

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему Вдосконалення технологічного процесу деталі «Вал» з
використанням сучасних методів контролю

Виконав: студент(ка) II курсу, групи M-118m

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Технології машинобудування

Синецький А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Пухальська Г.В., доц.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Дядя С.І., доц.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технології машинобудування
Ступінь вищої освіти другий (Магістерський)
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ТМБ _____

Дядя С.І.

« 05 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Синєцькому Анатолію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Вдосконалення технологічного процесу деталі «Вал»
використанням сучасних методів контролю.

керівник проекту (роботи) Пухальська Г.В., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 416

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, річна програма випуску

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібні розробити) вибір методу отримання заготовки, розрахунок припусків та операційних розмірів, проектування маршруту обробки деталі, проектування операцій в Siemens NX, проектування робочого та контрольного пристосування, автоматизація виробництва, розрахунок деталі в Siemens NX, охорона праці.

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

Креслення деталі, заготовки, контрольного та робочого пристосування, автоматизоване пристосування, маршрут обробки, токарна, фрезерна та свердлильні операції, три листа спецзавдання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконано завдання
Технол. частина	Пухальська Г.В. доц.	10.09.19	10.09.19
Конструкт. частина	Пухальська Г.В. доц.	10.09.19	10.09.19
Автоматизація	Пухальська Г.В. доц.	10.09.19	10.09.19
Розрахунок на міц.	Пухальська Г.В. доц.	10.09.19	10.09.19
Спец. завдання	Пухальська Г.В. доц.	10.09.19	10.09.19
Охорона праці	Шмирко В.І. доц. к.т.н.	10.09.19	10.09.19
Нормконтроль	Гончар Н.В. доц.	10.09.19	10.09.19

7. Дата видачі завдання 10.09.2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір методу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	25.02.19	
2	Розрахунок припусків та операційних розмірів	10.03.19	
3	Проектування маршруту обробки деталі	27.04.19	
4	Проектування та розрахунок робочого та контрольного пристосування	18.05.19	
5	Автоматизація виробництва	20.06.19	
6	Розрахунок деталі на міцність	30.06.19	
7	Збір даних з спецзавдання	19.07.19	
8	Збір даних з охорони праці	23.10.19	

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

П.С.
(підпис)

П.С.
(підпис)

Синельний А.В.
(прізвище та по батьку)

Пухальська Г.В.
(прізвище та по батьку)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Впровадження технологічного процесу
деталі ВАА з використанням сучасних методів
Студент (ка) Синенюк Дмитро Анатолійович

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 9 А1

Кількість сторінок пояснювальної записки 128 стр

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

спроектовано технологічний процес
виконання валу, обрано матеріал, вибір
обладнання, інструменту, режимів різання
розроблено сучасні засоби контролю.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

виконана робота відповідає завданню

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

в роботі виконано перевірку деталей до
умов експлуатації, розроблено управління
програми в NX на 3D моделі

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

д) позитивні особливості

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

графічний матеріал та пояснювальна

Замітка виконам згідно до умов
оформлення

є) відгук про проект (роботу) загалом робота виконана
в повному обсязі

ж) інші зауваження в технологічних картах
вказані довші режими різання для
поглиблення кріпівної сили. Неверно
вибрані приєднання для закріплення
на тарних верстаках

з) оцінка проекту (роботи) незважаючи на зау-
важення робота заслуговує оцінки
"добре"

Рецензію склав

Зав. каф. ТМБ

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

Редес

(підпис)

«03» 12 2018 р.

[15:34:52] **Yah**Найдено 1% совпадений по адресу: <https://xreferat.com/76/3648-1-tehnolog-ya-vigotovlennyya-ta-montazhu-element-v-stropil-no-sistemi.html>

[15:34:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №157 [3] (200038 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:35:32] **Yah**Найдено 1% совпадений по адресу: <https://core.ac.uk/download/pdf/11336756.pdf>

[15:36:17] **Bi**Найдено 1% совпадений по адресу: <http://diss.seluk.ru/m-mehanika/904320-1-teoreticheskaya-mehanika-metodicheskie-ukazaniya-prakticheskim-zanyatiyam-samostoyatelnoy-rabote-dlya-studentov-specialnostey-1-37-avto.php>

[15:36:17] **Bi**Найдено 1% совпадений по адресу: <http://diss.seluk.ru/m-mehanika/843673-1-ministerstvo-obrazovaniya-nauki-molodezhi-sporta-ukraini-zaporozhskiy-nacionalniy-tehnicheskii-universitet-metodicheskie-ukazaniya-pr.php>

[15:36:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №182 [3] (200029 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:36:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №187 [3] (200041 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:36:36] **Bi**Найдено 2% совпадений по адресу:
http://www.zntu.edu.ua/sites/default/files/konf/metodychka_dyplomuvannya_dlya_magistriv_mf_131_133_134.pdf

[15:36:42] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №177 [3] (200050 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:36:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №192 [3] (200026 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:37:02] **Go**Найдено 1% совпадений по адресу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21FMT=JwU_B&S21ALL=>I=!NBUV\\$<>*<>I=!NBUV\\$<>*<>I=!NBUV\\$<>*<>U=O551.41-061/069<>\)&Z21ID=&S21SRW=AVHEAD&S21SRD=DOWN&S21STN=1&S21REF=10&S21CNR=20](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21FMT=JwU_B&S21ALL=>I=!NBUV$<>*<>I=!NBUV$<>*<>I=!NBUV$<>*<>U=O551.41-061/069<>)&Z21ID=&S21SRW=AVHEAD&S21SRD=DOWN&S21STN=1&S21REF=10&S21CNR=20)

[15:47:08] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №257 [3] (200032 миллисек.): **Yandex**
(Время ожидания операции истекло)

[15:47:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №262 [3] (200041 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:47:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №267 [3] (200018 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:47:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №272 [3] (200027 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:47:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №277 [3] (200049 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:48:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №282 [3] (200049 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:48:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №287 [3] (200020 миллисек.): **Yandex**
Время ожидания операции истекло)

[15:48:14] Тип проверки: *Стандартная*

[15:48:14] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 34%)**

[15:48:14] **Уникальность текста 83%[©] (Проиригнорировано подстановок: 0%)**

03.12.2019 

РЕФЕРАТ

ПЗ: 130стор., 10 табл., 32 рис., 17 джерел, 4 додатки.

Об'єкт дослідження - Вал.

Мета дипломного проекту – розробка технологічного процесу виготовлення валу, аналіз найбільш ефективних засобів контролю виробів машинобудівного виробництва.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

Спроекований технологічний процес обробки деталі, робоче та контрольне пристосування. Виконаний розмірний розрахунок торцевих поверхонь деталі. Розрахована ефективність використання пристосування з пневмоприводом в порівнянні з універсальним.

Використання сучасних засобів контролю виробів дозволяє мінімізувати участь людини в процесі оцінки якості виробів або повністю його усунути. В цьому випадку мінімізуються похибки вимірювань, пов'язані з людським фактором.

Розроблені та запропоновані заходи з охорони праці, які спрямовані на забезпечення комфортних та безпечних умов при проведенні робіт.

ВАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
ПРИСТОСУВАННЯ, АВТОМАТИЗОВАНИЙ КONTРоль, СИСТЕМИ
KONTРоль

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
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	20
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	20
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	23
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	31
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	33
1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу.....	39
1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	57
1.7.1 Розробка токарної операції.....	57
1.7.2 Розробка свердлильної операції.....	58
1.7.3 Розробка фрезерної операції.....	61
2 Конструкторська частина.....	62
2.1 Проектування робочого пристосування.....	62
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	62
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність.....	64
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	69
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	75
3 Розрахунок розмірних ланцюгів.....	79

4 Спеціальне завдання. Сучасні засоби контролю.....	89
5 Розрахунок на міцність.....	103
6 Економічна ефективність пристосування.....	117
7 Охорона праці.....	110
7.1 Аналіз потенційних небезпек.....	110
7.2 Заходи з забезпечення безпеки	111
7.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	116
7.4. Основи соціального страхування, як засіб гарантій прав та свобод працюючих.....	118
7.5 Заходи з пожежної безпеки.....	121
7.6 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	123
Висновки.....	129
Перелік посилань.....	130

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГКМ - горизонтально-ковочна машина;

КГШП - кривошипний гарячештампувальний прес;

МОП - маршрут обробки поверхні;

МВД - маршрут виготовлення деталі;

ЧПК - числове програмне керування;

САПР - система автоматизованого проектування;

ПК - персональний комп'ютер.

ВСТУП

Технологічний процес — частина виробничого процесу, сукупність технологічних операцій, які виконуються планомірно й послідовно в часі й просторі над однорідними або аналогічними предметами, у результаті яких змінюється агрегатний стан, місце розташування чи властивості предмета праці, що має закінчений за виробничим призначенням характер. Розрізняють основні і допоміжні технологічні процеси.

Технологічний процес складається з послідовно виконаних над даним об'єктом технологічних дій - операцій.

В ході конструкторсько-технологічної підготовки виробництва розрізняють такі етапи написання технологічного процесу, як:

- Збір, обробка та вивчення вихідних даних.
- Визначення основних технологічних рішень.
- Підготовка техніко-економічного обґрунтування (або обґрунтування доцільності).
- Документування техпроцесу.

Розвиток техніки пред'являє згодом більш високі вимоги до якості, як окремих деталей машин, так і до продукції в цілому, тому разом з тим паралельно повинні удосконалюватися засоби контролю.

Зниження трудових ресурсів на вимірювальні роботи дозволяє підвищити продуктивність праці на контрольних операціях, що дуже важливо в умовах серійного і масового виробництва. Вирішити це завдання, покликані сучасні засоби контролю.

Мета дослідження - проаналізувати і виявити найбільш ефективні засоби контролю виробів машинобудівного виробництва.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь, що досліджується – вал виконаний зі сплаву ХН77ТЮР-ВД (ЕІ437Б-ВД) за ГОСТ 5632-72.

Сталь ХН77ТЮР застосовується для виготовлення деталей, що працюють при температурах до +750 °С. Відноситься до групи жароміцних сплавів на нікелевій основі.

Рекомендована максимальна температура експлуатації протягом обмеженого часу +750 °С.

Температура початку інтенсивного утворювання окалін в повітряному середовищі + 1050 °С.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад в % сплаву ХН77ТЮР ГОСТ 5632- 72

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ce	Ti	Al	B	Pb
до 1	до 0,07	до 0,6	до 0,4	70,076- 77,4	до 0,007	до 0,015	19- 22	до 0,02	2,4- 2,8	0,6- 1	до 0,01	до 0,001

Таблиця 1.2 - Механічні властивості при T=20°C матеріалу ХН77ТЮР

Сортамент	Розмір	σ_s	σ_T	d ₅	δ	KCU	Термообробка
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Лист, ГОСТ 24982-81	до 3,9	930		20			Закалка 1080 - 1120°C, Охолодження вода, Старіння 750°C, 5год
Прутки, T=700 °C, ГОСТ 23705-79		740	620	15	20	400	Закалка 1080°C, 8год, повітря, Старіння 700°C, 16год, повітря

окремих цехах можуть бути різні типи виробництва. Застосовується також поняття вид виробництва, котрий відмінний від типу.

Під типом виробництва розуміється сукупність його організаційних, технічних і економічних особливостей, тобто комплексну характеристику організації та технічного рівня підприємства, обумовлену ступенем його спеціалізації, складністю та стійкістю товарної номенклатури, розмірами і повторюваністю випуску виробів, а також масштабами виробництва. На вибір типу виробництва випиває: номенклатура виробів, що випускаються, обсяг випуску продукції, ступінь сталості товарної номенклатури підприємства, характер завантаження робочих місць. Залежно від рівня концентрації та спеціалізації розрізняється три типи виробництва: одиничне, серійне та масове.

В залежності від маси деталі та програми випуску обираємо серійний тип виробництва [1, с. 5, табл. 1.1].

Серійне виробництво — тип організації виробництва, що характеризується одночасним виготовленням на підприємстві широкої номенклатури однорідної продукції, випуск якої повторюється протягом тривалого часу, і широкою спеціалізацією робочих місць.

Форма організації виробництва являє собою певне поєднання в часі і в просторі елементів виробничого процесу при відповідному рівні його інтеграції, виражене системою стійких зв'язків.

Обираємо паралельно-послідовну форму організації робіт.

Форма організації виробництва з паралельно-послідовною передачею предметів праці є проміжною між послідовною і паралельною формами і частково усуває властиві їм недоліки. Вироби з операції на операцію передаються транспортними партіями. При цьому забезпечується безперервність використання обладнання і робочої сили, можливо частково паралельне проходження партії деталей по операціях технологічного процесу.

Визначимо обсяг партії виробів, що випускаються

$$n = \frac{a \cdot N}{A} \quad (1.1)$$

де $a=12$ - періодичність запуску деталей у виробництво;

$$n = \frac{a \cdot N}{A} = \frac{12 \cdot 6000}{250} = 288 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки

Вибір заготовки впливає на трудомісткість та собівартість технологічного процесу. Спосіб отримання заготовки установлюють на основі вивчення креслення готової деталі та технічних умов на її виготовлення. Вирішальне значення при виборі заготовки мають такі фактори, як матеріал, форма, розмір та вага готової деталі, виробнича програма.

Масштаб виробництва (або програма випуску) впливає на вибір способу отримання заготовки. При одиничному або дрібносерійному виробництві заготовка може бути отримана вільним куванням, литтям у піщані форми (ручним формуванням за дерев'яною моделлю), бо інші способи отримання заготовок (штампування в закріплених штампах, машинне формування за металічною моделлю) не раціональні через високу вартість оснастки (штампів, металічних моделей).

При серійному та масовому виробництві, особливо коли механічна обробка проводиться на налагодженому обладнанні (автомати, напіваавтомати, агрегатні верстати) найбільшу роль відіграє точність розмірів заготовки, бо стабільність припусків на механічну обробку дозволяє забезпечити високу стійкість інструментів.

У масовому виробництві слід віддавати перевагу таким прогресивним методам отримання заготовок, як лиття в оболонкові форми, лиття за витоплюваними моделями, лиття в кокіль, лиття під тиском, штампування в закритих безоблойних штампах, штампування на горизонтально-кувальній машині тощо.

Пропоную порівняти два види отримання заготовки штампуванням: в кривошипному гарячештампованому пресі (КГШП) та горизонтально-ковочній машині (ГКМ).

Вихідні дані:

Матеріал – сплав ХН77ТЮР-ВД.

Річна програма випуску $N = 6000$ шт.

Тип виробництва – серійний.

Маса деталі $q = 7,4$ кг (рис. 1.2)

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси деталі до маси заготовки за формулою 1.2:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

Вартість 1 заготовки отриманої штамповкою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх}}{1000} \quad (1.3)$$

де B_B – базова вартість 1 т. заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_B, K_3, K_{II}$ – коефіцієнти, що враховують клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску.

Річна економія на виготовлення заготовки:

$$E_{изг} = (B_2 - B_1) \cdot N \quad (1.4)$$

де B_1, B_2 – вартість 1 заготовки, грн;

N – річна програма випуску.

Річна економія матеріалу:

$$M = \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

де q – маса деталі;

η_1, η_2 – коефіцієнти використання матеріалу для першого та другого способу отримання заготовки.

Визначаємо масу деталі в програмі Siemens NX (рис.1.2).

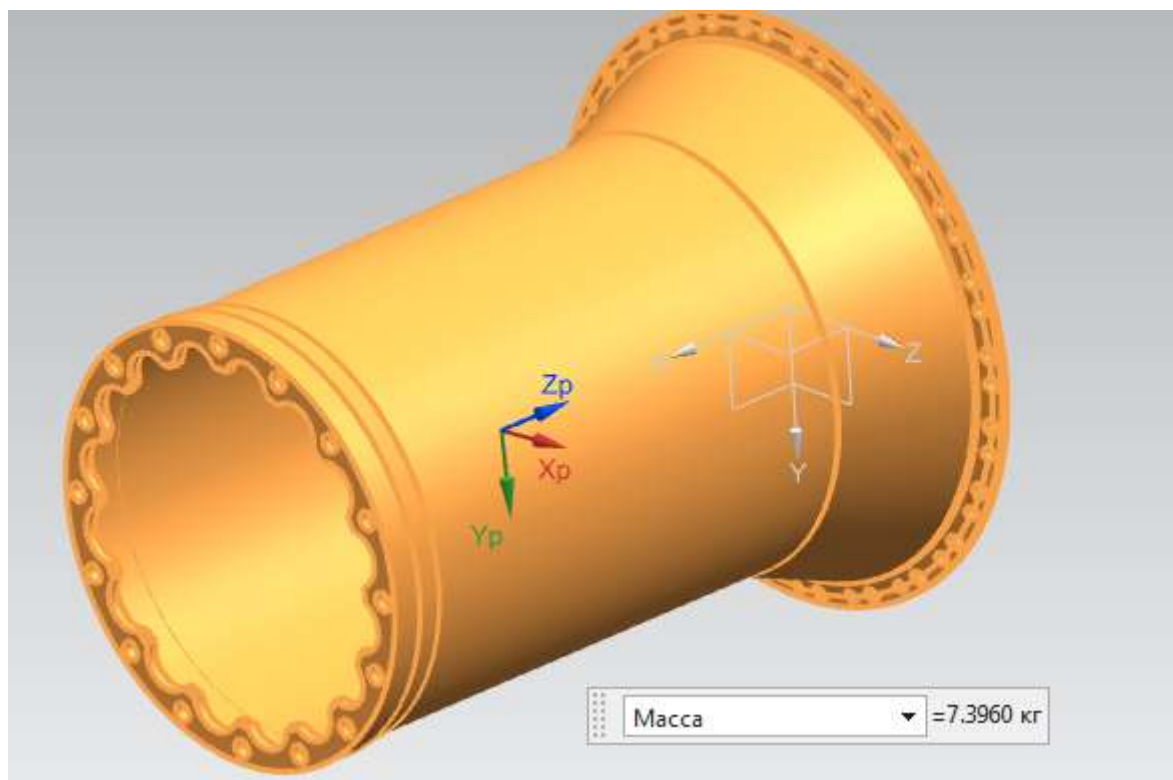


Рисунок 1.2 - Розрахунок маси деталі

Щоб спростити конфігурацію заготовки необхідно призначити напуски на отвори $\varnothing 12$ мм; $\varnothing 10$ мм та $\varnothing 8,7$ мм; всі пази, фаски, вибірки.

Припуск на сторону обираємо за [2, с. 12, табл. 1.3] та заносимо в табл. 1.2.

Визначаємо масу штамповки в програмі Компас 3D на КГШП (рис.1.3). Ескіз штамповки на КГШП на рис. 1.4.

Таблиця 1.2 - Розміри заготовки на КГШП

Номінальний розмір, мм	Розрахунок розміру, мм	Фактичний розмір, мм
$\varnothing 359$	$359+2\cdot 3,1=365,2$	$\varnothing 365$
$\varnothing 325,5$	$325,5+2\cdot 3,1=331,7$	$\varnothing 332$
$\varnothing 270,2$	$270,2+2\cdot 3,1=276,4$	$\varnothing 276$
$\varnothing 260$	$260-2\cdot 3,1=253,8$	$\varnothing 254$
$\varnothing 218$	$218-2\cdot 2,9=212,2$	$\varnothing 212$
$\varnothing 261,9$	$261,9-2\cdot 3,1=255,7$	$\varnothing 256$
444,2	$444,2+2\cdot 3,1=450,4$	450
89,7	$89,7+2\cdot 2,6=92,9$	93
413,1	$413,1-2\cdot 3,1=406,9$	407
7	$7+2\cdot 2,5=12$	12
4,25	$4,25+2\cdot 2,5=9,25$	9
2,22	$2,22+2\cdot 2,5=7,22$	7
1,6	$1,6+2\cdot 2,5=6,6$	7

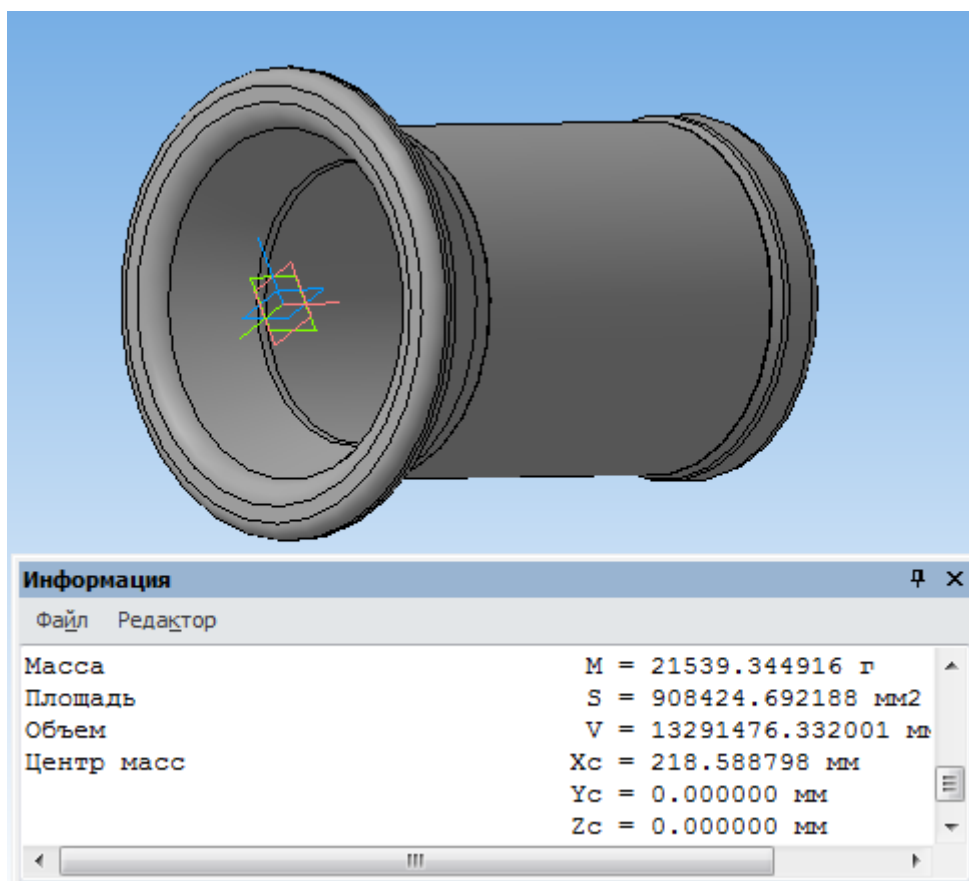


Рисунок 1.3 - Визначення маси штамповки на КГШП в Компас 3D

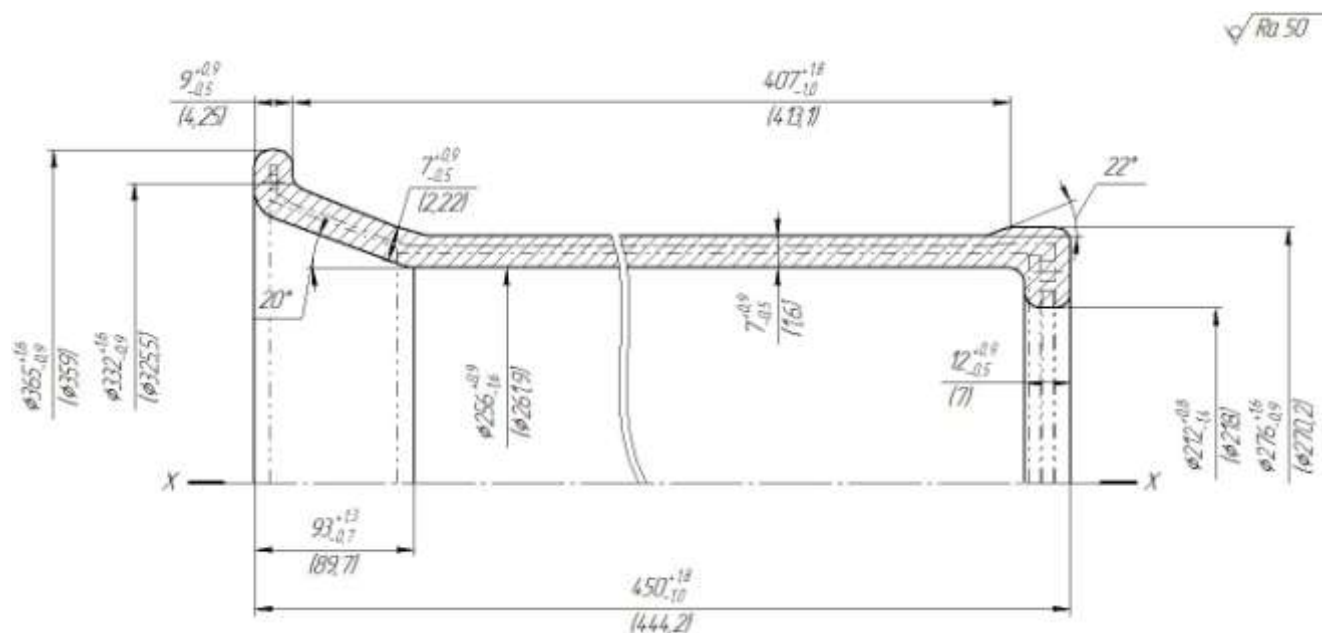


Рисунок 1.4 - Ескіз штамповки на КГШП

Аналогічно маса штамповки на ГКМ (рис.1.5). Ескіз штамповки на рис. 1.6.

Таблиця 1.3 - Розміри заготовки на ГКМ

Номінальний розмір, мм	Розрахунок розміру, мм	Фактичний розмір, мм
Ø359	$359+2\cdot4,2=367,4$	Ø367
Ø325,5	$325,5+2\cdot4,2=333,9$	Ø334
Ø270,2	$270,2+2\cdot4,2=278,4$	Ø278
Ø260	$260-2\cdot4,2=251,6$	Ø252
Ø218	$218-2\cdot3,9=210,2$	Ø210
Ø261,9	$261,9-2\cdot4,2=253,5$	Ø254
444,2	$444,2+2\cdot4,2=452,6$	453
89,7	$89,7+2\cdot3,5=96,7$	97
413,1	$413,1-2\cdot4,2=404,7$	405
7	$7+2\cdot3,3=13,6$	14
4,25	$4,25+2\cdot3,3=10,85$	11
2,22	$2,22+2\cdot3,3=8,82$	9
1,6	$1,6+2\cdot3,3=8,2$	8

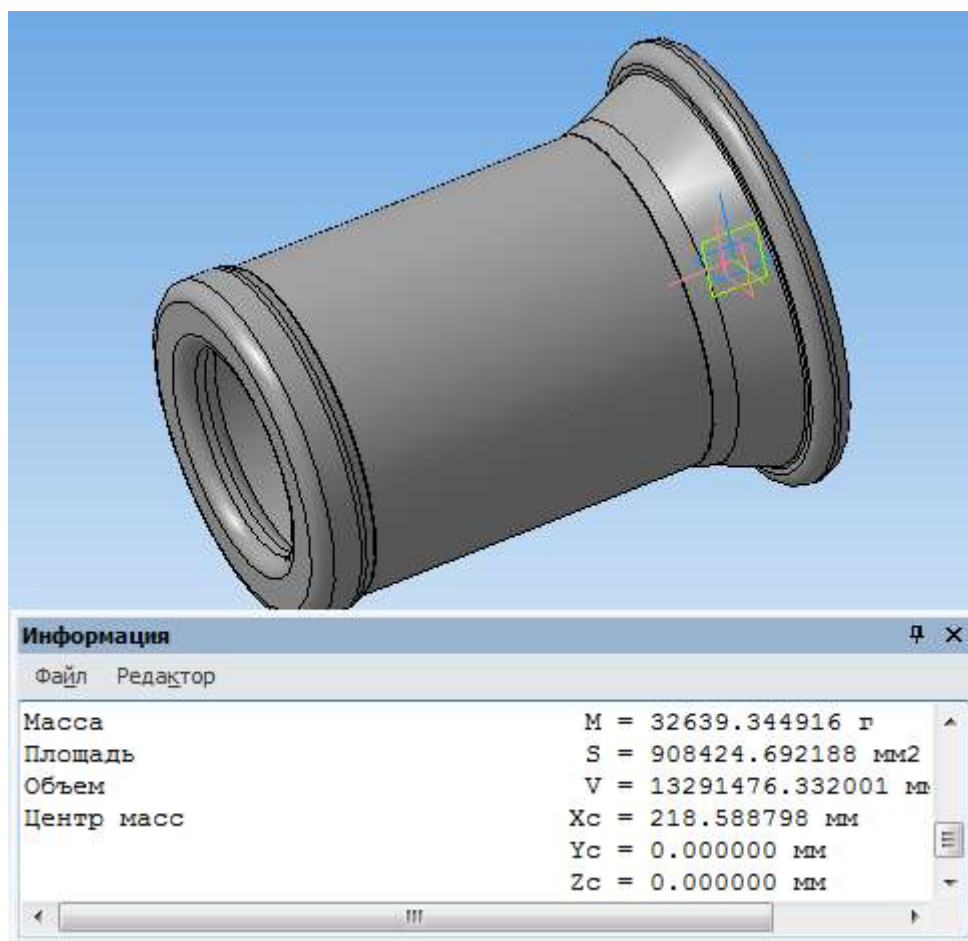


Рисунок 1.5 - Визначення маси штамповки на ГKM в Компас 3D

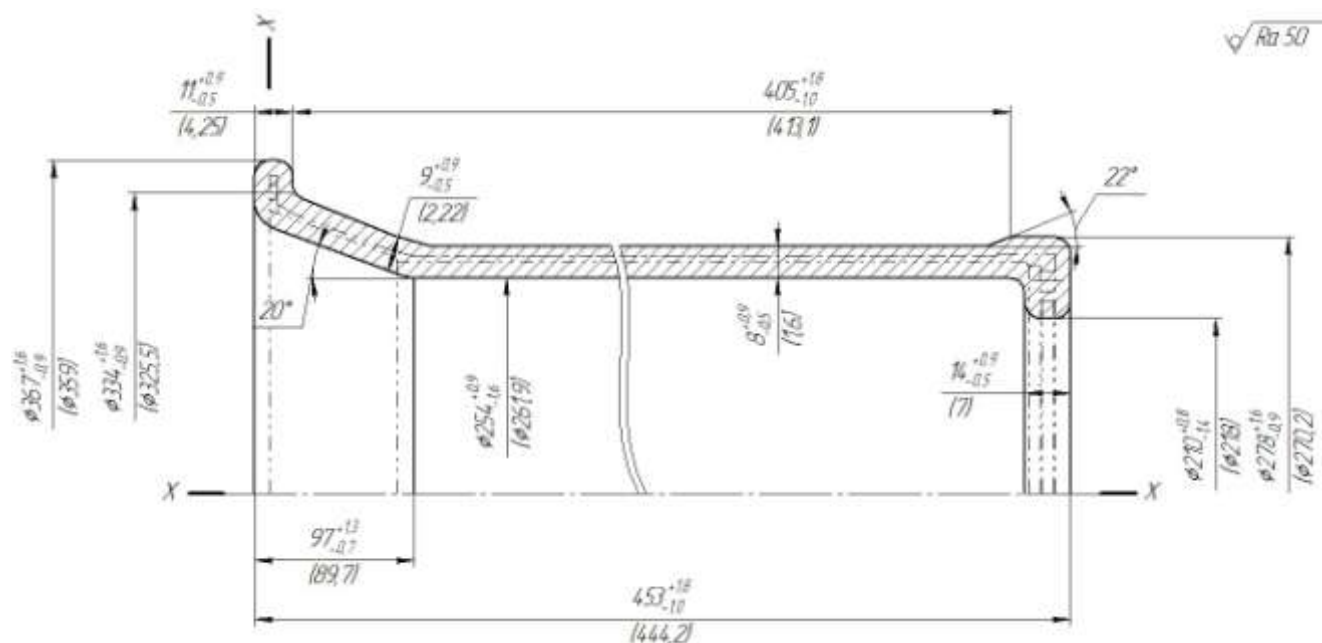


Рисунок 1.6 - Ескіз штамповки на ГКМ

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою 1.2:

$$\eta_{КГШП} = \frac{7,4}{21,5} = 0,34$$

$$\eta_{ГКМ} = \frac{7,4}{32,6} = 0,23$$

$$\eta_{ГКМ} < \eta_{КГШП}$$

Собівартість заготовок за формулою 1.3:

$$B_{ГКМ} = \frac{3150}{1000} \cdot 32,6 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 - (32,6 - 7,4) \cdot \frac{140}{1000} = 114,9 \text{ грн};$$

$$B_{КГШП} = \frac{3500}{1000} \cdot 21,5 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 - (21,5 - 7,4) \cdot \frac{140}{1000} = 84,8 \text{ грн};$$

$$B_{ГКМ} > B_{КГШП}$$

Річний економічний ефект від виготовлення заданої деталі на КГШП за формулою 1.4:

$$E = (114,9 - 84,8) \cdot 6000 = 180600 \text{ грн}$$

Річна економія матеріалу за формулою 1.5:

$$M = \frac{7,4 \cdot (0,34 - 0,23)}{0,34 \cdot 0,23} \cdot 6000 = 62455,2 \text{ кг}$$

Так як $B_{ГКМ} > B_{КГШП}$ та $\eta_{ГКМ} < \eta_{КГШП}$, дану деталь краще виготовляти за допомогою КГШП так як цей метод дешевше та продуктивніше.

Таблиця 1.4 - Параметри заготовки

Показник	Позначення	Од. виміру	ГКМ	КГШП
Маса	Q	кг	32,6	21,5
Базова ціна 1 т. заготовок	B_{ζ}	грн	3150	3500
Вартість 1 т. стружки	$B_{отх}$	грн	140	140
Вартість 1 заготовки	B	грн	114,9	84,8
КВМ	η	-	0,23	0,34

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції розуміють сукупність її властивостей, яка забезпечує у даних умовах виробництва та експлуатації найменші витрати праці, засобів, матеріалів та часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні та ремонті виробу.

Робота із забезпечення технологічності конструкції виробу має спрямовуватись на підвищення продуктивності праці, скорочення часу і матеріальних затрат на проектування технологічного процесу, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування і ремонт виробу із забезпеченням необхідної його якості (ГОСТ 14.201 — 73).

Виріб (у т. ч. деталь) вважається технологічним, якщо в умовах певного підприємства і прийнятого типу виробництва його конструкція забезпечує найменшу технологічну собівартість. Технологічність конструкції обумовлюється, наприклад:

- раціональним вибором заготовки, матеріалу та виду термообробки;
- призначенням оптимальної точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, параметрів шорсткості;
- правильним проставленням розмірів тощо.

Найбільш уживані загальні рекомендації з технологічності конструктивних форм деталей, наприклад, наступні:

- конструкція деталі повинна складатися зі стандартних і уніфікованих конструктивних елементів;
- деталі повинні виготовлятися зі стандартних або уніфікованих заготовок;
- розміри та поверхні деталі повинні мати відповідно оптимальні точність і шорсткість;
- заготовки повинні бути отримані раціональним способом з урахуванням заданого обсягу випуску і типу виробництва;
- сполучення поверхонь деталей, які мають різні шорсткість та точність, повинні відповідати застосовуваним методам і засобам обробки;
- конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових і стандартних технологічних процесів її виготовлення.

Технологічність деталі аналізують на двох рівнях – якісному і кількісному.

На якісному рівні деталь оцінюють за наступними критеріями: за видом деталі, класом складності конфігурації, жорсткістю конструкції, наявності точних поверхонь та можливість обробки універсальним інструментом та на універсальному обладнанні.

Габаритні розміри деталі і її використання дозволяють використовувати раціональні методи одержання заготівлі, такі як: прокат, штампування, лиття.

Забезпечення потрібної шорсткості можливо стандартними режимами обробки й уніфікованим інструментом.

Обробка деталі проводиться поширеними методами обробки різанням. Немає необхідності використання вузькоспеціального обладнання, нестандартних, комбінованих інструментів, оригінальних пристосувань.

Задана на кресленні точність обробки не викликає особливих труднощів при обробці. Найбільш точні розміри легко обробляються на токарних та шліфувальних верстатах. Використання верстатів з ЧПК дозволяє обробляти декілька поверхонь деталі дуже точно та за одну установку.

В конструкції деталі багато простих поверхонь, які можна використати в якості чистових баз.

За якісними показниками деталь "вал" - технологічна.

Кількісна характеристика технологічності деталі проводиться за показниками застосування уніфікованих елементів конструкції, точності розмірів, шорсткості поверхні.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{вик} = \frac{q}{Q} > 0,8 \quad (1.6)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

$$K_{вик} = \frac{7,4}{21,5} = 0,34 < 0,8$$

За даним показником деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} \geq 0,6 \quad (1.7)$$

де $Q_{y.e.}$ – загальна кількість конструктивних елементів;

Q_e – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{y.e.} = \frac{9}{12} = 0,75 \geq 0,6$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{CP}}} > 0,8 \quad (1.8)$$

$$A_{\text{CP}} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{заг}}} \quad (1.9)$$

де n- кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

k - квалітет точності;

A_{CP}- середній квалітет точності.

$$A_{\text{CP}} = \frac{15 \cdot 10 + 14 \cdot 5 + 13 \cdot 10 + 12 \cdot 8 + 9 \cdot 4 + 7 \cdot 3}{40} = 12,58$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{12,58} = 0,92 > 0,8$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{CP}}} < 0,32 \quad (1.10)$$

де B_{CP}- середнє значення параметра шорсткості (за кресленням);

$$B_{\text{CP}} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{заг}}} \quad (1.11)$$

де k- значення параметра шорсткості;

n- кількість поверхонь, які мають відповідну шорсткість;

$$B_{CP} = \frac{0,8 \cdot 6 + 1,6 \cdot 30 + 3,2 \cdot 4}{40} = 1,64$$

$$K_{ш} = \frac{1}{1,64} = 0,61 > 0,32$$

За даним показником деталь нетехнологічна.

За кількісними характеристиками можемо зробити висновок, що деталь нетехнологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Процес переходу від заготовки до деталі необхідно виконувати за декілька переходів. Кількість переходів, їх послідовність визначають при проектуванні маршруту обробки поверхні (МОП).

МОП - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні.

Задачі і послідовність проектування МОП:

а) вивчивши креслення деталі і виконавши ескіз заготовки з вписаними контурами деталі, зробити технологічну розмітку поверхонь деталі, тобто виділити основні поверхні, які будуть механічно обробляться, і позначити їх арабськими цифрами;

б) визначити характеристики поверхонь, розрахувати загальне уточнення і, відповідно, визначити кількість переходів механічної обробки;

в) скласти послідовність показників точності та якості (ППТЯ) основних поверхонь деталі, установити перелік технологічних переходів і значення допусків для цих переходів. На кожну поверхню розробити декілька варіантів ППТЯ. Число k переходів механічної обробки поверхні в різних варіантах ППТЯ може бути різним.

Перевагу віддають тому варіанту ППТЯ i , відповідно, МОП, який забезпечує найкоротший шлях до досягнення кінцевої мети, тобто необхідно прагнути до мінімального числа переходів;

Першим переходом створення поверхні є заготівельна операція (заготовка). Вибір першого переходу механічної обробки (другого переходу в МОП) залежить від виду заготовки. Якщо точність заготовки невисока, то така поверхня спочатку підлягає чорновій обробці. При точній заготовці можна відразу починати чистову обробку, а в деяких випадках і оздоблювальну, кінцеву обробку.

Методи обробки проміжних переходів МОП установлюють, базуючись на початковий і базовий метод обробки. При розробці МОП виходять із того, що кожний наступний перехід повинен бути точнішим попереднього.

г) бажано, щоб в МОП однієї деталі повтор методів обробки був максимальним. Це скорочує номенклатуру необхідного ріжучого інструмента і дозволяє будувати ТП по принципу концентрації.

Для визначення кількості механічних переходів для отримання необхідної точності і якості поверхні розраховують:

- загальне уточнення:

$$o_i = \frac{Ti_{\text{заг}}}{Ti_{\text{дет}}} \quad (1.12)$$

де $Ti_{\text{заг}}$ – допуск на i -й параметр заготовки;

$Ti_{\text{дет}}$ - допуск на i -й параметр деталі за робочим кресленням.

- кількість переходів за лімітуючим показником:

$$k_{Ti} = 2lg_{T0i} \quad (1.13)$$

- часткове уточнення на кожному j -тому переході

$$i_j = \frac{Ti_{(j-1)}}{Ti_j} \quad (1.14)$$

де $Ti_{(j-1)}$ и Ti_j – відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на попередньому $(j - 1)$ і даному j -тому переходах.

Маршрут обробки поверхні вважається прийнятим, якщо виконується умова:

$$i_0 \leq \prod_{i=1}^k i_j \quad (1.15)$$

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні
 $\varnothing 359^{+0,220}_{+0,185}$ мм

Вихідні дані:

Деталь:

$Td_d = 0,035 \text{ мм} = 35 \text{ мкм}$;

$Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$

Квалітет – г6.

Заготовка:

$Td_3 = 2500 \text{ мкм}$;

$Ra_3 = 50 \text{ мкм}$;

Квалітет - IT 15;

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{2500}{35} = 71,4$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

Визначаємо кількість переходів залімітуючим показником за формулою (1.13):

$$k_{\text{розр}} = 2lg \varepsilon_{oTd} = 3,7$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 15 - 6 = 9 = 4 + 3 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT15 \rightarrow h11 \rightarrow h8 \rightarrow T/O \rightarrow r6$$

$$Ra 50 \rightarrow Ra 6,3 \rightarrow Ra 1,6 \rightarrow T/O \rightarrow Ra 0,8$$

Визначаємо уточнення за формулою (1.14):

1) Точіння чорнове

$$Td1 = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_1} = \frac{2500}{360} = 6,94,$$

$$Ra1 = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_1} = \frac{50}{6,3} = 7,94.$$

2) Точіння чистове

$$Td2 = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{360}{89} = 4,04,$$

$$Ra_2 = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{6,3}{1,6} = 3,94.$$

3) Термічна обробка

4) Шліфування

$$Td_4 = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{89}{35} = 2,54$$

$$Ra_4 = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{1,6}{0,8} = 2.$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.15):

$$Td_0 = \prod_{i=1}^k iTd = {}_1Td \cdot {}_2Td \cdot {}_5Td = 6,94 \cdot 4,04 \cdot 2,54 = 71,4$$

$$Ra_0 = \prod_{i=1}^k iRa = {}_1Ra \cdot {}_2Ra \cdot {}_5Ra = 7,94 \cdot 3,94 \cdot 2 = 62,6$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq P\varepsilon_{iTd}$$

$$71,4 \leq 71,4 - \text{вірно}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq P\varepsilon_{iRa}$$

$$65,5 \leq 62,6 - \text{вірно}$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятим.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 261,9^{+0,052}$ мм.

Визначимо дані по деталі та заготовці:

Деталь:

$$Td_d = 0,052 \text{ мм} = 52 \text{ мкм};$$

$$Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$$

Квалітет – Н7.

Заготовка:

$$Td_3 = 2500 \text{ мкм};$$

$$Ra_3 = 50 \text{ мкм};$$

Квалітет - IT 15.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} = \frac{2500}{52} = 48,1$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.13):

$$K_{расч} = 2lg\varepsilon_{Ra} = 3,2$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 15 - 7 = 8 = 4 + 2 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT15 \rightarrow H11 \rightarrow H9 \rightarrow T/O \rightarrow H7$$

$$Ra 50 \rightarrow Ra 3,2 \rightarrow Ra 1,6 \rightarrow T/O \rightarrow Ra 0,8$$

Визначаємо уточнення за формулою (1.14):

1) Розточування чорнове

$$Td_1 = \frac{Td_{\text{зар}}}{Td_1} = \frac{2500}{320} = 7,81,$$

$$Ra_1 = \frac{Ra_{\text{зар}}}{Ra_1} = 3,2 = 15,6.$$

2) Розточування чистове

$$Td_2 = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{320}{130} = 2,46,$$

$$Ra_2 = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{3,2}{1,6} = 2.$$

3) т/о

4) Шліфування

$$Td_4 = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{130}{52} = 2,5$$

$$Ra_4 = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.15):

$$Td_0 = \prod_{i=1}^k iTd = {}_1Td \cdot {}_2Td \cdot {}_4Td = 7,81 \cdot 2,46 \cdot 2,5 = 48,1$$

$$Ra_0 = \prod_{i=1}^k iRa = {}_1Ra \cdot {}_2Ra \cdot {}_4Ra = 15,6 \cdot 2 \cdot 2 = 62,5$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq \prod \varepsilon_{iTd}$$

$$48,1 \leq 48,1 - \text{вірно}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq P\varepsilon_{iRa}$$

$$62,5 \leq 62,5 - \text{вірно}$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятим. Дані заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 - План обробки поверхонь

	Показник	Уточнення	Кількість переходів	Різниця показн. ПШТК	i	Метод обр.		Td, мкм		Взаємн. розміщ		Ra, мкм	$\varepsilon_{i T d}$	ε взаємн.розм.	$\varepsilon_{i R a}$	
Зовнішня циліндр. пов. $\varnothing 359^{+0,220}_{+0,185}$	Td Ra	71,4 62,5	3	15-6= =9=4+3+2	1	Заготівельна	IT15	2500	1,2	50	-	-	-			
					2	Чорнове точіння	h11	360	0,6	6,3	6,94	2	7,94			
					3	Чистове точіння	h8	89	0,05	1,6	4,04	12	3,94			
					4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-			
					5	Шліфування	r6	35	0,03	0,8	2,54	1,67	2			
					Уточнення									71,4	40,8	62,6
Внутрішня циліндр. пов. $\varnothing 261,9^{+0,052}$	Td Ra	48,1 62,5	3	15-7= =8=4+2+ +2	1	Заготівельна	IT15	2500	1,2	50	-	-	-			
					2	Розточування чорнове	H11	320	0,6	3,2	7,81	2	15,6			
					3	Розточування чистове	H9	130	0,05	1,6	2,46	12	2			
					4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-			
					6	Шліфування	H7	52	0,03	0,8	2,5	1,67	2			
					Уточнення									48,1	40,8	62,5

Таблиця 1.6 - Зведена таблиця МОП

№	Розмір, мм	Вид пов.	Заготовка			Деталь			ε_{oTd}	ε_{oRa}	k	Δ
			Кв.	Td, мкм	Ra, мкм	Кв.	Td, мкм	Ra, мкм				
1	$\varnothing 325,5_{-0,68}$	зовнішня циліндр.	IT1 5	250 0	50	h12	680	1,6	3,6 7	31,2 5	2	3
2	$\varnothing 359^{+0,220}_{+0,185}$	зовнішня циліндр.	IT1 5	250 0	50	r6	35	0,8	71, 4	62,5	3	9
3	$\varnothing 270,2_{-0,054}$	зовнішня циліндр.	IT1 5	250 0	50	h7	54	1,6	46, 3	31,2 5	3	8
4	$\varnothing 260^{+0,3}$	внутріш ня циліндр.	IT1 5	210 0	50	H1 0	300	1,6	7	31,2 5	2	5
5	$\varnothing 218^{+0,3}$	внутріш ня циліндр.	IT1 5	210 0	50	H1 0	300	1,6	7	31,2 5	2	5
6	$\varnothing 261,9^{+0,052}$	внутріш ня циліндр.	IT1 5	250 0	50	H7	52	0,8	48, 1	62,5	3	8
7	$444,2_{-0,12}$	торцева	IT1 5	250 0	50	h8	120	0,8	20, 8	62,5	3	7
8	$7_{-0,1}$	торцева	IT1 5	580	50	h11	100	0,8	5,8	62,5	3	4
9	$6^{+0,48}$	торцева	IT1 5	580	50	H1 3	480	1,6	1,2	31,2 5	2	2
1 0	$4,25_{-0,048}$	торцева	IT1 5	480	50	h10	48	0,8	10	62,5	3	5
1 1	$\varnothing 8,7^{+0,016}$	внутріш ня циліндр.	-	-	-	H7	16	1,6	-	-	2	-
1 2	$\varnothing 12,5^{+0,24}_{-0,12}$	внутріш ня циліндр.	-	-	-	H1 3	360	1,6	-	-	1	-
1 3	$\varnothing 10^{+0,016}$	внутріш ня циліндр.	-	-	-	H7	16	1,6	-	-	2	-
1 4	$\varnothing 12,5^{+0,24}$	внутріш ня циліндр.	-	-	-	H1 2	240	1,6	-	-	1	-
1 5	$\varnothing 7,5^{+0,2}$	внутріш ня	-	-	-	H1 2	200	3,2	-	-	1	-

		циліндр.										
1 6	Ø40 _{-0,3}	внутріш ня циліндр.	-	-	-	H1 2	300	3,2	-	-	1	-

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі – це укрупнений план обробки заготовки. Метою цього етапу є призначення загального плану обробки деталей, побудова технологічного маршруту та попередній вибір обладнання. В подальшому, в разі зміни типу виробництва деталі, програм виготовлення деталей та іншого, цей маршрут може змінюватись. В якості початкового матеріалу використовуються заводські маршрутні технологічні процеси.

Під час встановлення загальної послідовності обробки спочатку обробляють поверхні, прийняті за технологічні бази. Потім обробляють інші поверхні в послідовності, зворотній ступеню їх точності.

Якщо деталь піддають термічній обробці, то технологічний процес виготовлення деталі розчленовують на дві частини: до термообробки і після неї. Для усунення можливих деформацій часто доводиться передбачати правку деталей або обробку окремих поверхонь після термообробки. Послідовність обробки залежить від призначених конструкторських баз.

Після операції механообробки, як правило, призначають контрольну операцію. Послідовність операцій також може змінитися, якщо деталь обробляється за типовим процесом.

Розробка змісту операцій означає послідовність переходів в операції. Розробка технологічної операції починається з виявлення елементарних поверхонь, обробка яких повинна здійснюватися певним інструментом, тобто з розчленовування операції на переходи.

У процесі розробки переходів слід врахувати, що одночасна обробка декількох поверхонь забезпечує співвісність даних поверхонь з більш високою точністю.

Операція може містити один і більше установ, а також один і більше перехід. Спочатку розглядають і визначають кількість і послідовність встановлень, а потім - переходів. Для кожного установу виконується окремий ескіз із зазначенням номера установка.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 359^{+0,220}_{+0,185}$ мм

Обираємо мінімальні припуски табличним методом [2, с. 39, табл. 4.3]:

Точіння чорнове $2z_2^{min} = 2 \cdot 5,0 = 10$ мм;

Точіння чистове $2z_3^{min} = 2 \cdot 0,45 = 0,9$ мм;

Шліфування однократне $2z_4^{min} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ мм;

Визначаємо номінальні припуски:

$$2z_2^H = 2z_2^{min} + ei_1 = 10 + 0,9 = 10,9 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{min} + Td_2 = 0,9 + 0,36 = 1,26 \text{ мм};$$

$$2z_4^H = 2z_4^{min} + Td_3 = 0,2 + 0,089 = 0,289 \text{ мм};$$

Знайдемо номінальні діаметри:

$$d_1^H = d_2^H + 2z_2^H = 360,549 + 10,9 = 371,449 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H + 2z_3^H = 359,289 + 1,26 = 360,549 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_4^H + 2z_4^H = 359 + 0,289 = 359,289 \text{ мм};$$

$$d_4^H = d_{\text{дет}}^H = 359 \text{ мм.}$$

Знайдемо максимальні припуски:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^{\min} + Td_1 + Td_2 = 10 + 2,5 + 0,36 = 12,86 \text{ мм;}$$

$$2z_3^{\max} = 2z_3^H + Td_3 = 1,26 + 0,089 = 1,349 \text{ мм;}$$

$$2z_4^{\max} = 2z_4^H + Td_4 = 0,289 + 0,035 = 0,324 \text{ мм;}$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_0^H = \sum 2z_i^H = 10,9 + 1,26 + 0,289 = 12,449 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$1. d_{\text{заг}}^H - d_{\text{дет}}^H = 2z_0^H$$

$$371,449 - 359 = 12,449$$

$$12,449 = 12,449 - \text{вірно.}$$

$$2. 2z_2^{\max} - 2z_2^{\min} = Td_1 + Td_2$$

$$12,86 - 10 = 2,5 + 0,36$$

$$2,86 = 2,86 - \text{вірно.}$$

$$2z_3^{\max} - 2z_3^{\min} = Td_2 + Td_3;$$

$$1,349 - 0,9 = 0,36 + 0,089$$

$$0,449 = 0,449 - \text{вірно.}$$

$$2z_4^{\max} - 2z_4^{\min} = Td_3 + Td_4;$$

$$0,324 - 0,2 = 0,089 + 0,035$$

$$0,124 = 0,124 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків на обробку поверхні
 $\varnothing 359^{+0,220}_{+0,185}$ мм

	Операції	es, мм	ei, мм	Td, мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Виконавчий розмір d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготовка	1,6	-0,9	2,5	-	371,44 9	$\varnothing 371^{+1,6}_{-0,9}$	-	-
2	Чорнове точіння	-	-0,36	0,36	10,9	360,54 9	$\varnothing 360,5_{-0,36}$	12,86	10
3	Чистове точіння	-	- 0,08 9	0,08 9	1,26	359,28 9	$\varnothing 359,29_{-0,089}$	1,349	0,9
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування остаточне	-	- 0,03 5	0,03 5	0,28 9	359	$\varnothing 359^{+0,220}_{+0,185}$	0,324	0,2

Циліндрична внутрішня поверхня $\varnothing 261,9^{+0,052}$ мм

Визначаємо висоту нерівностей R_z та висоту дефектного шару h
 [2, с. 19, табл. 3.7]: $R_z = 160$ мкм; $h = 300$ мкм.

За переходами:

Розточування чорнове $R_z = 40$ мкм; $h = 75$ мкм.

Розточування чистове. $R_z = 20$ мкм; $h = 20$ мкм.

Шліфування $R_z = 10$ мкм; $h = 15$ мкм.

Визначимо значення просторових відхилень ρ для заготовки
 [2, с. 25, табл. 3.9]:

$$\rho_{\text{кор}}^{\text{табл}} = 0,8 \text{ мкм/мм}$$

$$\rho_{\text{кор}} = \rho_{\text{кор}}^{\text{табл}} \cdot l = 0,8 \cdot 444,2 = 355,4 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{зміщ}} = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм}$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зміщ}}^2} = \sqrt{355,4^2 + 800^2} = 875,4 \text{ мкм}$$

За переходами :

Коефіцієнти уточнення [4, с. 190, табл. 29]:

$$K_{\text{урозт.чорн.}} = 0,06 ; K_{\text{урозт.чист.}} = 0,04 ; K_{\text{ушлиф.}} = 0,03$$

$$\rho_2 = 875,4 \cdot 0,06 = 53 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 53 \cdot 0,04 = 2 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = \rho_{\text{кор.Т/О}} \cdot l = 0,5 \cdot 444,2 = 222 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 222 \cdot 0,03 = 7 \text{ мкм}$$

де $\rho_{\text{кор.Т/О}} = 0,5 \text{ мкм/мм}$ [4, с.186, т.16] - короблення заготовки після термообробки;

Визначимо мінімальні припуски:

$$2Z_2^{\text{min}} = 2 \left(160 + 300 + \sqrt{875,4^2 + 200^2} \right) = 2,7 \text{ мм};$$

$$2Z_3^{\text{min}} = 2(40 + 75 + \sqrt{53^2 + 80^2}) = 0,44 \text{ мм};$$

$$2Z_5^{\text{min}} = 2(20 + 20 + \sqrt{222^2 + 50^2}) = 0,5 \text{ мм};$$

Визначимо номінальні припуски:

$$2Z_2^{\text{H}} = 2Z_2^{\text{min}} + es_1 = 2,7 + 1,6 = 4,3 \text{ мм};$$

$$2Z_3^{\text{H}} = 2Z_3^{\text{min}} + Td_2 = 0,44 + 0,32 = 0,76 \text{ мм};$$

$$2Z_5^{\text{H}} = 2Z_5^{\text{min}} + Td_3 = 0,5 + 0,13 = 0,63 \text{ мм};$$

Визначимо номінальні діаметри:

$$d_1^H = d_2^H - 2z_2^H = 260,51 - 4,3 = 256,21 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H - 2z_3^H = 261,27 - 0,76 = 260,51 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_5^H - 2z_5^H = 261,9 - 0,63 = 261,27 \text{ мм};$$

$$d_5^H = d_{\text{дет}}^H = 261,9 \text{ мм}.$$

Знайдемо максимальні припуски:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^{\min} + Td_1 + Td_2 = 2,7 + 2,5 + 0,32 = 5,52 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 2z_3^H + Td_3 = 0,76 + 0,13 = 0,89 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = 2z_5^H + Td_5 = 0,63 + 0,052 = 0,682 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_0^H = \sum 2z_i^H = 4,3 + 0,76 + 0,63 = 5,69 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$1. d_{\text{дет}}^H - d_{\text{заг}}^H = 2z_0^H$$

$$261,9 - 256,21 = 5,69$$

$$5,69 = 5,69 - \text{вірно}.$$

$$2. 2z_2^{\max} - 2z_2^{\min} = Td_1 + Td_2$$

$$5,52 - 2,7 = 2,5 + 0,32$$

$$2,82 = 2,82 - \text{вірно}.$$

$$2z_3^{\max} - 2z_3^{\min} = Td_2 + Td_3;$$

$$0,89 - 0,44 = 0,32 + 0,13$$

$$0,45 = 0,45 - \text{вірно}.$$

$$2z_5^{\max} - 2z_5^{\min} = Td_3 + Td_5;$$

$$0,682-0,5=0,13+0,052$$

$$0,182=0,182 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 - Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 261,9^{+0,052}$

	Операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε_i , мкм	Td, мм	$2Z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Виконавчий розмір d, мм	$2Z_i^{max}$ мм	$2Z_i^{min}$ мм
1	Заготівельна	160	300	875,4	-	2,5	-	256,2 ₁	$\varnothing 256^{+1,6}_{-0,9}$	-	-
2	Розточування чорнове	40	75	53	200	0,32	4,3	260,5 ₁	$\varnothing 260,5^{+0,32}$	5,52	2,7
3	Розточування чистове	20	20	2	80	0,13	0,76	261,2 ₇	$\varnothing 261,3^{+0,13}$	0,89	0,44
4	Т/О	-	-	222	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування	10	15	7	50	0,052	0,63	261,9	$\varnothing 261,9^{+0,052}$	0,682	0,5

1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу

Етапи призначення режимів різання

1. Обрати ріжучий інструмент

2. Призначити стійкість ріжучого інструменту T, хв. Обираємо з таблиць з довідника [3] в залежності від типу, матеріалу і геометрії інструмента та параметрів заготовки.

3. Призначити глибину різання t, мм

- для точіння, круглого шліфування, розточування, розгортання, зенкерування:

$$t = \frac{d_{i-1} - d_i}{2} \quad (1.16)$$

де d_{i-1} – розмір деталі, отриманий на попередній операції, мм;
 d_i – розмір, який отримують на даній операції, мм.

- для свердління

$$t = \frac{d_{\text{св.}}}{2} \quad (1.17)$$

де $d_{\text{св.}}$ – діаметр свердла, мм.

4. Призначити подачу

1) Обираємо $S_{\text{табл.}}$, мм/об за спеціальними таблицями;

2) Знаходимо $S_{\text{розр.}}$, мм/об;

Для точіння:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл.}} \cdot K_{S\Pi} \cdot K_{S\text{и}} \cdot K_{S\Phi} \cdot K_{S\text{з}} \cdot K_{S\text{жс}} \cdot K_{S\text{м}} \quad (1.18)$$

де $K_{S\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{S\text{и}}$ – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента;

$K_{S\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму поверхні;

$K_{S\text{з}}$ – коефіцієнт, що враховує термообробку;

$K_{S\text{жс}}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

$K_{S\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі.

Для свердління:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_{Si} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} \quad (1.19)$$

де K_{Si} — коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

K_{Sd} — коефіцієнт, який враховує тип оброблюваного отвору.

Для фрезерування:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sф} \cdot K_{SR} \quad (1.20)$$

де K_{Sc} — коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SR} — коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні.

Для шліфування:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{Vk} \cdot K_t \cdot K_T \cdot K_h \quad (1.21)$$

де K_R — коефіцієнт, що враховує радіус галтелі;

K_D — коефіцієнт, який враховує діаметр круга;

K_{Vk} — коефіцієнт, що враховує швидкість круга;

K_t — коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_T — коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_h — коефіцієнт, що враховує припуск на обробку.

3) Визначаємо S_o , мм/об за паспортом верстата.

5. Визначаємо швидкість різання

1) Обираємо $V_{\text{табл}}$, м/мин за спеціальними таблицями;

2) Знаходимо $V_{\text{розр}}$, м/мин

Для точіння:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{Vп} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vф} \cdot K_{Vз} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \quad (1.22)$$

де K_{Vo} — коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР;

$K_{V\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані.

Для свердління:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vd} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \quad (1.23)$$

Для фрезерування:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vi} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{Vc} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VB} \quad (1.24)$$

де K_{VB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної.

6. Визначаємо кількість обертів n , об/хв

1) Визначаємо $n_{\text{розр}}$

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{розр}}}{\pi \cdot d}$$

2) За паспортом верстата приймаємо найближче менше значення $n_{\text{верст}}$, об/хв

3) Знаходимо фактичну швидкість різання V_{ϕ} , м/хв

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{верст}}}{1000} \quad (1.26)$$

Технологічне нормування

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \quad (1.28)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час, хв;

$t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв;

n – об'єм партії, шт.

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{приб}} \quad (1.29)$$

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_b \quad (1.30)$$

$$t_{\text{приб}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma} \quad (1.31)$$

де $t_{\text{оп}}$ – операційний час, хв;

$t_{\text{приб}}$ – час на обслуговування робочого місця та відпочинок, хв;

α_{Σ} – коефіцієнт прибавочного часу;

t_o – основний час, хв;

t_b – допоміжний час, хв.

$$t_o = \sum t_{oj}, \quad (1.32)$$

$$t_{oj} = \sum t_{oi}, \quad (1.33)$$

$$t_{oi} = \frac{l_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n} \cdot i \quad (1.34)$$

де t_{oj} – основний час i -го переходу, хв;

t_{oi} – основний час обробки i -ї поверхні, хв;

$l_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість проходів.

Для шліфування основний час за формулою:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{рез}} \cdot Z \cdot k}{S_o \cdot S_p \cdot n_{\text{дет}}} \cdot i \quad (1.35)$$

$$t_b = k \cdot (t_{\text{уст}} + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{шп}} + t_{\text{шв}} + t_{\text{контр}}) \quad (1.36)$$

де k – коефіцієнт, що враховує серійність;

$t_{\text{уст}}, t_{\text{зн}}$ – час на установку та зняття заготовки, хв;

$t_{\text{упр}}$ – час, необхідний на управління верстатом, хв;

$t_{\text{шп}}, t_{\text{шв}}$ - швидке підведення та відведення інструменту в початкове положення, хв;

$t_{\text{контр}}$ – час на вимір та контроль основних параметрів деталі, хв;

$$t_{\text{упр}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}} + t_{\text{поворотарг}} + t_{\text{пер.част.}} + t_{\text{огр}} \quad (1.37)$$

де $t_{\text{вкл}}$ и $t_{\text{викл}}$ - час на вмикання та вимикання верстата, хв;

$t_{\text{поворотарг}}$ – час на поворот револьверної головки в наступну позицію, хв;

$t_{\text{пер.част.}}$ – час на переключення частоти обертання шпинделя, хв;

$t_{\text{огр}}$ - час на огорожу від стружки, хв.

Операція 070Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК SKQ12NC.

Пристосування: трьохкулачковий патрон.

Інструмент: різець 25х30, $\varphi = 30^\circ$, T5K10, R=1 мм;

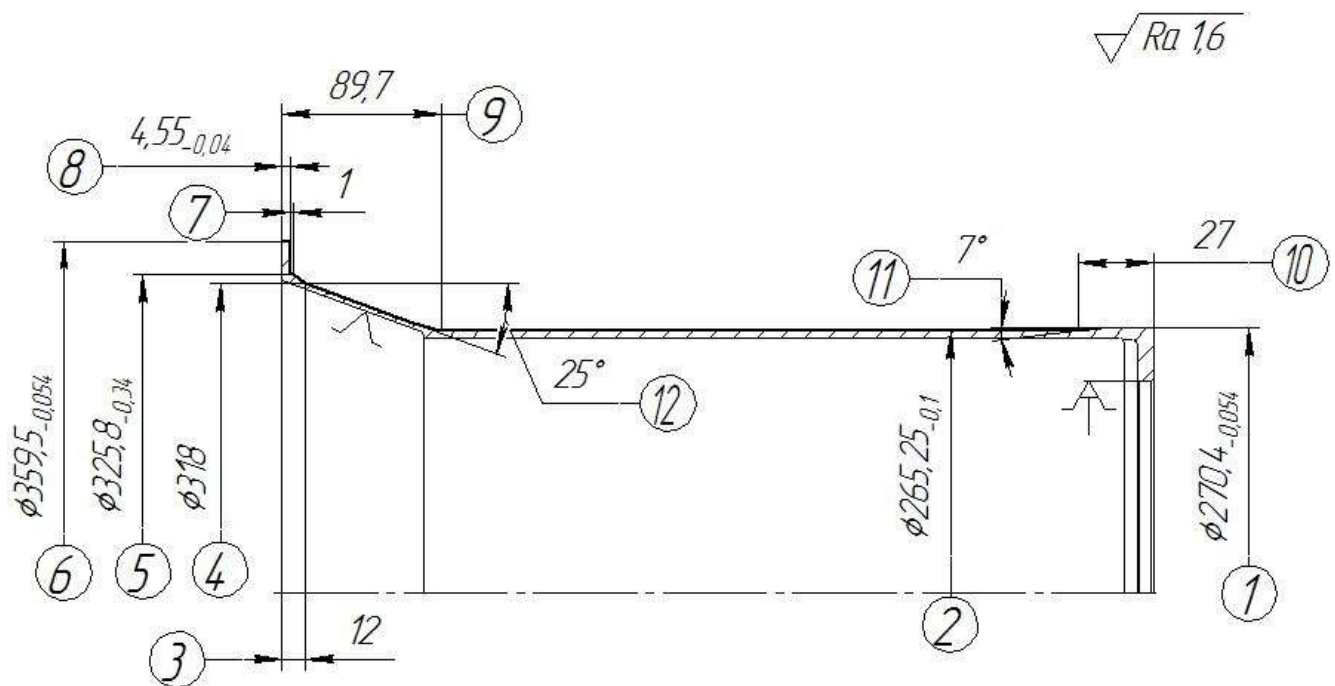


Рисунок 1.7 - Операційний ескіз токарної операції

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60\text{хв}$;

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{266,4 - 265,25}{2} = 0,575 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{360 - 359,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{326,2 - 325,8}{2} = 0,2 \text{ мм}$$

$$t_4 = 5 - 4,55 = 0,45 \text{ мм}$$

Перехід 1: Точити поверхню, витримуючи розміри 1,2,10,11.

Обираємо подачу за [3, с.238, т.28]: $S_{\text{табл}} = 0,11 \text{ мм/об.}$

За формулою (1.18) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,11 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,78 = 0,09 \text{ мм/об}$$

де $K_{S\Pi} = 1$ — для поверхні без корки;

$K_{S\Pi} = 1$ — для інструменту із твердого сплаву;

$K_{S\phi} = 1$;

$K_{S3} = 1$;

$K_{S\text{ж}} = 1$ — для оброблюваного діаметра більше 150 мм;

$K_{SM} = 0,78$ — для жароміцних сплавів на нікелевій основі.

Приймаємо $S_o = 0,09 \text{ мм/об.}$

Табличну швидкість обираємо за [3, с.248, т.44]: $V_{\text{табл}} = 42 \text{ м/хв.}$

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.22):

$$V_{\text{розр}} = 42 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1,2 = 99 \text{ м/хв}$$

де $K_{V\pi} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{V\text{и}} = 1,4$ – для інструменту із твердого сплаву;

$K_{Vз} = 1$;

$K_{Vж} = 1$ – для оброблюваного діаметра більше ніж 150 мм;

$K_{V\text{м}} = 1,4$ – для жароміцних сплавів на нікелевій основі;

$K_{V\text{о}} = 1$ – обробка з ЗОР;

$K_{V\varphi} = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані 30° .

За формулою (1.25) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 99}{3,14 \cdot 360} = 87,6 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 80 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання $V_{\text{ф}}$ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 360 \cdot 80}{1000} = 90 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 2: Точити поверхню, витримуючи розміри 3-9, 12.

Режими використовуємо як в переході 1, так як припуск та умови різання дуже близькі до переходу 1.

Основний час:

Перехід 1 :

Основний час за формулою (1.34):

$$L_1 = 328 + 3 + 3 = 334 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн } 1} = \frac{334}{0,09 \cdot 80} = 46,39 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

$$L_2 = 100 + 35 + 4,5 + 0 + 3 = 142,5 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн } 2} = \frac{142,5}{0,09 \cdot 80} = 19,79 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.32):

$$T_o = T_{\text{осн } 1} + T_{\text{осн } 2} = 46,39 + 19,79 = 66,18 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.36):

$$T_{\text{уст}} = 0,67 \text{ хв [5, карта 51, стр.138];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,15 + 0,03 = 0,31 \text{ хв [5, карта 60-61, стр.150];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв [5, карта 64, стр.160];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,67 + 0,31 + 0,18 = 1,16 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.30):

$$T_{\text{оп}} = 66,18 + 1,16 = 67,34 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

$$T_{\text{приб}} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 67,34 = 7,4 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

$$T_{\text{шт-к}} = 67,34 + 7,4 + \frac{19}{288} = 74,8 \text{ хв.}$$

Операція 100 Свердлильна з ЧПК

Операція виконується свердлильному верстаті з ЧПК WKV-100.

Інструмент: свердло $\varnothing 7$ мм ГОСТ2034-80, матеріал Р6М5;

свердло $\varnothing 9$ мм ГОСТ 2034-80, матеріал Р6М5;

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ мм}$$

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

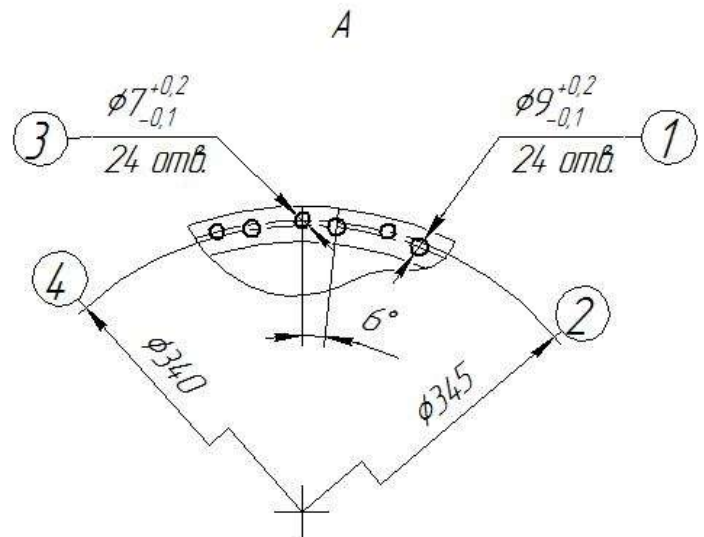
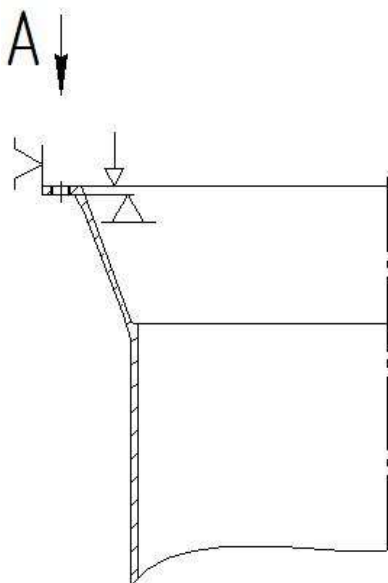


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз свердлильної операції

Перехід 1: Свердли 24 отвори $\varnothing 7$ мм.

Обираємо подачу за [3, с.267, т.64]: $S_{\text{табл}} = 0,12$ мм/об.

За формулою (1.16) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,066 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sl} = 1$ — для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Si} = 1$ — для інструменту із швидкоріжучої сталі;

$K_{Sd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{Sm} = 0,55$ — для жароміцних сплавів на нікелевій основі.

Приймаємо $S_o = 0,06$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.271, т.68]: $V_{\text{табл}} = 7,1$ м/хв.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.23):

$$V_{\text{розр}} = 7,1 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 5,2 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ — для поверхні без корки;

$K_{Vi} = 0,73$ — для інструменту з Р6М5;

$K_{Vd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 1$ — для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Vo} = 1$ — обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 5,2}{3,14 \cdot 7} = 236,6 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 200 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 200}{1000} = 4,3 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Перехід 2: Свердлити 24 отвори $\varnothing 9$ мм.

Обираємо подачу за [3, с.267, т.64]: $S_{\text{табл}} = 0,15$ мм/об.

За формулою (1.16) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,083 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sl} = 1$ — для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Si} = 1$ — для інструменту із швидкоріжучої сталі;

$K_{Sd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{Sm} = 0,55$ — для жароміцних сплавів на нікелевій основі.

Приймаємо $S_o = 0,08$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.271, т.68]: $V_{\text{табл}} = 19$ м/хв.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.23):

$$V_{\text{розр}} = 19 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 13,9 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ — для поверхні без корки;

$K_{Vi} = 0,73$ — для інструменту з Р6М5;

$K_{Vd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 1$ — для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Vo} = 1$ — обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 13,9}{3,14 \cdot 9} = 491 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 450 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_{ϕ} за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 450}{1000} = 12,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний час:

Перехід 1 :

Основний час за формулою (1.31):

$$L_1 = 4,5 + 5 + 5 = 14,5 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн } 1} = \frac{14,5}{0,06 \cdot 200} \cdot 24 = 29 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

$$L_2 = 4,5 + 5 + 5 = 14,5 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн } 2} = \frac{14,5}{0,08 \cdot 450} \cdot 24 = 9,7 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.29):

$$T_o = T_{\text{осн } 1} + T_{\text{осн } 2} = 29 + 9,7 = 38,7 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.33):

$$T_{\text{уст}} = 0,53 \text{ хв [5, карта 81, стр.158];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,28 \text{ хв [5, карта 85-66, стр.170];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв[5, карта 88, стр.172];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,53 + 0,28 + 0,18 = 0,99 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.27):

$$T_{\text{оп}} = 38,7 + 0,99 = 39,69 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.28):

$$T_{\text{приб}} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 39,69 = 4,36 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.25):

$$T_{\text{шт-к}} = 39,69 + 4,36 + \frac{29}{288} = 44,15 \text{ хв.}$$

Операція 105 Фрезерна з ЧПК

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК МА-655А8.

Інструмент: фреза $\varnothing 20$ мм ГОСТ 29092-91, матеріал Р9М4К8;

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Обираємо подачу на зуб за [3, с.305, т.113]: $S_{Z\text{табл}} = 0,17$ мм/зуб.

За формулою (1.20) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{Z\text{розр}} = 0,17 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,06 \text{ мм/об}$$

де $K_{V\phi} = 0,66$ —для обробки пазу;

$K_{VH} = 1$ – для інструменту з швидкоріжучої сталі;

$K_{SR} = 0,5$.

$$S_o = S_{Z_{розр}} \cdot Z = 0,06 \cdot 4 = 0,24 \text{ мм/об}$$

де $Z=4$ – кількість зубів фрези.

Приймаємо $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.320, т.132]: $V_{\text{табл}} = 35 \text{ м/хв}$.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.24):

$$V_{\text{розр}} = 35 \cdot 0,57 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 21,9 \text{ м/хв}$$

де $K_{V\pi} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{V\phi} = 0,57$ – для обробки пазу;

$K_{VH} = 1,1$ – для інструменту з P9M4K8;

$K_{VB} = 1$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

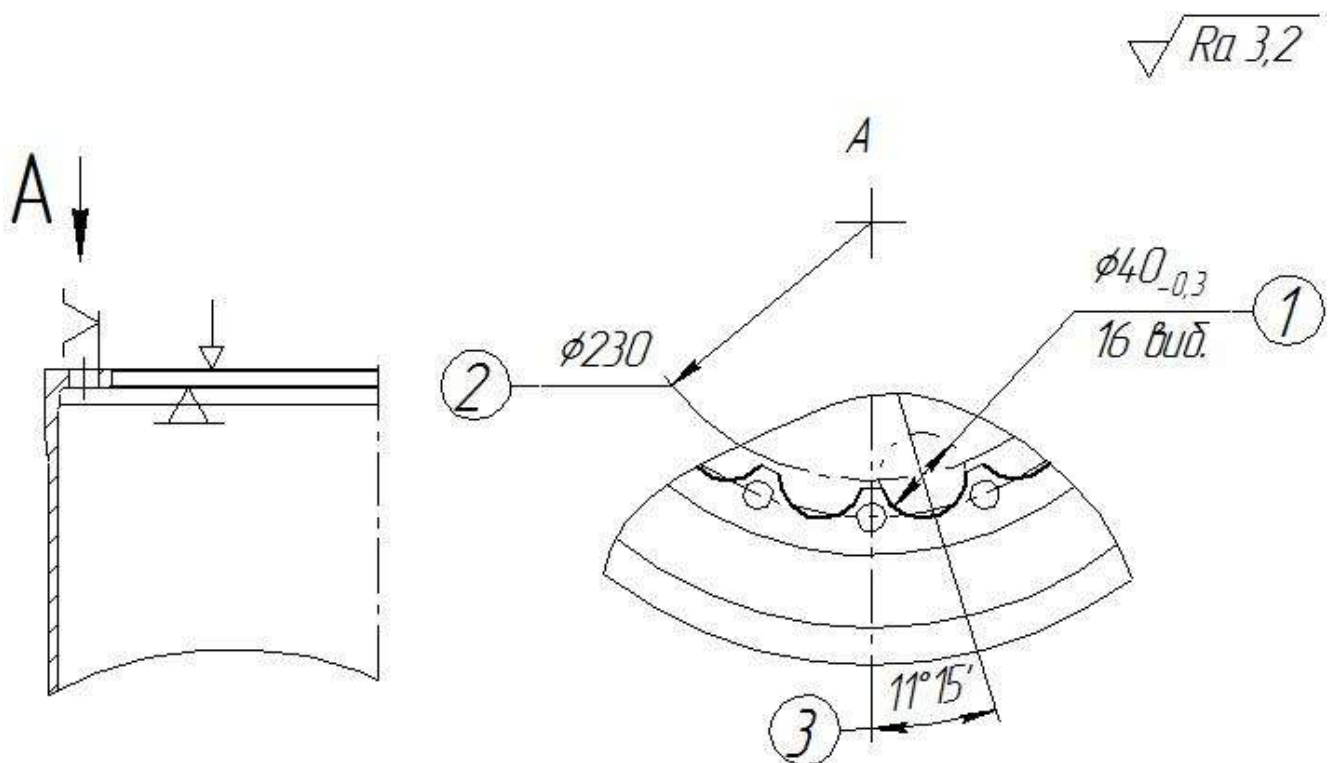


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз фрезерної операції

За формулою (1.24) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 21,9}{3,14 \cdot 250} = 27,9 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 25 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання $V_{\text{ф}}$ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 25}{1000} = 19,6 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний час:

Основний час за формулою (1.34):

$$L_1 = 5 + 5 + 20 = 30 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{30}{0,24 \cdot 25} \cdot 16 = 80 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.36):

$$T_{\text{уст}} = 0,53 \text{ хв [5, карта 81, стр.158];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,28 \text{ хв [5, карта 85-66, стр.170];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв[5, карта 88, стр.172];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,53 + 0,28 + 0,18 = 0,99 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.30):

$$T_{\text{оп}} = 80 + 0,99 = 80,99 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

$$T_{\text{приб}} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 80,99 = 8,9 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

$$T_{\text{шт-к}} = 80,99 + 8,9 + \frac{29}{288} = 89,99 \text{ хв.}$$

Операція 085Круглошліфувальна

Виконується на шліфувальному верстаті 3А161.

Шліфувальний круг 5-200х30х63 24А 40СМ1К ГОСТ 2424-82, 35 м/с.

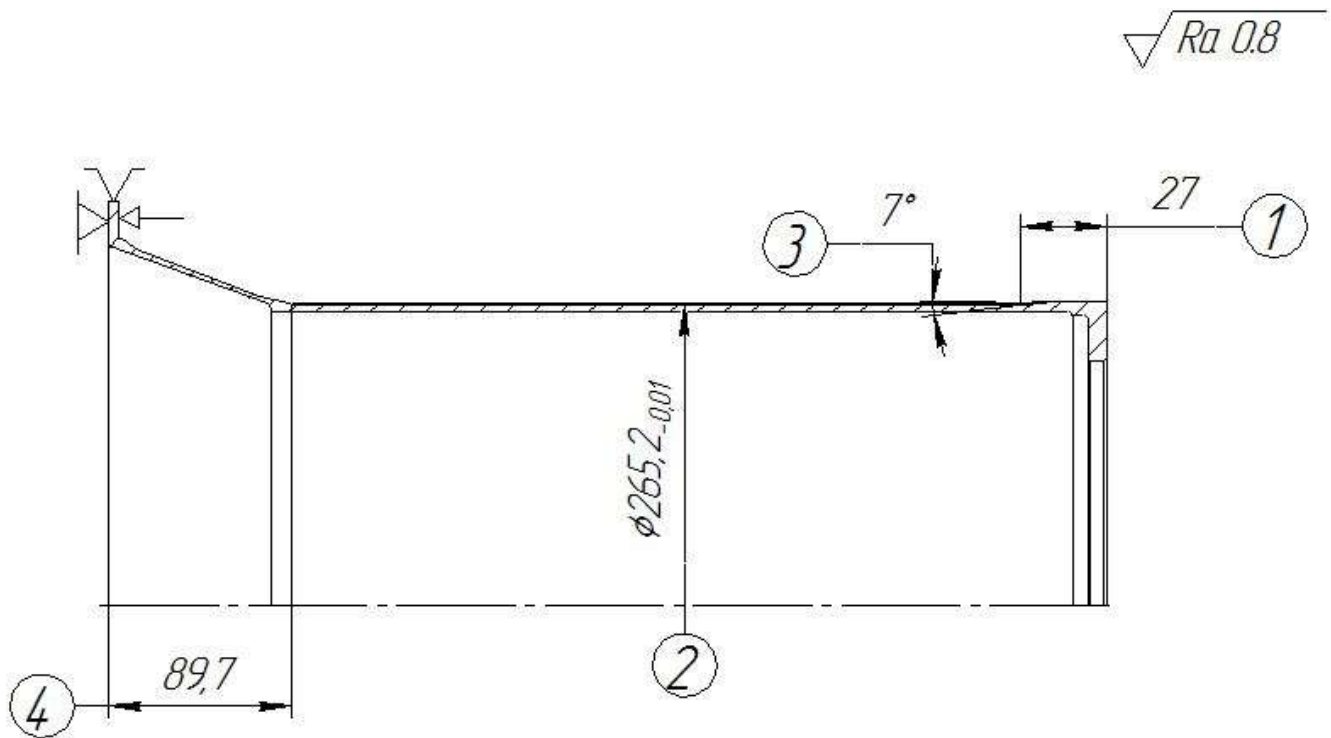


Рисунок 1.10 - Операційний ескіз шліфувальної операції

Вибір радіальної подачі за [3, с.351, табл. 169]: $S_{\text{табл}} = 0,011 \text{ мм/об.}$

За формулою (1.21) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,011 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,75 \cdot 0,76 = 0,005 \text{ мм/об}$$

$$\text{де } K_M = 0,6;$$

$$K_D = 1;$$

$$K_{V_k} = 1;$$

$$K_t = 1,4;$$

$$K_T = 0,75;$$

$$K_h = 0,76.$$

Приймаємо $S_o = 0,005 \text{ мм/об}$.

Табличну швидкість обертання заготовки обираємо за [3, с.343, табл.161]: $V_{\text{дет}} = 80 \text{ м/хв}$.

Частота обертання:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{кр}} \cdot 60}{\pi \cdot D_{\text{кр}}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 200} = 3343,9 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{дет}}}{\pi \cdot D_{\text{дет}}} = \frac{1000 \cdot 80}{3,14 \cdot 265,2} = 96,1 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n_{\text{кр}} = 3300 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$, $n_{\text{дет}} = 90 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Фактична швидкість:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 3300}{1000 \cdot 60} = 34,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{дет}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 265,2 \cdot 90}{1000} = 74,9 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний час за формулою (1.35):

$$L = 327,5 + 5 + 5 = 337,5 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{337,5 \cdot 0,3 \cdot 1,3}{0,005 \cdot 80} = 32,8 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.36):

$$T_{\text{уст}} = 0,43 \text{ хв [5, карта 91, стр.188];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,2 + 0,03 = 0,36 \text{ хв [5, карта 94, стр.190];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,15 + 0,06 = 0,21 \text{ хв[5, карта 98, стр.194];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,43 + 0,36 + 0,21 = 1 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.30):

$$T_{\text{оп}} = 32,8 + 1 = 33,8 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

$$T_{\text{приб}} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 33,8 = 3,7 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

$$T_{\text{шт-к}} = 33,8 + 3,7 + \frac{6}{288} = 37,5 \text{ хв.}$$

1.7Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.7.1 Розробка токарної операції

Операція 070 Токарна з ЧПК (рис. 1.7)

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК SKQ12NC.

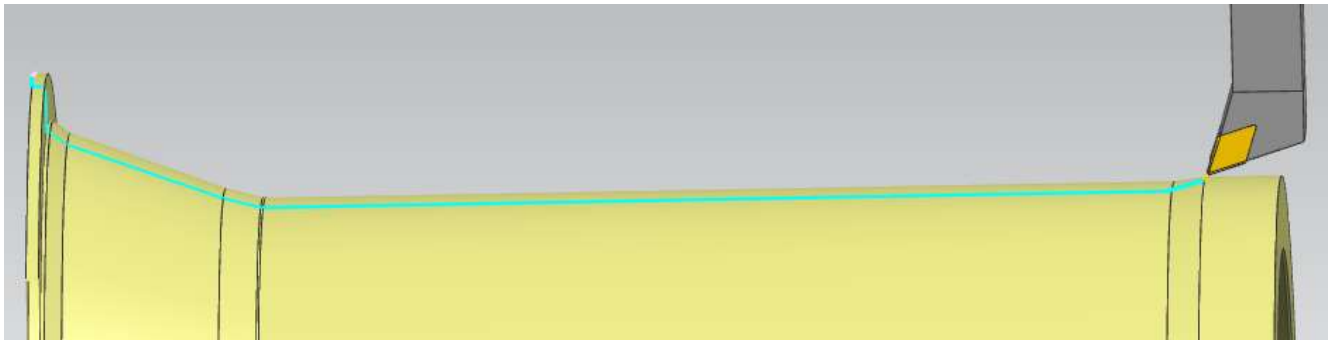


Рисунок 1.11 - Траєкторія токарної операції

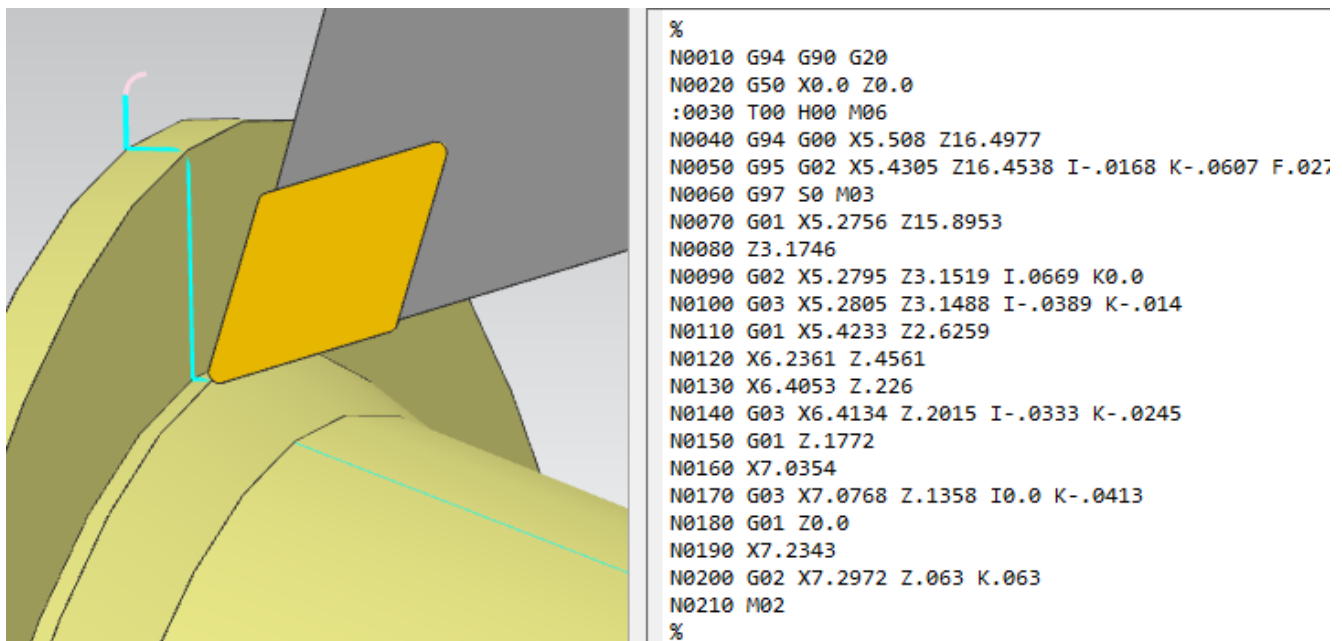


Рисунок 1.12- Керуюча програма токарної операції

1.7.2 Розробка свердлильної операції

Операція 100 Свердлильна з ЧПК (рис. 1.8).

Операція виконується на свердлильному верстаті з ЧПК WKV-100.

Перехід 1: свердлити 24 отвори $\varnothing 7$ мм.

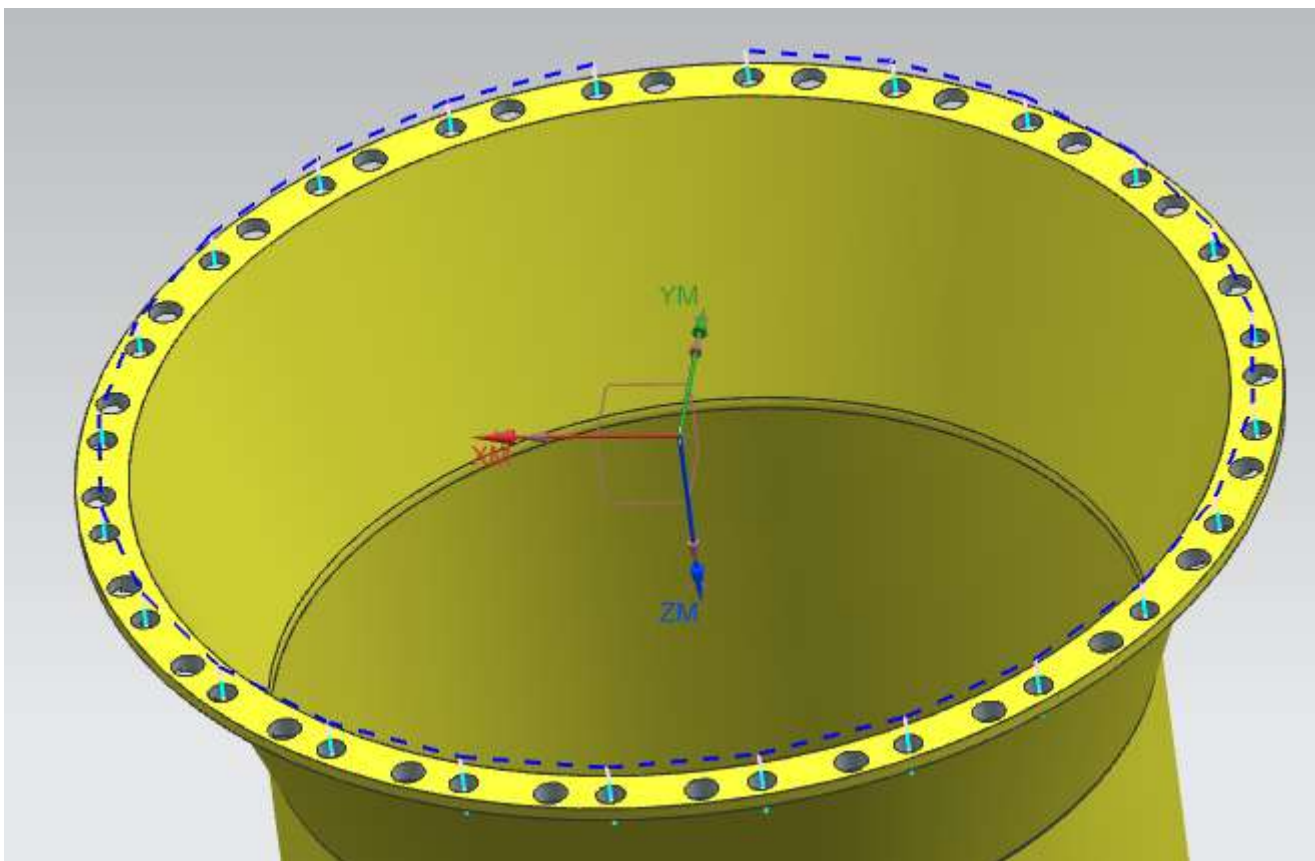


Рисунок 1.13 - Траєкторія свердильної операції (перехід 1)

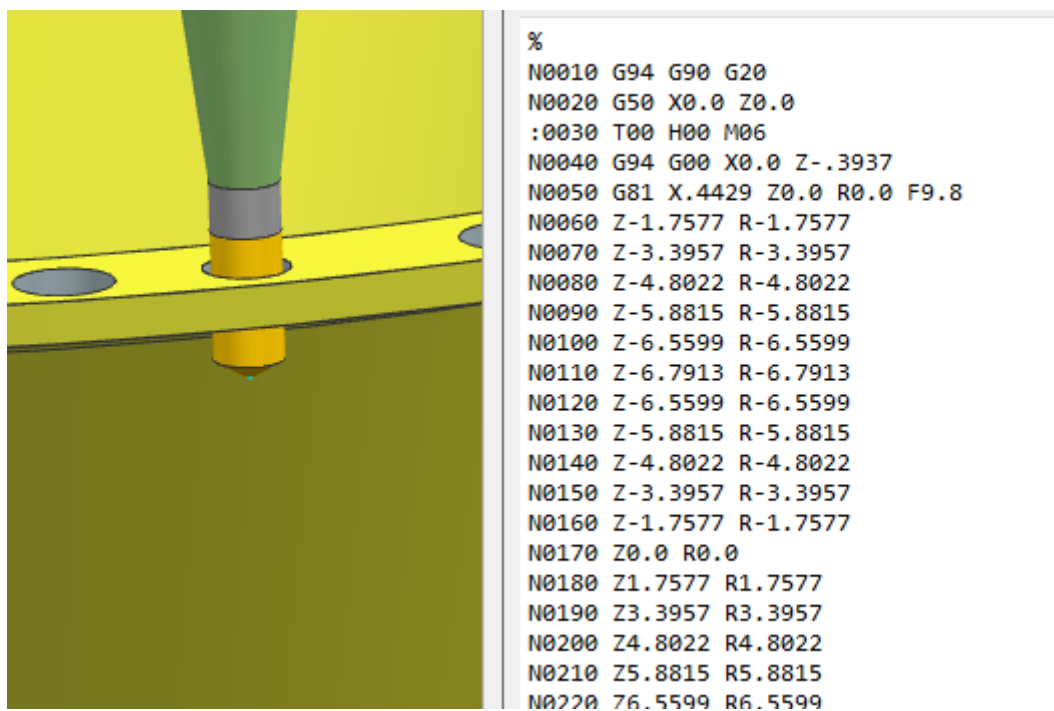


Рисунок 1.14 - Керуюча програма свердильної операції (перехід 1)

Перехід 2: свердлити 24 отвори $\varnothing 9$ мм.

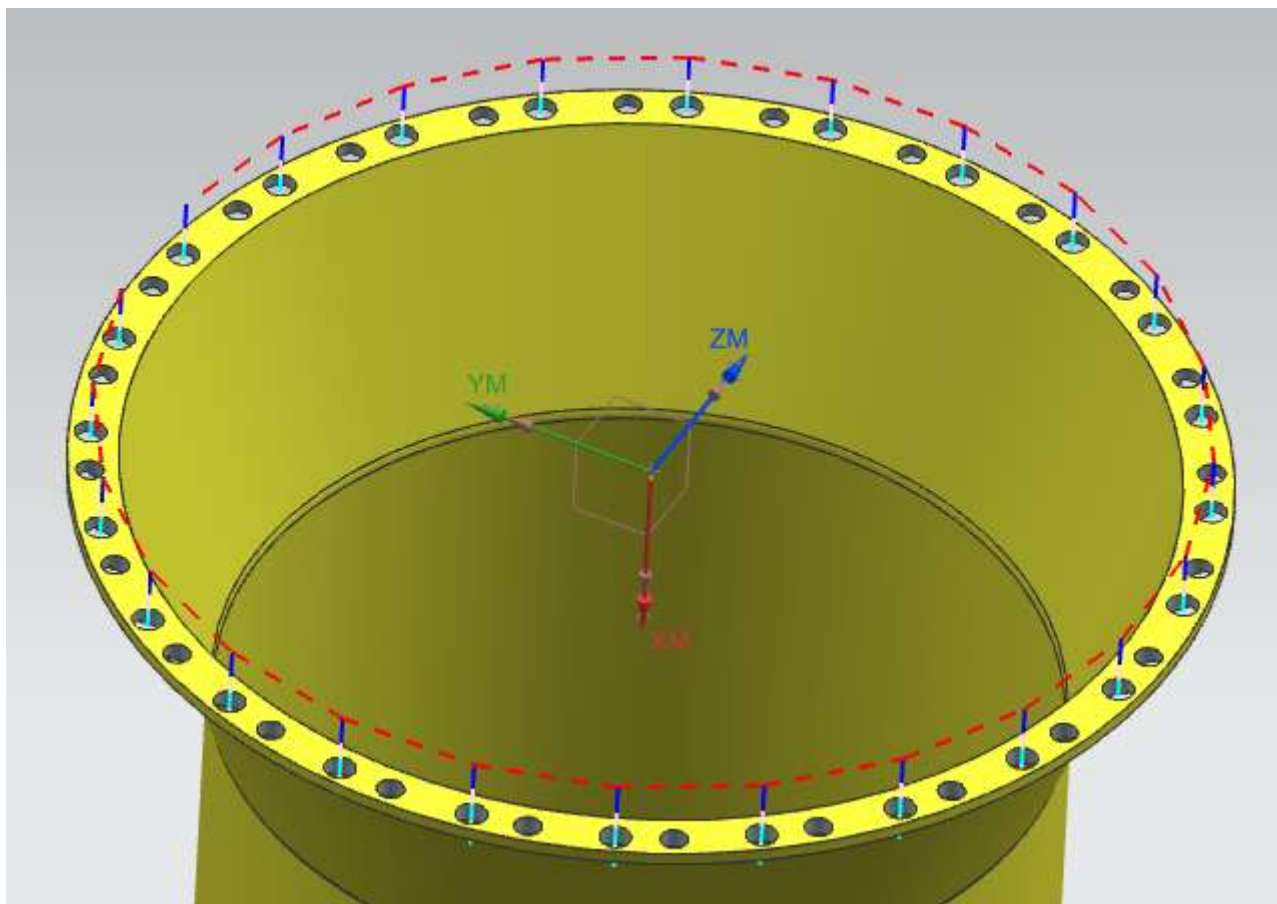


Рисунок 1.15 - Траєкторія свердильної операції (перехід 2)

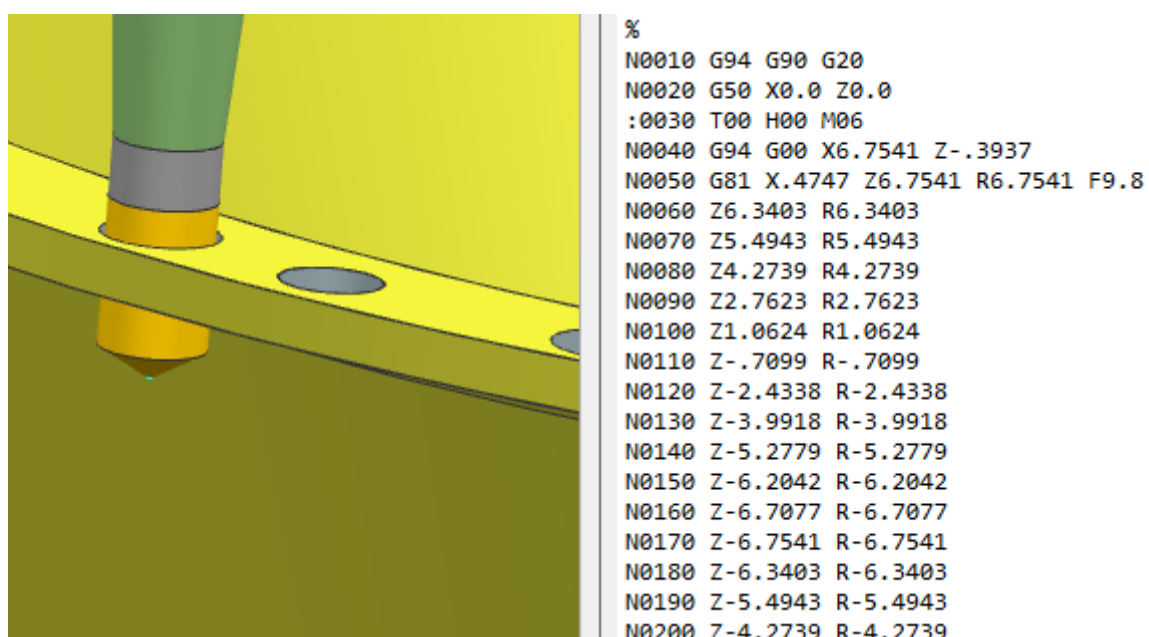


Рисунок 1.16 - Керуюча програма свердильної операції (перехід 2)

1.7.3 Розробка фрезерної операції

Операція 105 Фрезерна з ЧПК (рис. 1.9)

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК МА-655А8.

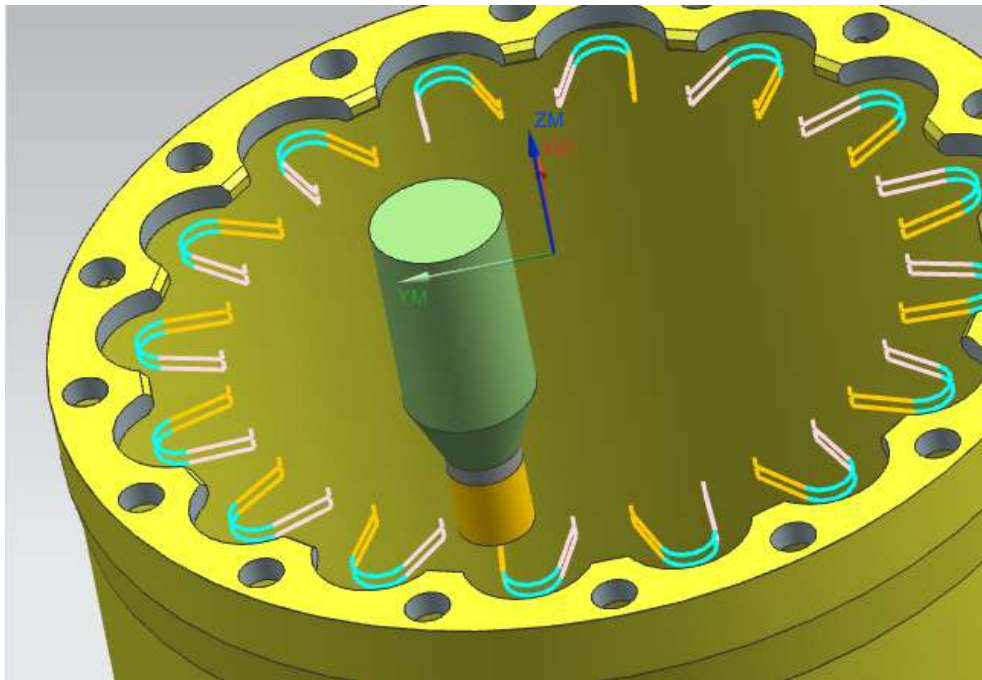


Рисунок 1.17 - Траєкторія фрезерної операції

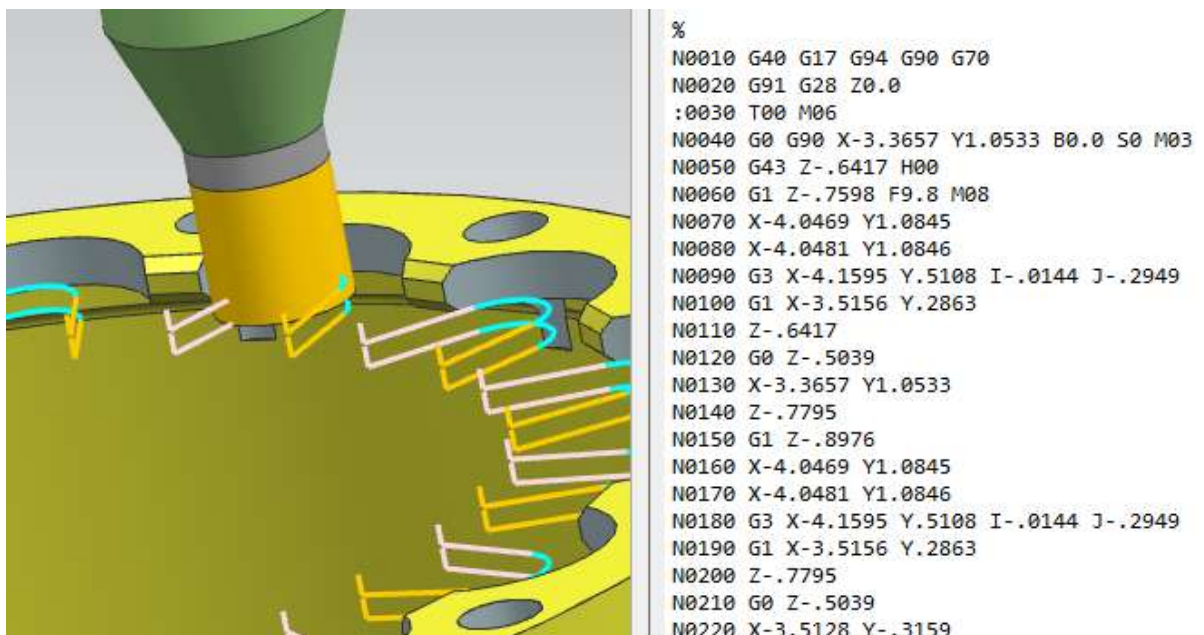


Рисунок 1.18 - Керуюча програма фрезерної операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання робочого пристосування

2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи

Робоче пристосування для фрезерної операції.

Заготовка встановлюється на дві призми. Закріплення деталі проводиться за допомогою пристрою з горизонтальною затискною планкою з пневматичним приводом двосторонньої дії.

2.1.2 Розрахунок похибки установки заготовки

Похибка установки – це частина похибки обробки, що складається з похибки базування і закріплення.

Похибка базування - проекція на напрямок виконуваного розміру різниці граничних відстаней між вимірювальною базою і встановленим на розмір ріжучим інструментом або упором, яка виникає внаслідок неспівпадіння вимірювальної і налагоджувальної бази.

Похибка закріплення – це проекція на напрямок виконуваного розміру відхилення вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту виникає під дією прикладених сил закріплення.

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 \quad (2.1)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

При базуванні заготовки необхідно позбавити її шести ступенів свободи.

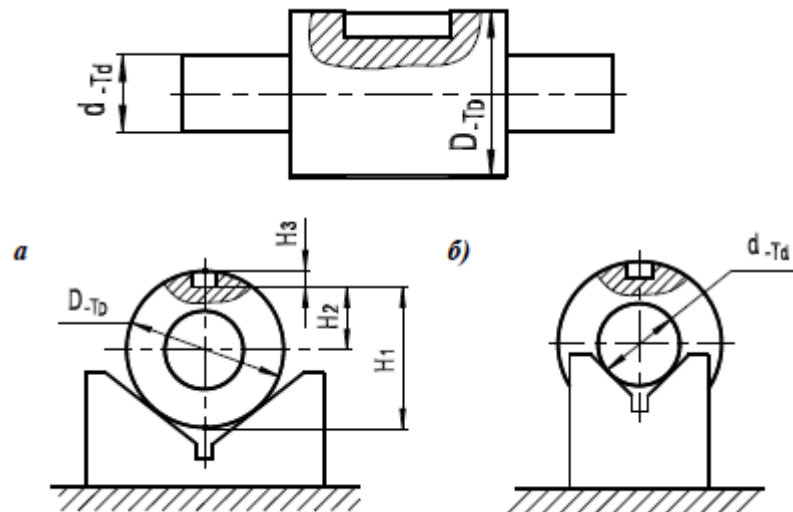


Рисунок 2.1 - Схема установки при фрезеруванні шпоночного пазу[7]

Вихідні дані:

$k_2 = 0,58$ — для кута призми 120° ;

$T_d = 0,054$ мм- допуск на $\varnothing 270,2$ мм;

$T_D = 0,052$ мм - допуск на $\varnothing 265,1$ мм;

Похибки базування типових розмірів будуть визначатися наступними виразами:

$$\varepsilon_{6H1} = \varepsilon_{6H3} = k_2 \cdot T_d + \frac{T_D}{2} = 0,58 \cdot 0,054 + \frac{0,052}{2} = 0,057 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{6H2} = k_2 \cdot T_d = 0,58 \cdot 0,054 = 0,031 \text{ мм}$$

Похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0$, так як напрям розміру обробки та сили закріплення взаємно перпендикулярні.

Похибка установки:

$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0,057 + 0 = 0,057 \text{ мм.}$$

2.1.3 Розрахунок на точність

Для скорочення часу налаштування інструменту на виконуваний розмір на пристосуваннях для фрезерної обробки можуть застосовуватися установи. Налаштування ведеться з використанням щупа, що дозволяє точно відчувати момент виходу інструменту на розмір і при цьому не врізатися фрезою у настроювальну поверхню установка.

Можливі варіанти простановки розмірів обробки і схема налаштування інструменту від уявної точки "0" показані на рис. 2.2.

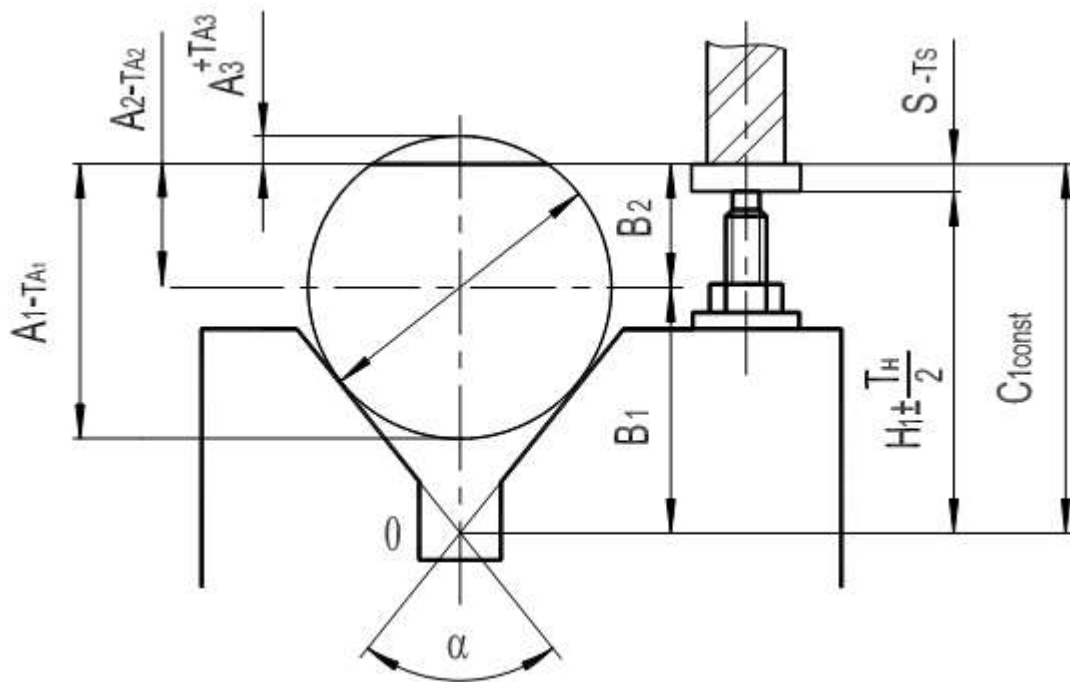


Рисунок 2.2 - Схема установки заготовки на призму[7]

Такий підхід викликає певні труднощі тому що ця точка в реальній призмі відсутня і є розрахунковою. Для того щоб уникнути зазначених труднощів розрахунковий розмір установка слід доповнити розміром від нульової точки до основи призми.

Послідовність розрахунку:

1. Визначаємо середній розмір обробки $A_{\text{сер}}$:

$$A_{\text{cep}} = A_{\text{min}} - \frac{T_A}{2} \quad (2.2)$$

2. Визначаємо середній діаметр обробки D_{cep} :

$$D_{\text{cep}} = D_{\text{min}} + \frac{T_D}{2} \quad (2.3)$$

3. Середній радіус R_{cep} :

$$R_{\text{cep}} = \frac{D_{\text{cep}}}{2} \quad (2.4)$$

4. Середній розмір $B_{1\text{cep}}$:

$$B_{1\text{cep}} = \frac{R_{\text{cep}}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2.5)$$

5. Середній розмір $B_{2\text{cep}}$:

$$B_{2\text{cep}} = R_{\text{cep}} - A_{3\text{cep}} \quad (2.6)$$

6. Середній розмір щупа S_{cep} :

$$S_{\text{cep}} = S_{\text{min}} + \frac{T_S}{2} \quad (2.7)$$

7. Визначаємо середній розмір висоти установка:

$$H_{\text{сер}} = B_{1\text{сер}} + B_{2\text{сер}} - S_{\text{сер}} \quad (2.8)$$

Отриманий розмір заданий від умовної (настроювальної) бази. Але, для виготовлення установка необхідно прив'язатися до реальної поверхні. Найбільш зручна для цього поверхня плити, на якій встановлена призма і установ. Відстань до плити від настроювальної бази дорівнює розміру a (рис. 2.3).

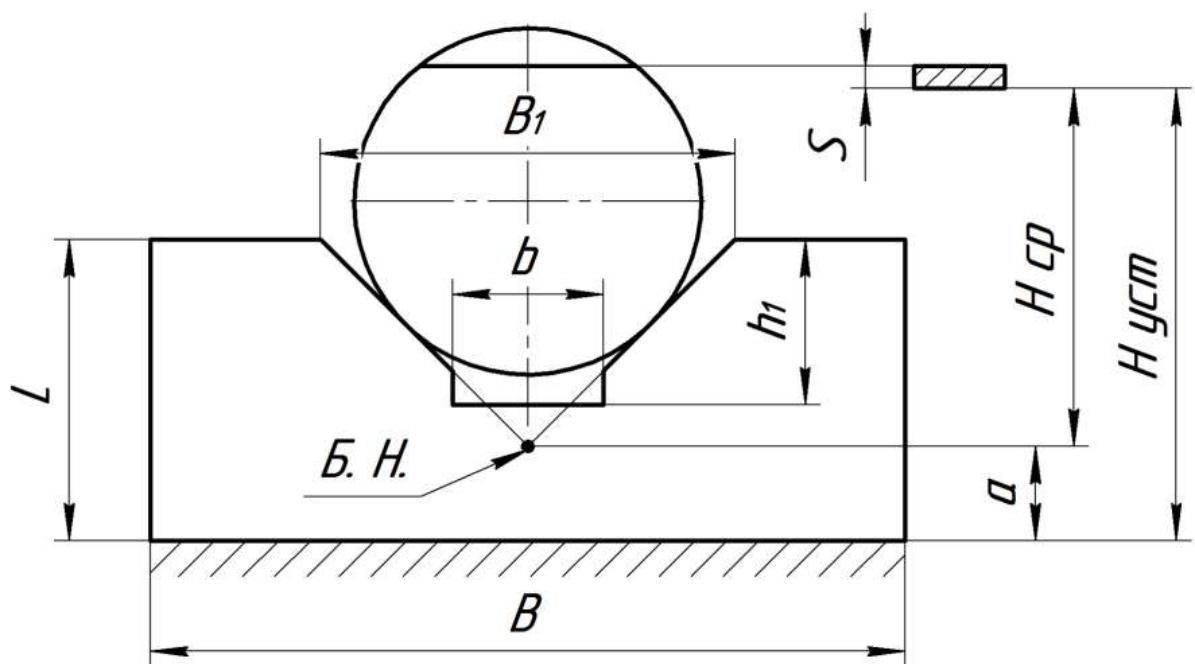


Рисунок 2.3 - Прив'язка настроювальної бази до плити пристосування[7]

8. Визначаємо розмір висоти установка:

$$H = H_{\text{сер}} + a \quad (2.9)$$

9. Допуск на розмір установка буде визначати ступінь точності виготовлення пристосування:

$$T_H \leq T_{A3} - (0,21k_1\varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2\omega) \quad (2.10)$$

де $T_{обр}$ - повне поле допуска на розмір обробки;

$k_1 = 0,8...0,85$ - коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування внаслідок того, що установчий елемент в пристосуванні змінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко дорівнюють граничним.

ε_6 - похибка базування заготовки в пристосуванні;

ε_3 - похибка закріплення заготовки в пристосуванні;

$k_2 = 0,6...0,65$ - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки від загальної, що викликана факторами, які не залежать від конструкції пристосування.

ω - середня економічна точність обробки.

10. Перевіряємо умову забезпечення точності:

$$\frac{T_H}{2} < \frac{1}{3} T_{A3} \quad (2.11)$$

Визначаємо $T_H = \pm \frac{T_H}{2}$ та приводимо до нормалізованого.

11. Призначаємо виконавчий розмір установка:

$$[H] = H - \frac{T_{\text{Нуст}}}{2} \quad (2.12)$$

Вихідні дані:

Розмір обробки по висоті $A_{-T_A} = 1,6_{-0,1}$ мм;

Відстань до плити від настроювальної бази $a = 60$ мм;

Товщина щупа $S = 3_{-0,004}$ мм.

Середній розмір обробки за формулою 2.2:

$$A_{cp} = 1,5 - \frac{0,1}{2} = 1,45 \text{ мм}$$

Визначаємо середній діаметр обробки $D_{\text{сер}}$ за формулою 2.3:

$$D_{\text{сер}} = 265,048 + \frac{0,052}{2} = 265,074 \text{ мм}$$

Середній радіус $R_{\text{сер}}$:

$$R_{\text{сер}} = \frac{265,074}{2} = 132,537 \text{ мм}$$

Середній розмір $B_{1\text{сер}}$:

$$B_{1\text{сер}} = \frac{132,537}{\sin \frac{120}{2}} = 153,045 \text{ мм}$$

Середній розмір $B_{2\text{сер}}$:

$$B_{2\text{сер}} = 153,045 - 1,45 = 151,595 \text{ мм}$$

Середній розмір щупа $S_{\text{сер}}$:

$$S_{\text{сер}} = 2,996 + \frac{0,004}{2} = 2,998 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установка за формулою 2.8:

$$H_{\text{ср}} = 153,045 + 151,595 - 2,998 = 301,642 \text{ мм}$$

Визначаємо розмір висоти установка за формулою 2.9:

$$H = 301,642 + 60 = 361,642 \text{ мм}$$

$$T_H = T_A - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega) = 0,052 - (0,21 \cdot 0,82 \cdot 0,057 + 0 + 0,6 \cdot 0,1) = 0,018$$

Перевіряємо умову забезпечення точності:

$$\frac{0,018}{2} < \frac{1}{3} \cdot 0,052$$

$$0,009 < 0,017$$

Умова виконується.

$$T_H = \pm \frac{T_H}{2} = \frac{0,018}{2} = 0,009 \approx 0,01$$

Призначаємо виконавчий розмір установка:

$$[H] = 361,642_{-0,01} = 361,6_{-0,01} \text{ мм.}$$

2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки та вибір привода

Коефіцієнт запасу закріплення визначається за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.13)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

$$k_0 = k'_0 \cdot k''_0 \cdot k'''_0 \quad (2.14)$$

де $k'_0 = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт, що враховує недосконалість формул для розрахунку сил різання;

$k''_0 = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт, що враховує недосконалість розрахункової схеми.

$k'''_0 = 1,2 - 1,3$ – коефіцієнт, що застосовується для забезпечення більш високого ступеня надійності, враховує раптові фактори (тверді включення в оброблюваному матеріалі, передчасне викришування ріжучої кромки і т. д.).

$k_1 = 1 - 1,2$ – враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці і враховується тільки для чорнових переходів.

k_2 – враховується у всіх випадках обробки і залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу ріжучого інструменту.

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки. $k_3 = 1,0$ – в умовах плавного різання; $k_3 = 1,2$ – при переривчастому різанні (фрезерування);

k_4 – характеризує затискний пристрій з точки зору постійності сил затиску.

$k_4 = 1,0$ – для всіх механізованих приводів (пневматичних, механічних, гідравлічних); $k_4 = 1,3$ – для ручних затисків.

k_5 – характеризує ручні затискачі з точки зору зручності закріплення деталі.

При зручному розташуванні рукоятки і куті її повороту в межах 90° $k_5 = 1,0$.

k_6 – враховується тільки при наявності крутних моментів, які прагнуть повернути заготовку, і залежить від виду опорної поверхні пристосування.

$k_6 = 1$ – для точкових опор (опорні штирі, призми); $k_6 = 1,5$ – для суцільних опор (опорне кільце)[7].

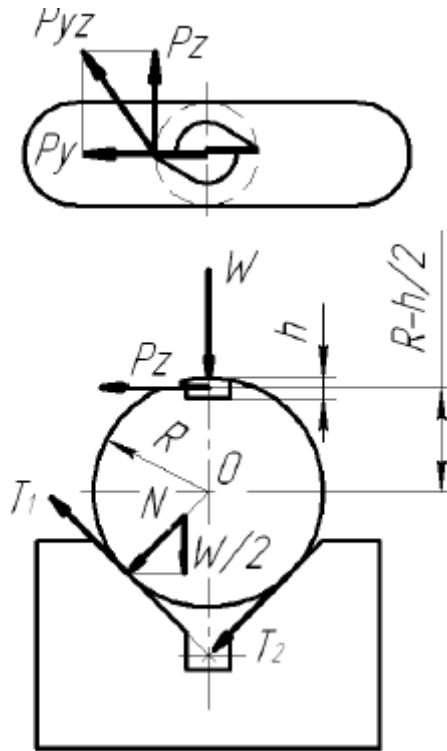


Рисунок 2.3 – Схема сил при фрезеруванні

Складається рівняння рівноваги:

$$\sum M_{\text{акт}} = \sum M_{\text{пр}} \quad (2.15)$$

де $\sum M_{\text{акт}}$ - сума активних сил і моментів, які прагнуть зрушити або повернути заготовку щодо відповідних осей координат пристосування;
 $\sum M_{\text{пр}}$ – сума сил і моментів, що протидіють зсуву і повороту заготовки.

Розрахункова формула для сили затиску:

$$\sum M_{\text{акт}} = M_{\text{різ}}$$

$$\sum M_{\text{пр}} = M_{\text{тр}}$$

Тоді

$$\begin{aligned}
 k \cdot M_{\text{різ}} &= M_{\text{тр}} \\
 k \cdot M_{\text{різ}} - M_{\text{тр}} &= 0 \\
 M_{\text{різ}} &= P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) \\
 M_{\text{тр}} &= 2 \cdot T \cdot R
 \end{aligned}$$

Тоді рівняння суми матиме вигляд:

$$k \cdot P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) - 2 \cdot T \cdot R = 0 \quad (2.16)$$

де

$$\begin{aligned}
 T &= f \cdot N \\
 N &= \frac{W}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}
 \end{aligned}$$

Підставимо в формулу 2.16:

$$k \cdot P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) - 2 \cdot f \cdot \frac{W}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \cdot R = 0 \quad (2.17)$$

Звідси

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f \cdot R} \quad (2.18)$$

де – k коефіцієнт запасу кріплення;

f – коефіцієнт тертя.

Тангенціальна сила при фрезеруванні визначається рівнянням:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (2.19)$$

де t —глибина фрезерування;

s —подача на зуб фрези;

z —кількість зубів фрези;

B —ширина фрезерування;

D —діаметр фрези;

n —частота обертання.

Сила на штоці пневмоциліндра дорівнює:

$$Q = W + 3 \cdot W \cdot \frac{l}{H} \cdot f \quad (2.20)$$

Необхідний діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \rho \eta} + d^2} \quad (2.21)$$

де D — діаметр пневмоциліндра;

ρ — тиск стисненого повітря;

η — к.к.д., що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85 \dots 0,9$;

d — діаметр штока пневмоциліндра.

Гарантований коефіцієнт запасу за формулою 2.14:

$$k_0 = k'_0 \cdot k''_0 \cdot k'''_0 = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 1,872$$

Коефіцієнт запасу закріплення визначається за формулою 2.13:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,872 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,15$$

Тангенціальна сила при фрезеруванні за формулою 2.19:

$$P_z = \frac{10 \cdot 101 \cdot 3^{0,88} \cdot 0,06^{0,75} \cdot 8^1 \cdot 4}{20^{0,87} \cdot 25^0} \cdot 1,05 = 798,44 \text{ Н}$$

де $C_p = 101$; $x = 0,88$; $y = 0,75$; $u = 1$; $q = 0,87$; $w = 0$ [7, табл.41, с.291]

$$K_{MP} = \left[\frac{\sigma_B}{750} \right]^n = \left[\frac{900}{750} \right]^{0,3} = 1,05$$

де $n = 0,3$ [7, табл. 9, с.264]

За формулою 2.18 сила затиску дорівнює:

$$W = \frac{2,7 \cdot 798,44 \cdot \left(132,537 - \frac{3}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{120}{2}\right)}{0,25 \cdot 132,537} = 7381,1 \text{ Н}$$

Н

де $f = 0,25$ – коефіцієнт тертя;

$k = 2,7$ – коефіцієнт запасу кріплення.

Підставивши отримані значення до формули 2.20 отримаємо:

$$Q = 7381,1 + 3 \cdot 7381,1 \cdot \frac{200}{400} \cdot 0,25 = 10149,01 \text{ Н}$$

За формулою 2.21 розраховуємо необхідний діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10149,01}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,87}} + 20^2 = 193,8 \text{ мм}$$

Діаметр пневмоциліндра обираємо із стандартизованого ряду за ГОСТ 6540-68 $D = 200$ мм.

2.2 Контрольне пристосування

Контрольне пристосування для перевірки радіального биття.

Контрольні пристосування застосовують для перевірки заготовок, деталей і вузлів машин. Пристосування для перевірки деталей застосовують на проміжних етапах обробки (міжопераційний контроль) і для остаточної приймання, виявляючи точність розмірів, взаємного положення поверхонь і правильність їх геометричної форми.

Дане пристосування (рис. 2.5) призначене для контролю биття. Деталь встановлюється на дві призми, для визначення биття деталь повертається на один - два оберти. За різницею показів вимірюючої головки визначають биття заданих поверхонь відносно базових.

Визначаємо допустиму похибку вимірювання $[\epsilon_{\text{вим}}]$ для даного пристосування за вказаним контрольованим параметром - биття з допуском 0,05 мм. На основі [16, табл. 3.1, с.129] приймаємо $[\epsilon_{\text{вим}}]=0,014$ мм. Визначаємо фактичну похибку вимірювань для даного контрольного пристосування, яка повинна бути менше або рівнятися допустимій похибці за формулою:

$$\epsilon_{\text{вим}} = \epsilon_{\text{иу}} + \epsilon_{\text{ип}} + \epsilon_{\text{им}} + \sqrt{\epsilon_{\text{нб}}^2 + \epsilon_{\text{з}}^2 + \epsilon_{\text{ис}}^2 + \epsilon_{\text{зн}}^2 + \epsilon_{\text{си}}^2 + \epsilon_{\text{ін}}^2} \quad (2.16)$$

де $\epsilon_{\text{иу}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення встановлюваних елементів і неточності їх розташування на корпусі контрольно-вимірювального пристрою при його складанні;

$\epsilon_{\text{ип}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення передавальних елементів важелів, штифтів, стрижнів;

$\varepsilon_{\text{им}}$ — системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення встановлюваних елементів і еталонних деталей;

$\varepsilon_{\text{нб}}$ — похибка, яка є причиною несуміщення виміральної та технологічної баз;

ε_3 — похибка, яка з'являється в результаті закріплення виміральної деталі внаслідок її можливої деформації;

$\varepsilon_{\text{ис}}$ — похибка, яка залежить від виміральної сили і з'являється в результаті сусування виміральної бази від початкового положення в процесі виміру;

$\varepsilon_{\text{зп}}$ — похибка, що виникає внаслідок виникання зазорів між осями важелів передавальних пристроїв при їх наявності;

$\varepsilon_{\text{си}}$ — похибка засобу вимірювання;

$\varepsilon_{\text{інш}}$ — інші похибки, викликані дією випадкових чинників в процесі контролю.

Визначаємо складові сумарної похибки виміру, які можна виключити з розрахункової формули у зв'язку з особливостями конструкції пристосування і використовуваної схеми вимірювання.

Похибка виготовлення встановлюваних елементів пристосування не впливає на процес виміру, тому складова $\varepsilon_{\text{иу}}$ виключається.

Пристосування призначене для контролю биття однієї поверхні відносно іншої, тобто має місце суміщення виміральної та конструкторської баз, тому складова $\varepsilon_{\text{нб}}$ також можна виключити.

Очевидно, що при контролі не відбудеться зміщення виміральної бази деталі від заданого положення під дією вимірвальних сил, так як деталь притискається до настановних поверхонь. Тому складова $\varepsilon_{\text{ис}}$ виключається.

У конструкції пристосування не використовуються еталони, отже виключаємо похибку $\varepsilon_{\text{ип}}$ та $\varepsilon_{\text{им}}$. Також відсутні затискні елементи, тому ε_3 - виключаємо.

Кінцевою приймаємо таку розрахункову формулу:

$$\varepsilon_{вим} = \sqrt{\varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{си}^2 + \varepsilon_{ін}^2} \quad (2.17)$$

$$\varepsilon_{зн} = 0,004 \dots 0,006 \text{ — [16, табл. 3.6, с. 159]}$$

Засобом виміру в даному пристосуванні індикатор годинникового типу ИЧ02 з ціною поділки 0,01 мм і діапазоном вимірювання 0-2 мм. [16, табл. 3.4, с. 142] похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{си}=0,01$ мм.

Інші похибки визначаємо як частину допуску контролюємого параметру:

$$\varepsilon_{ін} = 0,03 \cdot 0,05 = 0,0015 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{вим} = \sqrt{0,004^2 + 0,01^2 + 0,0015^2} = 0,0057 \text{ мм}$$

Перевіряємо умову придатності даного пристосування, порівнюючи отримане значення фактичної похибки вимірювання найбільшим припустимим значенням.

3

$$\varepsilon_{вим} \leq [\varepsilon_{вим}]$$

$$0,011 \leq 0,014$$

Умова виконується. Отже, це контрольне-вимірне пристосування повністю задовольняє вимогам точності вимірювань цього оснащення і може використовуватися для виконання контрольної операції.

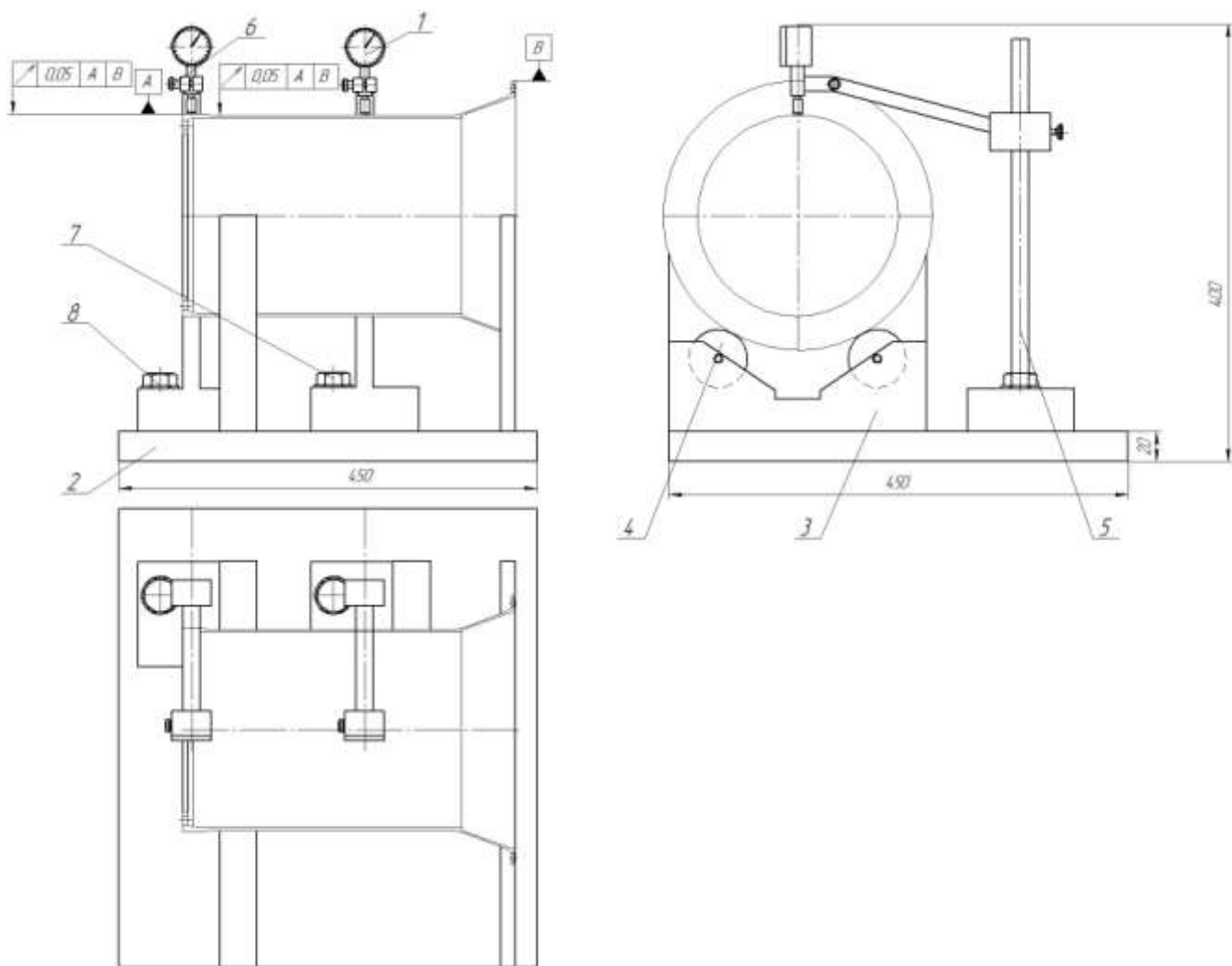


Рисунок 2.4 – Пристосування для контролю радіального биття

3 РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Вихідні дані:

Деталь - вал;

Матеріал - сплав ХН77ТЮР-ВД;

Заготовка- штамповка в КГШП;

Встановлені маршрут обробки поверхонь та маршрут виготовлення деталі.

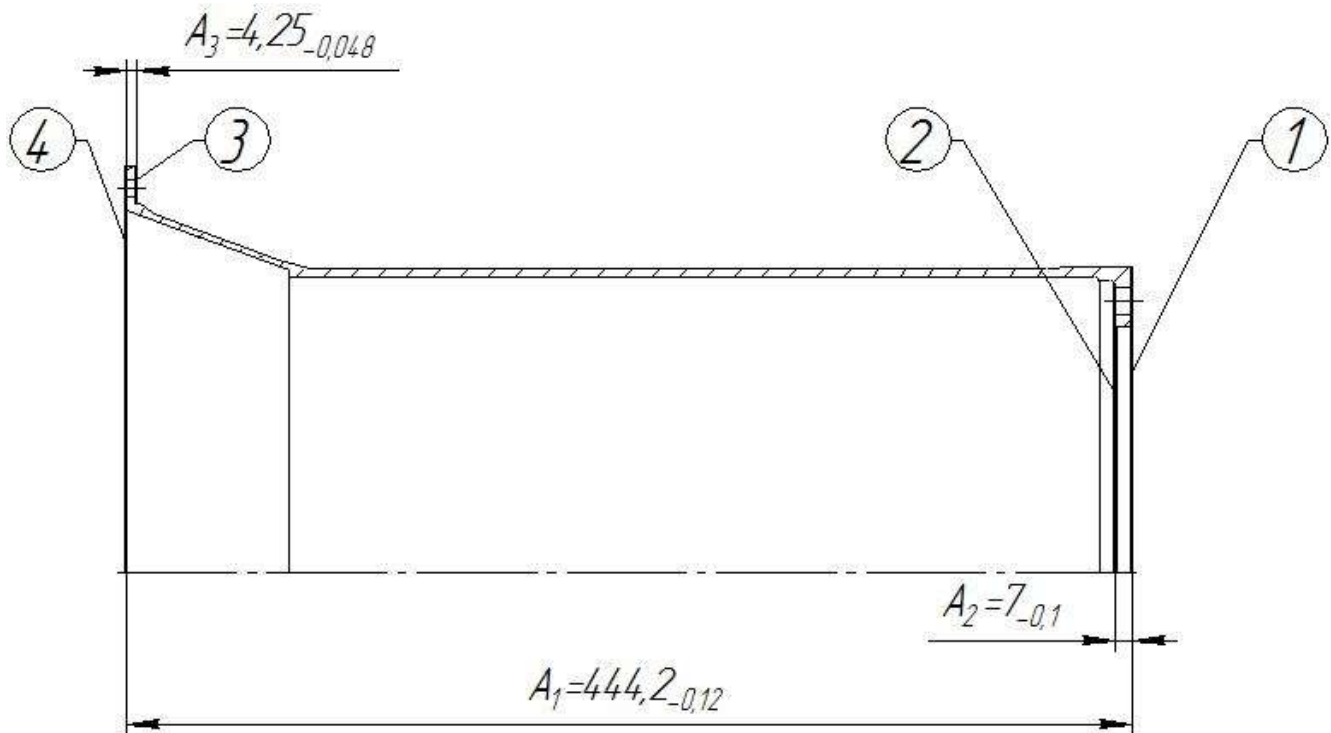


Рисунок 3.1 - Ескіз деталі

Розрахунок розмірних ланцюгів ведемо від зворотного: від деталі до заготовки.

Замикаючими ланками є розміри деталі і мінімальні припуски за переходами.

Маршрут обробки поверхонь:

Поверхня 1: Заготовка - Операція 040 Токарна - Операція 060 Шліфувальна - Операція 110 Шліфувальна;

Поверхня 2: Заготовка - Операція 040 Токарна - Операція 065 Токарна - Операція 125 Шліфувальна;

Поверхня 3: Заготовка - Операція 035 Токарна - Операція 070 Токарна - Операція 115 Шліфувальна;

Поверхня 4: Заготовка - Операція 035 Токарна - Операція 115 Шліфувальна.

Обираємо мінімальні припуски за [1, стр. 41, табл. 4.9-4.10].

- Заготовка
- Точіння чорнове $Z_{2\min} = Z_{6\min} = Z_{9\min} = Z_{14\min} = 2,0$ мм
- Точіння чистове $Z_{5\min} = Z_{10\min} = 1,0$ мм
- Шліфування $Z_{3\min} = Z_{4\min} = Z_{11\min} = Z_{12\min} = Z_{13\min} = 0,5$ мм

Перевірка:

Перед виявленням технологічних розмірних ланцюгів, необхідно виконати перевірку розмірної схеми технологічного процесу на відповідність певним умовам:

1. Сума технологічних розмірних відрізків на розмірній схемі технологічного процесу повинна дорівнювати сумі розмірних відрізків конструкторських розмірів і припусків:

$$k + m = l + p \quad (3.1)$$

де k - кількість технологічних розмірів S_w ;

m - кількість технологічних розмірів Z_q ;

l - кількість конструкторських розмірів A_γ ;

p - кількість припусків Z_ε ;

$$11 + 3 = 3 + 11$$

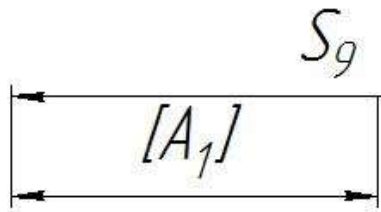
2. Кількість вертикальних ліній на розмірній схемі технологічного процесу повинна дорівнювати:

$$N = k + m + 1 = l + p + 1 = 11 + 3 + 1 = 15 \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1 - Параметри розмірів деталей за переходами

МОП		Відхилення	Допуск	Мінімальний припуск
Z_1	Поверхня 1,4 - 444,2 _{-0,12} ,	es +1,6 ei-0,9	2,5	-
S_1 S_3	Точіння чорнове	-0,63	0,63	2,0
S_5	Точіння чистове	-0,25	0,25	1,0
S_8 S_9	Шліфування	-0,12	0,12	0,5
Z_2	Поверхня 2- 7 _{-0,1} ,	es +0,9 ei-0,5	1,4	-
S_4	Точіння чорнове	-0,22	0,22	2,0
S_6	Точіння чистове	-0,15	0,15	1,0
S_{11}	Шліфування	-0,1	0,1	0,5
Z_3	Поверхня 3 - 4,25 _{-0,048} ,	es +0,9 ei-0,5	1,4	-
S_2	Точіння чорнове	-0,3	0,3	2,0
S_7	Точіння чистове	-0,12	0,12	1,0
S_{10}	Шліфування	0,048	0,048	0,5

Визначення невідомих технологічних розмірів:

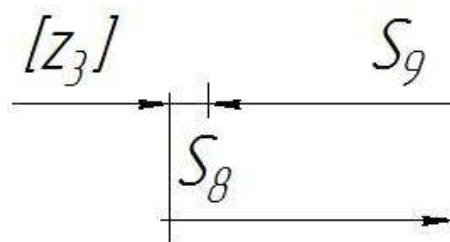


$$S_9 = [A_1]$$

$$S_{9min} = [A_{1min}] = 444,08 \text{ мм}$$

$$S_{9max} = S_{9min} + TS_9 = 444,08 + 0,12 = 444,2 \text{ мм}$$

$$S_9 = [S_{9max}]_{-TS_9} = 444,2_{-0,12}$$



$$[Z_{3min}] = S_{8min} - S_{9max}$$

$$S_{8min} = S_{9max} + [Z_{3min}] = 444,2 + 0,5 = 444,7 \text{ мм}$$

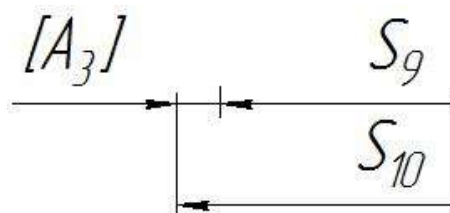
$$S_{8max} = S_{8min} + TS_8 = 444,7 + 0,12 = 444,82 \text{ мм}$$

$$S_8 = [S_{8max}]_{-TS_8} = 444,82_{-0,12}$$

$$[Z_3] = S_8 - S_9 = 444,82_{-0,12} - 444,2_{-0,12} = 0,62 \pm 0,12 \text{ мм}$$

$$Z_{3min} = 0,5 \text{ мм};$$

$$Z_{3max} = 0,72 \text{ мм}.$$

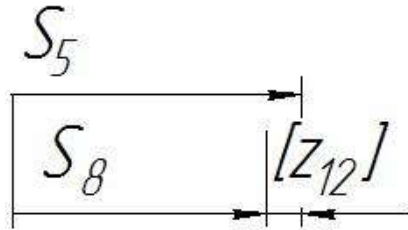


$$[A_{3min}] = S_{10min} - S_{9max}$$

$$S_{10min} = S_{9max} + [A_{3min}] = 444,2 + 4,202 = 448,402 \text{ mm}$$

$$S_{10max} = S_{10min} + TS_{10} = 448,402 + 0,048 = 448,45 \text{ mm}$$

$$S_{10} = [S_{10max}]_{-TS_{10}} = 448,45_{-0,048} \text{ mm}$$



$$[Z_{12min}] = S_{5min} - S_{8max}$$

$$S_{5min} = S_{8max} + [Z_{12min}] = 444,82 + 0,5 = 445,32 \text{ mm}$$

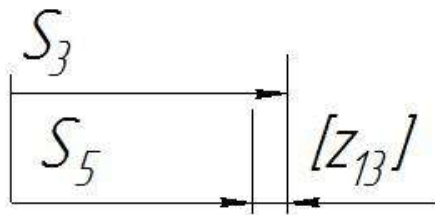
$$S_{5max} = S_{5min} + TS_5 = 445,32 + 0,25 = 445,57 \text{ mm}$$

$$S_5 = [S_{5max}]_{-TS_5} = 445,57_{-0,25}$$

$$[Z_{12}] = S_5 - S_8 = 445,57_{-0,25} - 444,82_{-0,12} = 0,75^{+0,12}_{-0,25} \text{ mm}$$

$$Z_{12min} = 0,5 \text{ mm} ;$$

$$Z_{12max} = 0,87 \text{ mm}.$$



$$[Z_{13min}] = S_{3min} - S_{5max}$$

$$S_{3min} = S_{5max} + [Z_{13min}] = 445,57 + 0,5 = 446,07 \text{ mm}$$

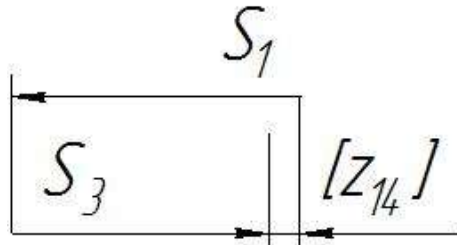
$$S_{3max} = S_{3min} + TS_3 = 446,07 + 0,63 = 446,7 \text{ mm}$$

$$S_3 = [S_{3max}]_{-TS_3} = 446,7_{-0,63}$$

$$[Z_{13}] = S_3 - S_5 = 446,7_{-0,63} - 445,57_{-0,25} = 1,13^{+0,25}_{-0,63} \text{ mm}$$

$$Z_{13 \min} = 0,5 \text{ MM} ;$$

$$Z_{13 \max} = 1,38 \text{ MM}.$$



$$[Z_{14 \min}] = S_{1 \min} - S_{3 \max}$$

$$S_{1 \min} = S_{3 \max} + [Z_{14 \min}] = 446,7 + 2 = 448,7 \text{ MM}$$

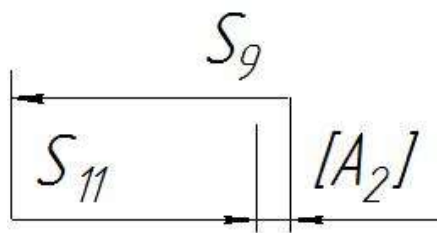
$$S_{1 \max} = S_{1 \min} + TS_1 = 448,7 + 0,63 = 449,33 \text{ MM}$$

$$S_1 = [S_{1 \max}]_{-TS_1} = 449,33_{-0,63}$$

$$[Z_{14}] = S_1 - S_3 = 449,33_{-0,63} - 446,7_{-0,63} = 2,63 \pm 0,63 \text{ MM}$$

$$Z_{14 \min} = 2 \text{ MM} ;$$

$$Z_{14 \max} = 3,26 \text{ MM}.$$

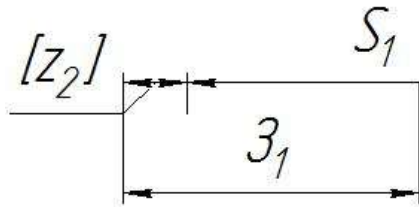


$$[A_{2 \min}] = S_{9 \min} - S_{11 \max}$$

$$S_{11 \max} = S_{9 \min} - [A_{2 \min}] = 444,08 - 6,9 = 437,18 \text{ MM}$$

$$S_{11 \min} = S_{11 \max} - TS_{11} = 437,18 - 0,1 = 437,08 \text{ MM}$$

$$S_{11} = [S_{11 \max}]_{-TS_{11}} = 437,18_{-0,1}$$



$$[z_{2min}] = 3_{1min} - S_{1max}$$

$$3_{1min} = S_{1max} + [z_{2min}] = 449,33 + 2 = 451,33 \text{ MM}$$

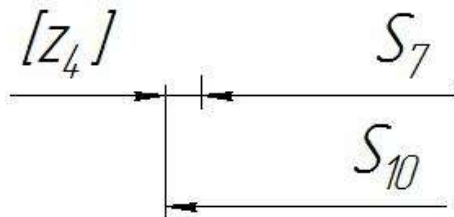
$$3_{1HOM} = 3_{1min} - ei_1 = 451,33 - (-0,9) = 452,23 \text{ MM}$$

$$3_1 = [3_{1HOM}]_{-ei}^{+es} = 452,23_{-0,9}^{+1,6}$$

$$[z_2] = 3_1 - S_1 = 452,23_{-0,9}^{+1,6} - 449,33_{-0,63} = 2,9_{-0,9}^{+1,6+0,63} = 2,9_{-0,9}^{+2,23}$$

$$z_{2min} = 2 \text{ MM};$$

$$z_{2max} = 5,13 \text{ MM}.$$



$$[z_{4min}] = S_{10min} - S_{7max}$$

$$S_{7max} = S_{10min} - [z_{4min}] = 448,402 - 0,5 = 447,902 \text{ MM}$$

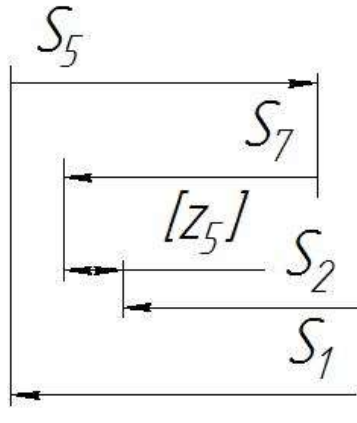
$$S_{7min} = S_{7max} - TS_7 = 447,902 - 0,12 = 447,782 \text{ MM}$$

$$S_7 = [S_{7max}]_{-TS_7} = 447,902_{-0,12}$$

$$[z_4] = S_{10} - S_7 = 448,45_{-0,048} - 447,902_{-0,12} = 0,548_{-0,048}^{+0,12} \text{ MM}$$

$$z_{4min} = 0,5 \text{ MM};$$

$$z_{4max} = 0,668 \text{ MM}.$$



$$[Z_{5min}] = S_{7min} - S_{5max} + S_{1min} - S_{2max}$$

$$S_{2max} = S_{7min} - S_{5max} + S_{1min} - [Z_{5min}] = 447,782 - 445,57 + 448,7 - 1 = 449,912 \text{ mm}$$

$$S_{2min} = S_{2max} - TS_2 = 449,912 - 0,3 = 449,612 \text{ mm}$$

$$S_2 = [S_{2max}]_{-TS_2} = 449,912_{-0,3}$$

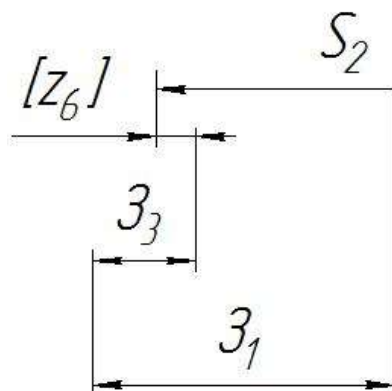
$$[Z_5] = S_7 - S_5 + S_1 - S_2 =$$

$$447,902_{-0,12} + 449,33_{-0,63} - 445,57_{-0,25} - 449,912_{-0,3} = 1,75^{+0,25+0,3}_{-0,12-0,63} =$$

$$1,75^{+0,55}_{-0,75} \text{ mm}$$

$$Z_{5min} = 1,0 \text{ mm ;}$$

$$Z_{5max} = 2,3 \text{ mm.}$$



$$[Z_{6min}] = S_{2min} + 3_{3min} - 3_{1max}$$

$$3_{3min} = [Z_{6min}] - S_{2min} + 3_{1max} = 2 - 449,612 + 453,83 = 6,218 \text{ mm}$$

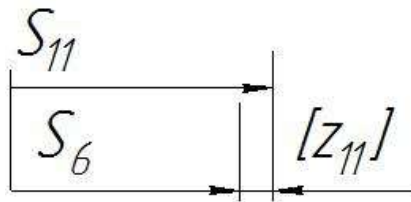
$$3_{3 \text{ HOM}} = 3_{3 \text{ min}} - ei_3 = 6,218 - (-0,5) = 6,718 \text{ mm}$$

$$3_3 = [3_{3 \text{ HOM}}]_{-ei}^{+es} = 5,718_{-0,5}^{+0,9}$$

$$\begin{aligned} [z_6] &= S_2 + 3_3 - 3_1 = 6,718_{-0,5}^{+0,9} + 449,912_{-0,3} - 452,23_{-0,9}^{+1,6} = 4,4_{-0,5-0,3-1,6}^{+0,9+0,9} \\ &= 4,4_{-2,4}^{+1,8} \end{aligned}$$

$$z_{6 \text{ min}} = 2 \text{ mm};$$

$$z_{6 \text{ max}} = 6,2 \text{ mm}.$$



$$[z_{11 \text{ min}}] = S_{11 \text{ min}} - S_{6 \text{ max}}$$

$$S_{6 \text{ max}} = S_{11 \text{ min}} - [z_{11 \text{ min}}] = 437,08 - 0,5 = 436,58 \text{ mm}$$

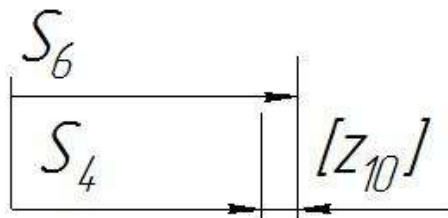
$$S_{6 \text{ min}} = S_{6 \text{ max}} - TS_6 = 436,58 - 0,15 = 436,43 \text{ mm}$$

$$S_6 = [S_{6 \text{ max}}]_{-TS_6} = 436,58_{-0,15}$$

$$[z_{11}] = S_{11} - S_6 = 437,18_{-0,1} - 436,58_{-0,15} = 0,6_{-0,1}^{+0,15} \text{ mm}$$

$$z_{11 \text{ min}} = 0,5 \text{ mm};$$

$$z_{11 \text{ max}} = 0,75 \text{ mm}.$$



$$[z_{10 \text{ min}}] = S_{6 \text{ min}} - S_{4 \text{ max}}$$

$$S_{4 \text{ max}} = S_{6 \text{ min}} - [z_{10 \text{ min}}] = 436,43 - 1 = 435,43 \text{ mm}$$

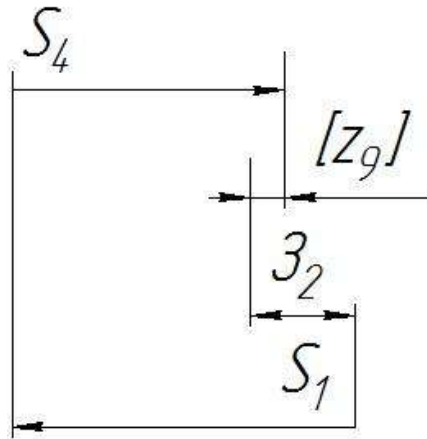
$$S_{4 \text{ min}} = S_{4 \text{ max}} - TS_4 = 435,43 - 0,22 = 435,21 \text{ mm}$$

$$S_4 = [S_{4 \text{ max}}]_{-TS_4} = 435,43_{-0,22}$$

$$[z_{10}] = S_6 - S_4 = 436,58_{-0,15} - 435,43_{-0,22} = 1,15_{-0,15}^{+0,22} \text{ MM}$$

$$z_{10 \min} = 1,0 \text{ MM};$$

$$z_{10 \max} = 1,37 \text{ MM.}$$



$$[z_{9 \min}] = S_{4 \min} + z_{2 \min} - S_{1 \max}$$

$$z_{2 \min} = [z_{9 \min}] - S_{4 \min} + S_{1 \max} = 2 - 435,21 + 449,33 = 16,12 \text{ MM}$$

$$z_{2 \text{ HOM}} = z_{2 \min} - ei_2 = 16,12 - (-0,5) = 16,62 \text{ MM}$$

$$z_2 = [z_{2 \text{ HOM}}]_{-ei}^{+es} = 15,62_{-0,5}^{+0,9}$$

$$\begin{aligned} [z_9] &= S_4 + z_2 - S_1 = 16,62_{-0,5}^{+0,9} + 435,43_{-0,22} - 449,33_{-0,63} = 2,72_{-0,5-0,22}^{+0,9+0,63} = \\ &= 2,72_{-0,72}^{+1,53} \end{aligned}$$

$$z_{9 \min} = 2 \text{ MM};$$

$$z_{9 \max} = 4,25 \text{ MM.}$$

4 СУЧАСНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ

Для здійснення процесу розвитку машинобудування необхідно дотримуватися певних вимог, серед яких: впровадження у виробництво найсучаснішого обладнання, реструктуризація машинобудівних підприємств і модернізація устаткування, що експлуатується [8]. Розвиток машинобудування дозволяє підвищити якість виробів, що випускаються і, як наслідок, конкурентоспроможність підприємств. У свою чергу, до якості виробів машинобудування пред'являють ряд вимог, таких як: висока точність форми, розмірів і взаємного розташування поверхонь, низька шорсткість, підвищена твердість, міцність, тощо. Контроль в машинобудуванні здійснюється засобами вимірювань, що дозволяють контролювати лінійні розміри, і спеціальними засобами контролю, які дають можливість здійснювати контроль шорсткості поверхні, форми об'єкта, а також взаємного розташування поверхонь. Контроль в машинобудуванні дозволяє виявити вироби, невідповідні поставленим вимогам, тобто брак. Таким чином експлуатаційні властивості вироблених машин і механізмів будуть на високому рівні. Контроль виробів проводиться переважно після обробки заготовок, проте сучасні засоби контролю дають можливість перевіряти якість деталей в процесі їх обробки. Сучасні засоби контролю це прилади й машини, які відрізняються високою точністю і продуктивністю проведених контрольних операцій.

Актуальність поставленої теми полягає в тому, що в машинобудівному виробництві до 15% трудових ресурсів використовується на виконання лінійних і кутових вимірів, які забезпечують якість, надійність і взаємозамінність виробів [9]. Зниження трудових ресурсів на вимірвальні роботи дозволяє підвищити продуктивність праці на контрольних операціях, що дуже важливо в умовах серійного і масового виробництва. Вирішити це завдання, покликані сучасні засоби контролю.

Розвиток техніки пред'являє згодом більш високі вимоги до якості, як окремих деталей машин, так і до продукції в цілому, тому разом з тим паралельно повинні удосконалюватися засоби контролю.

Використання сучасних засобів контролю виробів дозволяє мінімізувати участь людини в процесі оцінки якості виробів або повністю його усунути. В цьому випадку мінімізуються похибки вимірювань, пов'язані з людським фактором. Похибки, що викликаються зносом інструменту, тепловими та силовими деформаціями, можна виключити використовуючи системи автоматизованого контролю. Таким чином, використання сучасних засобів контролю в машинобудуванні підвищує ефективність виробництва. Однак застосування високотехнологічних засобів контролю підвищує вартість контрольних операцій, тому актуальна проблема оптимального вибору засобів контролю.

Мета дослідження - проаналізувати і виявити найбільш ефективні засоби контролю виробів машинобудівного виробництва.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні завдання:

1. Проаналізувати особливості сучасних засобів контролю;
2. Визначити принцип роботи активних засобів контролю;
3. Проаналізувати переваги та недоліки сучасних засобів контролю виробів.

Об'єкт дослідження - сучасні засоби контролю, які використовуються в машинобудівному виробництві, для оцінки якості виробів.

Класифікація засобів контролю та вимоги до них

В даний час активно розвиваються і удосконалюються прилади автоматичного контролю, тобто вимірювання проводяться за відсутності людини або з її мінімальною участю. До цих засобів висуваються такі вимоги:

- 1) низька похибка
- 2) висока точність вимірювань

- 3) великий діапазон вимірювань
- 4) стійкість до факторів впливу зовнішнього середовища
- 5) надійність і довговічність
- 6) простота і безпека в експлуатації.

Таблиця 4.1 - Класифікація сучасних засобів контролю [10,11,12]

Класифікаційна ознака	Тип приладу	Характеристика
1	2	3
1. За призначенням	Універсальні	Призначені для контролю довжин і кутів в певному діапазоні незалежно від конфігурації контролюваного об'єкта
	Спеціальні	Призначені для контролю специфічних елементів у деталей певної геометричної форми або певного параметра деталей незалежно від їх геометричної форми
2. За методом контролю	Прямої дії	Дозволяють контролювати безпосередньо величини що перевіряються
	Непрямої дії	Дозволяють контролювати параметри, пов'язані з величиною що перевіряється (точність обробки деталі оцінюється по положенню різучого інструменту)
3. За характером впливу на технологічний процес	Пасивні	Пристрої виконують контроль об'єктів, без втручання в технологічний процес

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
	Активні	Пристрої виконують контроль деталей безпосередньо в процесі обробки. Дозволяють управляти автоматично або вручну технологічним процесом
4. За ступенем автоматизації	Ручні	Операції контролю повністю здійснюються людиною
	Напіваавтоматичні	Автоматизовані одна або кілька операцій контролю, необхідна участь людини в процес оцінки якості
	Автоматичні	Операції контролю повністю автоматизовані і не потребують участі людини
5. За характером взаємодії контрольованого виробу і вимірювального приладу	Контактні	У процесі контролю деталь і пристрій знаходяться в контакті один з одним
	Безконтактні	Контроль параметрів об'єктів проводиться дистанційно, прилад і деталь не контактують
6. За масовістю контролю	Суцільного контролю	Контроль здійснюється для кожної деталі
	Вибіркового контролю	Контроль здійснюється для декількох деталей
7. За конструкцією	Вимірюючі пристрої	Призначені для отримання значень вимірюваної величини в установленому діапазоні

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
	Вимірюючі установки	Сукупність декількох приладів для вимірювання однієї або декількох фізичних величин
	Вимірюючі системи	Сукупність технічних засобів для вимірювання однієї або декількох величин і вироблення вимірювальних сигналів
	Вимірюючо-обчислювальні центри	Функціонально об'єднана сукупність засобів вимірювальної техніки, ПК і допоміжних пристроїв для виконання в складі вимірювальної системи конкретної вимірювальної задачі

Кожному типу засобів контролю властиві свої переваги і недоліки. Виділимо їх і порівняємо для кожної групи.

До універсальних приладів відносяться такі пристрої, як: вимірювальні головки, оптичні довгоміри, проекційні прилад, тощо. До групи спеціальних приладів входять: засоби вимірювання і контролю різьбових з'єднань, кутів і конусів, форми і розташування поверхонь. Вибір універсальних і спеціальних засобів контролю залежить від виду контрольованих параметрів.

Принцип роботи пристрою прямої дії простіше, ніж пристрою непрямої дії. У перших приладах, шукана величина визначається на основі прямих вимірювань, а в приладах другого типу контрольована величина знаходиться з функціональної залежності іншої величини, пов'язаної з

шуканою. Причому пов'язана величина знаходиться методом прямої дії. Широке поширення отримали прилади, засновані на непрямому методі контролю, так як далеко не завжди контрольовані параметри можна отримати прямим методом [8]. Однак пристрої побічної дії можуть давати додаткову похибку вимірювань в процесі їх перетворень. Тому, по можливості, слід віддавати перевагу приладам прямої дії.

Засоби пасивного контролю використовуються для перевірки готових деталей з метою виявлення бракованих виробів і збору інформації про причини браку. Засоби активного контролю дозволяють проводити вимірювання безпосередньо на верстаті в процесі обробки. Це дає можливість:

- коригувати технологічний процес;
- уникнути великої кількості браку;
- скоротити час виробництва на підготовчих операціях.

Переваги засобів активного контролю над засобами пасивного контролю очевидні.

Одними з деяких переваг ручних засобів контролю в порівнянні з іншими в групі «за ступенем автоматизації» є: простота конструкції; простота в експлуатації; надійність; низька вартість. Також засобам ручного контролю притаманні недоліки, а саме: низька точність; велика тривалість контрольних операцій; висока похибка, викликана людським фактором; зниження точності в процесі експлуатації пристроїв. Сучасні засоби ручного контролю оснащуються електронними табло, його наявність підвищує точність вимірювань і зняття показань, тому знижується похибка контролю параметрів об'єкта, викликана людським фактором [8].

Напівавтоматичні засоби контролю передбачають участь людини в процесі установки якості деталей. Роль людини в даному випадку невелика. Операціями, до яких людина може бути причетна, є наступні: здійснення підготовчих операцій, настройка приладу і зняття показань з нього. У

порівнянні з ручними засобами контролю виробів машинобудування - напівавтоматичні мають низьку похибку, високу точність і продуктивність. Однак настільки цінні переваги обумовлюються: високою вартістю пристроїв, складністю їх конструкції і збільшеними розмірами пристроїв.

Автоматичні пристрої є найточнішими, складними і дорогими. Але дозволяють здійснювати контроль за один установ, що істотно знижує витрати часу в процесі контролю. Автоматичні засоби контролю працюють без участі людини, за рахунок цього якість і точність вимірювань знаходяться на високому рівні.

Отже, засоби ручного контролю в силу своїх переваг і недоліків мають обмежене застосування в машинобудуванні.

Контактні засоби контролю широко поширені на машинобудівних підприємствах, вони мають просту конструкцію і невибагливі в експлуатації. Однак зіткнення контролюючого пристрою і контрольованого об'єкта може вплинути на точність поверхні останнього, що є істотним недоліком. До мінусів також можна віднести похибки зняття показань з пристрою людиною і похибки внаслідок неправильного монтажу приладу.

Безконтактні засоби контролю відрізняються більш складною конструкцією і налаштуванням пристроїв. Проте, вони характеризуються більш високою стабільністю характеристик і меншою похибкою, ніж контактні.

Розглянуті переваги і недоліки дозволяють зробити висновок про те, що найбільш перспективними засобами контролю в розвитку і застосуванні є кошти активного, неруйнівного і автоматичного контролю.

Деякі конструкції сучасних засобів контролю

Найбільш технологічним і складновлаштованим засобом контролю виробів в машинобудуванні є координатно-вимірювальна машина, яка представляє собою високоточну мультисенсорну відеосистему промислового класу для вимірювання тривимірних деталей. Призначена для безконтактного

або контактного вимірювання лінійно-кутових розмірів і контролю форми (рис. 4.1) [13].

До особливостей даної машини відносяться: управління ЧПК, наявність функції сканування двох і тривимірних деталей контактним і безконтактним методом, комп'ютерного моделювання процесу вимірювання з використанням графічного зображення руху вимірювального щупа для налагодження програми вимірювання дозволяє уникнути грубих помилок оператора, наявність можливості формування CAD моделі вимірюваної деталі.



Рисунок 4.1 - Координатно-вимірююча машина

Вимірювальна відеосистема - наступна конструкція засобів контролю в машинобудуванні. Вона призначена для комплексного контролю лінійних розмірів і форми поверхонь валів складної форми (кулачкових, розподільних, колінвалів і т. д.), А також симетричних і несиметричних тіл обертання. Особливості даної системи: абсолютний метод вимірювання не вимагає настроювального еталона, наявність системи температурної компенсації та управління з ЧПК. [13].



Quick Vision Apex 606 PRO

Рисунок 4.2 - Вимірююча скануюча відеосистема

Контрольно-вимірювальна машина може бути компактною і являти собою «руку» (рис. 4.3).

Дана конструкція оснащена лазерним сканером і має високу точність і швидкість роботи. Між лазерним сканером і портативною вимірювальною рукою не використовується додатковий кабель, це забезпечує необмежене переміщення вимірювача щодо основної вісі переміщення. Система призначена для контролю лінійно-кутових параметрів і якості поверхонь. Управління установкою здійснюється оператором [14].

Контрольно-вимірювальні машини портативного класу являють собою лазерні трекери (рис. 4.4).



Рисунок 4.3 - Вимірююча рука



Рисунок 4.4 - Лазерний трекер

Відмінними рисами даної системи є: малі габарити, що дозволяє використовувати її в важко доступних місцях; робота від акумулятора; дуже висока продуктивність; наявність Wi-Fi модуля для зв'язку з ПК бездротовим способом; для забезпечення високої точності система забезпечується метеорологічним пристроєм, таким чином компенсується вплив зовнішніх факторів на вимірювання [14].

Як засіб контролю деталей на верстатах застосовують датчики (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 - Інфрачервоний вимірювальний датчик

Інфрачервоний вимірювальний датчик являє собою комутаційну контактну систему. При торканні до поверхні деталі вимірювальний щуп відхиляється, і за допомогою інфрачервоного променя сигнал передається на приймач в зоні верстата. Безперебійна передача даних між датчиком і приймачем є головним критерієм надійності вимірювання в верстаті [14].

Галузь застосування

Одними з головних показників застосовності засобів контролю в машинобудуванні є: вартість і точність засобів контролю, і тимчасові витрати

на контрольні операції. Згідно з цими критеріями в одиничному виробництві доцільно застосовувати пасивні, ручні, універсальні засоби контролю (штангенприлади, мікрометричні прилади, обмірні головки, індикатори і т.д.) [10].

У серійному виробництві до застосування рекомендуються як універсальні, так і спеціальні, а також напіваавтоматичні і автоматичні, пасивні та активні засоби контролю (штангенприлади, мікрометричні прилади, обмірні головки, індикатори, датчики, мікрометричні прилади, вимірювальні установки, координатно-обчислювальні машини і т. д.). В даному випадку вибір засобів контролю безпосередньо залежить від підтипу виробництва, так як дрібносерійне виробництво мало відрізняється від одиничного, а масове межує з крупносерійним.

У масовому виробництві, де час на контрольні операції грає одну з найважливіших ролей, потрібно використовувати спеціальні, автоматичні, активні засоби контролю (вимірювальні установки, вимірювальні системи, координатно-обчислювальні машини і комплекси і т. д.).

Сучасні засоби контролю виробів в машинобудуванні є високотехнологічними пристроями і машинами, які дозволяють вирішувати будь-які завдання з високою швидкістю і точністю. Область їх застосування дуже широка, це обумовлюється великим різноманіттям конструкцій і принципів дії пристроїв. Розглянуті системи контролю характеризуються високою точністю, надійністю, довговічністю і низькою похибкою вимірювань, тобто сучасні засоби контролю відповідають необхідним вимогам. Аналіз переваг і недоліків дозволяє виділити найбільш успішні в застосуванні засоби контролю, а такими є засоби активного контролю, засоби неруйнівного контролю, а також засоби автоматичного і напіваавтоматичного контролю. У порівнянні з виділеними пристроями, інші відрізняються більш низькою точністю і більш високою похибкою, тому вони мають обмежене застосування. Принцип робіт активного приладу контролю деталей типу вал

досить простий і заснований на принципі проходження лазерного променя через лінзи і поверхню оброблюваної деталі, це підтверджує припущення про те, що сучасні системи контролю мають відмінні властивості. Окреслені деякі конструкції сучасних засобів контролю дають уявлення про найдосконаліших вимірювальних машинах. На підставі аналізу переваг та недоліків сучасних засобів контролю виділені області їх застосування відповідно до поданої класифікації. Необхідно відзначити наступне - з підвищенням рівня виробництва машинобудівних підприємств і вимог до якості виробів в експлуатації потрібно вводити більш досконалі засоби контролю.

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

Вихідні дані:

Деталь - вал;

Модуль пружності - $E = 1,15 \cdot 10^5$ МПа;

Коефіцієнт Пуассона - $\mu = 0,3$;

Границя міцності - $\sigma_B = 1000$ МПа;

Статичний аналіз проводимо в SiemensNX.

Розбиваємо модель на сітку кінцевих елементів Solid186 з середнім розміром елемента 8 мм.

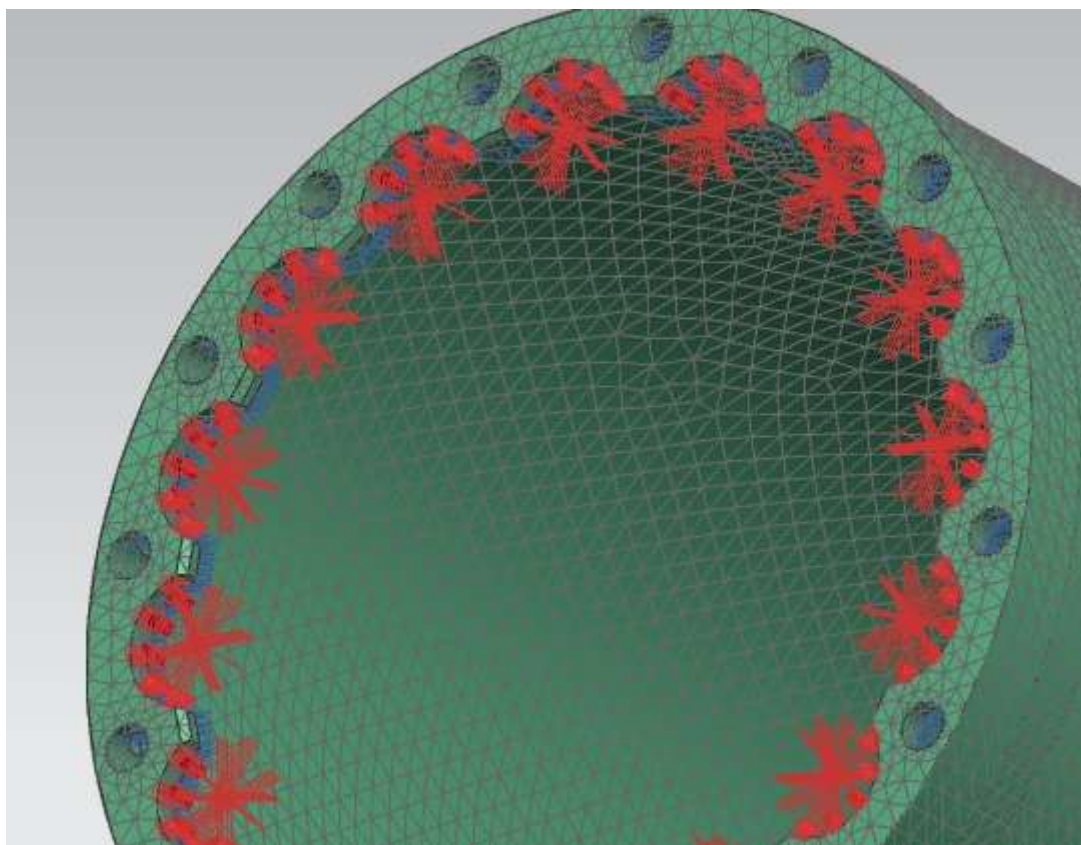


Рисунок 5.1 – Модель розбита на сітку кінцевих елементів з прикладеним навантаженням

Закріплюємо за стінку товщиною 8 мм, прикладаємо навантаження 10 МПа на 16 виборок $\varnothing 40$ мм (рис. 4.1). Отримуємо картину розподілу напружень на рис. 4.2.

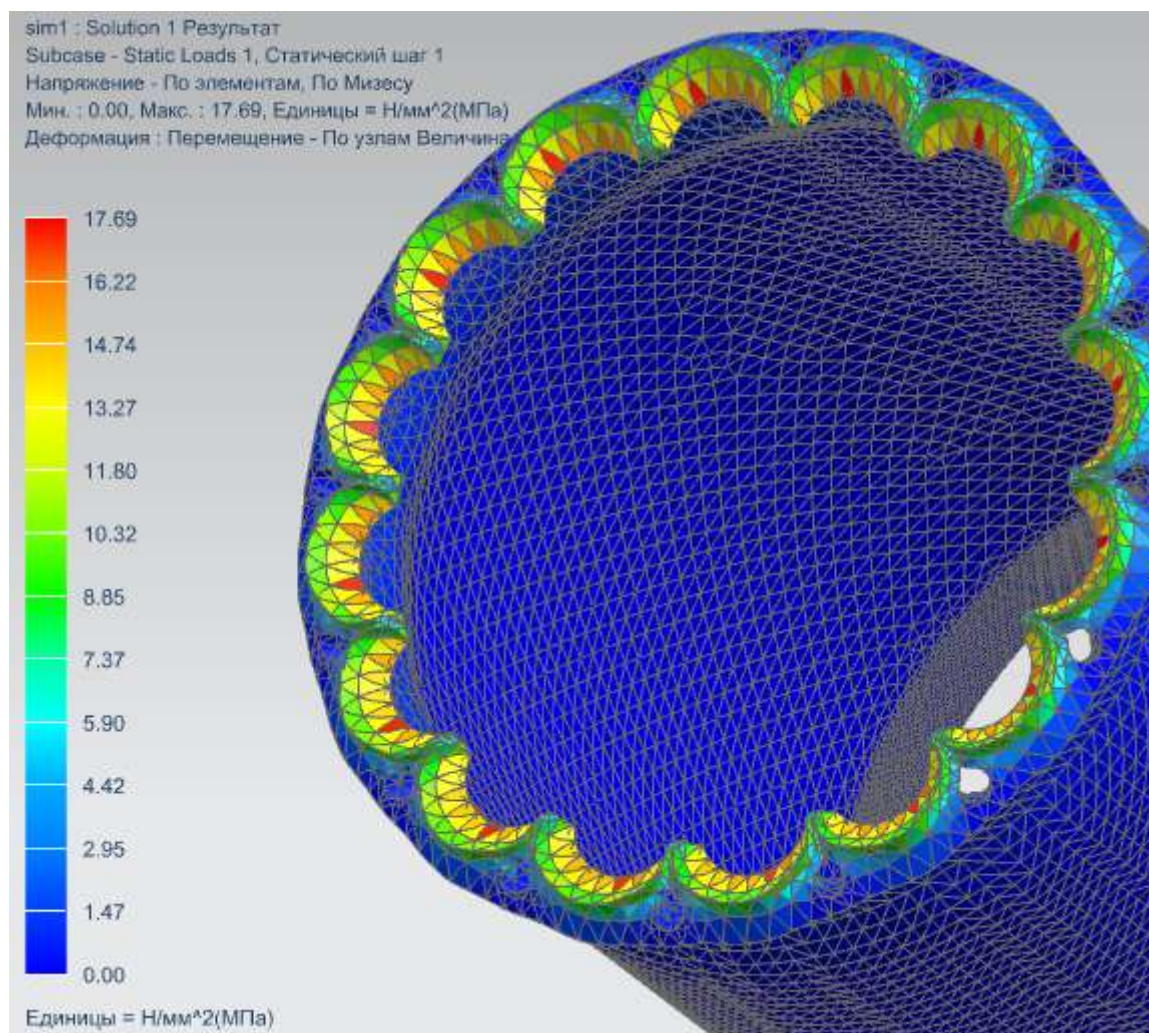


Рисунок 5.2 - Розподіл напружень моделі (навантаження 10 МПа)

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 17,69$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n_{\sigma} = \frac{[\sigma_B]}{\sigma_{max}} \quad (4.1)$$

$$n_{\sigma} = \frac{1000}{17,69} = 56,5$$

Допустиме значення запасу міцності для деталей при постійних навантаженнях $[n] = 1,3 \dots 2$.

Так як отримане значення запасу міцності $n_\sigma = 56,5$ більше допустимого, деталь не зруйнується и можна додати навантаження. Прикладаємо навантаження 500МПа (рис. 4.3).

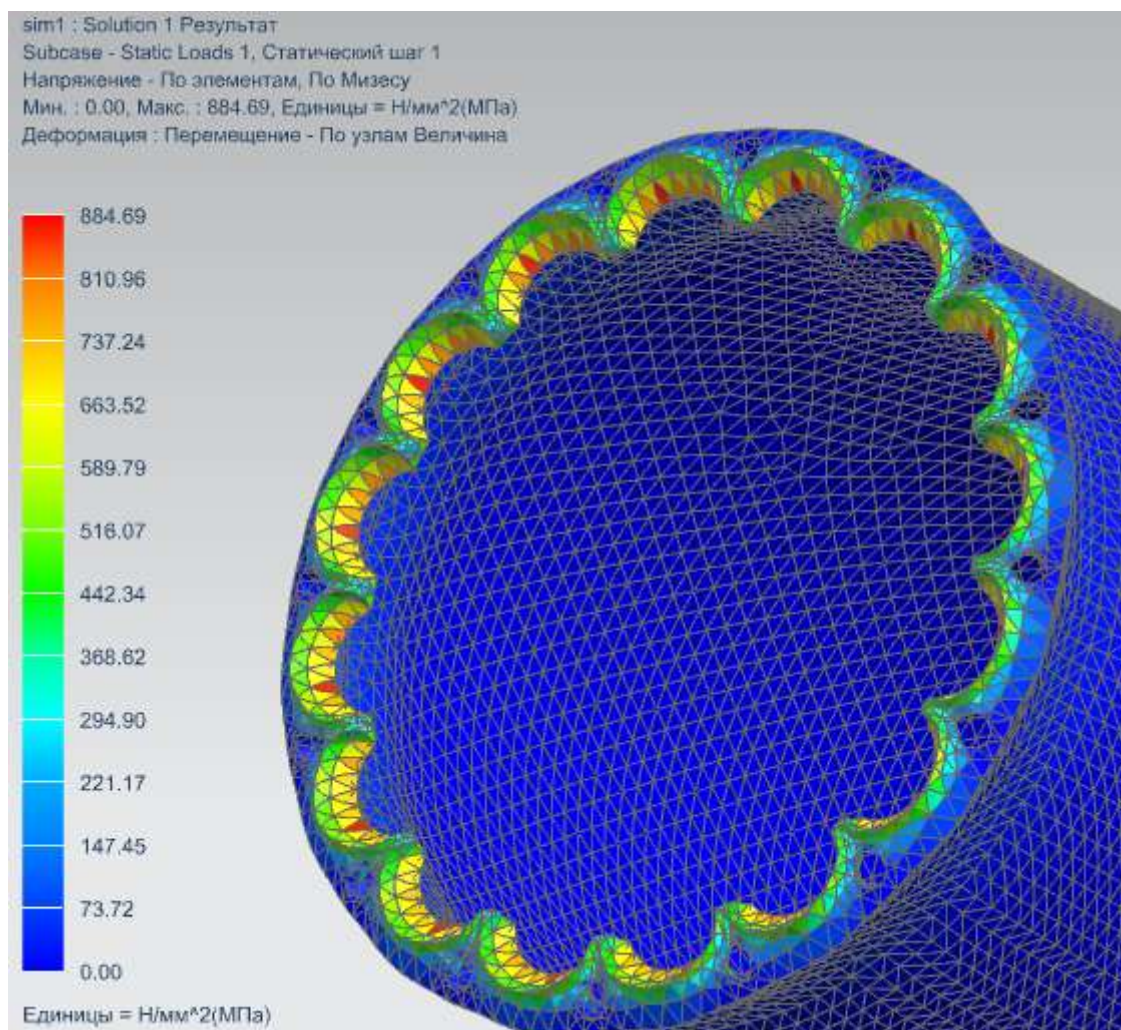


Рисунок 5.3 - Розподіл напружень моделі (напруження 500 МПа)

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 884,69$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n_{\sigma} = \frac{1000}{884,69} = 1,23$$

Отримане значення запасу міцності $n_{\sigma} = 1,23$ лежить в межах допустимого.

Бачимо, що більші напруження виникають в місцях концентраторів напруження: отворів, радіусів заокруглення та фасок.

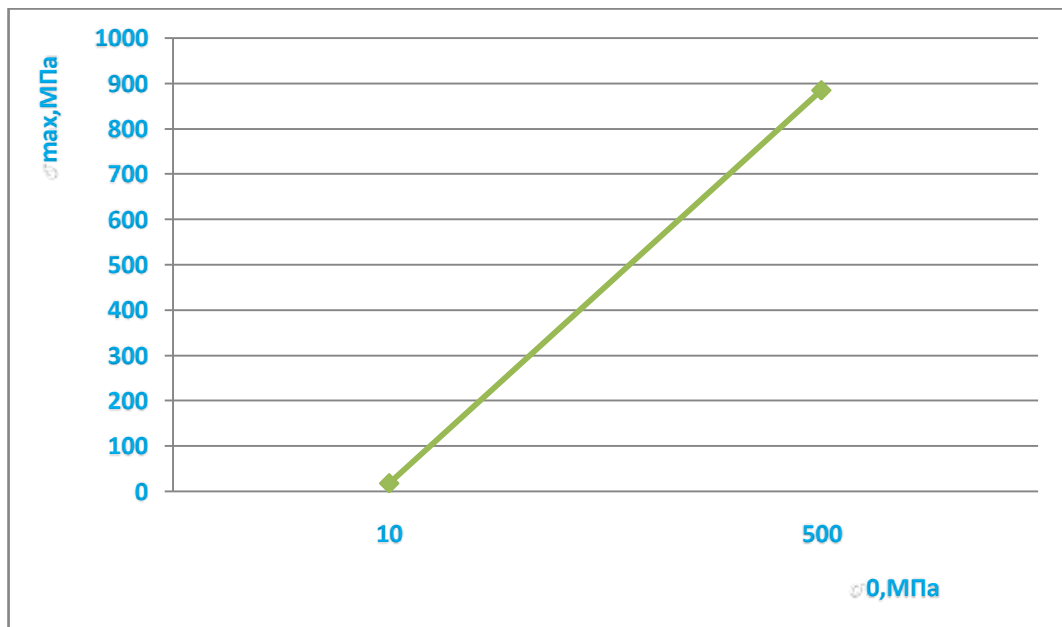


Рисунок 5.4 - Графік залежності напруження від прикладеного зусилля

Для збільшення запасу міцності можна збільшити товщину стінки 8 мм. Змінивши товщину стінки максимальні напруження виникають в місцях радіусів заокруглення, для зменшення напруження в цих місцях можна збільшити значення радіусів.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИСТОСУВАННЯ

В умовах впровадження інноваційних процесів на підприємстві часто виникає питання забезпечення технологічних операцій різними видами пристосувань. Сучасні методи і засоби технологічної підготовки виробництва передбачають комплексне використання прогресивних технічних і організаційних рішень з метою забезпечення в мінімальні терміни і при мінімальних трудових витратах повну готовність виробництва до випуску виробів заданої якості. Вони передбачають комплексне взаємозалежне вирішення основних завдань підготовки виробництва послідовно, від проектування конструкцій виробів і обробки їх на технологічність до освоєння серійного виробництва.

Одним з етапів підготовки виробництва є забезпечення технологічних операцій необхідним оснащенням. На кожному кроці підготовки виробництва необхідна оснастка різного рівня механізації з відповідними вимогами до жорсткості, точності і ін.

Використання складних спеціальних пристосувань підвищує продуктивність праці, але при невеликому річному випуску деталей такі пристосування можуть виявитись економічно недоцільними: від їх використання собівартість операції не знижується, а навпаки, підвищується.

Розрахунок економічної ефективності використання пристосувань має за основу порівняння затрат та економії, які виникають при його використанні відносно річного періоду. Затрати включають в себе амортизацію пристосувань та витрати на його утримання та експлуатацію. Економія досягається за рахунок зниження трудомісткості виготовлення деталей.

Пристосування вважається рентабельним, якщо річна економія більше річних затрат.

Собівартість використання пристосування розраховують за формулою [15, с.12]:

$$C = Z \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S}{P} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) \quad (6.1)$$

де Z - заробітна плата робітника за одну деталь, грн;

H - цехові накладні витрати у % до заробітної плати;

S - витрати на виготовлення пристосування, грн;

P - річна програма випуску деталей, шт;

A - строк амортизації пристосування в роках;

q - витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань у % від їх вартості.

Затрати на виготовлення пристосування розраховують за формулою [15, с.13]:

$$S = C_{\pi} \cdot N \quad (6.2)$$

де N - кількість деталей в пристосуванні, шт;

C_{π} - затрати на одну деталь пристосування, грн;

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу [15, с.13]:

$$Z = t_{\text{шт}} \cdot Z_{\text{хв}} \quad (6.3)$$

де $t_{\text{шт}}$ - штучно-калькуляційний час;

$Z_{\text{хв}}$ - хвилинна ставка робітника, грн.

Собівартість залежить в основному від річної програми випуску деталей. Програма випуску P_k - програма при якій обидва порівнюваних варіанти пристосувань економічно рівноцінні [15, с.13].

$$\Pi_k = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(Z_b - Z_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (6.4)$$

Якщо задана річна програма $\Pi > \Pi_k$, то більш вигідно застосовувати більш складне пристосування (з пневмоприводом), та навпаки, якщо $\Pi < \Pi_k$, вигідніше використовувати старе пристосування.

Отже, розрахуємо спочатку спроектоване пристосування з пневмоприводом. За формулою 6.2 вирахуємо затрати на виготовлення пристосування:

$$S_a = 300 \cdot 25 = 7500 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу 6.3:

$$Z_a = 89,99 \cdot 0,75 = 67,49 \text{ грн}$$

Собівартість використання пристосування розрахуємо за формулою 6.1:

$$C_a = 67,49 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{7500}{6000} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1500}{100}\right) = 221,85 \text{ грн}$$

де строк амортизації $A=2$ роки [15, с.13];

річні витрати $q = 0,2 \cdot S_a = 1500$ грн;

відсоток цехових накладних витрат $H = 200\%$ [15, с.13].

Для заводського пристосування за формулою 6.2 вирахуємо затрати на його виготовлення:

$$S_B = 150 \cdot 12 = 1800 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу 6.3:

$$З_B = 101 \cdot 0,75 = 75,75 \text{ грн}$$

Собівартість використання пристосування розрахуємо за формулою 6.1:

$$C_B = 75,75 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{1800}{6000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{360}{100}\right) = 228,63 \text{ грн}$$

де строк амортизації $A=1$ рік [15, с.13];

річні витрати $q = 0,2 \cdot S_B = 360$ грн;

відсоток цехових накладних витрат $H = 200\%$ [15, с.13].

За формулою 6.4 розрахуємо програму випуску, при якій обидва порівнюваних варіанти пристосувань економічно рівноцінні:

$$П_K = \frac{(7500 - 1800) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{360}{100}\right)}{(75,75 - 67,49) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} = 1058 \text{ шт}$$

Отже, так як $П > П_K$, то більш вигідно застосовувати спроектоване пристосування з пневмоприводом.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця верстатника в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

б) захаращення заготівками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорсткістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.

2. Опіки можливі при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'язких металів без спец. одягу.

3. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя

4. Ураження електричним струмом, внаслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

6. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.

7. Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.

8. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

9. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.

10. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

11. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

12. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

7.2 Заходи з забезпечення безпеки

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. Обладнання не створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ ENISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до

проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу(ДСТУ ENISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями».

З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різного ступеню важкості передбачено застосування кольорів та сигналів безпеки, що використовуються на робочих місцях, у відповідності вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення механічної дільниці, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») для виключення можливого ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом, передбачене захисне заземлення. Електроживлення електрообладнання механічної дільниці здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом.

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

Обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до I класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ іДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і

спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5 метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей. Планування безпосередньо робочого місця передбачає місця для збереження тари з заготовками та готовою продукцією, стелажі для зберігання технічної документації та інструменту, а також місця для відходів виробництва.

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м. На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку.

Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобів та вміння надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

7.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Па – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;
- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

В умовах виробництва пил утворюється не тільки в процесі обробки поверхонь (шліфуванні, поліруванні), а і під час прибирання приміщення, руху людей, транспортування заготовок та деталей від верстата до верстату. Запилення робочого приміщення може бути викликане через погане провітрювання або відсутність системи місцевої, загальної вентиляції.

Наждачний, залізний пил впливає на організм людини шляхом фібро генної дії, викликаючи подразнення слизових оболонок дихальних шляхів і осідаючи в легенях, практично не попадаючи в коло кровообігу внаслідок поганої розчинності в біологічних середовищах (крові, лімфі). Передбачено застосування загальної припливно-витяжної вентиляції, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП,з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин. Для металорізальних верстатів передбачено комбіновану систему освітлення робочих зон верстатів. Місцеве освітлення забезпечується лампами розжарювання, для живлення застосовується напруга 42В.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» та ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що

створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966.Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

7.4. Основи соціального страхування, як засіб гарантій прав та свобод працюючих

Соціальне страхування – невід'ємна частина соціальної політики і діяльності держави. У Конституції України записано, що право громадян на соціальний захист гарантується і забезпечується загальнообов'язковим державним соціальним страхуванням.

Основні ідеї і перспективи розвитку соціального страхування сформульовані в Концепції соціального забезпечення населення України від 21 грудня 1993 р. і Основах законодавства про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від 14 січня 1998 р. У цих документах соціальне страхування розглядається у двох аспектах: економічному і правовому. З економічної точки зору, страхування є частиною доходів суб'єктів господарської діяльності, які відраховуються у вигляді страхових внесків до соціальних фондів і призначені для матеріального забезпечення і охорони

здоров'я. Розмір страхових внесків для платників встановлюється законами в процентному відношенні до об'єктів оподаткування окремо для підприємців, юридичних і фізичних осіб, що використовують працю найнятих робітників, і для осіб, що працюють на умовах трудового договору (контракту). З правової точки зору, соціальне страхування є системою гарантій соціального захисту працездатних і непрацездатних громадян при настанні певних страхових випадків, що встановлені державою і регулюються нормами.

До основних компонентів соціального страхування відносяться такі правові категорії, як страховий стаж, страховий ризик і страховий випадок.

Страховий стаж – це період (термін), протягом якого особа підлягала обов'язковому соціальному страхуванню і регулярно сплачувала страхові внески. Страховий стаж в перспективі прийде на зміну трудовому стажу. Пенсії та інші соціальні виплати будуть здійснюватися залежно від тривалості страхового стажу і розміру сплачених внесків.

Страховий ризик – це обставини, унаслідок яких працівники або члени їх сімей можуть втратити тимчасово або постійно кошти для існування і потребувати матеріальної підтримки або послуг з соціального страхування.

Страховий випадок – юридичний факт, з настанням якого у застрахованої особи (члена його сім'ї, іншої особи) виникає право на отримання соціальних послуг із страхового фонду. До страхових випадків по соціальному страхуванню відносять:

- тимчасова непрацездатність;
- вагітність і пологи, догляд за малолітньою дитиною;
- інвалідність;
- досягнення пенсійного віку, смерть годувальника;
- безробіття;
- нещасний випадок на виробництві, профзахворювання та інші обставини, що встановлені законодавством.

Основами законодавства про соціальне страхування передбачене введення п'яти видів соціального страхування (пенсійного, медичного, у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності, витратами, обумовленими народженням і похованням, на випадок безробіття, а також від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, що призвели до втрати працездатності). Причому кожен вид соціального страхування повинен мати свою правову базу, свій фонд, джерело фінансування витрат на соціальні виплати.

Соціальне страхування від нещасних випадків і професійних захворювань є самостійним видом державного соціального страхування, за допомогою якого здійснюються соціальний захист, охорона життя і здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності.

Правові основи організації страхування і порядок його здійснення встановлені Законом України від 23.09.1999 р. № 1105-XIV «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» (із змінами і доповненнями).

Основними задачами соціального страхування від нещасних випадків і професійних захворювань є:

- проведення профілактичних заходів, що спрямовані на усунення шкідливих і небезпечних виробничих чинників;
- попередження нещасних випадків на виробництві, професійних захворювань та інших випадків загрози здоров'ю застрахованих, які викликані умовами праці;
- відновлення здоров'я і працездатності потерпілих від нещасних випадків або професійних захворювань;
- відшкодування шкоди застрахованим або членам їх сімей.

Відповідно до законодавства всі працівники підлягають обов'язковому державному страхуванню, тобто з моменту надходження на роботу,

працівник вважається застрахованим. У соціальному страхуванні беруть участь 3 сторони – страхувальники, страховики і застраховані. Страхувальниками є роботодавці і в окремих випадках застраховані працівники, а страховиками – відповідні страхові фонди. Держава гарантує всім застрахованим громадянам забезпечення прав у страхуванні від нещасного випадку або професійного захворювання.

7.5 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення механічної дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок (верстати), що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення механічної дільниці – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНИП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

З метою привернення уваги усіх працюючих пожежні щити, обладнання та інвентар фарбують в червоний колір, відповідно до вимог ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір».

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її

ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

7.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Прогнозування обстановки у вогнищах ураження.

Планування і підготовка до майбутнього проведення РІНР неможливі без прогнозування (передбачення) обстановки, яка може скластися в можливих вогнищах ураження. Безупинний розвиток засобів ураження і поглядів на їхнє застосування вимагає систематичної роботи з удосконалювання методики прогнозування обстановки і подальшого коректування відповідних розділів планів ЦЗ.

Прогнозування й оцінка обстановки можуть здійснюватися як до нападу, так і за попередніми даними про результати фактичного застосування супротивником ЗМУ із наступним їх уточненням даними розвідки.

До нападу супротивника прогнозування проводиться на основі вихідних даних, які характеризують вражаючі фактори сучасної зброї, місцеві умови і можливості, що впливають на виконання завдань ЦЗ, а саме: фізико-географічні, метеорологічні, санітарно-епідемічні умови; наявність людських і матеріальних ресурсів; стан транспорту, зв'язку; характер забудови міст та інших населених пунктів; стан ЦЗ (забезпеченість захисними спорудами і ЗІЗ, підготовка заміської зони; впровадження «Норм

проектування інженерно-технічних заходів ЦЗ», наявні сили і засоби); наявність ОНГ, при ушкодженні чи руйнуванні яких можуть утворитися вторинні вогнища ураження в результаті вибухів, пожеж, затоплення місцевості і поширення на ній СДОР та ін.

Особлива увага при прогнозуванні й оцінці обстановки приділяється захисту категорійованих міст і об'єктів народного господарства: визначаються ймовірні вогнища ураження, зони руйнувань, катастрофічних затоплень і РЗ, можливі втрати серед населення, сил і засобів ЦЗ. Також прогнозуються ступінь виходу з ладу транспорту, промислових і житлових будинків та споруд, комунально-енергетичних мереж і паливних систем, засобів зв'язку й інших систем, що забезпечують у цілому життєдіяльність міста, району, області, і очікуваний характер та обсяг робіт. На підставі прогнозу здійснюється розрахунок сил і засобів ЦЗ, необхідних для проведення РІНР.

Після нападу супротивника на основі початкових даних про параметри ядерних вибухів, характер і масштаб застосування інших видів ЗМУ також здійснюється прогнозування можливої обстановки, яка проводиться для вживання необхідних заходів захисту, для оцінки можливих втрат о. с. формувань ЦЗ, військ і населення, оцінки обсягу робіт з ліквідації наслідків нападу і для прийняття (уточнення) оптимального рішення на проведення РІНР. При цьому у вогнищах ядерного ураження (ВЯУ) оцінюється і пожежна обстановка, що необхідно для визначення обсягів і термінів виконання протипожежних заходів при проведенні РІНР, заходів щодо відновлення джерел пожежного водопостачання, а також для уточнення розрахунку сил і засобів та рішення на їх використання. Вихідними даними для прогнозування й оцінки пожежної обстановки, крім параметрів ядерного вибуху, можуть бути швидкість і напрямок середнього і приземного вітру та інші матеріали попередньої оцінки.

Прогнозування можливої радіаційної обстановки проводиться з метою визначення масштабів і характеру РЗ місцевості, розробки і здійснення заходів, які виключають чи зменшують втрати від нього. Результати прогнозування є орієнтовними і слугують вихідними даними для організації радіаційної розвідки, захисту населення, сільськогосподарських тварин і рослин, використання транспортних магістралей в умовах зараження і т.д.

Радіаційна обстановка після застосування ЯЗ оцінюється за даними прогнозування, розвідки і дозиметричного контролю. При її оцінці визначаються зони РЗ місцевості, розраховуються дози радіації, які можуть одержати люди протягом того чи іншого часу перебування в зонах зараження і при їх проходженні, визначаються час початку роботи і кількість змін для проведення рятувальних робіт у вогнищі ураження, режими роботи ОГ і режими захисту населення в умовах РЗ. Результати оцінки дозволяють вибрати найбільш прийнятні способи дій сил ЦЗ у вогнищах ураження і намітити заходи щодо їх захисту. Дані про радіаційну обстановку потім уточнюються за даними повітряної, морської (річкової) розвідки й установ мережі спостереження і лабораторного контролю.

Вогнища хімічного ураження (ВХУ) виникають у результаті застосування супротивником ОР, а також при руйнуванні хімічнонебезпечних об'єктів, які виготовляють чи використовують у технології СДОР (такі вогнища прийнято називати вторинними).

Вихідними даними для прогнозування обстановки в ОХП є: засоби, способи і райони застосування супротивником хімічної зброї; типи застосованих ОР (або розливої СДОР); час застосування хімічної зброї і метеорологічні умови в приземному шарі повітря. Необхідно визначити розміри районів і глибину поширення зараженого повітря, стійкість ОР й оцінити можливі втрати населення.

Застосування супротивником біологічної зброї може створити різні за розмірами вогнища біологічного ураження (ВБУ). Характер вогнища, його

масштаби і тривалість дії біологічних засобів залежать від виду і способу застосування збудника, метеорологічних умов і своєчасності проведення організаційних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. При масованому аерозольному способі застосування і сприятливих для поширення бак-терій метеорологічних умовах може бути заражена територія в сотні і навіть тисячі квадратних кілометрів.

Прогнозуючи обстановку, необхідно визначити можливі розміри зон біологічного зараження, вид збудника, спосіб його застосування і стійкість бактеріальних рецептур, очікувані первинні втрати населення з урахуванням його густоти і забезпеченості засобами захисту, характер зараженості ОГ, майна і технічних засобів, ймовірні вторинні втрати населення в результаті передачі інфекцій від хворих до здорових. Для розрахунку можливих втрат населення необхідно знати: площу зараження; кількість людей, які перебувають на ній; забезпеченість їх захисними спорудами, ЗІЗ і медичними засобами захисту. При раптовому застосуванні біологічних засобів може бути заражене аерозолями до 50-60% загальної чисельності населення; якщо люди будуть завчасно сповіщені і встигнуть вжити елементарних заходів захисту, втрати становитимуть не більше 15%.

Прогнозування зон можливого катастрофічного затоплення з визначенням їхніх меж, глибини й інших параметрів здійснюється розрахунковим шляхом на основі відповідних методик. Прогнозування зон затоплення після нападу супротивника здійснюється виходячи з характеру фактичних руйнувань чи ушкоджень напірного фронту гідротехнічних споруд і рівня заповнення водоймищ до моменту нападу.

Результати будь-якого прогнозування є наближеними і використовуються органами управління ІДО для аналізу та попередньої оцінки обстановки. Проте якісне прогнозування забезпечує не тільки правильну організацію й успішне проведення рятувальних робіт у вогнищах ураження, а й дає можливість зменшити імовірність утворення таких вогнищ

шляхом своєчасного оповіщення населення й укриття чи евакуації його із зон радіоактивного, хімічного і біологічного зараження [17].

Висновки

Необхідність вирішення питань безпеки зумовлює формування цілісної системи знань з проблем охорони праці, необхідних для прийняття за будь-яких умов обґрунтованих рішень щодо безпеки на рівні людини, колективу, підприємства, галузі, регіону й суспільства в цілому. У сфері виробничої діяльності рівень виробничого травматизму залишається високим, що є наслідком дії ряду чинників.

До них можна віднести недоліки в організації праці, порушення трудової і технологічної дисципліни, недостатню навченість персоналу, відсутність нагляду й контролю за безпечним виконанням робіт і дотриманням норм законодавчої бази.

Формування у майбутніх фахівців знань щодо стану й проблем охорони праці, вироблення вмінь та навичок в сфері управління потенційними небезпеками, охороною праці, пожежною безпекою дасть можливість зменшити травматизм та зберегти здоров'я працюючих.

ВИСНОВКИ

Результатом виконання даної магістерської роботи є технологічний процес виготовлення Валу. Спроектоване робоче та контрольне пристосування. Складено розмірні ланцюги для торцевих поверхонь.

Для зниження трудомісткості процесу контролю на виробництві; скорочення термінів реалізації проектів необхідно використовувати сучасні засоби контролю. В роботі розглянуті основні переваги цих засобів та проаналізовано деякі із них. Використання сучасних засобів контролю виробів дозволяє мінімізувати участь людини в процесі оцінки якості виробів або повністю його усунути. В цьому випадку мінімізуються похибки вимірювань, пов'язані з людським фактором.

Розрахована ефективність використання пристосування з пневмоприводом в порівнянні з універсальним.

Розроблені та запропоновані заходи з охорони праці, які спрямовані на забезпечення комфортних та безпечних умов при проведенні робіт.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Додатки до методичних вказівок "Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічних процесів механічної обробки" - Запоріжжя, ЗНТУ, 1996.-55с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування для студентів спеціальностей: 8.090203, 8.090202, 7.100102 усіх форм навчання/ укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексеєнко. - Запоріжжя: ЗДТУ, 1999. - 78с.
3. Баранчиков, В.И. Прогрессивныережущиеинструменты и режимырезанияметаллов / В.И. Баранчиков - М.:Машиностроение, 1990.- 400с.
4. Справочникнормировщика-машиностроителя. Т2 / Под ред. Е.И. Стружестраха. - М.: Машгиз, 1961. - 891 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
7. Курс лекций по дисциплине "Технологическая оснастка" для направлений подготовки 6.050502 "Инженернаямеханика" и 6.050503 "Машиностроение" по специальностям "Технологииимашиностроения" и "Металлорежущие станки и системы" для всех форм обучения./П.А. Каморкин. – Запорожье: ЗНТУ, 2015.–228 с.
8. Сунцов, А.П. Современные средства контроля изделий в машиностроении / Сунцов А.П.-ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2018. - 17 с.
9. Секацкий, В. Ф. Методы и средства измерений и контроля: учебное пособие / В. Ф. Секацкий, Н. В. Мерзликина. – Красноярск: ИПЦ СФУ, 2007. – 286 с.

10. Анисимова, Л.И. Метрологические характеристики средств измерений и технического контроля геометрических величин: справочник / Л.И. Анисимова, А.С. Кривоногова. – Екатеринбург: Изд-во Рос. Гос. Проф.-пед. Ун-та, 2010. – 260 с.
11. Легаев, В. П. Приборы автоматического контроля и управления в машиностроении: учебное пособие / В.П. Легаев. – Владимир: ИздвоВладим. гос. ун-та, 2009. – 123 с.
12. Макаров, В.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Общие сведения об измерениях, испытаниях и контроле: учебное пособие / В.В. Макаров. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – 40 с.
13. Средства измерения. Выпуск №2: каталог компании «ИнтраТул».
14. Каталог оборудования «ГФК». – Режим доступа: <http://www.gfk-leica.ru/katalog>.
15. Богуслаев, В.А. Конструкции приспособлений. Справочное пособие / В.А. Богуслаев, В. Ф. Мозговой, А.Я. Качан и др. Изд. ОАО "Мотор Сич", Запорожье. - 2004 г. - 203 с.
16. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»(спеціалізація «Технологія машинобудування») / Укл. : В.І. Шмирко– Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 –28 стор.
17. Шоботов, В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник / В.М. Шоботов - Київ: Центр навчальної літератури, - 2006. - 438 с.
18. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи магістра для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування»/ Укл. доц., к.т.н., Гончар Н.В., доц., к.т.н. Дядя С.І. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 35 с.