

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технології машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Особливості технології фінішної обробки деталей редуктора
приводу генератора»

Виконав: студент(ка) // курсу, групи Мз-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Криштон Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кондратюк Е.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Гермашев А.І.
(прізвище та ініціали)

2020

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 С.І. Дядя
« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

- Криштон Дар'ї Олександрівни
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проєкту (роботи) Особливості технології фінішної обробки деталей редуктора приводу генератора
- керівник проєкту (роботи) Кондратюк Е.В., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » 12 2020 року № 369
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11.12.2020 р.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі; річна програма випуску N=7000 шт
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Розрахунок деталі на міцність; 4 Автоматизація обробки поверхонь складних деталей за технологією SURF FINISHING; 5 Спеціальне завдання. Шевінгування – швидкий та продуктивний спосіб фінішної обробки зубців; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів; 7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення проектування операцій в модулі NX CAM; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; лист автоматизації та листи до спецзавдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
<i>1-6</i>	<i>доцент Кондратюк Е.В.</i>		
<i>7</i>	<i>доцент Шмирко В.І.</i>		
<i>нормоконтроль</i>	<i>доцент Логомінов В.О.</i>		

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
<i>1</i>	<i>Технологічна частина</i>	<i>24.09.2020</i>	
<i>2</i>	<i>Конструкторська частина</i>	<i>09.10.2020</i>	
<i>3</i>	<i>Розрахунок деталі на міцність</i>	<i>16.10.2020</i>	
<i>4</i>	<i>Автоматизація обробки поверхонь складних деталей за технологією SURF FINISHING</i>	<i>24.10.2020</i>	
<i>5</i>	<i>Спецзавдання. Шевінгування – швидкий та продуктивний спосіб фінішної обробки зубців</i>	<i>06.11.2020</i>	
<i>6</i>	<i>Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів</i>	<i>12.11.2020</i>	
<i>7</i>	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>19.11.2020</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>27.11.2020</i>	
<i>9</i>	<i>Нормоконтроль і рецензія</i>	<i>02.12.2020</i>	
<i>10</i>	<i>Захист дипломного проєкту</i>	<i>11.12.2020</i>	

Студент(ка)

_____ Криштон Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Кондратюк Е.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 132 с.; 57 рис.; 13 таб.; 6 дод.; 15 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВАЛ ШЕСТЕРНЯ, ГІДРОЦИЛІНДР, ГКМ, ДЕТАЛЬ, ЕВОЛЬВЕНТА, СЕРІЙНЕ ВИРОБНИЦТВО, СОБІВАРТІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЧНА ОСТАСТКА, ФІНІШНА ОБРОБКА, ШЕВЕР, ШЕВІНГУВАННЯ.

Об'єкт дослідження – вал-шестерня редуктора приводу генератора.

Мета магістерської роботи – покращити технологічний процес виготовлення деталі на основі базового варіанту технологічного процесу.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня, було обрано обладнання та інструмент, було розраховано режими різання та норми часу також було спроектовано робоче та контрольне пристосування, було запропоновано автоматизацію фінішної обробки деталі, розроблено спецзавдання за темою «шевінгування – швидкий та продуктивний спосіб фінішної обробки зубців» та передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначення	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	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	21
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	25
1.6 Розрахунок режимів різання	31
1.7 Технічне нормування операцій.....	44
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ	48
1.8.1 Розробка токарної операції 025	49
1.8.2 Розробка фрезерної операції 035.....	51
1.8.3 Розробка свердлильної операції 045	52
2 Конструкторська частина	54
2.1 Проектування робочого пристрою	54
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	54
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	56
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	57
2.2 Проектування контрольного пристосування	61
3 Розрахунок деталі на міцність	65
3.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	65

3.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції.....	70
3.3 Оптимізація геометрії деталі	76
4 Повністю автоматична обробка поверхонь складних деталей за технологією <i>surf finishing</i>	77
5 Спеціальне завдання	83
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	97
7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	103
Висновок	106
Перелік джерел посилання.....	107
Додаток А.....	109
Додаток Б	111
Додаток В.....	112
Додаток Г	118
Додаток Д.....	123
Додаток Е	126

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

PLC	Programmable logic controller
ВПД	Верстат пристосування інструмент деталь
ГКМ	Горизонтально–кувальна машина
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
ККД	Коефіцієнт корисної дії
КПО	Коефіцієнт природнього освітлення
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
НДС	Напружено–деформований стан (НДС)
НС	Надзвичайна ситуація
ТП	Технологічний процес
ХТО	Хіміко–термічна обробка
ЧПУ	Числове програмне управління

ВСТУП

Сукупність методів і прийомів виготовлення машин, вироблених протягом тривалого часу і використовуваних в певній галузі виробництва, становить технологію цієї галузі.

У зв'язку з цим виникли поняття: технологія лиття, технологія обробки тиском, технологія зварювання, технологія механічної обробки, технологія збирання машин. Всі ці процеси виробництва відносяться до технології машинобудування, яка охоплює всі етапи процесу виготовлення машинобудівної продукції.

Тут комплексно вивчаються питання взаємодії верстата, пристосування, ріжучого інструменту і оброблюваної деталі; шляху побудови найбільш раціональних, тобто найбільш продуктивних і економічних, технологічних процесів обробки деталей машин, включаючи вибір металорізального обладнання та технологічної оснастки; методи раціонального побудови технологічних процесів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Вал-шестерня (рис. 1.1) розташований в редукторі. Деталь призначена для передачі крутного моменту від головної шестерні на шестерню приводу генератора, забезпечуючи роботу таких агрегатів, як блок паливних насосів, маслоагрегата.

Евольвентні зубчасті шестерні широко застосовуються в машинобудуванні. Їх переваги:

- плавність в роботі;
- сталість передаточного числа;
- високий ККД (при ретельному виготовленні та відповідному виду мастила – до 0,99 в одному щаблі);
- працездатність в широкому діапазоні потужностей (до 100 мВт) і швидкостей (до 20 м/с);
- компактність;
- технологічність виготовлення;

Недоліки зубчастих передач:

- є джерелом шуму і вібрацій;
- чутливі до похибок виготовлення та монтажу;
- висока вартість виготовлення точних передач.

Сталеві зубчасті колеса виготовляють з круглого прокату, кованими, штампованими і литими. Спосіб виготовлення визначається матеріалом, конструкцією, розмірами і серійністю виробництва деталі. Цілісна конструкція зменшує загальну вартість валу і шестерні, збільшує жорсткість валу і точність центрування шестерні, що сприятливо сказується на роботі зубчастого зачеплення, особливо при консольному розташуванні одного з коліс.

Хімічний склад (табл. 1.1) [1] і технологічні особливості матеріалу, з якого виготовлена деталь, забезпечують тривалу надійну роботу.

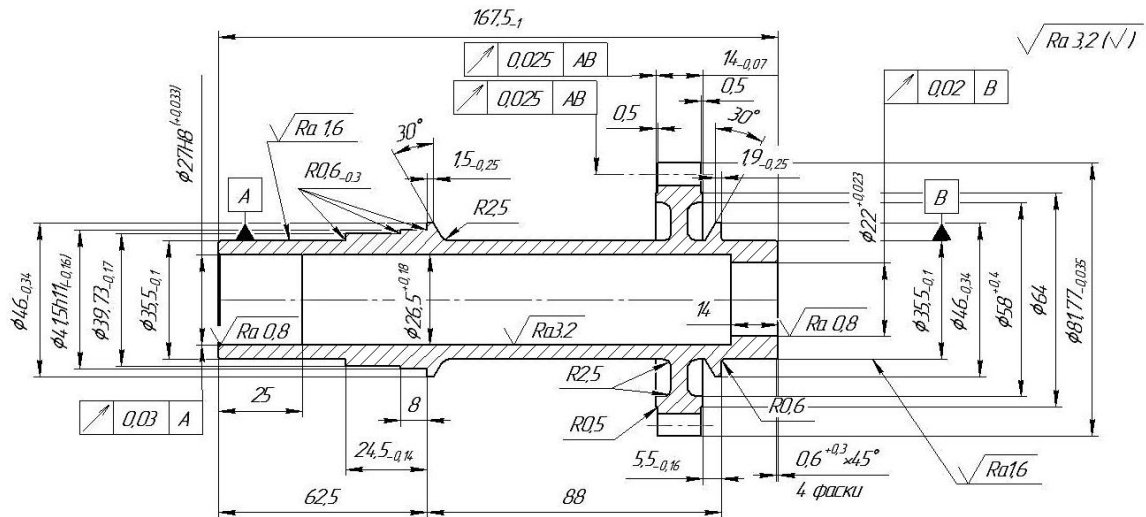


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі «Вал шестерні»

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 14ХГСН2МА-Ш [1]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Fe	S	P
0,11-0,16	0,45-0,7	0,7-1,0	1,2-1,6	1,6-2,0	0,25-0,4	0,03-0,06	основа	не более	
								0,025	0,03

Рекомендована ТО і ХТО:

- термічна обробка - нормалізація при 950°C;
- відпуск при 670°C;
- цементация при 900...920°C;
- можлива обробка холодом при -40...70°C;
- відпуск при 170...220°C.

Сталь добре обробляється різанням. Сталь 14ХГСН2МА-Ш характеризується високим вмістом нікелю, що сприяє утворенню великої кількості залишкового аустеніту в шарі після ХТО; забезпечує задану твердість цементованого шару при робочих температурах 222...400°C. Сталь для зубчастих коліс не повинна бути схильна до перегріву і до насичення поверхні вуглецем при цементції.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу виробництво умовно ділиться на три основних види: одиничне, серійне і масове. Кожен з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

На даному етапі проектування складно правильно визначити вид виробництва і тому проведемо попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою і масі деталі.

Визначається тип виробництва залежно від габаритів, маси (ваги) та розміру річної програми випуску виробів, саме за допомогою усіх даних встановлюється тип виробництва.

З огляду на масу деталі $m = 0,82$ кг і річну програму випуску $N = 2000$ штук, тип виробництва – серійний.

Форми організації технологічних процесів згідно з ГОСТ 14312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Порівнюється два методи отримання штампованих заготовок ГKM (горизонтально-кувальна машина) та преси.

Ескіз штампованої ГKM заготовки показаний нижче (рис. 1.2).

Невказані радіуси на ескізі 3-5 мм.

Невказані формувальні ухили на ескізі дорівнюють 5° – 15° .

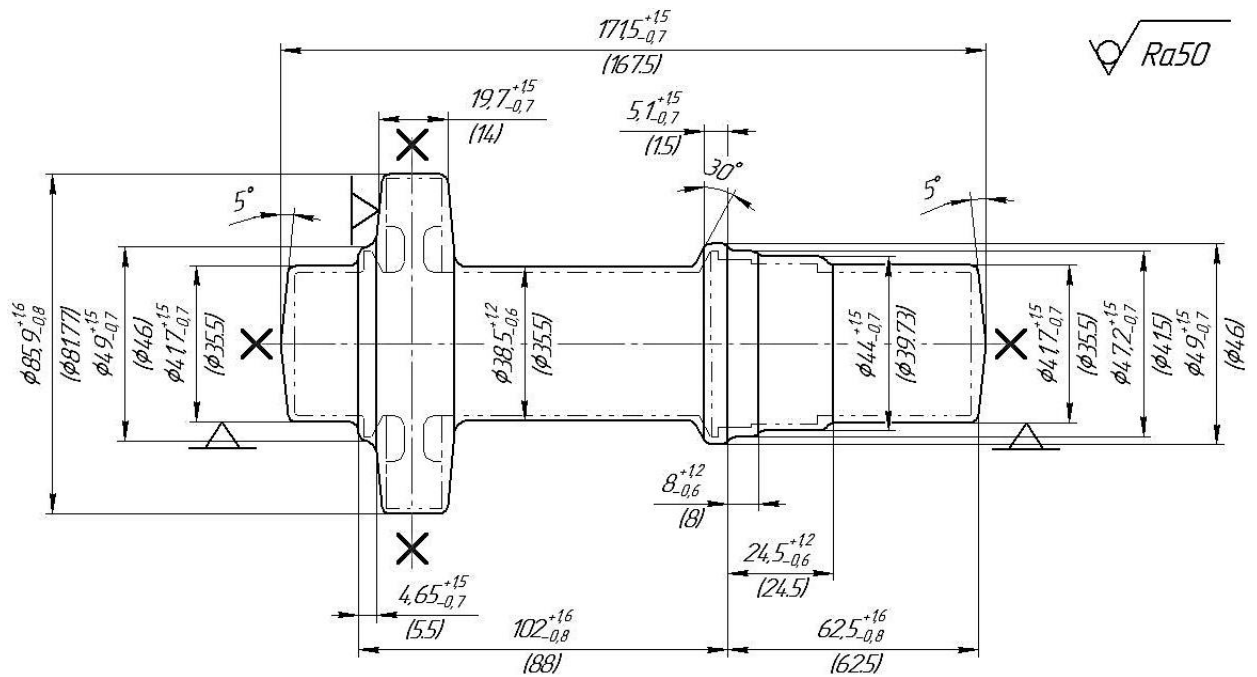


Рисунок 1.2 - Ескіз штампованої заготовки

Побудувавши модель заготовки за вищенаведеним ескізом (рис. 1.2) за допомогою програми Siemens NX було визначено масу ГKM заготовки $m_3=2,38$ кг.

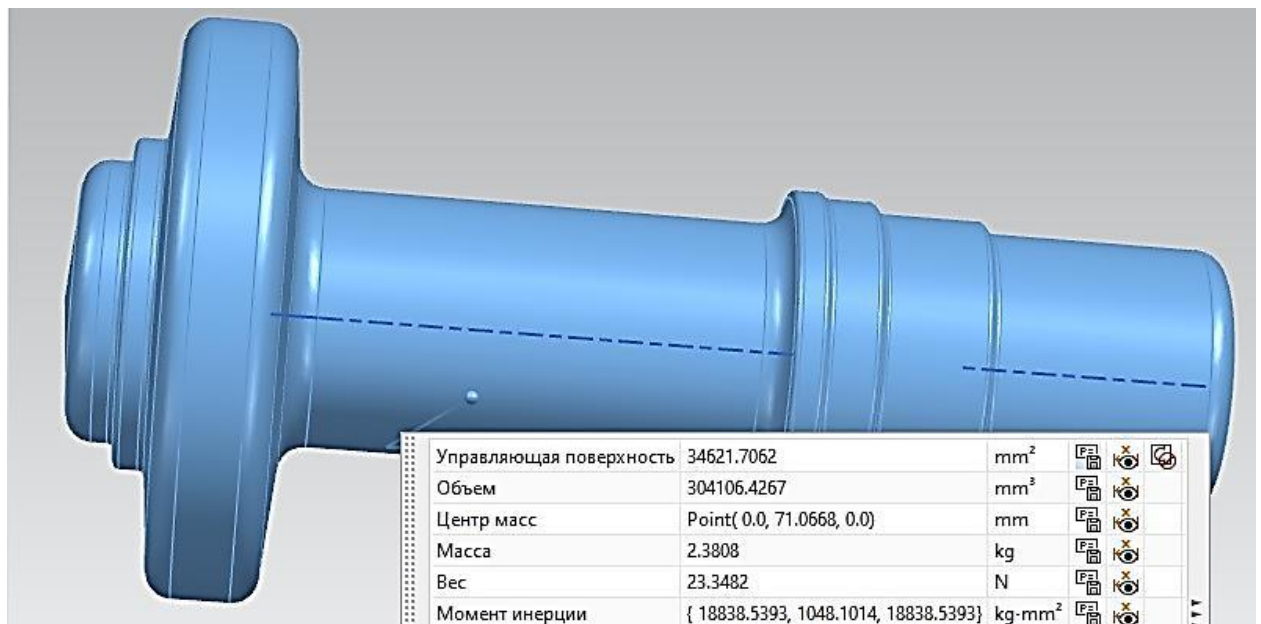


Рисунок 1.3 – Модель ГKM заготовки

Ескіз штампованої на пресах заготовки показаний нижче (рис. 1.4).

Невказані радіуси на ескізі 3-5 мм.

Невказані формувальні ухили на ескізі дорівнюють 5°–15°.

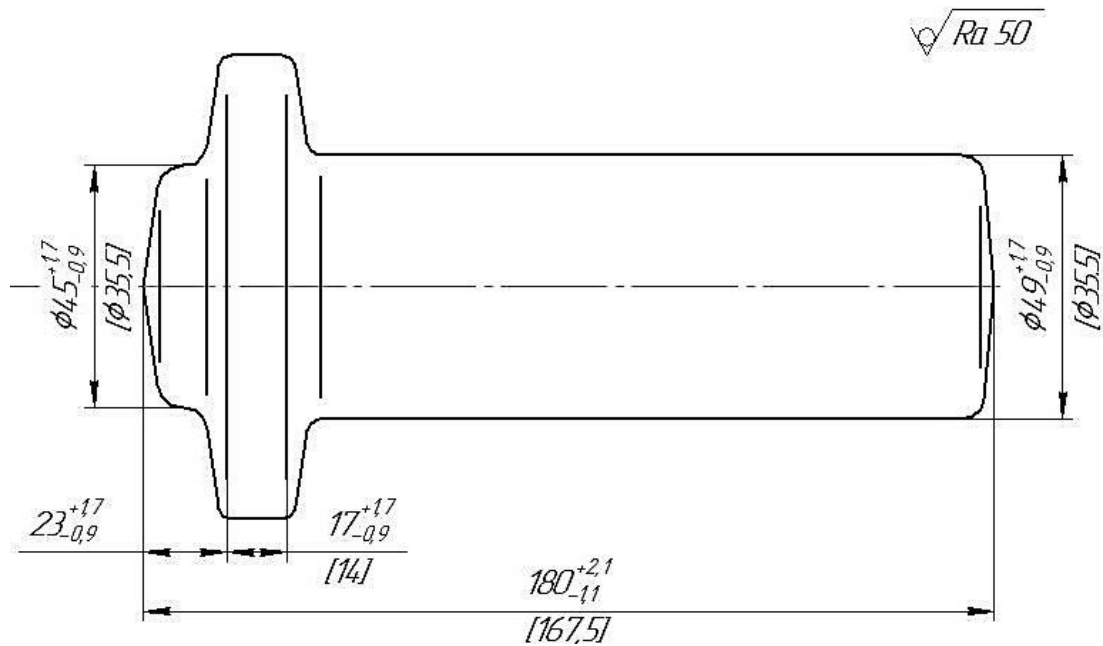


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки виготовленої на пресах

Побудувавши модель заготовки за вищенаведеним ескізом (рис. 1.4) за допомогою програми Siemens NX було визначено масу заготовки на пресах $m_3=3,05$ кг.

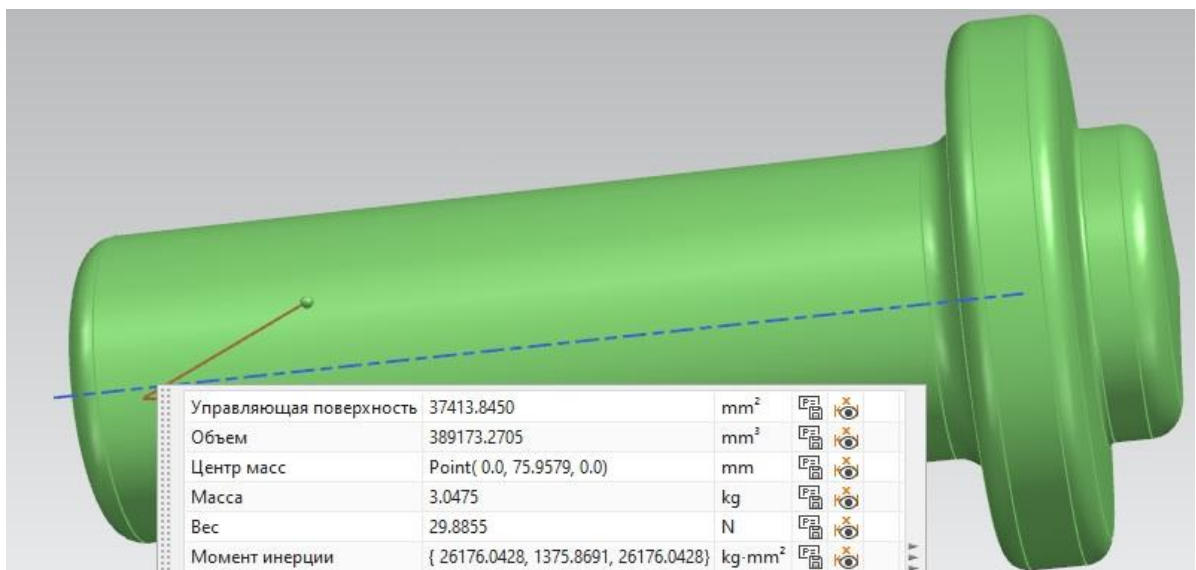


Рисунок 1.5 – Модель заготовки виготовленої на пресах

Розраховуємо вартість однієї заготівки, отриманої одним зі способів за формулою (1.1):

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \frac{B_{\text{отх}}}{1000} \quad (1.1)$$

де Q – маса заготівки, кг;

q – маса деталі, кг;

B_6 – базова вартість виготовлення 1 т заготовок, грн;

K_T – коефіцієнт врахування точності заготовки;

K_M – коефіцієнт врахування матеріалу заготівки;

K_C – коефіцієнт врахування групи складності виготовлення заготовки;

K_3 – коефіцієнт врахування маси заготовки;

K_{Π} – коефіцієнт врахування програми випуску заготовок.

$$B_{\text{ГКМ}} = \frac{3150}{1000} \cdot 2,38 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 - (2,8 - 0,82) \frac{140}{1000} = 17,77 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{преси}} = \frac{3500}{1000} \cdot 3,05 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 - (3,05 - 0,82) \cdot \frac{140}{1000} = 25,31 \text{ грн.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) за формулою (1.2):

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

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготівки, кг.

–ГКМ:

$$\eta_{\text{ГКМ}} = \frac{0,82}{2,38} = 0,34$$

–Преса:

$$\eta_{\text{Преси}} = \frac{0,82}{3,05} = 0,27$$

Результати розрахунків були занесені до таблиці 1.2.

Було порівняно два вищенаведених способи отримання заготовок та саме заготовка, яка була виготовлена за допомогою ГKM була дешевшою від тієї, що була виготовлена на пресах, також KBM її був вищим. Та виходячи з цього можна зробити висновок, що виготовлення заготовки ГKM є більш раціональним.

Таблиця 1.2 – Порівняльні показники за варіантами

Показник	Познач.	Один. виміру	Варіант	
			ГKM	Преса
Маса заготовки	Q	кг	2,38	3,05
Базова варт. 1т заготовок	Cб	грн	3150	3500
Коефіцієнти	K_T	-	1	1
	K_M	-	2,4	2,4
	K_B	-	1	1
	K_{Π}	-	1	1
	K_C	-	1	1
Варт. 1т стружки	$S_{\text{отх}}$	грн	140	140
Варт. 1шт. загот.	C	грн	17,77	25,31
KBM	η_1	-	0,34	0,27

Далі розраховано річне заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (B_2 - B_1) \Pi \quad (1.3)$$

де B_1 – вартість однієї тони заготовок виготовлених на КГШП, грн.;

B_2 – вартість однієї тони заготовок виготовлених на молотах, грн;

Π – річна програма випуску заготовок, шт.

$$E_B = (25,31 - 17,77) \cdot 2000 = 15080 \text{ грн.}$$

Було розраховано річне заощадження матеріалу:

$$M = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \eta_2} \cdot \Pi \quad (1.4)$$

$$M = \frac{0,82(0,34 - 0,27)}{0,34 \cdot 0,27} \cdot 2000 = 1340 \text{ кг}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Відпрацювання конструкції на технологічність є комплексом заходів щодо забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції за встановленими показниками, спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на виготовлення виробу.

Якісна оцінка технологічності проводиться за видом деталі, класу, складності конфігурації, жорсткості конструкції, можливості обробки деталі універсальним інструментом, наявності особливо точних і чистих поверхонь.

Деталь складається в основному з концентрично розташованих поверхонь. Великих труднощів у виготовленні деталі не виникає. Точність виготовлення, точність розташування поверхонь і якість обробки - середньо економічні. Обробка деталі проводиться поширеними методами обробки різанням. Задана кресленням точність обробки поверхонь не викликає особливих труднощів при обробці деталі на металорізальних верстатах, і розташування більшості поверхонь дозволяє вести обробку на прохід або в

упор, крім внутрішніх вибірок і канавок. Найбільш точний діаметр - 22 по 7 квалітету легко обробляється на токарних і шліфувальних верстатах. Застосування автоматів і верстатів з ЧПУ дозволяє обробляти кілька поверхонь деталі дуже точно та за одну установку.

КВМ в галузевому машинобудуванні рівняється $\eta \geq 0,8$. КВМ даної деталі дорівнює $\eta = 0,34$, тому деталь – не технологічна.

Кількісна оцінка визначається за наступною формулою:

$$K_{\text{тех}} = \frac{K_{\text{ун}} + K_{\text{точ}} + K_{\text{ш}}}{3} \quad (1.5)$$

де $K_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікованих елементів;

$K_{\text{точ}}$ – коефіцієнт точності;

$K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт уніфікації визначається за наступною формулою:

$$K_{\text{ун}} = \frac{n_{\text{ун}}}{n_{\Sigma}} \quad (1.6)$$

де $n_{\text{ун}}$ – кількість уніфікованих деталей;

n_{Σ} – загальна кількість деталей.

Коефіцієнт точності визначається за наступною формулою:

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} \quad (1.7)$$

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності визначається за наступною формулою:

$$A_{\text{ср}} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + 6 \cdot n_n}{\Sigma n} \quad (1.8)$$

де $n_{1...n}$ – кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;

$\sum_n$ – кількість усіх розмірів.

Коефіцієнт шорсткості визначається за наступною формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}} > 0,6 \quad (1.9)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості;

$B_{ср}$ – середній квалітет шорсткості, який визначається за наступною формулою:

$$B_{ср} = \frac{K_4 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{\sum_n} \quad (1.10)$$

де $K_{4...7}$ – клас шорсткості;

$n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості;

$\sum_n$ – кількість усіх розмірів.

Було виконано якісну оцінку (рис.1.6):

- деталь має геометричну форму середньої складності, відноситься до класу валів;
- деталь тонкостінна;
- деталь не габаритна;
- деталь нормальної точності;
- уніфіковані елементи: фаски, радіуси;
- можливість застосування типових технологічних процесів;
- можливість обробляти деталь стандартним інструментом;
- поверхні деталі доступні до обробки.

Було виконано кількісну оцінку.

Всі одержані дані занесені до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз деталі на технологічність

№розм	Розміри	Квалітет	Шорсткість	Уніфікація
1	2	3	4	5
Діаметральні				
1	$\phi 41,5_{-0,16}$	h11	3,2/5	—
2	$\phi 27^{+0,033}$	H10	0,8/7	+
3	$\phi 35,5_{-0,1}$	h10	1,6/6	—
4	$\phi 39,73_{-0,17}$	h10	3,2/5	—
5	$\phi 46_{-0,34}$	h10	3,2/5	+
6	$\phi 26,5^{+0,18}$	H10	3,2/5	—
7	$\phi 35,5_{-0,1}$	h10	1,6/6	—
8	$\phi 64$	h10	3,2/5	+
9	$\phi 58^{+0,4}$	H10	3,2/5	+
10	$\phi 22^{+0,033}$	H8	0,8/7	+
11	$\phi 35,5_{-0,1}$	h10	1,6/6	—
12	$\phi 46_{-0,34}$	h10	3,2/5	+
13	$\phi 81,77_{-0,035}$	h7	1,6/6	—
Лінійні				
14	$167,5_{-1}$	h14	3,2/5	+
15	$14_{-0,07}$	h10	3,2/5	+
16	$14_{-0,11}$	h10	3,2/5	+
17	$5,5_{-0,16}$	h12	3,2/5	—
18	$88_{-0,14}$	h10	3,2/5	+
19	$62,5_{-0,12}$	h10	3,2/5	+
20	$24,5_{-0,084}$	h10	3,2/5	+
21	$8_{-0,058}$	h10	3,2/5	+
22	$25_{-0,084}$	h10	3,2/5	+

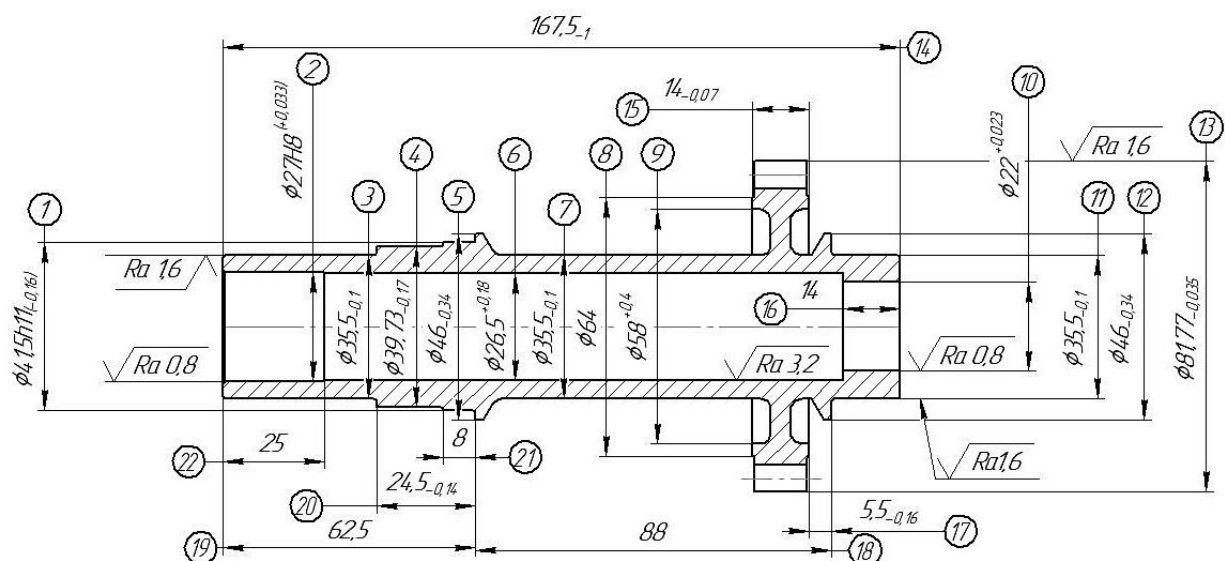


Рисунок 1.6 – Технологічна розмітка поверхонь деталі «вал шестерня»

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою (1.4):

$$K_{\text{ун}} = \frac{14}{22} = 0,63 \geq 0,6$$

З огляду на вищевикладене, за даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Середній квалітет точності та коефіцієнт точності визначається за наступною формулою (1.8), (1.7):

$$A_{\text{ср}} = \frac{14 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 10 \cdot 17 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{22} = 10,09$$

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{10,09} = 0,9 > 0,6$$

З огляду на вищевикладене, за даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Коефіцієнт шорсткості та середній квалітет шорсткості, які розраховуються за формулами (1.10), (1.9):

$$B_{\text{ср}} = \frac{5 \cdot 16 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 2}{22} = 5,36$$

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{5,36} = 0,81 > 0,6$$

З огляду на вищевикладене, за даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Загальний рівень технологічності визначаємо за формулою (1.3):

$$K_{\text{тех}} = \frac{0,63 + 0,9 + 0,81}{3} = 0,78 > 0,6$$

З вищевикладених розрахунків було зроблено висновок. А саме деталь відповідає усім коефіцієнтам кількісної оцінки технологічності конструкції та не відповідає параметрам якісної оцінки, тому деталь приймається нетехнологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

МОП – це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою ТП механічної обробки тому, що саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні та інші процеси впливу на поверхню заготовки.

МОП для зовнішньої циліндричної поверхні $\phi 81,77h7_{(-0,035)}$.

Вихідні дані деталі та заготовки:

Дані заготовки:

$Td_3 = 2900$ мкм;

$Ra_3 = 50$ мкм;

Квалітет - IT 17;

Дані деталі:

$Td_d = 0,035$ мм = 35 мкм;

$Ra_d = 1,6$ мкм

Уточнення за квалітетом визначається за формулою:

$$\epsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}; \quad (1.11)$$

де $Td_{заг}$ – допуск на заготовку в мкм;

$Td_{\text{дет}}$ – допуск на деталь в мкм.

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{2900}{35} = 82,86$$

Уточнення за шорсткістю визначається за формулою:

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}; \quad (1.12)$$

де $Ra_{\text{заг}}$ – шорсткість на заготовку в мкм;

$Ra_{\text{дет}}$ – шорсткість на деталь в мкм.

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{50}{1,6} = 31,25$$

Кількість переходів розраховується за формулою:

$$K_{\text{расч}} = 2 \lg \varepsilon_{oTd} \quad (1.13)$$

$$K_{\text{расч}} = 2 \cdot \lg 82,86 = 3,84$$

Хоч кількість переходів зручно округлити до 4х, та для даної деталі цілком вистачить 3х, тому приймається $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 17 - 7 = 10 = 5 + 3 + 2$$

$$IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow T/O \rightarrow h7$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 1,6$$

Перевірка:

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

$$82,86 \leq 82,86 \text{ вірно}$$

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

$$31,25 \leq 31,25 \text{ вірно}$$

Дані що занесені до таблиці 1.4, являються результатами вищевикладених обчислень. Разом з тим, була виконана перевірка. Як наслідок було виконано маршрут обробки заданої поверхні.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 27H8^{(+0,033)}$.

Дані щодо деталі та заготовки:

Заготовка:

$$Td_3 = 2600 \text{ мкм};$$

$$Ra_3 = 50 \text{ мкм};$$

Квалітет – IT 17;

Деталь:

$$Td_d = 33 \text{ мкм};$$

$$Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$$

Квалітет – H7^(+0,033).

Уточнення за квалітетом та шорсткістю розраховуються за формулами (1.11), (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{2600}{33} = 78,78$$

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

Кількість переходів розраховується за формулою (1.13):

$$K_{расч} = 2 \cdot \lg 78,78 = 3,79$$

Хоч кількість переходів зручно округлити до 4х, та для даного розміру цього недостатньо, тому приймається K=5.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 17 - 8 = 9 = 3 + 2 + 2 + 1 + 1$$

$$IT17 \rightarrow H14 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow T/O \rightarrow H9 \rightarrow H8$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 1,6 \rightarrow Ra\ 0,8$$

Перевірка:

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

$$78,78 \leq 78,78 - \text{вірна}$$

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

$$62,5 \leq 62,5 - \text{вірна}$$

Дані що занесені до таблиці 1.4, являються результатами вищевикладених обчислень. Разом з тим, була виконана перевірка. Як наслідок було виконано маршрут обробки заданої поверхні.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головне завдання технології - забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), та організаційні основи - при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

Для складання маршруту обробки поверхонь необхідно скласти характеристику кожної оброблюваної поверхні і порівняти її з відповідною поверхнею заготовки. Характеристики основних поверхонь деталі (див. рис. 11) заносимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.4 – План обробки поверхонь

	Показ., мкм	Уточн.	Кіл. пер.	Різні.пок. ШТК	i	Метод обр.		Td, мкм	Ra, мкм	ε_{iTd}	ε_{iRa}
Зов.цил.пов. $\varnothing 81,77h7_{(-0,035)}$	Td Ra	82,86 31,25	3	17-7=10= =5+3+2	1	Загот.	IT17	2900	50	—	—
					2	Чорн. точ.	h12	350	12,5	8,29	4
					3	Н/чист. точ.	h9	87	6,3	4	1,98
					4	Т/О	—	—	—	—	—
					5	Шліф. чорн..	h7	35	1,6	2,48	3,94
					6	Уточнення				82,86	31,25
Внутр. цил. пов. $\varnothing 27H8^{(+0,033)}$	Td Ra	78,78 62,5	5	17-8=9= =3+2+2+1+1	1	Загот.	IT17-	2600-	50-	—	—
					2	Точ. чорн.	H14	520	12,5	5	4
					3	Точ. н/ч	H12	210	6,3	2,48	1,98
					4	Точ. чист..	H10	84	3,2	2,5	1,97
					5	Т/О	—	—	—	—	—
					6	Шліф. чорн..	H9	52	1,6	1,62	2
					7	Шліф. чист.	H8	33	0,8	1,58	2
					8	Уточнення				78,78	62,5

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом на розмір $\varnothing 81,77h7_{(-0,035)}$.

Зовнішня поверхня $\varnothing 81,77h7_{(-0,035)}$ Ra=1,6.

МОП:

1. Заготовка IT17 ($T_{D1} = 2900$ мкм);
2. Точіння чорнове h14 ($T_{D2} = 350$ мкм);
3. Точіння чистове d11 ($T_{D3} = 87$ мкм).
4. Т/О
5. Шліфування однократне ($T_{D3} = 35$ мкм)

Для заготовки було обрано нормативні значення висоти нерівностей Rz та висоти дефектного шару h [2, табл.3.7, с.23]. Дані були внесені до таблиці 1.5.

За переходами:

1. Заготовка $Rz_1 = 160$ мкм $h_1 = 200$ мкм;
2. Точіння чорнове $Rz_2 = 80$ мкм $h_2 = 50$ мкм;
3. Точіння чистове $Rz_3 = 10$ мкм $h_3 = 40$ мкм;
4. Т/О;
5. Шліфування однократне $Rz_5 = 5$ мкм $h_5 = 15$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.14)$$

де $\rho_{зм}$ – допустиме значення зміщення поверхні;

$\rho_{кор}$ – допустиме значення короблення поверхні.

Допустиме значення зміщення поверхні розраховується за формулою:

$$\rho_{зм} = \rho_{зм\ таб} \cdot l \quad (1.15)$$

де $\rho_{к\ таб}$ – табличне значення кривизни поверхні; $\rho_{зм\ таб} = 2$ мкм/мм [1, табл.3.9, с.25];

l – довжина даної поверхні.

$$\rho_{зм} = 0,7 \cdot 19,7 = 13,79 \text{ мкм}$$

Допустиме значення короблення поверхні розраховується за формулою:

$$\rho_{кор} = \rho_{к\ таб} \cdot l \quad (1.16)$$

де $\rho_{к\ таб}$ – табличне значення кривизни поверхні; $\rho_{к\ таб} = 3$ мкм/мм [3, табл.15, с.186];

l – довжина даної поверхні.

$$\rho_{\text{кор}} = 0,5 \cdot 19,7 = 9,85 \text{ мкм}$$

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою (1.14):

$$\rho_1 = \sqrt{13,79^2 + 9,85^2} = 16,95 \text{ мкм}$$

Приймаємо коефіцієнти уточнення k_i за [3, табл.13, с.42];

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot k_2 = 16,95 \cdot 0,06 = 1,02 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = \rho_2 \cdot k_3 = 1,02 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм}.$$

Визначення мінімальних припусків розраховується за формулою:

$$2z_i^{\text{min}} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2}) \quad (1.17)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей попередньої операції;

h_{i-1} – висота дефектного шару попередньої операції;

ρ_{i-1} – значення просторового відхилення попередньої операції;

ϵ_i – значення похибки установки даної операції, [3, табл.13, с.42].

$$2z_2^{\text{min}} = 2(160 + 200 + \sqrt{16,95^2 + 120^2}) = 0,962 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\text{min}} = 2(80 + 50 + \sqrt{1^2 + 80^2}) = 0,42 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\text{min}} = 2(10 + 40 + \sqrt{1^2 + 50^2}) = 0,2 \text{ мм}.$$

Розраховуємо номінальні припуски:

$$2z_2^{\text{H}} = 2z_2^{\text{min}} + e_{i \text{ заг}} = 0,962 + 1 = 3,145 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{\min} + Td_2 = 0,42 + 0,35 = 0,77 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{\min} + Td_3 = 0,2 + 0,087 = 0,287 \text{ мм}.$$

Знаходимо номінальні діаметри:

$$d_5^H = d_{\text{дет}}^H = 81,77 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_5^H + 2z_5^H = 81,77 + 0,287 = 82,057 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H + 2z_3^H = 82,057 + 0,77 = 82,827 \text{ мм};$$

$$d_{\text{дет}}^H = d_2^H + 2z_2^H = 82,827 + 1,962 = 84,789 \text{ мм}.$$

Знаходимо максимальні припуски:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^{\min} + Td_1 + Td_2 = 0,962 + 2,9 + 0,35 = 4,212 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 2z_3^{\min} + Td_3 + Td_2 = 0,42 + 0,35 + 0,087 = 0,857 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = 2z_5^{\min} + Td_5 + Td_3 = 0,2 + 0,087 + 0,035 = 0,322 \text{ мм}.$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_0^H = \sum 2z_i^H = 1,962 + 0,77 + 0,287 = 3,019 \text{ мм}.$$

Перевірка:

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

$$84,789 - 81,77 = 3,019$$

$$3,019 = 3,019$$

З результатів перевірки зроблений висновок, що схема припусків прорахована вірно.

Таблиця 1.5 – Результати розрахунків припусків на обробку циліндричної зовнішньої поверхні $\varnothing 81,77h7_{(-0,035)}$

	Найменування операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ ,	ε_i	Td , мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Вик. p-p d , мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівельна	160	200	16,95	—	2,9	—	84,789	$84,8^{+1,9}_{-1}$	—	—
2	Точ. чорнове	80	50	1	120	0,35	1,962	82,827	$82,83_{-0,35}$	4,212	0,962
3	Точ. чист	10	40	0	80	0,087	0,77	82,057	$82,06_{-0,087}$	0,857	0,42
4	Т/О	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Шліф.однокр.	5	15	0	50	0,035	0,287	81,77	$81,77_{-0,035}$	0,322	0,2

Було проведено розрахунки припусків табличним способом.

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 27H8^{(+0,033)}$.

Було підібрано мінімальні припуски табличним способом [2, табл.4.3, с.42].

1. Заготовка;
2. Розточування чорнове $2z_2^{min}=2 \cdot 2 = 4$ мм;
3. Розточування напівчистове $2z_3^{min}=2 \cdot 0,55 = 1,1$ мм;
4. Розточування чистове $2z_4^{min}=2 \cdot 0,3 = 0,6$ мм;
5. Т/О
6. Шліфування чорнове $2z_6^{min}=2 \cdot 0,2 = 0,4$ мм;
7. Шліфування чистове $2z_7^{min}=2 \cdot 0,1 = 0,2$ мм.

Було визначено розрахункові номінальні припуски:

$$2z_2^H = 2z_2^{min} + e_{изг} = 4 + 1,7 = 5,7 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{min} + Td_2 = 1,1 + 0,52 = 1,62 \text{ мм};$$

$$2z_4^H = 2z_4^{min} + Td_3 = 0,6 + 0,21 = 0,81 \text{ мм};$$

$$2z_6^H = 2z_6^{min} + Td_4 = 0,4 + 0,084 = 0,484 \text{ мм}.$$

$$2z_7^H = 2z_7^{min} + Td_6 + e_{дет} = 0,2 + 0,052 + 0,033 = 0,285 \text{ мм}.$$

Було розраховано номінальні розміри:

$$d_7^H = 93 \text{ мм};$$

$$d_6^H = d_7^H - 2z_7^H = 27 - 0,285 = 92,511 \text{ мм};$$

$$d_4^H = d_6^H - 2z_6^H = 26,715 - 0,484 = 92,511 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_4^H - 2z_4^H = 26,231 - 0,81 = 91,771 \text{ мм}.$$

$$d_2^H = d_3^H - 2z_3^H = 25,421 - 1,62 = 86,231 \text{ мм};$$

$$d_1^H = d_2^H - 2z_2^H = 23,801 - 5,7 = 78,331 \text{ мм}.$$

Було розраховано максимальні припуски:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^{\min} + Td_2 + Td_1 = 4 + 0,52 + 2,6 = 7,12 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 2z_3^{\min} + Td_3 + Td_2 = 1,1 + 0,21 + 0,52 = 1,83 \text{ мм};$$

$$2z_4^{\max} = 2z_4^{\min} + Td_4 + Td_3 = 0,6 + 0,084 + 0,21 = 0,894 \text{ мм};$$

$$2z_6^{\max} = 2z_6^{\min} + Td_6 + Td_4 = 0,4 + 0,052 + 0,084 = 0,536 \text{ мм}.$$

$$2z_7^{\max} = 2z_7^{\min} + Td_7 + Td_6 = 0,2 + 0,033 + 0,052 = 0,285 \text{ мм}.$$

Було розраховано загальний номінальний припуск:

$$2z_O^H = 2z_2^H + 2z_4^H + 2z_5^H + 2z_6^H + 2z_7^H = 5,7 + 1,62 + 0,81 + 0,484 + 0,285 = 8,899 \text{ мм}.$$

Була виконана перевірка:

$$1) 2z_O^H = d_7^H - d_1^H$$

$$8,899 = 8,899$$

$$2) 2z_n^{\max} - 2z_n^{\min} = Td_n + Td_{n+1}$$

$$3,12 = 3,12$$

$$3) 0,73 = 0,73$$

$$4) 0,294 = 0,294$$

$$6) 0,136 = 0,136$$

$$7) 0,085=0,085$$

Результати перевірки схеми припусків складені вірно та внесені до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Розрахунок припусків на обробку циліндричної зовнішньої поверхні $\varnothing 93H7^{(+0,035)}$

	Операції	Відхилення		Допуск	Ном прип. $2z_i^H$, мм	Номін. р-р, d_i^H , мм	Исп. р-р d , мм	Припуски	
		es, мм	ei, мм	Td, мм				$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівка	0,9	-1,7	2,6	—	18,101	$18,2^{+0,9}_{-1,7}$	-	-
2	Розт. чорн.	0,52	0	0,52	5,7	23,801	$23,81^{+0,52}$	7,12	4
3	Розт. н/ч	0,21	0	0,21	1,62	25,421	$25,43^{+0,21}$	1,83	1,1
4	Розт. чист.	0,084	0	0,084	0,81	26,231	$26,24^{+0,084}$	0,894	0,6
5	Т/О	—	—	—	—	—	—		
6	Шліф. чор.	0,052	0	0,052	0,484	26,715	$26,715^{+0,052}$	0,536	0,4
7	Шліф. чис.	0,033	0	0,033	0,285	27	$27^{+0,033}$	0,285	0,2

1.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання на токарну операцію 025 (рис. 1.7).

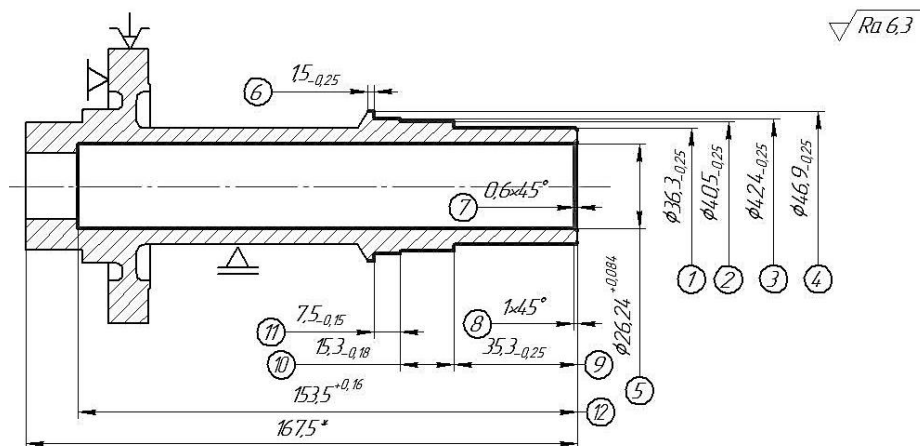


Рисунок 1.7 – Ескіз обробки деталі “вал шестерня” на операцію 025 токарну з ЧПУ. Верстат 1Б240П–4К

Згідно вихідних даних, обираємо різець токарний прохідний – з пластинами із твердого сплаву ВК8, ГОСТ 18878–73 [6, таб.5, с.120].

Визначається глибина різання за формулою (1.18):

$$t = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2} \quad (1.18)$$

де $d_{\max/\min}$ – діаметр деталі перед та після обробки, відповідно.

Визначаємо глибину різання за попередньою формулою, для кожного з переходів для зовнішньої обробки:

$$t_1 = \frac{37,2 - 36,3}{2} = 0,45 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{41,5 - 40,5}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{43,5 - 42,4}{2} = 0,55 \text{ мм}$$

$$t_4 = \frac{48 - 46,9}{2} = 0,55 \text{ мм}$$

Величини глибин різання для зовнішніх переходів майже однакові, різниця не є суттєвою, та входить в діапазон різниці меж, тому наступні режими допускається розраховувати для $t = 0,5 \text{ мм}$.

Подача розраховується за формулою (1.19):

$$S_o = S_T \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.19)$$

де S_T – табличне значення подачі, [5, с.12];

K_1 – коефіцієнт за довжиною точіння, [5, с.12];

K_2 – коефіцієнт за видом поверхні обробки, [5, с.12].

$$S_o = 0,35 \cdot 1,25 \cdot 0,77 = 0,3 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_o = 0,3 \text{ мм/об}$.

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{таб}} \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot V_4 \cdot V_5 \cdot V_6 \cdot V_7 \cdot V_8 \quad (1.20)$$

де $V_{\text{таб}}$ – табличне значення швидкості різання, м/хв [5, с.14];

V_1 – коефіцієнт, що залежить від діаметру оброблюваної поверхні, [5, с.14];

V_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини різання, [5, с.14];

V_3 – коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваної поверхні, [5, с.41];

V_4 – коефіцієнт, що враховує наявність охолодження; [5, с.14];

V_5 – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні [5, с.14];

V_6 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [5, с.14].

V_7 – коефіцієнт, який залежить від значення подачі, [5, с.14];

V_8 – коефіцієнт, що враховує стійкість ріжучої частини інструменту, [5, с.14].

$$V_{\text{розр}} = 150,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1,11 \cdot 1,11 \cdot 0,67 \cdot 1,3 \cdot 0,91 = 88,01 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{розр}}}{\pi \cdot D} \quad (1.21)$$

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 88,01}{\pi \cdot 36,3} = 772,14 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 750 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.22):

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{пр}}}{1000} \quad (1.22)$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 36,3 \cdot 750}{1000} = 85,49 \text{ хв}$$

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.23):

$$N_{\phi} = N_{\text{таб}} \cdot K_{n1} \cdot K_{n2} \quad (1.23)$$

де $N_{\text{таб}}$ — табличне значення потужності, кВт [7, с.121];

K_{V1} — коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [7, с.127];

K_{V2} — коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [7,с.127];

$$N_{\phi} = 1,1 \cdot 1,53 \cdot 0,41 = 0,69 \text{ кВт}$$

Тому, як режими для 4х поверхонь однакові, їх можна обробити за один перехід.

Порівняння потужності головного руху, кВт за паспортом верстата визначається за формулою (1.24):

$$\begin{aligned} N_{\phi} &\leq N_{\text{гл}} \\ 0,69 &\leq 18,5 \end{aligned} \quad (1.24)$$

Машинний час розраховуємо за формулою (1.25):

$$t_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{n \cdot S_o} \cdot i \quad (1.25)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ — довжина робочого ходу інструменту, мм;

i — кількість проходів, яку робить інструмент в даній операції.

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{\text{р.х}} = l_{\text{вр}} + l_{\text{різ}} + l_{\text{пер}} \quad (1.26)$$

де $l_{\text{різ}}$ – довжина ділянки різання, мм;
 $l_{\text{вр}}$ – довжина врзання, мм [6, с.287];
 $l_{\text{пер}}$ – довжина перебігу, мм.

$$L_{\text{р.х1}} = 2 + 35,3 = 37,3 \text{ мм}$$

$$L_{\text{р.х2}} = 2 + 15,3 = 17,3 \text{ мм}$$

$$L_{\text{р.х3}} = 2 + 7,5 = 9,5 \text{ мм}$$

$$L_{\text{р.х4}} = 2 + 1,5 + 1,5 = 5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.26):

$$t_{o1} = \frac{37,3}{750 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,17 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{17,3}{750 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{9,5}{750 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,04 \text{ хв}$$

$$t_{o4} = \frac{5}{750 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,02 \text{ хв}$$

2 Перехід – розточування внутрішнього отвору.

Згідно вихідних даних, обираємо різець розточувальний із твердого сплаву, ГОСТ 18062–72 [6, таб.15, с.124].

Визначається глибина різання за формулою (1.18):

$$t_5 = \frac{26,24 - 25,43}{2} = 0,41 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою (1.19):

$$S_{o5} = 0,35 \cdot 1,25 \cdot 0,7 = 0,31 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{o5} = 0,3 \text{ мм/об}$.

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}5} = 150,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,67 \cdot 1,3 \cdot 0,91 \cdot 1,19 = 42,5 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}5} = \frac{1000 \cdot 42,5}{\pi \cdot 26,24} = 515,82 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}5} = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.22):

$$V_{\phi 5} = \frac{\pi \cdot 26,24 \cdot 500}{1000} = 41,2 \text{ хв}$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{\text{р.х}5} = 2 + 153,5 = 155,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.26):

$$t_{o5} = \frac{155,5}{500 \cdot 0,3} \cdot 1 = 1,04 \text{ хв}$$

$$t_{o \text{ заг}} = 0,17 + 0,08 + 0,04 + 0,02 + 1,04 = 1,35 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 035 – Фрезерну (рис.1.8).

Враховуючи вихідні дані, було обрано ріжучий інструмент: кінцева фреза з кріпленням пластин з швидкорізальної сталі Р6М5 $D=6 \text{ мм}$; $z=4$, ГОСТ 17025-71 [6, таб.65, с.174].

Визначається глибина різання за формулою (1.18):

$$t_5 = \frac{46-35,5}{2} = 5,25 \text{ мм}$$

Подача в мм на один зуб розраховується за формулою (1.27):

$$S_z = S_T \cdot K_{S_z D} \cdot K_{S_z t} \cdot K_{S_z п} \cdot K_{S_z o} \cdot K_{S_z ш} \cdot K_{S_z i} \quad (1.27)$$

де S_{zT} – табличне значення подачі, мм/зуб [5, с.14];

$K_{S_z D}$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези, [5, с.14];

$K_{S_z t}$ – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [5, с.14];

$K_{S_z п}$ – коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [5, с.41];

$K_{S_z o}$ – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження, [5, с.14];

$K_{S_z ш}$ – коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні, [5, с.14];

$K_{S_z i}$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [5, с.14].

$$S_z = 0,094 \cdot 0,44 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 0,045 \text{ мм/зуб}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_z = 0,05 \text{ мм/зуб}$.

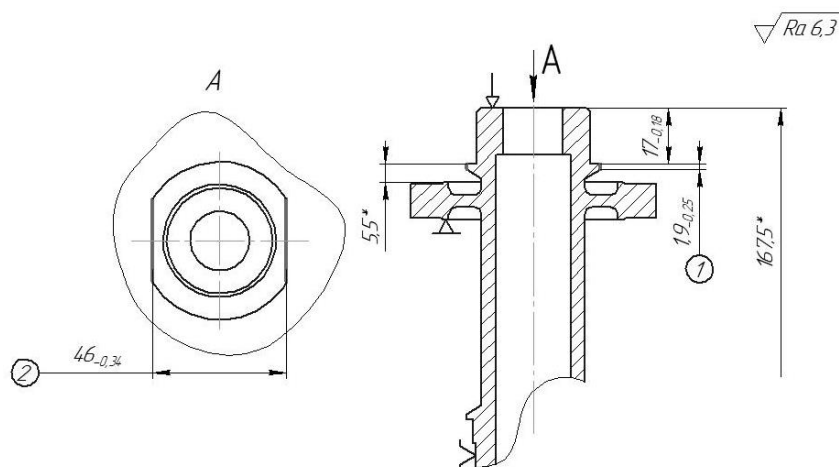


Рисунок 1.8 – Ескіз обробки деталі “Вал шестерня” на фрезерну 035 операцію. Верстат горизонтально-фрезерний з ЧПУ 6Р82

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 34,9 \cdot 0,68 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 15,6 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 15,6}{\pi \cdot 6} = 831,4 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.22):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 800}{1000} = 10 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо хвилинну подачу за формулою (1.28):

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{пр}} \quad (1.28)$$

$$S_{\text{хв}} = 0,05 \cdot 4 \cdot 800 = 160 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо хвилинну подачу за паспортним даними верстату $S_{\text{хв.пр}} = 165 \text{ мм/хв}$.

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.23):

$$N_{\phi} = 2,8 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,8 = 2,58 \text{ кВт}$$

Порівняння потужності головного руху за паспортом верстата визначається за формулою (1.24):

$$2,58 \leq 7,5$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{p.x} = 2 + 29 + 1,5 = 32,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.25):

$$t_0 = \frac{32,5}{165} \cdot 2 = 0,39 \text{ хв}$$

Дані були занесені до таблиці 1.7.

Розрахунок режимів різання на операцію 045 – свердлильну (рис.1.9).

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

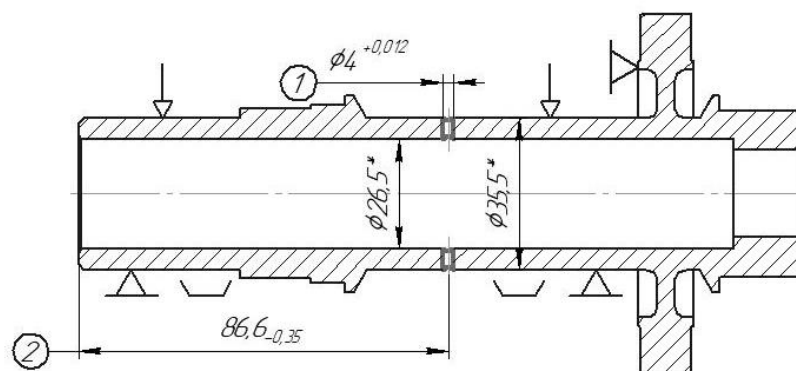


Рисунок 1.9 – Ескіз обробки деталі “вал–шестерня” на свердлильну 045 операцію. Верстат радіально–свердлильний 2А53

Свердління 2х отворів $\phi 4$.

Згідно вихідних даних, обрано ріжучий інструмент: свердло спіральне зі швидкорізальної сталі Р6М5, з циліндричним хвостовиком $\phi 4$ мм, ГОСТ 4010–77.

Визначаємо глибину різання за формулою (1.29):

$$t = \frac{d_{\text{св}}}{2} \quad (1.29)$$

$$t = \frac{4}{2} = 2 \text{ мм}$$

Стійкість інструменту назначаємо, $T=6 \text{ хв}$ [4, таб.30, с.279];

Подача розраховується за формулою (1.19):

$$S_o = 0,05 \cdot 1 \cdot 1 = 0,05 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата так і залишається $S_o = 0,05 \text{ мм/об}$.

Розрахункову швидкість різання розраховуємо за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 40,2 \cdot 0,55 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,85 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 1 = 30,43 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 30,43}{\pi \cdot 4} = 2422,77 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 2240 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 2240}{1000} = 28,13 \text{ м/хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{\text{кр}} = 6,6 \text{ Нм}$, [7, с.275].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.30):

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{пр}}{9750} \quad (1.30)$$

$$N = \frac{6,6 \cdot 2240}{9750} = 1,52 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата (1.24):

$$1,52 \leq 7$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{р.х.} = 2 + 4,5 + 2 = 8,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.27):

$$t_0 = \frac{8,5}{0,05 \cdot 2240} \cdot 2 = 0,15 \text{ хв}$$

Дані були занесені до таблиці 1.7.

Розрахунок режимів різання на операцію 085 – шліфувальну (рис.1.10).

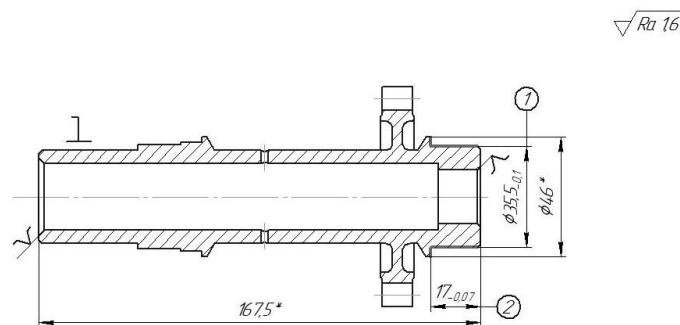


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки деталі “вал–шестерня” на операцію 085 шліфувальну. Верстат круглошліфувальний 3А151

Згідно вихідних даних, обрано шліфувальний круг $100 \times 20 \times 5$, 4А ГОСТ 2424–83 [7, с.684].

Визначаємо глибину різання за формулою (1.18):

$$t_1 = \frac{35,535 - 35,50}{2} = 0,035 \text{ мм}$$

Подачу приймаємо $S_o = 0,5 \text{ м/хв}$ [6, таб.55 с.301].

Табличне значення швидкості обертання шліфувального круга приймаємо $V_{кр} = 30 \text{ м/с}$, $V_{дет} = 20 \text{ м/хв}$ [6, таб.55 с.301].

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.31):

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot V_{дет}}{\pi \cdot D} \quad (1.31)$$

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 35,5} = 179,4 \text{ хв}^{-1}$$

Швидкість обертів шліфувального круга розраховується за формулою (1.32):

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot V_{кр} \cdot 60}{\pi \cdot D_{кр}} \quad (1.32)$$

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{\pi \cdot 100} = 5732,5 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів: $n_{кр} = 5200 \text{ хв}^{-1}$,
 $n_{дет} = 150 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.22):

$$V_{фдет} = \frac{\pi \cdot 35,5 \cdot 60}{1000} = 16,72 \text{ м/хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

Нормування токарної 025 операції

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{б.п}} + t_{\text{б.в}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{щ}} + t_{\text{кор}} + t_{\text{контр}} \quad (1.33)$$

де $t_{\text{уст/сн}}$ – час на встановлення, зняття, вивірку, закріплення, розкріплення та зняття деталі, хв [7, с.139];

$t_{\text{упр}}$ – час керування верстатом, розраховується за формулою, хв (1.36);

$t_{\text{б.п/б.о}}$ – час на швидкий підвід та відвід інструменту, хв [7, с.150];

$t_{\text{зм}}$ – час необхідний для зміни інструменту, повороту револьверної голівки, зміни позицій шпинделя, зміни копіїв, хв [7, с.156];

$t_{\text{щ}}$ – відкриття та закриття щитка безпеки, хв;

$t_{\text{кор}}$ – час на розрахунок корекції верстатів з ЧПУ, хв [7, с.162];

$t_{\text{контр}}$ – час необхідний для вимірювань та контролю основних параметрів деталі, хв [7, с.163].

$$t_{\text{упр}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}} + t_{\text{перекл}} \quad (1.34)$$

де $t_{\text{вкл/викл}}$ – час на включення та виключення верстату, хв [7, таб.5.8 с.202];

$t_{\text{перекл}}$ – час необхідний для переключення режимів верстату, хв [7, таб.5.9 с.203].

$$t_{\text{упр}} = 0,008 + 0,01 + 0,008 = 0,026 \text{ хв}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = 0,026 + 0,6 + 0,012 + 0,21 + 0,09 + 0,03 + 0,13 + 0,29 = 1,496 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{ОП}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.35)$$

$$t_{\text{ОП}} = 1,35 + 1,496 = 2,846 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{ПР}} = \alpha_{\Sigma} \cdot t_{\text{ОП}} \quad (1.36)$$

де α_{Σ} – нормативи часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби, хв [7, таб.6.1 с.137].

$$t_{\text{ПР}} = 6\% \cdot 2,846 = 0,171 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{ОП}} + t_{\text{ПР}} \quad (1.37)$$

$$t_{\text{шт}} = 2,846 + 0,171 = 3,017 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами (1.38), (1.39):

$$t_{\text{ПЗ}} = t_{\text{ПЗ1}} + t_{\text{ПЗ2}} + t_{\text{ПЗ3}} \quad (1.38)$$

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + t_{\text{ПЗ}}/n \quad (1.39)$$

де $t_{\text{ПЗ1}}$, $t_{\text{ПЗ2}}$, $t_{\text{ПЗ3}}$, хв [7, табл.6.4, с.216];

$$t_{\text{ПЗ}} = 10 + 2 + 7 = 19 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 3,017 + 19/40 = 3,492 \text{ хв}$$

Нормування фрезерної 035 операції

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = 0,22 + 0,21 + 0,02 + 0,21 + 0,47 + 0,03 + 0,08 + 0,04 = 1,28 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.34):

$$t_{\text{упр}} = 0,1 + 0,08 + 0,04 = 0,22 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{оп}} = 1,28 + 0,39 = 1,67 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{пр}} = 6\% \cdot 1,67 = 0,1 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = 1,67 + 0,1 = 1,77 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.38), (1.39):

$$t_{\text{пз}} = 16 + 2 + 9 = 27 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 1,77 + 27/40 = 2,445 \text{ хв}$$

Нормування свердлильної 045 операції

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = 0,123 + 0,17 + 0,1 + 0,09 + 0,06 + 0,04 + 0,08 + 0,056 = 0,719 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.34):

$$t_{\text{упр}} = 0,096 + 0,02 + 0,007 = 0,123 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{OP} = 0,15 + 0,719 = 0,87 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{PP} = 6\% \cdot 0,87 = 0,052 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{шт} = 0,87 + 0,052 = 0,92 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.38), (1.39):

$$t_{пз} = 9 + 2 + 5 = 16 \text{ хв}$$

$$t_{шт-к} = 0,92 + 16/40 = 1,32 \text{ хв}$$

Нормування шліфувальної 085 операції.

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{доп} = 0,086 + 0,12 + 0,03 + 0,05 + 0,07 + 0,13 + 0,005 + 0,08 = 0,571 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.34):

$$t_{упр} = 0,003 + 0,075 + 0,008 = 0,086 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{OP} = 0,25 + 0,571 = 0,82 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{ПР}} = 6,5\% \cdot 0,82 = 0,053 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = 0,82 + 0,053 = 0,873 \text{ хв}$$

Підготовче-заключний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.38), (1.39):

$$t_{\text{пз}} = 4 + 2 + 10 = 16 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 0,873 + 16/40 = 1,273 \text{ хв}$$

Всі нормативи часу зведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Нормативи часу

№ Оп.	Найменування операції	$T_{\text{шт}},$ хв.	$T_{\text{п.з.}},$ хв.	Величина партії, $n_{\text{опт}},$ шт.	$T_{\text{шт.к.}},$ хв.
025	Токарна	3,017	19	40	3,492
035	Фрезерна	1,77	27		2,445
045	Свердлильна	0,92	16		1,32
085	Шліфувальна	0,873	16		1,273

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ

NX дозволяє проектувати складні вироби, включаючи проектування трубопроводів, електропроводки, деталей з листового металу і пластмас, що

сприяє підвищенню продуктивності праці, скорочення часу і вартості розробки.

Studio for Design – з'єднання промислового дизайну і сучасних засобів інженерного аналізу в одному інтегрованому пакеті дає можливість швидкого і точного відображення різних варіантів, не обмежуючи свободи дій дизайнера. Таке рішення знімає питання сумісності і втрати даних, не вимагає навчати майбутніх користувачів безлічі прикладних програм.

CAM (Computer Aided Manufacturing) модулі системи NX є одними з кращих в світі. Генератор ЧПУ-програм виконаний на основі добре себе зарекомендованих процесів обробки. Він включає правила обробки, призначені для створення програм при мінімальній участі інженера.

1.8.1 Розробка токарної операції 025

Різновиди траєкторій та розташувань різця в процесі обробки показані на рисунках 1.13-1.16.

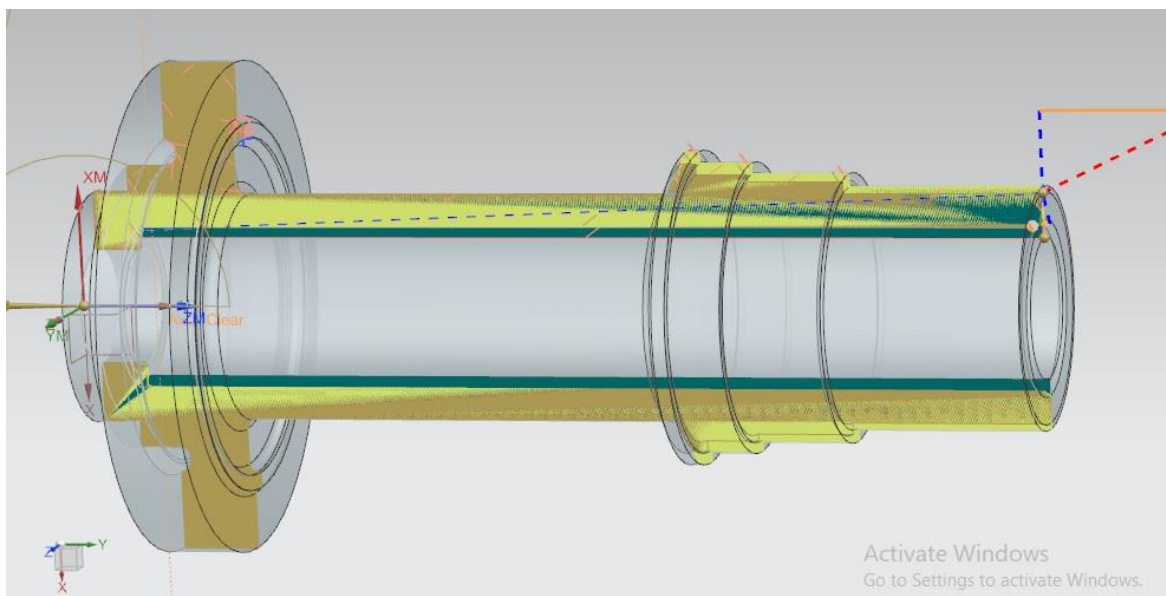


Рисунок 1.13 – Відображення траєкторії руху інструменту на початку обробки різанням 1го переходу

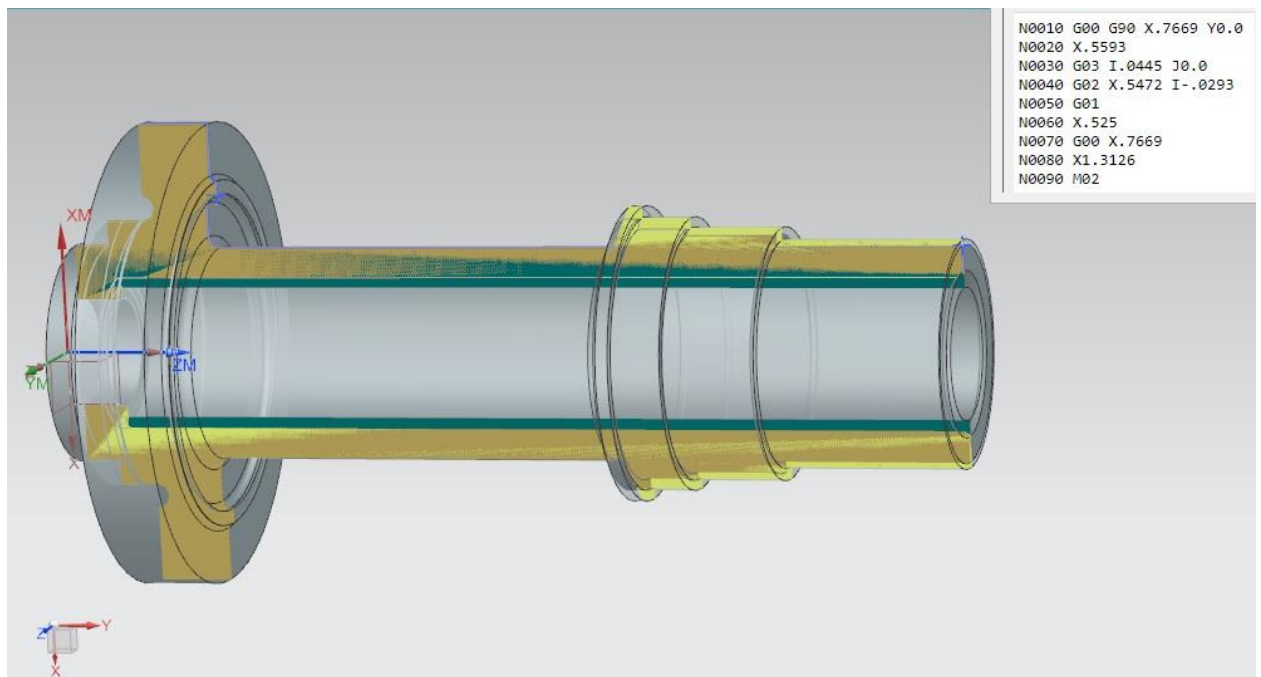


Рисунок 1.14 – Відображення зони обробки різанням 1го переходу з наведеною поруч програмою обробки

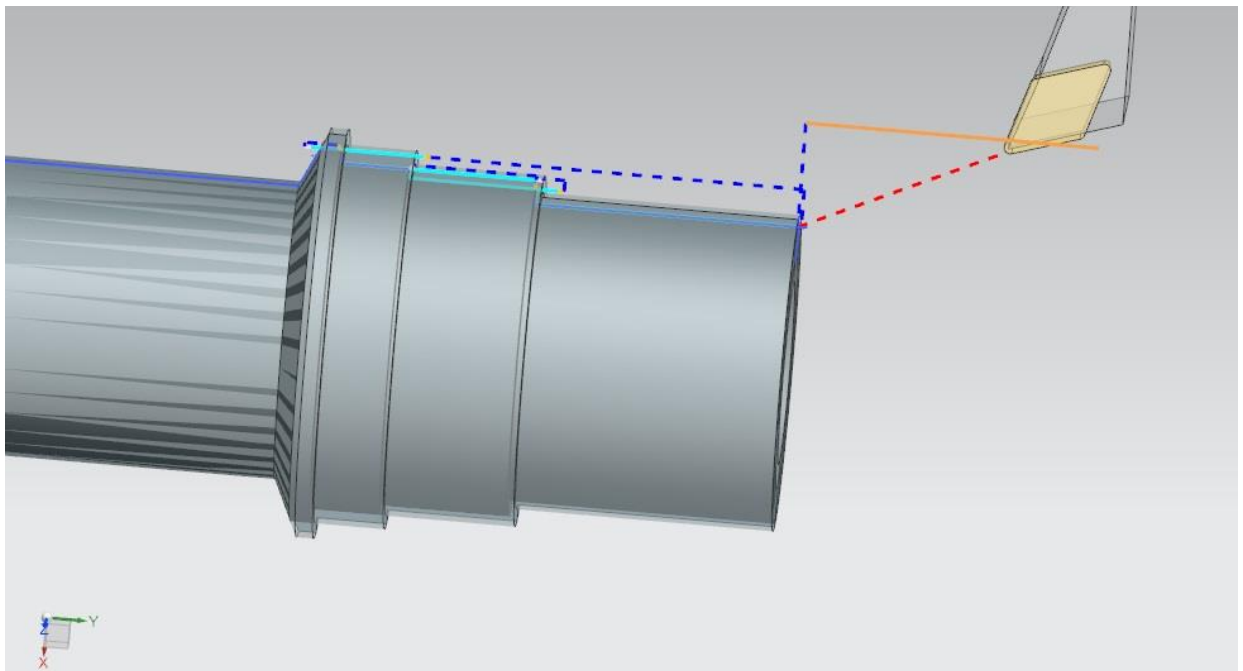


Рисунок 1.15 – Відображення траєкторії руху інструменту та його розташування на початку 2го переходу обробки

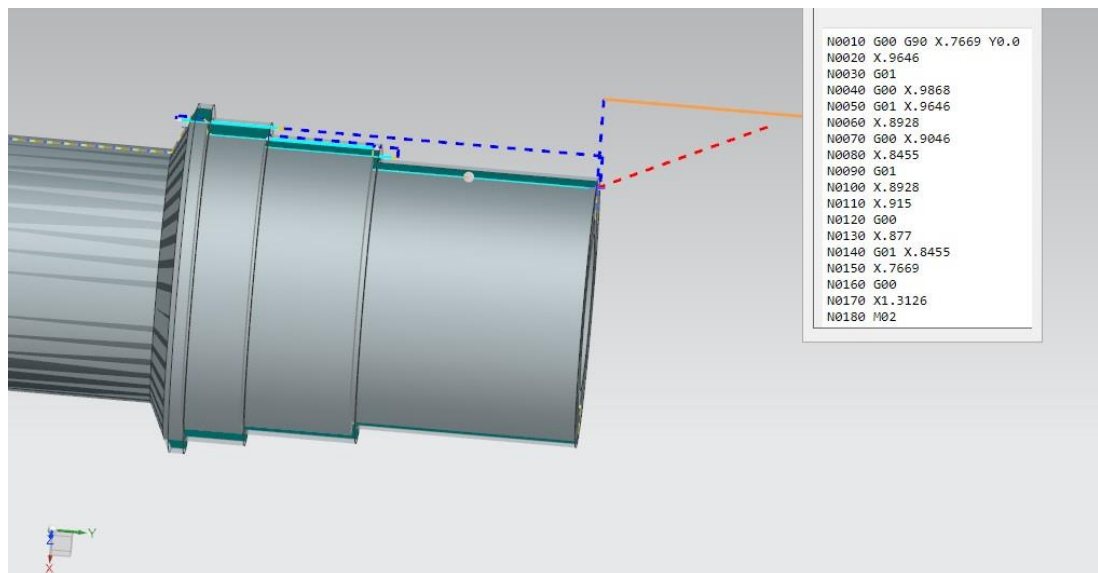


Рисунок 1.16 – Відображення траєкторії руху інструменту з наведеною поруч програмою обробки

1.8.2 Розробка фрезерної операції 035

Різновиди траєкторій та розташувань фрези в процесі обробки показані на рисунках 1.16–1.19.

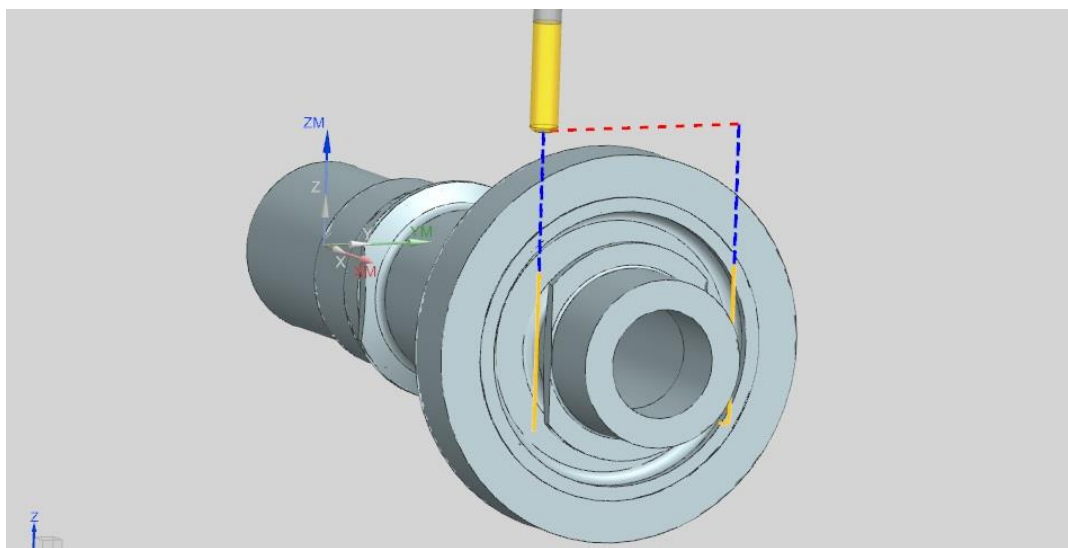


Рисунок 1.16 – Відображення траєкторії руху та інструменту на початку обробки різанням

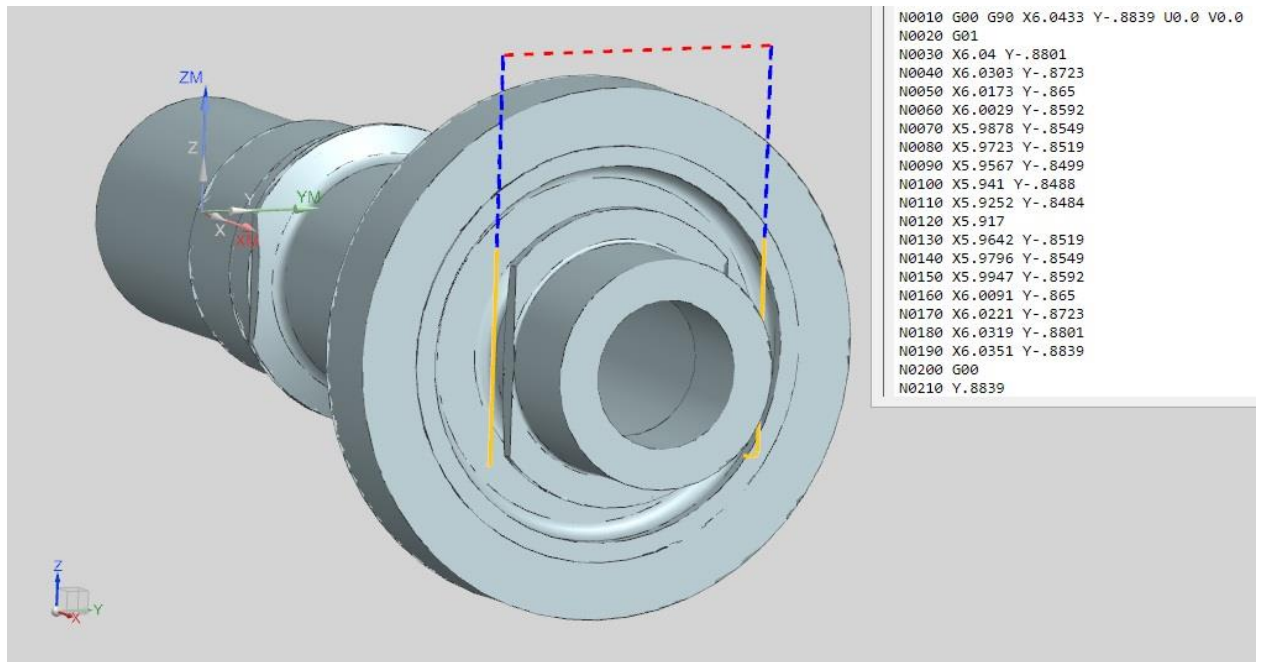


Рисунок 1.17 – Відображення траєкторії руху з наведеною поруч програмою обробки

1.8.3 Розробка свердильної операції 045

Різновиди траєкторій та розташувань свердла в процесі обробки показані на рисунках 1.19, 1.20.

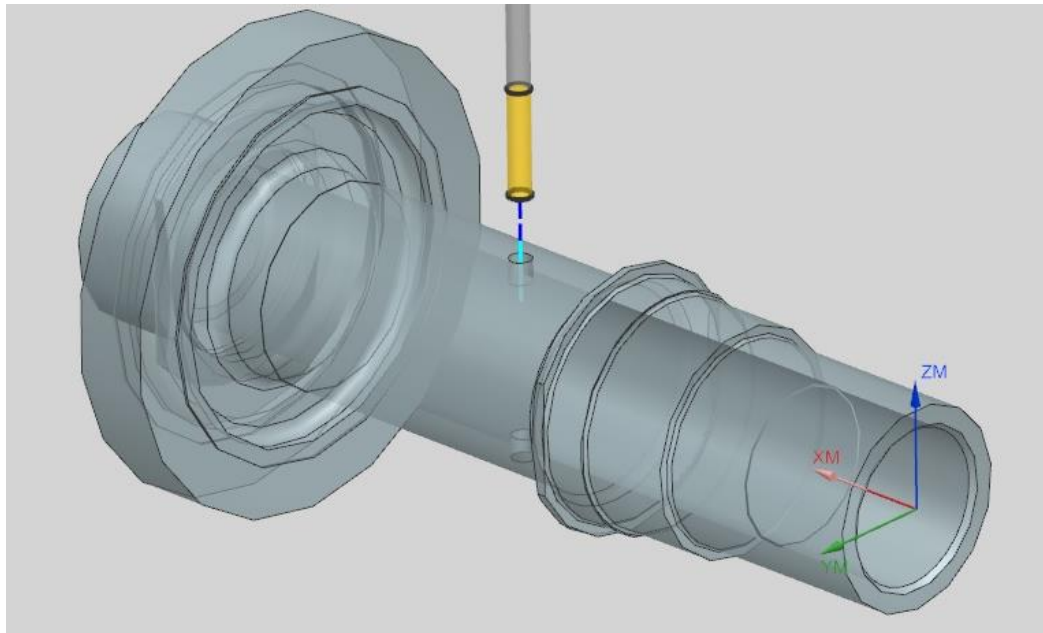


Рисунок 1.19 – Відображення траєкторії руху та інструменту на початку обробки різанням

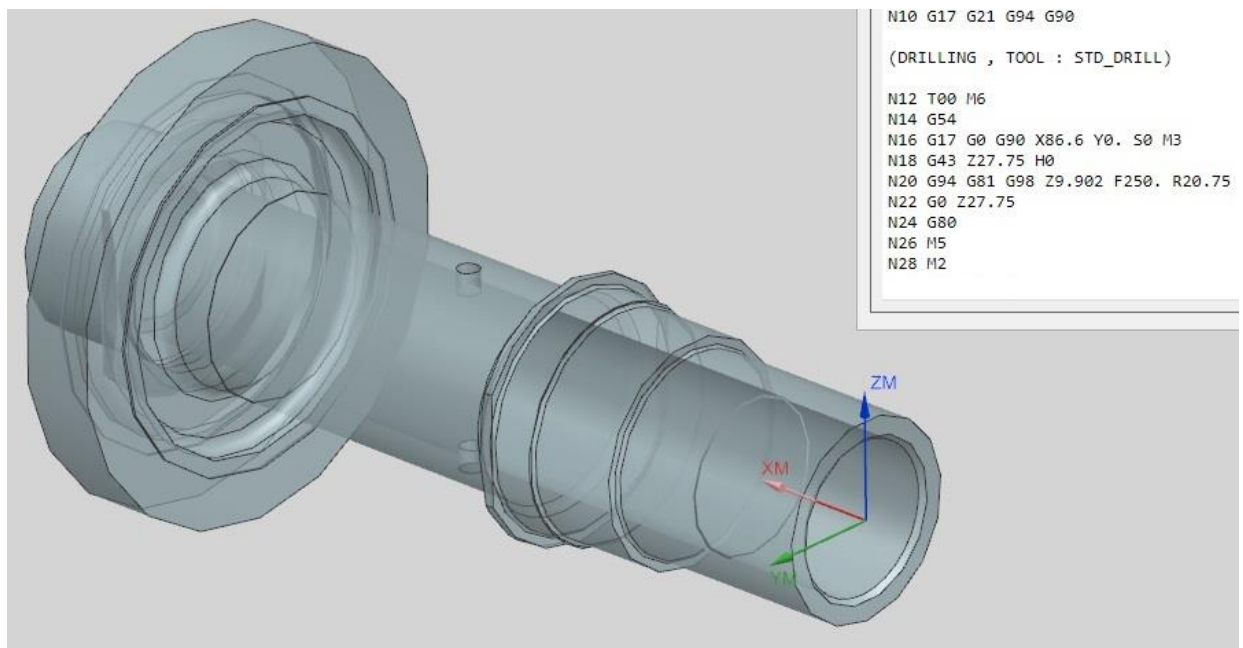


Рисунок 1.20 – Відображення траєкторії руху з наведеною поруч програмою обробки

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристрою

Верстатні пристосування, застосовуються для установки і закріплення на верстатах оброблюваних заготовок. Залежно від виду механічної обробки ці пристосування в свою чергу ділять на пристосування для свердлильних, фрезерних, розточувальних, токарних, шліфувальних верстатів і ін. Верстатні пристосування складають 80 ... 90% загального парку технологічного оснащення. Використання пристосувань забезпечує:

а) підвищення продуктивності праці завдяки скороченню часу на установку і закріплення заготовок, при частковому або повному перекритті допоміжного часу машинним і при зменшенні останнього допомогою багатомісної обробки, поєднання технологічних переходів і підвищення режимів різання;

б) підвищення точності обробки завдяки усуненню вивірки при установці і пов'язаних з нею похибок;

в) полегшення умов праці працівників;

г) розширення технологічних можливостей обладнання;

д) підвищення безпеки роботи.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Дане пристосування призначене для закріплення деталей типу «вал-шестерня» при фрезеруванні, схема сил, діючих в пристосуванні, та його ескіз показано на рис.2.1 та рис.2.2.

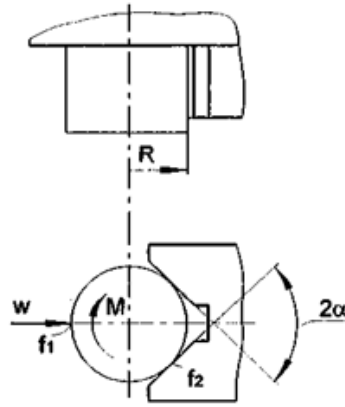


Рисунок 2.1 – Сили, які діють під час обробки та затиску деталі «вал-шестерня» в пристосуванні на 035 фрезерній операції [8]

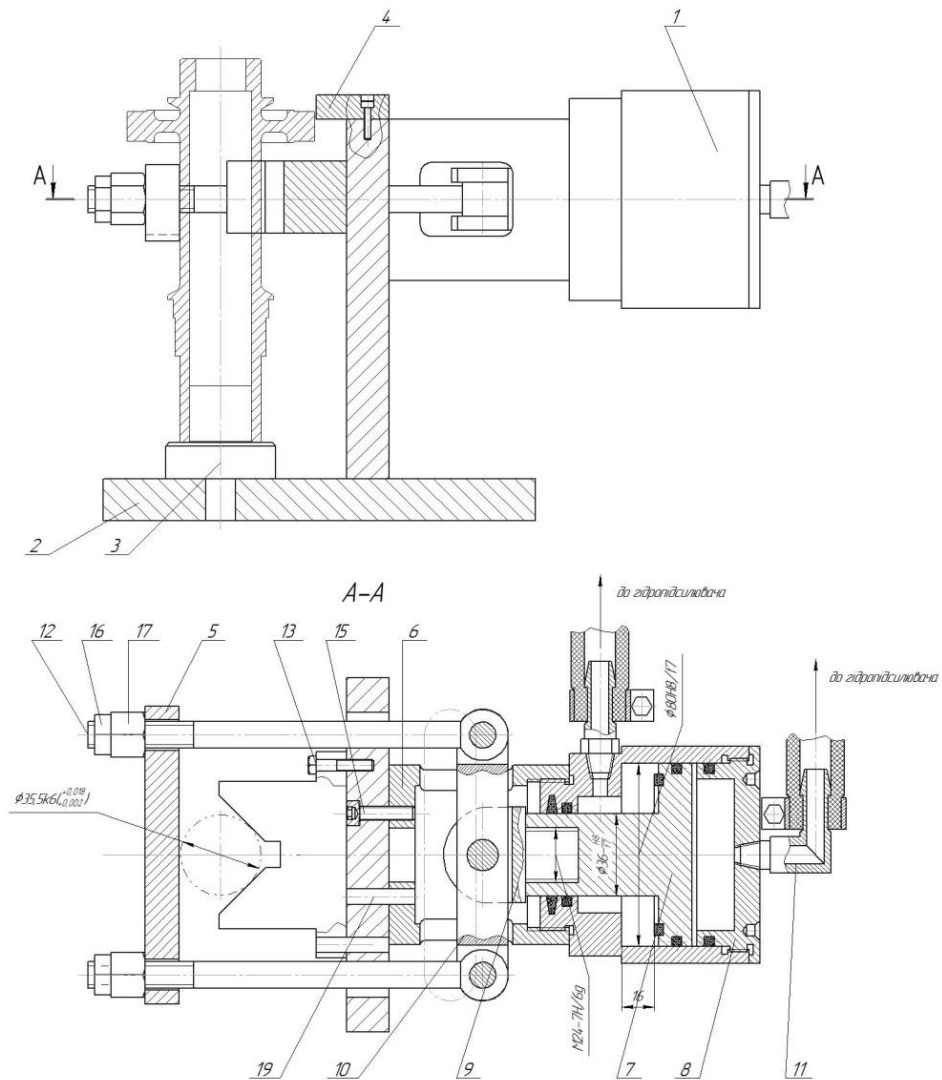


Рисунок 2.2 – Графічне зображення робочого пристосування

Оброблювана заготовка встановлюється у вертикально встановлену призму, так щоб деталь впиралася лівим торцем в палець встановлений в корпусі 2. Фіксування деталі відбувається коли в ліву порожнину гідроциліндра, встановленого в корпусі подається рідина, таким чином за допомогою притискної планки, притискається деталь.

Після закінчення обробки, рідина подається в праву порожнину гідроциліндра, таким чином шток переміщається вліво, відпускаючи тим самим планку і звільняючи оброблену деталь.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Похибку установки заготовки в пристосування розраховуємо за формулою (2.1):

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_\delta + \mathcal{E}_z \quad (2.1)$$

де $\mathcal{E}_y$ – різниця граничних відхилень вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту, яка виникає в процесі базування та закріплення заготівки, мм;

$\mathcal{E}_\delta$ – частина похибки установки, яка виникає в результаті розбіжності вимірювальної та настроєчної баз, мм;

$\mathcal{E}_z$ – частина похибки установки, яка виникає в результаті відхилення вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією прикладених сил закріплення, мм.

Визначається похибка базування $\mathcal{E}_\delta = 0,25T_{d3az} = 0,25 \cdot 0,1 = 0,025$ мм.

Оскільки напрямки сили закріплення та розміру обробки співпадають, то необхідно враховувати похибку закріплення $\mathcal{E}_{з табл} = 0,09$ мм [8, таб. 4.5, с.50].

$$\varepsilon_y = 0,025 + 0,09 = 0,115 \text{ мм}$$

На заготовку при обробці в пристосування діють сили обробки, об'ємні сили (вага заготовки, центробіжні та інерційні сили), сили випадкового чи другорядного характеру, а також сили затиску та реакцій елементів пристосування. При цьому заготовка повинна знаходитися в рівновазі.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Дійсна сила затиску розраховується за формулою:

$$W_d = k \cdot W \quad (2.2)$$

де W – сила затиску, МПа;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

Коефіцієнт запасу закріплення розраховується за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.3)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу [8, с.100];

k_1 – враховує зміну сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці [8, с.100];

k_2 – враховується у всіх випадках обробки та залежить від виду обробки, матеріалу, який обробляється та нерівномірного зносу ріжучого інструменту [8, таб. 6.1 с.101];

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки [8, с.100];

k_4 – характеризує затискний пристрій з точки зору постійності сил затиску [8, с.100];

k_5 – характеризує ручні затиски з точки зору зручності закріплення деталі [8, с.100];

k_6 – враховується у тому випадку, коли розрахунок сил затиску робиться з урахуванням моментів сил різання та залежить від виду опорної поверхні пристосування [8, с.100].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$$

Сила затиску розраховується за формулою, [8, с.109] (2.4):

$$W = \frac{M}{R (f_1 + f_{\text{пр}})} \quad (2.4)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення;

M – крутний момент, [7, с.365], Н·м;

R – радіус ріжучого інструменту;

f_1 – коефіцієнт тертя з установочними елементами;

$f_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт тертя, розраховується за формулою (2.5):

$$f_{\text{пр}} = \frac{f_1}{\sin \alpha} \quad (2.5)$$

де α – половина кута між площинами направляючих.

$$f_{\text{пр}} = \frac{0,15}{\sin 45} = 0,18$$

$$W = \frac{66}{0,02(0,15 + 0,18)} = 10113,91 \text{ Н}$$

Розраховуємо дійсну силу затиску за формулою (2.2)

$$W_d = Q = 2,34 \cdot 10113,91 = 23666,56 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр гідроциліндру за формулою (2.6):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} \quad (2.6)$$

де Q – сила затиску, Н;

ρ – тиск у гідроциліндрі, МПа;

η – коефіцієнт корисної дії.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 23666,56}{\pi \cdot 5 \cdot 0,85}} = 84,22 \text{ мм}$$

Приймаємо найближчий діаметр пневмоциліндру, із ряду стандартних $D=80$ мм. Відповідно до діаметру циліндра вибираємо діаметр штоку $d=36$ мм [8, таб.7.8 с.151].

Економічний ефект від впровадження даного пристосування

Визначення економічної ефективності конструкції пристосування базується на порівнянні витрат на попередній та запропонований варіанти конструкції пристосування.

Економічну оцінку можна проводити порівнювати технологічну собівартість обробки однієї деталі, якщо в порівнюваних варіантах пристосувань витрати на електроенергію, рідину, амортизацію обладнання, інструмент, технічне обслуговування є однаковими.

Технологічну собівартість обробки однієї деталі до та після впровадження пристосування розраховуємо за формулами:

$$C_a = L_a \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S_a}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right), \quad (2.7)$$

$$C_b = L_b \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S_b}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right) \quad (2.8)$$

де C_a, C_b – собівартість виготовлення однієї деталі, до та після впровадження, відповідно, грн.;

L – штучна заробітна плата, грн.;

z – цехові накладні на заробітну плату, %;

S – витрати на виготовлення та наладку пристосувань, грн.;

N – річна програма випуску або число деталей в партії, шт;

i – строк амортизації пристосувань, в роках;

q – витрати пов'язані з утриманням, ремонтом та експлуатацією пристосувань в %.

Штучна заробітна плата при обробці однієї деталі розраховується за формулою (2.9):

$$L = t_{\text{шт}} \cdot p \quad (2.9)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час на виконання операції обробки заготовки, хв;

p – хвилинна тарифна ставка робітника, грн.

$$L_a = 0,56 \cdot 12 = 6,72 \text{ грн.}$$

$$L_b = 0,56 \cdot 14 = 7,84 \text{ грн.}$$

Собівартість виготовлення пристосування можна орієнтовно визначити в залежності від складності його конструкції за формулою (2.10):

$$S = n C_n \quad (2.10)$$

де n – кількість деталей в пристосуванні, котра визначає групу складності деталей;

C_n – питома собівартість виготовлення однієї деталі пристосування, грн.

$$S_a = 19 \cdot 4 = 76 \text{ грн.}$$

$$S_b = 14 \cdot 3 = 36 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від впровадження даного пристосування розраховується за формулою (2.11):

$$E = (C_b - C_a) \cdot N \quad (2.11)$$

Технологічна собівартість обробки однієї деталі до та після впровадження пристосування розраховується за формулами (2.7), (2.8):

$$C_a = 6,72(1+400/100)+76/2000(1/4+15/100) = 33,62 \text{ грн.}$$

$$C_b = 7,84(1+400/100)+42/2000(1/3+15/100) = 39,21 \text{ грн.}$$

Економічну ефективність від впровадження такого пристосування розраховуємо за формулою (2.11):

$$E = (39,21 - 33,62) \cdot 2000 = 11189,9 \text{ грн.}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

Необхідно розрахувати на точність контрольний пристрій (рис. 2.3). Пристосування використовується для контролю розмірів $61 \pm 0,3$, $47,5 \pm 0,1$, $25,6 \pm 0,1$. Похибка приладу не більше 0,02 мм.

Конструкція приладу:

Пристосування (рис.2.2) являє собою корпус з встановленими на ньому призми, в які встановлюється деталь. Вимірювання биття проводиться індикаторним годинником, які кріпляться на штанзі. Штанга розташована збоку від деталі і прикріплена до корпусу пристосування трьома стяжними болтами. Вона також має можливість повороту навколо своєї осі на 360 градусів. А також є можливість перезакріплення штанги з індикаторним годинником на необхідний діаметр. Дані особливості пристосування дозволяють легко здійснювати його переналагодження.

передавальних елементів важілів, штифтів, стрижнів;

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

$\varepsilon_{нб}$ – похибка, яка є причиною несуміщення вимірювальної та технологічної баз;

$\varepsilon_з$ – похибка, яка з'являється в результаті закріплення вимірювальної деталі внаслідок її можливої деформації;

$\varepsilon_{ис}$ – похибка, яка залежить від вимірювальної сили і з'являється в результаті зсуву вимірювальної бази від початкового положення в процесі виміру;

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

$\varepsilon_{см}$ – похибка використовуваної ціни вимірів;

$\varepsilon_{інш}$ – 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 (в даному випадку - втулка) не впливає на процес виміру, тому складова $\varepsilon_{иу}$ виключається.

Пристосування служить для контролю биття однієї поверхні відносно іншої, тобто має місце суміщення вимірювальної та конструкторської баз, тому складову $\varepsilon_{нб}$ також можна виключити.

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

У конструкції пристосування відсутні затискні елементи, передавальні елементи, і не використовується еталони, отже виключаємо похибки $\varepsilon_{\text{им}}, \varepsilon_{\text{з}}, \varepsilon_{\text{ип}}$.

Кінцевою приймаємо таку розрахункову формулу:

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \sqrt{(\varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{см}}^2 + \varepsilon_{\text{інш}}^2)} \quad (2.12)$$

Засобом виміру в даному пристосуванні індикатор годинникового типу ИЧ1 з ціною поділки 0,005 мм і діапазоном вимірювання 0-1 мм, похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{\text{си}}=0,0032$ мм.

Інші похибки визначаємо як частину допуску неконтролюемого параметру

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{інш}} &= 0,02 \cdot 0,032 = 0,00064 \text{ мм;} \\ \varepsilon_{\text{вим}} &= \sqrt{(0,0032^2 + 0,00064^2)} = 0,00375 \text{ мм} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{вим}} &\leq [\varepsilon_{\text{вим}}] \\ 0,00375 &\leq 0,005 \end{aligned}$$

Умова виконується. Отже, це контрольно-вимірювальне пристосування повністю задовольняє вимогам точності вимірювальної оснащення і може використовуватися для виконання контрольної операції.

3 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

3.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Представлена модель деталі (рис. 3.1) була розбита на кінцеві елементи вільною сіткою (рис. 3.2), була фіксована за всіма шістьма ступенями волі двома лисками (рис. 3.3). Навантаження діє на один із зубців (рис. 3.4). Далі був заданий матеріал деталі – сталь. Після цього, було показано результати розрахунку напружено-деформованого стану (НДС) у програмному модулі SIEMENS NX зображено на рисунку 3.5.

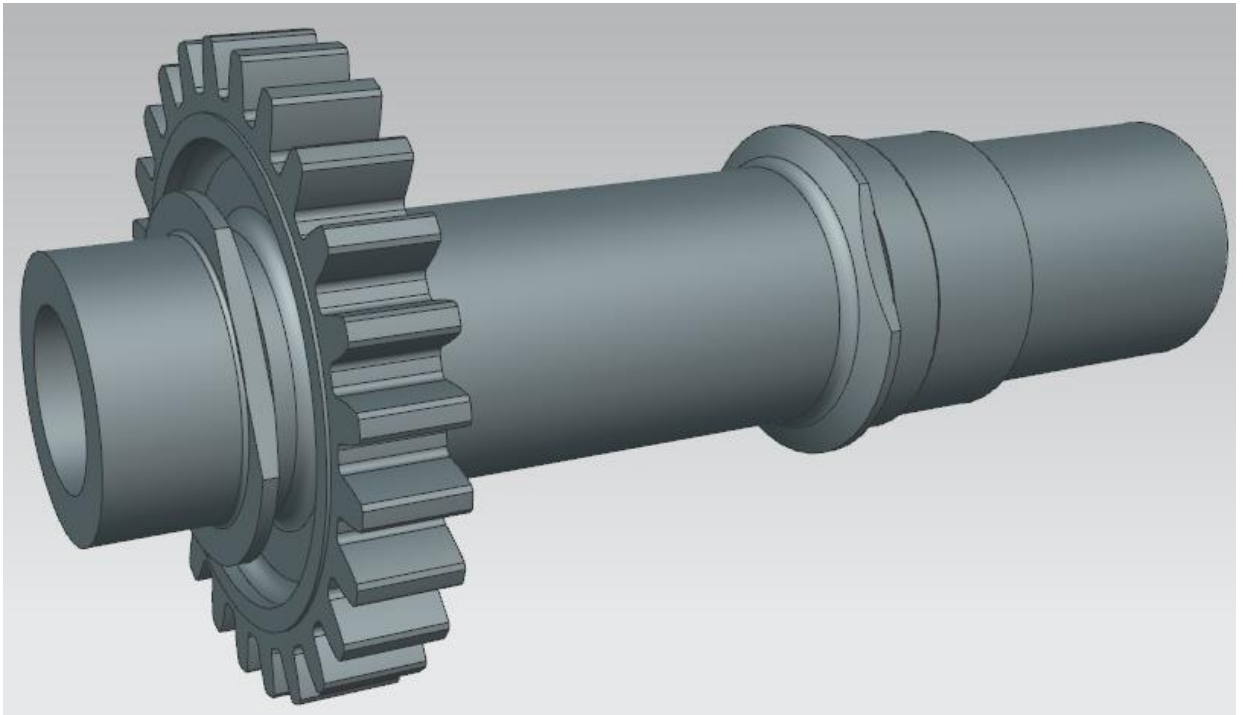


Рисунок 3.1 – Зображення моделі деталі «вал–шестерня»

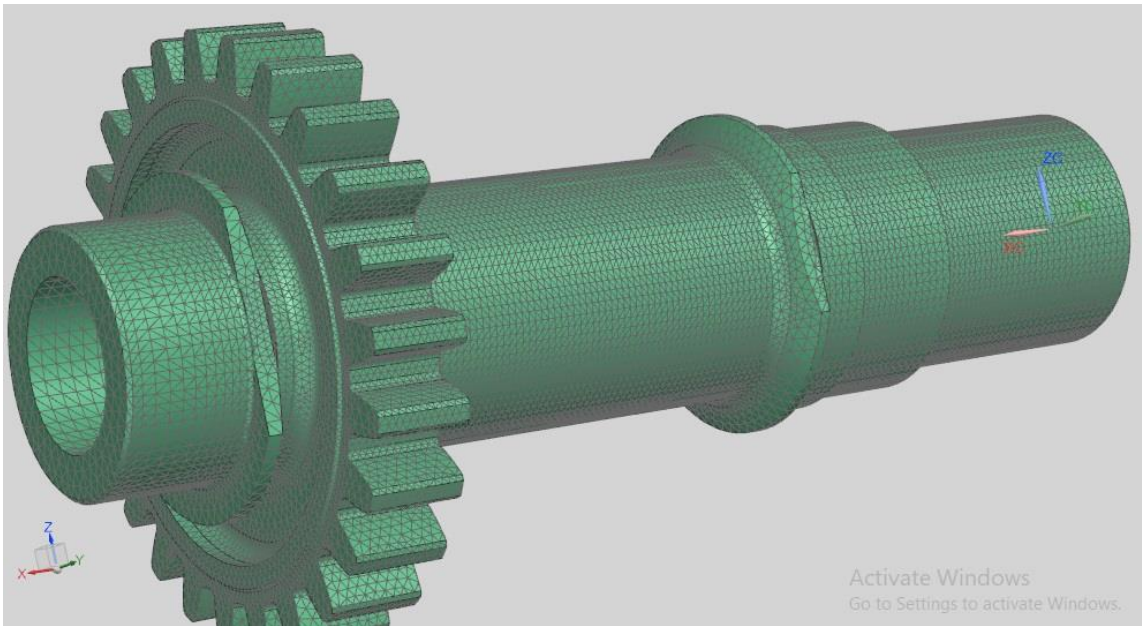


Рисунок 3.2 – Зображення кінцево-елементної моделі деталі

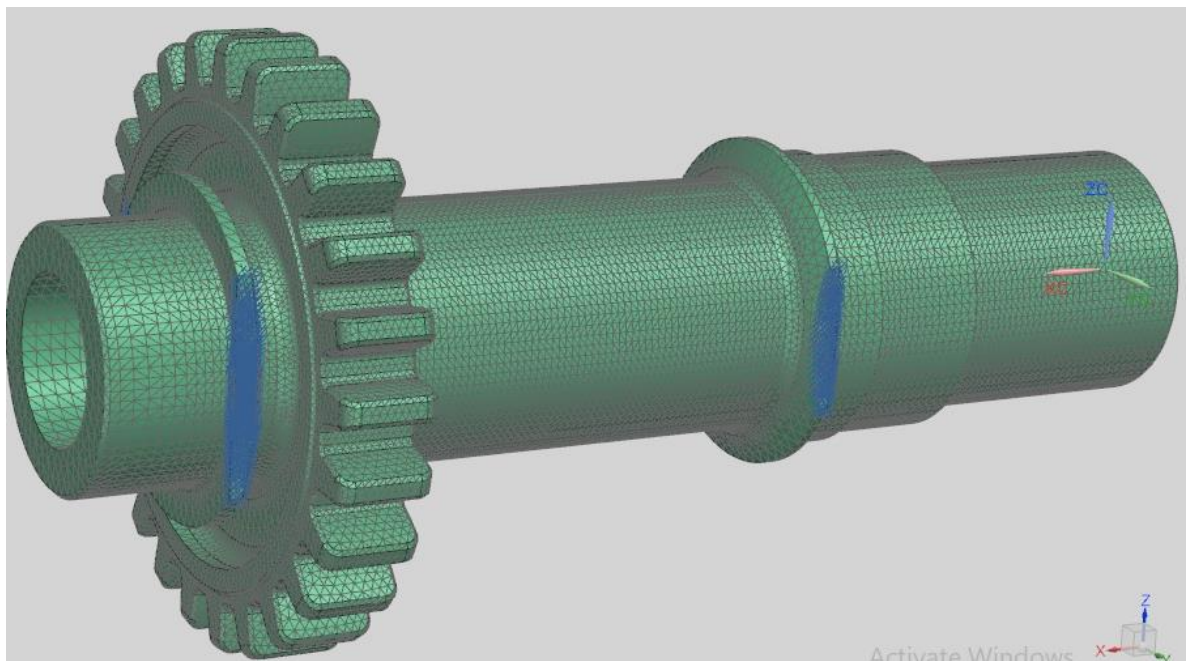


Рисунок 3.3 – Зображення моделі деталі з відображеними зонами фіксації

Границя міцності матеріалу при розтягуванні $[\sigma_b]=1000$ МПа.

Допустимий коефіцієнт запасу міцності в авіабудівній промисловості $[n]=2...5$.

Для того щоб визначити оптимальне значення коефіцієнту запасу міцності даної деталі, до неї було прикладено навантаження 30 МПа

(рис. 3.4), 50 МПа (рис. 3.5), 70 МПа (рис. 3.6), 100 МПа (рис. 3.7).
Результати виконаних розрахунків було занесено до таблиці 3.1.

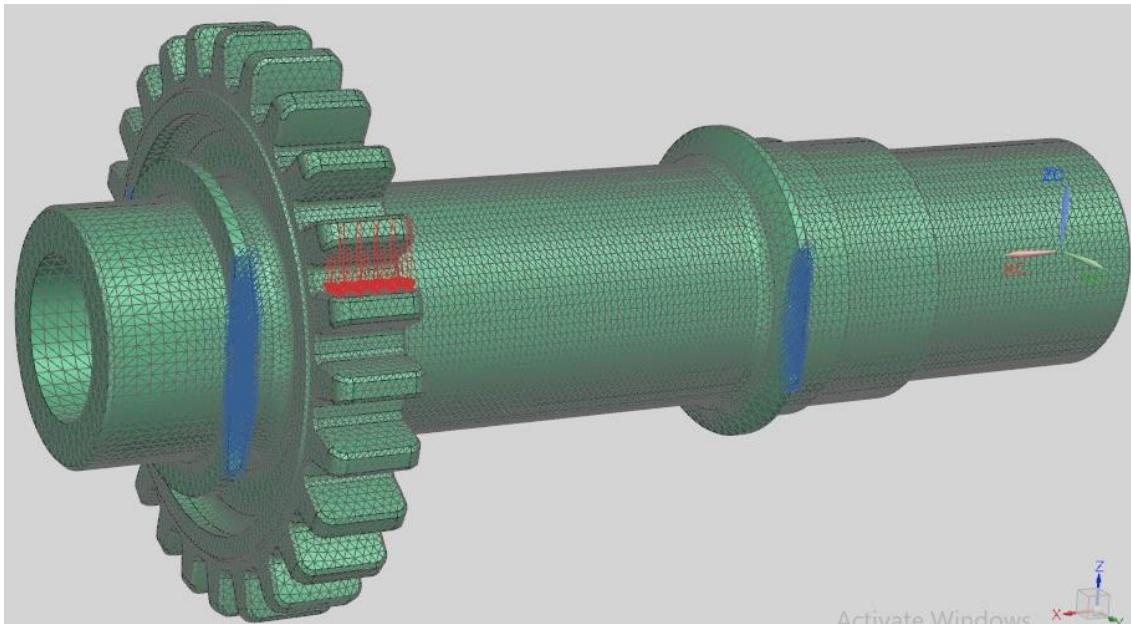


Рисунок 3.3 – Зображення моделі деталі з відображеними зонами фіксації та напружень

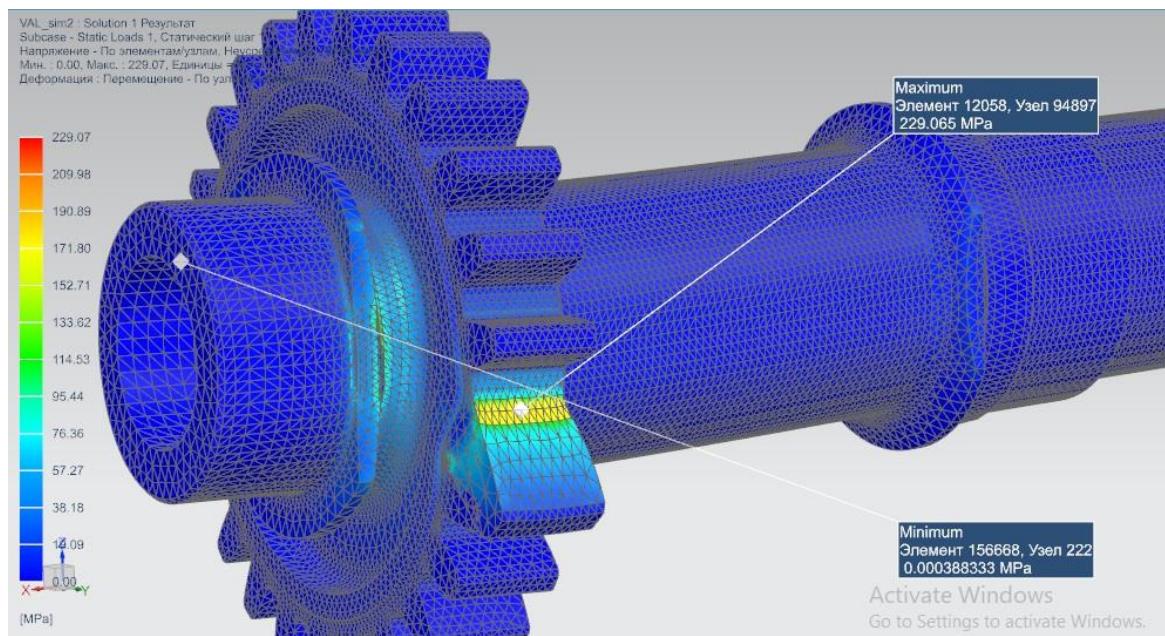


Рисунок 3.4 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану (НДС) по елементах та вузлах після прикладеного навантаження 30 МПа

Небезпечний переріз знаходиться у підніжжя зуба (рис. 3.4-3.7).

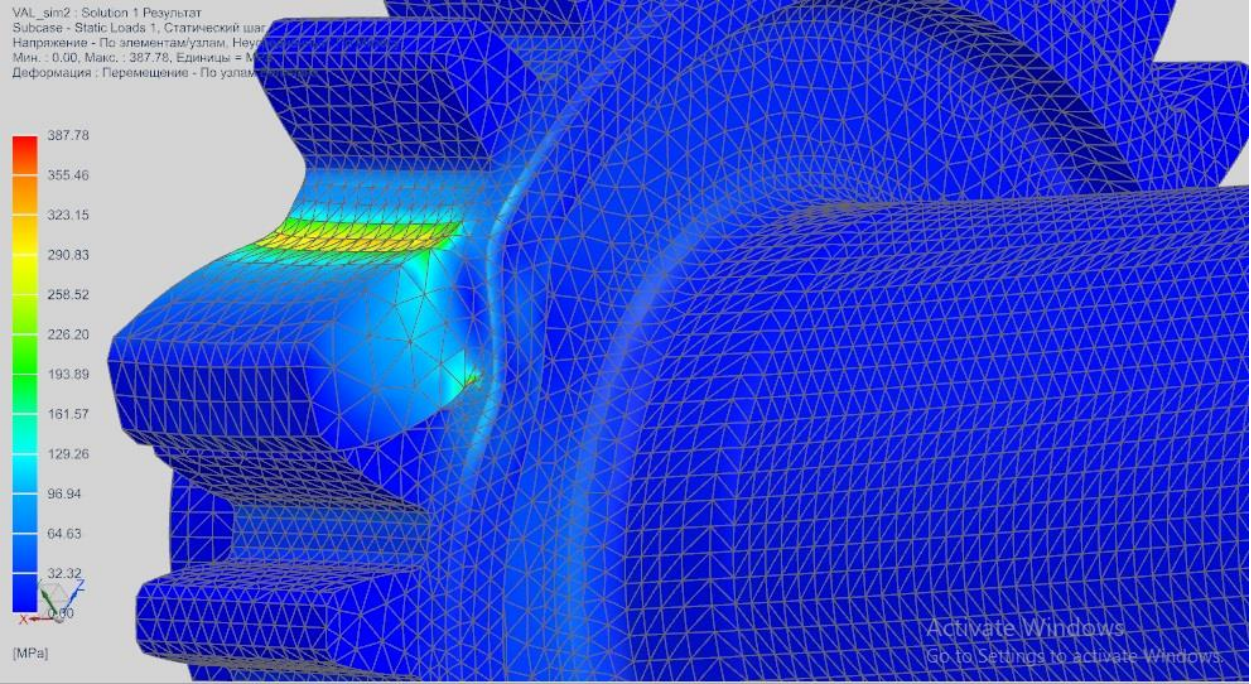


Рисунок 3.5 – Модель деталі з відображенням (НДС) по елементах та вузлах після прикладеного навантаження 50 МПа

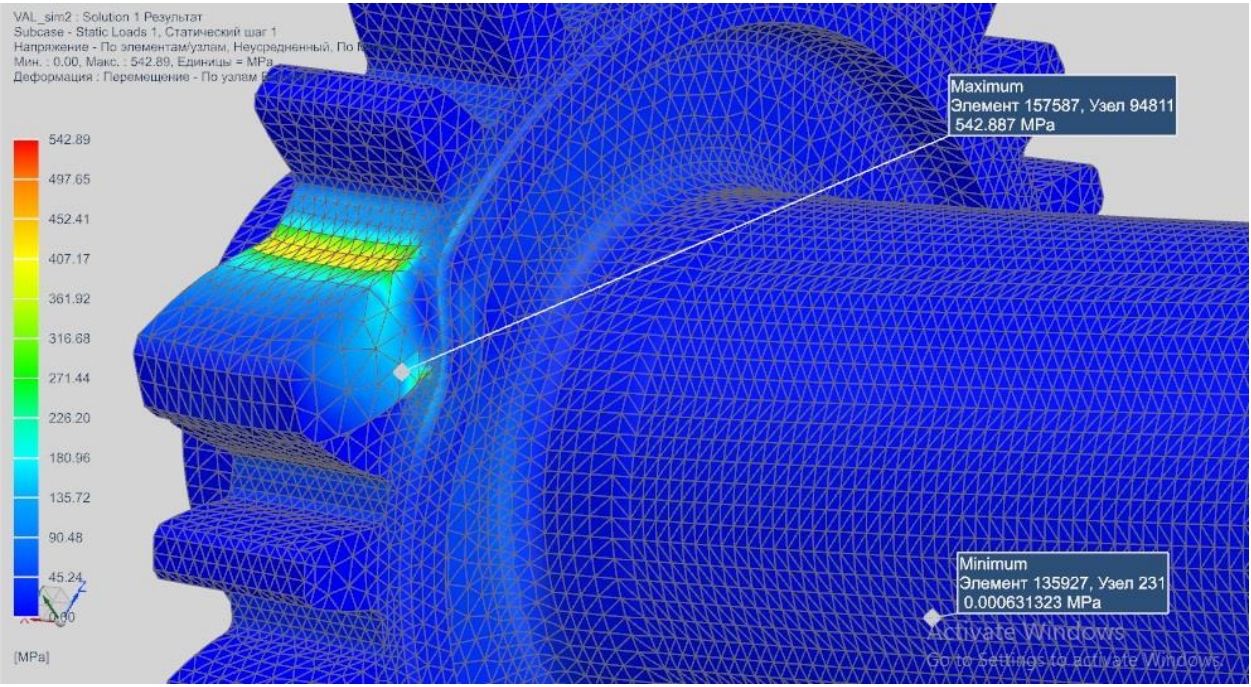


Рисунок 3.6 – Модель деталі з відображенням (НДС) по елементах та вузлах після прикладеного навантаження 70 МПа

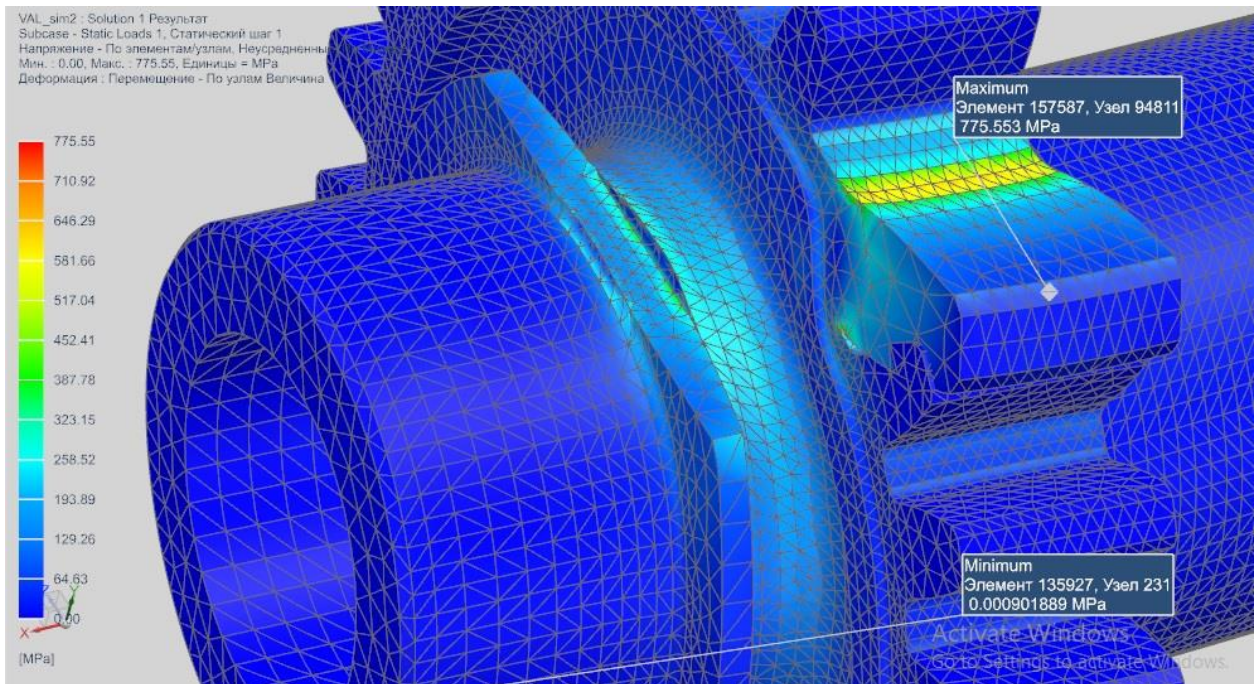


Рисунок 3.7 – Модель деталі з відображенням (НДС) по елементах та вузлах після прикладеного навантаження 100 МПа

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків НДС та коефіцієнту запасу міцності

Прикладене навантаження σ_0 , МПа	Максимальне навантаження $\sigma_{\max}$, МПа	Коефіцієнт запасу міцності, n
30	229	4,36
50	387	2,58
70	542	1,84
100	775	1,29

За результатами, наведеними в таблиці 3.1 та на графіку (рис. 3.8), можна зробити висновок, що оптимальне прикладене навантаження знаходиться в межах від 27 до 65 МПа, для забезпечення $n_0=2...5$ ($\sigma_{\max}=210...350$ МПа). Граничне значення $[\sigma_0]=27$ МПа.

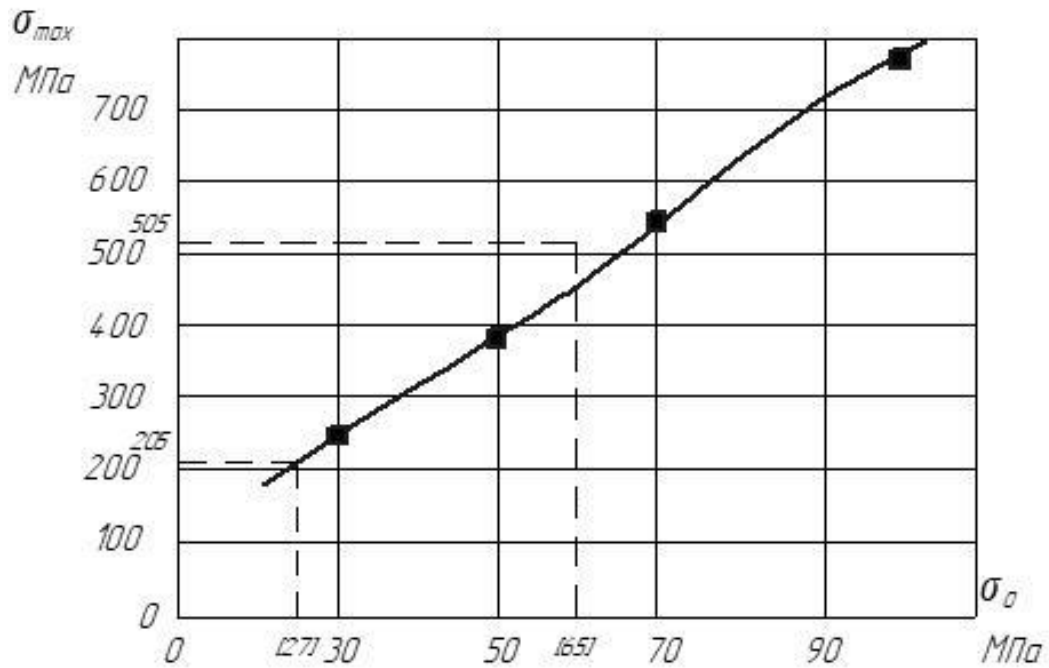


Рисунок 3.8 – Графік залежності максимального навантаження σ_{max} від прикладеного σ_0

3.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

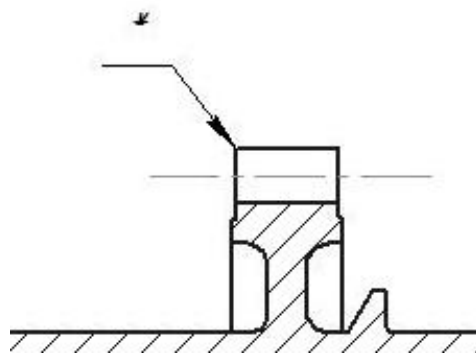


Рисунок 3.9 – Ділянка деталі, яка підлягає змінненню

Концентратором напружень в деталі є підніжжя зуба. Тому, що за конструкцією, радіус підніжжя зуба змінити не є можливим, бо це може нашкодити нормальному функціонуванню зубчатого зачеплення. Тому

змінити пропонується крайки бокових поверхонь зуба (рис.3.9), з обох сторін. Пропонується дві конфігурації для зміни крайок зуба, а саме фаска (рис.3.10 а) та радіус (рис.3.10 б). Результати НДС після зміни конфігурації занесені до таблиці 3.2 та графічні зображення розрахунків зображені на рисунках 3.11-3.18.

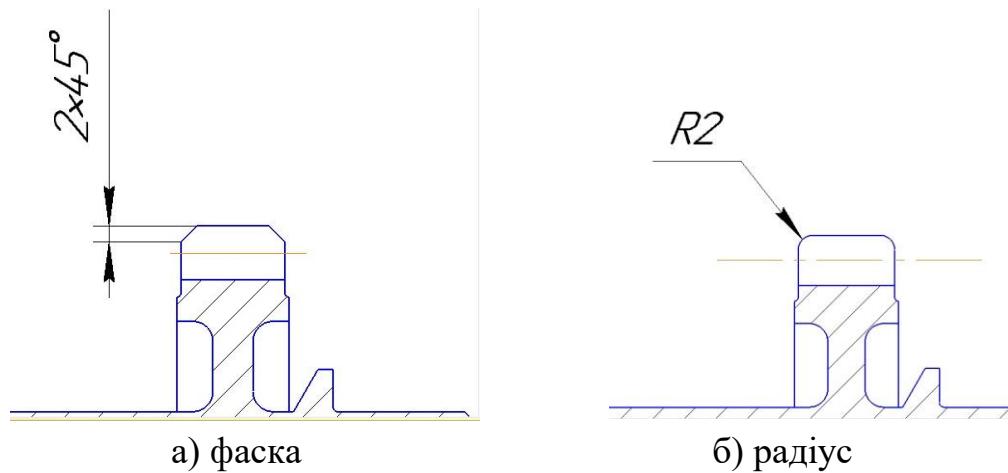


Рисунок 3.10 – Схематичне зображення зміни конструкції крайок зуба на а)фаску, б)радіус

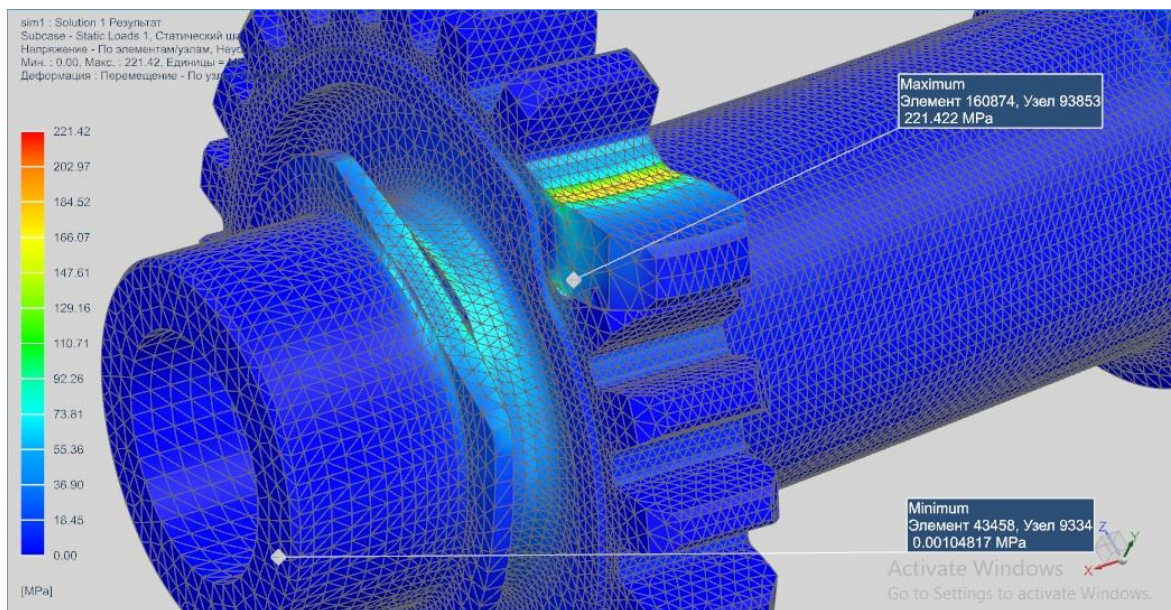


Рисунок 3.11 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції крайок зуба на фаску 2×45 мм та прикладеним тиском 30 МПа на один зуб (рис.3.3)

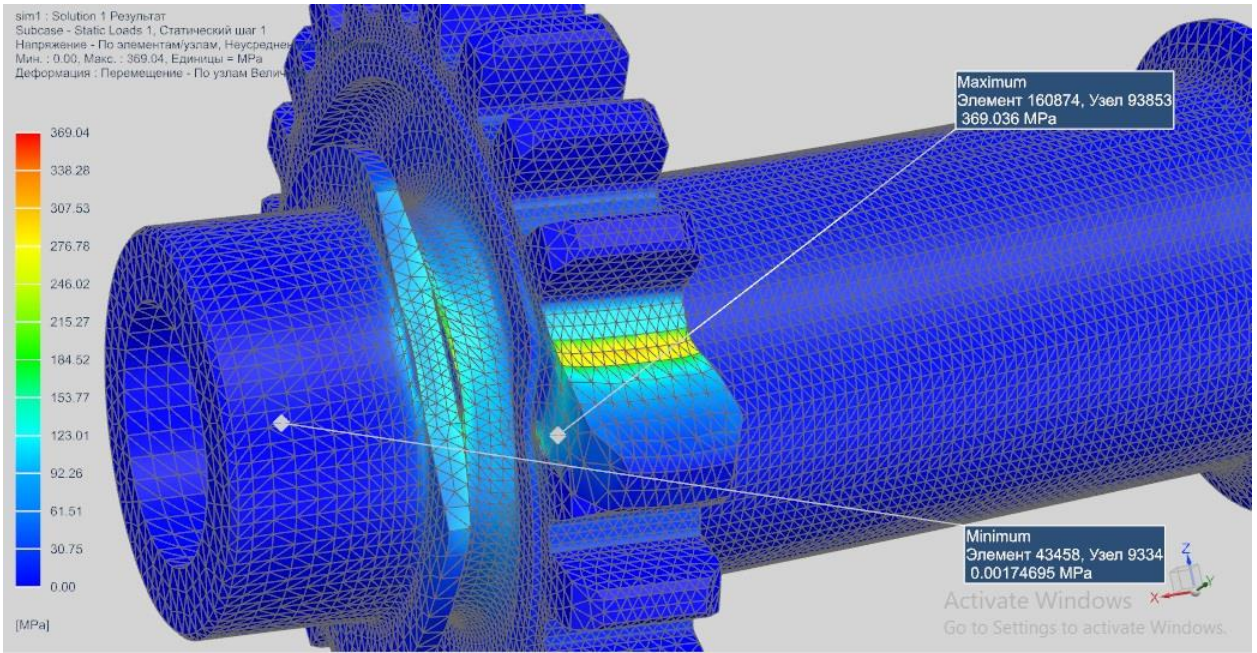


Рисунок 3.12 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції
крийок зуба на фаску 2×45 мм та прикладеним тиском 50 МПа на один
зуб (рис.3.3)

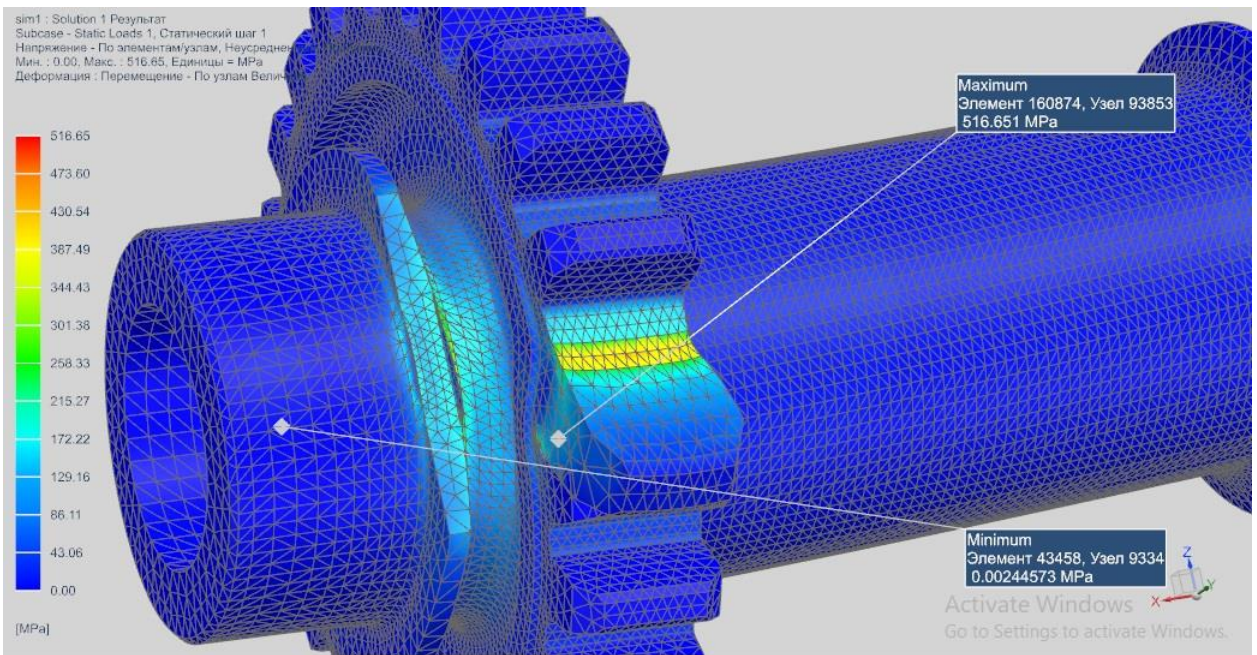


Рисунок 3.13 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції
крийок зуба на фаску 2×45 мм та прикладеним тиском 70 МПа на один
зуб (рис.3.3)

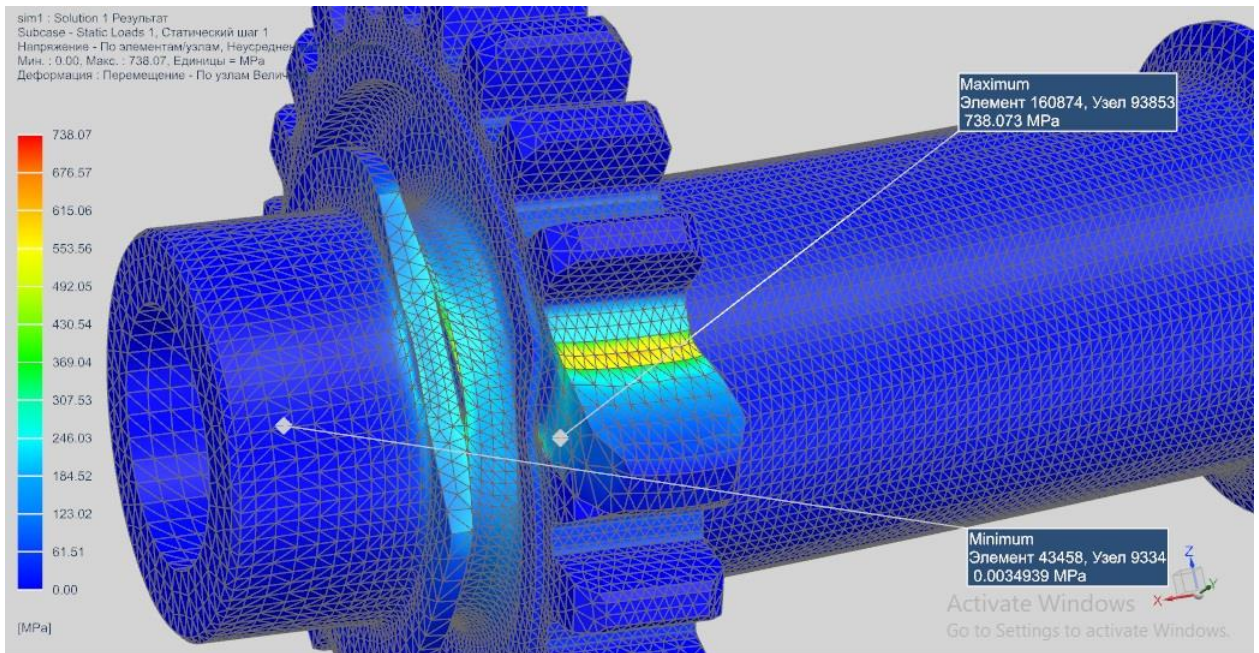


Рисунок 3.14 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції
крийок зуба на фаску 2×45 мм та прикладеним тиском 100 МПа на один
зуб (рис.3.3)

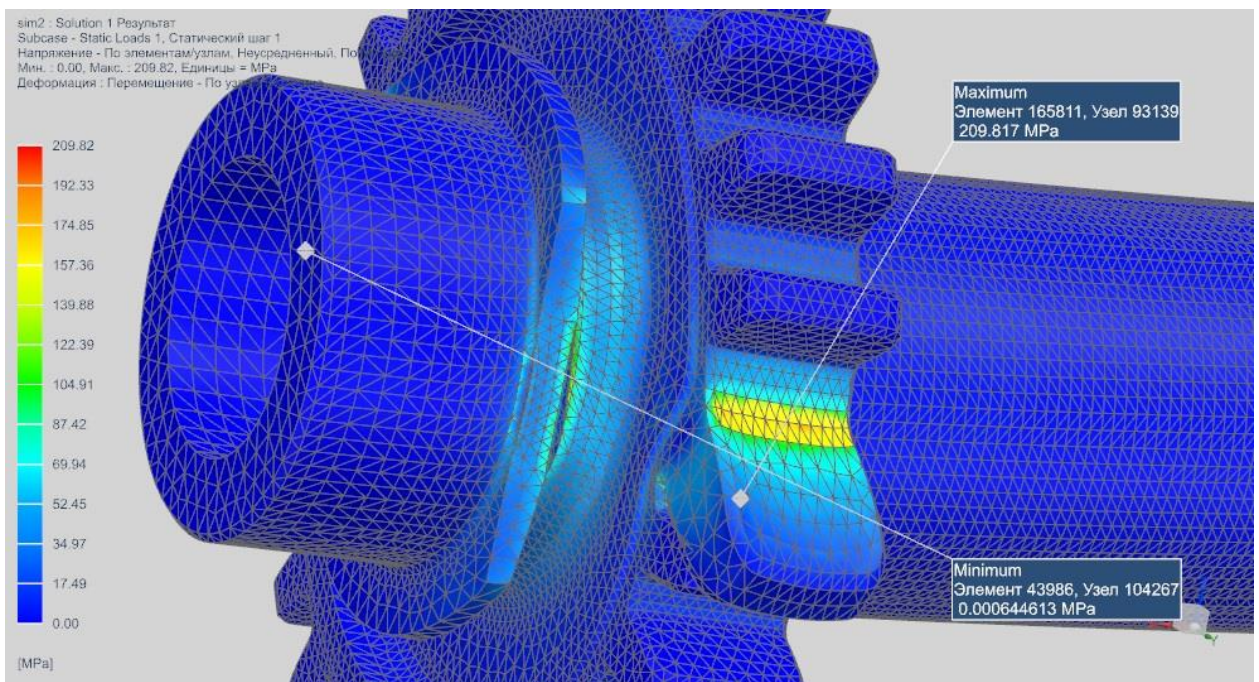


Рисунок 3.15 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції
крийок зуба на R2 мм та прикладеним тиском 30 МПа на один зуб (рис.3.3)

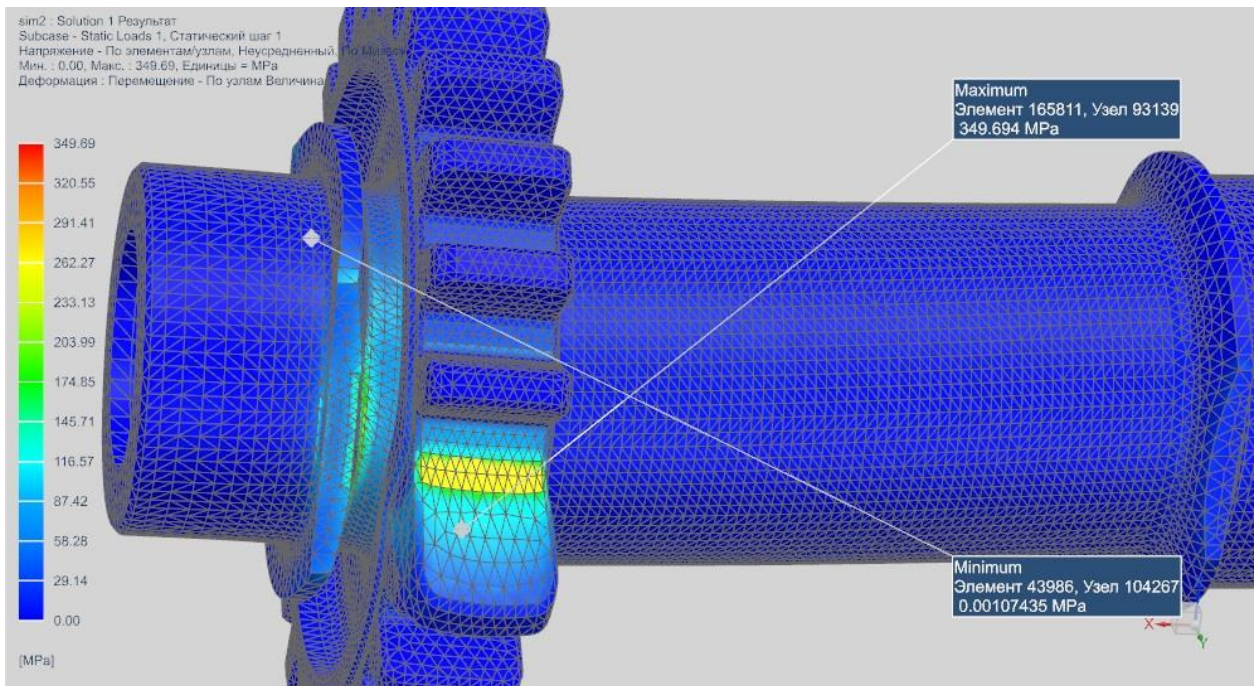


Рисунок 3.16 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції кромок зуба на R2 мм та прикладеним тиском 50 МПа на один зуб (рис.3.3)

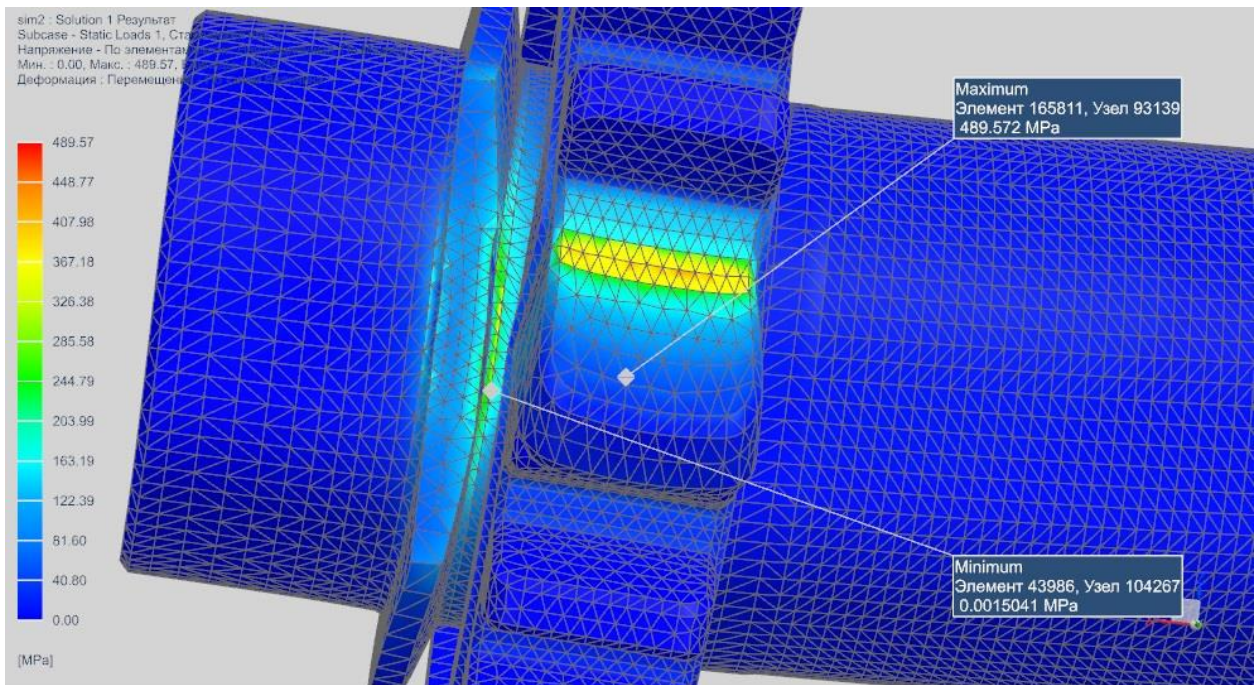


Рисунок 3.17 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції кромок зуба на R2 мм та прикладеним тиском 70 МПа на один зуб (рис.3.3)

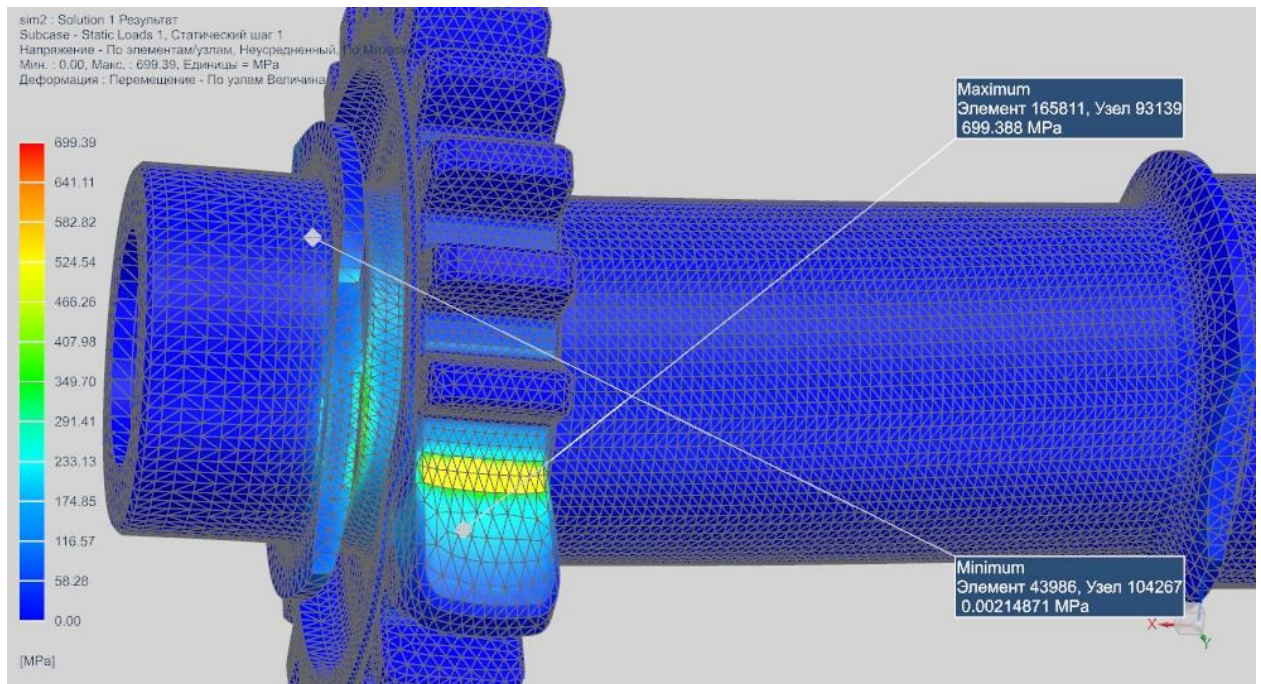


Рисунок 3.18 – Модель деталі з відображенням НДС після зміни конструкції крайок зуба на R2 мм та прикладеним тиском 100 МПа на один зуб (рис.3.3)

Таблиця 3.2 – Результати визначення НДС при зміні крайок зуба на фаски 2×45° та радіус R2(рис. 3.7)

Конфігурація крайок зуба	σ_0 , МПа, сумарне прикладене навантаження	Максимальне напруження $\sigma_{\max}$, МПа
Фаска 2×45°	30	221
R2		209
Фаска 2×45°	50	369
R2		349
Фаска 2×45°	70	516
R2		489
Фаска 2×45°	100	738
R2		700

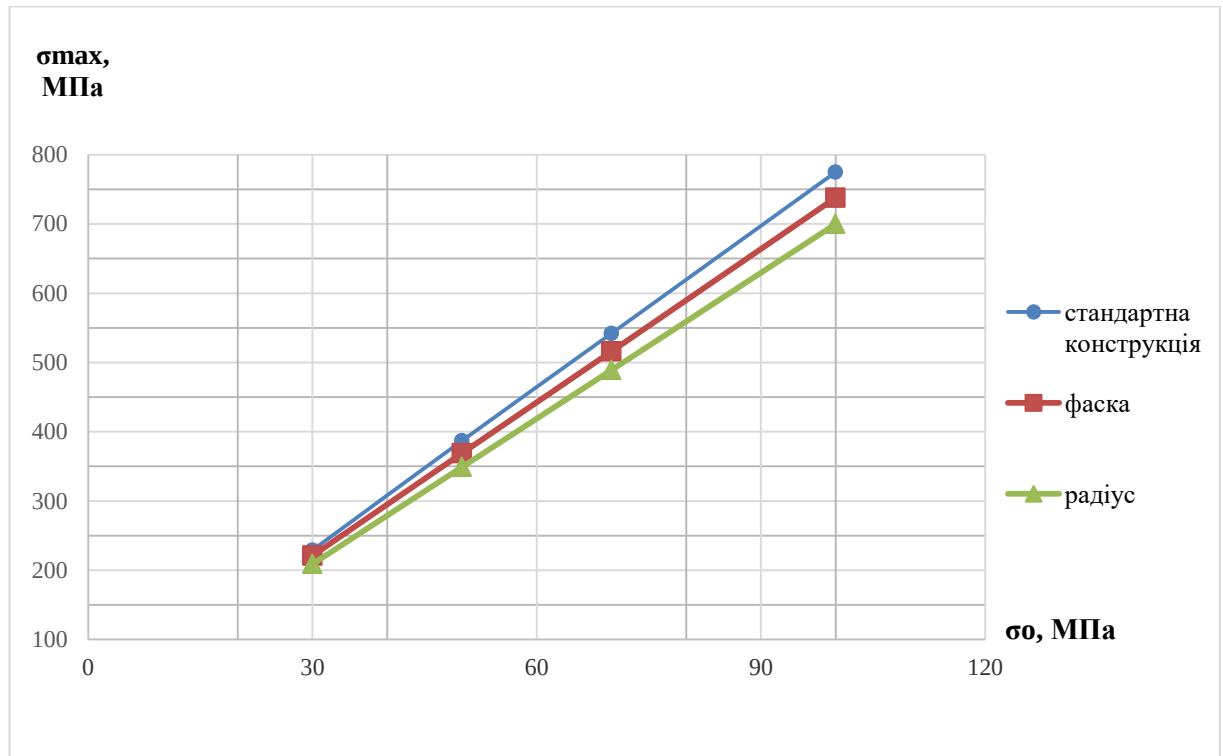


Рисунок 3.19 – Графік залежності максимального навантаження $\sigma_{\max}$ від прикладеного σ_0 при різних варіантах конструкції

3.3 Оптимізація геометрії деталі

За результатами зміни конструкції крайок зуба (рис. 3.19), можна припустити, що при однаково прикладеному навантаженні, замінивши стандартну конфігурацію на фаску, конструкція сприймає менше максимальне напруження. А також, якщо замінити її на радіус, максимальне напруження зменшується ще більше.

Тому для оптимізації геометрії деталі, рекомендовано змінити конструкції крайок зуба (рис. 3.10) на фаску або радіус, якщо це не потягне за собою зміни у подальшій експлуатації та функціонуванні деталі.

4 ПОВНІСТЮ АВТОМАТИЧНА ОБРОБКА ПОВЕРХОНЬ СКЛАДНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ SURF FINISHING

Близько 90 років тому, із впровадженням першої фінішної вібронашини, офіційно “народилася” масова механічна обробка. З тих пір ця технологія постійно адаптується до зростаючих вимог до поліпшеного покриття поверхні. Перші вібронашини в основному використовувались для заміни ручного видалення задирок механічними засобами. Відцентрова обробка диска, розроблена на початку 1960-х, дозволила вирішувати більш складні завдання з обробки. Запровадження в 1980-х роках вібронашин для волочіння відкрило цілковито нові можливості для обробки складних компонентів, таких як ортопедичні імпланти - від зрізу та згладжування поверхні до полірування з високим блиском. “Surf Finishing”, підняв масову обробку на абсолютно новий рівень: він надає високий ступінь гнучкості обробки, надзвичайно короткий час обробки та ступінь автоматизації, що на сьогоднішній день вважається неможливим [9].

У центрі обробки “Surf Finishing” знаходиться обертальна робоча чаша, наповнена шліфувальними або полірувальними середовищами. Заготовки, прикріплені до спеціальних шпинделів або робота, занурюють у рухоме середовище. Обертання робочої чаші до 170 об/хв створює лінійні швидкості більше 5 м/с. В результаті високий тиск середовища, що чиниться на нерухомі заготовки, призводить до чудових результатів обробки за нечувано короткі періоди циклу (рис. 4.1).

Surf-Finishers чудово підходять для агресивного видалення задирок, заокруглення крайок, але завдяки широкому діапазону можливих налаштувань машини та правильних фінішних середовищ вони однаково ефективні для згладжування та полірування поверхні. Також *Surf-Finishers* можуть набагато більше, а саме вони дозволяють цілеспрямовано обробляти

певні ділянки поверхні, а також важкодоступні внутрішні проходи на заготовках.

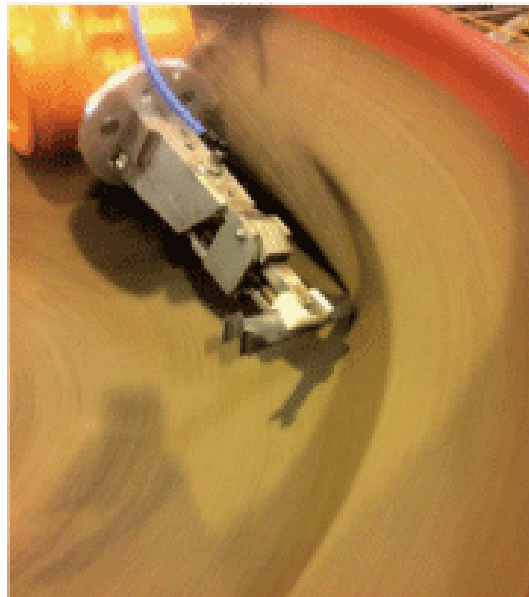


Рисунок 4.1 – Лопатка турбіни в процесі фінішної обробки
вібромашиною [9]

Існує декілька концепцій обладнання, які пропонують широкі можливості обробки. *Surf-Finisher* оснащений каруселлю з 4ма регульованими обертовими шпинделями, на яких встановлені окремі заготовки. Опускаючи карусель, заготовки, прикріплені до шпинделів, занурюються в обертову робочу чашу заповнену спеціальним середовищем (рис.4.2).

Замість каруселі з прикріпленими шпинделями, «Surf-Finishers» також можуть бути обладнані 6-осьовими роботами, оснащеними спеціальними захватами для заготовок. У цьому випадку роботи занурюють заготовки в рухоме абразивне середовище, одночасно обертаючи та/або утримуючи їх під різними кутами.

Особливістю «Мульти» - *Surf-Finishers* є швидке переміщення каруселі вгору або вниз із змінною швидкістю. Швидка зміна тиску між заготовками та середовищем збільшує швидкість обробки, але також створює



Рисунок 4.2 – Вібромашина «Rosler», з 4ма регульованими обертовими шпинделями

однорідну обробку поверхні. Ця змінна швидкість також допомагає мінімізувати час циклу: наприклад, карусель може рухатися вниз дуже швидко, а потім сповільнюватися, перш ніж заготовки занурюються в абразивне середовище.

Шпинделі пропонують безліч різних налаштувань, де кожен оснащений власним приводом обертання та регулюванням кута. Інвертор частоти забезпечує швидкість обертання шпинделя від 0 до 90 об/хв, тоді як кут можна змінювати від вертикального положення до 25°. Обидва параметри - регулювання швидкості обертання та кута нахилу – є надзвичайно важливими для адаптації налаштувань верстата до заготовок та відповідної якості фінішної обробки.

Шпинделі також мають швидке коливальне (ліворуч/праворуч) обертання між 0 і 360° зі швидкістю до 90 об/хв. Через порівняльну інерційність середовища в обертовій робочій чаші ці швидкі зміни швидкості обертання шпинделя створюють дуже однорідний рух між заготовками та абразивним середовищем. Це прискорює процес і покращує обробні якості. Той самий коливальний (лівий або правий) рух можливий і з каруселлю.

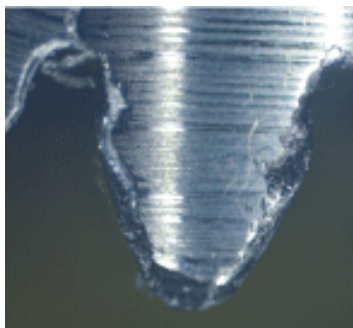
Оскільки кожен шпиндель має власний привід і регулювання кута, вони можуть працювати синхронно з однаковими налаштуваннями або повністю незалежними один від одного. Це забезпечує надзвичайну операційну гнучкість у процесі виробництва.

"Multi" - *Surf-Finishers* допомагають зменшити витрати на обробку та покращити якість обробки

"Мульти" *Surf-Finishers* надають суттєвіші переваги перед іншим обладнанням для фінішної обробки:

1) високий тиск між середовищем та заготовками забезпечує більшу інтенсивність процесу, а отже, і коротший час обробки. У порівнянні із звичайними вібраційними системами, *Surf-Finishers* генерують в 50 разів більшу інтенсивність;

2) обробка *Surf-Finishers* принаймні в 2,5 рази більш інтенсивна, ніж обробка волоком (рис.4.3 а, б, в);



а)



б)



в)

Рисунок 4.3 – Зображення частини деталі а) до обробки; б) після 4х хвилин волочіння; в) після однієї хвилини віброобробки *Surf-Finishers*

3) регульовані налаштування шпинделя (швидкість, регулювання кута та коливання вліво/вправо) щодо руху робочого середовища в обертовій робочій чаші дозволяють цілеспрямовано обробляти внутрішні поверхні заготовки.

4) наприклад, після механічної обробки виливки із сірого заліза (корпуси для контролю відпрацьованих газів) мають важкі задири у

важкодоступних місцях заготовки. Ці задирки необхідно повністю видалити, а всі внутрішні та зовнішні поверхні повинні бути очищені та повністю позбавлені масла. Ця непроста робота виконується в "Мульти" - *Surf-Finishers* менш ніж за 5 хвилин.

5) висока інтенсивність обробки *Surf-Finishers* дозволяє використовувати менші обробні середовища, що призводить до більш тонкої обробки поверхні в порівнянні з іншими системами масової обробки.

6) індивідуальні налаштування шпинделя (об/хв, кут шпинделя, зворотно-поступальний обертальний рух) дозволяють обробляти різні заготовки з різними параметрами процесу в одній партії заготовки. Це забезпечує цінну гнучкість виробничого процесу та забезпечує низький запас виробничих процесів.

Для спеціальних застосувань, що вимагають більш високого ступеня переміщення заготовки в масі робочого середовища, ніж це можливо у шпиндельних агрегатах, *Surf-Finishers* можуть постачатися з одним або декількома 6-осьовими роботами, обладнаними спеціальними захоплювачами заготовки. Роботи ведуть заготовки крізь середовище при заздалегідь запрограмованому нахилі та/або обертальних рухах, забезпечуючи тим самим більшу або меншу експозицію певних ділянок поверхні потоку середовища. Це дозволяє цілеспрямовано обробляти точно визначені ділянки на заготовках.

Surf-Finishers можна використовувати практично для будь-яких обробних завдань, будь то агресивне видалення задирок і вирівнювання гострих крайок, інтенсивне вирівнювання поверхні або полірування до блиску. Приклади успішно оброблених *Surf-Finisher* заготовок зображено на (рис.4.4, 4.5)

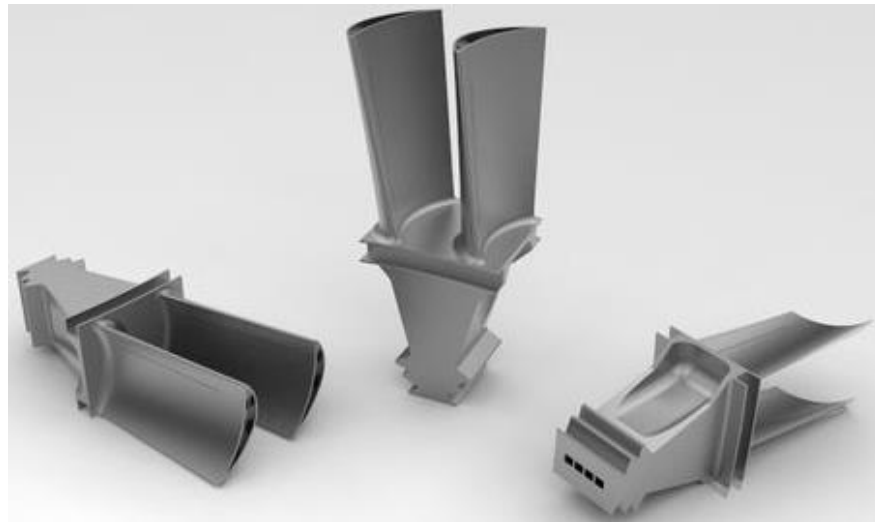


Рисунок 4.4 – Лопатки, які були оброблені за технологією *Surf-Finisher*



Рисунок 4.5 – Ступінчасті вали, які були оброблені за технологією *Surf-Finisher*

Surf-Finishers було розроблено спеціально з урахуванням автоматизації:

- 1) карусель "Multi" - *Surf-Finisher* забезпечує надзвичайно точне розташування шпинделів, завдяки чому робот може легко кріпити та знімати заготовки, встановлені на спеціальних кріпленнях на шпинделях;
- 2) шпинделі оснащені швидкоз'єднувальними муфтами з автоматичним механізмом затиску та розтиску;
- 3) всі системи транспортування та передачі заготовок розроблені, щоб забезпечити легку обробку заготовок роботом;
- 4) зчитувач штрих-кодів дозволяє повністю автоматично викликати програми обробки від PLC для заготовок, що надходять до *Surf-Finisher*.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ШЕВІНГУВАННЯ – ШВИДКИЙ ТА ПРОДУКТИВНИЙ СПОСІБ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ЗУБЦІВ

В базовому технологічному процесі останньою фінішною операцією являється – зубохонінгувальна, та в ході дипломного проекту було прийняте рішення запропонувати альтернативу даному виду фінішної обробки зубців, а саме – шевінгування зубців.

Зі збільшенням швидкохідності машин виникла негайна потреба в безшумно працюючих зубчастих колесах. Шум, яким супроводжуються зубчасті колеса, часто обумовлений ненормальними умовами роботи зубчастої передачі, які ведуть за собою прискорене зношування її. Шум шкідливо впливає на людський організм. Покращення якості зубчастих коліс, та зменшенню рівня шуму досягається за рахунок наступних заходів:

1)нарізування зубців з точністю, яка виражається сотими і тисячними частками міліметра;

2)термічною обробкою із застосуванням ціанування і газової цементації, що дають значно меншу деформацію зубчастих коліс, ніж звичайна цементація і гартування;

3)застосуванням раціональних способів остаточної чистової обробки зубців, що дозволяють досягти точності зубчастих коліс до 2-3 мкм.

Крім прагнення вдосконалити способи остаточною обробкою зубців вишукуються способи заглушення шуму шляхом підбору конфігурації коробок швидкостей, застосування гнучких зубчастих коліс зі спеціальних сортів сталі, зубчастих коліс з неметалічних матеріалів (пластмас, текстоліту та ін.)

Причини шуму залежать не тільки від якості обробки зубців, але і від збірки зубчастих передач, неточності виготовлення корпусів і валиків, деформації валиків, мастила та ін.

Остаточне чистове оздоблення зубців проводиться великою кількістю способів, але детально буде розглянуто хонінгування, як фінішна операція в базовому ТП (технологічний процес) і шевінгування, яке запропоновано як альтернатива.

Зубохонінгування – процес чистової обробки зубців загартованих циліндричних коліс зовнішнього та внутрішнього зачеплення. Обробка виконується зубчастим інструментом – хонем. Ріжучими елементами хона є, хаотично розташовані на поверхні зубців хона, зерна абразивного матеріалу, алмазів або кубічного нітриду бору.

У виробництві застосовують два методи зубохонінгування, а саме інструментами з зовнішнім або внутрішнім зачепленням зубців [10].

Зачеплення зубчастого хона 1 із заготовкою 2 виконується під кутом схрещування γ (рис. 5.1). При вільній кінематиці зв'язку провідним елементом є хон, а при жорсткій – обертання хона і заготовки здійснюється окремо з високою точністю синхронізації за допомогою електронної системи управління.

Ширина хона більше ширини зубчастого вінця. Крім обертального зубчастий хон здійснює радіальний рух подачі, а заготовка для поліпшення умов різання здійснює осьові осцилюючі рухи, амплітуда яких повинна бути не менше 3...4 мм.

Великий коефіцієнт перекриття при зачепленні хона з зубцями оброблюваної заготовки сприяє виправленню помилок зубців і підвищенню точності їх обробки.

Зубчасті хони, які використовують при зубохонінгуванні, можуть бути правлячими та не правлячими. Як абразивний матеріал у правлячих зубчастих хонів з внутрішнім зачепленням застосовують електрокорунд вищої якості або мікрокристалічний корунд з розміром зерна 88...149 мкм.

Найбільш важливою структурною складовою об'ємної будови хона і його технологічних та експлуатаційних властивостей є зв'язка. Для правлячих хонів використовують зв'язки: керамічну та з епоксидної штучної

смоли. Завдяки крихкості і низьким демпфуючим властивостям цих зв'язків абразивні зерна, які мають критичне зношення, під дією сили різання виламуються з хона, відкриваючи для роботи абразивні зерна, які лежать нижче. Таким чином, забезпечується самозагострювання інструменту.

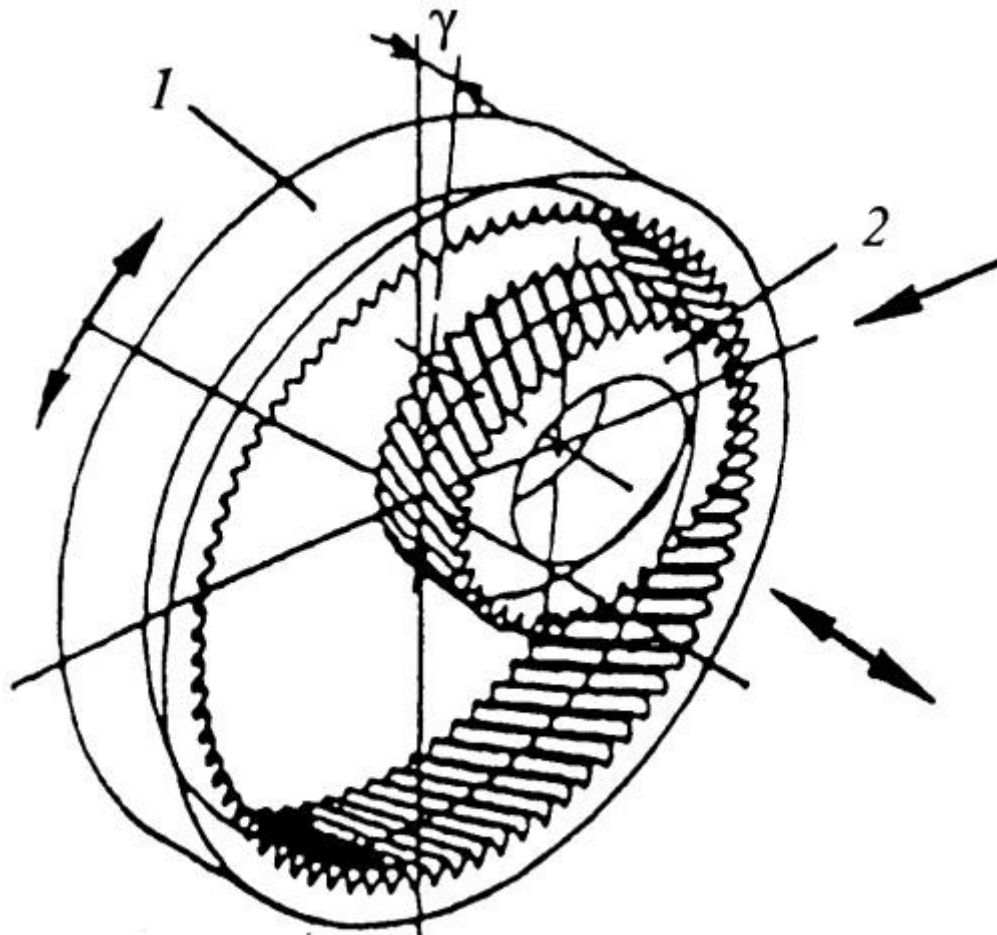


Рисунок 5.1 – Схема обробки заготовки хонем з внутрішнім зачепленням (1–хон, 2–заготовка) [10]

Особливістю процесу зубохонінгування є досягнення потрібних показників шорсткості поверхні зубців. Сукупність нерівностей з відносно малими кроками, що утворюють мікрорельєф бічних поверхонь зубців, є найважливішим показником якості зачеплення зубчастих передач. Мікрорельєф поверхні зубців впливає на якість експлуатації зубчастих передач:

- віброакустичну активність під впливом високих частот;
- утримання мастильної плівки на поверхні зубців;
- тривалість періоду обкатки зубчастої передачі, при якій технологічний рельєф зубців стає експлуатаційним.

Зубохонінгування вимагає рясного охолодження для ефективного видалення металевого пилю з оброблюваної поверхні профілю зуба. Хонінгування застосовують для обробки прямозубих і косозубих коліс з модулем 1,25 – 6 мм, а також коліс з фланкувальними і бочкоподібними зубами.

Шевінгуванням називається процес отримання гладкої поверхні зубців незагартованого зубчастого колеса, що полягає в знятті (зіскоблюванні) дуже дрібних волосоподібних стружок, завдяки чому значно виправляється ексцентриситет початкової окружності, помилки в кроці, в профілі евольвенти і в куті підйому гвинтової лінії.

Шевінгування (або інакше шевінг-процес) проводиться двома способами. За першим способом шевінгування виконується за допомогою спеціального інструменту, званого шевером. Шевер – це ріжуче зубчасте колесо з прорізними на бічних сторонах кожного зуба канавками глибиною 0,8 мм. Ці канавки утворюють ріжучі кромки, які і зішкрібають волосоподібну стружку [11].

На рис.5.2-5.5 представлені загальний вигляд і схеми шевінгування.

Оправка з оброблюваним зубчастим колесом (рис.5.2) закріплюється в центрах столу верстата; шевер розташовується над зубчастим колесом під кутом 15°, утворюючи з колесом як би кручені пару зі перехресними осями. Наведений в обертання шевер обертає обробляється зубчасте колесо, якому надається осьовий зворотно-поступальне переміщення, зване поздовжньою подачею ($S_{\text{пр}} = 0,15-0,3$ мм на один оборот зубчастого колеса); при цьому шевер рівномірно зішкрібає стружку по всій ширині зуба. Крім обертання і осьового руху оброблюваного зубчастого колеса для рівномірного зняття стружки по всьому профілю зуба стіл верстата має вертикальне переміщення

$S_B = 0,025-0,04$ мм на один хід столу. Після закінчення кожного ходу столу шевер отримує обертання у зворотну сторону зуба. Для попередньої обробки число ходів 4-6, для остаточної 2-4. Припуск на шевінгування приймається 0,04-0,03 мм на сторону зуба.

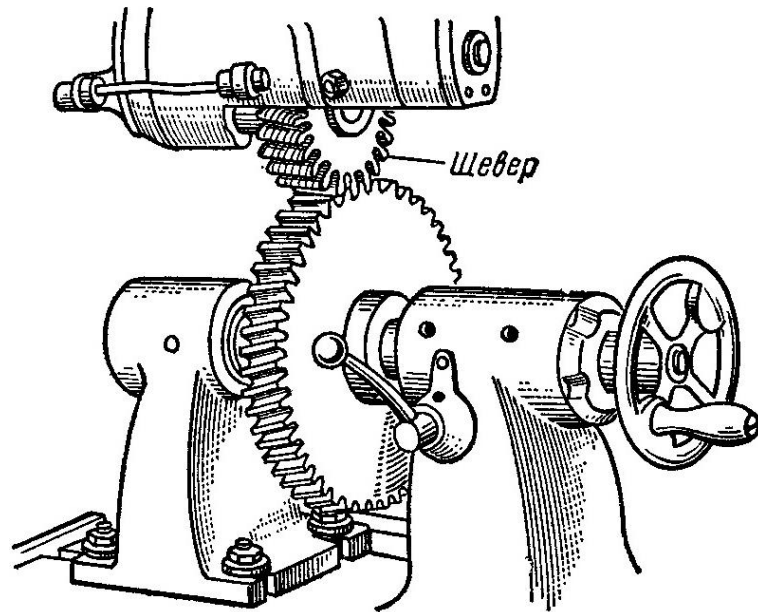


Рисунок 5.2 – Зображення загального виду шевінгування циліндричного зубчастого колеса дисковим шевером [11]

Основний час при шевінгуванні зубців циліндричних зубчастих коліс дисковим шевером визначається за формулою (5.1):

$$t_o = \frac{(l_o + l_{вр} + l_{п})z}{n_{шев} z_{шев} S_{пр}} \cdot \frac{a}{S_B} K \quad (5.1)$$

де l_o – довжина зуба в мм;

$l_{вр}, l_{п}$ – довжина врізання та перебігу, в сумі дорівнюють 10 мм;

z – число зубців зубчастого колеса, шт.;

a – припуск на шевінгування на сторону за профілем зуба в мм;

$n_{шев}$ – число обертів шевера в хв;

$z_{шев}$ – число зубців шевера;

$S_{\text{пр}}$ – поздовжня подача в мм на один оберт зубчастого колеса;

$S_{\text{в}}$ – вертикальна подача на один хід столу в мм;

K – коефіцієнт що враховує додаткові калібрувальні проходи; $K=1,1-1,2$.

Окружна швидкість обертання шевера при шевінгуванні зубчастих коліс, виготовлених зі сталі з границею міцності $= 60-75 \text{ кг/мм}^2$ ($590-738 \text{ Мн/м}^2$), приймається близько 100 м/хв. Поздовжня подача зубчастого колеса $S_{\text{пр}}$ близько 0,25 мм/об. Припуск під шевінгування приймається за наступними даними (таб. 5.1):

Таблиця 5.1–Припуск на операцію шевінгування [11]

Модуль, мм	2	3	4	5	6
Припуск, мм	0,03	0,04	0,05	0,055	0,06

Шевінгування підвищує точність попередньої обробки зубців приблизно на 1-2 ступеня точності.

Виправлення похибок зубчастих коліс шевінгуванням характеризується наступними даними (таб 5.2).

Таблиця 5.2– Дані, які характеризують виправлення похибок зубчатих коліс шевінгуванням [11]

Найменування похибки	Величини похибок, мм		
	до шевінгування	після шевінгування	
		для прямих зубців	для косих зубців
1	2	3	4
Сумарна похибка міжцентрової відстані	0,06–0,1	0,025	0,02
Радіальне биття	0,05–0,07	0,01–0,02	0,01
Відхилення профілю	0,04–0,08	0,01–0,02	0,01

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4
Відхилення напрямку зуба	0,05	0,015	0,01
Накопичена похибка кроку	0,05–0,07	0,03–0,04	0,03
Нерівномірність окружного кроку між двома зубцями	0,04–0,05	0,015–0,02	0,01–0,015

Шевінгування зубців коліс за один прохід.

В даний час в машинобудуванні все більшого поширення набуває спосіб шевінгування зубчастих коліс середніх модулів за один прохід Шевера спеціальної конструкції [11]. Зубці таких шеверів мають три групи зубчиків (рис. 5.3): забірні I/ріжучі II та калібруючі III. Бічні поверхні правої та лівої сторін забірної і ріжучої частин зубців шевера складають з відповідними бічними поверхнями калібруючих частин кути β .

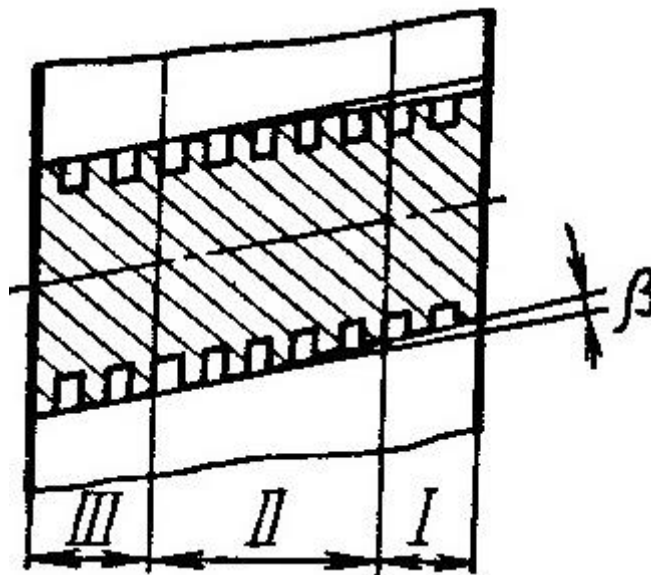


Рисунок 5.3—Схема дискового шевера [11]

Така конструкція шевера дозволяє знімати весь припуск за один робочий і один зворотний (калібуючий) хід столу, здійснюваний на постійній відстані між осями шевера і колеса [11].

В ряді випадків спеціальні шевери можуть бути виготовлені шляхом перешліфовки стандартних шеверів шириною 20-25 мм. При цьому для забірної та ріжучою частин повинні мати не менше 4–6 ріжучих крайок кожна.

Продуктивність обробки при шевінгуванні за один прохід збільшується в 2–3 рази завдяки скороченню кількості циклів до одного та виключенню радіальних переміщень столу з оброблюваним колесом, немінучих при шевінгуванні стандартними шеверами.

Точність коліс після обробки спеціальними шеверами трохи вище, ніж при використанні стандартних шеверів, що пояснюється тим, що обробка проводиться при постійній міжосьовій відстані шевера і зубчастого колеса; крім того, відсутність механізму для радіальної подачі столу підвищує жорсткість системи ВПД [11].

Дискові шевери загального призначення з розмірами по ГОСТ 8570-57 виготовляються трьох класів точності: класу А для коліс 6го ступеня точності, класу В для коліс 7го ступеня точності та класу С коліс 8го ступеня точності [12]. Неточність виготовлення шеверів за окремими елементами не повинна перевищувати величини, наведені в технічних умовах на шевери [13].

Стійкість таких шеверів в 3 рази вище стійкості стандартної конструкції завдяки збільшенню числа ріжучих крайок, що одночасно беруть участь в роботі та зменшенні навантаження на кожную з них. Підвищення стійкості обумовлено також поліпшенням умов врізання зубців шевера, яке відбувається плавно і безперервно не в радіальному, а в осьовому напрямку. Крім того, для стандартизації цих величин зубчики не беруть участь у зрізанні основного припуску а (рис. 5.4).

Широке застосування знаходить продуктивний метод шевінгування з діагональною подачею. Цей метод передбачає поступальне переміщення оброблюваного зубчастого колеса не паралельно його осі, а під кутом α , рівним 5° та більше (рис. 5.5). Внаслідок цього зменшується довжина ходу і

число проходів можна приймати менше, ніж при звичайному шевінгуванні (з поздовжньою подачею), що в цілому значно скорочує час обробки. Час шевінгування одного зуба з модулем 2-3 мм при поздовжній подачі дорівнює 2-3 сек, а при діагональній подачі – близько 1 сек [11].

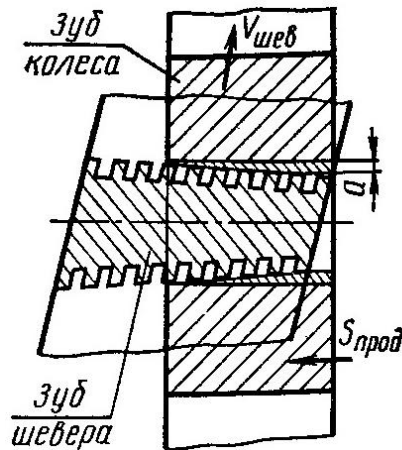


Рисунок 5.4—Схема шевінгування за один прохід дисковим шевером[11]

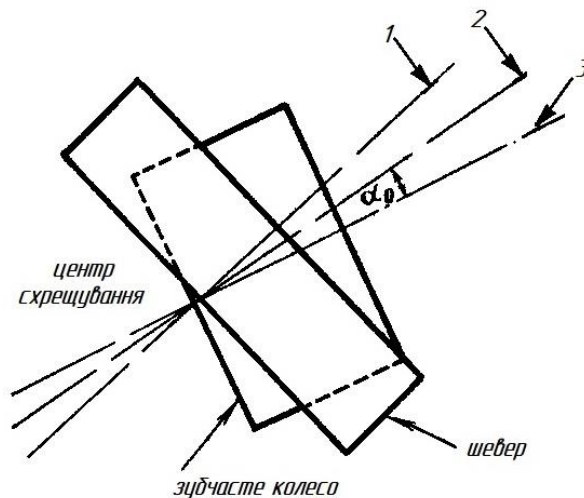


Рисунок 5.5 – Схема шевінгування з діагональною подачею (1—ось шевера, 2—напрямок діагональної подачі, 3—ось зубчастого колеса) [11]

На деяких машинобудівних підприємствах, в особливості автомобільних і тракторних підприємствах шевінгуванням іноді утворюють зубці, кінці яких на 0,02-0,03 мм тонше середини, що надає їм бочкоподібну форму (рис. 5.6). Така форма зубців, які обробляються шевером 1, зубчастого колеса 2,

отримується за допомогою застосування на шевінгувальних верстатах спеціального хитного пристосування (рис. 5.7). На столі верстата встановлюється підставка пристосування, на осі 4 якої за допомогою пальця 5 гойдається плита 3. Палець 5 при поздовжньому пересуванні столу переміщається за нахиленим пазом 7 диска 6, закріпленого на нерухомому кронштейні, який встановлюється під потрібним кутом.



Рисунок 5.6—Форма бочкоподібного зуба [11]

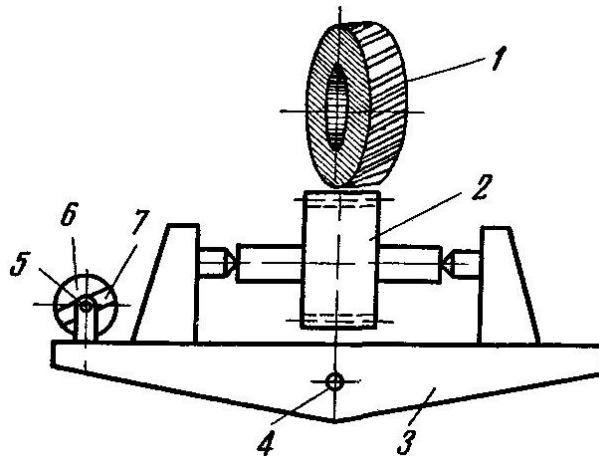


Рисунок 5.7—Шевінгування бочкоподібного зуба; 1—шевер, 2—зубчасте колесо, 3—плита, що хитається, 4—ось основи, 5—палець, 6—диск з нахиленим пазом, 7—нахилений паз [11]

Завдяки значному підвищенню точності зубчастих коліс і високої продуктивності, за допомогою шевінгування, його застосовують не тільки в масовому і багатосерійному виробництві, але і в серійному та навіть в дрібносерійному. При відсутності спеціальних верстатів для шевінгування можна застосовувати вертикально-фрезерний верстат з поворотною

фрезерною головкою, що забезпечує утворення кута схрещування осей шевера та зубчастого колеса.

За другим способом шевінгування проводиться за допомогою спеціального інструменту іншого виду – шевер-рейка (рис. 5.8), що складається з окремих зубців з канавками, що утворюють ріжучі кромки на стороні кожного зуба. В процесі обробки стіл верстата із закріпленою на ньому шевер-рейкою має зворотно-поступальний рух. Шевер-рейка, як і дисковий шевер виготовляється з нахиленими зубцями для обробки зубчастих коліс з прямим зубом; для випадку обробки зубчастих коліс з косим-зубом (з кутом нахилу близько 15°) шевер-рейка має прямі зуби, розташовані перпендикулярно осі; в тому і в іншому випадку утворюється гвинтове зубчасте зачеплення з оброблюваним зубчастим колесом; обробка одного зубчастого колеса виготовляється приблизно за 15-20 подвійних ходів столу [11].

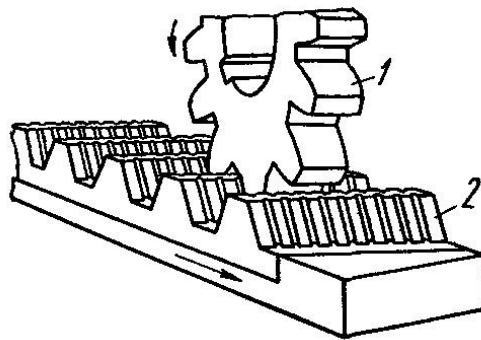


Рисунок 5.8—Шевінгування шевер-рейкою [11]

Показана схема (рис. 5.9), яка пояснює здійснення поздовжнього ковзання зубців шевер-рейки за зубцями зубчастого колеса.

Якщо зубчасте колесо 1, яке обробляється, вільно котити по шевер-рейці 2 з положення А, то воно повинно було б переміститися в положення Б. Але тому, що зубчасте колесо і шевер-рейка представляють собою кручену зубчасту пару з перехресними осями, тоді колесо пересунеться не в положення Б, а в положення В. В результаті створюється відносне ковзання

зубців оброблюваного зубчастого колеса і шевер-рейки, яке визначається відрізком між положеннями зубчастих коліс Б та В.

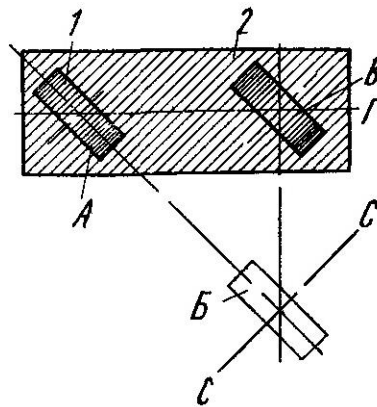


Рисунок 5.9—Схема ковзання зубців шевер-рейки за зубцями зубчастого колеса [11]

При цьому ріжучі кромки шевера зрізають тонку стружку з поверхні оброблюваних зубів колеса. Після кожного ходу столу зубчасте колесо переміщується у вертикальному напрямку вниз; таким чином, здійснюється вертикальна подача в межах 0,025-0,04 мм.

Шевінгування зазвичай виконується зі змащувально-охолоджувальною рідиною – сульфолфрезолом або веретенним мастилом. шевінгування шевер-рейкою не має широкого застосування по наступним причинам:

- висока собівартість інструменту;
- погана здатність до вимивання стружки з зубців шевер-рейки;
- неможливість обробки бочкоподібних зубців шевер-рейки.

Шевінгування зубців проводиться до термічної обробки загартованих зубчастих коліс. Більшість зубчастих коліс після шевінгування надходить в термічну обробку, яка дещо знижує досягнуту точність і шорсткість поверхні. Проте при виготовленні точних зубчастих коліс шевінгування застосовують до термічної обробки, задля максимального ступеню виключення помилки механічної обробки.

Одним з основних переваг шевінгування є можливість нарізування зубців на зубофрезерних верстатах (з подальшим шевінгуванням), не вдаючись до чистового нарізання на зубодовбальних верстатах.

Показано порівняння параметрів зубохонінгувальних та зубошевінгувальних верстатів (таб. 5.3)

Таблиця 5.3—Порівняння параметрів зубохонінгувальних та зубошевінгувальних верстатів

1	Моделі зубохонінгувальних верстатів		Моделі зубошевінгувальних верстатів		
	2	3	4	5	6
Параметри	5A913	5702B	5701	5Б703	BC-Б03В
Найбільші розміри колеса, що обробляється:					
діаметр	320	320	125	500	550
довжина зуба	120	100	40	150	140
модуль коліс	8 (найб.)	1,5...6	0,3...1,5	2...10	1,5...8
Найбільший кут повороту шеверної (або хонінгувальної) головки в обидві сторони від горизонтального (або вертикального) положення, град	25	35	30	30	20
Частота обертання шпинделя інструменту (або заготовки), об/хв	160...1000	63...500	100...630	50...400	50...400
Осьова (повздовжня) подача інструмента (або заготовки), мм/хв	50...400	18...300	32...310	16...200	16...200
Радіальна подача, мм/хід столу	—	0,02...0,06	0,01;0,02;0,03	0,025	—
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	3	3	0,9	3,2	3,2
Габаритні розміри	1650 1460 1620	1820 1500 2120	1450 870 1695	2260 1265 1930	2260 1265 1930
Маса, кг	3400	5300	1560	4000	4000

Переваги зубошевінгування:

1. Не вимагає великої потреби в додаткових коштах, тобто собівартість обладнання на потребуєчого інструменту є невисокою, що свідчить про економічність даного методу для чистової обробки зубців.
2. Застосовують для зменшення параметрів шорсткості на профілях зубців зубчастих коліс.
3. Зниження рівня шуму в процесі обробки порівняно з іншими методами для чистової обробки зубців.
4. Не потребує додаткового верстату при вже наявному вертикально-фрезерному.
5. Точність - 6...8 ступінь, шорсткість Ra 0,8...2,0 мкм;

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

У цьому дипломному проєкті для досягнення підвищених техніко-економічних показників було поєднано дві токарні операції. Одна операція включала в себе внутрішню обробку, а інша зовнішню, обидві були виконані на токарному верстаті 16K20. Операції були об'єднані в єдину токарну операцію, яка виконується на токарному верстаті 1Б240П-4К.

Шляхом об'єднання операцій без урахування вартості основних фондів проведено розрахунок річної економії [12, с.91]:

$$E_{\text{річ}} = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \quad (6.1)$$

де $C_{1/2}$ – технологічна собівартість одиниці продукції до і після заміни обладнання;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат;

$K_{1/2}$ – питомі капітальні витрати до і після заміни обладнання, що приходять на одиницю продукції розраховуються за формулою (6.2).

$$K_1 = B_{\text{бал1}} / N \quad K_2 = B_{\text{бал2}} / N \quad (6.2)$$

де $B_{\text{бал1}}, B_{\text{бал2}}$ – балансова вартість обладнання до і після заміни грн./шт.

Технологічна собівартість на одну одиницю продукції має наступні витрати, які наведені в формулі (6.3):

$$C = M + Z_o + A_v + B_p + B_e + B_{in} + B_{pr} \quad (6.3)$$

де M – вартість основних матеріалів, грн/шт, розраховується за формулою (6.4):

$$M = H_v \cdot \Pi_m - B \cdot \Pi_v \quad (6.4)$$

де H_B – норма витрати матеріалу на одиницю продукції, кг;

Π_M – ціна матеріалу за 1 кг, грн/кг;

B – величина відходів на одиницю продукції, кг;

Π_B – ціна відходів за 1 кг, грн/кг.

$З_o$ – основна заробітна плата основних робочих, грн/шт, розраховується за формулою (6.4):

$$З_o = P_{\text{від.сум}} \quad (6.5)$$

де $P_{\text{від.сум}}$ – відрядна сумарна розцінка за всіма операціями технологічного процесу.

A_B – амортизаційні відрахування на деталь, грн/шт, розраховується за формулою (6.4):

$$A_B = B_{\text{бал}} \cdot H_a / (100 \cdot N) \quad (6.6)$$

де $B_{\text{бал}}$ – балансова вартість обладнання, грн/шт;

H_a – норма амортизації, %.

B_p – витрати на ремонт, грн/шт, розраховується за формулою (6.7):

$$B_p = 0,5 \cdot A_B \quad (6.7)$$

B_e – витрати на силову енергію, грн/шт, розраховується за формулою (6.8):

$$B_e = (N_{\text{обл}} \cdot K_n \cdot T_{\text{маш}} \cdot \Pi_B) / 60 \quad (6.8)$$

де $N_{\text{обл}}$ – потужність встановленого обладнання, кВт;

K_n – коефіцієнт попиту 0,7–0,9;

$T_{\text{маш}}$ – машинний час на операції, хв.;

$\Pi_{\text{в}}$ – ціна кВт/год. силової енергії, грн./кВт.

$B_{\text{ін}}$ – витрати на ріжучий інструмент грн., розраховується за формулою (6.9):

$$B_{\text{ін}} = B_{\text{хв}} \cdot T_{\text{маш}} \cdot K_{\text{под}} \quad (6.9)$$

де $B_{\text{хв}}$ – вартість експлуатації однієї хвилини ріжучого інструменту, грн./хв.;

$K_{\text{под}}$ – коефіцієнт подорожчання інструменту.

$B_{\text{пр}}$ – витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, що займає обладнання, грн./шт:

$$B_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{вир}} \cdot K_{\text{дод}} \cdot T_{\text{шт}} \cdot C_{\text{прим}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot 60 \cdot K_{\text{вн}}} \quad (6.10)$$

де $S_{\text{вир}}$ – виробнича площа, яку займає старе та нове обладнання, м²;

$K_{\text{дод}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу;

$C_{\text{прим}}$ – вартість експлуатації приміщення, що займає обладнання, грн./шт.;

$K_{\text{вн}}$ – коефіцієнт використання ефективного часу.

Далі було розраховано технологічну собівартість до заміни обладнання:

Вартість основних матеріалів було розраховано за формулою (6.4):

$$M = 3,05 \cdot 3,5 - 2,23 \cdot 0,14 = 10,36 \text{ грн./шт.}$$

Основна заробітна плата основних робочих було розраховано за формулою (6.5):

$$Z_o = 3,05 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь було розраховано за формулою (6.6):

$$A_{\text{в}} = \frac{434000 \cdot 24}{100 \cdot 2000} = 52,08 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт було розраховано за формулою (6.7):

$$B_{\text{р}} = 0,5 \cdot 52,08 = 26,04 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію було розраховано за формулою (6.8):

$$B_{\text{е}} = \frac{10 \cdot 0,7 \cdot 24,2 \cdot 0,88}{60} = 2,48 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент було розраховано за формулою (6.9):

$$B_{\text{ін}} = \frac{1,5 \cdot 24,2 \cdot 1,14}{60} = 0,68 \text{ грн./шт.}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, яке займає обладнання, було розраховано за формулою (6.10):

$$B_{\text{пр}} = \frac{10,2 \cdot 2 \cdot 22,86 \cdot 1350}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 2,59 \text{ грн./шт.}$$

Технологічну собівартість до заміни обладнання було розраховано за формулою (6.3):

$$C_1 = 10,36 + 3,05 + 52,08 + 26,04 + 2,48 + 0,68 + 2,59 = 97,3 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості після заміни обладнання.

Вартість основних матеріалів було розраховано за формулою (6.4):

$$M=2,38 \cdot 3,15 - 1,56 \cdot 0,14 = 7,27 \text{ грн./шт.}$$

Основна заробітна плата основних робочих було розраховано за формулою (6.5):

$$З_o = 3,95 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь було розраховано за формулою (6.6):

$$A_b = \frac{180000 \cdot 24}{100 \cdot 2000} = 21,6 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт було розраховано за формулою (6.7):

$$B_p = 0,5 \cdot 21,6 = 10,8 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію було розраховано за формулою (6.8):

$$B_e = \frac{18,5 \cdot 0,7 \cdot 20,46 \cdot 0,75}{60} = 3,31 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент було розраховано за формулою (6.9):

$$B_{in} = \frac{1,5 \cdot 20,46 \cdot 1,14}{60} = 0,58 \text{ грн./шт.}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, яке займає обладнання, було розраховано за формулою (6.10):

$$B_{\text{пр}} = \frac{7,54 \cdot 2 \cdot 18,37 \cdot 1140}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 1,3 \text{ грн./шт.}$$

Технологічну собівартість після заміни обладнання було розраховано за формулою (6.3):

$$C_2 = 7,27 + 3,95 + 21,6 + 10,8 + 3,31 + 0,58 + 1,3 = 48,82 \text{ грн./шт.}$$

Питомі капітальні витрати перед та після заміни обладнання, які припадають на одну одиницю продукції було розраховано за формулою (6.2):

$$K_1 = 434000 / 2000 = 217 \text{ грн./шт.};$$

$$K_2 = 180000 / 2000 = 90 \text{ грн./шт.}$$

Річна економія завдяки об'єднаним операціям та заміні обладнання без урахування вартості основних матеріалів було розраховано за формулою (6.1):

$$E_{\text{річ}} = [(97,3 + 1,3 \cdot 217) - (48,82 + 1,3 \cdot 90)] = 213,58 \text{ грн.}$$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тому, що тема магістерського проєкту "особливості технології фінішної обробки деталей редуктора приводу генератора", то нижче розглядаються заходи щодо охорони праці, виробничої санітарії і гігієни праці та пожежної безпеки на ділянці механічного цеху, відповідно до методичних вказівок.

Базуючись на аналізі роботи вже існуючого устаткування та технологічного процесу механічної дільниці, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні шкідливі та небезпечні виробничі чинники, що здатні призвести до травмування та погіршення здоров'я працюючих та принести шкоди довкіллю:

1. Несправність ізоляції, яка може призвести до подачі струму в металеві неструмопровідні частини обладнання, що може стати причиною електротравм.

2. Через наступні порушення в організації виробничого процесу, причиною виникнення механічних травм можуть стати:

а) не дотримання правил експлуатації устаткування при неправильному контролюванні дій персоналу збоку відповідальних осіб;

б) нераціональна організація робочих місць, недостатня увага персоналу під час роботи, переміщення по цеху, територія підприємства;

в) травми та пошкодження шкірного покриву при завантаженні-розвантаженні заготовок та деталей при роботі без застосування засобів захисту;

г) подразнення шкірного покриву частин тіла гострими кромками, на поверхнях заготовок, інструменту, обладнання, відходах при роботі без належних засобів захисту;

3. При довгому статичному навантаженні, що приводить до втоми, порушення координації рухів, збільшення похибок, травм.

4. При стресових ситуаціях можуть виникнути захворювання загального невротичного характеру та нервові зриви.

5. Санітарно-гігієнічні причини :

а) неправильне освітлення приміщень на виробництві та робочих місць, через вихід з ладу устаткування для освітлення, що викликає втому очей;

б) перевищення норми запиленості в зоні дихання при відсутності засобів захисту;

г) під час металообробки утворення металевого пилу, який подразнює слизові оболонки дихальних шляхів і осідає у легенях, якщо відсутня ефективна місцева вентиляція;

д) підвищений рівень шуму, який утворюється при роботі механізмів, що обертаються чи неправильно відцентровані, що тягне за собою дратівливість, збільшення похибок під час праці та підвищення стомленості робітників, а також нервово-емоційного проявлення;

д) вібрація (локальна) , яка може призвести до погіршення чутливості та віброзахворювань;

е) мастильно-охолоджувальні технічні засоби (МОТЗ) при недотриманні правил безпеки викликають роздратування слизових оболонок що може призвести до зниження імунобіологічних реакцій, та виникнення алергічних реакцій.

6. Психофізіологічними шкідливими чинниками можуть бути перевантаження при установленні, закріпленні чи зніманні великогабаритних деталей.

7. Неприйнятних параметрів мікроклімату робочих місць, при відсутності або неправильній роботі засобів, що забезпечують оптимальні параметри мікроклімату, що може причинити загальні захворювання.

8. Вірогідності пожеж у зв'язку із несправністю електричного обладнання, не дотримання чи порушення правил протипожежної безпеки, персоналом, що обслуговує це обладнання.

9. Помилкових дій персоналу при умовах надзвичайної ситуації, таким чином привести до травмування, паніки та загибелі людей.

Забезпечувати безпеку технологічного устаткування необхідно безпомилковим вибором принципів дій, конструктивних схем, матеріалів і робочих процесів, що повинно відповідати «Технічному регламенту безпеки машин» [14]. Інші заходи по забезпеченню безпеки наведені у додатку В.

Згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [15], для уникнення механічних і електричних травм під час роботи з устаткуванням передбачені заходи щодо проведення навчання. Цим положенням також передбачається проходження працівниками інструктажів на підприємстві та окрім цього, один раз на три роки навчання із охорони праці, атестація та перевірка знань.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці приведено в додатку Г.

Заходи з пожежної безпеки детально розглянуті у додатку Д.

Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях та дії керівника промислового об'єкта при виникненні надзвичайної ситуації приведено у додатку Е.

Висновки

Таким чином, охорона праці це - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника, можливим є виникнення надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВОК

Відповідно до цілей магістерського проекту було розглянуто особливості технології фінішної обробки деталей редуктора приводу генератора.

Цілеспрямовано розроблено більш доцільний метод отримання заготовки. Було об'єднано кілька операцій. Також було прораховано припуски на заготовку. Було прораховано режими різання та технічне нормування відповідно до рекомендацій нормативних документів машинобудівної галузі.

3D-моделі деталі та заготовок розроблені за допомогою програмного забезпечення Siemens NX CAM. Технологічний процес розроблявся із врахуванням вимог охорони праці. Було спроектовано пристосування для верстатів для швидкого та надійного затискання та закріплення заготовки під час механічної обробки, що є важливою особливістю серійного виробництва. Запропоновано автоматизувати фінішну обробку деталі за допомогою вібрوماшини та технології Surf-Finisher.

Було пророблено спеціальне завдання на тему: "шевінгування – швидкий та продуктивний спосіб фінішної обробки зубців". Найвразливішу частину цієї деталі було прораховано за допомогою програмного забезпечення Siemens NX CAM, після чого було висунуто ідею по оптимізації геометрії деталі для поліпшення її роботи у вузлі.

Для виготовлення деталі "вал шестерня" розроблено альбом технологічних документів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ОСТ 1 90005-91 Стали и сплавы. Показатели временного сопротивления и твердости готовых деталей. Глубина слоя при химико-термической обработке цементуемых, нитроцементуемых, азотируемых сталей. 27.06.1991 МАП (03-14/10).

2. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.

3. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.

4. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Технології машинобудування» (розділ – проектування технологічних процесів), для студентів напрямку 6.050502. Спеціальності «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання // Укл.: О.В.Алексєєнко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011.– 86 с.

5. Нормативные таблицы режимов резания на токарные, сверлильные и фрезерные работы, справочник: Запорожье; изд-во АТ «Мотор Сич», Т1 – 136с., Т2 – 133с.

6. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.

7. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение, 1961.-Т2.-890с.

8. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.

9. Електронний ресурс: <https://www.pfonline.com/articles/latest-developments-in-mass-finishing>.

10. Калашников А.С., Моргунов Ю.А., Калашников П.А. Современные методы обработки зубчатых колёс. Издательский дом «Спектр», Москва, 2012, 238 с.

11. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. Учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1976.- 535 с.

12. Методичні рекомендації до проектування магістерської роботи з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Кореневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.

13. ГОСТ 8570-80 Шёверы дисковые. Технические условия. Дата введения в действие: 30.06.1981.

14. Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Чинний від 2013-08-12. : станом на 11.07.2018 р. – К. : КМ України, 2013. – 76 с. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п> – (Постанова)

15. НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

[illegible]

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» [B1].

Внутрішнє планування цеху розроблене відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» [B2].

Вибраний спосіб планування верстатів на дільниці механічного цеху відноситься до прямотного – в порядку технологічних операцій.

При розробці планування передбачається організація проходів, що забезпечують вільний доступ до усіх робочих місць і які є шляхами евакуації власного складу на випадок надзвичайної ситуації.

Відстані між верстатами забезпечують безпечну роботу і обслуговування устаткування.

Площа і об'єм виробничої дільниці забезпечує виконання вимог мінімального об'єму 15 м³ на одного робітника і мінімальні норми виробничій площі 4,5 м² на одного робітника і відповідає вимогам ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачені місця для утилізації і поховання промислових відходів [B2].

Плануванням безпосередньо біля робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння [B3].

На кожному робочому місці є дерев'яні грати на всю довжину робочої зони, і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають. Зручне розташування інструменту і пристосувань в тумбочках, а заготовок в спеціальній тарі. Використання планшетів для креслення дозволяє понизити втому і виробничий травматизм [B4].

Звільнена тара має бути видалена з робочого місця в спеціально відведене для неї місце. Висота штабелів заготовок на робочому місці вибрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м.

Крім того, безпека праці забезпечується:

- використанням в конструкціях технологічного устаткування спеціальних захисних засобів;

- дотриманням ергономічних вимог відповідно ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»;

- включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту устаткування [B4].

- застосуванням знаків безпеки для попередження про небезпеку відповідно до «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).

Для попередження електротравматизму усе електричне устаткування і інструменти заземлені відповідно до ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1». Електробезпека забезпечується:

- конструкцією обладнання;

- технічними способами і засобами захисту;

- організаційними і технічними заходами.

Електроустановки і їх частини виконані таким чином, щоб коли працюють не піддавалися небезпечним і шкідливим впливам електричного струму і електромагнітних полів, і відповідати вимогам електробезпеки [B5].

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати такі способи і засоби: захисна оболонка; захисні огороження (тимчасові або стаціонарні); безпечне розташування струмоведучих частин; ізоляцію струмоведучих частин (робочу, додаткову, посилену, подвійну); ізоляцію робочого місця; захисне вимкнення [B6].

Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, застосовують такі способи: захисне заземлення; занулення.

За безпечність конструкції, правильність вибору матеріалів, якість виконання, а також відповідність засобів захисту чинним в Україні нормативним документам повинні нести відповідальність керівники підприємств, установ, організацій (незалежно від форми власності), які виготовляють ці засоби захисту, орган, який видав сертифікат на виробництво і реалізацію захисних засобів, у тому числі і засобів захисту зарубіжного виробництва.

Основними засобами захисту від ураження електричним струмом є: забезпечення недоступності струмопровідних частин для випадкового дотику; використання електроенергії з безпечними рівнями напруги; усунення небезпеки ураження людей струмом при появі напруги на конструктивних частинах електроустаткування; використання індивідуальних засобів захисту від ураження електрострумом. Для попередження уражень електрострумом необхідно: чітко і в повному обсязі виконувати правила виконання робіт і технічної експлуатації [B7].

Категорія приміщення механічної дільниці, згідно "Правил облаштування електроустановок" (ПОЕ), глава 5. "Електрообладнання спеціальних установок" – це приміщення з підвищеною небезпекою (сухе,

відносна вологість не більше 60%, пи́л металевий, з температурою – до 30°C, з залізобетонною підлогою) [B7].

Передбачено обгороджування частин верстатів, що рухаються та представляють небезпеку для людини, відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Захисні пристрої не погіршують стеження за роботою устаткування і максимально захищають від проникнення небезпечних і шкідливих чинників в робочий простір [B2].

Верстат відключається від мережі при зміні робочого інструменту, установці насадок і регулюванні; при перерві в роботі; після закінчення роботи або зміни. Гальмування двигунів після останову приводу здійснене за рахунок кінематичного тертя, тобто мимоволі [B7].

На усіх металорізальних верстатах дільниці є блокування дверей силового устаткування і верстатів з вимикачем струму, щоб при включеному положенні не можна було відкрити дверці, а при відкритих дверцях – не можна було включити устаткування (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору») [B8].

З метою забезпечення біологічної безпеки працюючих передбачено застосування змащувально-охолоджувальні рідини і технологічного мастила, відповідно до вимог ГОСТ 12.3.025-80 «Обробка металів різанням. Вимоги безпеки» і ТУ на технологічну рідину [B9].

У цеху, з метою зниження важкої ручної праці, встановлена кран-балка, яка призначена для транспортування пристосувань і переміщення тари з партією заготовок від верстата до верстата.

Підйомно-транспортні засоби відповідають ДНАОП 1.1.10-1.04-01 "Правила безпечної роботи з інструментом і пристосуваннями" [B10].

Безпеку підйомних машин в процесі експлуатації підвищують пристрої і прилади безпеки :

- обмежувачі ходу (пересування крану, підйому вантажу);
- пристрої, які забезпечують стійкість крану (обмежувачі вантажопідйомності);
- прилади сповіщення і сигналізації.

Важливою умовою в забезпеченні безпечної роботи кран-балки є надійність гальмівних пристроїв, як механізму підняття вантажу, так і механізму переміщення візка і крану.

Не допускається підняття вантажів з масою що перевищує допустиму за технічними даними крану.

Користування вантажопідіймальними механізмами дозволяється тільки робітником, що пройшов атестацію. Перед роботою з вантажопідіймальними механізмами перевіряється дата випробування вантажопідйомника (термін придатності – один рік).

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».

ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

В1. ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

В2. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення . [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К. : Міненбуд України, 2011. 31 с.

В3. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. 432 с.

В4. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

В5. ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»

В6. ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1»

В7. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В8. ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору».

В9. 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 .

В10. Люманов, Е.М. Безпека технологічних процесів та обладнання на машинобудівних підприємствах [Текст]: навчальний посібник. – Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128 с.

ДОДАТОК Г

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА

ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпеки чинників виробничого середовища, важкості і напруженості трудового процесу" [Г1].

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху визначаються за 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». Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". При категорії робіт середньої тяжкості температура повітря 17-23°C, відносна вологість 75%, швидкість повітря 0,1-0,3 м/хв., температура повітря на робочому місці 13-24°C [Г2].

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, передбачено облаштування системи опалювання, поєднаної з припливною вентиляцією, відповідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". Встановлені опалюючі повітряні завіси біля входу. Застосована центральна система водяного опалювання.

У теплий період часу передбачена природна і механічна вентиляція з поданням повітря на робітника 20 м³/годину [Г3].

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль для попередження виробничого травматизму. Багато нещасних випадків на виробництві стається через погане освітлення [Г3].

Природне освітлення - освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожуючих конструкціях.

Робоче освітлення - освітлення, яке забезпечує нормовані освітлювальні умови (освітленість, якість освітлення) в приміщеннях і в місцях виконання робіт поза будинками

Суміщене освітлення - освітлення, за якого недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб (наприклад, вірусу грипу). Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

Природному освітленню властиві і недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору [ГЗ].

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як зсередини так і з зовні приміщення.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником – коефіцієнтом природнього освітлення (КПО).

Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормальної освітленості робочої зони механічної дільниці. Для робочого загального освітлення застосовані в якості джерела світла газорозрядні лампи, які щоб

уникнути стробоскопічного ефекту підключені на різні фази електромережі [Г4].

На робочих місцях встановлено місцеве освітлення. Норми освітленості робочих місць відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" залежать від характеристики робіт та розміру об'єкту розпізнавання [Г5].

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку і інфразвуку" рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБ. Так як у механічному цеху рівень шуму лежить в межах норм (<80дБ), застосування індивідуальних засобів захисту і спеціальні заходи не передбачені. При цьому рекомендується перевірка робочих місць і устаткування для встановлення рівня шуму мінімально один раз впродовж року [Г6].

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. Ефективним методом зменшення шуму є своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів і технічного догляду, регулювання і змащення, зберігання стабільності регулювань у період експлуатації техніки на номінальних режимах роботи, усунення перекосів, люфтів і осьових натяків.

Рівень вібрації не перевищує значення 25 кГц (ССБТ і ДСН 3.3.6.039-99 "Державні норми виробничої загальної і локальної вібрації"), для цього на кожному робочому місці передбачені спеціальні прокладення під ніжки.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 методів віброзахисту за організаційними ознаками діляться на колективні і індивідуальні.

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

- зменшення вібрації в джерелах її виникнення – усі деталі верстатів і агрегатів, що рухаються, ретельно урівноважені, а для зменшення динамічних сил, які створюють вібрації, деталі змащуються;
- зменшення параметрів вібрації на шляхах її поширення від джерела збудження;
- організаційно-технічні – планово-запобіжний ремонт і контроль за вібраційними параметрами;
- гігієнічні і лікувально-профілактичні.

До засобів індивідуального віброзахисту відносяться рукавиці, що віброгасять, і спеціальне взуття – ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

На спроектованій ділянці і в цеху не використовуються радіоактивні речовини, а також прилади, випромінюючі рентгенівські, іонізуючі і інші небезпечні випромінювання відповідно до норм НРБУ- 97 "Норми радіаційної безпеки України".

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Г

Г1. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

Г2. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

Г3. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К.: Знання, 2014. 373 с. + 1 зл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

Г4. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі»: для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл. : В.І. Шмирко, О.В. Коробко, Ю.І. Троян. – Запоріжжя: каф. ОПіНС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 36с., 3 рис., 12 табл.

Г5. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

Г6. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

ДОДАТОК Д ЗАХОДИ З ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожеж згідно з НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні" [Д1].

На випадок виникнення пожежі в цеху забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Переходи, проїзди, евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень [Д1].

Для миття і знежирення устаткування, виробів і деталей, застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також безпечні в пожежному відношенні установки і способи. Механізми для самозакривання протипожежних дверей утримуються в справному стані. Вогнеперегоржуючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперегоржувачів і робиться чистка їх вогнегасячих насадок, а також справність мембранних хлипаків. Терміни перевірки вказані в цеховій інструкції.

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» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані [Д2].

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» механічний цех має II ступінь вогнестійкості [Д1].

На дільниці встановлені три пожежні крани з рукавами і брансбойтами. На території цеху передбачені пожежні щити (з розрахунку – один щит на площу 5000 м²).

Проектом передбачено облаштування пожежної сигналізації на механічних дільницях і в допоміжних приміщеннях цеху, з урахуванням 1 оповісник на 65 м² площі, який замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

Для захисту від блискавок передбачені громовідводи. З метою захисту від статичної електрики на ділянках промивання передбачені заземлення неструмопровідних електропровідних частин устаткування. Металеві повітропроводи встановлюються через кожні 40-50 м. Застосовують також зволоження повітря до 60-70%, що дозволяє понизити електризацію матеріалу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Д

Д1. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

Д2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

ДОДАТОК Е

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дії керівника промислового об'єкта при виникненні надзвичайної ситуації.

Керівники об'єктів повинні передбачити управління надзвичайними ситуаціями. Для завдання забезпечення безпеки людини в НС стратегія управління повинна включати здійснення 3-х цілей: запобігання причин виникнення; запобігання самих екстремальних ситуацій; пом'якшення, максимальне ослаблення наслідків НС [Е1]. Стратегія запобігання причин виникнення НС передбачає недопущення таких дій чи процесів, які несуть загрозу населенню. Дана стратегія здійснюється або відмовою від будівництва небезпечних об'єктів, або знищенням чи перепрофілюванням виробництв – джерел підвищеної небезпеки [Е2].

Друга стратегія – запобігання самої НС – передбачає недопущення виходу небезпечного процесу з-під контролю шляхом використання надійних аварійних систем, сигналізації, автоматики й інших заходів з підвищення надійності і стійкості роботи підприємств, а також шляхом заходів превентивної евакуації тощо.

Третя стратегія – пом'якшення наслідків – передбачає орієнтацію на ослаблення, локалізацію наслідків НС. Ця стратегія має пріоритет у керуванні стихійними лихами і ситуаціями «комбінованого» типу.

У практиці управління найбільший ефект дає спільне використання всіх трьох стратегій, особливо при промислових аваріях. У НС, викликаних стихійними лихами, пріоритет надається другій і третій стратегіям. Для реалізації кожної зі стратегій управління необхідно розробляти і приймати комплекс превентивних та оперативних заходів.

– аналіз і встановлення зовнішніх та внутрішніх причин, які ведуть до катастрофи;

- прогнозування осередків ураження, втрат і збитків на підприємстві;
- заходи з підвищення стійкості;
- обґрунтування сил і засобів для проведення дій з локалізації вогнищ поразки і пошуково-рятувальних робіт;
- навчання формувань і громадян способам захисту;
- підготовка надійного КП управління.

Оперативні:

- оповіщення про НС;
- проведення всіх видів розвідки й оцінка обстановки;
- проведення екстрених захисних заходів (укриття в ЗС, евакуація);
- використання сил постійної готовності для локалізації катастрофи;
- надання першої медичної і першої долікарняної допомоги;
- нарощування сил і засобів в ОП за рахунок залучення формувань підвищеної готовності;
- термінове постачання потерпілих продовольством та іншими життєво необхідними засобами;
- введення аварійно-відбудовних робіт.

При виникненні НС організовується надзвичайне управління, яке складається з чотирьох стадій ліквідації наслідків.

1. Стадія вжиття екстрених заходів. Мета – задіяти механізм надзвичайного управління і вчасно зреагувати на НС. Основні завдання початкової стадії: встановлення факту НС, попередня оцінка обстановки в зоні лиха і мас-штабів наслідків, мобілізація і встановлення оперативних завдань органам надзвичайного управління, віддача розпоряджень на залучення мобільних сил пожежної охорони, швидкої медичної допомоги, охорони суспільного порядку й інших служб для допомоги потерпілим, сприяння місцевим органам влади в організації рятувальних робіт і локалізації зони нещастя власними силами; інформування населення та вищестоящих органів управління про НС і вжиті заходи. Тривалість початкової стадії 1–10 годин.

2. Стадія оволодіння ситуацією й організації механізму надзвичайного управління в зоні лиха, у плануванні і проведенні рятувальної операції відповідного масштабу. Завдання: детально оцінити обстановку, терміново прийняти обґрунтоване рішення й уточнити план ліквідації наслідків НС; розрахувати необхідні сили і засоби, ресурси для всього комплексу робіт у зоні лиха, організувати чітку взаємодію всіх залучених сил і аварійних служб. Тривалість 2-ї стадії – від кількох годин до кількох діб [ЕЗ].

3. Основна і визначальна стадія. Мета – перебороти надзвичайний характер ситуації: відновити безпеку населення в зоні лиха, ліквідувати загрозу життю і здоров'ю всім потерпілим, створити мінімально необхідні умови для життєдіяльності населення, що залишилося. Завдання: розгортання в найкоротший термін рятувальних робіт на всіх потерпілих об'єктах зони лиха, надання допомоги потерпілим для захисту їхнього життя, здоров'я і підтримка життєздатності в екстремальних умовах; евакуація потерпілих із зони нещастя та їх життєзабезпечення; термінове проведення аварійно-відбудовних робіт на систе-мах водо-, тепло-, газо-, електросистемах і зв'язку в зоні лиха. Тривалість кілька діб – кілька тижнів.

4. Стадія відновлення, тобто економічна, соціальна, культурна й екологічна реабілітація зони лиха. Органи надзвичайного управління вичерпали свою роль і передають функції постійної дії місцевим органам управління. Розробляється спеціальна програма з черговістю комплексу заходів для реабілітації зони нещастя.

Основними відповідальними особами щодо забезпечення захисту робітників та службовців при аваріях зі СДОР є: головний інженер, черговий диспетчер, начальник штабу ЦЗНС, начальники підрозділів (цехів), начальник газорятувальної служби.

–одержавши інформацію про аварію, прибуває на об'єкт і здійснює загальне керівництво ліквідацією наслідків і порятунок людей;

- інформує адміністрацію району (міста) про характер аварії, рятувальні та інші невідкладні роботи (РІНР);

- створює команду фахівців, яка бере участь разом з газорятувальною службою (ГРС) у ліквідації наслідків аварії;

- безпосередньо керує роботами по ліквідації наслідків аварії;

- ознайомившись з обстановкою, приступає до виконання заходів по плану ЦЗ мирного часу;

- керує діями пункту управління;

- перевіряє особовий склад ГРС, медслужби і контролює повноту оповіщення всіх посадових осіб;

- віддає розпорядження щодо локалізації аварії;

- дає вказівки на евакуацію РіС, з організації оточення району аварії і з інформації;

- періодично доповідає НЦЗ про обстановку в районі аварії.

Начальник штабу ЦЗНС об'єкта:

- розробляє план захисту РіС від СДОР (разом з начальниками служб);

- підтримує постійну готовність сил і засобів ЦЗ до ліквідації наслідків аварії, організовує навчання;

- при виникненні аварії розгортає КП, віддає розпорядження на проведення заходів щодо захисту РіС; готує сили і засоби до ведення РІНР;

- ставить завдання на розвідку ОХЗ;

- оцінює обстановку і доповідає НЦЗ, готує пропозиції з проведення РІНР;

- здійснює контроль за своєчасним наданням медичної допомоги ураженим, їх евакуацією і виведенням з вогнища зараження.

- до прибуття безпосереднього керівника робіт з ліквідації наслідків аварії займається порятунком людей, локалізацією аварії (разом з начальником чергової зміни ГРС);

- прогнозує небезпечну зону поширення СДОР і подає сигнали;

- оповіщає особовий склад ГРС, протипожежної і медичної служб, командний склад, місцеві органи, РіС і дає рекомендації начальникам підрозділів (цехів) про напрямок виведення людей з небезпечної зони (з обов'язковим підтвердженням одержання інформації);

- інформує чергового штабу ЦЗНС району і диспетчерів сусідніх підприємств про аварію;

- з прибуттям командирів НЧ ставить завдання на розвідку вогнища зараження;

Комплект документів, необхідних для роботи чергового диспетчера: посадові обов'язки; план з можливою обстановкою на ОГ, у випадку аварії; схема оповіщення КНС, РіС і населення при аварії; схема оцінки хімічної обстановки (стенд); картка-паспорт на об'єкт зі СДОР; варіанти текстів оповіщення.

Начальник підрозділу (цеху), у якому відбулася аварія:

- оповіщає РіС, чергового диспетчера;

- викликає ГРС;

- дає вказівки щодо припинення робіт і на аварійну зупинку цеху, заборони допуску людей у вогнище зараження, порятунку людей і локалізації аварії;

- контролює вихід людей з небезпечної зони в безпечному напрямку.

Управління підприємством і дії керівників при аваріях на радіаційно небезпечних об'єктах

При виникненні аварії на АЕС керівники об'єкта оповіщаються штабом ЦЗНС району дислокації і районним відділенням міліції. Оповіщення керівників об'єктів (за списком) здійснюють диспетчер заводу (робочий час), а також черговий воєнізованої пожежної команди і начальник ВОХР. Здійснюється оповіщення робітників та службовців об'єкта і населення прилягаючих до об'єкта будинків по радіо, телебаченню, гучномовцях, а також з ПМГ.

Штаб ЦЗНС об'єкта здійснює прогнозування радіаційної обстановки. Розгортається діяльність комісії з надзвичайних ситуацій (КНС). Виконуються заходи щодо захисту [Е4].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Е

Е1. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

Е2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

Е3. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Редакція від: 01.01.2018. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

Е4. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.