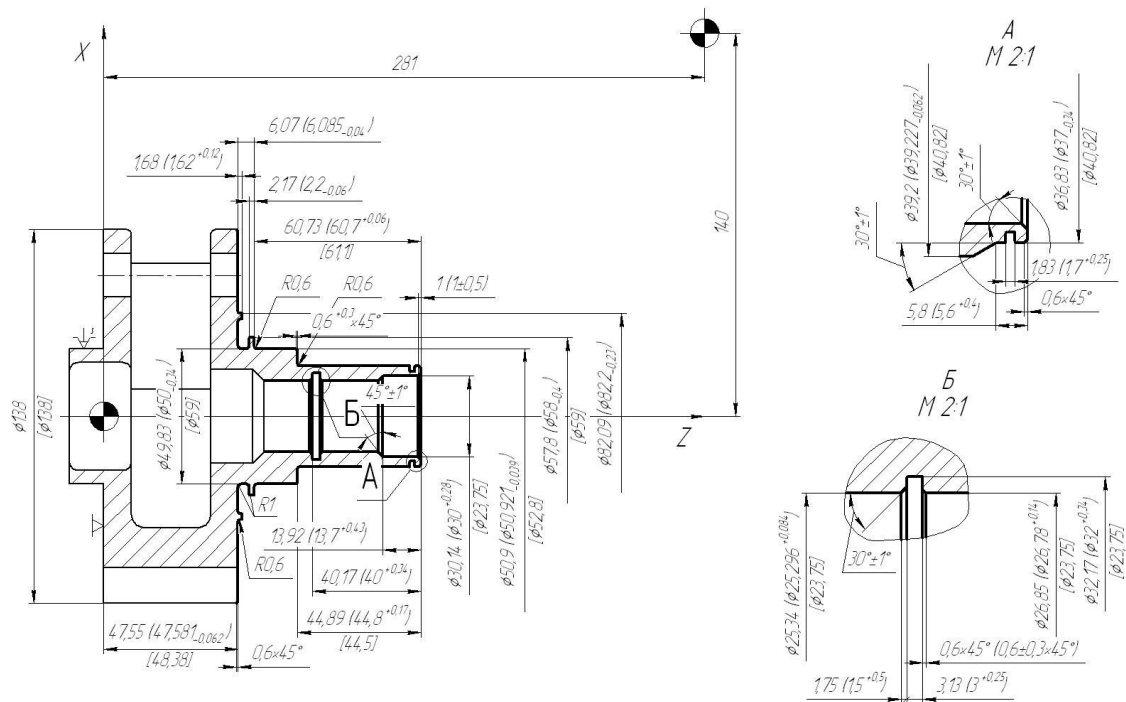


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз до операції 035

Початкові дані:

Заготовка - відливання з подальшою обробкою.

Матеріал - сталь 40ХНМЛ.

Верстат - АТПр-2М12СН, пульт управління типу Н22-1М.

Підготовка операційного ескіза деталі.

Обробку цієї деталі здійснюємо за одну установку послідовно декількома інструментами.

Габарити і конфігурація деталі дозволяють забезпечити базування і кріплення деталі в спеціальному 3-х кулачковому патроні.

Визначаємо налаштовані розміри для оброблюваних поверхонь деталі за формулою (1.38) і проставляємо їх на ескізі (рис. 1.8).

$$A_{\text{настр}} = \frac{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}{2}. \quad (1.38)$$

Отримані результати заносимо в таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Налаштовані розміри

Налаштовувальні розміри	Операційний розмір
Ø30,14	Ø30 ^{+0,28}
Ø26,85	Ø26,78 ^{+0,014}
Ø32,17	Ø32 ^{+0,34}
Ø25,34	Ø25,296 ^{+0,084}
0,6	0,6±0,3×45°
3,13	3 ^{+0,25}
1,75	1,5 ^{+0,5}
Ø36,83	Ø37 _{-0,34}
Ø39,2	Ø39,227 _{-0,062}
1,83	1,7 ^{+0,25}
5,8	5,6 ^{+0,4}
Ø50,9	Ø50,921 _{-0,039}
Ø57,8	Ø58 _{-0,4}
Ø82,09	Ø82,2 _{-0,23}
Ø49,83	Ø50 _{-0,34}
40,17	40 ^{+0,34}
44,89	44,8 ^{+0,17}
47,55	47,581 _{-0,062}
60,73	60,7 ^{+0,06}
13,92	13,7 ^{+0,43}
0,75	0,6 ^{+0,3} ×45°
2,17	2,2 _{-0,06}
1,68	1,62 ^{+0,12}
6,07	6,085 _{-0,04}

Вибираємо початок системи координат деталі. Початок системи відліку - перетин вісей "X - Z". Вісь Z суміщена з віссю обертання деталі, вісь X суміщена з лівим торцем деталі, який є опрною базою.

Координати "нульової" точки еталонного інструменту для цього верстата з фіксованим супортом складає: $X_e = 140$ мм, $Z_e = 281$ мм.

Розробка траєкторії руху інструменту для блоку 04, траєкторія – 95-96-97-98-99-100-101-102-103-99-100-50.

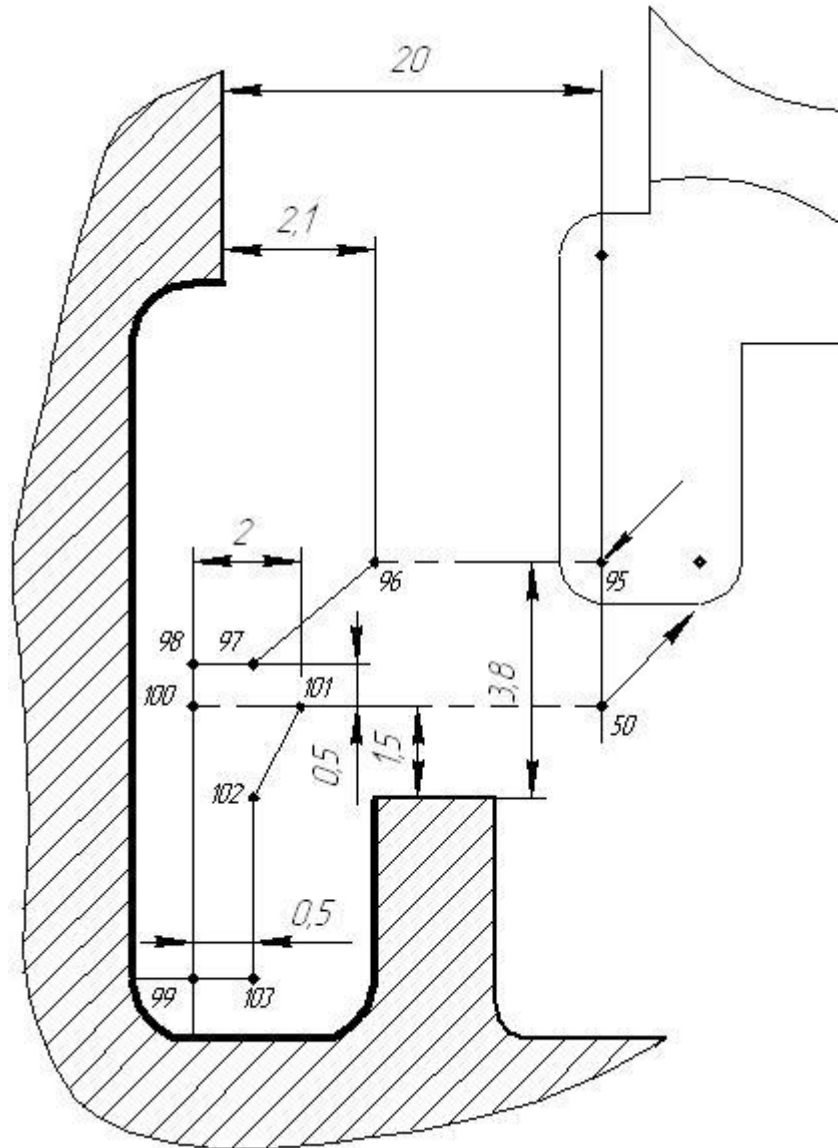


Рисунок 1.9 – Траєкторія руху інструменту

Різальний інструмент - різець спеціальний, R0,8/0,8/0,8, T15K6.

Настроювання – $a = -70$, $b = -50$, $j = 1$.

Ручна підготовка програми, в коді ISO.

Розраховуємо координати вершини інструменту відносно координат верстата за формулами (1.39) і (1.40).

$$X_{\text{и}} = X_{\text{з}} + a, \quad (1.39)$$

$$Z_{\text{и}} = Z_{\text{з}} + b, \quad (1.40)$$

$$X_{\text{и}} = 140 + (-70) = 70 \text{ мм};$$

$$Z_{\text{и}} = 281 + (-50) = 231 \text{ мм}.$$

З розмірів оброблюваних поверхонь і їх положення відносно координат верстата розраховуємо координати опорних точок в імпульсах.

$$X_{95} = \left(\frac{57,8}{2} + 3,8 \right) \cdot 200 = 6540 \text{ імп};$$

$$X_{96} = X_{95} = 6540 \text{ імп};$$

$$X_{97} = \left(\frac{57,8}{2} + 2 \right) \cdot 200 = 6180 \text{ імп};$$

$$X_{98} = X_{97} = 6180 \text{ імп};$$

$$X_{99} = \left(\frac{49,83}{2} + 0,8 \right) \cdot 200 = 5143 \text{ імп};$$

$$X_{100} = \left(\frac{57,8}{2} + 1,5 \right) \cdot 200 = 6080 \text{ імп};$$

$$X_{101} = X_{100} = 6080 \text{ імп};$$

$$X_{102} = \left(\frac{57,8}{2} \right) \cdot 200 = 5780 \text{ імп};$$

$$X_{103} = X_{99} = 5143 \text{ імп};$$

$$X_{50} = X_{100} = 6080 \text{ імп};$$

$$Z_{95} = (47,55 + 1,68 + 20) \cdot 100 = 6923 \text{ імп};$$

$$Z_{96} = (47,55 + 1,68 + 2,1) \cdot 100 = 51,33 \text{ імп};$$

$$Z_{97} = (47,55 + 0,8 + 0,5) \cdot 100 = 4885 \text{ імп};$$

$$Z_{98} = (47,55 + 0,8) \cdot 100 = 4835 \text{ імп};$$

$$Z_{99} = Z_{98} = 4835 \text{ імп};$$

$$Z_{100} = Z_{199} = 4835 \text{ імп};$$

$$Z_{101} = (47,55 + 0,8 + 2) \cdot 100 = 5035 \text{ імп};$$

$$Z_{102} = Z_{97} = 4885 \text{ імп};$$

$$Z_{103} = Z_{102} = 4885 \text{ імп};$$

$$Z_{50} = Z_{95} = 6923 \text{ імп}.$$

Розраховуємо приріст координат опорних точок траєкторії, починаючи з вихідної точки інструменту.

$$\begin{aligned}
X_{96-95} &= 6540 - 6540 = 0 \text{ імп}; \\
X_{97-96} &= 6180 - 6540 = -360 \text{ імп}; \\
X_{98-97} &= 6180 - 64180 = 0 \text{ імп}; \\
X_{99-98} &= 5143 - 6180 = -1037 \text{ імп}; \\
X_{100-99} &= 6080 - 5143 = 937 \text{ імп}; \\
X_{101-100} &= 6080 - 6080 = 0 \text{ імп}; \\
X_{102-101} &= 5780 - 6080 = -300 \text{ імп}; \\
X_{103-102} &= 5143 - 5780 = -637 \text{ імп}; \\
X_{99-103} &= 5143 - 5143 = 0 \text{ імп}; \\
X_{100-99} &= 6080 - 5143 = 937 \text{ імп}; \\
X_{50-100} &= 6080 - 6080 = 0 \text{ імп}; \\
Z_{96-95} &= 5133 - 6923 = -1790 \text{ імп}; \\
Z_{97-96} &= 4885 - 5133 = -248 \text{ імп}; \\
X_{98-97} &= 4835 - 4885 = -50 \text{ імп}; \\
Z_{99-98} &= 4835 - 4835 = 0 \text{ імп}; \\
Z_{100-99} &= 4835 - 4835 = 0 \text{ імп}; \\
Z_{101-100} &= 5035 - 4835 = 200 \text{ імп}; \\
Z_{102-101} &= 4885 - 5035 = -150 \text{ м}; \\
Z_{103-102} &= 4885 - 4885 = 0 \text{ імп}; \\
Z_{99-103} &= 4835 - 4885 = -50 \text{ імп}; \\
Z_{100-99} &= 4835 - 4835 = 0 \text{ імп}; \\
Z_{50-100} &= 6923 - 4835 = 2088 \text{ імп}.
\end{aligned}$$

Результати заносимо в таблицю. 1.7.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку

Відрізок від № точки	Подача, мм/об	Оберти шпинделя, об/хв	Зміна блока	Z (X)	X (Y)	ΔZ (ΔX)	ΔX (ΔY)	Примітка
O ₁		560	4	-	-	-	-	Блок №4 Вкл. шпиндель; Вкл. коректор по X; №4; Вкл. СОТС
95	xx			6923	6540	-	-	
96	0,8			5133	6540	-1790	0	
97	0,1			4885	6180	-248	-360	
98	0,1			4835	6180	-50	0	
99	0,1			4835	5143	0	-1037	
100	0,1			4835	6080	0	937	
101	0,1			5035	6080	200	0	
102	0,1			4885	5780	-150	-300	
103	0,1			4885	5143	0	-637	
99	0,1			4835	5143	-50	0	
100	0,1			4835	6080	0	937	
50	0,8			6923	6080	2088	0	
O ₁	xx			-	-	-	-	Викл. кор. №4; Викл. СОТС; Викл. шпиндель.

Розрахунок координат зміщеного нуля.

За схемою розрахунку зміщеного нуля різця спеціального (див. рис. 1.10) визначаємо координати $X_{\text{см}}$ и $Z_{\text{см}}$.

$$X_{\text{см}} = \left(\frac{57,8}{2} + 3,8 - 0,8 + 70 \right) \cdot 200 = 20380 \text{ ім.}$$

$$Z_{\text{см}} = (49,23 + 20 - 0,8 + 50) \cdot 100 = 11843 \text{ ім.}$$

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Деталь встановлюється на складний палець з упором на торцеву поверхню, нерухома опора входить в отвір сателіта і рухливий шток закріплюється з протилежного боку і або тягнеться, або штовхається пневмоциліндром. Для закріплення деталі необхідно подати повітря в ліву порожнину пневмоциліндра, при цьому поршень, шток і прихват, який з'єднано з поршнем через систему важелів, йдуть вправо, завдяки чому притискують деталь. Для відкріплення деталі необхідно виконати дію послідовно в зворотному порядку.

Для налаштування правильного закріплення є шайба з гайкою 10 і 12. Це пристосування є універсальним, оскільки на ньому можна закріплювати інші деталі схожого типорозміру та конфігурації, міняючи нижній упор і перенастроюючи за допомогою гайки величину початкового зміщення прихвата.

Проведемо аналіз схеми установки деталі на призми по розмірах $\varnothing 50,151_{-0,016}$ и $\varnothing 50,093_{-0,025}$ мм при обробці трьох отворів (рис. 2.1).

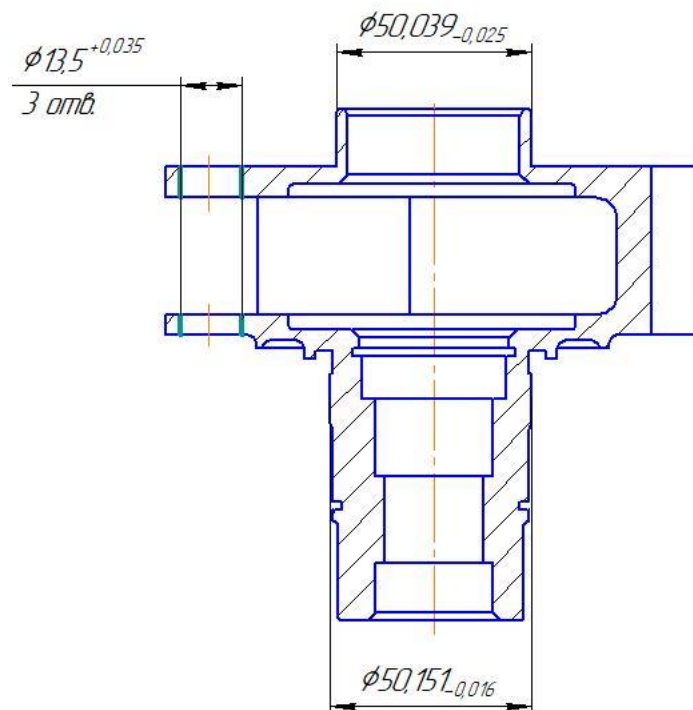


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі з основними розмірами

Схема базування приведено на рис. 2.2.

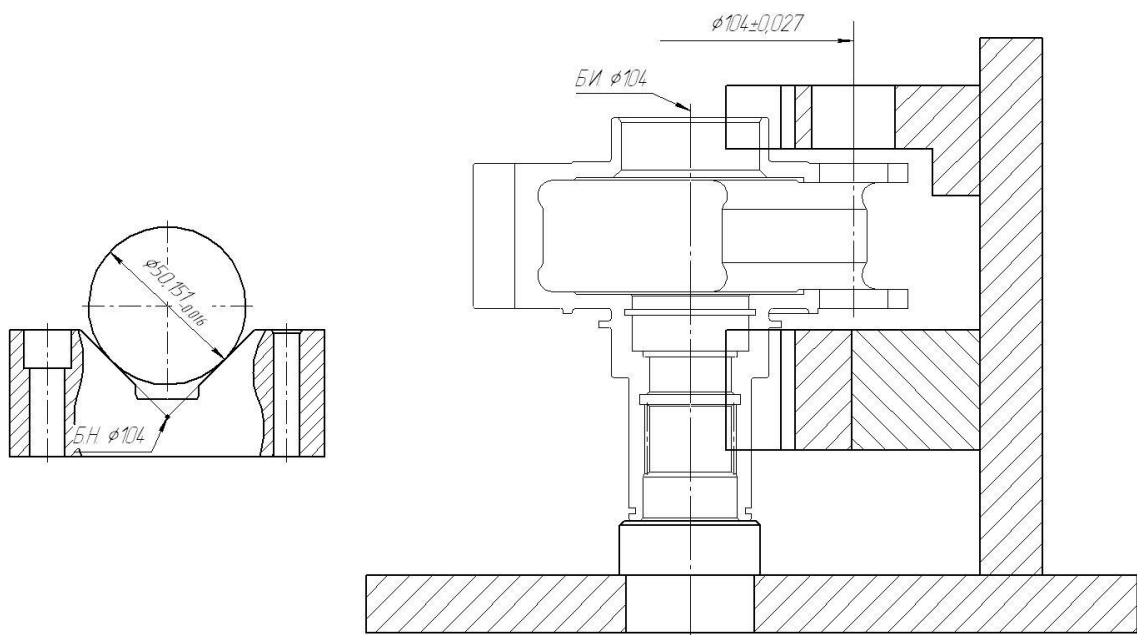


Рисунок 2.2 – Схема базування деталі "корпус сателіта" в призмах

Визначаємо погрішність базування при установці деталі в призмі на розмір $\varnothing 104 \pm 0,027$ мм за формулою (2.1):

$$\varepsilon_6 = K_2 \cdot Td, \quad (2.1)$$

де $K_2 = 0,7$ – коефіцієнт, залежний від кута призми [9, с. 43, табл. 4.1];

$$\varepsilon_6 = 0,7 \cdot 0,016 = 0,0112 \text{ мм.}$$

Визначаємо похибку закріплення при установці деталі в призмі на розмір $\varnothing 104 \pm 0,027$ мм за формулою (2.2):

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_{3 \text{ табл}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{3 \text{ табл}} = 0,03$ мм – табличне значення похибки закріплення [9, с. 50, табл. 4.7];

$\alpha = 90^\circ$ – кут призми.

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot 0,7 = 0,021 \text{ мм.}$$

Похибку установки розраховуємо за формулою (2.3):

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3, \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_y = 0,0112 + 0,021 = 0,0322 \text{ мм.}$$

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

В умовах обробки на налагоджених верстатах точність обробки заготовки залежатиме від точності виготовлення пристосування, а також точності установки пристосування на столі верстата.

Проведемо розрахунок точності установки пристосування в "0" верстата.

На плиті пристосування передбачено палець $\varnothing 30$ мм, який встановлюється у відповідний отвір в столі верстата $\varnothing 30H7^{+0,021}$ мм.

Допуск на виготовлення пальця розраховуємо за формулою (2.4) з урахуванням середньої економічної точності обробки:

$$T_H \leq T_{\text{обр}} - (k_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \cdot \omega), \quad (2.4)$$

де $k_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування [9, с. 61];

$k_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує долю похибки на обробку, не залежний від конструкції пристосування [9, с. 61];

$\omega = 0,03$ – середня економічна точність обробки отворів [9, с.64, табл. 5.3].

$$T_H = 0,054 - (0,8 \cdot 0,0112 + 0,021 + 0,6 \cdot 0,03) = 0,048 \text{ мм.}$$

Посилимо розрахунковий допуск до нормалізованого, для пристосування особливо високої точності [9, с. 61]. Приймаємо $T_H = \pm 0,01$ мм.

При цьому, T_H повинен задовольняти вимозі точності, згідно з якою виконується умова формули (2.5):

$$T_H \leq \frac{1}{4} \cdot T_{\text{обр}}, \quad (2.5)$$
$$T_H \leq \frac{1}{4} \cdot 0,054 = 0,014 \text{ мм.}$$

Умова не виконується.

Тому посилюємо допуск до найближчого жорсткішого квалитета (6 кв.) – 0,013 мм.

Умова точності виконується, тому на розмір пальця призначаємо посадку g6 з допуском 0,013 мм.

Запишемо виконавчий розмір настановного пальця

$$D_{\Pi} = \emptyset 13,5 g 6_{-0,020}^{-0,007} \text{ мм.}$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Для визначення сили затиску складемо розрахункову схему (рис.2.3).

Запишемо умову рівноваги:

$$k \cdot \sum M_{\text{акт}} OZ = \sum M_{\text{пр}} OZ;.$$

$$\sum M_{\text{акт}} OZ = M_{\text{кр}};.$$

$$\sum M_{\text{пр}} OZ = M_{\text{тр}}./$$

За цією умовою:

$$\sum M_{\text{кр}} = T_1 \cdot h_1 + T_2 \cdot h_2$$

де $T_1 = N \cdot f$, $T_2 = N \cdot f$.

$$N = \frac{W}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Звідси,

$$M_{\text{кр}} = \frac{W}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot f \cdot h_1 + \frac{W}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot f \cdot h_2 = \frac{W}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot f \cdot (h_1 + h_2).$$

Тоді, дійсна сила затиску W визначатиметься за формулою (2.4):

$$W = k \cdot \frac{M_{\text{кр}} \cdot 2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{f \cdot (h_1 + h_2)} \cdot 1000, \quad (2.4)$$

де $f = 0,15$ – коефіцієнт тертя спокою [9, с. 105, табл. 6.2];

k – коефіцієнт запасу, визначається за формулою (2.5):

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.5)$$

де $k_0 = 1,8$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки;

$k_2 = 1,2$ коефіцієнт, залежний від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного износу різального інструменту;

$k_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови переривчастого виду обробки;

$k_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій з точки зору постійної сили затиску;

$k_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій з точки зору зручності закріплення деталі;

$k_6 = 1,0$ – коефіцієнт, залежний від виду опорної поверхні пристосування.

Усі коефіцієнти вибираємо по [9, с. 100-102].

$$k = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16;$$

$$W = 2,16 \cdot \frac{7,68 \cdot 2 \cdot 0,7}{0,15 \cdot (75,25 + 11,56)} \cdot 1000 = 1783,5 \text{ Н.}$$

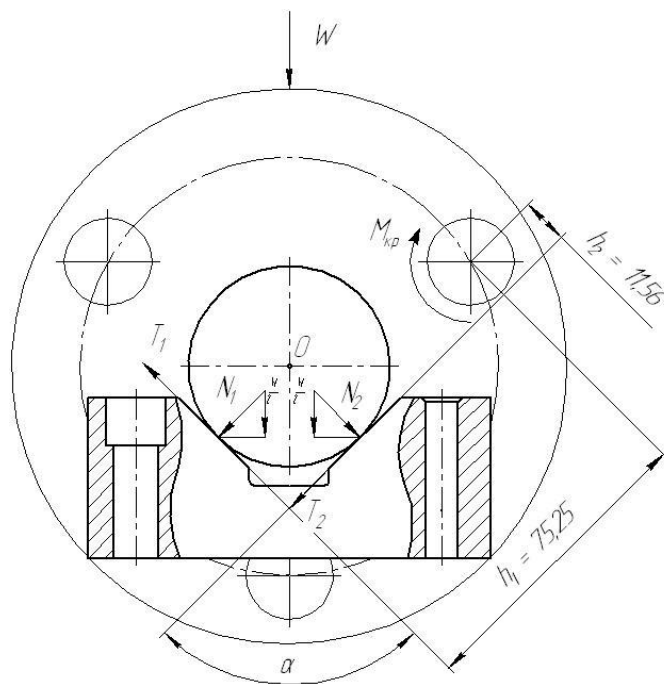


Рисунок 2.3 – Схема закріплення деталі при свердленні трьох отворів

2.1.4 Розрахунок затискного пристрою. Вибір приводу затискного пристрою

Сила на штоці пневмоцилиндра дорівнює дійсній силі закріплення

$$Q = W_d = 1783,5 \text{ Н.}$$

Вибір затискного пристрою.

Вибираємо пневмоциліндр діаметром 100 мм за ГОСТ 15608-81.
Перевіряємо правильний вибір діаметру.

$Q = 1783,5$ Н – сила на штоці;

$p = 0,4$ МПа – робочий тиск;

$\eta = 0,8$ – КПД, враховує втрати на тертя;

$d = 25$ мм – діаметр штока.

Розраховуємо внутрішній діаметр різьблення на штоці за формулою (2.6):

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (2.6)$$

де $\alpha = 2,25$ – коефіцієнт затягування;

$[\sigma_p] = 90$ МПа – допустиме напруження при розтягуванні [9, с. 127, табл. 7.2].

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 1783,5}{3,14 \cdot 90}} = 7,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр різі $d_2 = M16$ мм і діаметр штока $d = 25$ мм по ГОСТ 15608-81.

Діаметр пневмоциліндра розраховуємо за формулою (2.7):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_2^2}, \quad (2.7)$$
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1783,5}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8} + 25^2} = 87,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 100$ мм за ГОСТ 15608-81.

Розраховуємо діаметр болтів для кріплення кришки за формулою (2.8):

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{Z \cdot \pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (2.8)$$

де $Z = 4$ – кількість болтів.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 1783,5}{4 \cdot 3,14 \cdot 90}} = 3,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр болта $d_1 = M10$ мм.

Визначаємо довжину ходу поршня за формулою (2.9):

$$H = S_1 + S_2 + \delta + \Delta, \quad (2.9)$$

де $S_1 = 56$ мм – конструктивний проміжок, визначається за кресленням;

$S_2 = 5$ мм – гарантований проміжок;

$\delta = 0,51$ мм – проміжок на допуск;

Δ – проміжок для компенсації пружних деформацій, розраховується за формулою (2.10):

$$\Delta = \frac{Q}{j}, \quad (2.10)$$

де $j = 2$ кН/мм – жорсткість системи.

$$\Delta = \frac{1783,5}{2000} = 0,89 \text{ мм};$$

$$H = 56 + 5 + 0,51 + 0,89 = 62,4 \text{ мм}.$$

Приймаємо довжину ходу поршня $H = 65$ мм за ГОСТ 15608-81.

Вибраний пневмоциліндр має такі характеристики за ГОСТ 15608-81.

Діаметр пневмоциліндра $D = 100$ мм.

Діаметр штока $d = 25$ мм

Діаметр різі на штоці $M16 \times 1,5$ мм

Діаметр болта $M10$ мм

Довжина ходу поршня $H = 65$ мм

Позначення - Пневмоциліндр 1111-100 0065 ГОСТ 15608-81.

2.1.5 Перевірчий розрахунок на міцність деталей пристосування

Проведемо перевірчий розрахунок різі штока на розтягування. Вибраний діаметр болта (шпильки) і матеріал відповідатимуть вимогам міцності, якщо виконується умова за формулою (2.11).

$$k \cdot \sigma_p = k \cdot \frac{4 \cdot P_p}{\pi \cdot d_2^2} \leq [\sigma_p], \quad (2.11)$$

де $k = 2$ – коефіцієнт запасу;

$P_p = Q = 1783,5$ Н – зусилля розтягування;

$d_2 = 14,4$ мм – внутрішній діаметр різі.

$[\sigma_p] = 90$ МПа – допустима напруга при розтягуванні [9, с. 127, табл. 7.2].

$$2 \cdot \frac{4 \cdot 1783,5}{3,14 \cdot 14,4^2} = 22 \text{ МПа} < 90 \text{ МПа}.$$

Як показує розрахунок, різьбове з'єднання може витримати більше навантаження, ніж задана.

Враховуючи отримані дані, проектуємо робоче пристосування (див. креслення), специфікація до нього приведена в додатку В.

2.2 Проектування пристосування для контролю непаралельності отворів

2.2.1 Опис принципу роботи контрольного пристосування

Контрольно-вимірювальне пристосування (КВП) призначене для перевірки непаралельності осі отворів $\varnothing 15,5$ і $\varnothing 14,5$ відносно вісі деталі.

.

Методика виконання контролю:

1. Деталь встановлюється в призму 1 і 2.
2. За допомогою гвинтів 20 і 21 деталь виставляється так, щоб її вісь була паралельна площині плити 3. При цьому враховується діаметр базових поверхонь.
3. Висувається упор 13, щоб деталь притиснулася до торця призми 1.
4. В один отвір вставляються оправляння 4 з втулками 5.
5. Підводиться стойка з годинником. Під точний діаметр ($\varnothing 13,5_{-0,005}$) підводиться опора 6.
6. Годинник підводиться до двох рисок.
7. Контролюється співвісність на двох парних отворах.
8. Відводяться годинники і упор 13.
9. Деталь обертається на 120° .
10. Повторюється п. 3. Під точний діаметр ($\varnothing 13,5_{-0,005}$) підводиться опора 7.
11. Годинник підводиться до двох рисок.
12. Контролюється непаралельність у взаємноперпендикулярній площині на кожному з трьох оправлень.

2.2.2 Розрахунок сумарної погрішності виміру КВП

При розрахунку контрольного пристосування на точність визначають його сумарну погрішність, що складається з систематичних і випадкових погрішностей за формулою (2.18):

$$\varepsilon_{\text{изм}} = \varepsilon_{\text{иу}} + \varepsilon_{\text{ип}} + \varepsilon_{\text{им}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{ис}}^2 + \varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2}, \quad (2.18)$$

де $\varepsilon_{\text{иу}} = 0,003$ мм – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення настановних елементів і неточністю їх розташування на корпусі КВП при його складанні;

$\varepsilon_{\text{ип}} = 0$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення передатних елементів;

$\varepsilon_{\text{им}} = 0$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення настановних заходів і еталонних деталей, використовуваних для налаштування засобів для вимірів;

$\varepsilon_{\text{нб}} = 0$ – похибка, викликана невідповідністю вимірювальної бази і технологічної (пристосування для міжопераційного контролю) або конструкторської (пристосування для остаточного контролю);

$\varepsilon_{\text{з}} = 0$ – похибка, що виникає в результаті закріплення контролюючої деталі внаслідок її деформації;

$\varepsilon_{\text{ис}} = 0$ – похибка, залежна від вимірювальної сили, виникає в результаті зміщення вимірювальної бази деталі від заданого положення в процесі виміру;

$\varepsilon_{\text{зп}} = 0$ – похибка, що виникає унаслідок проміжків між вісями важелів передатних пристроїв при їх наявності;

$\varepsilon_{\text{си}} = 0,001$ мм – похибка використовуваного засобу виміру;

$\varepsilon_{\text{др}}$ – інші похибки викликані дією випадкових чинників, визначається за формулою (2.12):

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{др}} &= (0,03 - 0,05) \cdot T_{\text{к}}, \\ \varepsilon_{\text{др}} &= (0,03 - 0,05) \cdot 0,03 = 0,0009 - 0,0015 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (2.12)$$

Приймаємо $\varepsilon_{\text{др}} = 0,0015$ мм.

$$\varepsilon_{\text{вим}} = 0,003 + \sqrt{0,001^2 + 0,0015^2} = 0,0048 \text{ мм}.$$

Для визнання КВП придатним для цього виміру, необхідно, щоб виконувалася умова $\varepsilon_{\text{вим}} \leq [\varepsilon_{\text{вим}}]$.

$$[\varepsilon_{\text{вим}}] = (0,1 \dots 0,3) \cdot T_{\text{вим}} = 0,3 \cdot 0,02 = 0,006 \text{ мм.}$$

Умова дотримується, пристосування забезпечує задану точність.

Враховуючи отримані дані, проектуємо контрольне пристосування.

3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЯНКИ. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

3.1 Розрахунок необхідної кількості обладнання та його завантаження

Вихідні данні представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Операції виготовлення деталі «корпус сателіта»

№ операції	Наіменування операції	Модель верстата	T _{ш-к} , хв
015	Слюсарна	Верстак	37,39
020	Токарна	16K25	21,06
025	Токарна	16K25	13,79
030	Токарна	16K25	10,79
040	Токарна з ЧПУ	АТПр-2М12СН	27,67
045	Притиральна	16K25	7,47
050	Слюсарна	Верстак	20,39
065	Свердлильна з ЧПУ	2Р135Ф2	12,8
070	Свердлильна з ЧПУ	2Р135Ф2	12,8
075	Шліфувальна	3А161	25,78
080	Фрезерна	6Н82Г	9,02
085	Фрезерна с ЧПУ	6Р11Ф3	24,69
090	Шліцедовбальна	6Р11Ф3	9,02
095	Шлифувальная	3А161	3,9
100	Розточна	Одеса 710	24,69
105	Слюсарна	Верстак	9,6
110	Свердлильна	Хилле К-3	10,3
115	Слюсарна	Верстак	9,5
120	Токарна	16K25	23,13
125	Шліфувальная	3А161	9,61
130	Притирочная	Хилле К-4	20,5
135	Токарна	16K25	8,13
155	Слюсарна	Верстак	37,39
160	Контрольна	Контрольний стіл	-

Розраховуємо річну верстатомісткість по кожній операції за формулою (3.1).

$$T_{ш-кi} = t_{ш-кi} \cdot N, \quad (3.1)$$

$$T_{ш-к020} = 21,06 \cdot 4000 = 84240 \text{ хв};$$

$$T_{ш-к025} = 13,79 \cdot 4000 = 55160 \text{ хв}.$$

Аналогічно розраховуємо для всіх операцій і заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку

№ оп.	Наіменовання операції	Модель верстата	Річна верстатомісткість , хв	Т _{ш-к} , хв	Кількість верстатів		К _{з,о}
					S _р	S _{пр}	
015	Слюсарна	Верстак	84240	21,06	0,35	1	0,35
020	Токарна	16K25	55160	13,79	0,23	1	0,23
025	Токарна	16K25	114320	28,58	0,48	1	0,48
030	Токарна	16K25	110680	27,67	0,46	1	0,46
040	Токарна з ЧПУ	АТПр-2М12СН	29880	7,47	0,12	1	0,12
045	Притиральна	16K25	103120	25,78	0,43	1	0,43
050	Слюсарна	Верстак	51200	12,8	0,21	1	0,21
065	Свердлильна з ЧПУ	2Р135Ф2	51200	12,8	0,21	1	0,21
070	Свердлильная з ЧПУ	2Р135Ф2	43160	10,79	0,18	1	0,18
075	Шлифовальна	3А161	17080	4,27	0,07	1	0,07
080	Фрезерна	6Н82Г	36080	9,02	0,15	1	0,15
085	Фрезерна с ЧПУ	6Р11Ф3	15600	3,9	0,07	1	0,07
090	Шліцевдвбальна	6Р11Ф3	98760	24,69	0,41	1	0,41
095	Шлифовальна	3А161	38400	9,6	0,16	1	0,16
100	Розточна	Одеса 710	36400	9,1	0,15	1	0,15
105	Слюсарна	Верстак	92520	23,13	0,38	1	0,38
110	Сверлильна	Хилле К-3	38440	9,61	0,16	1	0,16
115	Слюсарна	Верстак	64000	16	0,27	1	0,27
120	Токарна	16K25	32520	8,13	0,14	1	0,14
125	Шліфовальна	3А161	27120	6,78	0,11	1	0,11
130	Притирочная	Хилле К-4	82000	20,5	0,34	1	0,34
135	Токарна	16K25	149560	37,39	0,62	1	0,62

Продовження табл. 3.2

№ оп.	Наіменовання операції	Модель верстата	Річна верстатоміс- ткість, хв	Т _{ш-к} , хв	Кількість верстатів		К _{з.о}
					S _p	S _{пр}	
160	Контрольна	КС	-	-	-	-	-
Всього				342,86	5,7	22	5,7

Розраховуємо кількість верстатів для кожної операції за формулою (3.2):

$$S_{pi} = \frac{T_{ш-к} \cdot N}{F_d \cdot m \cdot 60}, \quad (3.2)$$

де $F_d = 4015$ годин – річний фонд роботи технологічного устаткування в одну зміну;

$m = 1$ – кількість робочих змін;

$N = 4000$ шт. – річна програма випуску.

$$S_{p020} = \frac{21,06 \cdot 4000}{4015 \cdot 1 \cdot 60} = 0,35 \Rightarrow S_{пр020} = 1;$$

$$S_{p025} = \frac{13,79 \cdot 4000}{4015 \cdot 1 \cdot 60} = 0,23 \Rightarrow S_{пр025} = 1;$$

$$S_{p035} = \frac{28,58 \cdot 4000}{4015 \cdot 1 \cdot 60} = 0,48 \Rightarrow S_{пр035} = 1.$$

Аналогічно розраховуємо для усіх операцій і заносимо в таблицю 3.2.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження верстата за формулою (3.3):

$$K_{з.oi} = \frac{S_{pi}}{S_{прi}}, \quad (3.3)$$

$$K_{з.о020} = \frac{0,35}{1} = 0,35;$$

$$K_{з.о025} = \frac{0,23}{1} = 0,23;$$

$$K_{з.о035} = \frac{0,48}{1} = 0,48.$$

Аналогічно розраховуємо для усіх операцій і заносимо в таблицю 3.2.

Середній коефіцієнт завантаження розраховуємо за формулою (3.4):

$$\bar{K}_{з.о} = \frac{\sum S_p}{\sum S_{пр}}, \quad (3.4)$$

$$\bar{K}_{з.о} = \frac{5,7}{22} = 0,26.$$

Оскільки коефіцієнт завантаження отриманий досить низьким, тобто можливість до завантаження устаткування подібними деталями. Наприклад, корпус сателітів для АИ- 222-25, корпус приводу.

Довантажуємо наявне устаткування подібними деталями і складаємо таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Номенклатура деталей

Найменування деталей на дільниці	$T_{ш-к}$ на дет, хв
Корпус сателітів Д-18Т	342,86
Корпус сателітів Д-36	310,08
Корпус сателітів АИ-222-25	298,97
Корпус приводу	285,48
Всього	1237,39

Таблиця 3.4 – Таблиця розрахунків кількості устаткування і коефіцієнта завантаженості для усіх деталей дільниці.

№ оп.	Найменування операції	Модель станка	Річна верстатомісткість, хв	$T_{ш-к}$, хв	Кількість верстатів		$K_{3,0}$
					S_p	$S_{пр}$	
015	Слюсарна	Верстак	177440	44,36	0,74	1	0,74
020	Токарна	16K25	175160	43,79	0,73	1	0,73
025	Токарна	16K25	356320	89,08	1,48	2	0,74
030	Токарна	16K25	342080	85,52	1,42	2	0,71
040	Токарна з ЧПУ	АТПр2М12СН	185480	46,37	0,77	1	0,77
045	Притиральна	16K25	184720	46,18	0,77	1	0,77
050	Слюсарна	Верстак	197520	49,38	0,82	1	0,82
065	Свердлильна ЧПУ	2Р135Ф2	188000	47,00	0,78	1	0,78
070	Свердлильна ЧПУ	2Р135Ф2	180360	45,09	0,75	1	0,75
075	Шліфувальна	3А161	167080	41,77	0,70	1	0,70

Продовження табл. 3.4

№ оп.	Наіменування операції	Модель станка	Річна верстатомісткість , хв	T _{ш-к} , хв	Кількість верстатів		K _{з.о}
					S _p	S _{пр}	
080	Фрезерна	6Н82Г	183280	45,82	0,76	1	0,76
085	Фрезерна с ЧПУ	6Р11Ф3	173200	43,30	0,72	1	0,72
090	Шліцевдвбальна	6Р11Ф3	391560	97,89	1,62	2	0,81
095	Шлифувальна	3А161	178400	44,6	0,74	1	0,74
100	Розточна	Одеса 710	189200	47,30	0,79	1	0,79
105	Слюсарна	Верстак	199920	49,98	0,83	1	0,83
110	Свердлильна	Хилле К-3	178240	44,56	0,74	1	0,74
115	Слюсарна	Верстак	374400	93,6	1,56	2	0,78
120	Токарна	16К25	160920	40,23	0,67	1	0,67
125	Шліфувальна	3А161	189920	47,48	0,79	1	0,79
130	Притирочна	Хилле К-4	195200	48,8	0,81	1	0,81
135	Токарна	16К25	205560	51,39	0,85	1	0,85
155	Слюсарна	Верстак	-	-	-	-	-
Всього				1193,49	19,84	26	19,84

Середній коефіцієнт завантаження лінії, що довантажуються, визначається за формулою (3.4):

$$\bar{K}_{3.0} = \frac{20,57}{27} = 0,76.$$

Підраховуємо кількість деталей-операцій, що виконують на технологічній лінії обробки корпусу сателіта:

$$O = 27 \cdot 4 - 4 = 104 \text{ деталей-операцій.}$$

Число робочих місць розраховуємо за формулою (3.5):

$$M = \sum S_{пр i}, \quad (3.5)$$

$$M = 2 \cdot 4 + 1 \cdot 19 = 27.$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій за формулою (3.6):

$$K_{3.0п} = \frac{O}{M}, \quad (3.6)$$

$$K_{3.0П} = \frac{104}{27} = 3,85.$$

Так як, $1 < K_{3.0П} = 3,85 < 10$, то остаточний тип виробництва приймаємо багатосерійний, а форму організації виробництва на лінії - змінно-потоккову.

3.2 Визначення чисельності основних робітників

Чисельність основних робітників – які працюють на верстатах, визначають за трудомісткістю механічних робіт.

У багатосерійному виробництві чисельність робітників, які працюють на верстатах визначають шляхом аналізу структури штучного часу і побудови циклограмми багатOVERSTATного обслуговування.

БагатOVERSTATне обслуговування може бути застосоване у тому випадку, якщо основний час на операцію більше ніж сума допоміжного часу на інших операціях, і часу використаного на переходи оператора від верстата до верстата, тобто розраховується за формулою (3.7):

$$T_{o\ max} \geq \sum T_{\text{допоміжне}} + \sum T_{\text{пер}}. \quad (3.7)$$

Кількість верстатів, яку може обслужити один оператор, розраховуємо за формулою (3.8):

$$m_s = \frac{T_{\text{оп}}}{T_{\text{в}} + T_{\text{пер}}}, \quad (3.8)$$

де $T_{\text{оп}}$ – максимальний операційний час на верстатах, намічений до об'єднання в зону обслуговування;

$T_{\text{в}}$ – час обслуговування робочим оператором верстата;

$T_{\text{пер}}$ – час на перехід від верстата до верстата.

Визначимо зони багатOVERSTATного обслуговування.

I зона – операції 035 і 040, устаткування - токарні верстати з ЧПУ. Максимальний оперативний час на верстатах складе 26,68 хвилин, при цьому допоміжний час дорівнює 4,18 хвилини. Розрахуємо кількість верстатів, яку може обслужити один оператор за формулою (3.8):

$$m_{SI} = \frac{26,68}{4,18+0,2} = 6,09 \text{ верстатів.}$$

Тобто, один оператор може обслужити 6 верстатів і у нього ще буде вільний час.

Кількість робітників для цієї групи визначаємо за формулою (3.9):

$$R = \frac{S_{\text{пр}}}{m_S}, \quad (3.9)$$

$$R = \frac{2}{6} = 0,33.$$

Таким чином, для обслуговування зони І потрібний 1 оператор.

Верстатомісткість І зони обслуговування визначається, як сума верстатомісткістю операцій, що виконуються в данній зоні :

$$T_{\text{ш-к I}} = T_{\text{ш-к 035}} + T_{\text{ш-к 040}} = 28,58 + 27,67 = 56,25 \text{ хв.}$$

Змінну норму вироблення розраховуємо за формулою (3.10):

$$q_m = \frac{f_m}{T_{\text{ш-к 035}}}, \quad (3.10)$$

де $f_{\text{см}} = 492 \text{ хв}$ – тривалість робочої зміни.

$$q_{mI} = \frac{492}{28,58} = 17 \text{ дет/см.}$$

Трудомісткість зони І визначаємо за формулою (3.11):

$$T = \frac{f_m \cdot R}{q_{mI}}, \quad (3.11)$$

$$T_I = \frac{492 \cdot 1}{17} = 28,94 \text{ хв.}$$

Визначуваний коефіцієнт багатоверстатного обслуговування за формулою (3.12):

$$K_{\text{мо}} = \frac{T_{\text{ш-к I}}}{T_I}, \quad (3.12)$$

$$K_{\text{мо}} = \frac{56,25}{28,94} = 1,94.$$

Отримані дані заносимо в таблиці. 3.4.

II зона - операції 070 і 075, устаткування - вертикально-свердлильні верстати з ЧПУ. Максимальний оперативний час на верстатах складає 12,04 хвилини, при цьому допоміжний час дорівнює 2,52 хвилини. Розрахуємо кількість верстатів, яке може обслужити один оператор за формулою (3.8):

$$m_{\text{сII}} = \frac{12,04}{2,52+0,2} = 4,43 \text{ верстата.}$$

Тобто, один оператор може обслужити 4 верстати і у нього буде вільний час. Кількість робітників для цієї групи визначаємо за формулою (3.9):

$$R = \frac{2}{4} = 0,5.$$

Таким чином, для обслуговування зони II потрібен 1 оператор. Верстатомісткість II зони обслуговування, визначається як сума верстатомісткостей операцій, що виконуються в данній зоні :

$$T_{\text{ш-к II}} = T_{\text{ш-к 070}} + T_{\text{ш-к 075}} = 12,8 + 12,8 = 25,6 \text{ хв.}$$

Змінна норма вироблення розраховується за формулою (3.10):

$$q_{\text{mII}} = \frac{492}{12,8} = 38 \text{ дет/см.}$$

Трудомісткість зони II визначаємо за формулою (3.11):

$$T_{\text{II}} = \frac{492 \cdot 1}{38} = 12,95 \text{ мин.}$$

Визначуваний коефіцієнт багатоверстатного обслуговування за формулою (3.12):

$$K_{\text{мо}} = \frac{25,6}{12,95} = 1,98.$$

Таблиця 3.5 – Зони обслуговування

Операція	Кіл-ть верстатів		Коэф. звантаження, $K_{зо}$	Норма обслуговування, m_s	№ зони обслуговування	Число операторів у зоні, R	Верстатоміскість зони, $T_{ш-к}$, хв	Працевістність зони, T, хв	Коэф. багатове рст. обслуговування, $K_{мо}$
	S_p	$S_{пр}$							
035	0,48	1	0,48	6,09	I	1	56,25	28,94	1,94
040	0,46	1	0,46						
070	0,21	1	0,21	4,43	II	1	25,6	12,95	1,98
075	0,21	1	0,21						

3.3 Планування технологічного устаткування і робочих місць на ділянці механічної обробки. Визначення площі виробничої ділянки

У машинобудуванні довжину ділянок рекомендується приймати в межах 48 м або 60 м або 72 м. Оптимальна довжина ділянки 60 м. Майданчики заготовок та виконаних деталей, магістральні проїзди і проходи, входять в довжину виробничої ділянки.

Орієнтовно визначаємо довжину поточної лінії. Якщо верстати розташовані в одну лінію, враховуючи ширину проїздів (~ 4500 мм), відстань між верстатами (~ 1000 мм) і довжину (чи ширину) верстатів, то отримаємо:

$$a = 12000 \cdot 5 + 4500 = 64500 \text{ мм} = 64,5 \text{ м};$$

$$b = 1000 \cdot 2 + 2400 \cdot 2 + 800 \cdot 2 + 2500 = 10900 \text{ мм} = 10,9 \text{ м}.$$

Вибираємо сітку колон проекрованої ділянки. Рекомендовані – 12×12 , 12×18 , 12×24 , 24×36 метрів. Вибираємо сітку 12×24 .

Зі зменшенням кількості колон, тобто зі збільшенням відстані між ними, вартість будівництва споруди зменшується.

На кресленні в масштабі 1: 100 наносимо сітку колон, нумеруємо ряди колон, показуємо відстань між колонами.

Верстати розташовуємо в послідовності виконання етапів технологічного процесу механічної обробки: чорнову, чистову, обробну.

На початку ділянки передбачено місце для складання заготовок. Відстань між верстатами виконана відповідно до нормативних даних 1000 мм

Для підвезення заготовок і відвезення деталей вибираємо проїзди, шириною 4,5 м і прохід між рядами верстатів - 2,5 м.

На ділянці стоять верстати середніх розмірів - 4×2 м.

Ділянка розділена на дві лінії. Устаткування розташоване з обох боків проходу. З причини низького коефіцієнта завантажуваності устаткування, довантажуюмо верстати до $K_{з.про} = 0,76$ іншими деталями.

Транспортування деталей між робочими місцями відбувається за допомогою візків.

Раціонально використовуємо виробничу площу. Основним показником, який характеризує використання виробничої площі, є величина питомої виробничої площі на один верстат. Для середніх верстатів (4×2 м) – $15-25 \text{ м}^2$.

Розраховуємо площу ділянки за формулою (3.13):

$$\begin{aligned} F &= a \cdot b, \\ F &= a \cdot b = 64,5 \cdot 10,9 = 703 \text{ м}^2. \end{aligned} \tag{3.13}$$

Розраховуємо питому площу за формулою (3.14):

$$\gamma = \frac{F}{S_{\Sigma}}, \tag{3.14}$$

де S_{Σ} - кількість верстатів на ділянці.

$$\gamma = \frac{703}{27} = 25 \text{ м}^2.$$

4. ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ДИСБАЛАНСУ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

Однією з особливостей сучасного двигунобудування є зростання числаобертів деталей, що обертаються. Віб्राції, які при цьому виникають, створюють додаткові навантаження на деталі, збільшують їх зношення, знижують термін служби виробу.

В процесі проектування двигунів, прагнуть зменшити шкідливі вібрації, вибираючи найбільш правильні рішення відносно конструкції, точності і технології виготовлення, прагнуть знизити нерівноважності (вагової симетрії і зменшення зміщень центрів мас деталей, що обертаються).

Виготовлення роторів, а також деталей двигуна, що обертаються, завжди виконується з погрішностями відносно геометричної вісі.

У загальному випадку, центри мас деталей не лежать на цій вісі, головна центральна вісь інерції не співпадає з віссю деталі. Виникають динамічні навантаження на опорах. Такий стан називають – дисбаланс.

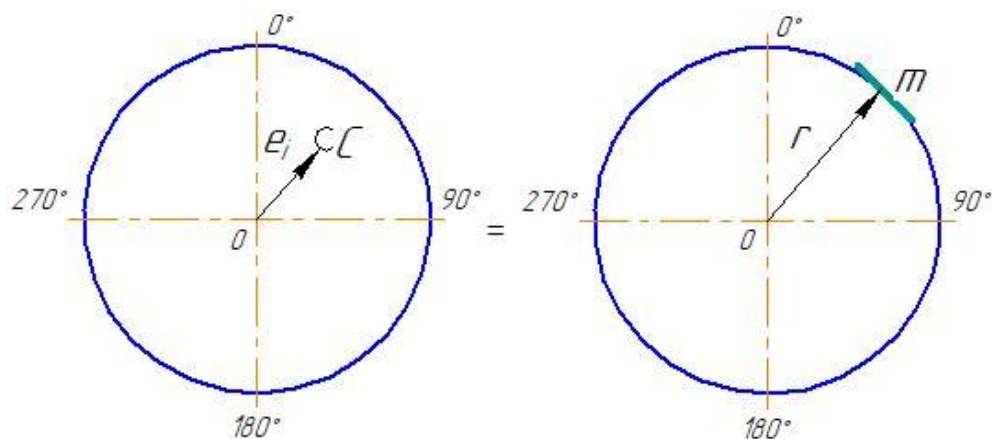


Рисунок 6.1 – Рух центру мас неуврівноваженої деталі

$$\vec{D} = m_i \cdot \vec{e}_i \text{ или } \vec{D} = m_i \cdot \vec{r}.$$

Дисбаланс вимірюється в грамо-міліметрах (г·мм).

Наприклад, зміщення центру маси на 0,05 мм відносно вісі обертання деталі вагою 1000 г призводить до дисбалансу, рівному $D = 0,05 \cdot 1000 = 50$ г·мм.

Дисбаланс є векторною величиною і визначається числовим значенням і кутом, що показує положення вектору дисбалансу в системі координат,

пов'язаний з деталлю. Кут дисбалансу позначають літерою ϕ . Для спостерігача відцентрована сила і дисбаланс обертаються. Для деталі вони нерухомі і є для неї статичним навантаженням.

Дисбаланс зображують як вектор в полярних координатах (див. рис. 6.2). Координатну систему можна представити як проекцію полярних координат на торці деталі. Центр знаходиться на вісі обертання (геометричній осі). Нульову точку кутової системи координат вибирають довільно. Довжина вектору пропорційна значенню дисбалансу, а кут - напрямку.

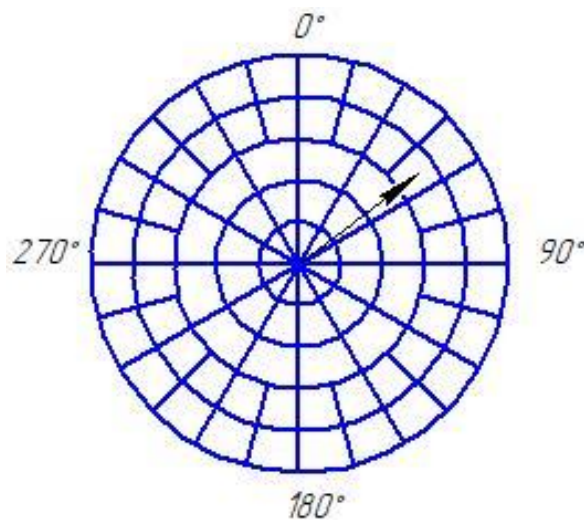


Рисунок 6.2 – Вектор дисбалансу в полярних координатах

Існують такі поняття як початковий дисбаланс - дисбаланс в розглянутій площині, перпендикулярний вісі деталі до коригування мас; залишковий дисбаланс - дисбаланс в даній площині, перпендикулярний вісі деталі після коригування мас; допустимий дисбаланс - найбільший залишковий дисбаланс в даній площині деталі, який вважається прийнятним.

Величину допустимого дисбалансу для кожної деталі (якщо це необхідно), що обертається, визначає конструктор виходячи з навантажень на опори і умов роботи деталі.

Під час операції механічної обробки деталей корпусу сателітів, необхідно дотримуватися жорстко встановлених значень граничного (радіального та торцевого) биття перед кожною операцією токарної обробки. Це забезпечує зменшення остаточного дисбалансу.

Вибір поверхонь для технологічних баз під час токарних і шліфувальних операцій, які в експлуатації є конструкторськими базами, також знижують рівень дисбалансу деталі в цілому.

Залишковий дисбаланс вимірюють і, при необхідності усувають на завершальному етапі технологічного процесу.

Для зменшення дисбалансу деталі роблять коригування мас. Наприклад, в площині дії дисбалансу під кутом 180° до дисбалансу встановлюють таку масу, що коригує, щоб добуток цієї маси на радіус його постановки дорівнював значенню дисбалансу.

Маса, що коригує, - маса, використовувана для зменшення дисбалансів деталі.

Коригування мас роблять в одній або в декількох паралельних площинах корекції видаленням, додаванням

4.1 Методи коригування мас деталі.

1. Додаванням матеріалу (рис. 6.3)

- приварювання маси, що коригує;
- приклепування маси, що коригує;
- установка пластини;
- механічне кріплення маси, що коригує.

2. Видаленням матеріалу (рис. 6.3):

- висвердлювання;
- фрезерування;
- шліфування;
- штампування;
- обробка різцем;
- лазерне видалення матеріалу.

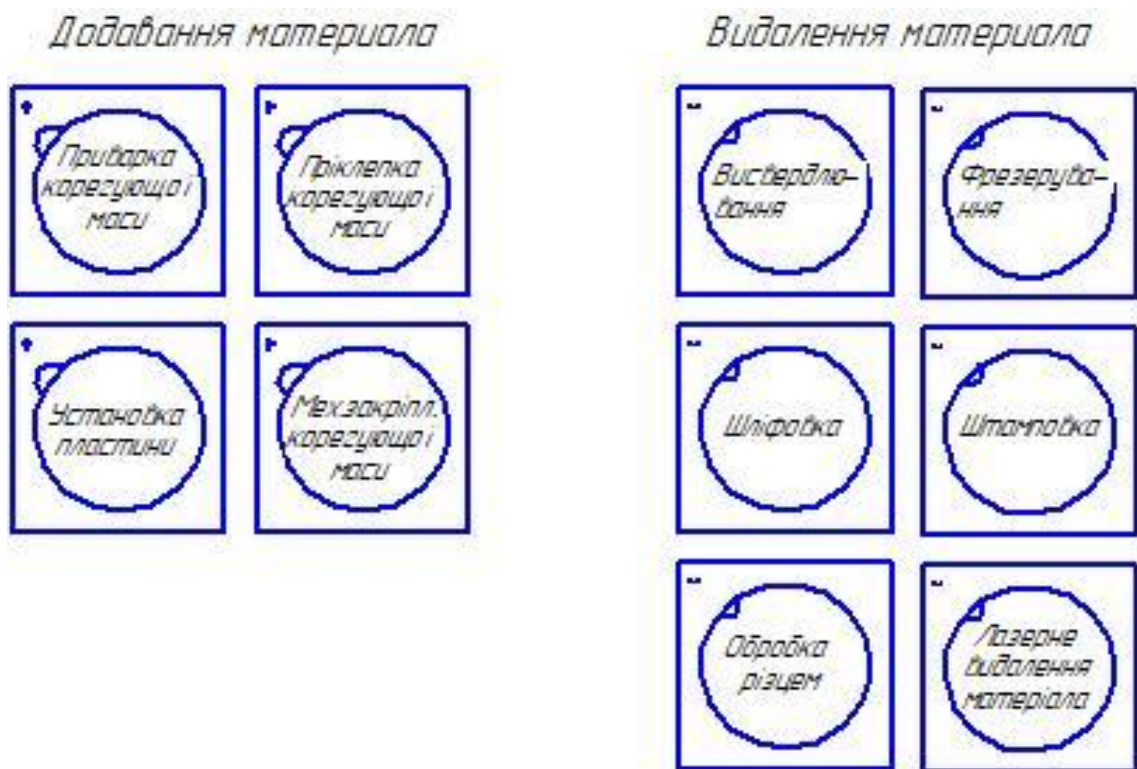


Рисунок 6.3 – Методи коригування мас деталі

Для зменшення неврівноваженості, а відповідно, і дисбалансу при виготовленні і ремонті роблять балансування тіл обертання.

Балансування - процес визначення значень і кутів дисбалансів деталі і зменшення їх коригуванням мас.

Найширше вживані методи балансування - статичний і динамічний.

Статичне балансування без обертання деталі - балансування, при якому визначається і зменшується головний вектор дисбалансів деталі, який характеризує його статичну неврівноваженість.

Динамічне балансування в одній або двох площинах корекції - балансування, при якому визначається і зменшується головний вектор дисбалансів деталі, що характеризує його динамічну неврівноваженість.

Також застосовується статичне балансування в динамічному режимі. Воно зменшує тільки головний вектор початкових дисбалансів деталі. Це балансування проводять на універсальних верстатах з горизонтальною віссю обертання або на спеціальних верстатах з вертикальною віссю обертання. Для визначення головного вектору дисбалансів при статичному балансуванні в динамічному режимі застосовують ті ж способи, що і при статико-моментному балансуванні. (Моментне балансування - балансування, при якому визначається

і зменшується головний момент дисбалансів деталі, що характеризує її моментну неурівноваженість).

4.2 Засоби балансування.

Балансування деталей і роторів авіадвигунів робиться на спеціальному устаткуванні - верстатах балансувань - верстатах, що визначають дисбаланс деталі для зменшення його коригуванням мас.

Верстати балансувань класифікують за наступними ознаками:

- за призначенням - для статичного і динамічного балансування;
- за режимом роботи - дорезонансні, зарезонансні і резонансні;
- за видом приводу обертання балансованої деталі - з приводним валом, приводним ременем, власним приводом виробу;
- за засобами коригування мас - забезпечені засобами коригування мас, вимірювальні;
- за рівнем автоматизації - з ручним управлінням, напівавтомати, автомати і автоматичні лінії;
- за порогом чутливості - нормальна і підвищена точність.

На верстаті для статичного балансування можна визначити головний вектор дисбалансів деталі : 1) за допомогою сили тяжіння на необертальній деталі; 2) на деталі (у динамічному режимі), що обертається. На верстатах першого типу вісь неурівноваженої деталі під дією сил тяжіння переміщається відносно нерухомої точки, вісі і т. п., або деталь обертається навколо своєї вісі. Верстати для статичного балансування в динамічному режимі аналогічні верстатам для динамічного балансування.

На верстатах для динамічного балансування неурівноважена деталь обертається з постійною частотою в спеціальних опорах. Залежно від режиму роботи, обертання відбувається навколо головної центральної вісі інерції деталі (зарезонансний верстат) або вісі деталі (дорезонансний верстат).

4.3 Процес балансування корпусу сателіта.

4.3.1 Устаткування і технологічне оснащення.

Для балансування деталі застосовується верстат балансування ДБ- 50. Верстат призначений для балансування деталей масою від 1 до 50 кг.

Верстат має дві опори, призначені для установки на них балансувального виробу, і дозволяє визначати дисбаланс в одній або двох площинах контролю.

Площина контролю - це площина перпендикулярна вісі обертання, в якій роблять вимір дисбалансу. Вимірювання дисбалансу відбувається за допомогою зняття показань з датчиків вібрації, змонтованих на опорах при обертанні деталі.

Вимірювальна система верстата дозволяє визначати дійсну величину і кут дисбалансу балансованого виробу в одній або двох площинах контролю.

Установка деталі на верстат балансування здійснюється з застосуванням технологічного оснащення. Оснащення є балансувальною оправкою, встановленою на опори верстата.

Деталь кріпиться на оправку за допомогою цангового затиску.

Оправка має відбалансування на клас точності вище балансованої деталі (залишковий дисбаланс оправки має бути в 2 рази нижче або точніше).

Для забезпечення необхідної точності балансування необхідно забезпечити достатню точність базування деталі.

Точність базування можна визначити розрахунковим шляхом, за початкові дані приймаючи масу балансованої деталі і точність балансування.

Маса досліджуваної деталі $m = 1890$ г.

Точність балансування – 20 г·мм.

Погрішність установки, при якій дисбаланс деталі перевищує допустиме значення, розраховуємо за формулою (6.1):

$$\Delta = \frac{T_b}{m} \quad (6.1)$$
$$\Delta = \frac{20}{1890} = 0,011 \text{ мм.}$$

де T_b – точність балансування, г·мм.

Технологічно приймаємо точність установки деталі на балансування оправки $0,010$ мм.

4.3.2 Технологічний процес балансування корпусу сателіта

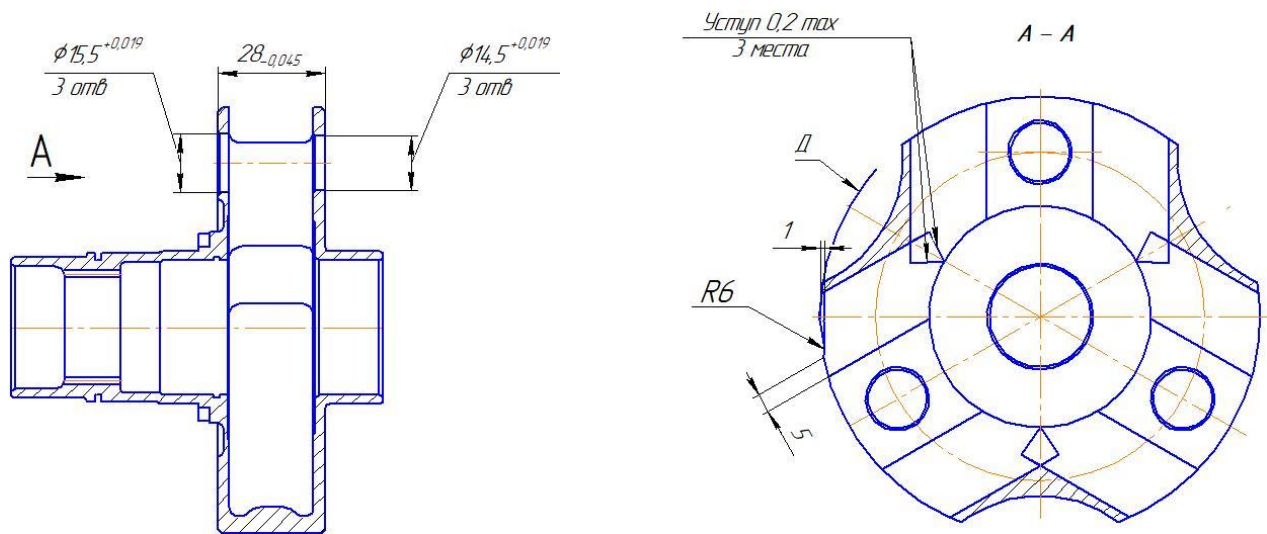


Рисунок 6.4 – Операційний ескіз до операції балансування

Послідовність переходів наступна:

- 1) Підготувати верстат згідно інструкції.
- 2) Встановити на верстат оправку балансування з цанговим затиском.
- 3) Перевірити радіальне биття цангового затиску. При невідповідності биття ТВ відпустити гайки кріплення затиску і виставити биття до величини не більше 0,010 мм. ТВ биття не повинне перевищувати 0,010 мм.
- 4) Перевірити залишковий дисбаланс оправки з цанговим затиском і при невідповідності ТВ повторити балансування.
ТВ залишковий дисбаланс оснащення не більше 10 г·мм.
- 5) Встановити корпус сателітів на верстат згідно з ескізом і закріпити.
- 6) Встановити оберти оправки балансування 1200 об/хв.
- 7) Балансувати вузол статично в динамічному режимі установкою пластилінових наліпок на поверхнях Д.
ТВ допустимий дисбаланс деталі не більше 20 г·мм.
- 8) У разі дисбалансу деталі більше 20 г·мм, відмітити фломастером на деталі розташування важкого місця і вказати величину дисбалансу.
- 9) Зняти деталь з верстата.
- 10) Виконати коригування мас зніманням металу з поверхні Д по усій довжині розміру b згідно з ескізом з подальшою поліровкою кромки.
- 11) Зніманням металу з поверхні Д на дузі в 1 см зменшую дисбаланс на 32,3 г·мм з одного ребра.

12) Перевірити дисбаланс деталі згідно п. 5-8.

У разі невідповідності дисбалансу допустимому повторити п. 10-11.

13) Перевірити якість балансування після знімання металу методом обходу подвоєним контрольним вантажем.

14) Перевірити виконання розмірів згідно з ескізом.

Стосовно корпусу сателіта технічними умовами креслення визначається, допустимий залишковий дисбаланс, який не повинен перевищувати 20 г·мм;

Бази балансувань та бази які формують вісь обертання деталі при балансуванні. Корекція мас для забезпечення дисбалансу робиться зніманням металу в обумовлених кресленням місцях.

4.4 Способи підвищення точності балансування деталі і зниження трудомісткості виконання операцій.

Домогтися підвищення точності балансування деталі можна підвищивши точність балансування оправки, а також підвищенням точності виставляння деталі на оправці, але цей спосіб підвищує трудомісткість підготовчих технологічних робіт, а також трудомісткість при виконанні корекції мас, зняттям металу і як наслідок, знижує продуктивність праці і збільшує вартість виконання операції. Крім того підвищення точності балансування оправки нерационально, з огляду на те, що пониження залишкового дисбалансу оправки виявляється нижче гранично досяжного залишкового дисбалансу балансуемого верстата за паспортом заводу виготівника.

Зниження трудомісткості виконання операцій також досягається тим, що виключаються технологічні переходи балансування оправки і призначення та забезпечення мінімального биття деталі.

Підвищити точність балансування, без збільшення трудомісткості, можливо видаленням балансіровочної оправки, і виключивши погрішність базування деталі.

Цього можна домогтися установкою деталі на роликові опори. При відсутності балансувальної оправки, також зменшується маса, що обертається, що підвищує точність балансування і зменшує кількість запусків, досягши залишкового дисбалансу із креслення.

Наприклад, маса деталі складає приблизно 2 кг, маса деталі у зборі з оправкою - 12 кг

Для верстата ДБ- 50 точність балансування прямо пропорційна масі, що обертається, при зменшенні маси точність балансування і стабільність

показників верстата підвищується, в нашому випадку в 6 разів. Що знижує трудомісткість виконання робіт і підвищує якість робіт.

4.5 Контроль залишкових дисбалансів.

Контроль залишкового дисбалансу здійснюється за інформацією пульта верстата. Балансування проводять до тих пір, поки значення головного вектору залишкових дисбалансів не стане менше за допустимий. Допустиме значення головного вектору дисбалансів вказують в технічних вимогах креслення деталі. На практиці застосовують наступні методи контролю дисбалансів :

- за свідченнями індикатора дисбалансу;
- із застосуванням контрольного вантажу;
- обхід подвоєним контрольним вантажем.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Основним утримуванням охорони праці на підприємстві є здійснення заходів технічного, санітарно-гігієнічного, правового і організаційного порядку, спрямованих на оздоровлення умов праці.

У дипломному проекті передбачається організація ділянки по виробництву корпусів сателітів авіадвигуна Д-18Т.

1.Механічні травми можуть виникати внаслідок організаційних причин:

- не коректного планування робочого місця;
- захаращення робочого місця заготовками внаслідок неправильно спланованого технологічного процесу;
- можливі опіки при контакті з деталями або обладнанням при температурі понад 60 ° С при роботі без засобів індивідуального захисту.
- Також робота без засобів індивідуального захисту може призвести до порушення цілісності шкіри: шорсткістю на поверхні заготовок, інструментів, загостреними поверхнями деталей і інструментів;
- Збій у ріжучій програмі може призвести до сколу ріжучого інструменту та травмування робочого осколком
- Відсутність захистного заземлення, може призвести до ураження електричним струмом робітника;

2.Опасності психофізіологічного характеру:

- емоційні навантаження пов'язані з стресовими ситуаціями;
- Тривале статичними навантаженнями у шліфувальників, фрезерувальників, призводить до швидкої втомлюваності, погіршення координації руху та збільшення кількості помилок;
- фізичне перевантаження при установці та закріпленні, великогабаритною та складною в установці деталі сателіта, на станок чи пристосування.

3.Санітарно-гігієнічні причини погіршення здоров'я:

- недостатня освітленість, викликана невідповідною кількістю ламп призводить до зорової втоми і погіршення зору;
- також зорову втому може викликати часта пульсація ламп ДРЛ;

- підвищений рівень шуму може привести до дратівливості, втоми та збільшення кількості помилок;
- локальні вібрації від металоріжучого станка можуть призвести до віброзахворювання;
- Емульсія СОТС 5% або розчин Аквол-1 можуть подразнити слизову оболонку верхніх дихальних шляхів.
- Підвищена вологість понад 60%, може призвести до загальних простудних захворювань, особливо у зимовий період.
- Велика кількість струмопровідного пилу, що осідає на дротах, проникає всередину машин, апаратів і т. д., може затруднювати дихання робітнику, особливо у робітників з астмою.
- При тривалому перевищенні температури повітря +30° С, можлива швидка втомлюваність (особливо в літку), а у деяких осіб підвищення тиску та запаморочення;

4.Небезпеки пов'язані з порушенням правил пожежної безпеки, що призводять до пожеж:

- витік горючих робочих газів;
- несправність електрообладнання;
- коротке замикання.

5.Неправильна поведінка персоналу в надзвичайних ситуаціях при ліквідації наслідків аварій, катастроф може призвести до травматизму працюючих.

5.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

Для попередження травматизму та професійних захворювань працівників в умовах виробництва механічної обробки приймаються заходи, що відповідають вимогам: ГОСТ 12.3.002-75 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Для забезпечення безпечної роботи на металорізальних верстатах, робочі забезпечуються наступними засобами індивідуального захисту: рукавички, окуляри або захисна маска, спецодяг.

При розробці планування ділянки передбачена організація проходів, що забезпечує вільний доступ до всіх робочих місць, які в свою чергу є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації.

На робочому місці передбачена площа, де розташовуються, тара, столи та інші пристрої для розміщення заготовок, пристосувань, готових виробів матеріалів, напівфабрикатів, відходів виробництва, згідно ДБН В2.2-9-99 «Здания и сооружения. Общие требования к зданиям и сооружениям. Основные положения»

Виробниче обладнання та робочі місця спроектовані з урахуванням фізіологічних і психологічних можливостей людини. (ДСТУ 7234:2011 «Дизайн и эргономика. Оборудование производственное. Общие требования дизайна и эргономики») Всі види технологічного устаткування зручні для огляду, змащування, налагодження, прибирання, установки і управління.

Згідно ПУЕ усе стаціонарне устаткування ділянки заземлено щоб уникнути накопичення на ньому зарядів статичної електрики, розряд який може дати іскру і створити небезпеку для робітника, і можливість пожежі і вибух.

Прийомні столи всіх робочих місць обладнані катками, що значно полегшують переміщення важких вантажів при міжопераційній транспортуванні. Висота штабелів заготовок на робочому місці обрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м.

Обране планування обладнання забезпечує підключення шлангів і проводки для підведення рідин і електроенергії ззаду і збоку. Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовують спеціально виготовлену тару. При установці заготовок і зніманні деталей застосовують засоби механізації та автоматизації (НПАОП 63.1-7.26-86 ОСТ 23.33-86. «Обеспечение безопасности эксплуатации внутризаводского автодорожного транспорта»)

Навантаження і розвантаження вантажів здійснюють відповідно до ГОСТ 12.3.020-80 " Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности ". Для видалення стружки використовують спеціальні пристосування.

Стружка та пил різних матеріалів зберігаються в закритій металевій тарі. На верстатах встановлені легкорухливі захисні екрани з оглядовими вікнами з загартованого скла, надійно захищають робітників від стружки і осколків, випадково зламаного інструменту, бризок МОР.

При установці верстатних пристосувань і різального інструменту, а також при знятті деталі після обробки використовуються індивідуальний захист для запобігання травмування робітника від опіків і порізів. (брзентові або бавовняні рукавиці).

На всіх верстатах є ділянки для блокування включеного силового обладнання при аварійному стані. Передбачені захисні запобіжні засоби для автоматичного відключення верстатів при виході будь-якого параметра устаткування за межі допустимих значень.

Обладнання, що використовується відповідає ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Категорія приміщення, згідно ПУЕ-2014 «Правила улаштування електроустановок» - з підвищеною небезпекою". (сире приміщення, відносна вологість в яких тривало перевищує 75%; не багато струмопровідного пилу, приміщення із струмопровідною підлогою та температура повітря тривало перевищує +30° С;

За вибухонебезпечності механічний ділянка відноситься до зони класу В-16, приміщення, в яких вибухонебезпечні суміші не утворюються при нормальних умовах експлуатації обладнання, але можуть утворитися при аваріях або несправності.

На ділянці застосовуються такі заходи для підвищенню вибухобезпеки: в гідросистемах із застосуванням горючих рідин (ГР) або ЛЗР встановлений контроль за рівнем масла в баку і не допускається перевищення тиску масла в системі вище передбаченого в паспорті; для мийки і знежирення обладнання застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також вибухобезпечні установок. Для виключення можливості утворення вибухонебезпечних концентрацій газо-, паро- та пилоповітряних сумішей повітря з вмістом вибухонебезпечних відходів і пилу очищають до надходження його в вентилятор. Робоче місце і обладнання регулярно очищається від горючого пилу, промасленого ганчір'я і різних горючих відходів.

Для безпеки від ураження електричним струмом, все електричне обладнання та інструменти заземлені. Все обладнання перевіряється раз в 6 міс. При цьому проводиться зовнішній огляд, перевіряють роботу на холостому ході не менше 5 хв., Вимірюють опір ізоляції, перевіряють справність кола заземлення. Електробезпека забезпечена відповідно до вимог ГОСТ 12.1.019-79 «Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту ». Передбачене огороження струмопровідних частин обладнання, опір захисного заземлення $R = 4 \text{ Ом}$.

При використань електроінструменту застосовують засоби індивідуального захисту від ураження струмом (спеціальні гумові рукавички і спеціальні гумові килимки). Машину слід відключити від мережі при зміні

робочого інструменту, установці насадок і регулюванні; при перерві в роботі; після закінчення роботи або зміни.

5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Відповідно до СП 245-71 "Санітарні норми проектування промислових підприємств" в таблиці 5.1 вказана санітарна класифікація і розмір санітарно-захисної зони.

Таблиця 5.1 - Санітарна класифікація і розмір санітарної зони

Клас	Виробництво	Санітарна зона, м
V	Підприємства металообробної промисловості з термічною обробкою без ливарних цехів.	50

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху (ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" та ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату”) вказані в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Метеорологічні умови на ділянці

Сезон року	Категорія робіт	Температура повітря, °	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
холодний період	середній тяжкості	18-20	60-40	0,2
теплий період		21-23	60-40	0,2

Для забезпечення заданих параметрів повітря і компенсації втрат в холодну пору року, на ділянці передбачено влаштування системи опалення відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці наведені в таблиці 5.4. Встановлено опалюють повітряні завіси при вході. Застосовується центральна система водяного опалення. У теплий період часу

застосовується природна і механічна вентиляція з подачею повітря на робочого 20 м³ / год.

Коливання температури повітря по горизонталі в робочій зоні, а також протягом зміни допускається до 5 ° С, при цьому абсолютні значення температури повітря, виміряної на різній висоті і в різних ділянках приміщень протягом зміни, не виходять за межі допустимих величин.

Таблиця 5.3 - Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату

Категорія робот	Температура повітря, ° С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура повітря на робочому місці, ° С
середньої складності	17-23	75	0,1-0,3	13-24

Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормального освітлення. Для загального освітлення застосовуються в якості джерела світла газорозрядні лампи, які з метою уникнення стробоскопічного ефекту підключені на різні фази електромережі. На робочому місці встановлено місцеве освітлення.

Таблиця 5.4 - Норми освітленості робочих місць згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»

Характеристика робіт	Розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорових робіт	Освітлення, лк	
			Комбінова- ванне	Загальне
середній точності	0,5- 1,1	4	400	200
малої точності	1-5	5	-	200
груба	більше 5	6	-	200

Для уловлювання пилу встановлена загальнообмінна система вентиляції приміщення. При роботі з отруйними та забрудненими речовинами використовується спецодяг: халат - для захисту від лугів і кислот; гумове взуття

і рукавички. Очі від можливих опіків та подразнень захищаються окулярами з герметичною оправою. Гранично допустима концентрація шкідливих речовин приведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно гігієнічні вимоги до повітря робочої зони

Найменування речовини	Фактична концентрація, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Керосин	120	300	4
Окис вуглецю	15	20	4
Железо окісь	4	6	4
Молібден, розчинне з'єднання у вигляді пилу	2	4	3
Окис хрома	1	1	2
Електрокорунд в суміші з легованими сталями	5	6	4
Пари масла	5	5	3

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях у ультразвукових установок відповідають ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Допустимі рівні ультразвуку в зонах контакту рук та інших частин тіла оператора з робочими органами приладів та установок не перевищують 80дБ. Всі наявні джерела шуму і вібрації відповідають вимогам ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Загальні вимоги безпеки» (наведені в таблиці 5.7) і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги». Це досягається завдяки використанню вібро-і шумопоглиначів, спеціальних глушників на робочих місцях.

Для індивідуального захисту використовують навушники за ДСТУ EN 352-5:2005 «Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні вимоги та методи випробувань ». Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 загальний рівень шуму на ділянці не повинен перевищувати 85 дБ.

Таблиця 5.6 - Рівень шуму і звуковий тиск по ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Робочі	Рівень звукового тиску в октанових періодах									Уро- вень шуму, дБ
	<i>f_{c.z}, Гц</i>	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Допустимий рівень, дБ		99	98	86	85	80	78	76	74	85
Фактичний рівень, дБ		98	96	84	82	78	74	75	73	

Заходи і засоби захисту від вібрації відповідають вимогам ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги», і ДСН 3.3.6.039-99.”Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій”..

Санітарні норми поширюються на загальну та локальну вібрацію, що впливає на людину у процесі її трудової діяльності , за винятком робіт на залізничному, водному та повітряному транспорті. Санітарні норми є обов'язковими для всіх міністерств, відомств, підприємств, об'єднань, організацій, установ, незалежно від відомчої приналежності та форм власності. Вимоги цих норм повинні бути враховані у нормативно-технічних документах;

які регламентують конструктивні та експлуатаційні вимоги до вібронезбезпечних машин,.

Вібрацію класифікують: за способом передачі на тіло людини розрізняють загальну (переважно через опорні поверхні) та локальну вібрацію(через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом).

За часовими характеристиками загальні та локальні вібрації поділяють на:

а). постійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється менше ніж у 2 рази (менше 6 дБ) за робочу зміну;

б).непостійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється не менше ніж у 2 рази (6 дБ і більше) за робочу зміну та поділяються: коливальні, переривчасті, імпульсні,

Методи вимірювання виробничої діяльності для загальної і локальної вібрації розрізняються.

Метод контролю локальної вібрації точки вимірювання обирають у місці контакту оператора з поверхнею, яка вібрує. При проведенні приймальних випробувань інструментів вимірювання вібрації проводять по трьох осях ортогональної системи координат.

Метод контролю загальної вібрації. Використовується точка контакту опорних поверхонь тіла людини з вібруючою площею:

а). сидіння - для оператора, що сидить;

б). підлога робочої зони, робочий майданчик

в). для оператора, що стоїть. Для непостійних робочих місць, чи робочих зон визначається не менш ніж три точки контролю у місцях найбільших коливань, з урахуванням часу перебування в них (не менш ніж 15 хв. за робочу зміну).

Санітарні правила при роботі з обладнанням, що вібрує.

До експлуатації повинно допускатися тільки справне обладнання, що відповідає вимогам даних норм. А у технічному паспорті на обладнання, що вібрує, повинна бути вказана максимальна сила натискання, яка потрібна для роботи машин у паспортному режимі, та вага машини, що припадає на руки працюючого.

Вихлопи стисненого повітря чи видпрацьованого пару повинні бути спрямовані таким чином, щоб не відбувалося обдування рук та забруднення зони дихання.

Роботи з обладнанням, що вібрує, слід проводити у зачинених опалюваних приміщеннях або регламентувати режими праці

Використовувати засоби індивідуального захисту (взуття, рукавиці та ін.) від шкідливого впливу загальної та локальної вібрації повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.024-76. «ССБТ. Обувь специальная виброзащитная» та ГОСТ 12.4.002-76 "ССБТ. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования".

Необхідно знати основні організаційно-технічні та лікувально – профілактичні заходи щодо обстеження несприятливого впливу виробничої вібрації на працюючих

Необхідно зменшити вібрацію: у джерелі вимкнення нових та існуючих машин, за допомогою віброізоляції та вібропоглинання зменшити шлях розповсюдження. Також перевіряти наявність вібраційних характеристик (ВХ) у паспортах на машини, які щойно а при відсутності їх та у разі необхідності , проведення вхідного контролю. Своєчасне проведення ремонту частин, що впливають на вібраційні характеристики машин;

Оснащувати робочі місця безамортизуючими сидіннями; та допускати до експлуатації тільки справні машини, що відповідають вимогам даних норм.

Комплекс лікувально-профілактичних заходів містить:

- професійні і профілактичні огляди;
- режим праці;
- вітамінізацію;
- організацію профілактичного відпочинку;
- лікувальна гімнастика та масаж рук;
- використання засобів індивідуального захисту,

З метою профілактики шкідливого впливу загальної та локальної вібрації працюючі повинні користуватися засобами індивідуального захисту відповідно до ГОСТ 12. 4. 002 та ГОСТ 12.4.024.

Напруженість на робочому місці постійних магнітних полів не перевищує 8 кА / м МРР II, ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 «Допустимые поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» передбачені наступні заходи захисту: встановлені огорожувальні екрани, при роботі використовуються засоби захисту з радіопоглощаючих матеріалів, а також використовуються індивідуальні засоби захисту (комбінезони та халати з металізованої тканини).

На проєктованій ділянці не використовуються радіоактивні речовини, а також прилади, що випромінюють рентгенівські, іонізуючі та інші випромінювання.

Санітарно-побутові приміщення спроектовані відповідно до вимог ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачена організація проходів, яка забезпечує вільний доступ до всіх робочих місць, які є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації.

5.4 Заходи щодо пожежної безпеки

Згідно з вимогами СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания» та ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» даний тип виробництва відноситься до пожежонебезпечної категорії Д, тобто до виробництва, в якому перебувають вогнетривкі матеріали в холодному стані.

Згідно до вимоги ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» клас можливої пожежі – D.

Також можемо визначити за ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» ступінь вогнестійкості - II.

Таблиця 5.7 - Ступінь вогнестійкості будівель та споруд

Головні будівлі і конструкції	Ступінь вогнестійкості II	
	Група згоряння	межа вогнестійкості
Несучі стіни	Вогнетривкі	2,0 години
Плити, перегородки та інші несучі конструкції	Вогнетривкі	0,75 години
Внутрішні перегородки, сходові клітини тощо	Важко створюємі	0,25 години

На випадок виникнення пожежі на ділянці забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Шляхи евакуації забезпечені евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм і правил устрою електроустаткування. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Технологічні отвори в стінах і перекриттях захищені огнепреграждаючими пристроями.

Механізми для самозачинення протипожежних дверей міститися в справному стані. Огнепреграждаючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперепинювачів і проводиться чистка їх вогнегасної насадки, а також справність мембранних клапанів.

Пожежна безпека в цеху забезпечена відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

При гасінні сплавів категорично заборонено заливати їх водою, застосовувати пісок, вуглекислоту, азот, хладон. Для гасіння пожежі застосовується глинозем, мелений плавиковий шпат, сухий порошковий флюс. Ці кошти подаються в осередок загоряння вручну, або за допомогою вогнегасника ОП - 100. З огляду на наявність на ділянці електроустановок, з метою забезпечення універсальної захищеності приміщень і обладнання в наявності є вуглекислотні вогнегасники ОУ-5, об'ємом 5 літрів. В електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- силова розводка виконана прихованої в трубах;
- силова температура забезпечена захистом від короткого замикання.

Згідно ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»: передбачено пристрій пожежної сигналізації, яке замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу ТЮЛ-10/100.

З метою захисту від статичної електрики, згідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» передбачені заземлення діелектричних і електропровідних частин обладнання. Застосовується також зволоження повітря до 65-70%, що дозволяє зменшити електризацію матеріалу.

У проекті ділянки передбачено пожежне водопостачання. Протипожежний водопровід об'єднується з господарсько-питним або виробничим водопроводом. Вільний напір у мережі протипожежного водопроводу низького тиску при пожежогасінні становить не менше 10 м. Норма витрати води на внутрішнє пожежогасіння приймається з розрахунку двох пожежних струменів, продуктивністю не менше 2,5 л / сек кожна.

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Організація дослідження стійкості роботи промислового об'єкту

Одним із основних завдань забезпечення життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях є проведення заходів, скерованих на підвищення стійкості роботи об'єкту у надзвичайних ситуаціях.

Під стійкістю роботи промислового об'єкту розуміють здатність його у надзвичайних ситуаціях випускати продукцію в запланованому об'ємі та номенклатурі, а при отриманні пошкоджень, руйнувань або порушенні зв'язків по кооперації, відновлювати виробництво в мінімальні терміни.

Стійкість промислового підприємства складається з:

а) стійкості інженерно-технічного комплексу (будівель, споруд, систем енерго-газо- та водопостачання і каналізації, технологічного обладнання) до дій сил стихійних явищ природи, аварій та катастроф, а у воєнний час - вражаючих факторів зброї масового ураження;

б) стійкості виробничої діяльності об'єкту (захист виробничого персоналу, надійність систем управління, постачання, спроможність відновлення роботи в короткі терміни.

Чинники, які впливають на стійкість роботи в умовах надзвичайних ситуацій:

1. розташування ОГ відносно джерела руйнівного (вражаючого) впливу.
2. підготовленість об'єкту на випадок аварії, катастрофи, стихійних лих, характерних для даного району;
3. здатність інженерно-технічного комплексу протистояти в певній мірі діям сил стихійних явищ природи, аварій та катастроф, а у воєнний час вражаючих факторів зброї масового ураження;
4. надійність систем постачання об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, водою, газом, комплектуючими виробами і т.д.)
5. підготовленість об'єкту до ведення рятувальних та інших невідкладних робіт по відновленню пошкодженого виробництва.

Таким чином, підвищення стійкості роботи об'єкту народного господарської діяльності у надзвичайних ситуаціях досягається завчасним проведенням комплексу організаційних заходів та інженерно-технічних скерованих на максимальне зниження впливу сил стихійних явищ природи, аварій та катастроф.

Важливим фактором є підвищення стійкості інженерно - технічного комплексу.

Інженерно-технічний комплекс кожного підприємства включає будівлі і споруди, технологічне обладнання і комунікації, електромережі, тепломережі, водопровід, каналізацію та газопровід.

а) Підвищення стійкості будівель і споруд досягається за допомогою: встановлення додаткових зв'язків між несучими конструкціями (балки, перекриття), високі споруди (труби, колони) закріплюються розтяжками, ємкості та резервуари для зберігання рідини, які легко займаються заглиблюються в ґрунт або обваловуються, а дерев'яні елементи конструкцій і будівель (двері, віконні рами й т.п.) покриваються вогнезахисними замазками світлих кольорів (вапном, суперфосфатом).

б) Захист технологічного обладнання, забезпечується розташуванням важких верстатів на нижніх поверхах будівель, також над верстатами встановлюються міцні металеві сітки, навіси. Найбільш цінне обладнання розташовується в заглиблених спорудах типу сховищ, або розташовується в окремих будівлях павільйонного типу з полегшеними і важкозаймистими елементами конструкцій.

Для зменшення дії світлового випромінювання потрібно всі горючі матеріали, які використовуються в технологічному процесі, сховати в нішах стін або підлоги і їх кількість звести до мінімуму.

Стійкість системи управління виробництвом досягається завдяки розробці та впровадження надійних способів оповіщення посадових осіб і всього виробничого персоналу підприємства. Та забезпечити надійний зв'язок з місцевими органами

Для відновлення пошкодженого виробництва передбачається розробка технології відновлюючих робіт та створення запасів будівельних матеріалів для відбудови при різних варіантах можливих руйнувань і перехід на випуск продукції по спрощеній технології. Також необхідно створити страховий фонд технологічної документації і організацію його надійного зберігання.

Підвищення стійкості систем постачання води, газу та електроенергії досягається тим, що вони мають бути за кільцьовані, заглиблені і дубльовані.

ВИСНОВОК

В ході дипломного проекту було проведено удосконалення заводського технологічного процесу виготовлення деталі корпусу сателіта. Були запропоновані нові методи отримання заготовок, що дозволили отримати економію на вартості матеріалу в 815120 грн, розроблено раціональне планування ділянки, що дозволила скоротити витрати часу на переміщенні деталі.

У конструкторській частині було зроблено проектування робочого пристосування, застосування якого дозволило скоротити допоміжний час на операцію, а також контрольного пристосування, яке значно скоротило час контролю деталей.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ципак В.И. Основы технологии машинобудоування. Вивчаючий посібник для студентів машинобудоування спеціалістів висщих учбового заведений/ Ципак В.И., Богуслаев В.А., Яценко В.К. – Запорожье: изд. ОАО “Мотор Січ”, 2003. – 336 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Технологія машинобудоування” (Розділ – проектування технологічних процесів) для всіх форм навчання/ Укл.: В.І. Ципак. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – 78 с.
3. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Косилова А.Г., Мещеряков А.И., Борисов В.Б., Васильев В.Н. и др.; Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
4. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Косилова А.Г., Мещеряков А.И., Борисов В.Б., Васильев В.Н. и др.; Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
5. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога/ Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. М.: Машиностроение, 1975. 288 с.
6. Нормативные таблицы режимов резания. – Отраслевой стандарт
7. Стружестрах В.П. Справочник нормировщика – машиностроителя. В 4-х т. Т.2/ под ред. Стружестраха В.П. – М.: Машгиз, 1961. – 892 с.
8. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
9. Смирнов А.С. Станочные приспособления: Справочник/ Смирнов А.С., Богуслаев В.А., Леховицер В.А. – Издание 2-е. – Запорожье: изд. ОАО “Мотор Січ”, 2004. – 461 с.
10. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень методом світлового потоку» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання/ Укл.: В.І. Шмирко, О.В. Коробко, А.Є. Островська. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. –34с.

Додаток А
Управляюча програма в коді ISO7bit

%

N901 T104 M106

N002 G27

N003 Z+11843 F70000 G58

N004 S022 M103

N005 X+20380

N006 G26

N007 G01 Z-01790 F10448 T105 M108 L31

N008 X-00360 Z-00248 F10056

N009 Z-00050

N010 X-01037

N011 X+00937

N012 Z+00200

N013 X-00300 Z-00150

N014 X-00637

N015 Z-00050

N016 X+00937

N017 G40 Z+02088 F10448 M109 L31

N018 G25 X+999999 M105

N019 G25 Z+999999

Додаток Б
Управляюча програма в коді APT

PARTNO/DIPLOM
MACHIN/ROUGH
MACHIN/H22,134
FROM/0, 0, 0
READ/2,SYNON
CUTTER/0.1
TLON
A1=47.55
A2=6.07
A3=60.73
A4=44.89
A5=1.68
A6=5.8
RD1=36.83/2
RD2=30.14/2
RD3=39.2/2
RD4=50.9/2
RD5=57.8/2
RD6=82.09/2
RD7=138/2
LX=L/XA
LY=L/YA
L1=L/PA,LX,YG,(RD1+0.6)
P1=P/(A1+A2+A3-A6)(RD1)
L2=L/P1,W,150
L3=L/PA,L2,YG,0.6
L4=L/PA,LX,YG,(RD3+0.6)
P2=P/(A1-0.6)(RD7)
L5=L/P2,W,-45
L6=L/PA,L5,YG,0.6
L7=L/PA,LX,YG,(RD7+1)
L8=L/PA,LY,XG,(A1+1.1)
TL/05,ABJ,-25,-40,1,R,0.6,ALL,2
S/280,C

CLEARP/(A1+A2+A3+20)
 GCL
 O/ON
 TLP/06
 RAP,GOTO/(P55=P/(A1+A2+A3+0.6)(RD1+2.6))
 F/IPR,0.1
 GOTO/(P56=P/(A1+A2+A3+0.6)(RD2-2))
 RAP,GOTO/(P57=P/(A1+A2+A3+1.1)(RD2-2))
 RAP,GOTO/(P3=P/(A1+A2+A3+1.1)(RD1+0.6))
 F/IPR,0.1
 BEVEL/(0.6+0.5),R,0.6,TO,0,1
 GOTO/(P60=P/INT,L1,L3)
 GOTO/(P61=P/INT,L3,L4)
 GOTO/(P62=P/(A1+A2+A3-A4+0.6)(RD3+0.6))
 RAP,GOTO/(P63=P/(A1+A2+A3-A4+1.1)(RD3+1.1))
 RAP,GOTO/(P64=P/(A1+A2+A3-A4+1.1)(RD4+2.2))
 RAP,GOTO/(P65=P/(A1+A2+A3-A4+0.6)(RD4+2.2))
 F/IPR,0.1
 GOTO/P62
 RAP,GOTO/P63
 RAP,GOTO/(P4=P/(A1+A2+A3-A4+1.1)(RD4+0.6))
 F/IPR,0.1
 BEVEL/(0.6+0.5),R,0.6,TO,0,1
 GOTO/(P68=P/(A1+A2+0.6)(RD4+0.6))
 RAP,GOTO/(P69=P/(A1+A2+1.1)(RD4+1.1))
 RAP,GOTO/(P70=P/(A1+A2+1.1)(RD5+1))
 RAP,GOTO/(P71=P/(A1+A2+0.6)(RD5+1))
 F/IPR,0.1
 GOTO/P68
 RAP,GOTO/P69
 RAP,GOTO/(P72=P/(A1+A2+1.1)(RD5+0.6))
 F/IPR,0.1
 GOTO/(P73=P/(A1+A5+0.6)(RD5+0.6))
 RAP,GOTO/(P74=P/(A1+A5+1.1)(RD5+1.1))
 RAP,GOTO/(P75=P/(A1+A5+1.1)(RD6+1))
 RAP,GOTO/(P76=P/(A1+A5+0.6)(RD6+1))
 F/IPR,0.1

GOTO/(P77=P/(A1+A5+0.6)(RD5+7.5))
RAP,GOTO/(P78=P/(A1+A5+1.1)(RD5+8))
RAP,GOTO/(P79=P/(A1+A5+1.1)(RD6+0.6))
F/IPR,0.1
GOTO/(P80=P/(A1+0.6)(RD6+0.6))
RAP,GOTO/(P81=P/(A1+1.1)(RD6+1.1))
RAP,GOTO/(P82=P/(A1+1.1)(RD7+1))
RAP,GOTO/(P83=P/(A1+0.6)(RD7+1))
F/IPR,0.1
GOTO/P80
RAP,GOTO/P81
RAP,GOTO/(P84=P/INT,L6,L8)
F/IPR,0.1
GOTO/(P85=P/INT,L6,L7)
O/OFF
RTR
S/OFF
GH
FINI