



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

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Підвищення продуктивності
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
обробки деталі "Шестерня"

Студент Поруба Оксана Миколаївна

Спеціальність « 131 Прикладна механіка » , група Мз-МЗн
Обсяг проекту 136с

Кількість аркушів креслень 1025 креслень

Кількість сторінок пояснювальної записки 136

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень Розроблений
технол. пр. деталі "Шестерня", строківана заготовка,
керуючою програмою для обр-ки на верстаті ЧПК,
створеною верстатом та конструйне дослідження.
Проложено метод підвищення продук. обр-ки деталі.

б) висновок про відповідність проекту завданню зміст магістерської
роботи повністю відповідає завданню.

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту,
рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим
методам роботи
магістерська робота відповідає рівню останніх досягнень
науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту у магістерській
роботі не приведено розробка евристичної та
фрезерної операції з використанням модуля
NCAM

д) позитивні особливості у роботі використовується

автоматизація проектування зубчастого механізму та
силової обробки

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту
повенувальна записка до проекту містить всі
необхідні розділи, відповідає завданню, а графіч-
ний матеріал оформлений згідно з вимогами
ССКД.

є) відгук про роботу загалом робота відповідає вимогам
магістерської роботи

ж) інші зауваження інших зауважень немає

з) оцінка проекту магістерська робота. Поради О.М.
заслужує оцінки "добре"

Рецензію склав доц. Пухальська Г.В.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

« 14 » грудня 20 18 р.

[9:36:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №902 [2] (200023 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:36:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №907 [2] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:37:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №912 [2] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:38:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №917 [2] (200038 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:38:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №922 [2] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:39:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №927 [2] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:40:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №932 [2] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:40:30] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №937 [2] (200037 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:40:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №942 [2] (200034 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:41:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №947 [2] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:41:39] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №952 [2] (200051 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[9:41:41] Тип проверки: *Стандартная*

[9:41:41] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 26%)**

[9:41:41] **Уникальность текста 81%[©] (Проиригнорировано подстановок: 0%)**

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

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.



13.12.2018р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384
Форма № П-9.02

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Технологія машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

дружній (магістерський)
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Підвищення продуктивності
обробки деталі "шестерня"

Виконав: студент 6 курсу, групи Мз-13м

напряму підготовки (спеціальності)

131 Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Порада О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Пухольська Г.В.

(прізвище та ініціали)

Запоріжжя - 2018 року

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2013 року № 384
Форма № Н-2.03

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення Машинобудівний
Кафедра, циклова комісія Технології машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень Друкар (магістерський)
Напрямок підготовки _____
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії ТМБ

доц. Додик С.І.
"14" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Параді Оксана Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення продуктивності
обробки деталі "Шестерня"

керівник проекту (роботи) Козлова Олена Борисівна, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2018 року № 372

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 05.12.2018
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі "Шестерня"
програма випуску N=5000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технологічна карта, конструкторська,
автоматизація, спеціальна, технічна геометрія
деталі, чохорока шрачі та безпека у надзвичайних
ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
креслення деталі "Шестерня", креслення заготовки, 3D модель,
маршрут виготовлення деталі, робоче приєднання,
контрольне пристосування, розрахунково-технологічна
карта, автоматизація, з метою спеціального

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технол. час.	Козлова О.Б., к.т.н., доц.	01.09.18	01.09.18
Констр. час.	Козлова О.Б., к.т.н., доц.	01.09.18	01.09.18
Автоматиз.	Козлова О.Б., к.т.н., доц.	01.09.18	01.09.18
Виброоброб.	Козлова О.Б., к.т.н., доц.	01.09.18	01.09.18
Охр. праці	Хвизова О.Б., к.т.н., доц.	01.09.18	01.09.18
Охорона праці	Чимирко В.І., к.т.н., доц.	01.09.18	01.09.18
Нормоконтр.	Деде С.І., к.т.н., доц.	01.09.18	01.09.18

7. Дата видачі завдання 01.09.18.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина.	08.10.2018	
2	Конструктивна частина	22.10.2018	
3	Автоматизація	05.11.2018	
4	Виброобробка	19.11.2018	
5	Охорона праці та безпека	03.12.2018	
6	указівських ситуацій.	10.12.2018	

Студент

Порода О.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Козлова О.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 136 с., 68 рис., 12 табл., 15 джерел і 3 додатків.

Об'єкт дослідження – деталь «Шестерня».

Метод дослідження – розрахунково - аналітичний.

Мета дипломного проекту – підвищення продуктивності обробки деталі «Шестерня».

Основним напрямком розвитку машинобудування є підвищення продуктивності обробки, збільшення випуску продукції і зростання її якості при одночасному зниженні трудових витрат.

Розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «Шестерня», який дозволяє підвищити продуктивність обробки за рахунок рекомендації заміни слюсарних операцій на віброабразивну обробку.

Застосування віброабразивної обробки стало дуже ефективним способом при заміні ручних слюсарно-обпилювальних і полірувальних робіт.

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

ЗАГОТОВКА, ПЛАН ОБРОБКИ, ОБЛАДНАННЯ, РОБОЧЕ ПРИСТОСУВАННЯ, ДЕТАЛЬ, КОНТРОЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ТП	Технологічний процес;
ДСТУ	Державний стандарт;
КГШП	Кривошипно - горячештамповочний прес;
ККД	Коефіцієнт корисної дії;
КЕ	Кінцевий елемент;
МОП	Маршрут обробки поверхні;
ППТК	Послідовність показників точності і якості;
РТК	Розрахунково-технологічна карта;
ТО	Термічна обробка;
ЗОР	Змазувально – охолоджувальна рідина
ВО	Віброабразивна обробка

ВСТУП

Машинобудування – важлива галузь народного господарства України.

Від стану його розвитку залежить розвиток економіки країни, добробут населення, розвиток науки, техніки, медицини, тощо. На сучасному етапі перед машинобудуванням стоять такі задачі:

- випуск високоякісної продукції;
- ремонт і модернізація діючого виробничого парку;
- підвищення рівня використання матеріалів;
- підвищення рівня завантаження обладнання;
- підвищення продуктивності виробництва за рахунок застосування прогресивних технологій, високоякісних матеріалів та автоматизації технологічних процесів;
- зниження собівартості виготовлення виробів за рахунок застосування технологічних та економічних матеріалів;
- впровадження енергозберігаючих технологій;
- впровадження матеріалозберігаючих технологій;
- застосування альтернативних матеріалів та конструкцій, які б підвищували технологічні показники деталі.

В дипломному проекті розглядається підвищення продуктивності обробки деталі «Шестерня» за рахунок заміни слюсарних робіт на віброобразивну обробку це дозволяє скоротити основний технологічний час. Розрахунок маси заготовки за допомогою комп'ютерної програми КОМПАС 3D, проектування розрахунково - технологічної карти в системі NX CAM, що дає змогу скоротити час на підготовку виробничого процесу. Автоматизація побудови циліндричної зовнішньої шестерні у додатку системи КОМПАС-Shaft 3D. Визначення напружено-деформованого стану деталі «Шестерня» в додатку АРМ FEM системи КОМПАС 3D.

Віброобразивна обробка має широкі технологічні можливості, вирізняється простотою конструкції і обслуговуванням, а також має можливість легкого переходу від використання окремих вібраційних установок до створення ділянок з автоматизацією допоміжних операцій. Зростання вимог до якості продукції галузей машинобудування та приладобудування обумовлюють необхідність вдосконалення методів фінішної обробки деталей, підвищення їх міцності та покращення товарного вигляду. Це зумовлює поширення механізації даних операцій та впровадження більш сучасних технологій і перспективного обладнання.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	5
Вступ.....	6
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і методу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	13
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	16
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	26
1.6 Розрахунок режимів різання.....	32
1.7 Розрахунок технічної норми часу.....	44
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК з використанням NX CAM	48
2 Конструкторська частина.....	53
2.1 Проектування робочого пристосування	53
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	60
3 Автоматизація.....	67
4 Віб्रोабразивна обробка.....	77
4.1 Загальні положення.....	77
4.2 Амплітудно-частотні характеристики руху завантаження резервуару віброверстата і маси оброблюваних деталей	79
4.3 Фізико-технологічні характеристики робочого середовища.....	84
4.4 Твердість матеріалу оброблюваних деталей і форма їх поверхні.....	87
4.5 Застосування хімічно-активних розчинів.....	88
4.6 Принцип роботи установки.....	89
4.7 Загальні технологічні рекомендації	97
4.8 Підвищення продуктивності технологічного процесу.....	98
5 Оптимізація геометрії деталі.....	101
5.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі «Шестерня»...101	
6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	112
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	112
6.2 Заходи по забезпеченню безпеки	114
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	117
6.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	
Блокувальні пристрої, як один із заходів забезпечення безпеки.....	120

6.5 Заходи з пожежної безпеки.....	122
6.6 Порядок проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.....	124
6.7 Висновки по розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях».....	126
Висновки.....	128
Перелік посилань.....	129
Додаток А - Специфікація робочого пристосування.....	131
Додаток Б - Специфікація контрольного пристосування.....	133
Додаток В – Комплект технологічних карт.....	136

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Деталь «Шестерня» встановлена в редукторі двигуна АІ-20 VI серії, по конструкції відноситься до 72 класу – деталі тіла обертання з елементами зубчастого зачеплення [1, с. 7]. Технологічний код деталі складається з 14 знаків і вміщує в себе розмірну характеристику деталі, відомості про її матеріал, методи виготовлення, вид заготовки, точність обробки, додаткові види обробки, масу та вибирається по [1]. Технологічний код деталі «Шестерня» ВБ921428445Д6Б.

Двигун АІ-20 VI серії (рис. 1.1) є авіаційним висотним турбогвинтовим двигуном, що працює з одним повітряним гвинтом змінного кроку лівого обертання.

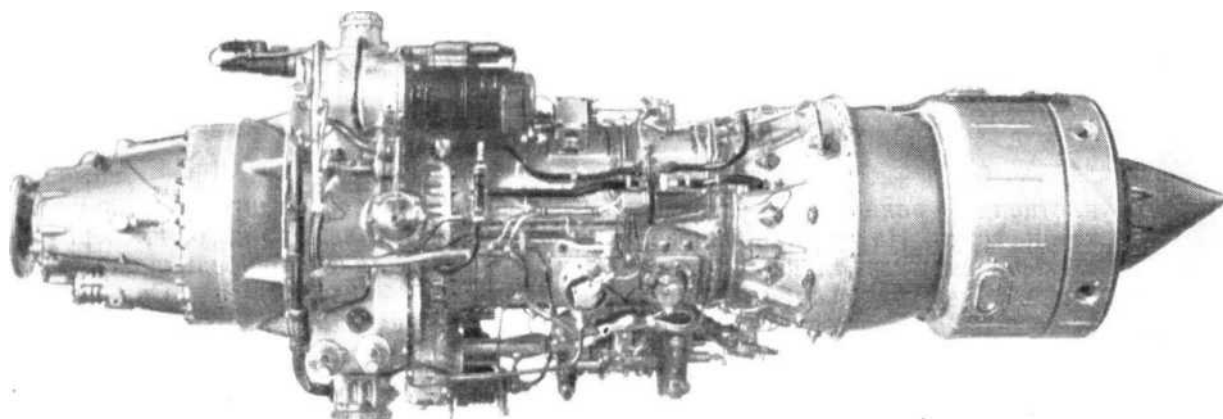


Рисунок 1.1 - Двигун АІ-20 VI серії

Деталь «Шестерня» (рис. 1.2) відноситься до тіл обертання та має 31 зуб, виконаних аналогічно зубам провідного колеса. У центральному отворі є два цементованих циліндричних поясків $\varnothing 78H7$, точно оброблених і є біговими доріжками для роликів. По краях бігових доріжок прорізають канавки для установки стопорних і обмежувальних кілець, фіксують в осьовому напрямку. Між біговими доріжками є проточка з косими отворами для проходу масла.

Для полегшення складання є фаски, як по зовнішніх, так і по внутрішніх поверхнях. Щоб уникнути вифарбовування на торцях зубів в процесі роботи виконані фаски.

Середовище роботи шестерні: повітряно - масляна. При синтетичному маслі температурний діапазон від -40°C до $+120^{\circ}\text{C}$, при мінеральному - від -

20°C до +110°C. Обороти цієї шестерні приблизно в 4 рази більше ніж обертання повітряного гвинта.

Технічні вимоги до деталі:

Матеріал деталі «Шестерня» - сталь 14ХГСН2МА-Ш ГОСТ 90085-73 згідно ТУ 14-11865-76 по [2, с. 117], хімічний склад та механічні властивості надані в табл. 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу 14ХГСН2МА-Ш згідно ТУ 14-11865-76

C, %	Cr, %	Mn, %	Si, %	Ni, %	Mo, %	V, %	S, %	Fe, %
0,11- 0,16	1,2-1,6	0,7-1	0,45-0,7	1,6-2	0,25-0,4	0,03-0,06	0-0,025	94,02

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 14ХГСН2МА-Ш ТУ 14-11865-76

σ МПа	σ_B	δ_5 %	Ψ	KCU	HB
880	980	9	50		



Рисунок 1.2 – Деталь «Шестерня» 3D – модель

Гартування відпуск стоїть перед основними операціями механічної обробки для зняття залишкових напруг, поліпшення якості структури матеріалу деталі, проводиться за технологією термічного цеху.

Стабілізуючий відпуск проводиться після основних операцій механічної обробки. Відбувається при температурі $240^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ на протязі 3 год 30 хв у ванні з маслом МС-20.

Міднення - нанесення мідних покриттів гальванічним методом, при цьому мідняться ті ділянки, які надалі підлягають обробці.

Цементация - це процес насичення поверхневого шару сталі вуглецем з метою підвищення міцності, твердості, іносостійкості поверхневого шару. Проводиться при температурі 920°C на протязі 6...9 год. Гартування відбувається при температурі $840^{\circ}\text{C} \dots 860^{\circ}\text{C} \pm 100^{\circ}\text{C}$ в маслі на протязі 1 год 30 хв. Після гартування, деталь піддають відпустку, для зменшення напруги, отримання остаточної структури сталі, при температурі $240^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ на протязі 2 годин 30 хв на повітрі. Цементация, гартування, відпустк робиться за технологією термічного цеху.

Травління - робиться для виявлення прижогів після механічних операцій. Магнітний контроль стоїть на остаточному етапі після усіх механічних операцій, після мийки. За допомогою цієї операції виявляємо мікродфекти. Операція робиться шляхом пропускання струму через стержні, які займають положення біля деталі. Поливається суспензія для виявлення дефектів, після стікання суспензії йде огляд дефектних місць і їх відмітка. По закінченню робиться розмагнічування деталі. Потім проставляється клеймо КВК за приймання деталі в місці, вказаному на ескізі, кислотним клеймом. При виготовленні деталі "Шестерні " застосовується мийні операції, вони стоять після механічних операцій. Мийні операції проводяться по інструкції, в мийній машині душового типу при температурі $65^{\circ}\text{C} \dots 90^{\circ}\text{C}$ на протязі 5... 15 хв.

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 усі різноманітні виробництва умовно діляться на три основні види: одиничне, серійне і масове. У кожного з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

На цьому етапі проектування складно правильно визначити вид виробництва і тому проведемо попереднє визначення типу виробництва, встановлюється по річній програмі випуску деталі та її масі вибираючи по табл. 1.3, знаючи масу деталі і річну програму випуску [3, с. 23, табл. 3.1].

Таблиця 1.3 - Вибір типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблювальних деталей на рік		
	важкі, $m > 100$ кг	середні, $m = 10..100$ кг	легкі, $m < 10$ кг
одиничне	до 5	до 10	до 100
дрібносерійне	5...10	10...200	100...500
серійне	100...300	200...500	500...5000
великосерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

Враховуючи масу деталі $m = 2,27$ кг і річну програму випуску $N = 5000$ шт, тип виробництва можна вважати серійним, його характеристики:

- продукція випускається - партіями або серіями;
- устаткування - в основному верстати з ЧПК, також можливе використання універсальних і спеціальних верстатів;
- кваліфікація робітника - середня, а наладчика – висока;
- різальний інструмент - універсальний, спеціальний;
- вимірювальний інструмент - універсальний, спеціальний: скоби, пробки;
- устаткування розташоване по ходу технологічного процесу.

Об'єм партії заготовок визначається по формулі:

$$n = \frac{a \cdot N}{253}, \quad (1.1)$$

де N – річна програма випуску;

a – періодичність запуску деталей у виробництво, або число днів, на які необхідно забезпечити роботу ($a = 3$ днів);

253 – кількість робочих днів на рік.

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{253} = 60$$

Форми організації технологічних процесів згідно з ГОСТ 14312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій ТП, розташування технологічного устаткування, кількості виробів, вибираємо змінно потокову форму організації ТП.

1.3 Вибір виду і методу отримання заготовки з економічним обґрунтування

У сучасному виробництві одним з основних напрямів розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування найбільш оптимальних способів їх обробки. Цей напрям вимагає безперервного підвищення точності заготовки і наближення її конструктивних форм і розмірів до чистової деталі, що дозволяє скоротити об'єм обробки, обмежуючи її напівчистовими і чистовими операціями.

Метод виконання заготовок для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Матеріал заготовки сталь 14ХГСН2МА-Ш, маса деталі $m = 2,27$ кг, програма випуску $N = 5000$ шт.

Враховуючи конструкційні розміри деталі, її матеріал і об'єм виробничої партії, порівнюємо два методи отримання заготовки:

1. Штамповка на молотах (рис. 1.3)
2. Штамповка на КГШП (рис. 1.4)

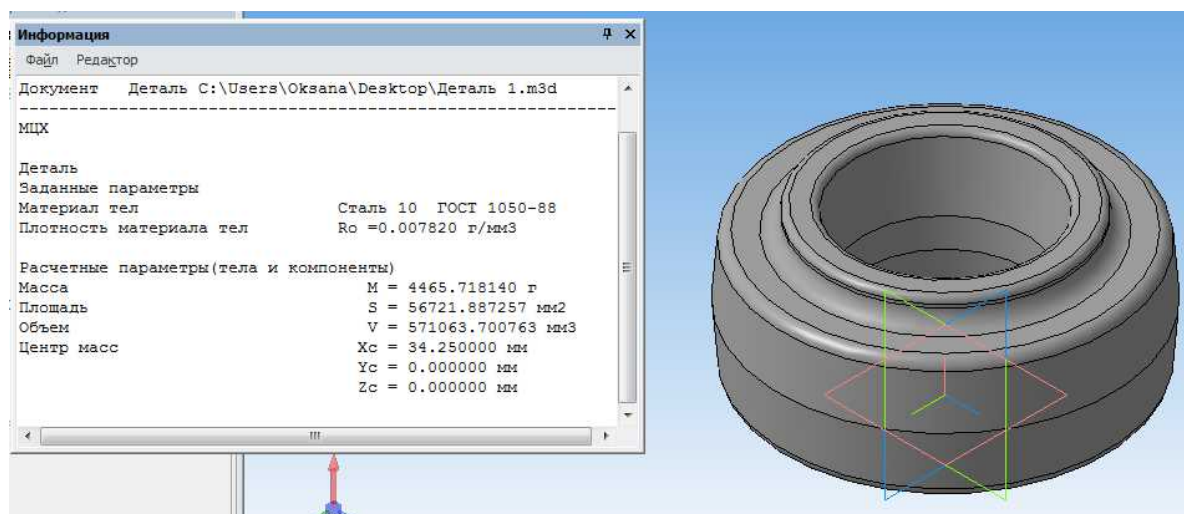


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки у відкритих штампах на молотах

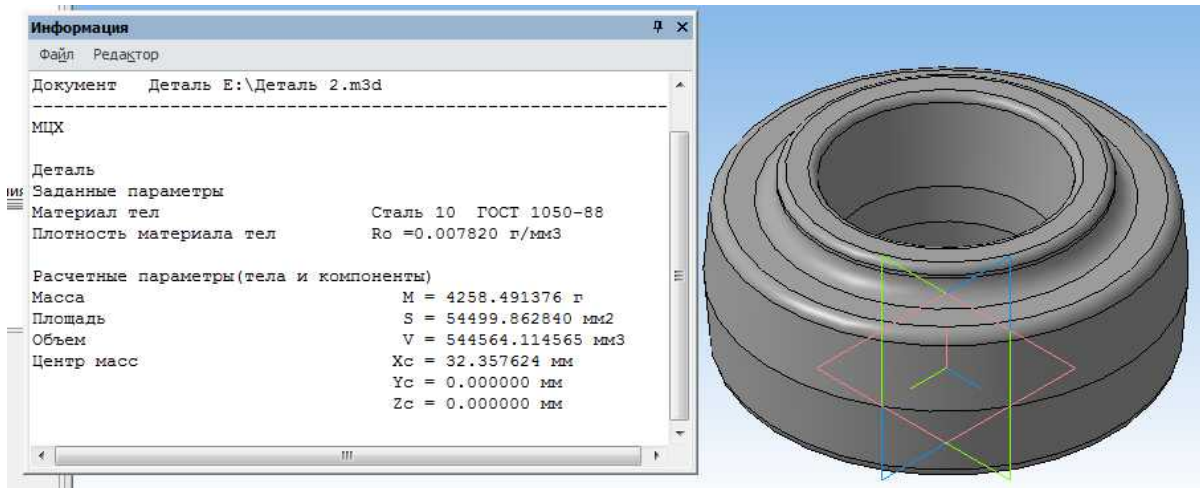


Рисунок 1.4 – Ескіз заготівки закритих штампах на КГШП

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу заготівки по формулі:

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

де Q - маса заготівки, кг;

q - маса готової деталі, кг.

$$\eta_1 = \frac{2,27}{4,46} = 0,56$$

$$\eta_2 = \frac{2,27}{4,46} = 0,58$$

Собівартість отримання заготівки розраховуємо по формулі:

$$C = \frac{C_6}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_c \cdot K_6 \cdot K_n - \frac{(Q - q)}{1000} \cdot S_{омх}, \quad (1.3)$$

де C_6 - базова вартість 1 тонни заготівки, $C_6 = 35000$ грн [4, с. 31];

K_m - коефіцієнт, що враховує точність заготівки;

K_M - коефіцієнт, що враховує матеріал;

K_c - коефіцієнт, що враховує складність заготівки;

K_6 - коефіцієнт, що враховує масу заготівки;

K_n - коефіцієнт, що враховує програму випуску;

$S_{омх}$ - вартість 1 тонни стружки, $S_{омх} = 1400$ грн.

$$C_1 = \frac{35000}{1000} \cdot 4,46 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 - \frac{(4,46 - 2,27)}{1000} \cdot 1400 = 2018 \text{ грн}$$

$$C_2 = \frac{35000}{1000} \cdot 4,22 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 - \frac{(4,22 - 2,27)}{1000} \cdot 1400 = 1945 \text{ грн}$$

В результаті зроблених обчислень отримуємо $C_1 < C_2$ $\eta_1 > \eta_2$, при виготовленні заготовки штамповка у відкритих штампах на молотах собівартість більша, а коефіцієнт використання матеріалу менший, ніж при використанні штамповки в закритих штампах на КГШП, параметри заготовок в табл. 1.4. Подальші розрахунки проводитимемо стосовно штамповки в закритих штампах на КГШП.

Таблиця 1.4 – Параметри заготовки

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Метод отримання заготовки	
			1	2
Масса	Q	кг	4,46	4,26
Припуск	z	мм	3,5	3,2
Баз. вартість 1 т. заготовок	C_B	грн	35000	35000
Поправочні коефіцієнти	K_T	–	0,9	0,9
	K_M	–	1,8	1,8
	K_B	–	1	1
	K_c	–	0,89	0,89
	K_{II}	–	1	1
Вартість 1 т. стружки	$S_{отх}$	грн	1400	1400
Вартість 1 заготовки	C	грн	2018	1945
Коефіцієнт використання матеріалу	η	–	0,56	0,58

Розраховуємо економічний ефект за собівартістю по формулі:

$$E_B = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$E_B = (2018 - 1945) \cdot 5000 = 365000 \text{ грн}$$

Економічний ефект за матеріалом розраховуємо по формулі:

$$M_1 = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_1 = \frac{4,22 \cdot (0,58 - 0,56)}{0,58 \cdot 0,56} \cdot 5000 = 1200,7 \text{ кг}$$

Найбільш раціональним є виготовлення заготовки методом штамповки в закритих штампах на КГШП, оскільки річна економія за собівартістю в порівнянні з штамповкою на молоті - 365000 грн, а річна економія матеріалу - 1200,7 кг.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі можна оцінити за допомогою ряду показників.

1) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі :

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (1.6)$$

де Q_e - загальна кількість конструктивних елементів,

Q_{ye} - кількість уніфікованих елементів, тобто таких, обробка яких можлива стандартним інструментом.

$$K_{ke} = \frac{25}{25} = 1$$

За цим показником конструкцію деталі можна вважати технологічною.

2) Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mo} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8 \quad (1.7)$$

$$A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 14 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності розмірів,

n – кількість розмірів що мають певний квалітет.

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 6 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 4}{18} = 9,61$$

$$K_{mo} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,61} = 0,9 > 0,8$$

Оскільки, $K_{mo} > 0,8$ - деталь слід вважати технологічною за цим показником.

3) Коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{B_{cp}} \geq 0,32 \quad (1.8)$$

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \times n_{1i}}{\sum_{i=1}^n n_1} = \frac{\kappa 4 \times n + \kappa 5 \times n + \kappa 6 \times n + \dots + \kappa 13 \times n}{\sum n}$$

$$B_{cp} = \frac{4 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 6 \cdot 11 + 7 \cdot 4 + 10 \cdot 1}{18} = 6,28$$

$$K_u = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{6,28} = 0,84$$

Оскільки, $K_u > 0,32$ - деталь слід вважати технологічною за цим показником.

Після розрахунку конструкції на технологічність бачимо, що деталь виявилася середньо технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

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

Для складання маршруту обробки поверхонь необхідно скласти характеристику кожної оброблюваної поверхні і зіставити її з відповідною

поверхнею заготовки. Характеристики основних поверхонь деталі на (рис. 1.5) заносимо в табл. 1.5.

При проектуванні МОП зручно використовувати поняття уточнення, оскільки воно дозволяє за дослідно-статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготовки. Під уточненням розуміють відношення величини допуску, даного показника партії деталей. Розрізняють загальне уточнення і уточнення по переходах.

Таблиця 1.5 - Показники точності і якості поверхонь деталі і заготовки

№ поверхні і її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники							
			Квалітет точності		Ст. точн. взаємного розташування, мм		Шорстк. Rz, мкм		Тверд.	
	вид	тип	дет	заг	дет	заг	дет	заг	де т	заг
1: 64h8 _{-0,046}	пл	зовн	8	17	-	-	10	160	HRC 58...62	HB 320...350
2: Ø92 h12 _{-0,35}	цил	зовн	12	17	-	-	10	160		
4: Ø127,4h8 _{-0,0,63}	цил	зовн	8	17	-	-	6,3	160		
6: 45h14 _{-0,62}	пл	зовн	14	17	-	-	10	160		
12: Ø78H7 ^{+0,03}	цил	вн	7	17	-	-	3,2	160		
18: Ø85H7 ^{0,035}	цил	вн	7	17	0,05	0,8	3,2	160		

Розраховуємо загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні по формулам:

$$\varepsilon_{do} = \frac{TD_{заг}}{TD_{дет}}, \quad (1.9)$$

$$\varepsilon_{Rzo} = \frac{Rz_{заг}}{Rz_{дет}}, \quad (1.10)$$

де $TD_{заг}$ – допуск геометричного розміру для заготовки;

$TD_{дет}$ – допуск геометричного розміру для деталі;

$Rz_{заг}$ – шорсткість заготовки;

$Rz_{дет}$ – шорсткість деталі.

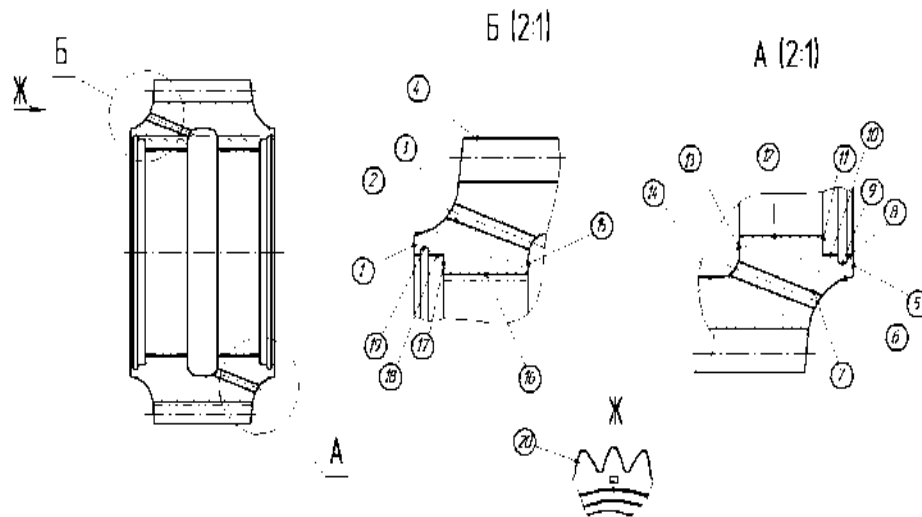


Рисунок 1.5 – Ескіз деталі з технологічною розміткою

1) Знаходження МОП для поверхні 2: 92 h12 ($-0,35$) по формулам (1.9 - 1.10)

Загальне уточнення за показником точності:

$$Td_{\text{заг}} = 2,2 \text{ мм}, Td_{\text{дет}} = 0,35 \text{ мм}.$$

$$\varepsilon_d = \frac{2,2}{0,35} = 6,3$$

Загальне уточнення за показником шорсткості:

$$Rz_{\text{заг}} = 160 \text{ мкм по [5, с. 186, табл. 12]}, Rz_{\text{дет}} = 10 \text{ мкм}.$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{160}{10} = 16$$

Як бачимо, найбільшого уточнення вимагає показник шорсткості, який вважатимемо таким, що переважає. По ньому розраховуватимемо кількість переходів механічної обробки.

$$K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_d \quad (1.11)$$

$$\lg \varepsilon_d = \frac{\lg \varepsilon_2 + \lg \varepsilon_k}{2} \cdot k \quad (1.12)$$

$$K_p = 2 \cdot \lg 6,3 = 2,4$$

Приймаємо $K_p = 2$.

Встановлюємо ППТК: IT17→h14→ h 12

Призначаємо наступні переходи механічної обробки:

- 1) Заготовка;
- 2) ТО;
- 3) Точіння чорнове;
- 4) Точіння чистове;

Призначаємо допуски по переходах, шорсткість і биття відповідно до ППТК.

Встановлюємо технологічну послідовність показників точності і якості по переходах МОП. Знаходимо різницю квалітетів точності в заготівки і деталі:

$$\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT17 - h12 = 17 - 12 = 5 = 3 + 2$$

Ст. 17 → ст. 14 → ст. 12

Встановлюємо допуски для показників форми і взаємного розташування. Погрішність форми і взаємного розташування знаходимо по ГОСТ 24643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения». Шорсткість поверхні після механічної обробки призначаємо по [5, с.187, табл. 4.24].

- 2) Визначення МОП для поверхні 4: $\varnothing 127,4h8 (-0,063)$.

Загальне уточнення за показником точності:

$$Td_{\text{заг}} = 2,5 \text{ мм}, Td_{\text{дет}} = 0,063 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_d = \frac{2,5}{0,063} = 39,7$$

Загальне уточнення за показником шорсткості:

$$Rz_{\text{заг}} = 160 \text{ мкм по [5, с. 186, табл. 12]}, Rz_{\text{дет}} = 6,3 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{160}{6,3} = 25,4$$

Як бачимо, найбільшого уточнення вимагає показник шорсткості, який вважатимемо таким, що переважає. По ньому розраховуватимемо кількість переходів механічної обробки.

$$K_p = 2 \cdot \lg 39,7 = 3,2$$

Приймаємо $K_p = 3$.

Встановлюємо ППТК: IT17 → h13 → h10 → h8.

Призначаємо наступні переходи механічної обробки :

- 1) Заготовка;
- 2) ТО;
- 3) Точіння чорнове;
- 4) Точіння чистове;
- 5) ТО;
- 6) Шліфування попереднє.

Призначаємо допуски по переходах, шорсткість і биття відповідно до ППТК, дані заносимо в табл. 1.6.

Встановлюємо технологічну послідовність показників точності і якості по переходах МОП. Знаходимо різницю квалітетів точності в заготівки і деталі:

$$\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT17 - h8 = 17 - 8 = 9 = 4 + 3 + 2$$

Ст. 17 → ст. 13 → ст.10 → ст.8

Встановлюємо допуски для показників форми і взаємного розташування. Погрішність форми і взаємного розташування знаходимо по ГОСТ 24643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения».. Шорсткість поверхні після механічної обробки призначаємо по [5, с.187, табл. 4.24].

Розрахунки інших поверхонь деталі показані в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Звідна таблиця значень

Характер поверхні	j	Уточнення	Kp		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуски			Уточнення		
			Розр	Прийн		i	Метод оброб	Геом різн	Взаємн розт	Шорст	Геом різн	Взаємн розт	Шорст
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2: Ø92h12 -0,35 Rz10 Заготовка Ø95,5 ^{+1,4} _{-0,8} Rz160	d Rz Δ	6,3 16 -	2,4	2	ΔIT=IT17- H12 5=3+2 IT17→h14→ → h 12	1 2 3 4	Загот. ТО Точ. чорн. Точ. чист.	2,2 - 0,87 0,35	- - - -	160 - 40 10	- - 2,52 2,42	- - - -	- - 4 4
4:Ø127,4h8 -0,046 Rz6,3 Заготовка Ø131 ^{+1,6} _{-0,9} Rz160	d Rz Δ	39,7 25,4 -	3,2	3	ΔIT=IT17- h8 9=4+3+2 IT17→h13→ → h10→ h8	1 2 3 4 5 6	Загот. ТО Точ. чорн. Точ. чист. ТО Шліф.	2,5 - 0,63 0,12 - 0,046	- - - - - -	160 - 40 10 - 6,3	- - 3,97 3,93 - 2,54	- - - - - -	- - 4 4 - 1,59
1: 64h8 _{-0,046} Rz6,3; Заготовка 67,5 ^{+1,4} _{-0,8} Rz160;	d Rz Δ	48,8 25,4 -	3,36	3	ΔIT=IT17-h8 9=4+3+2 IT17→h13→ →h10→h8	1 2 3 4 5	Загот. ТО Точ. черн. Шліф.попер. Шліф. чист.	2,2 - 0,74 0,3 0,046	- - - - -	160 - 40 10 6,3	- - 2,97 2,46 1,52	- - - - -	- - 4 4 1,58

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6: 45h12 _{-0,25} Rz10; Заготовка 48,5 ^{+1,4} _{-0,8} Rz160;	d	8,8	2,4	2	$\Delta IT=IT17-h12$ 5=3+2 IT17→h14→ →h12	1	Загот.	2,2	-	160	-	-	-
	Rz	16				2	ТО	-	-	-	-	-	-
	Δ	-				3	Точ. черн.	0,46	-	40	4,78	-	4
						4	Точ. получ.	0,25	-	10	3,83	-	4
12: $\varnothing 78H7^{+0,03}$ Rz3,2 Заготовка $\varnothing 74^{+0,8}$ _{-1,4} Rz160	d	73,3	3,73	4	$\Delta IT=IT17-H7$ 10=4+3+2+1 IT17→H13→ →H10→H8→ →H7	1	Загот.	2,2	-	160	-	-	-
	Rz	50				2	ТО	-	-	-	-	-	-
	Δ	-				3	Точ. черн.	0,46	-	40	4,78	-	4
						4	Точ. чист	0,12	-	20	3,83	-	2
						5	ТО	-	-	-	-	-	-
						6	Шліф.попер.	0,046	-	6,3	2,61	-	3,17
						7	Шліф. чист.	0,03	-	3,2	1,53	-	1,97
18: $\varnothing 85H7^{+0,035}$ Rz3,2; $\uparrow 0,05$ Заготовка $\varnothing 74^{+0,8}$ _{-1,4} Rz160; $\uparrow 0,8$	d	62,8	3,59	4	$\Delta IT=IT17-H7$ 10=4+3+2+1 IT17→H13→ →H10→H8→ →H7	1	Загот.	2,2	0,8	160	-	-	-
	Rz	50				2	ТО	-	-	-	-	-	-
	Δ	16				3	Точ. черн.	0,54	0,3	40	4,07	2,67	4
						4	Точ. чист	0,14	0,15	20	3,86	2	2
						5	ТО	-	-	-	-	-	-
						6	Шліф.попер.	0,057	0,09	6,3	2,46	1,67	3,17
						7	Шліф. чист.	0,035	0,05	3,2	1,63	1,8	1,97

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Після прийнятого МОП складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі - етапний маршрут виготовлення деталі :

1 етап - отримання заготовки, Т.О.

2 етап - механічна обробка:

- підготувати технологічні бази;

- токарна обробка (чорнова, чистова);

-фрезерна обробка;

- свердлильна обробка.

3 етап – ТО.

4 етап - механічна обробка:

- шліфування.

5 етап - мийна, контроль.

Проектування маршруту виготовлення деталі заносимо до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7- Маршрут виготовлення деталі

№ операції	Найменування операції	Тип, модель верстата
1	2	3
005	Заготовка - штамповка	КГШП
010	Термічна обробка: закалка, відпуск	Піч
015	Токарна	Токарний полуавтоматний 1К282
020	Токарна	Токарний полуавтоматний 1К282
025	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний МС3 3756
030	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПрМ12СН
035	Маркування	Ударний молоток
040	Промивка	Машина мийна
045	Міднення	Гальванічна ванна
050	Токарна	Токарний 1А616
055	Зубофрезерна	Зубофрезерний 5К32П
060	Спеціальна шліфувальна (зняття фасок)	Спец. шліфувальний П1Я18
065	Вертикально - свердлильна	Вертикально-свердлильний К3
070	Слюсарна	Слюсарний верстак

Продовження таблиці 1.7

1	2	3
075	Промивка	Машина мийна
080	Контрольна	Контрольний стіл
085	Термообробка: цементация, закалка, відпуск	Піч
090	Ультразвукова	Ультразвукова установка УЗГ-2-10
095	Внутрішньошліфувальна	Внутрішньошліфувальний ЗК229А
100	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3756
105	Круглошліфувальна	Круглошліфувальна 3А151
110	Токарна	Токарний 1К62
115	Токарна	Токарний 1К62
120	Полірувальна	Полірувальна бабка
125	Зубошліфувальна	Зубошліфувальний HSS 60BC
130	Контрольна	Контрольний стіл
135	Термічна обробка: стабілізуючий відпуск	Піч повітряна
140	Спеціальна шліфувальна (зняття фасок)	Спец. шліфувальний П1Я18
145	Травлення	Гальванічна вана
150	Промивка	Машина мийна
155	Токарна	Токарний 1К62
160	Токарна	Токарний 1К62
165	Полірувальна	Полірувальна бабка
170	Контрольна	Контрольний стіл
175	Зубохонінговальна	Круглошліфувальний 312М
180	Контрольна	Контрольний стіл
185	Хонинговальна	Хонинговальний РНЕ
190	Промивка	Мийна машина
195	Контрольна	Магнітний дефектоскоп УМДЭ- 10000
200	Промивка	Мийна машина
205	Слюсарна	Слюсарний верстак
210	Консервація	Контрольний стіл

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Технологічний розмір - це розмір, який визнається технологом і проставляється в технологічній документації. Технологічний розмір включає припуск під подальшу обробку.

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

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

При визначенні припуску розрахунково-аналітичним методом визначають складові елементи припуску R_z , h , ρ , ε залежно від конкретних умов обробки і стану заготовки по довідковій літературі, а потім розраховують Z_i^{min} для переходів механічної обробки.

При визначенні припуску дослідно-статистичним методом величину загального припуску Z_0^{min} або припуску на перехід Z_i^{min} вибирають з таблиць довідкової літератури.

1.5.1 Розрахунок технологічних розмірів для зовнішньої циліндричної поверхні 2: - Ø92h12(-0,35) проводимо розрахунково-аналітичним методом.

Знаходимо елементи припуску:

1) для заготовки штамповка:

$R_{zI}=160$ мкм, $h_I=200$ мкм по [5, с.186, табл.12];

Просторові відхилення заготовки визначаємо по формулі:

$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.13)$$

де $\rho_{cm}= 1,0$ мм=1000 мкм – допустиме зміщення, по [5, с.187, табл.18];

$\rho_{кор}$ – викривлення поверхні.

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l \quad (1.14)$$

де $\Delta_k = 1,0$ мкм/мм – питоме викривлення штамповок по [5, с.186, табл.16];

$l = 133,7$ мм – довжина заготовки.

$$\rho_{кор} = 1,0 \cdot 133,7 = 133,7 \text{ мкм}$$

$$\rho = \sqrt{1000^2 + 133,7^2} = 1009 \text{ мкм}$$

2) Для термообробки: $\Delta_k = 1,0$ мкм/мм – по [5, с.188, табл.25];

$$\rho_{кор} = 1,0 \cdot 133,7 = 133,7 \text{ мкм}$$

3) Точіння чорнове: $R_{z3} = 100$ мкм, $h_3 = 100$ мкм по [5, с.188, табл.25];

Сумарне значення просторових відхилень після точіння:

$$\rho_i = \kappa_y \cdot \rho_{i-1} \quad (1.15)$$

де $\kappa_y = 0,06$ – коефіцієнт уточнення, по [5, с.190, табл.29].

$$\rho_3 = 0,06 \cdot 1009 = 60 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y3} = 1400 \text{ мкм}$$

4) Точіння чистове:

$R_{z3} = 50$ мкм, $h_3 = 50$ мкм по [5, с.188, табл.25], $\kappa_y = 0,05$ по [5, с.190, табл.29].

$$\varepsilon_{y4} = \kappa_y \cdot \varepsilon_{y3} \quad (1.16)$$

$$\rho_4 = 0,05 \cdot 60 = 3 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y4} = 0,06 \cdot 1400 = 84 \text{ мкм}$$

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки :

$$2z_i^{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \rho_{yi}^2}) \quad (1.17)$$

$$2z_3^{\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{60^2 + 1400^2}) = 3200 = 3,2 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{3^2 + 84^2}) = 370 \text{ мкм} = 0,37 \text{ мм}$$

Розрахунок технологічних розмірів виконуємо методом професора Кована. Визначуваний мінімальний розмір поверхні деталі - розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_4^{\min} = d_4^{\text{ном}} + eid_4 \quad (1.18)$$

$$d_4^{\min} = 92 - 0,35 = 91,65 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри по переходах:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.19)$$

$$d_3^{\min} = d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 91,65 + 0,37 = 92,02 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 92,02 + 3,2 = 95,22 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні розміри по переходах:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.20)$$

$$d_1^{\max} = d_1^{\min} + Td_1 = 95,22 + 2,2 = 97,42 \text{ мм}$$

$$d_3^{\max} = d_3^{\min} + Td_3 = 92,02 + 0,87 = 92,89 \text{ мм}$$

$$d_4^{\max} = d_4^{\min} + Td_4 = 91,65 + 0,35 = 92 \text{ мм}$$

Максимальні значення припусків розраховуємо по формулі:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.21)$$

$$2z_3^{\max} = d_2^{\max} - d_3^{\min} = 97,42 - 92,02 = 5,4 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = d_3^{\max} - d_4^{\min} = 92,89 - 91,65 = 1,24 \text{ мм}$$

Робимо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило:

$$Tz_0 = z_0^{\max} - z_0^{\min} = Td_{заг} - Td_{дем} \quad (1.22)$$

$$z_0^{\max} = d_{заг}^{\max} - d_{дем}^{\max} = 97,42 - 91,65 = 5,77 \text{ мм}$$

$$z_0^{\min} = d_{заг}^{\min} - d_{дем}^{\min} = 95,22 - 92 = 3,22 \text{ мм}$$

$$Tz_0 = 5,77 - 3,22 = 2,2 + 0,35$$

$$2,55 = 2,55$$

Номинальний розмір заготовки:

$$d_{ном}^{3a2} = d_{3a2}^{max} - es = d_{3a2}^{min} + ei \quad (1.23)$$

$$d_{ном}^{3a2} = 97,42 - 1,4 = 95,22 + 0,8 = 96 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 96_{-0,8}^{+1,4}$

1.5.2 Розрахунок технологічних розмірів для зовнішньої циліндричної поверхні 6: - $\varnothing 127,4h8(-0,063)$

Розрахунок проводимо методом розмірних ланцюгів, призначаючи загальний припуск на обробку.

Загальний припуск на обробку вибираємо по [6, с. 49]:

$$2z_0^{min} = 4,6 \text{ мм}$$

Розподіляємо загальний припуск між переходами, використовуючи коефіцієнт співвідношення припуску на перехід до загального припуску по формулі:

$$2z_i^{min} = \gamma_i \cdot 2z_0^{min} \quad (1.24)$$

$$2z_3^{min} = 0,7 \cdot 4,6 = 3,22 \text{ мм}$$

$$2z_4^{min} = 0,2 \cdot 4,6 = 0,92 \text{ мм}$$

$$2z_4^{min} = 0,1 \cdot 4,6 = 0,46 \text{ мм}$$

Розрахунок технологічних розмірів виконуємо методом розмірних ланцюгів. Визначуваний максимальний розмір поверхні деталі - розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_{dem} = d_6^{max} = 127,4 \text{ мм}$$

Розраховуємо технологічні розміри по переходах механічної обробки по формулі:

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2z_{i+1}^{min} + Td_i \quad (1.25)$$

$$d_4^{\max} = d_6^{\max} + 2z_6^{\min} + Td_4 = 127,4 + 0,46 + 0,12 = 127,98 \text{ мм}$$

$$d_3^{\max} = d_4^{\max} + 2z_4^{\min} + Td_3 = 127,98 + 0,92 + 0,63 = 129,36 \text{ мм}$$

$$d_1^{\max} = d_3^{\max} + 2z_3^{\min} + Td_1 = 129,36 + 3,22 + 2,5 = 135,08 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення технологічних розмірів:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.26)$$

$$d_6^{\min} = d_6^{\max} - Td_6 = 127,4 - 0,063 = 127,337 \text{ мм}$$

$$d_4^{\min} = d_4^{\max} - Td_4 = 127,98 - 0,12 = 127,86 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = d_3^{\max} - Td_3 = 127,36 - 0,63 = 128,9 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = d_1^{\max} - Td_1 = 135,08 - 2,5 = 132,58 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.27)$$

$$2z_3^{\max} = d_1^{\max} - d_3^{\min} = 135,08 - 128,9 = 6,33 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = d_3^{\max} - d_4^{\min} = 129,36 - 127,86 = 1,63 \text{ мм}$$

$$2z_6^{\max} = d_4^{\max} - d_6^{\min} = 127,98 - 127,337 = 0,643 \text{ мм}$$

Робимо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило:

$$z_0^{\max} = d_{заг}^{\max} - d_{дем}^{\max} \quad (1.28)$$

$$z_0^{\min} = d_{заг}^{\min} - d_{дем}^{\min} \quad (1.29)$$

$$Tz_0 = z_0^{\max} - z_0^{\min} \quad (1.30)$$

$$z_0^{\max} = 135,08 - 127,354 = 7,726 \text{ мм}$$

$$z_0^{\min} = 132,58 - 127,4 = 5,18 \text{ мм}$$

$$Tz_0 = 7,726 - 5,18 = 2,5 + 0,046$$

$$2,546 = 2,546$$

Номінальний розмір заготовки:

$$d_{заг}^{ном} = d_{заг}^{max} - es = d_{заг}^{min} + ei \quad (1.31)$$

$$d_{заг}^{ном} = 135,08 - 1,6 = 132,58 + 0,9 = 133,7 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\text{Ø}133,7_{-0,9}^{+1,6}$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.7.

Розрахунки інших припусків приведені в таблиці 1.7 по формулах (1.18 - 1.28) методом розмірних ланцюгів.

$$S_0 = S_{om} \cdot K_{sn} \cdot K_{su} \cdot K_{sq} \cdot K_{sjc} \cdot K_{sm}, \quad (1.33)$$

де S_{om} – базове значення подачі по [7, с. 273, табл. 26];

K_{sn} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

K_{su} – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту;

K_{sq} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{sjc} – коефіцієнт, що враховує жорсткість деталі;

K_{sm} – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу (XI група оброблюваності) по [5, с. 261, табл.1].

$$S_{om} = 0,45 \text{ мм/об}; K_{sn} = 0,8; K_{su} = 1,0; K_{sq} = 0,85; K_{sjc} = 1,0; K_{sm} = 0,78.$$

$$S_0 = 0,45 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,24 \text{ мм/об}$$

Приймаємо по паспорту верстата $S_0 = 0,2$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання по формулі:

$$V = V_m \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vjc} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vo}, \quad (1.34)$$

де V_m – табличне значення швидкості по [7, с. 272 табл. 20];

K_{Vm} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу;

K_{Vu} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту;

$K_{V\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані;

K_{Vm} – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

K_{Vjc} – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

K_{Vn} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує ЗОР.

$$V_m = 245 \text{ м/хв}; K_{Vm} = 0,3; K_{Vu} = 1,0; K_{V\varphi} = 1,0; K_{Vm} = 1,0; K_{Vjc} = 1,0; K_{Vn} = 0,8; K_{Vo} = 1,0.$$

$$V = 245 \cdot 0,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 196 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо швидкість обертання шпинделя n (об/хв) по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.35)$$

де D - діаметр оброблюваної заготовки, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 196}{3,14 \cdot 128} = 488 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата $n = 450$ об/хв. Знаходимо дійсну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (1.36)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 450}{1000} = 180,86 \text{ м/хв}$$

Хвилинна подача $S_{xв}$, мм/хв розраховується за формулою:

$$S_{xв} = S_0 \cdot n_0, \quad (1.37)$$

$$S_{xв} = 0,2 \cdot 450 = 90 \text{ мм/хв}$$

Приймається дійсне значення хвилинної подачі $S_{xв,д}$ мм/хв: $S_{xв,д} = 90$ мм/хв
Розраховується довжина робочого ходу $L_{p,x}$, мм за формулою:

$$L_{p,x} = l_{piz} + y + \Delta, \quad (1.38)$$

де l_{piz} - довжина різання, мм;

y - величина врізання інструменту, мм;

Δ - величина перебігу інструменту, мм.

$y + \Delta = 5$ – для прохідних різців з кутом в плані, $\varphi = 95^\circ$ по [8, с.369, дод. 4]

Довжина різання розраховується складанням довжин всіх ділянок переміщення різця за програмою:

$$l_{piz} = 9,6 + 18 = 27,6 \text{ мм}$$

$$L_{p,x} = 27,6 + 5 = 32,6 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час T_0 , хв за формулою:

$$T_0 = \frac{L_{p,x}}{S_{xвд}} \cdot i \quad (1.39)$$

де i - кількість проходів інструмента, $i = 1$.

$$T_o = \frac{32,6}{90} \cdot 1 = 0,36$$

Перехід 3: поверхня 3,4.

Різець розточувальний, $\phi=45^\circ$, 16 мм × 25 мм × 100 мм, R=0,8 мм, Т15К6 ГОСТ 18883-73.

Глибина різання t , мм: $t = 1,27$ мм

Розраховуємо подачу по формулі 1.33:

де $S_{om} = 0,45$ мм/об; $K_{Sn} = 0,8$; $K_{Su} = 1,0$; $K_{Sз} = 0,85$; $K_{S\phi} = 0,85$; $K_{Sж} = 1,0$; $K_{Sm} = 0,78$ [7, с. 239, табл. 30]

$$S_o = 0,45 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,24 \text{ мм/об}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $S_o = 0,2$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання по формулі 1.34:

де $V_m = 268$ м/хв по [7, с. 248, табл. 44]; $K_{Vm} = 0,3$; $K_{Vu} = 1,0$; $K_{V\phi} = 1,0$; $K_{Vm} = 1,0$; $K_{Vж} = 1,0$; $K_{Vn} = 0,8$; $K_{Vo} = 1,0$ по [7, с. 249, табл. 45].

$$V = 268 \cdot 0,3 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 214,4 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо швидкість обертання шпинделя по формулі 1.35:

$$n = \frac{1000 \cdot 214,4}{3,14 \cdot 81,5} = 537 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата $n = 500$ об/хв

Знаходимо дійсну швидкість різання по формулі 1.36:

$$V = \frac{3,14 \cdot 81,5 \cdot 500}{1000} = 204,73 \text{ м/хв}$$

Хвилинна подача $S_{xв}$, мм/хв розраховується по формулі 1.37:

$$S_{xв} = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/хв}$$

$$l_{piz} = 6,85$$

$$L_{p.x} = 6,85 + 3 = 9,85 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний машинний час по формулі 1.39:

$$T_{o2} = \frac{9,85}{100} = 0,098 \text{ хв}$$

Параметри режимів різання для установ 2 перехід 5 однакові, як на установ 1 перехід 2, бо обробка ведеться симетрично.

Параметри режимів різання для установ 2 перехід 6 однакові, як на установ 1 перехід 3, бо обробка ведеться симетрично.

Установ 2 перехід 7: поверхні 9,10,11.

Різець канавочний 16 мм х 25 мм х 100 мм, $b=13,4$ мм, $R = 4$ мм, Т15К6 спеціальний.

Глибина різання $t = 13,4$ мм

Розраховуємо подачу по формулі 1.30:

де $S_{om} = 0,45$ мм/об; $K_{Sn} = 0,8$; $K_{Su} = 1,0$; $K_{S3} = 0,85$; $K_{S\phi} = 0,85$; $K_{S\lambda c} = 1,0$; $K_{Sm} = 0,78$ [7, с. 239, табл. 30]:

$$S_o = 0,45 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,24 \text{ мм/об}$$

Приймаємо по паспорту верстата $S_o = 0,2$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання по формулі 1.34:

$V_m = 268$ м/мин; $K_{Vm} = 0,3$; $K_{Vu} = 1,0$; $K_{V\phi} = 1,0$; $K_{Vm} = 1,0$; $K_{V\lambda c} = 1,0$; $K_{Vn} = 0,8$; $K_{Vo} = 1,0$ [7, с. 249, табл. 45].

$$V = 268 \cdot 0,3 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 214,4 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо швидкість обертання шпинделя по формулі 1.35:

$$n = \frac{1000 \cdot 214,4}{3,14 \cdot 92} = 542 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата $n = 500$ об/хв

Розраховуємо дійсну швидкість різання по формулі 1.36:

$$V = \frac{3,14 \cdot 92 \cdot 500}{1000} = 202,22 \text{ м/хв}$$

Хвилинна подача $S_{хв}$, мм/хв розраховується по формулі 1.37:

$$S_{хв} = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/хв}$$

$$l_{\text{різ}} = 7,96 \text{ мм}$$

$$L_{p.x} = 7,96 + 3 = 10,96 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний машинний час по формулі 1.39:

$$T_{o2} = \frac{10,96}{100} = 0,11 \text{ хв}$$

Визначаємо силу різання P_z Н, для лімітуючого інструменту по формулі:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot k_p \quad (1.40)$$

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp} \quad (1.41)$$

Коефіцієнт і показники степенів по [7, с. 273, табл. 22]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

Поправочні коефіцієнти по [7, с. 275, табл. 23]:

$$k_{\varphi p} = 0,84; k_{\gamma p} = 1,0; k_{\lambda p} = 1,0; k_{rp} = 0,87.$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.42)$$

де $n = 0,75$ по [7, с. 264, табл. 9].

$$K_{M_p} = \left(\frac{880}{750} \right)^{0,75} = 0,89$$

$$k_p = 0,74 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,74$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^0 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 202,22^{-0,15} \cdot 0,89 = 221,76 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт по формулі:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} \quad (1.43)$$

$$N = \frac{212,76 \cdot 202,22}{1020 \cdot 60} = 0,73 \text{ кВт}$$

Виконуємо перевірку на достатність потужності двигуна верстата по формулі:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta \quad (1.44)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна (з паспорту верстата);

η - Коефіцієнт корисної дії (з паспорту верстата).

$$N_{\text{дв}} = 11 \text{ кВт}; \eta = 0,75$$

$$0,73 < 11 \cdot 0,75$$

$$0,73 < 8,25$$

Умова виконується

Основний технологічний час на операцію розраховується як сума всіх часів на операцію:

$$T_o = \sum T_o = 0,36 + 0,098 + 0,36 + 0,098 + 0,11 = 1,03 \text{ хв}$$

1.6.2 Розрахунок режимів різання для зубофрезерної операції 055

Операційний ескіз деталі «Шестерня» показано на (рис. 1.8).

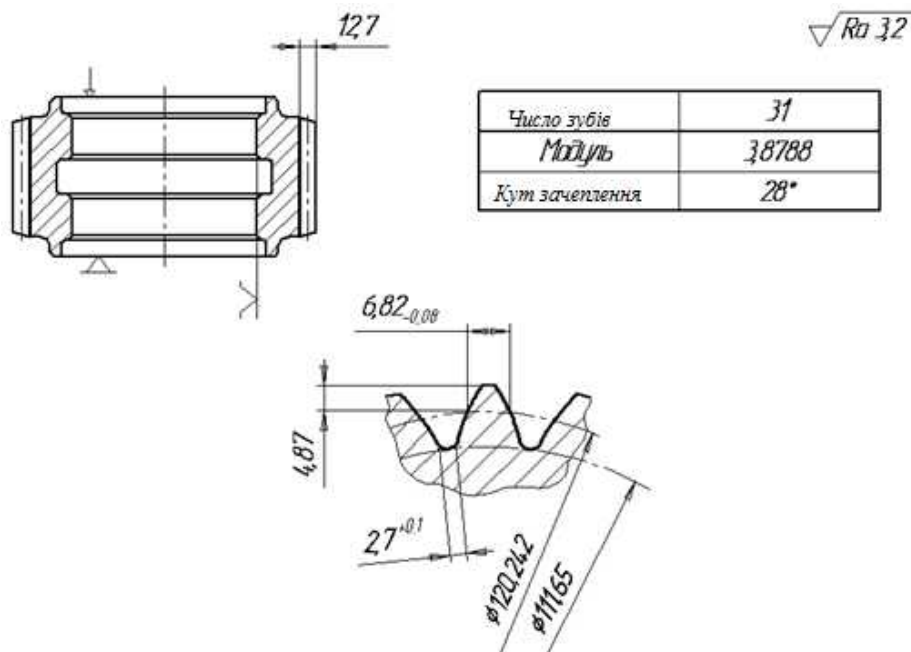


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз зубофрезерної операції 055

Ріжучий інструмент: - фреза черв'ячна модульна з пластинками твердого сплаву T15K6 ГОС Т9324-80, $D = 80$ мм, $m = 3,8788$ мм; $d = 32$ мм; $L = 100$ мм; $z = 10$.

Глибина різання $t = 12,7$ мм.

Розраховуємо подачу по формулі 1.33: $S_{om} = 3,5$ мм/об, $K_{S1} = 1,0$, $K_{S2} = 0,95$, $K_{S3} = 1,0$ по [8, с. 304].

$$S_{\text{фр}} = 3,5 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 3,33 \text{ мм/об}$$

Розраховуємо швидкість головного руху різання по формулі 1.34: де $V_m = 43$ м/хв по [8, с. 243]; $K_{V1}=0,8$, $K_{V2}=0,75$, $K_{V3}=1,0$, $K_{V4}=1,0$, $K_{V5}=1,0$ по [8, с. 244];

$$V = 43 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 25,8 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо швидкість обертання шпинделя по формулі 1.35:

$$n = \frac{1000 \cdot 25,8}{3,14 \cdot 128} = 63 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата $n = 63$ об/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання по формулі 1.37:

$$V = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 63}{1000} = 25,32 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо основний машинний час за формулою:

$$T_0 = \frac{(b + l_{\text{вп}} + l_{\text{неп}}) \cdot z}{n_{\text{ф}} \cdot S_{\text{О}} \cdot K} \quad (1.45)$$

$$l_{\text{вп}} = \sqrt{h \cdot (D_{\text{ф}} - h)} \quad (1.46)$$

$$l_{\text{неп}} = 3 \cdot m \cdot \tan(\beta + \omega) + 4 \quad (1.47)$$

$$l_{\text{вп}} = \sqrt{4,87 \cdot 3,8788 \cdot (80 - 4,87 \cdot 3,8788)} = 33,97 \text{ мм}$$

$$l_{\text{неп}} = 3 \cdot 3,8788 \cdot \tan(28^\circ + 20^\circ) + 4 = 6 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{(28 + 33,97 + 6) \cdot 31}{80 \cdot 3,33 \cdot 1} = 7,91 \text{ хв}$$

Знаходимо силу різання по формулі:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot m^x \cdot S_o^y, \quad (1.48)$$

де C_p – коефіцієнт, який враховує вплив оброблюваного матеріалу по [9, с. 121];

m – модуль колеса, мм;

S_o – подача на оберт заготовки, мм/об.

$C_p = 24,4$; $x = 1,0$; $y = 0,75$.

$$P_z = 10 \cdot 24,4 \cdot 3,8788^{1,0} \cdot 3,33^{0,75} = 2333 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт по формулі 1.43:

$$N_{\text{різ}} = \frac{3644,5 \cdot 119,32}{1020 \cdot 60} = 7,1 \text{ кВт}$$

Виконуємо перевірку на достатність потужності двигуна верстата по формулі 1.44.

$N_{\text{дв}} = 11 \text{ кВт}$; $\eta = 0,75$

$$7,3 < 11 \cdot 0,75$$

$$7,3 < 8,25$$

1.6.3 Розрахунок режимів різання для свердлильної операції 065
Операційний ескіз деталі «Шестерня» показано на (рис. 1.9).

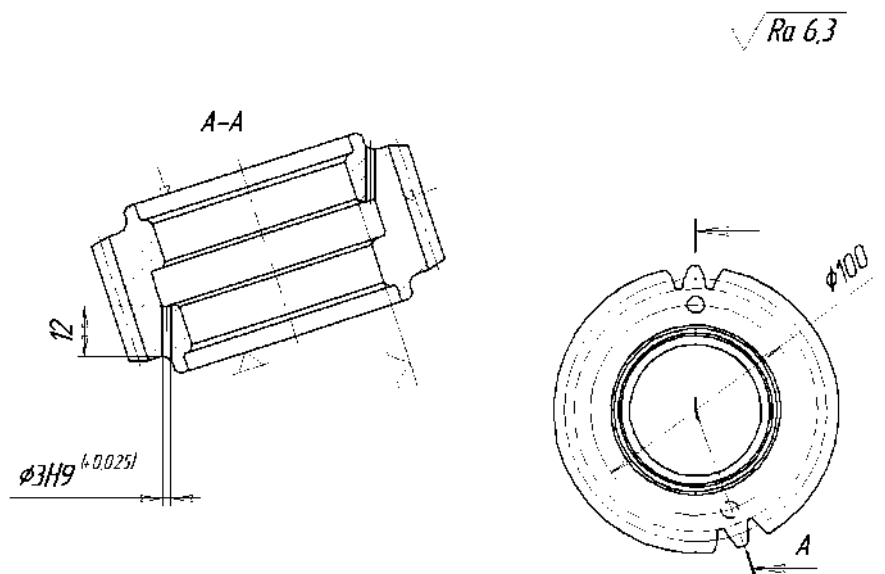


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз свердлильної операції 065

Ріжучий інструмент - свердло Ø3,15 мм, Р6М5, 2φ=118° ГОСТ 20697-75.
Розраховуємо глибину свердління за формулою:

$$t = \frac{D}{2} \quad (1.49)$$

$$t = \frac{3}{2} = 1,5$$

Розраховуємо подачу по формулі 1.33: $S_{om}=0,25$ мм/об, $K_{Sl}=1,0$, $K_{Sжс}=0,5$, $K_{Su}=1,0$, $K_{Sd}=1,0$, $K_{Sm}=0,55$ [7, с. 277, табл. 64];

$$S_o = 0,25 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,55 = 0,07 \text{ мм/об}$$

Приймаємо по паспорту верстата $S_o = 0,07$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання по формулі 1.34:
де $V_m = 8,1$ м/хв, $K_{Vm} = 0,77$, $K_{Vu} = 0,73$, $K_{Vd} = 1,0$, $K_{Vo} = 1,0$, $K_{Vl} = 1,0$
[7, с. 273, табл. 70].

$$V = 8,1 \cdot 0,77 \cdot 0,73 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 4,55 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо швидкість обертання шпинделя по формулі 1.35:

$$n = \frac{1000 \cdot 4,55}{3,14 \cdot 3} = 242 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстату $n = 240$ об/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання по формулі 1.37:

$$V = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 240}{1000} = 4,52 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо основний машинний час по формулі 1.39:
де $y+\Delta=5$ мм по [8, с. 370]; $l_{piz}=20$ мм.

i – кількість оброблюємих отворів.

$$L_{p.x.} = 20 + 5 = 25 \text{ мм}$$

$$T_{ol} = \frac{25}{240 \cdot 0,07} \cdot 2 = 2,02 \text{ хв}$$

Розраховуємо крутний момент $M_{кр}$, Нм, за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot K_p \cdot S^y \cdot D^q \quad (1.50)$$

де C_m , q , y , - постійна і показники степені по [7, с.281, табл.32].

$$C_m = 0,0345, \quad q = 2, \quad y = 0,8$$

D - оброблюваний діаметр, мм;

K_p - поправочний коефіцієнт по [7, с.280, табл.31].

$$K_p = K_{mp}, \quad K_{mp} = 0,62.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14^2 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,62 = 13,41 \text{ Нм}$$

Розрахунок осьової сили P_o Н, за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot K_p \cdot S^y \cdot D^q \quad (1.51)$$

де C_p , q , y , - постійна і показники степені по [7, с.281, табл.32].

$$C_p = 68, \quad q = 1,0, \quad y = 0,7$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 14 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,62 = 1913 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання $N_{різ}$ кВт за формулою:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (1.52)$$

$$N_{різ} = \frac{13,41 \cdot 560}{9750} = 0,77 \text{ кВт} < N_{верстата} = 2,5 \text{ кВт}$$

Результати розрахунків режимів різання на інші операції показані в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Розрахунок режимів різання

N оп.	Найменування операції	N пере-хода	t	S	V _д	n _д	T _о
			мм	мм/об	м/хв	хв ⁻¹	хв
1	2	3	4	5	6	7	8
015	Токарна	1	1,68	0,3	154,6	250	0,24
		2	1,45	0,3	154,6	250	0,38
		3	1,53	0,3	154,6	250	0,36
		4	1,49	0,3	168,2	300	1,89
		ΣT _о	-	-	-	-	2,87
020	Токарна	1	1,64	0,3	171,4	300	1,05
		2	1,53	0,3	173,2	300	0,93
		ΣT _о	-	-	-	-	1,98
025	Плоскошліфувальна	1	0,47	S _{поп} =0,02 S _{пр} = 2 м/хв	V _к =30,6	n _к =1000	0,7
		ΣT _о	-	-	-	-	0,7
030	Токарна з ЧПК	1	1,25	0,2	180,86	450	0,36
		2	1,27	0,2	204,73	500	0,098
		3	1,25	0,2	180,86	450	0,36
		4	1,27	0,2	204,73	500	0,098
		5	2	0,2	202,22	500	0,11
		ΣT _о	-	-	-	-	1,03
050	Токарна	1	0,36	0,3	73,5	300	0,55
		ΣT _о	-	-	-	-	0,55
055	Зубофрезерна	1	12,7	3,33	25,32	63	7,91
		ΣT _о	-	-	-	-	7,91
065	Свердлильна	1	1,25	0,07	4,52	240	2,02
		ΣT _о	-	-	-	-	2,02
095	Внутрішньошліфува льна	1	0,36	S _{поп} =0,01	V _к =31,4 V _д =22,94	n _к =1000 n _д =85	0,45
		2	0,2	S _{поп} =0,01 S _{пр} = 2 м/хв	V _к =31,4 V _д =25	n _к =1000 n _д =85	1,13
		ΣT _о	-	-	-	-	1,58
100	Плоскошліфувальна	1	0,2	S _{поп} =0,01 S _{пр} = 2 м/хв	V _к =31,4	n _к =1000	1,13
		ΣT _о	-	-	-	-	1,13
105	Круглошліфувальна	1	0,1	S _{поп} =0,004 S _{пр} = 5 м/хв	V _к =33,8 V _д =28,6	n _к =1000 n _д =100	2,61
		ΣT _о	-	-	-	-	2,61
110	Токарна	1	0,54	0,1	213,94	450	1,66
		2	0,6	0,1	197,04	350	1,49
		ΣT _о	-	-	-	-	3,15
115	Токарна	1	0,54	0,1	213,94	450	1,66
		2	0,6	0,1	197,04	350	1,49
		ΣT _о	-	-	-	-	3,15
155	Токарна	1	1	0,1	214,8	350	0,4
		ΣT _о	-	-	-	-	0,4
160	Токарна	1	1	0,1	214,8	350	0,4
		ΣT _о	-	-	-	-	0,4

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8
175	Зубохонінгувальна	1	0,008	$S_z=0,023$ мм/зуб	-	500	6,34
185	Хонінгувальна	1	0,05	0,004	$V_k=33,91$ м/с	$n_k=1000$	1,38
		ΣT_o	-	-	-	-	1,38

1.7 Розрахунок технічної норми часу

1.7.1 Розрахунок технічної норми часу для токарної операції з ЧПК 030 табличним методом.

Допоміжний час $T_{дон}$, хв на встановлення та зняття деталі який розраховується за формулою

$$T_{дон} = T_{вст.зн} + t_{м.в} \quad (1.53)$$

де $T_{вст.зн}$ - допоміжний час на встановлення та зняття деталі, хв;

$t_{м.в}$ – машино – допоміжний час пов'язаний з переходами, хв .

Призначається час на встановлення, деталі $T_{вст.зн}$ хв

$T_{вст.зн}=0,17$ – час на встановлення деталі до 3 кг в патроні з пневматичним затиском [10, с.32, карта 2].

Розраховується машинно-допоміжний час, зв'язаний з виконанням допоміжних переходів і переміщень, що складається з суми часів одночасного переміщення робочих органів верстата по осям Z та X : [10, с.605, табл. 12];

0,04 – час на прискорене переміщення робочих органів верстата, хв, враховується 5 рази;

0,1 – час на установочне переміщення столу, хв, враховується 5 рази;

0,05 – час на холосте переміщення робочих органів верстата, хв, враховується 5 рази;

0,04 – час на поворот револьверної головки, хв, враховується 5 рази.

$$t_{м.в} = 0,04 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,04 \cdot 5 = 1,15 \text{ хв}$$

$$T_{дон} = 1,15 + 0,17 + 0,17 \cdot 0,8 = 1,46 \text{ хв}$$

Оперативний час $T_{он}$, хв. який розраховується за формулою:

$$T_{он} = \Sigma T_o + T_{дон} \quad (1.54)$$

де ΣT_o – сумарний час на токарну операцію, хв.

$\Sigma T_o = 1,03$ хв – надається в таблиці 1.8.

$$T_{on} = 1,03 + 1,46 = 2,49 \text{ хв}$$

Штучний час $T_{шт}$, хв розраховуємо за формулою:

$$T_{шт} = T_{on} + \frac{(\alpha_{обсл} + \alpha_{отд}) \cdot T_{on}}{100}, \quad (1.55)$$

де $\alpha_{обсл}$, $\alpha_{отд}$ – відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби [10, с.605, табл. 12].

$$\begin{aligned} \alpha_{обсл} + \alpha_{отд} &= 3 + 4 = 7\% \\ T_{шт} &= 2,49 + \frac{(3 + 4) \cdot 2,49}{100} = 2,66 \text{ хв} \end{aligned}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (1.56)$$

де $T_{н.з.}$ - підготовчо-заклучний час по [10, с. 135, карта 49].

- 16 хв - час на наладку верстата, інструменту та пристосувань;
 - 8 хв - час на отримання інструменту і пристосувань виконавцем роботи до початку і здача їх після закінчення обробки.
- n – кількість деталей в партії, шт.

$$\begin{aligned} T_{н.з.} &= 16 + 8 = 24 \text{ хв} \\ T_{шт-к} &= 2,66 + \frac{24}{60} = 3,06 \text{ хв} \end{aligned}$$

1.7.2 Розрахунок технічної норми часу для зубофрезерної операції 055:

Штучний час $T_{шт}$, хв розраховуємо за формулою:

$$T_{шт} = (T_o + T_{доп}) + \left(1 + \frac{\alpha_{обсл} + \alpha_{отд}}{100}\right), \quad (1.57)$$

де $\alpha_{обсл}$, $\alpha_{отд}$ – відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби по [10, с.605, табл. 12].

Допоміжний час визначаємо за [10, с.152, карта 63]. $T_{доп} = 0,85$ хв.

$$\alpha_{обсл} + \alpha_{отд} = 4,5 + 4 = 8,5\%$$

$$T_{шт} = (7,91 + 0,85) + \left(1 + \frac{8,5}{100}\right) = 9,5 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.56):

де $T_{н.з.}$ - підготовчо-заклучний час по [10, с. 154, карта 64].

- 24 хв - час на наладку верстата, інструменту та пристосувань;

- 2,5 хв - час на пробну обробку зубів для зубчастого колеса.

$$T_{н.з.} = 24 + 2,5 = 26,5 \text{ хв}$$

$$T_{шт-к} = 9,5 + \frac{26,5}{60} = 9,94 \text{ хв}$$

1.7.3 Розрахунок технічної норми часу для свердлильної операції 065:

Допоміжний час $T_{доп.}$ хв на встановлення та зняття деталі який розраховується за формулою:

$$T_{доп.} = T_{вст.зн} + T_{конт} + T_{зв.пер} \quad (1.58)$$

де $T_{конт}$ - час на контроль деталі, хв;

$T_{зв.пер}$ - час пов'язаний з переходом, хв;

$T_{вст.} = 0,13$ – для встановлення деталі кондукторі [10, с.54 карта 16];

$T_{зв.пер} = 0,21 \cdot 2 = 0,42$ хв [10, с.54 карта 16].

Час на контроль деталі розраховується за формулою:

$$T_{конт} = \Sigma T_{вим.} \cdot K \quad (1.59)$$

де $T_{вим.}$ – час на вимірювання;

K – періодичність контролю.

$T_{вим.} = 0,06$ – для калібр - пробки [10, с.188, карта 86];

$K = 0,3$ – для циліндричних поверхонь, конструктивними розмірами інструментарозмір [10, с.200, карта 87].

$$T_{конт.} = 0,06 \cdot 0,3 = 0,02$$

$$T_{доп.} = 0,13 + 0,21 + 0,02 = 0,36$$

Оперативний час $T_{оп.}$, хв. який розраховується за формулою (1.54):

$$T_{оп.} = 2,02 + 0,36 = 2,38$$

Додатковий час $T_{\text{дод}}$, хв розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{орг.тех}} + T_{\text{відп}} \quad (1.60)$$

де $T_{\text{орг.тех}}$ - час на організаційне технічне обслуговування, хв;

$T_{\text{відп}}$ – час на особисті потреби, хв.

Приймається $T_{\text{орг.тех}}$ – 4% від оперативного часу, $T_{\text{відп}}$ – 4% від оперативного часу [10, с.605, табл. 12].

$$T_{\text{орг.тех}} = 0,04 \cdot 2,38 = 0,1$$

$$T_{\text{відп}} = 0,04 \cdot 2,38 = 0,1$$

$$T_{\text{дод}} = 0,1 + 0,1 = 0,2$$

Штучний час $T_{\text{шт}}$, хв розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{он}} + T_{\text{дод}} \quad (1.61)$$

$$T_{\text{шт}} = 2,38 + 0,2 = 2,58$$

Штучно – калькуляційний час $T_{\text{шк}}$, хв розраховується за формулою:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \quad (1.62)$$

де $T_{\text{пз}}$ – підготовчо – заключний час надається на партію, хв.

Підготовчо – заключний час розраховується за формулою:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} \quad (1.63)$$

де $T_{\text{пз1}} = 10$ – час на налагодження верстата, хв по [10, с. 95, карта 27];

$T_{\text{пз2}} = 9$ – час на отримання інструменту, хв по [10, с. 95, карта 27].

$$T_{\text{пз}} = 10 + 9 = 19$$

$$T_{\text{шт}} = 2,58 + \frac{19}{60} = 2,73 \text{ хв}$$

Інші норми часу на операції наведені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Норми часу по операціях

№ оп.	Найменування операцій	Найменування і модель верстата	Норма часу, хв				
			T _о	T _{доп}	T _{шт}	T _{п.з.}	T _{шт-к}
015	Токарна	Токарний мод. 1K82	2,87	1,27	4,35	24	4,75
020	Токарная	Токарний мод. 1K82	1,98	1,27	3,41	24	3,81
025	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувал. мод. MC33756	0,7	1,27	2,07	18	2,37
030	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК мод. АТПрМ12СН	1,03	1,46	2,66	24	3,06
050	Токарна	Токарний мод. 1А616	0,55	1,27	1,93	24	2,33
055	Зубофрезерна	Зубофрезерний мод. 5Д32	7,91	0,85	9,5	26,5	9,94
065	Свердлильна	Вертик. -сверл. мод. К3	2,02	0,36	2,58	19	2,73
095	Внутрішліфувальна	Внутрішліфувальний мод. 3К229А	1,58	1,69	3,4	18	3,7
100	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний мод. 3756	1,13	1,69	2,93	18	3,23
105	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний мод. 3А151	2,61	1,69	4,47	18	4,77
110	Токарна	Токарний мод. 1К62	3,15	1,27	4,69	24	5,09
115	Токарна	Токарний мод. 1К62	3,15	1,27	4,69	24	5,09
155	Токарна	Токарний мод. 1К62	0,4	1,27	1,77	24	2,17
160	Токарна	Токарний мод. 1К62	0,4	1,27	1,77	24	2,17
175	Зубохонінгув.	Круглошліфувальний мод. 312М	6,34	1,16	7,84	21	8,19
185	Хонінгувальна	Хонінгувальний мод. РНЕ	1,38	1,41	2,93	21	3,28

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК з використанням NX CAM

Сучасне виробництво значною мірою спирається на використання верстатів з ЧПК. Самі верстати ускладнюються, стають більш інтелектуальними, в той же час їх ефективна експлуатація вимагає ефективного управління. Посилення конкуренції і потреба ринку в складних виробах примушують підприємства замислюватися про комплексну автоматизацію підготовки виробництва і самого виробництва.

Одним з найбільш популярних рішень в області CAM (Computer Aided manufacturing) є система NX від компанії Siemens PLM Software - комплексне CAD/CAM/CAE – рішення для конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Система успішно застосовується на підприємствах авіакосмічної галузі і автомобілебудування, в суднобудуванні і енергетиці, у виробництві медичного устаткування, у сфері верстатобудування і машинобудування та ін.

Програмування верстатів з ЧПК NX CAM — модуль підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК. Підтримує різні види обробки: токарну, фрезерну на 3-5-осьових верстатах з ЧПК, токарно-фрезерну, електроерозійну дротяну обробку. Система NX CAM підтримує прогресивні види обробки і устаткування: високошвидкісне фрезерування, обробку на основі елементів, токарно-фрезерні багатofункціональні верстати. Містить вбудований модуль симуляції обробки на верстаті, що працює в кодах керуючої програми (G-code), який використовується для аналізу керуючих програм і забезпечує контроль зіткнень.

Розробка токарної операції 030 з ЧПК за допомогою програми «Unigraphics» модуль NX CAM. Для розробки технологічної операції в NX CAM попередньо створюємо трьохвимірну модель деталі, яка відповідає операційному ескізу розроблюваної технологічної операції установ 1 показано на (рис 1.10).

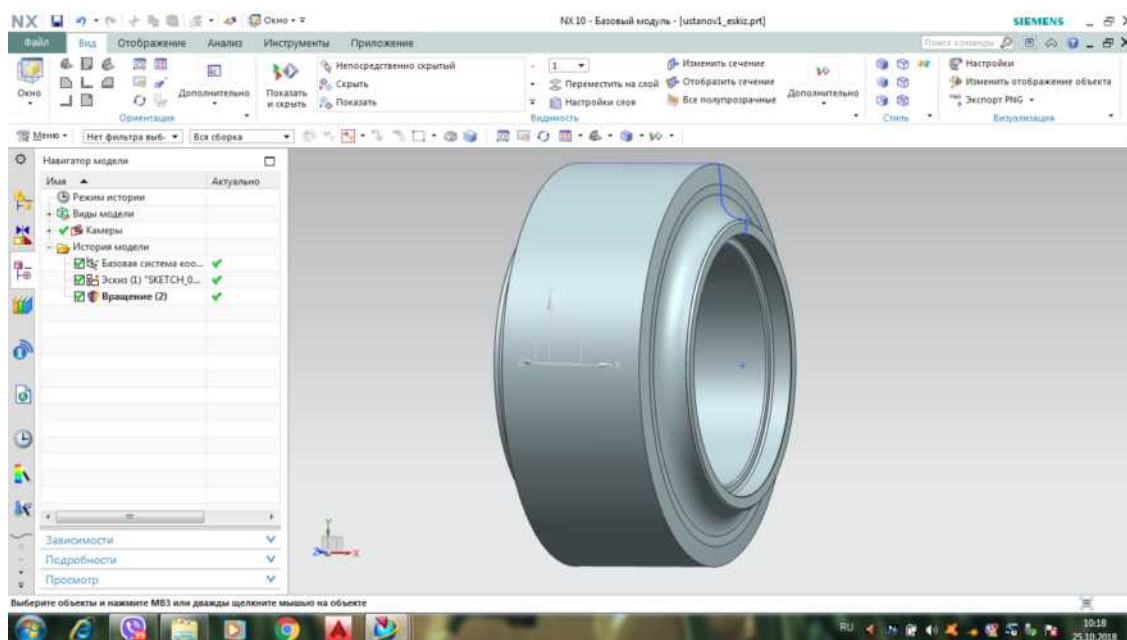


Рисунок 1.10 – 3-D модель деталі «Шестерня»

Траекторія обробки з інструментом установка 1, перехід 2: обробка зовнішніх поверхонь показано на (рис. 1.11). Ріжучий інструмент: різець контурного точіння 25 мм x 25 мм; L = 150 мм; $\varphi = 95^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 25^\circ$; T15K6 ГОСТ 26611-85.

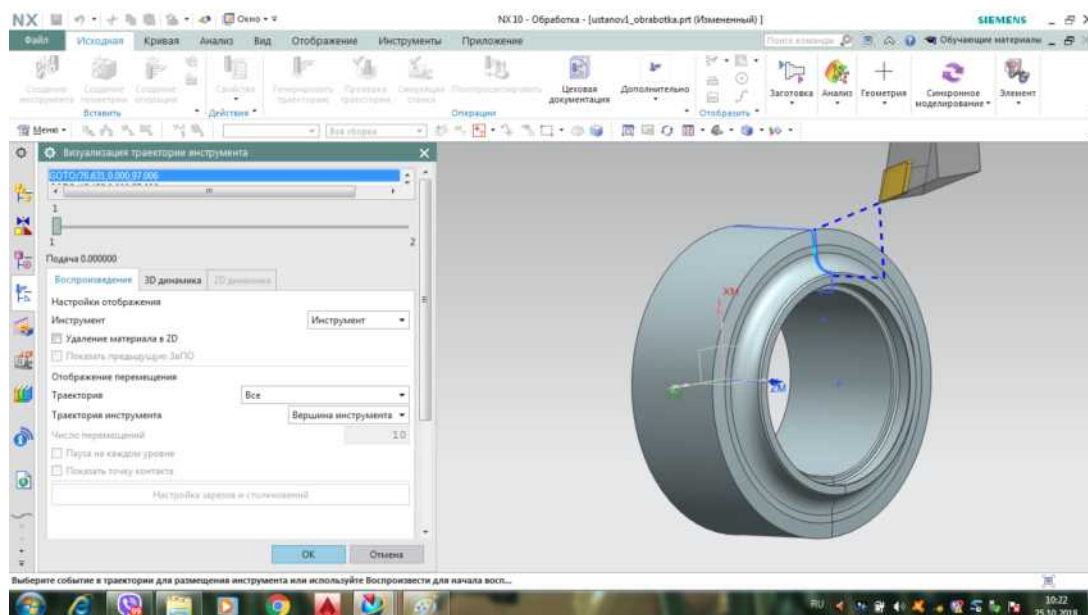


Рисунок 1.11 – Траекторія обробки з інструментом установка 1, перехід 2

Траекторія обробки з інструментом установка 1, перехід 3: внутрішніх поверхонь показано на (рис. 1.12). Ріжучий інструмент: різець розточувальний, $\varphi = 45^\circ$, 16 мм x 25 мм x 100 мм, R=0,8 мм, T15K6 ГОСТ 18883-73.

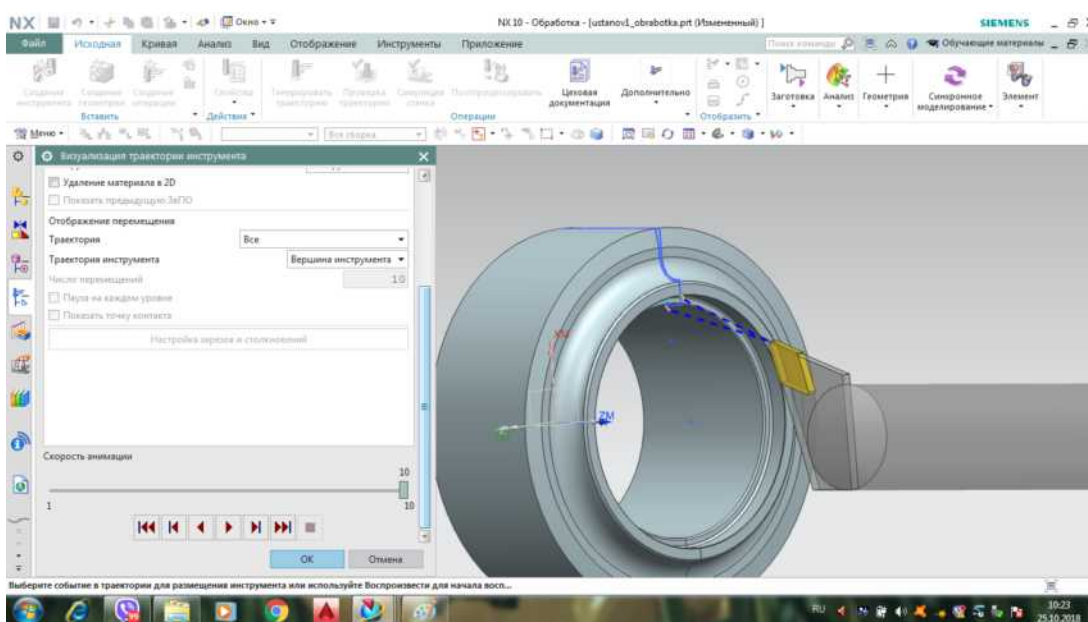


Рисунок 1.12 – Траекторія обробки з інструментом установка 1, перехід 3

Для розробки технологічної операції в NXCAM попередньо створюємо трьохвимірну модель деталі, яка відповідає операційному ескизу розроблюваної технологічної операції установ 2 показано на (рис 1.13).

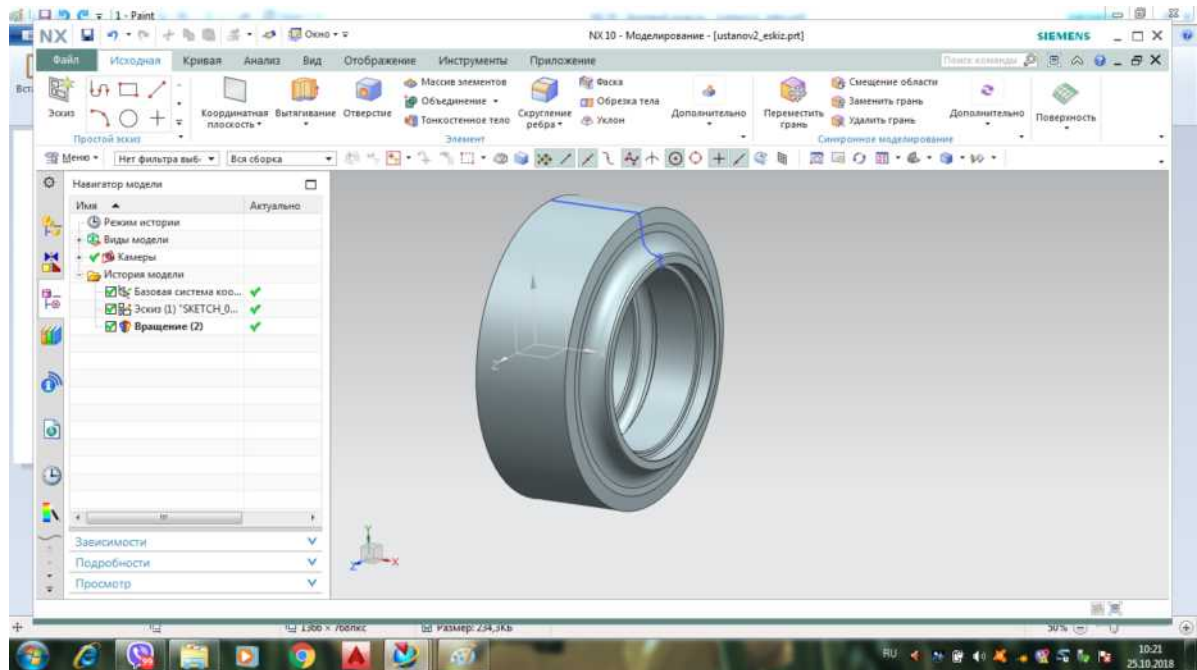


Рисунок 1.13 – 3-D модель деталі «Шестерня» токарної операції 030 з ЧПК, установ 2

Траєкторія обробки з інструментом установка 2, перехід 5 аналогічна траєкторії обробки установка 1 переходу 2.

Траєкторія обробки з інструментом установка 2, перехід 6 аналогічна траєкторії обробки установка 1 переходу 3.

Траєкторія обробки з інструментом установка 2, перехід 7: внутрішньої канавки показано на рис. 1.14. Ріжучий інструмент: різець канавочний 16 мм x 25 мм x 100 мм, b=13,4 мм, T15K6 спеціальний.

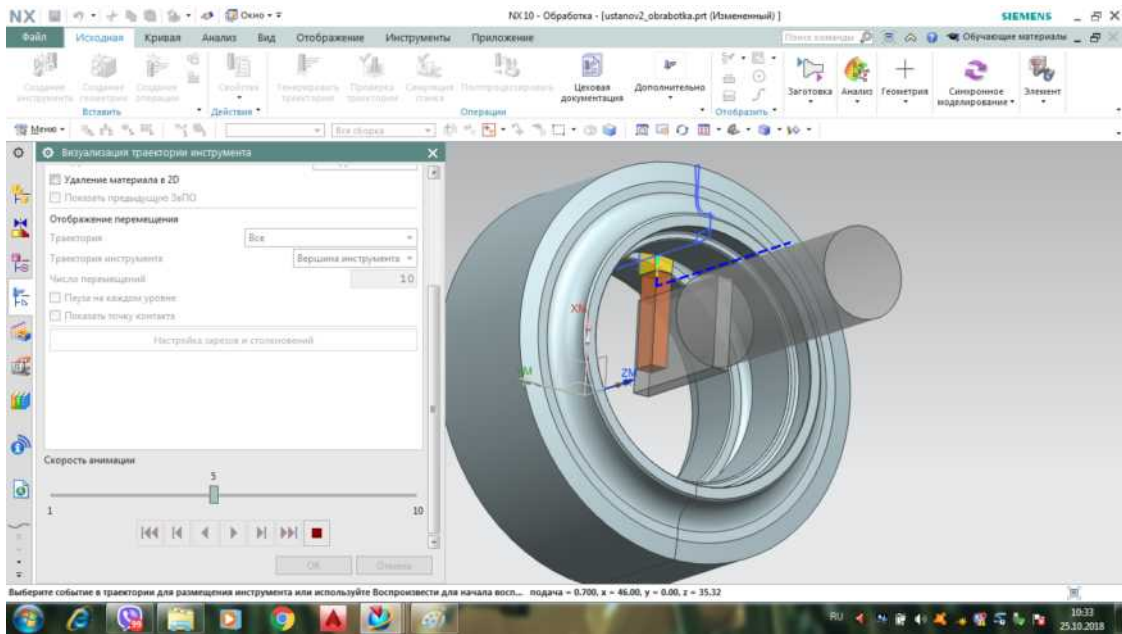


Рисунок 1.14 – Траектория обработки з інструментом установка 2, перехід 7

Впровадження системи NX CAM дозволяє підприємству підвищити продуктивність і ефективність устаткування, скоротити його простої, усунути помилки в УП, підвищити якість обробки. NX CAM має комплекс функцій для перевірки вірності керуючої програми на робочому місці технолога. Поломка обладнання дорого коштує підприємству, тому виробники витрачають багато часу на перевірку програм на верстаті. Цей етап можна виключити, надав задачу по верифікації обробки та імітаційному моделюванню на сучасне САМ-рішення.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Робоче пристосування призначене для фрезерування зубів на зубофрезерному верстаті моделі 5К32П. Принцип дії: шестерня надягається на перехідну втулку позиція 22, яка центрується на циліндричному пальці поз. 26, після чого на тягу поз. 12, укручену в шток поз. 9, надягається швидкозмінна шайба поз. 7. Ця шайба притискається тягою, яка під дію пневмопривода поз. 1 з діафрагмою через шток плавно переміщається вниз, і шайба безпосередньо діє на заготовку. Закріплення деталей для подальшої їх обробки на верстаті виконується таким чином: стисле повітря від мережі через приймач по отвору в корпусі подається у верхню робочу частину пневмоциліндра. Повітря давить на поршень поз. 7 і поршень з штоком опускається вниз. Шток має паз, в який входить важіль поз. 20, він має дві осі поз. 17 і поз. 19.

Лівою віссю поз. 17 він пов'язаний з самим корпусом пневмоциліндра, а правою віссю поз. 19 сполучає важіль з тягою пристосувань, верхня частина якого закінчується внутрішнім різьбленням М24, по якій пристосування пов'язана через вісь поз. 25 з гайкою поз. 27. Разом зі штоком важіль опускається, таким чином опускається і тяга, яка примушує гайку, що знаходиться у верхній частині пристосування, жати на прихват поз. 23, який тисне на верхню кришку поз. 22, так і відбувається закріплення деталей в пристосуванні.

Після закінчення обробки проводиться розкріплення деталей, яке виконується наступним способом: стисле повітря з робочої частини пневмоциліндра стравлюється в атмосферу, після цього перемикають руків'я розподільного пристрою і стисле повітря потрапляє в нижню частину пневмоциліндра, яке тисне на поршень і поршень зі штоком піднімається. Разом з штоком піднімається і важіль з тягою, яка примушує підніматися гайку, що затискала прихват і відпускає верхню кришку, яка затискала деталь.

2.1.2 Вибір схеми базування і розрахунок похибки встановлення

Деталь встановлюється на палець з упором в торець. Нижня площина є установчою базою та лишає заготовку трьох ступенів волі. Внутрішня циліндрична поверхня подвійною опорною базою та лишає заготовку двох ступенів волі. Схема базування не повна, вказана на рисунку 2.1. Шоста ступінь волі порушиться при затиску.

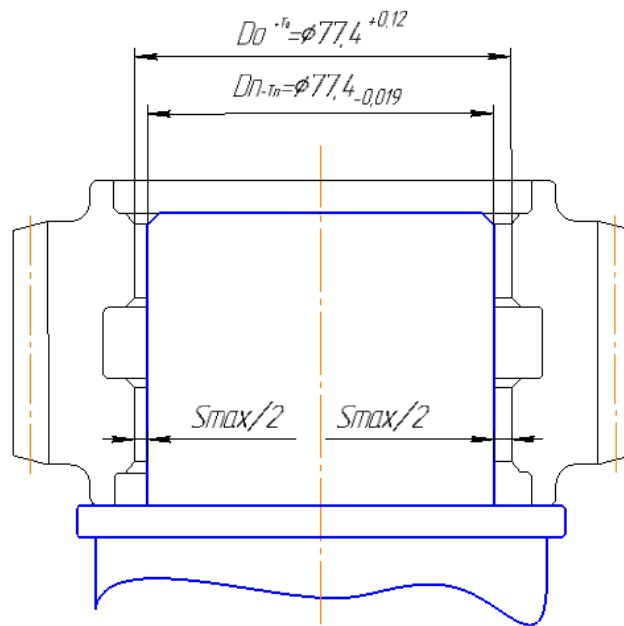


Рисунок 2.1 – Схема встановлення деталі в пристосуванні

При встановленні деталі в пристрій виникає похибка встановлення через неточності виготовлення установчих елементів та затискних елементів пристрою, а також неточності розмірів оброблюваної деталі при виконанні попередніх операцій.

Похибка встановлення ε_v , мм розраховується за формулою:

$$\varepsilon_v = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_s^2} \quad (2.1)$$

де ε_o – похибка базування, мм;

ε_s – похибка закріплення яка виникає внаслідок прикладання сил затиску, мм.

Визначаємо похибку базування ε_o при схемі установки заготовки на жорсткий циліндричний палець з вертикальною віссю по формулі:

$$\varepsilon_o = \frac{S_{max}}{2} \quad (2.2)$$

де S_{max} – максимальний зазор, мм.

Максимальний зазор розраховується по формулі:

$$S_{max} = T_o + T_n + 2\Delta \quad (2.3)$$

де T_n – допуск пальця, мм;

T_o – допуск отвору, мм;

2Δ – гарантований зазор, мм.

$$S_{\max} = 0,12 + 0,019 + 0,01 = 0,149$$

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{0,149}{2} = 0,0745$$

$$\varepsilon_s = 0$$

Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки напрям сили затиску і розміру обробки взаємно перпендикулярні.

Розраховуємо похибку встановлення ε_{σ} , мм за формулою 2.1:

$$\varepsilon_{\sigma} = \sqrt{0,0749^2 + 0^2} = 0,0749$$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Верстатні пристосування є однією з ланок системи ВПД (Верстат - Пристосування - Інструмент - Деталь). В умовах обробки на налагоджених верстатах точність обробки заготовки залежатиме від точності виготовлення пристосування і поведінки системи ВПД в процесі обробки.

При зубофрезеруванні для настройки інструменту використовують установи. Щоб уникнути зносу основної поверхні установка (тому що твердість ріжучої частини фрези дуже висока) користуються щупом.

Розрахунок на точність полягає у визначенні виконавчих розмірів на установ. Для визначення розміру установка необхідно знати налагоджувальний розмір для даного виду обробки заготовки. Основними критеріями, які визначають вибір методу за призначенням розміру, є точність обробки і тривалість налагодження. При визначенні виконавчих розмірів на їх виготовлення необхідно враховувати, що на авіабудівних підприємствах тип виробництва серійний, і такий критерій, як тривалість налагоджування інструмента не береться до уваги, а враховується критерій точності обробки. Тому, при розрахунку на точність пристосувань, призначених для таких умов виробництва, доцільно настроюваний розмір приймати рівним середньому розміру обробки з одностороннім полем допуску.

Визначаємо допуск на виготовлення пристосування T_n по формулі:

$$T_n \leq T_{\text{обп}} - k \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_s^2 + (k_2 \cdot w)^2} \quad (2.4)$$

де $T_{обр}$ – допуск на розмір обробки, $T_{обр} = 0,12$;

k_p - коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу,

$$k_p = 1 \dots 1,2;$$

k_1 - коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування в слідство того, що установчий елемент в пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко рівні граничним;

$$k_1 = 0,8 \dots 0,85;$$

k_2 - коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибки, що викликається чинниками, не залежними від конструкції пристосування;

$$k_2 = 0,6 \dots 0,65;$$

w – середня економічна точність обробки по [9, табл. 5.2, с. 63].

$$w = 0,1.$$

$$T_n \leq 0,12 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0,0749)^2 + 0^2 + (0,61 \cdot 0,1)^2}$$

$$T_n \leq 0,05 \text{ мм}$$

Оскільки $T_n \leq \varepsilon$, $0,05 \leq 0,0749$, то при обробці в даному пристосуванні витримується розмір обробки. Розрахунок на точність пристосування виконується.

2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки і вибір приводу

Під час обробки різанням на деталь «Шестерня» діють сили, які негативно впливають на точність обробки. Вони можуть порушити її положення у пристрої, деформувати поверхні деталі. Для того щоб забезпечити надійне та непорушне встановлення деталі до неї прикладають зусилля затиску W , Н. За допомогою якої врівноважують всі діючі сили різання під час обробки на деталь. При зубофрезеруванні діють сила різання P_z , Н та крутний момент M , Нм.

Дійсна сила затиску при зубофрезеруванні, схема установки заготовки на жорсткий по формулі:

$$W = \frac{k \cdot M \cdot (D^2 - d^2)}{f \cdot (D^3 - d^3)} \quad (2.5)$$

де K – коефіцієнт запасу,

f – коефіцієнт тертя між деталлю та пристроєм вибирається по [9, с. 113];

$$f = 0,25$$

D – зовнішній діаметр з креслення деталі, мм;

$$D = 92 \text{ мм};$$

d – внутрішній діаметр з креслення деталі, мм;

$$d = 77 \text{ мм};$$

M – момент різання, який діє на пристосування від сили різання, Нм.

Визначаємо момент різання за формулою:

$$M = P_z \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot R, \quad (2.6)$$

де R – радіус обробки, см;

P_z – осьова складова сили різання, кгс;

$\alpha = 28^\circ$ – кут підйому черв'яка модульної фрези, град.

Знаходимо силу різання по формулі:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot m^x \cdot S_o^y, \quad (2.7)$$

де C_p – коефіцієнт, який враховує вплив оброблюваного матеріалу, [9, с. 121];

$$C_p = 24,4, x = 1,0, y = 0,75$$

m – модуль колеса, мм;

S_o – подача на оберт заготовки, мм/об.

$$P_z = 10 \cdot 24,4 \cdot 3,8788^1 \cdot 3,33^{0,75} = 2333 \text{ Н}$$

$$M = 2333 \cdot 0,53 \cdot 6,5 = 8037,2 \text{ Нсм}$$

Коефіцієнт запасу закріплення деталі, розраховується за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.8)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, [9, с. 100];

$$k_0 = 1,5$$

k_1 – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, [9, с. 100];

$k_1 = 1,2$ – для чорнової обробки;

k_2 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструмента, [9, с. 101];

$k_2 = 1,4$ – для твердих сталей;

k_3 – коефіцієнт, який враховує зміни сил різання при обробці переривистих поверхонь, [9, с.101];

$k_3 = 1,2$ – в умовах преривчастого різання;

k_4 – коефіцієнт, який враховує непостійність сил при зачепленні [9, с.102];

$k_4 = 1,0$ – для пневмоприводу;

k_5 – коефіцієнт, який враховує непостійність сил затискних пристроїв с ручним приводом, [9, с. 102];

$k_5 = 1,2$ – для гвинтових затисків;

k_6 – коефіцієнт, який враховується у тому випадку, коли розрахунок сил затиску виконується з врахуванням моментів сил різання та залежить від виду опорної поверхні – пристрою [9, с.102].

$k_6 = 1,0$ – для точених упор.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,02$$

$$W = \frac{3,02 \cdot 8037,18 \cdot (9,2^2 - 7,7^2)}{0,25 \cdot (9,2^3 - 7,7^3)} = 7037,2 \text{ Н}$$

На рисунку 2.2 показано напрямки та спосіб врівноваження всіх діючих сил під час обробки деталі «Шестерня».

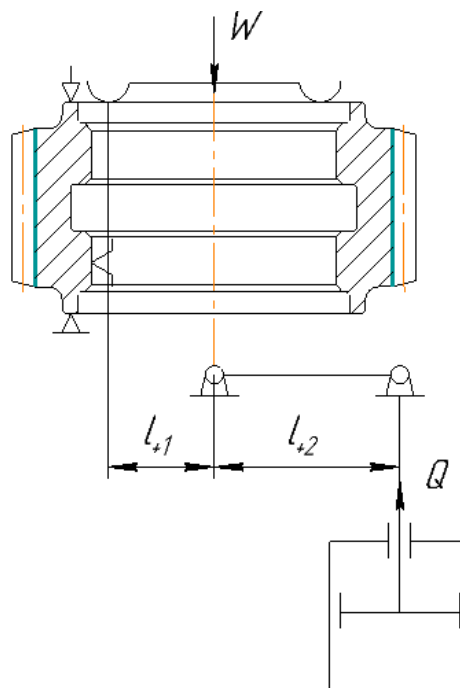


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема до визначення сили закріплення

Виходячи з принципової схеми пристрою, розраховуємо зусилля на штоці привода Q , Н за формулою:

$$Q = W \cdot \frac{l_1}{l_1 + l_2}, \quad (2.9)$$

де l_1, l_2 – плечі ричала, конструктивно з креслення, мм.

$$Q = 7032,7 \cdot \frac{3}{3+5} = 2637 \text{ Н}$$

Розраховуємо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (2.10)$$

де p – тиск стислого повітря, $p=0,4$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії, враховує тертя $\eta=0,85$.

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot 2637}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 250 \text{ мм}$$

По [9, с. 141] коректується діаметр циліндра, приймається ближче більше значення: $D_u = 250$ мм, діаметр штока $d_{ш} = 40$ мм.

Зусилля на штоці пневмоциліндра при прямому Q , Н та зворотньому $Q_{зх}$, Н ході по формулам:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rho \cdot \eta \quad (2.11)$$

$$Q_{зх} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \rho \cdot \eta \quad (2.12)$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 250^2}{4} 0,4 \cdot 0,85 = 2669 \text{ Н}$$

$$Q_{зх} = \frac{3,14 \cdot (250^2 - 40^2)}{4} 0,4 \cdot 0,85 = 2502 \text{ Н}$$

Сила затиску на штоці вибраного пневмоциліндра більша за розраховану, отже пневмоциліндр вибрано вірно.

шток індикаторних годин. По напрямних державка з індикатором може переміщатися паралельно осі центрів.

Шляхом послідовного провертання деталі, на кожний наступний зуб ми робимо контроль радіального биття.

При виконанні вимірювання очікувана похибка вимірювання не повинна перевищувати заданого на даний геометричний параметр допуску.

2.2.2 Вибір засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання починається з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійних характеристик, якими має володіти засіб вимірювання.

Допустима похибка вимірювання контрольно-вимірювального пристосування знаходиться по ГОСТ 8.051-81 (СТ СБ 303-76) «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина допуску контрольованого параметра (допуску радіального биття розміру $\varnothing 127,4 \text{ h}8 (-0,063)$ відносно бази Е на величину 0,025 мм).

Визначаємо допустиму похибку засобом вимірювання (інструментальну похибку) за формулою:

$$|\delta_{вим}| = k \cdot T_K, \quad (2.13)$$

де k – коефіцієнт, залежить від якості або ступеня точності контрольованого параметра і може приймати значення від 0,2 до 0,35. Для нашому випадку приймаємо $k = 0,2$;

T_K - допуск на розмір контрольованої поверхні, вказаний на кресленні деталі і дорівнює 0,025 мм.

$$|\delta_{вим}| = 0,2 \cdot 0,025 = 0,005$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 (СТ СБ 303-76) «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» [с. 118-120, табл. 4.1] рекомендується прийняти

$$|\delta_{вим}| = 0,001 \text{ мм.}$$

Визначаємо допустиму похибку засоби вимірювання (інструментальну похибку):

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot |\delta_{вим}| \quad (2.14)$$

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot 0,001 = 0,0007 \text{ мм}$$

Ціна поділки визначається в залежності від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ, приймаємо $|\Delta_{вим}| = 0,001$ мм.

Інтервал поділки шкали А беремо 2 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показання ЗВ. Тут необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП і перш за все освітленість.

Межа вимірювання за шкалою А повинна перевищувати допуск, щоб зняття показання не викликало труднощів.

$$|A| = 4 \cdot T_k \quad (2.15)$$

$$|A| = 4 \cdot 0,025 = 0,1 \text{ мм}$$

Межа вимірювань кошти (діапазон вимірювань) визначається умовами експлуатації. Приймаємо $|B| = 2$ мм.

Вимірювальне зусилля P_{yc} обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Оскільки обмеження на цю величину відсутня, приймаємо $|P_{yc}| = 5 \text{ Н}$. Допустиме коливання вимірювального зусилля приймаємо $\Delta P_{yc} = 1 \text{ Н}$.

Основним нормованим показником надійності засоби вимірювання є напрацювання до першої відмови. Відповідно до ГОСТ 23642-79 «Надежность в технике. Нормируемые показатели надежности. Правила задания в стандартах и конструкторских документах» приймаємо кількість циклів вимірювань, що забезпечують задану кількість контрольних операцій:

$$[t(P)] = 2 \cdot N \quad (2.19)$$

$$[t(P)] = 2 \cdot 5000 = 10000$$

Ймовірністю безвідмовної роботи задамося $|P| = 0,85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальної галуззю машинобудування.

На підставі виконаних розрахунків по ГОСТ 9696-82 «Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия» вибираємо в якості засобу вимірювання індикаторні годинник моделі 2МИГ-1. Даний прилад зображений на (рис. 2.4). Обраний засіб вимірювання характеризується наступними параметрами:

- похибка вимірювання = 0,001 мм;
- найбільше вимірювальне зусилля = 1,5 Н;
- коливання вимірювального зусилля = 0,5 Н;
- межа вимірювання за шкалою [А] = 0,1 мм;
- межа вимірювання за шкалою [Б] = 0 - 2 мм; - гранична кількість циклів вимірювання з ймовірністю безвідмовної роботи 0,85, $[t(P)] = 10000$.

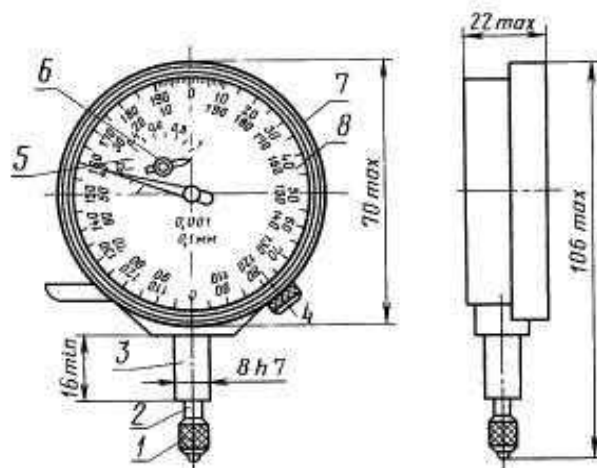


Рисунок 2.4 – Ескіз індикатора багатооборотна моделі 2МИГ-1

Зіставивши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються. Інші ЗВ мають надлишкову точністю з меншою надійністю. Тому для нашого КВП найбільш підходящим вважаємо індикатор багатооборотний моделі 2МИГ (ГОСТ 9696-82, завод-виготовлювач ЛІЗ). Ескіз обраної для важеля зубчастої вимірювальної головки представлений на (рис. 2.5). Габаритні розміри індикатора: $l \times d \times b = 108 \times 42 \times 42$, маса 0,2 кг, Стандарт на перевірку обговорений ГОСТ-ом 9696-82.

Головка індикатора виконана вилитим силуміновим корпусом, в латунних платах розташований вимірювальний механізм, що складається з трьохвального синусно-кулісного механізму і одноступінчастої зубчастої передачі. Сталевий вимірювальний стрижень, оснащений вимірювальним наконечником, рухається в сталевій направляючій втулці, запресованій в корпусі. Вимірювальне зусилля забезпечується двома пружинами. Для підвищення точності і надійності вимірювань, наконечник вимірювального приладу забезпечений вставкою з твердого сплаву.

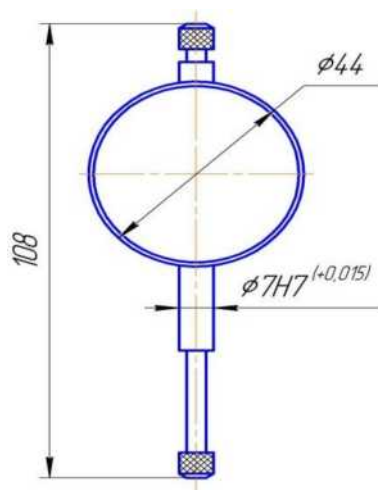


Рисунок 2.5 – Габаритні розміри індикатора багатообертового моделі 2МИГ-1

2.2.3 Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань

Допустима сумарна похибка вимірювань розраховується по формулі:

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2 + \Delta_8^2}, \quad (2.13)$$

де $k = 0,85$ - коефіцієнт відносного розсіювання;

Δ_1 - похибка базування і закріплення, $\Delta_1 = 0$, оскільки співпадають технологічна і вимірювальна бази для вимірюваного параметра;

Δ_2 - частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування;

Δ_3 - частина похибки конструкції пристосування;

Δ_4 - Похибка, яка залежить від ціни поділу індикатора годинникового типу; приймаємо $\Delta_4 = 0,001$,

Δ_5 - похибка настройки пристосування по еталону; так як контролюємо похибку форми, а не допуск на розмір, то еталон не використовується, приймаємо $\Delta_5 = 0$;

Δ_6 - похибка від контактних деформацій;

Δ_7 - похибка від температурних деформацій.

Δ_8 – співвісність центрів, мм.

Частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування розраховується по формулі:

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot a \quad (2.14)$$

де a - відхилення обробленої поверхні щодо бази.

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot 0,025 = 0,0125 \text{ мм}$$

Частина похибки конструкції пристосування розраховується по формулі:

$$\Delta_3 = (0,07 \dots 0,1) \cdot a \quad (2.15)$$

$$\Delta_3 = 0,085 \cdot 0,0125 = 0,01 \text{ мм}$$

Похибка від контактних деформацій розраховується по формулі:

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}} = 0,26 \quad (2.16)$$

де k - коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника для загартованої сталі приймається 0,81;

r - радіус вершини наконечника, приймається 5 мм.

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot 0,81 \sqrt[3]{\frac{1,5^2}{0,5}} = 0,26 \text{ мкм}$$

Похибка від температурних деформацій Δ_7 розраховується за формулою

$$\Delta_7 = l \cdot \alpha \cdot (t_1^0 - t_2^0), \quad (2.17)$$

де α - коефіцієнт лінійного розширення матеріалів вимірювального об'єкта і вимірювального засобу;

l - довжина щупа, який здійснює контакт важеля з деталлю, приблизно дорівнює 25 мм;

t_1, t_2 - температури відповідно вимірюваного об'єкта і наконечника; приймається $t_1 = 25^\circ, t_2 = 20^\circ$.

$$\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{C^\circ}$$

$$\Delta_7 = 25 \cdot 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 20) = 0,0016 \text{ мм}$$

$$\Delta_8 = 0,005 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{0,85} \cdot \sqrt{0^2 + 0,0125^2 + 0,01^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,00026^2 + 0,0016^2 + 0,005^2} = 0,000145$$

$$\Delta_{\text{вим}} = 0,000145 \leq [\Delta_{\text{вим}}] = 0,0007$$

Зіставивши фактичну сумарну похибку з допустимою робимо висновок, що умова придатності виконується, пристосування можна використовувати для даної контрольної операції.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

КОМПАС- Shaft 3D - інтегрована система моделювання тіл обертання, призначена для автоматизованого проектування і побудови тривимірних моделей валів, втулок, елементів механічних передач та різних конструктивних елементів на базі АСКОН КОМПАС-3D. Має простий і зручний інтерфейс, дозволяє спроектувати наступні елементи механічних передач:

- шестерні циліндричні із зовнішнім і внутрішнім зачепленням;
- шестерні циліндричні гвинтових е передач;
- зубчасті рейки;
- шестерні конічні з прямим зубом;
- шківни клинопасових передач;
- зірочки приводних роликів ланцюгів;
- черв'яки і черв'ячні колеса (циліндрична черв'ячна передача);
- зубчасті глухі муфти.

Усі моделі, розраховані і виконані за допомогою цього модуля, доступні для редагування стандартними засобами КОМПАС.

Користувачам доступні геометричні і проектні розрахунки, розрахунки передач на міцність і довговічність, а також оптимізаційні розрахунки. Автоматизований розрахунок коефіцієнтів зміщення дозволяє спроектувати циліндричну зубчасту передачу зовнішнього зачеплення з евольвентними зубами, що має оптимальні властивості за декількома критеріями : контактній міцності, міцності по вигину, іносостійкості і опору заїданню, плавності роботи.

В дипломній роботі розглянемо КОМПАС- Shaft 3D детальніше, а саме побудуємо за допомогою цієї бібліотеки трьохвимірну модель деталі «Шестерня».

Спершу слід створити документ Компас-деталь, після чого можна перейти до побудови.

1. Виконуємо команду бібліотеки «Внешняя цилиндрическая ступень». У рядку стану відображаться підказка: Вказуємо площину або плоску грань. У дереві побудови, виділяємо площину ZX. З'являється діалог параметрів «Цилиндрическая ступень» (рис. 3.1). У відповідні текстові поля вводимо величину діаметра ступені - 92 мм, її довжину – 9,5 мм і натискаємо кнопку ОК. В результаті бібліотека буде циліндр з вказаними параметрами з основою на площині ZX (рис. 3.2).

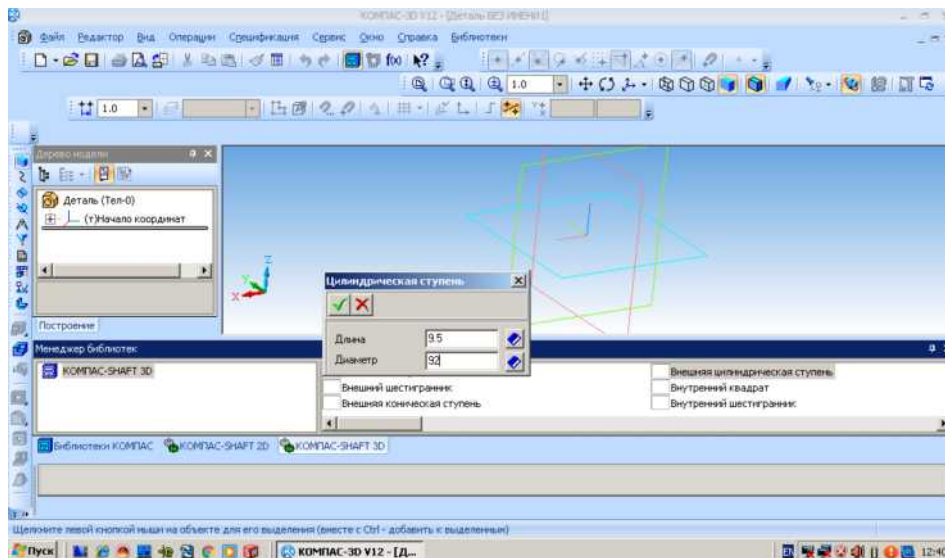


Рисунок 3.1 - Диалог параметров «Цилиндрическая ступень» детали «Шестерня»

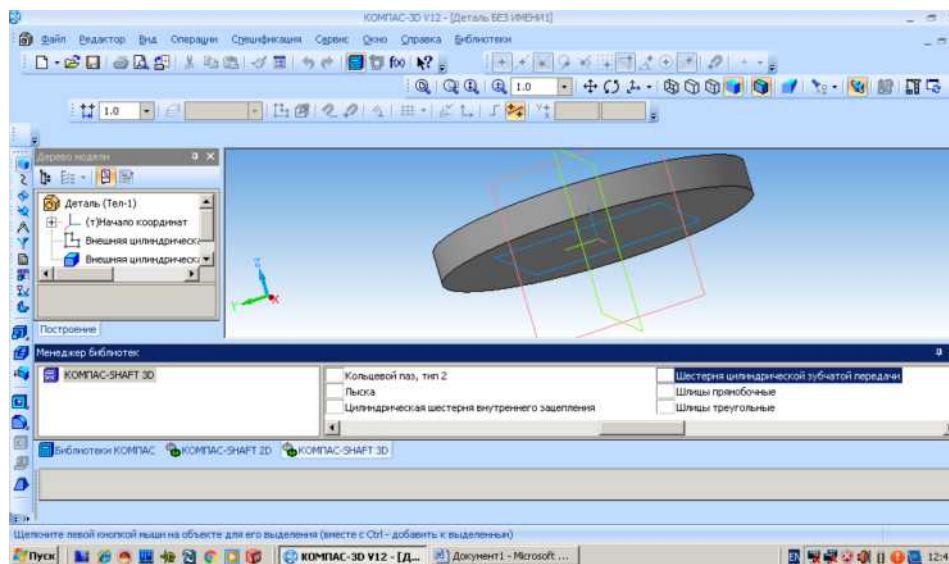


Рисунок 3.2 – Результат застосування команди «Внешняя цилиндрическая ступень»

2. В менеджері бібліотеки викликаємо команду «Шестерня цилиндрической зубчатой передачи». З'явиться модуль розрахунку механічних передач КОМПАС GEARS. На екрані бачимо діалог налаштування параметрів циліндричної шестерні (рис. 3.3). У відповідні текстові поля вводимо величину модуля – 3,8788 мм, число зубців – 31, кут нахилу зубців - 28° , діаметр вершин зубів – 127,4 мм, ширина вінця – 45 мм, тип передачі – зовнішнє зачеплення і натискаємо кнопку «Запуск расчета».



Рисунок 3.3 - Діалог для введення параметрів циліндричної деталі «Шестерня»

3. З'являється вікно «Расчеты цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления» (рис. 3.4). Запускаємо геометричний розрахунок зубчастої передачі. Він буде виконаний відповідно до ГОСТ 16532-70 "Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентного внешнего зацепления. Расчет геометрии".

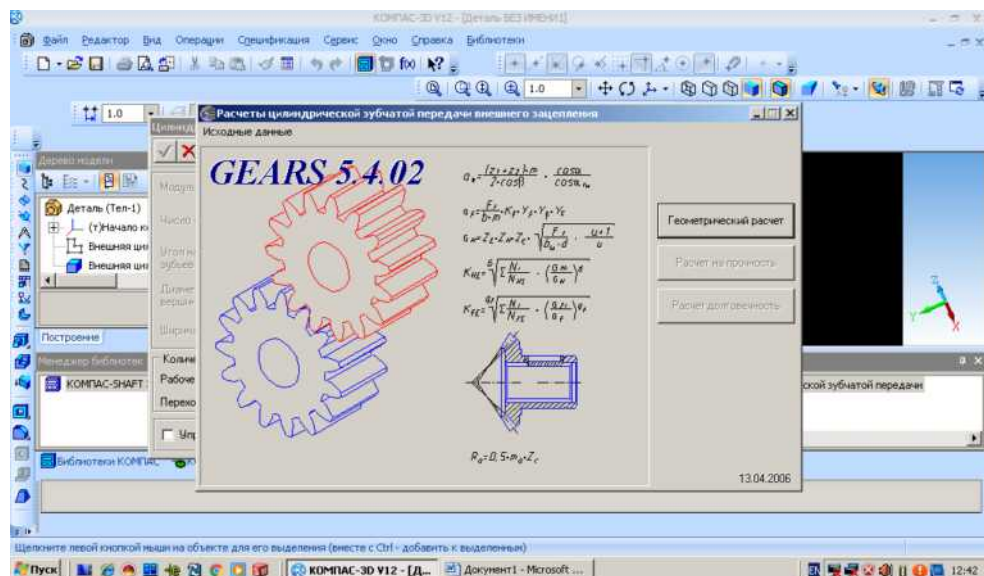


Рисунок 3.4 - Вікно розрахунків циліндричної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення

В результаті розрахунку визначаються основні параметри зубчастих коліс, виконується розрахунок розмірів для контролю і проводиться перевірка якості зачеплення за геометричними показниками.

4. Вибираємо геометричний розрахунок – «По коефіцієнтам смещения» (рис. 3.5).

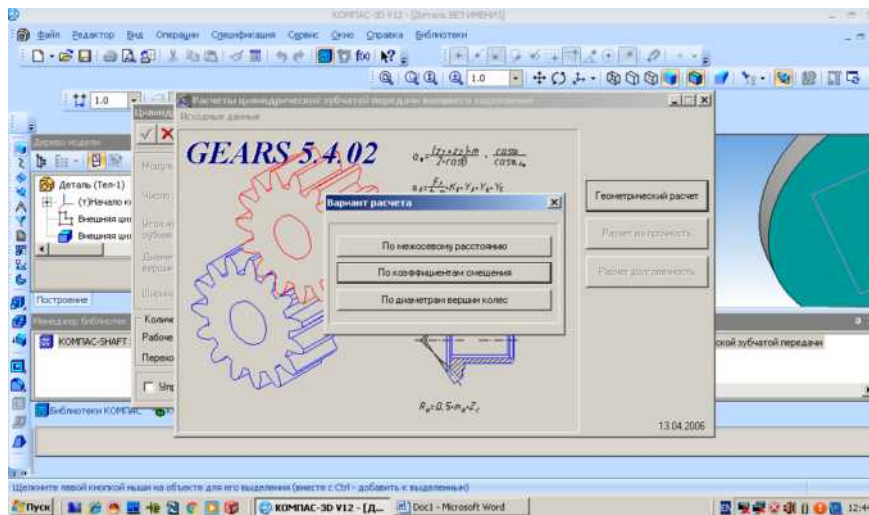


Рисунок 3.5 - Діалог варіантів розрахунку

5. Заповнюємо рядки параметрів (рис. 3.6): число зубів провідного колеса - 31, число зубів веденого колеса - 97, модуль – 4 мм, кут профілю зуба - 28°, ширина зубчастого вінця - 45 мм. Щоб розрахувати міжосьову відстань, натискаємо на зображення калькулятора, праворуч від значення. Діаметр ролика вибираємо так само за допомогою калькулятора.

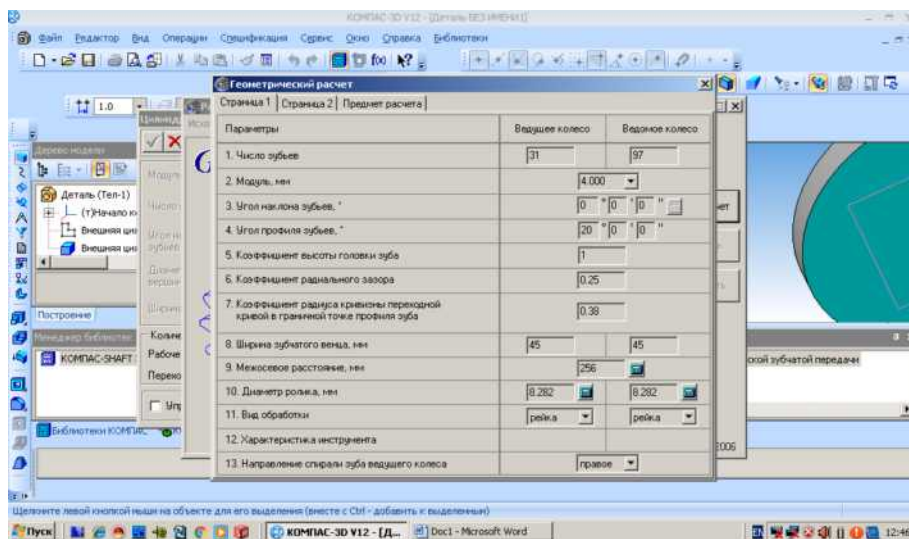


Рисунок 3.6 – Вікно «Геометрический расчет, страница 1»

6. На сторінці геометричний розрахунок вибираємо кнопку «Страница 2» (рис 3.7). Заповнюємо рядки параметрів: ступінь точності провідного колеса – 7С, ступінь точності веденого колеса – 7С, щоб розрахувати коефіцієнт зміщення вихідного контуру - натискаємо на зображення калькулятора, праворуч від значення.

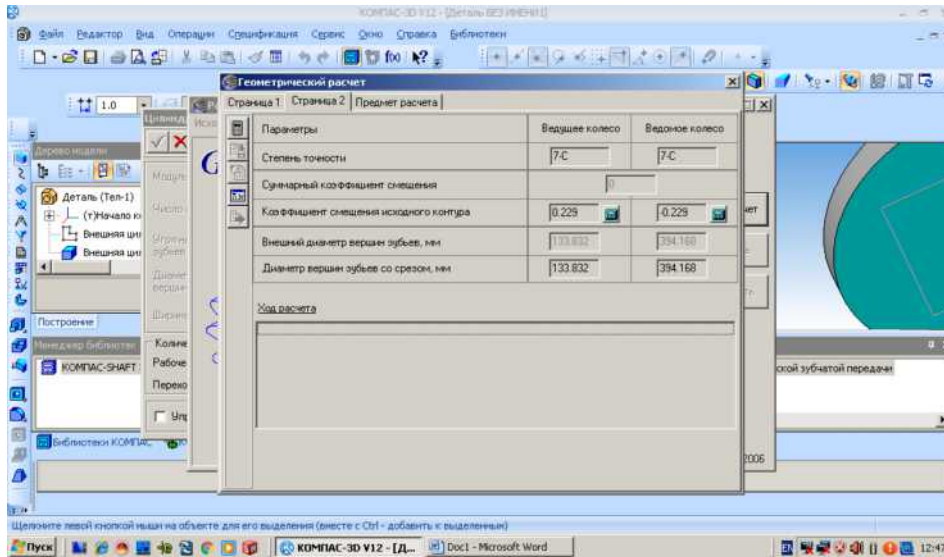


Рисунок 3.7 – Вікно «Геометрический расчет, страница 2»

7. Натискаємо на кнопку «Параметрі». В рядку «Ход расчета» з'явиться повідомлення: Контрольовані, вимірювальні параметри і параметри якості зачеплення в нормі (рис. 3.8). Натисніть на кнопку «Закончить построение».

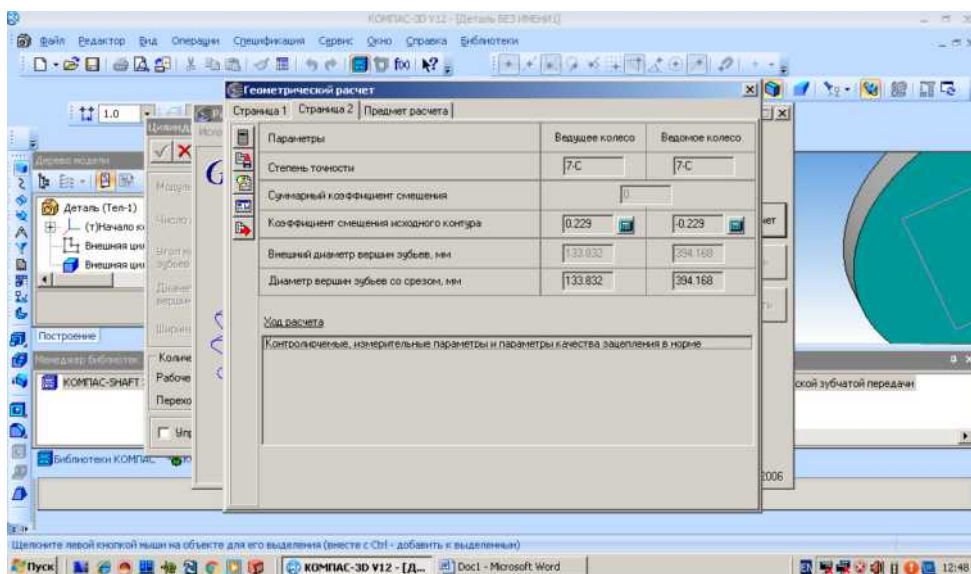
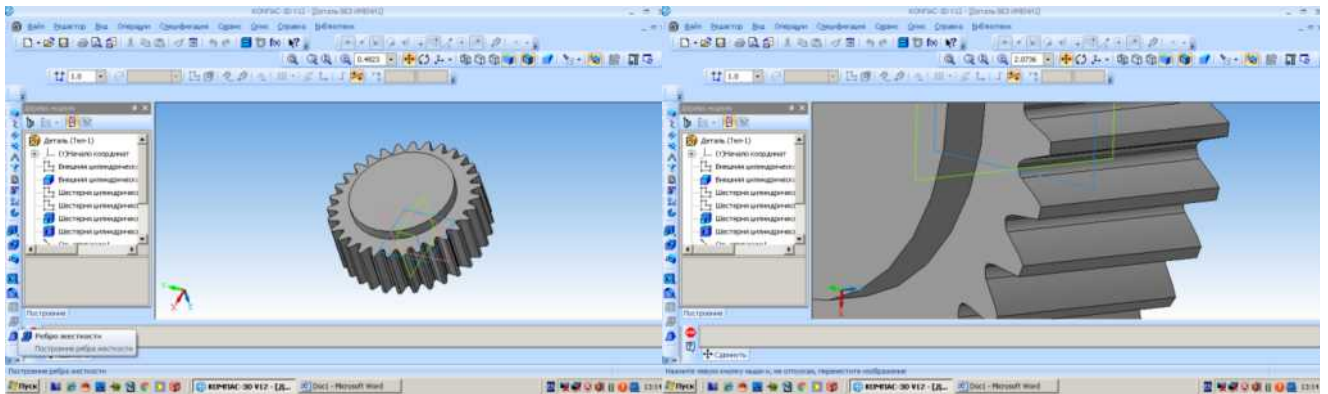


Рисунок 3.8 – Результаты геометричного розрахунку

На (рис. 3.9) показана спрощена 3D – модель деталі «Шестерня» побудована за допомогою модуля КОМПАС- Shaft 3D.



а)

б)

Рисунок 3.9 – Спрощена 3D – модель деталі «Шестерня» а) та зубів б)

КОМПАС- Shaft 3D допоможе підвищити якість механічних передач, понизити витрати на виробництво і заощадити час проектування. Бажання кожного інженера - більше результатів при менших зусиллях - ґрунтовано на прагненні позбутися від монотонних дій, що повторюються, і сконцентруватися на творчому процесі. Проектування нових типів механічних передач в додатку дає можливість підприємству вийти на нові ринки збуту, або автоматизувати існуючий процес проектування з більшою продуктивністю.

Проведемо перевірочний розрахунок шестерні. Він буде виконаний відповідно до ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Введемо розрахункові параметри (рис. 3.10), виберемо з пропонованих стандартних варіантів схему розташування передач (рис. 3.11), вкажемо матеріал (рис. 3.12), з якого буде виготовлена шестерня. Отримаємо результати розрахунків на міцність зубчастих передач (рис. 3.13).

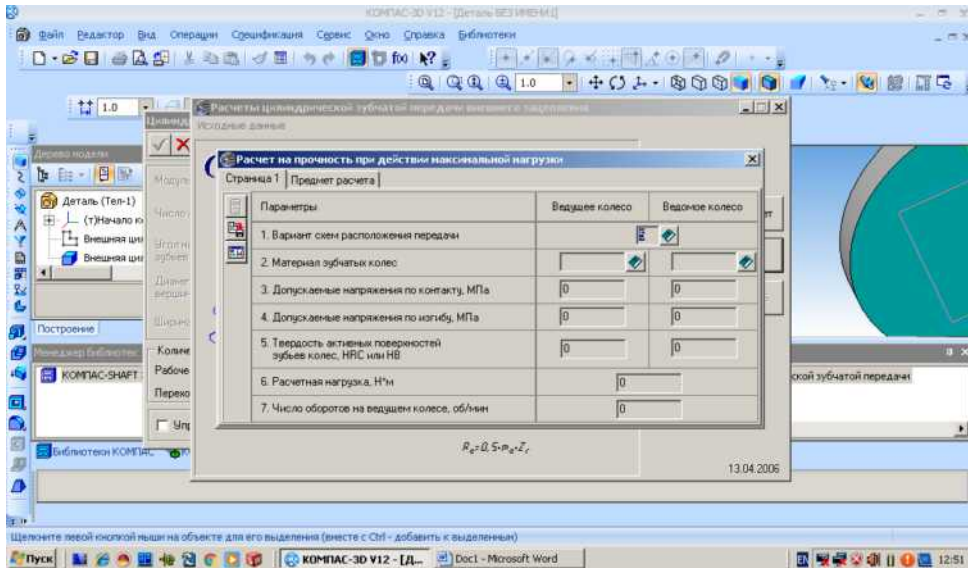


Рисунок 3.10 – Диалог розрахунку на міцність

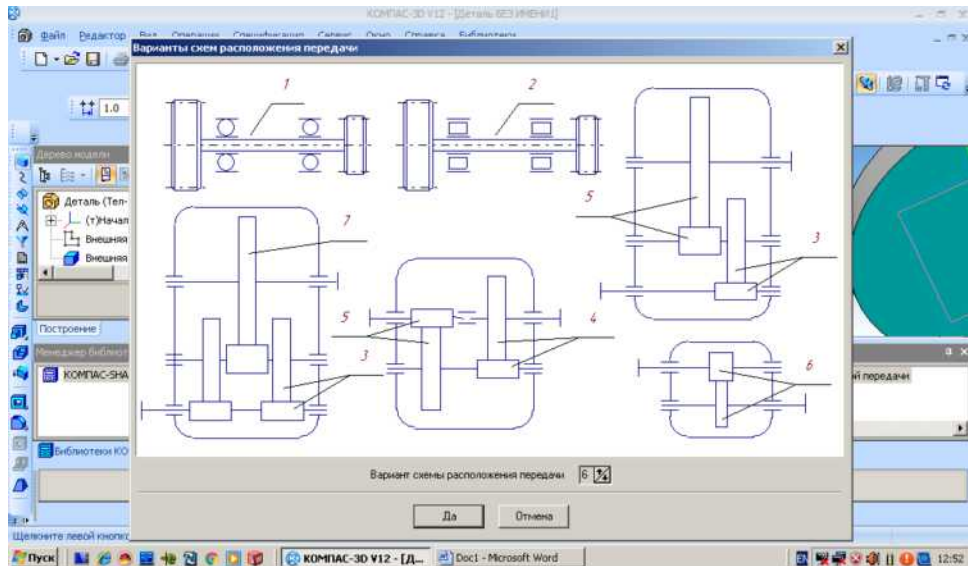


Рисунок 3.11 – Вікно схем розташування передач

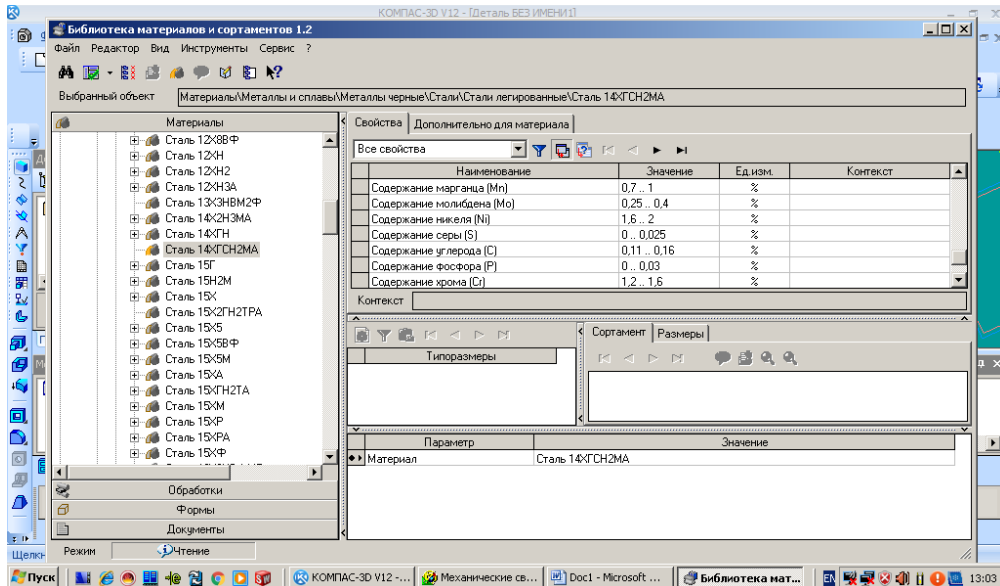


Рисунок 3.12 – Вікно бібліотеки матеріалів

GEAR_EXC			Расчет на прочность при действии максимальной нагрузки цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления	
Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо		
<i>Исходные данные</i>				
Число зубьев	31	97		
Модуль, мм	4.000			
Угол наклона зубьев	0°00'00"			
Угол профиля исходного контура	20°00'00"			
Ширина зубчатого венца, мм	45.000	45.000		
Коэффициент смещения исходного контура	0.229	-0.229		
Степень точности	7-C	8-D		
Вариант схемы расположения передачи	6			
Марка материала	14ХГСН2МА	18ХГТ		
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	62	61		
Расчетная нагрузка, Н*м	500.000			
Число оборотов на ведущем колесе, об/мин	1500.000			
<i>Определяемые параметры</i>				
Окружная скорость в зацеплении, м/с	9.739			
<i>Расчет на контактную прочность</i>				
Коэффициент учитывающий распределение нагрузки	1.025			
Удельная окружная сила, Н/мм	75.229			
Коэффициент учитывающий динамическую нагрузку	1.420			
Исходная сила, Н	8064.516			
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	260.815			
Расчетное контактное напряжение, МПа	689.169			
Допускаемое контактное напряжение, МПа	2728.000	2684.000		
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	3.958	3.895		
<i>Расчет на прочность при изгибе</i>				
Коэффициент учитывающий распределение нагрузки	1.108			
Удельная окружная сила, Н/мм	85.976			
Коэффициент учитывающий динамическую нагрузку	1.480			
Исходная сила, Н	8064.516			
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	293.729			
Расчетное напряжение изгиба, МПа	270.322	270.306		
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	1600.000	1143.000		
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	5.822	4.362		

Режимы нагружения передачи						
Исходная нагрузка, Н·м		Частота вращения ведущего колеса, об/мин	Число циклов нагружения, миллионы	Контактное напряжение, МПа	Напряжение изгиба, МПа	
контакт	изгиб				Ведущее колесо	Ведомое колесо
500	500	1500	150	689,17	244,05	244,04
Определяемые параметры						
Ресурс по контакту, час					150000	15000
Ресурс по изгибу, час					20000	15000

Рисунок 3.13 – Результаты розрахунку на міцність

Розрахунок на довговічність (по методу еквівалентної напруги) (рис. 3.14), визначається контактна довговічність і довговічність при вигині (у кілометрах, часах або циклах). Результати розрахунку на довговічність показані на (рис. 3.15).

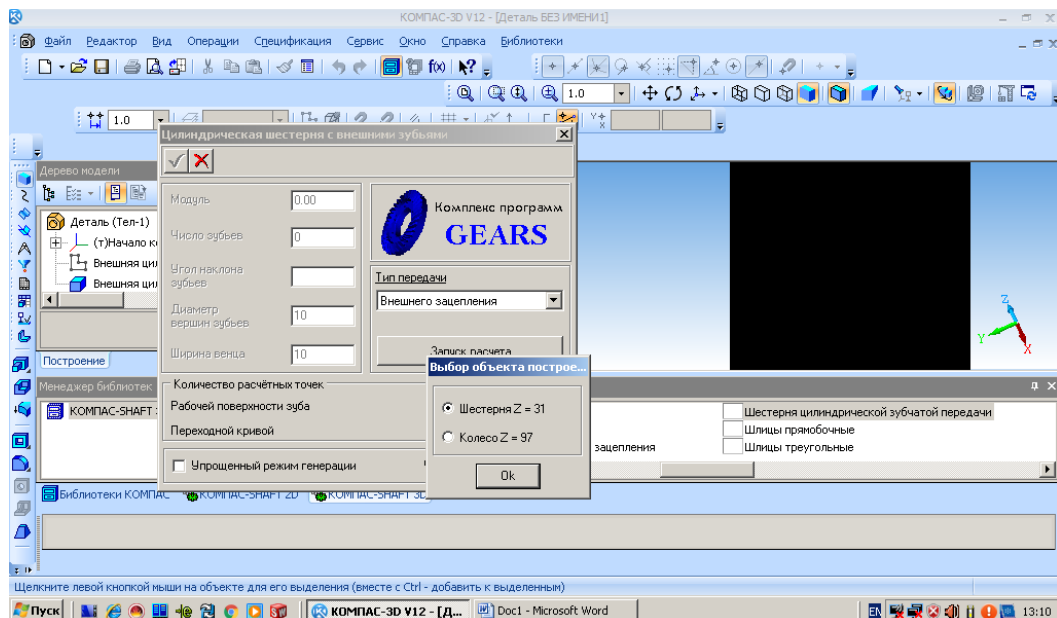


Рисунок 3.14 – Розрахунок на довговічність

GEAR_EXC		Расчет на выносливость по ГОСТ 21354-87 цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления	
Наименование параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев		31	97
Модуль, мм		4.000	
Угол наклона зубьев		0°00'00"	
Угол профиля исходного контура		20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм		45.000	45.000
Коэффициент смещения исходного контура		0.229	-0.229
Степень точности		7-C	8-D
Вариант схемы расположения передачи		6	
Марка материала		14XГСН2МА	18ХГТ
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC		62	61
Число сателлитов		1	
Функциональное назначение ведущего колеса		Солнечная шестерня	
Базовое число циклов перемены напряжений, миллионы	контакт	120.000	120.000
	изгиб	4.000	4.000
Предел выносливости по контакту, соответствующий базовому числу циклов, МПа		1288.000	1288.000
Коэффициент безопасности (контакт)		1.200	1.200
Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов, МПа		820.000	820.000
Коэффициент безопасности (изгиб)		1.550	1.550
Коэффициент учитывающий шероховатость		1.000	1.000
Базовый ресурс, час		1500	

Рисунок 3.15 – Результати розрахунку на довговічність

КОМПАС- Shaft 3D - спеціалізований додаток для системи КОМПАС-3D, призначений для автоматизації проектування і побудови трьохвимірних твердотільних моделей валів, втулок, елементів механічних передач. Простий і зручний інтерфейс, багатий функціонал, вбудований модуль розрахунку зубчастих передач зовнішнього і внутрішнього зацеплення, за результатами якого натисканням всього однієї кнопки можна отримати готову 3D-модель прямозубого колеса, це все робить бібліотеку КОМПАС- Shaft 3D незамінною при створенні машинобудівних збірок будь-якої складності і призначення.

4 ВІБРОАБРАЗИВНА ОБРОБКА

4.1 Загальні положення

Основним напрямком розвитку машинобудування підвищення продуктивності технологічного процесу, збільшення випуску продукції і зростання її якості при одночасному зниженні трудових витрат. Забезпечується шляхом вдосконалення існуючих і впровадження нових видів обладнання та технологічних процесів, засобів їх механізації та автоматизації, а також поліпшення організації та управління виробництвом. Віб्रोабразивна обробка є одним з найбільш ефективних, універсальних і економічних методів стабілізації геометричних розмірів деталей.

Віб्रोабразивна обробка – це обробка деталей в абразивному середовищі, механічний (електромеханічний, термомеханічний) процес знімання матеріалу з оброблюваної поверхні частками (гранулами, зернами) робочого середовища, які здійснюють коливання, що викликаються вібраціями робочої камери з оброблюваними деталями і робочим середовищем [11].

Застосування віб्रोабразивної обробки стало дуже ефективним способом при заміні ручних слюсарно-обпилювальних і полірувальних робіт. Необхідність обумовлена вимогами техніки безпеки, а також технічними умовами інших технологічних операцій (поверхневе зміцнення, нанесення покриттів, складання). Віб्रोобробка застосовується замість слюсарних робіт, для зменшення шорсткості поверхні і видалення задирок з деталей складної конфігурації, обробки важкодоступних поверхонь деталей, без порушення їх геометричної форми та пошкодження поверхонь. При цьому підвищується якість та експлуатаційні характеристики оброблюваних деталей.

Процес вібраційної обробки полягає в послідовному нанесенні по поверхні оброблюваних деталей великої кількості мікроударів, а також нанесенні великої кількості мікроцарапин на поверхні частинками робочого середовища.

Основою процесу є знімання дрібних частинок металу і його окислів з оброблюваної поверхні, а також вигладжування мікронерівностей поверхні за рахунок пластичного деформування частинками робочого середовища (абразив), які відтворюють в процесі роботи складні рухи.

Доля трудомісткості ручних робіт по фінішній деталей може складати до 65% (рис. 4.1). Геометричні розміри задирок залежать як від режимів обробки різанням, так і від механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

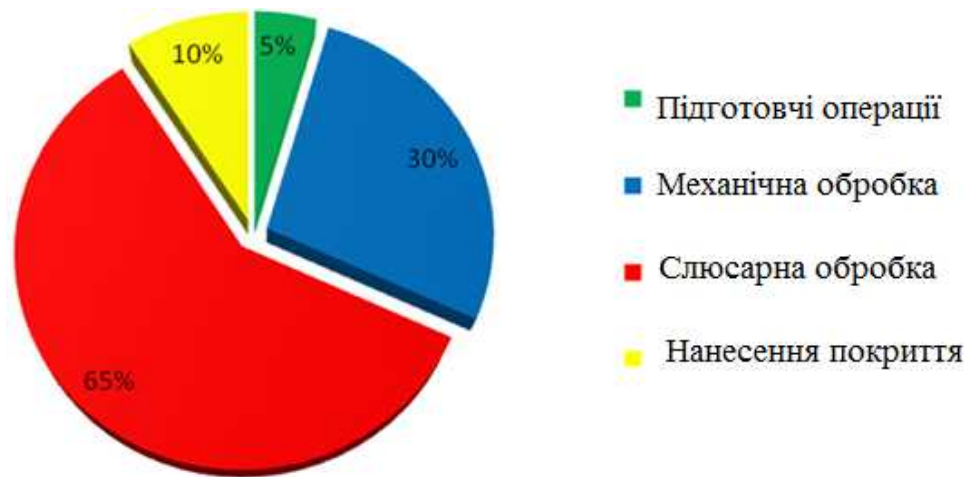


Рисунок 4.1 - Діаграма розподілу трудомісткості виготовлення деталей

Віброабразивна обробка включає основні операції: об'ємне віброшліфування і об'ємне віброполірування, при виконанні яких здійснюється:

- зняття задирка після механічної обробки і скруглення гострих кромок;
- зняття облоя в штампованих і литих заготовках;
- очищення поверхні деталей від окалини після термообробки і від слідів корозії;
- зняття нагари при ремонті деталей;
- підвищення класу шорсткості поверхонь деталі із створенням в поверхневому шарі позитивної напруги.

Віброабразивна обробка має великі перспективи для підвищення продуктивності технологічного процесу, тому на підприємствах впроваджують у виробництво. У зв'язку з великим попитом проводилося багато досліджень віброабразивної обробки вітчизняними вченими (Бабичев А.П., Шаїнський М.Е., Політов І.В., Повідайло В.А., Гончаревич І.Ф., Фролов К.В., Самодумський Ю.М., Копилов Ю.Р., Берник П.С., Лубенська Л. М., Устінов В.П., Юркевич В.Б., Ромашов А.А., Матюхин Е.В., Лебедев В.А., Ю.В. Димов, І.Ф. Гончаревич, В.П. Кольцов, А.П. Субач, М.А. Тамаркин, В.А. Анпилогоа) та іноземними фахівцями (Матсунага М., Хагуда У. (Японія), К. Веллінгер (ФРН), В. Брандт (США) та ін.).

Згідно [12] в НДЛ "ОСА" ВНУ ім. В. Даля були проведені комплексні теоретичні і експериментальні дослідження. Показано, що продуктивність віброобробки, рівень якої робить безпосередній вплив на розширення технологічних можливостей, залежить від безлічі чинників, серед яких в першу чергу можна виділити наступні:

- амплітудно-частотні характеристики руху завантаження резервуару і маса оброблюваних деталей;

- твердість матеріалу оброблюваних деталей і форма їх поверхні;
- фізико-технологічні характеристики робочого середовища;
- застосування хімічно-активних розчинів.

Технологічний процес віброабразивної обробки включає в себе: підготовку робочого середовища і оброблюваних деталей, завантаження деталей в резервуар віброустановки, час обробки деталей, вивантаження деталей, мийку деталей, пасивацію деталей для захисту від корозії (при необхідності).

Підготовка робочого середовища і оброблюваних деталей включає в себе: обкатку абразивного наповнювача для притуплення гострих кромek на абразивних гранулах, приготування робочої рідини у вигляді водного розчину і хімічних речовин, очищення поверхні деталей перед обробкою від забруднень і масел, захист поверхонь від обробки, які обробляти не допускається.

Обробка контролюється спеціальним електротехнічним вимірювальними пристроями і приладами. Вивантаження деталей з резервуара виконується вручну або за допомогою спеціальних пристроїв.

Мийка деталей здійснюється в спеціальних ваннах проточною гарячою водою при температурі + 60 ... 80 ° С за допомогою ультразвуку. Пасивація деталей виконується шляхом занурення деталей в антикорозійні розчини і витримки їх в розчинах протягом певного часу.

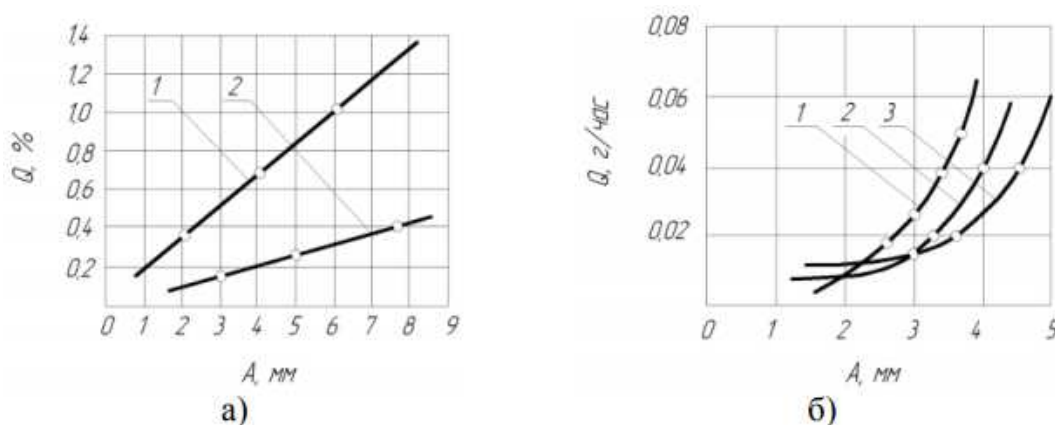
4.2 Амплітудно-частотні характеристики руху завантаження резервуару віброверстата і маси оброблюваних деталей

При обробці деталей в резервуарах віброверстатів, які коливаються, під час відносного переміщення і взаємного тиску деталі і гранули реалізуються процеси мікрорізання і деформації пружнопластичності, внаслідок чого досягнення необхідний технологічний результат. Режимні показники обробки амплітуда і частота коливань, а також і траєкторія руху роблять істотний вплив на характер взаємодії гранул робочого середовища і оброблюваних деталей.

Механіка взаємодії гранул робочого середовища і оброблюваних деталей при впливі низькочастотних коливань є динамічний процес і визначається параметрами переміщень, визначених частотою коливань і траєкторією рухів, а також силових взаємодій визначаються амплітудою коливань. Гранули робочої середовища під дією коливань, що передаються їй робочими поверхнями резервуара, роблять складні руху по певних траєкторіях, то Тобто відбувається уповільнена циркуляція середовища, що включає коливання окремих гранул, а

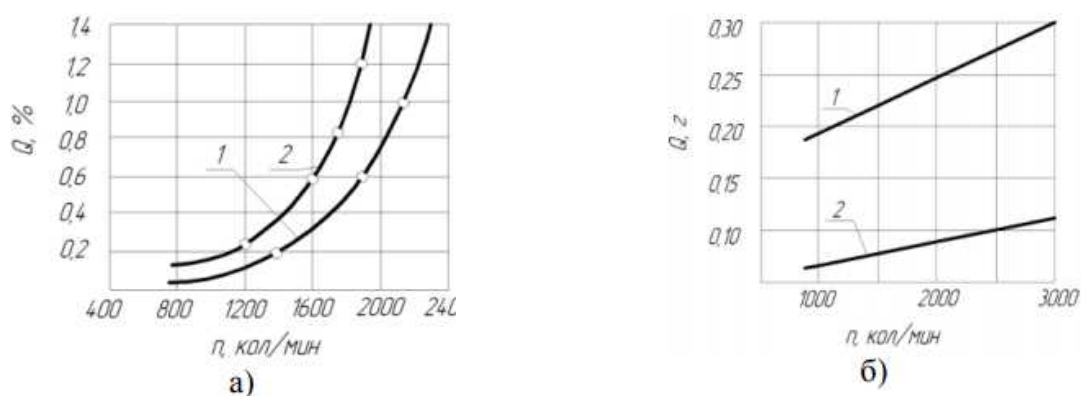
також їх кутові обертання, що виникають внаслідок прямих і більшою мірою косих зіткнень.

При пошуку оптимальних умов проведення операцій віброобробки багато дослідників виявили тенденцію підвищення знімання металу при збільшенні амплітуди і частоти коливань (рис. 4.2 та 4.3). В якості робочого середовища використовуються різні гранульовані металеві або полімерні гранули всілякої геометричної форми, дробу і т.д. Оброблені деталі представлені широкою номенклатурою з різних металів і сплавів, мають різну форму поверхні, розміри і щільність.



1 – Э25СМК, розмір гранул 5...15 мм; 1 - центр ваги резервуара збігається з віссю віброзбудника; 2 - зміщений на 70 мм;
2 – АН – 2, розмір гранул 5...25 мм 3 - зміщений на 180 мм

Рисунок 4.2 - Залежність з'єму металу (а, б) від амплітуди коливань резервуара віброверстата [13]



1 – A=3,0 мм; 2 – A=4,0 мм

1 – сталь 45; 2 – сталь ШХ15

Рисунок 4.3 - Залежність знімання металу (а, б) від частоти коливань резервуара віброверстата

Основні показники технічні характеристики віброабразивних верстатів є максимальна маса корисного навантаження, максимальний обсяг резервуара.

Максимальна маса корисного навантаження M_{np} кг, обчислюють по формулі [11, с.180]:

для закріплених деталей:

$$M_{np} = M_{nc} + M_k + M_g + k \cdot M_z \quad (4.1)$$

для завантажених навалом:

$$M_{np} = M_{nc} + M_k + k \cdot (M_g + M_z) \quad (4.2)$$

де k – коефіцієнт, що враховує режим руху частинок робочого середовища з підкиданням;

M_k – маса резервуара (контейнера);

M_g – маса оброблюваних деталей з пристосуванням;

M_z – маса максимальної кількості робочого середовища, завантаженої в резервуар;

M_{nc} – маса рухомої частини вібромашини.

Віброшвидкість і віброприскорення визначають режим віброобробки. Віброшвидкість V , м / с визначається за формулою:

$$V = A \cdot \omega \cdot \sin \omega \quad (4.3)$$

де A – амплітуда коливань, мм;

ω – кутове прискорення, рад/с²;

$\sin \omega$ – кут розташування вектора швидкості в довільно взятій точці, рад.

Віброприскорення W , м/с² визначається за формулою:

$$W = A \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega \quad (4.4)$$

Амплітуда і частота коливань резервуара f , Гц (кіл/хв), а також розміри гранул визначають продуктивність, шорсткість обробленої поверхні, ступінь і глибину наклепу, величину і характер розподілу залишкових напружень. Зі збільшенням амплітуди зростає величина знімання металу через збільшення прискорення і внаслідок сили мікроударів абразивних частинок. Амплітуда коливань, мм, визначається за формулою:

$$A_{\max} = \frac{m_r}{M_{np}} \quad (4.5)$$

де m_r – маса дебалансного вантажу, кг.

Про режим віброобробки судять за максимальним значенням віброшвидкості і віброприскорення.

$$V_{\max} = A \cdot \omega = 2 \cdot \pi \cdot A \cdot f \quad (4.6)$$

$$W_{\max} = A \cdot \omega^2 = 4 \cdot \pi \cdot A \cdot f^2 \quad (4.7)$$

Частота коливань:

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \quad (4.8)$$

Малі амплітуди (до 2 мм) при обробці нераціональні, так як в цьому випадку фактична амплітуда коливань частинок за рахунок демпфірування робочого середовища мала (до 1 мм), тому енергії частинок для зняття металу з оброблюваної поверхні недостатньо.

Отже для підвищення продуктивності віброабразивної обробки слід працювати з великими амплітудами коливань, але меншими частотами. Однак слід пам'ятати, що при надмірному збільшенні амплітуди погіршується шорсткість поверхонь (при одній і тій же зернистості абразиву) і збільшується глибина деформованого шару обробленої поверхні.

Тому операції віброшліфування слід виконувати з відносно великими амплітудами (4 ... 6 мм) і меншими частотами (25 ... 30 Гц), а операції віброполірування - з меншими амплітудами (2 ... 3 мм) і великими частотами (35 ... 40 Гц). Збільшення частоти понад 60 Гц викликає сильний шум, інтенсивний знос підшипників і витрата наповнювача.

Згідно [11] проведених дослідів на зразках зі сталі 14ХГН2МА-ш, виведена наступна залежність: зі збільшенням амплітуди коливання з'єм металу спочатку зростає швидко, потім сповільнюється. Пояснити це можна в такий спосіб. З підвищенням частоти амплітуди імпульс від стінок і днища передається тільки шарам, що знаходяться поблизу стінок, з частотою, що відповідає частоті коливань резервуара. Шари, віддалені зі стінок і днища, ще до закінчення переміщення в первісному напрямленні отримують імпульс

протележного знака, цьому їх рух загасає. Графік залежності наведено на (рис. 4.4).

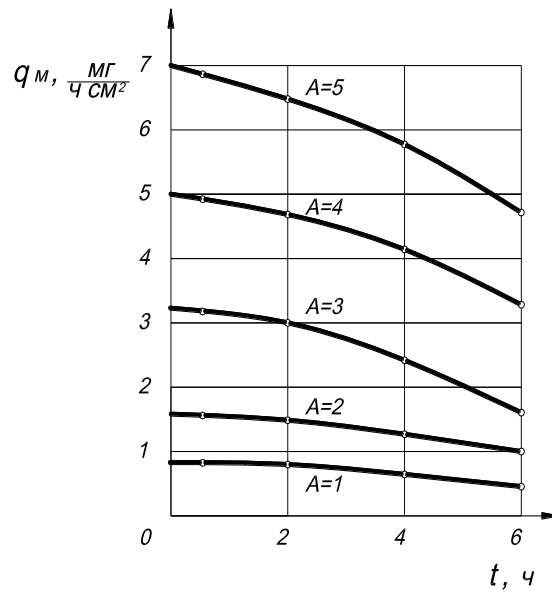


Рисунок 4.4 – Графік залежності величини знімання металу від амплітуди коливання і часу обробки

За результатами випробувань на зразках складаємо наступний графік залежності шорсткості поверхні від амплітуди коливання і часу обробки зображуємо графік на (рис. 4.5).

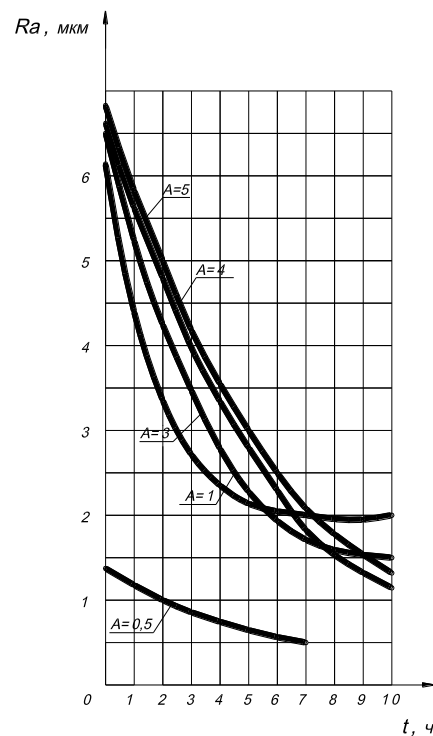


Рисунок 4.5 – Графік залежності шорсткості поверхні від амплітуди коливання і часу обробки

З графіка видно, що обробка на всіх амплітудах дає в перші години обробки різке зменшення мікрошорсткості. Кожній амплітуді відповідає певна досяжна чистота поверхні. При подальшій обробці досягнута шорсткість для даної амплітуди залишається постійним.

4.3 Фізико-технологічні характеристики робочого середовища

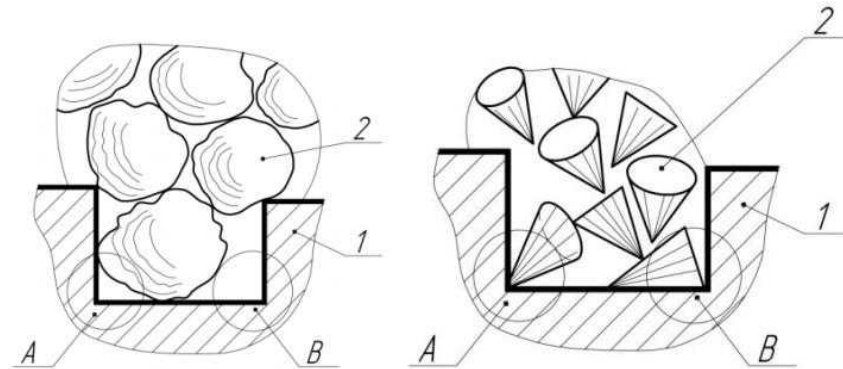
Як відомо, процес віброабразивної обробки поверхонь деталей супроводжується нанесенням великої кількості мікроударів частинками робочого середовища, в результаті яких на поверхні утворюються лунки і подряпини невеликої довжини. Послідовне нанесення великого числа ямок і подряпин та їх поєднання утворює мікрорельєф поверхні. Мікроудари абразивних зерен спрямовані під різними кутами до оброблюваної поверхні. В такому випадку абразивна частка ковзає по оброблюваній поверхні на невеликій ділянці (до 0,5...1 мм), в результаті чого відбувається зішкрябування частинок металу.

Згідно [11] до найважливіших фізико-технологічних характеристик робочого середовища, що впливають на продуктивність операцій віброобробки, можна віднести масу, розміри, форму і твердість гранул. Гранулою завдається прямого удару по оброблюваній поверхні, його сила пропорційна масі гранули. Отже, з одного боку збільшення маси гранул призводить до збільшення знімання металу. З іншого боку - значне збільшення маси гранул викликає погіршення якостей обробки, а також зменшення швидкості V_0 відносного руху гранул і деталей. При експериментальному проектуванні технологій віброобробки було встановлено, що для грубих очисних операцій з великим зніманням металу доцільно використати робочі середовища з гранично великою масою гранул. В той же час на фінішних обробних операціях з незначним зніманням металу прийнятніші робочі середовища з відносно малою масою гранул.

Очевидно, що геометричні розміри гранул взаємопов'язані з їх масою. Тому рекомендації по їх вибору аналогічні попереднім. Разом з тим, розміри гранул вибирають з умови забезпечення доступу до затінених оброблюваних поверхонь. Крім того, коли обробка поверхонь небажана, тоді розміри гранул вибирають такими, щоб вони не вдарюються з цими поверхнями.

Форма гранул робочого середовища не робить помітного впливу на продуктивність операцій віброобробки. Однак, при затрудненому доступі гранул до оброблюваних поверхонь з'являється технологічна необхідність в

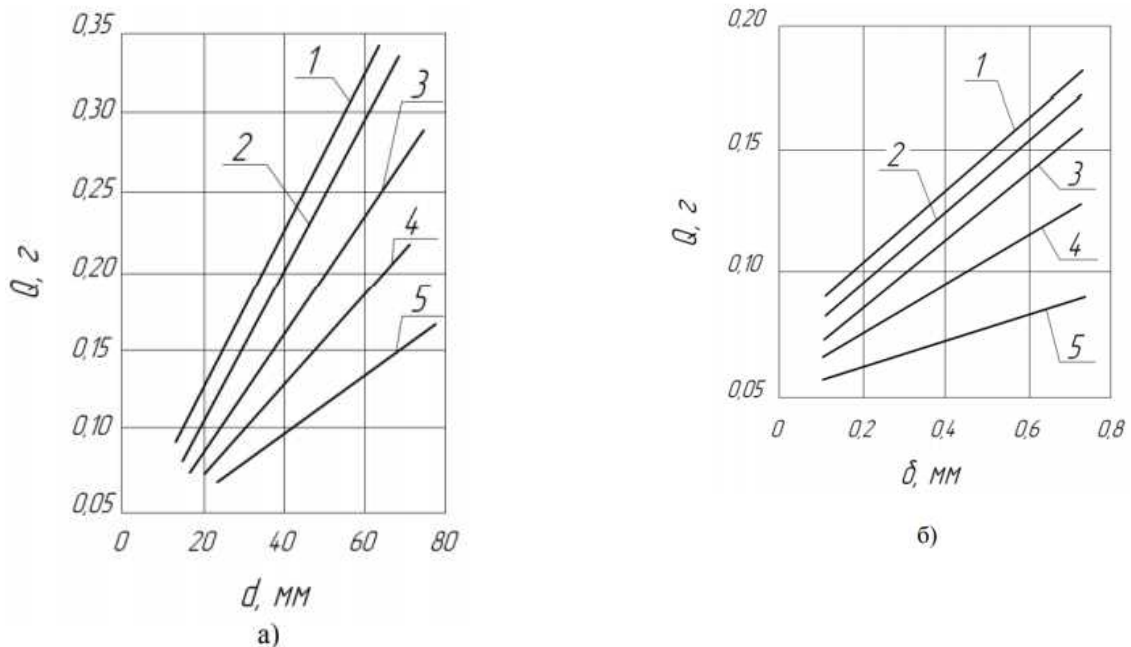
підборі раціональної форми (рис. 4.6) і розмірів гранул (рис. 4.7, а) для досягнення необхідного результату обробки.



А, В - зони затрудненого доступу гранул оброблюваних поверхонь деталі;
1 - ділянка поверхні деталі; 2 - гранули робочого середовища

Рисунок 4.4 - Схема підбору раціональної форми гранул робочого середовища для досягнення результату віброобробки

Зернистість матеріалу гранул робочого середовища в значній мірі відбивається, як на продуктивності, так і на якості операцій віброобробки (рис. 4.5, б).



1 - Ст 3; 2 - сталь 45; 3 - У10А; 4 - СЧ12-28; 5 - КЧ40-2

а) робочого б) зернистості δ

Рисунок 4.5 - Залежність знімання Q металу від розміру d матеріалу гранул

При використанні крупнозернистого матеріалу гранул, кількість зерен, що знаходяться в контакті з оброблюваною поверхнею, зменшується. В цьому випадку при інших рівних умовах, наприклад, тиску, впровадження зерна в метал відбувається на велику глибину і процес мікрорізання активніший. З іншого боку при малій зернистості істотно збільшується кількість контактів гранул з оброблюваною поверхнею деталей, але впровадження зерен в метал відбувається на невелику глибину. Це сприяє «м'якому» процесу мікрорізання при відчутному підвищенні класу чистоти поверхні.

Твердість матеріалу гранул робочого середовища є однією з основних характеристик, які суттєво впливають на продуктивність і якість операцій віброобробки. У технологіях віброобробки обсяг завантаженої в резервуар робочої середовища, як правило, перевищує обсяг оброблюваних деталей. Тому гранули в процесі циркуляційного руху соударяються один з одним частіше, ніж з деталями, а це викликає підвищений знос гранул внаслідок їх стирання і викришування зерен. Крім того, поява в робочому середовищі продуктів зносу її гранул засмічує пори між зернами і призводить до їх абразивного «засолення», а також зниження його ріжучих властивостей.

Об'ємне співвідношення гранул робочого середовища і оброблюваних деталей при їх сумісного завантаження в резервуар значною мірою впливає на продуктивність операцій віброобробки. Якщо кількість деталей в резервуарі велике, то гранули будуть контактувати з робочою поверхнями тільки окремих деталей і процес віброобробки буде протікати уповільнено. Якщо маса одночасно оброблюваних деталей менше маси робочого середовища, то потенційні можливості технології віброобробки не будуть реалізовані в повній мірі.

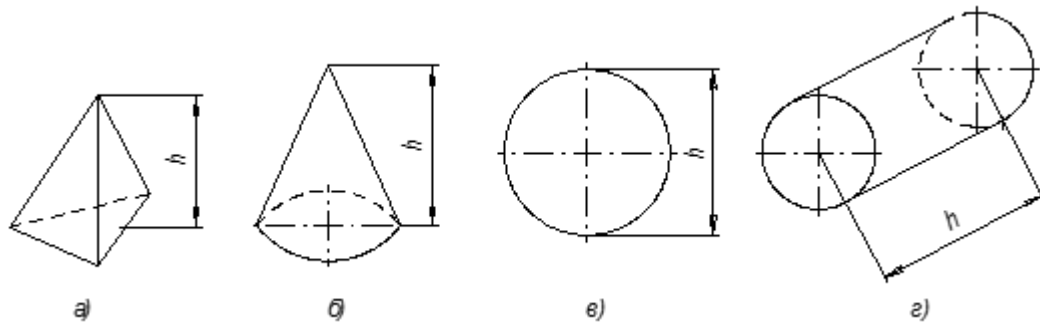
Робоче середовище при віброабразивної обробці вибирають в залежності від шорсткості вихідної поверхні, вимог до якості віброоброблюваної поверхні, а також форми і матеріалу оброблюваної деталі.

Робоче середовище складається з наповнювача і робочої рідини. В якості наповнювача застосовують: бій шліфувальних кругів (гасниця) - 14А54СВТ1-ЧТ1К; бій порцеляни; формовані абразивні гранули (ураліт і ін) 24А16НК, 24АМ40 ... М10; шліфпорошок (гексанит СГА-0, В1-09); сталеві загартовані кульки; чавунні литі зірочки; відходи штампування, вирубки; січка сталевий, латунної і алюмінієвої дроту; скляні кульки; дерев'яні кубики, обрізки шкіри, повсті. Абразивні наповнювачі можуть застосовуватися у вигляді шліфпорошка, а також гранул довільної або певної форми.

4.4 Твердість матеріалу оброблюваних деталей і форма їх поверхні

Твердість матеріалу деталі безпосередньо впливає, як на продуктивність, так і на якість оброблюваних поверхонь деталей. Чим вище твердість матеріалу, тим менше глибина впровадження абразивного зерна в поверхню деталі. При цьому, відповідно, знижується з'їм металу з оброблюваної поверхні і одночасно підвищується клас її чистоти.

Розмір і форма гранул різноманітні в залежності від умов обробки і деталей показані на (рис. 4.8 і 4.9).



а) пірамідальна; б) конічна; в) сферична; г) циліндрична

Рисунок 4.8 - Форми гранул (галтувальних тіл)

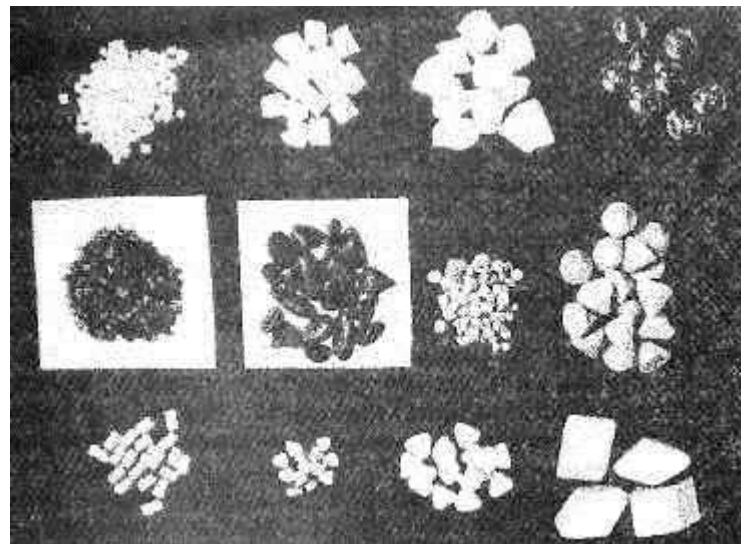


Рисунок 4.9 - Формованні абразивні гранули для віброабразивної обробки.

Форма оброблюваної поверхні також впливає на продуктивність віброобробки. Процес зіткнення гранул робочої середовища з

складнопрофільних елементами, що утворюють в конструкції деталей різного виду ніші, кишені, уступи, не завжди відбувається під оптимальними кутами, що викликає зниження знімання металу, тобто продуктивності обробки. Більш того, не виключені випадки, коли форма оброблюваної поверхні така, що зіткнення з нею гранул робочого середовища неможливо.

Зернистість абразивних матеріалів в гранулах визначає за інших рівних умов шорсткість оброблюваної поверхні абразивні тіла кожної групи зернистості, при інших рівних умовах здатні зняти цілком певну кількість металу.

Співвідношення таких знімання при віброобробки незагартованої сталі має наступний вигляд:

- зернистість абразива F400 F200 F180 F150 F100 F90 F60 (згідно ГОСТ 3647-80 «Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля»);

- відносний зєм 0,3 0,6 0,8 1 1,15 1,25 1,3 мкм.

При віброшліфування відповідальних деталей складної форми застосовують як наповнювач використовують абразивні гранули з дрібним зерном. Розміри гранул визначаються формою і розмірами закритих порожнин деталей, що підлягають обробці. У всіх випадках гранул гранули повинні бути в 2 ... 3 рази менше отворів, пазів і інших порожнин, що підлягають віброобробці, і в 2 ... 4 рази більше порожнин і отворів, що не підлягають обробці. Зі збільшенням розміру гранул при обробці деталей внавал продуктивність збільшується в 2 ... 3 рази, при обробці з закріпленням вплив розміру гранул на продуктивність незначно.

4.5 Застосування хімічно-активних розчинів

Хімічно-активні розчини чинять на процес віброобробки різну дію. У одних випадках компоненти розчинів, вступаючи в реакцію з поверхневим шаром металу деталі, міняють його властивості і ці інтенсифікують процес віброобробки. У інших умовах елементи розчину, вступаючи в хімічні реакції з металом утворюють на оброблених поверхнях плівки, які згодом легко віддаляються гранулами робочого середовища, що коливаються. Іноді хімічно-активні розчини можуть включати добавки, які сприяють відновленню різальних властивостей гранул робочого середовища, а також видаленню відходів обробки. Таким образів в усіх випадках застосування хімічно-активних

розчинів різних кількісних і якісних складів призводить до підвищення продуктивності і якості віброобробки.

Для обробки робоча рідина потрібна для змочування пилу, що утворюється в результаті зносу абразивних гранул, для відновлення їх різальних властивостей за рахунок вимивання відходів обробки, для розчинення оксидів і зниження температури робочого середовища і деталей в процесі обробки. До складу робочої рідини вводять певну кількість хімічних присадок, що виконують перераховані функції. При віброобробці потрібна замкнута система безперервного промивання, оскільки скидання цих рідин в каналізацію без нейтралізації недопустиме. Найбільш поширені робочі розчини: мильно-содовий розчин 3...5 % концентрацій; розчин ОГМ- 2 (натрій азотистокислотний NaNO_2 15%, натрій вуглекислий NaCO_3 25%, деревне борошно листяних порід 20%, мильна стружка 32%, емульгатор ОП - 7...ОП - 10 ГОСТ 8433 3%, вода 1 л на 80 г вищезгаданих компонентів); розчин АР- 1 (триетаноламін на 1 л 30...40 г, вода 1 л) [11].

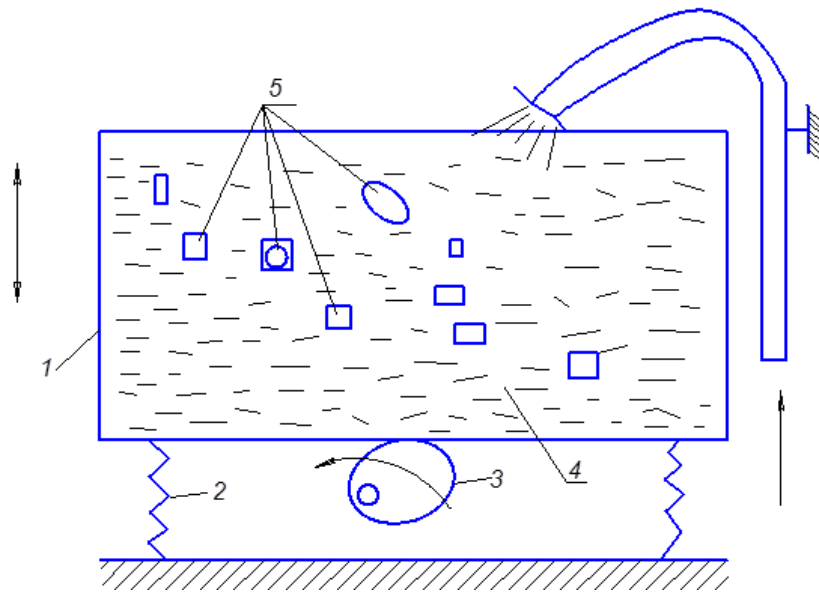
Віброабразивну обробку нержавіючих сталей і жароміцних сплавів можна здійснювати із застосуванням води без хімічних присадок. В цьому випадку резервуар і деталі крипіжних пристосувань мають бути виготовлені з антикорозійних матеріалів (чи з антикорозійних покриттям).

4.6 Принцип роботи установки

В середині ХХ століття в колишнім СРСР практично одночасно зародилися потужні наукові школи, були створені науково-дослідні інститути та проектні організації. Всесоюзний проектно-конструкторський інститут технологій і електротехнічного виробництва - м.Ленінград, експериментальний науково-дослідницький інститут металорізальних верстатів – м.Москва, інститут геотехнічної механіки академії наук – м.Дніпропетровськ, Рижський політехнічний інститут – Латвія, Львівський політехнічний інститут – м. Львів, НДІ «Вибротехнологии» – ДГТУ м. Ростов-наДону, Вибромаш – м. Ростов-на-Дону, Полтавський інженерно-будівельний інститут – м. Полтава, та інші. Серед закордонних фірм розробників та виробників вібраційних технологічних машин слід відмітити "Wibral" (Франція), "Sweco" (Швеція), "Pangborn CO", "Almco", "Abrodo-Finichers", "Roto-Finish", (США), "Vijimech" (Індія), "Walther Trowal" (Німеччина), "William Boulton Zimilted", "Almco" (Англія) котрі вирішували теоретичні та прикладні аспекти по використанню вібраційних технологій в багатьох галузях промисловості [14].

Однією з актуальних задач розвитку вібраційної обробки є вдоконаллення вже існуючих і створення нових вібраційних установок, які б дозволяли створювати більш інтенсивне перемішування робочого середовища, що в свою чергу призводить до пришвидшення рухів робочого середовища.

Віброабразивна обробка проводиться в спеціальних установках (рис.4.10), що складаються з резервуара, що приводиться в рух вібратором, системи підвіски та підстави. Форма і розміри резервуара (контейнера) при віброабразивній обробці дуже впливають на продуктивність процесу і рівномірність обробки деталей.



1 – робоча камера, 2 – пружина, 3 – вал з не сбалансованим вантажем, 4 – робоче середовище, 5 – оброблювана деталь

Рисунок 4.10 - Схема установки для віброабразивної обробки

Усі вібраційні технологічні машини (ВТМ) [15], що експлуатуються зараз у складі віброоброблюючих центрів гнучких виробничих систем промисловості на усіх етапах та стадіях віброабразивної обробки можна поділити на дві групи: універсальні станки загального призначення і спеціальні та спеціалізовані (рис. 4.11). Також слід зазначити, що промисловістю випускаються автоматичні ВТМ, автоматизовані ВТМ, ВТМ напівавтомати та неавтоматизовані ВТМ.



1 – тороїдальна вібраційна технологічна машина; 2 – вібраційний бункерний живильник; 3 – вібросепаратори; 4 – віброкоток
Рисунок 4.11 - Комплекс фірми "Walther Trowal" для віброабразивної обробки деталей

Найбільше розроблено конструкцій однокамерні універсальні неавтоматизовані ВТМ загального призначення (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 - Однокамерна універсальна неавтоматизована ВТМ загального призначення фірм SPALECK Oberflächentechnik та WaltherTrowal

Представниками таких найпростіших ВТМ є моделі: УВГ-100 (маса завантаження 300 кг), УВГ-1000 (маса завантаження 2200 кг) та ВУ-350, ВУ-850, ВУ1200 (маса завантаження 1800 кг). Дані ВТМ розроблені у НИИТМ (Научно исследовательском институте технологи машиностроения г. Ростов-на-Дону) та РИСХМ. Вібромашини аналогічного класу ВМИ1003, ВМИ-1004, ВМИ-1004А, ВМИ-1004Б також розроблялись у колишньому ВМИ (Ворошиловградському машинобудівному інституті тепер м. Луганськ).

Також конструкцій одно та багатокамерних універсальних неавтоматизованих ВТМ загального призначення розроблялись науковцями у Болгарії у ЦНИИТМАШ. Це вібромашини із лінійки ВМ-10, ВМ-480 (маса завантаження 550 кг). Прикладами звичайних циклічних (неавтоматизованих) спеціальних та спеціалізованих вібромашин загального призначення із робочою камерою прямокутної U – подібної форми є модель ВУ-100 (маса завантаження 150 кг) розроблена для зміцнення твердосплавних різців та модель W фірми "Wibrat" яка також має контейнер U – подібної форми і використовується в серійному виробництві для віброобробки невеликих деталей із різних матеріалів та сплавів після механічної обробки чи лиття під тиском.

Ширше на практиці використовуються багатокамерні циклічні вібромашини. Класичними прикладами багатокамерних спеціальних та спеціалізованих ВТМ загального призначення є УВГ-4×10 маса завантаження 115 кг, розробник РИСХМ. УВГ2×50 маса завантаження 300 кг, розробник НИИТМ, модернізований варіант даної ВТМ є ВМ-2×50 (маса завантаження 200 кг) і розробником якого виступає РИСХМ. Для даних ВТМ є характерне ручне завантаження та вивантаження оброблюваних деталей. Також до їх недоліків відноситься те, що вони не забезпечують високопродуктивну віброобробку на операціях, які суттєво відрізняються технологічними параметрами.

Також у ВТМ даного типу необхідно рівномірно завантажувати всі секції контейнера, бо недовантаження негативно впливає на характер траєкторії. Фірма "Walther Trowal" (рис. 4.13) випускає багатосекційні ВТМ циклічного типу моделі V32/2 (маса завантаження 50 кг), V300/2 (маса завантаження 400 кг), V300/4 (маса завантаження 400 кг), що забезпечують дистанційне безступеневе регулювання амплітуди та частоти коливань робочого органу.

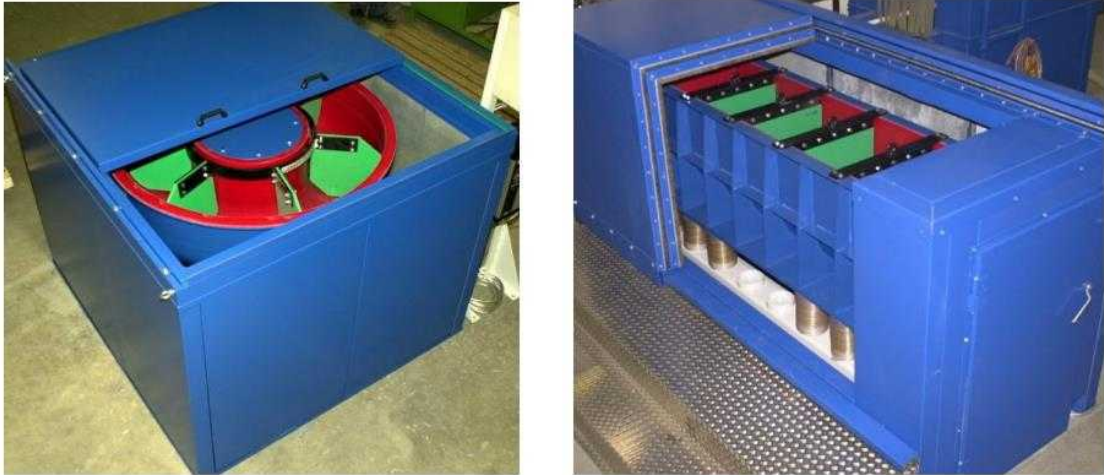


Рисунок 4.13 - Багатокамерні універсальні неавтоматизовані ВТМ загального призначення фірми Walther Trowal

Фірма "Walther Trowal" розробила ряд універсальних автоматизованої ВТМ циклічної та безперервної дії загального призначення серій VSDL, VS (VS850 маса завантаження 2000 кг), AV, DVS.

Українським науковцем П. Д. Денисовим (Львівський лісотехнічний інститут) розроблено цілу лінійку автоматизованих ВТМ загального призначення безперервної дії (СВА25, СВА-250, ..., СВА-750). Універсальні автоматизовані ВТМ загального призначення розроблялись у радянському союзі в НИИТМ. Основною особливістю їхніх автоматизованих ВТМ УВГ-70М (маса завантаження 210 кг) та УВГ-200М (маса завантаження 600 кг) є те, що вони використовували магнітні розділюючі пристрої. Розділення маси завантаження в даних автоматизованих ВТМ проходило безпосередньо в контейнері. Магнітні вивантажуючі пристрої вивантажували сталеві деталі із контейнера (300 кг за 5-10 хв.) при працюючій ВТМ без вивантаження оброблюваного абразивного середовища.

Серед напівавтоматів спіратронів (рис. 4.14) спеціального та спеціалізованого призначення безперервної дії можна відзначити модель ВУС-250 (маса завантаження 150 кг, розробник НИИТМ).



Рисунок 4.14 - Спіратрон фірми SPALECK Oberflächentechnik марка DL 1000 (потужність віброприводу 12.4 кВт, висота 1.9 м, маса 3700 кг)

Зміна амплітуди та частоти віброобробки у всіх вібромашинах серії ВУС проводиться ступінчасто. Амплітуду коливань регулюють розворотом секторних дебалансів, а зміну частоти за допомогою зміни шківів пасової передачі. На основі серії ВУС розроблено декілька модифікацій від УВСО-1, до УВСО-7 (маса завантаження 400 кг) корі призначені для реалізації оздоблювальнозачисних технологічних процесів над невеликими деталями.

Вібромашини із контейнерами кільцевої форми (тороїдальні ВТМ) широкого розповсюдження не набули, через те, що вони складніші у виготовленні та величина зйому металу у них в середньому на 20 ... 25 % менша за вібромашини із контейнером прямокутної форми. В тороїдальних ВТМ вздовж внутрішньої частини (горловини) вертикально розташований інерційний вібропривод з двома дебалансами. Встановлено, що зміною положення верхніх та нижніх дебалансів забезпечується керування амплітудою коливань тороїдальної камери. Причому верхні дебаланси при роботі ВТМ створюють сили, що слугують горизонтальному переміщенню завантаження по колу, а більш тяжчі нижні задають вертикальну складову траєкторії коливань. В результаті складання цих двох складових, робоче середовище переміщується по спіральній траєкторії навколо вертикальної осі робочої камери тороїдальної ВТМ.

Основною перевагою ВТМ такого типу є те, що в них відсутні застійні "мертві" зони. Це є причиною, що слугує більш ефективною віброобробкою деталей особливо в важкодоступних місцях деталей складної форми та виключає злипання плоских деталей під час їх обробки.

Класичними представниками спеціальних та спеціалізованих неавтоматизованих ВТМ загального призначення циклічної дії із кільцевою формою контейнера (тороїдальної) формою контейнера (рис. 4.15) є вібромашини моделей ВТУ-10 (маса завантаження 25 кг), В5-9705 (маса завантаження 110 кг) та вібромашини серії GLM та CM фірми "Walther Trowal" (GLM-250 маса завантаження 320 кг).



Рисунок 4.15 - Тороїдальні вібромашини фірм ALMCO та WaltherTrowal

В якості розділювально - вивантажувального пристрою в даній моделі застосовується роздільна решітка, що опускається в контейнер, яка проводить механічне відокремлення деталей від оброблюваного середовища та їх вивантаження після закінчення циклу віброобробки. Таке саме конструктивне рішення має автоматична вібромашина ВТУ-25 радянського виробництва (та вібромашини фірми "Walther Trowal" марки CV), яка також може використовуватись для безперервної та циклічної віброобробки в залежності від типу виробництва.

Сьогодні при конструюванні нових установок все більшу увагу приділяють створенню поряд з традиційним одновібраторним приводом (використовується один збудник вібрацій) різних схем багатовібраторних приводів, щоб підвищити продуктивність і якість обробки.

Застосування кількох малопотужних вібраторів замість одного більш потужного дає змогу рівномірно розподілити змушуючу силу по вібруючому бункері, а це дозволяє створювати установки зі значним об'ємом робочого органу (бункера) і уникати зон, в яких не відбувається активного перемішування. Також кілька малопотужних вібраторів споживають набагато

менше електричної енергії, ніж один більш потужніший, а це дозволяє заощадити значну кількість енергії.

Вібраційні машини, що використовуються на енергоємних виробництвах є великогабаритними та потужними. Найпоширенішим приводом переважної більшості таких машин є інерційний на основі дебалансних віброзбудників та привід з ексцентриком завдяки їх компактності при великій рушійній силі, відносній легкості їх розрахунку та простоті застосування. Через відсутність реальної конкуренції з боку інших типів віброзбудників, вібраційні машини, побудовані на основі цих приводів, сьогодні займають перші позиції серед класу великогабаритного вібраційного технологічного обладнання.

Кількість різновидів віброабразивної обробки, потужності віброприводів та масштаби впровадження вібротехнологій у різні сфери промисловості робить розвиток даного наукового напрямку перспективними та життєво необхідними для сучасної промисловості із повністю автоматизованими швидко переналагоджуваними технологічними лініями та процесами. Оцінка загального економічного ефекту від використання віброобладнання та вібротехнологій базується на забезпеченні заданої продуктивності (інтенсивності) або заданої якості кінцевих виробів, забезпеченні мінімальних енергозатрат на вібропривод (виробництво) та здешевленні вартості кінцевої продукції

У ТП застосовується віброабразивна обробка і проводиться на віброабразивній установці (рис. 4.16) з резервуаром об'ємом 60 л з приводом від електродвигуна потужністю 1,7 кВт, призначеної для обробки дрібних деталей із завантаженням без закріплення.



Рисунок 4.16 – Віброабразивна установка

У спеціальний резервуар, закріплений на підставці і стоїть на амортизаторах, засипають абразивні гранули, заливають робочу рідину і повідомляють механічні коливання з частотою 20 ... 50 Гц і амплітудою від 1 до 6 мм.

Під дією коливань робоче середовище і деталі, вільно завантажені в резервуар, приходять в інтенсивний рух.

Розрізняють два види руху робочого середовища: місцеве (осцилююче) і загальне (кругове).

Місцевий рух кожної частинки окремо визначається частотою (амплітудою) коливань і забезпечує рівномірність обробки складних, в тому числі і важкодоступних поверхонь деталей. Загальний рух - спрямоване кругове обертання всієї робочої середовища, що створюється механічними коливаннями резервуара при роботі віброустановки в режимі підкидання частинок. Правильне поєднання цих двох рухів забезпечує максимальну продуктивність даного методу.

Частинки робочого середовища відрізняються за своєю масою від оброблюваних деталей, під дією вібрацій переміщуються щодо поверхні цих деталей зі змінною швидкістю. При цьому можливі прослизання частинок по поверхні деталей з певним тиском, мікроудари, прокатування, поворот.

При переміщенні по поверхні деталей, абразивні гранули знімають найдрібніші частинки металу, при мікроудари відбувається часткове вдавнення металу і місцеве зміцнення в місцях контакту абразивних зерен з поверхнею деталі.

4.7 Загальні технологічні рекомендації

При розробці і виконанні технологічних операцій віброабразивної обробки деталей необхідно враховувати ряд факторів і вимог загального характеру, що впливають на процес:

а) застосування віброабразивної обробки найбільш ефективно при заміні ручних слюсарно-обпилювальних, полірувальних-оздоблювальних робіт і при обробці деталей складної конфігурації;

б) віброустановки дозволяють одночасно обробляти деталі різні за вагою, габариту і матеріалу. Що дозволяє застосувати груповий метод віброобробки;

в) при завантаженні та розвантаженні резервуара враховують наступне: дрібні деталі з низьким вихідним класом шорсткості поверхні слід завантажувати навалом; великі - поштучно; точні деталі оберігають від падінь і

завантажують тільки поштучно; елементи поверхні деталей, які не можуть піддаватися обробці закривають гумою, воском;

г) щоб уникнути сильного забруднення робочого середовища необхідно перед завантаженням видалити з поверхні деталей бруд і мастило;

д) об'ємне співвідношення оброблюваних деталей і наповнювача від 1: 2 до 1:10.

4.8 Підвищення продуктивності технологічного процесу

Розвиток і зміцнення економіки підприємств, розв'язання багатьох соціально-економічних проблем можливі лише за умови підвищення рівня продуктивності праці.

Економічна суть підвищення продуктивності праці полягає в тому, що зменшується кількість її затрат на виробництво одиниці продукції, або є рівнозначним збільшення обсягів виробництва продукції при затратах однієї і тієї ж кількості часу. Прискорення темпів підвищення рівня продуктивності праці має велике значення і відіграє важливу роль, а тому є об'єктивною необхідністю у розв'язанні багатьох економічних і соціальних проблем.

В плануванні підвищення продуктивності праці використовуються абсолютні показники, які характеризують рівень продуктивності праці, та відносні, що визначають динаміку її зростання. В практиці планування зростання продуктивності праці, залежно від мети й об'єкта найбільшого поширення набули два методи:

- метод прямого розрахунку на основі трудомісткості виробничої програми (виробітку) - більшою мірою застосовується при плануванні продуктивності праці на дільницях, цехах, робочих місцях;

- метод планування за техніко-економічними факторами - застосовується в цілому на підприємстві (фірмі).

Виробіток (W) - це кількість продукції, виробленої за одиницю робочого часу або яка припадає на одного середньоспискового працівника чи робітника за певний період (годину, зміну, місяць, квартал, рік).

На підприємстві продуктивність праці визначається за формулою:

$$W = \frac{Q}{T}, \quad (4.9)$$

де Q - обсяг виробництва продукції підприємства за певний період;

T - загальні витрати праці на виробництво продукції, які вимірюються в людино-годинах, людино-днях, людино-місяцях або людино-роках.

Виробіток центральне місце під час створення плану з інтенсифікації та підвищення ефективності трудової діяльності. Завдання щодо підвищення продуктивності праці орієнтує підприємство на випуск продукції з найменшими трудовими витратами, стимулює зростання виробництва і одночасне зменшення собівартості продукції.

Рівень продуктивності праці на підприємстві та можливості її підвищення визначаються рядом факторів зростання на (рис. 4.17). Під факторами зростання продуктивності праці проглядаються причини, які зумовлюють зміну її зростання. На зростання продуктивності праці впливають матеріально-технічні фактори на (рис. 4.18).



Рисунок 4.17 – Фактори продуктивності праці



Рисунок 4.18 – Матеріально-технічні фактори продуктивності праці

5 ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ

5.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі «Шестерня»

Зубчаста передача - механізм, що має два зубчасті колеса, які можуть повертатися навколо осей, їх відносні положення зафіксовано й одне зубчасте колесо повертає інше за допомогою послідовної дії зубців, які перебувають у контакті. Призначення:

- передача обертального руху між валами, які можуть мати паралельні, пересічні і такі, що схрещуються осі;

- перетворення обертального руху в поступальне, і навпаки.

В порівнянні з іншими механічними передачами, зубчасті передачі мають ряд незаперечних переваг :

- велика довговічність і висока надійність;
- високий ККД; - постійність передатного відношення - плавність роботи;
- можливість застосування в широкому діапазоні моментів, швидкостей і передатних стосунків;

- малі габарити конструкції; - висока точність;

- простота експлуатації і т.д.

У зубчастому зачепленні рух передається за допомогою сили нормального тиску в точці контакту зубів F . У прямозубой циліндричній передачі сила F спрямована по лінії зачеплення.

Основний критерій працездатності зубчастих передач - міцність зубів. Під впливом сили F і сили тертя зуб знаходиться в умовах напружено-деформованого стану. На працездатність зубчастої передачі найбільший вплив робить наступна напруга:

- контактна напруга σ_H - діють в точці контакту двох зубів;

- вигиниста напруга σ_F - діють в основі зуба .

Напруга σ_H і σ_F змінюється по дискретних пульсуючих циклах, що стає причиною виходу з ладу зубів, внаслідок вифарбовування поверхонь зубів. Сили і напруги, що діють на зуби в зачепленні циліндричної прямозубой передачі (рис. 5.1).

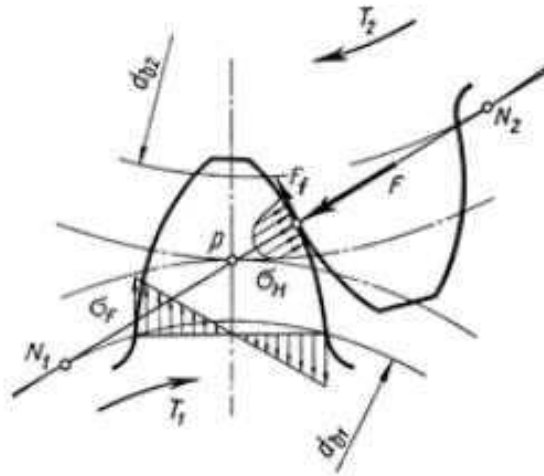


Рисунок 5.1 - Зусилля і напруги, що діють в зачепленні зубчастій передачі

Поломка носить втомний характер, оскільки кожен зуб входить в зачеплення періодично, крім того в процесі зачеплення міняється плече додатка сили, тобто змінюється величина моменту, що вигинає. Окрім цього, внаслідок дії дискретної за величиною напруги в ділянці контакту виникають втомні тріщини, які в наслідок призводять до відділення часток металу.

Руйнування зубів, викликані контактною напругою –це вифарбовування. Вифарбовування активних поверхонь зубів - явище, викликане появою в зубчастому зачепленні контактної напруги, під якою розуміється напруга, що виникає в зоні контакту при початковому лінійному або точковому торканні тіл, що знаходяться під дією стискаючого навантаження (рис. 5.2).

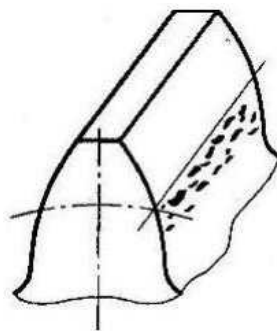


Рисунок 5.2 - Вифарбовування активних поверхонь зубів

Напруги які виникають при вигині зубчастої передачі, викликають появу мікротріщин, вони виникають в зоні максимальної концентрації напруги, в місці переходу зубів в обід колеса. Мікротріщини, що з'явилися, при подальшій роботі зубчастої передачі поширюються в глиб зуба. Поломка зубів є найбільш

небезпечним видом руйнування, що призводить до виходу з ладу передачі і часто до ушкодження інших деталей (рис. 5.3).

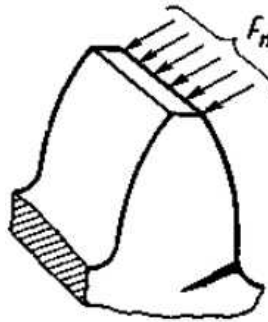


Рисунок 5.3 - Тріщина зуба, викликана вигинистою напругою

Напружено-деформований стан - сукупність внутрішньої напруги і деформацій, що виникають при дії на неї зовнішніх навантажень, температурних полів і інших чинників. Напряженнодеформированное стан визначається розрахунковими і експериментальними методами у вигляді розподілу напруги, деформацій і переміщень в конструкції і є основою для оцінки статичної міцності і ресурсу конструкцій на усіх етапах життєвого циклу.

Аналіз напружено-деформованого стану зубчастого зачеплення потрібний для оцінки міцності зубчастої передачі. Основним завданням такого дослідження є розрахунок зубів на контактну і вигинисту міцність. Розрахунок зубів на міцність нині рекомендується проводити відповідно до ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность».

Проблема дослідження напружено-деформованого стану зубчастих передач із складною геометричною формою робочих поверхонь зубів полягає у відсутності для них розрахункових методів. Оцінювати напружено-деформований стан передач доцільно за допомогою методу кінцевих елементів. Нині для моделювання напружено-деформованого стану використовують наступні CAD системи: ANSYS, КОМПАС- 3D, SolidWorks, Autodesk Inventor. Критерії для вибору CAD системи : точність розрахунку, доступність, простота використання.

Система APM FEM є інтегрованою в КОМПАС- 3D інструмент для підготовки і подальшого звичайно-елементного аналізу тривимірної твердотілої моделі (деталі або збірної одиниці).

Підготовка геометричної 3D -моделі і завдання матеріалу здійснюється засобами системи КОМПАС- 3D. За допомогою АРМ FEM можна прикласти навантаження різних типів, вказати граничні умови, створити звичайно-елементну сітку і виконати розрахунок. При цьому процедура генерації кінцевих елементів проводиться автоматично.

АРМ FEM дозволяє провести наступні види розрахунків :

- статичний розрахунок;
- розрахунок на стійкість;
- розрахунок власних частот і форм коливань;
- тепловий розрахунок.

В результаті виконаних системою АРМ FEM розрахунків Ви можете отримати наступну інформацію:

- карту розподілу навантажень, напруги, деформацій в конструкції;
- коефіцієнт запасу стійкості конструкції;
- частоти і форми власних коливань конструкції;
- карту розподілу температур в конструкції;
- масу і момент інерції моделі, координати центру тяжіння.

Відкриваємо 3D модель деталі «Шестерня» в програмі КОМПАС- 3D (рис. 5.4).

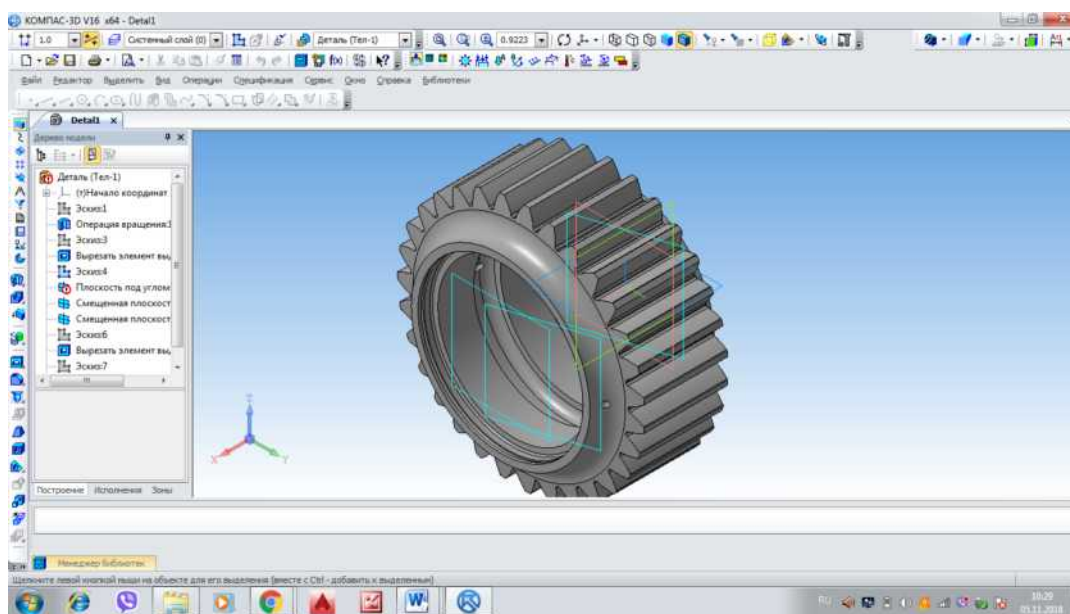


Рисунок 5.4 - 3-D модель деталі «Шестерня» в програмі КОМПАС- 3D

Для підключення системи АРМ FEM необхідно запустити «Менеджер бібліотек» і стане доступна панель інструментів АРМ FEM: «Анализ на

прочность». (рис. 5.5). Перед початком роботи з бібліотекою АРМ FEM рекомендується перебудувати модель (клавіша F5).

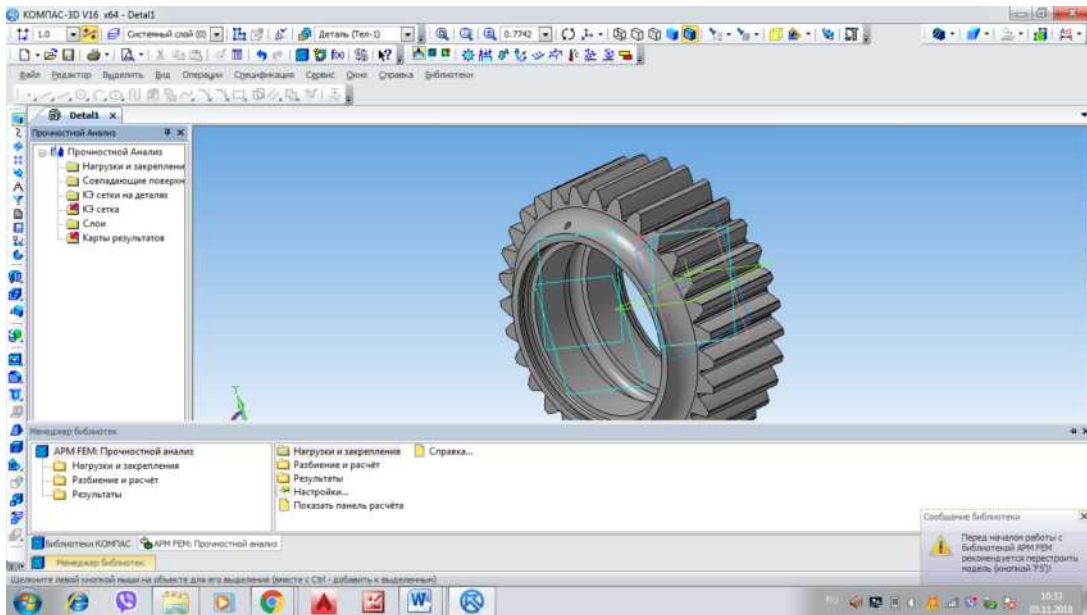


Рисунок 5.5 - Бібліотека системи АРМ FEM: Аналіз на міцність

В діалоговому вікні вибираємо вкладку «Нагрузки и закрепления» (рис. 5.6).

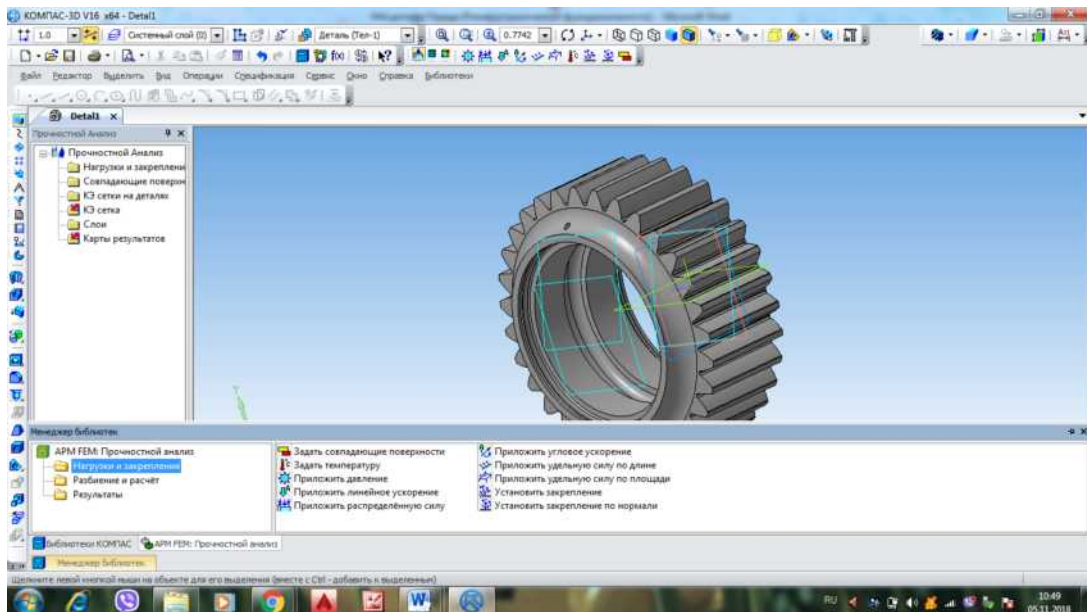
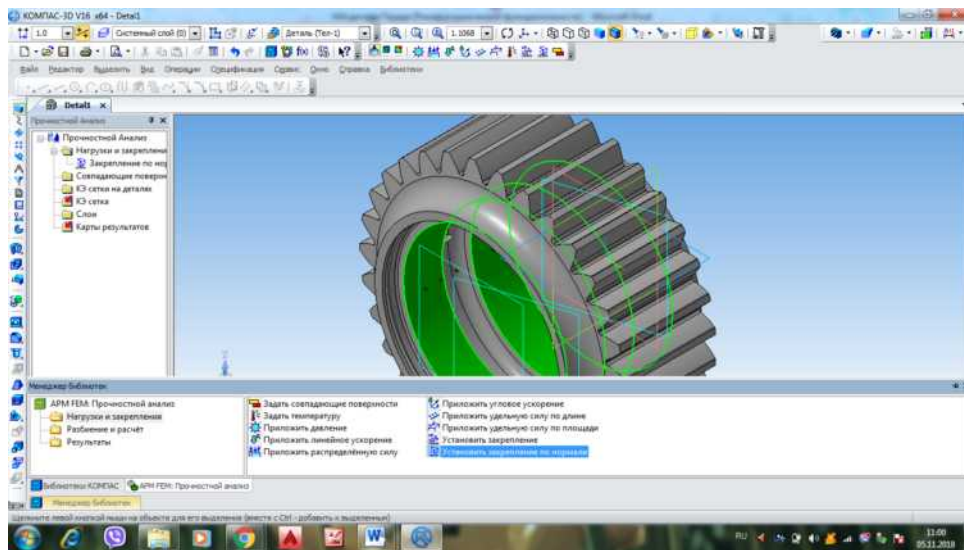


Рисунок 5.6 - Вкладка «Нагрузки и закрепления»

Вибираємо команду «Установить закрепление по нормали», вказуємо

закріплення по нормалі – внутрішній діаметр деталі (рис. 5.7).

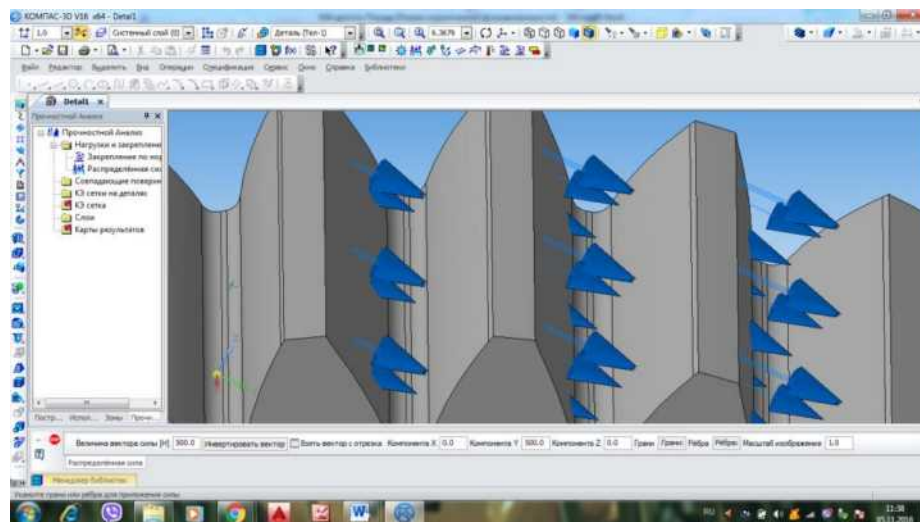


4) Информация о закреплениях по нормали

Наименование	Выбранные объекты
Закрепление: Закрепление по нормали:1	Грани: 2

Рисунок 5.7 - Закріплення деталі

Вибираємо команду «Приложить распределенную силу» і прикладаємо рівномірно розподілену силу до грані зуба з силою 500 Н (рис. 5.8).



3) Информация о нагрузках

Наименование	Выбранные объекты	Параметры нагрузки
Распределенная сила: Распределённая сила:1	Грани: 9	Вектор силы: $X = 0; Y = 500; Z = 0$ Величина: 500 Н

Рисунок 5.8 - Навантаження деталі

Для аналізу вибираємо вкладку «Разбиение и расчет», натискаємо команду «Генерация КЭ сетки» (рис. 5.9).

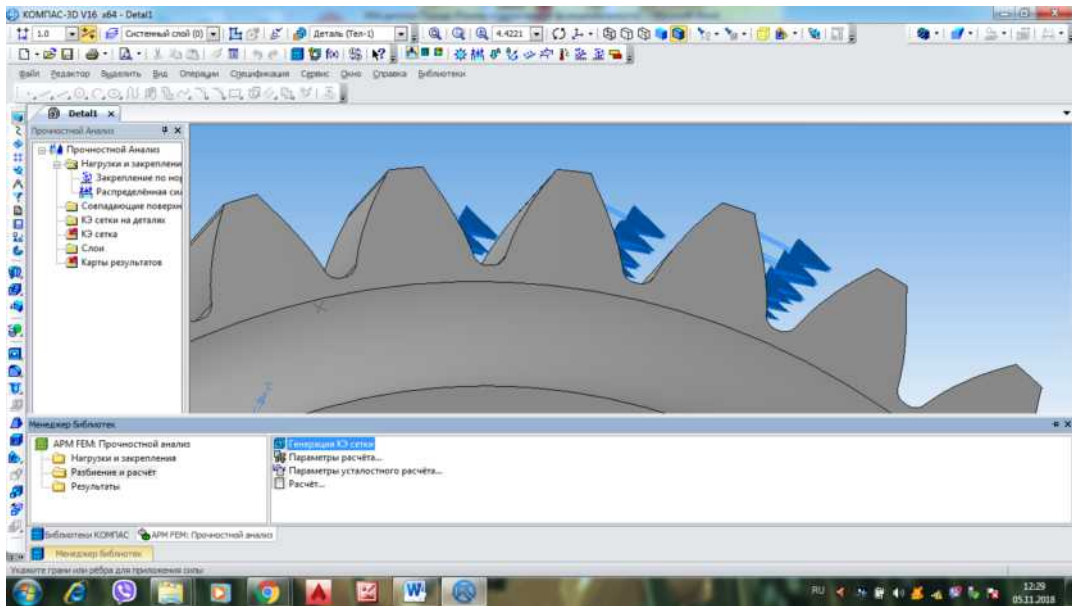


Рисунок 5.9 - Генерация Кінцевих елементів сітки

Заповнюємо параметрами цієї операції: максимальна довжина сторони елемента, максимальний коефіцієнт згущування на поверхні і коефіцієнт розрідження в об'ємі (рис. 5.10). Отримаємо результати розбивки деталі на кінцві елементи (рис. 5.11).

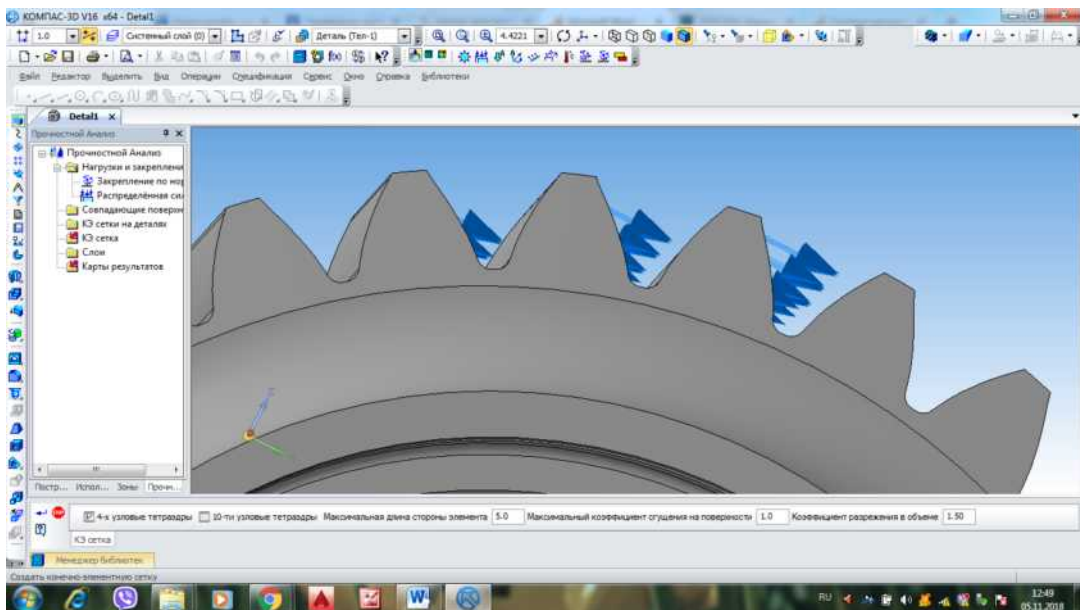
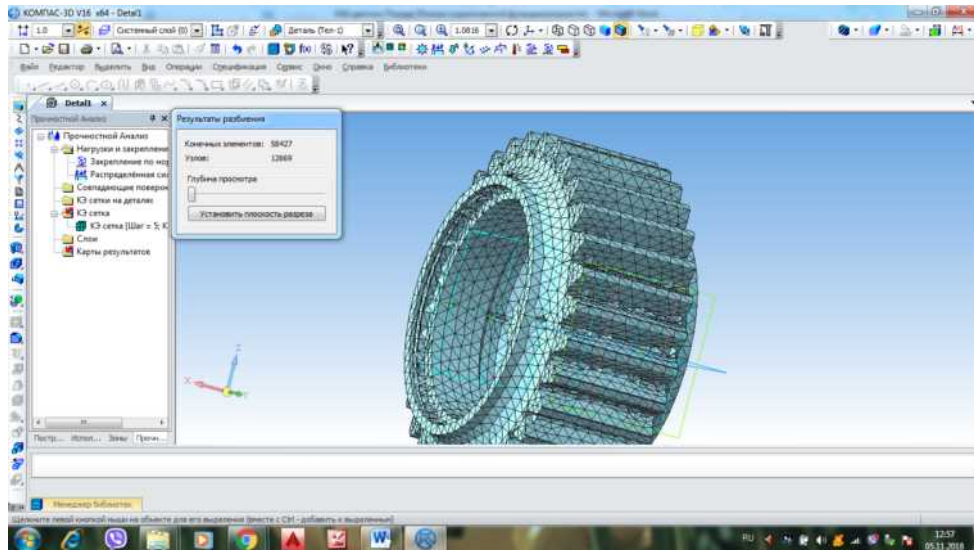


Рисунок 5.10 - Параметры кінцевих елементів сітки



Параметры и результаты разбиения

Наименование	Значение
Максимальная длина стороны элемента [мм]	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1.5
Количество конечных элементов	58427
Количество узлов	12669

Рисунок 5.11 - Результаты разбиения деталі на кінцеві елементи

Вибираємо вкладку «Разбиение и расчет», натискаємо команду «Расчет» і вибираємо «Статистический расчет» (рис. 5.12).

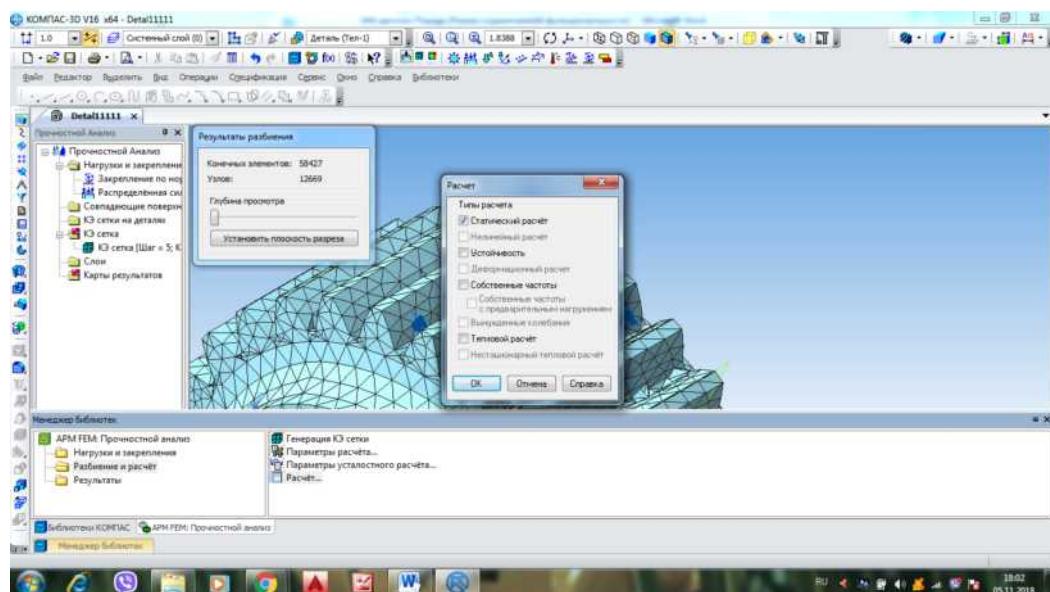


Рисунок 5.12 - Запуск статистичного розрахунку

Після натискання кнопки «ОК» з'являється діалогове вікно «Идет расчет» (рис. 5.13).

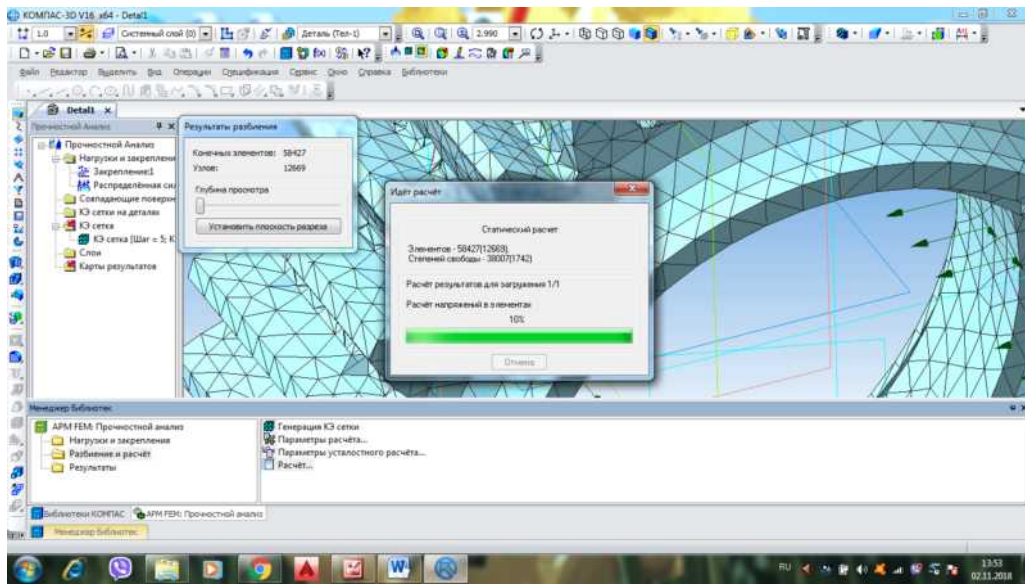


Рисунок 5.13 - Статистичний розрахунок

Для перегляду результатів розрахунку натискаємо вкладку «Результаты» і команду «Карта результатов» (рис. 5.14).

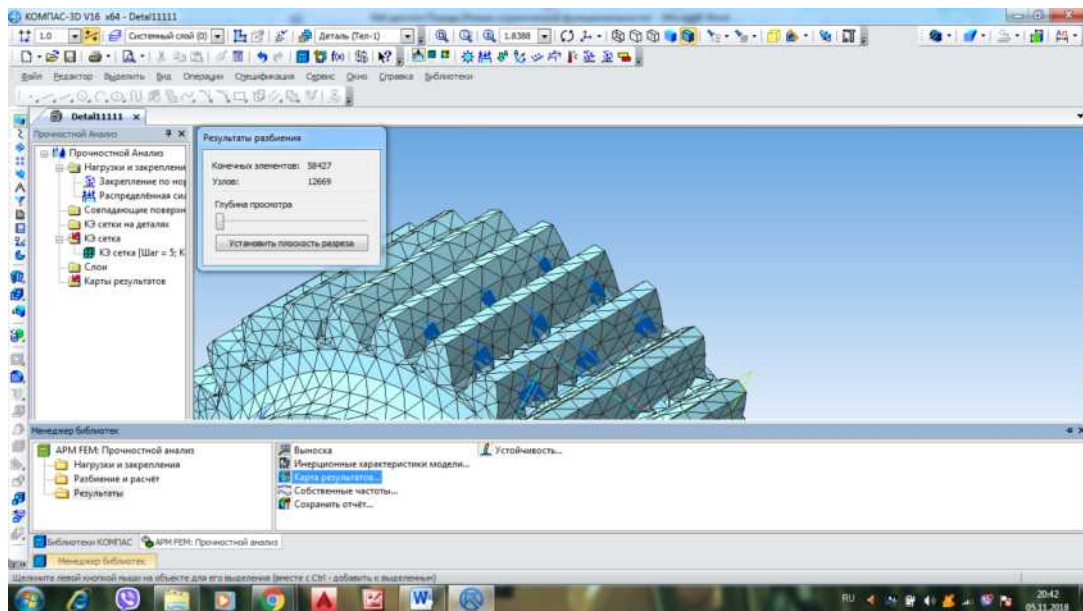


Рисунок 5.14 - Вкладка результатів

З'являється діалогове вікно «Параметры вывода результатов» (рис. 5.15).

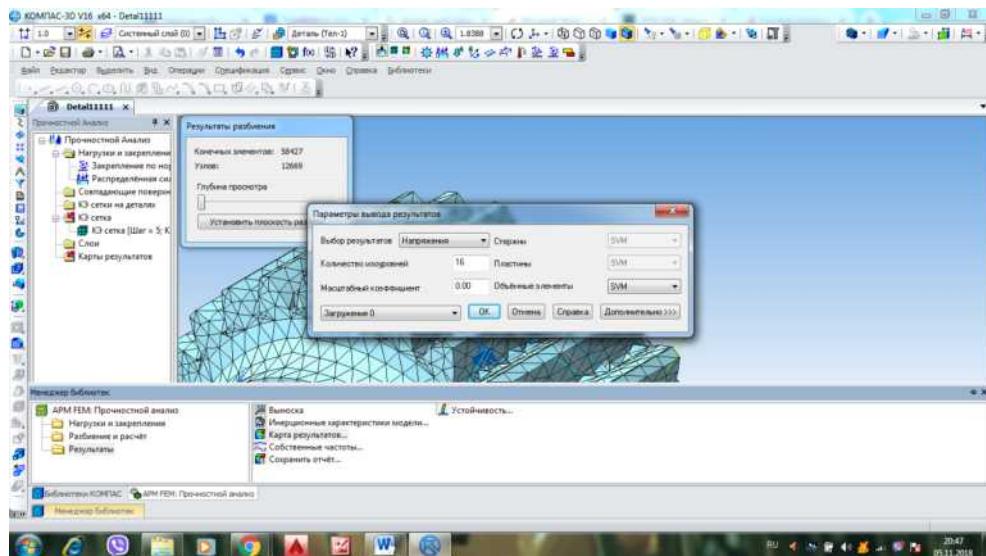
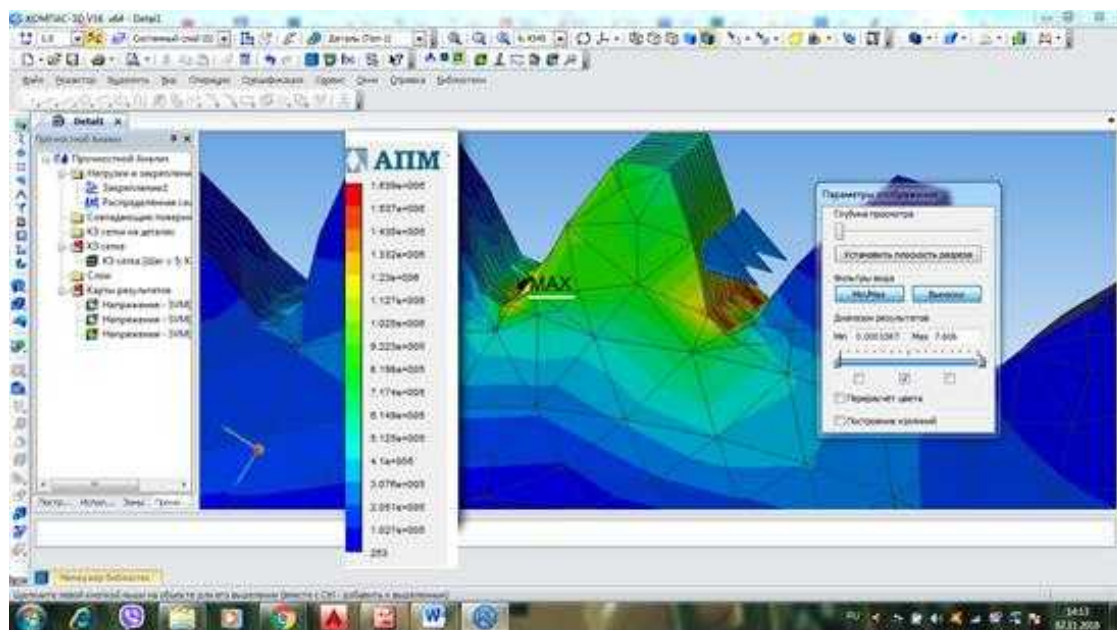


Рисунок 5.15 - Параметры вывода результатов

Після виклику результати доступні в дереві розрахунку на міцність. Налаштування відображення результатів, діапазон і параметри редагування доступні через команди контекстного меню (рис. 5.16).



б) Результаты

Инерционные характеристики модели

Наименование	Значение
Масса модели [кг]	2.397484
Центр тяжести модели [м]	(0.032046 ; -0.000006 ; -0.000008)
Моменты инерции модели относительно центра масс [кг*м ²]	(0.003015 ; 0.003115 ; 0.003116)
Реактивный момент относительно центра масс [Н*м]	(5.458116 ; -9.698502 ; -9.878485)
Суммарная реакция опор [Н]	(-7.72362 ; -449.31684 ; -544.692268)
Абсолютное значение реакции [Н]	706.14088
Абсолютное значение момента [Н*м]	14.88074

Результаты статического расчета

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	253.045326	1639413.456353

Рисунок 5.16 - Результаты розрахунку

Як показали розрахунки найбільш важливою та небезпечною ділянкою профіля зуба є впадина та перехід від бокової поверхні до западини. Це показано на рис. 5.16 червоним кольором. В цій зоні в процесі експлуатації можуть виникати мікротріщини в поверхневому шарі, що призведе до обрива зубата виходу з експлуатації всього механізму.

Отримані розрахунки дають можливість визначити напружено-деформований стан поверхні зуба деталі «Шестерні» ще на етапі проектування. Це дає можливість використовувати результати для внесення змін в технологічному процесі обробки. Для підвищення контактної міцності поверхні зубів рекомендовано використання операцій обробки профілю зубів цементация, хонінгування та операція ультразвукового зміцнення.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Охорона праці - це система законодавчих актів і норм, спрямованих на забезпечення безпеки праці, і відповідних їм соціально-економічних, організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів.

В дипломному проекті передбачено організація механічної ділянки з виробництва деталі «Шестерня». При порушенні трудової дисципліни, правил техніки безпеки та санітарно-технічних нормативів, на даній ділянці, присутні небезпечні виробничі фактори: обертові і рухомі механізми токарних, зубофрезерних, шліфувальних верстатів, заготовки які обробляються, ріжучі інструменти різці, фрези, свердла, розбризкування змазувально - охолоджуючої рідини, вібрації, підвищений рівень шуму, електричний струм.

Потенційні ризики, пов'язані з негативним впливом виробничих факторів фізичного характеру можна віднести: небезпеки, викликані на людину електричною енергією, статичною електрикою, гідравлічної, пневматичної і іншими видами енергій. Наприклад: ураження струмом може статися в результаті порушення правил електробезпеки, несправність обладнання. Існують небезпеки, які виникають при дослідженні зразків чи деталей на профілографі-профілометрі, що може бути пов'язано з незнанням або порушенням правил безпеки, які зазначені в технічній документації на це обладнання.

Крім того, в цеху можуть виникати небезпеки, викликані технічними причинами. Наприклад: при обробці металів утворюється стружка, яка сходить в хаотичному порядку і якщо не використовувати захисну огорожу, то є ймовірність попадання стружки на робітника і оточуючих. Неправильно встановлена і закріплена деталь, під час обробки під дією сил різання або крутного моменту може вивільнитися, що може призвести до людських жертв, а так же нанести непоправної шкоди дорогому обладнанню. Неправильно підібраний ріжучий інструмент та режими різання призводять до збільшення шуму і вібрації. Несправність обладнання і механізмів, який займається обробкою інструменту. Відсутність захисної огорожі, систем сигналізації.

Потенційні ризики, пов'язані з негативним впливом виробничих факторів психофізіологічного характеру можна віднести: підвищену напруженість і інтенсивність трудових процесів, розумове перенапруження. Наприклад: погіршення або уповільнення реакції робочого в результаті виконання

одноманітної монотонної роботи - одноманітним і багаторазовим повторенням одних і тих же трудових рухів, на слюсарних операціях.

Потенційні ризики, пов'язані з негативним впливом виробничих факторів санітарно - гігієнічного характеру можна віднести: параметри повітря: температура, вологість, вплив випаровування емульсії, концентрації пилу, підвищений рівень шуму і місцевої вібрації.

Для нормального фізіологічного стану людини, тепло яке виділяється організмом має відводитися в навколишнє середовище. Порушення цього балансу в літню пору при інтенсивній фізичній роботі може привести до перегріву, підвищеної втоми. У зимовий період при низьких температурах організм переохолоджується, судини звужуються, в'язкість крові підвищується, відповідно зменшується приплив крові до кінцівок, що тягне за собою переохолодження застуди і захворювання.

При високій вологості повітря може порушуватися діяльність серцево - судинної системи, частішати серцебиття і зниження тиску. А так же з'являється ймовірність отримання теплового удару.

Отруєння парами змазувально - охолоджуючої рідини на масляній основі особливо в жаркий період може викликати запаморочення робочого, що загрожує отриманням травми.

Шум несприятливо впливає на людину, при підвищеному рівні шуму 80-85дБ створюються некомфортні умови для праці. Тривалий і інтенсивний шум впливає на центральну нервову і серцево - судинну системи і може викликати професійну хворобу «Тугоухість».

Джерелами вібрації є механічний, електричний і пневмотичний інструмент. При місцевій вібрації 35-50Гц на полірувальних операціях, виникає ймовірність загострення професійних хвороб - вібраційна хвороба зі спазмом кровоносних судин кінцівок.

До потенційних небезпек, пов'язаних з порушенням правил пожежної безпеки можна віднести: порушення правил пожежної безпеки, коротке замикання, небезпеки, викликані екстремальними температурами. Наприклад: в результаті накопичення зарядів статичної електрики, перегріву або короткого замикання, так і газів, рідин, стружки, пилу, парів та інших речовин, які застосовуються або виділяються в навколишнє середовище в процесі обробки, а також інших факторів, виникає ймовірність пожежі.

Важкі нещасні випадки відбуваються в результаті падіння кранів, поломки металоконструкцій, розрив тросів і лебідок у через перевантаження. Основними вимогами безпеки, що пред'являються до конструкції машин і

механізмів, є: безпека для здоров'я і життя людини, надійність, зручність експлуатації. Загальні вимоги безпеки встановлені ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Потенційні ризики, пов'язані з недбалими діями персоналу в умовах надзвичайної ситуації можна віднести: некомпетентність робочих, погане навчання персоналу, відсутність ефективного управління.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання травматизму на виробництві розроблений ряд організаційних і технічних заходів.

Для виключення можливого ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу, в роботі передбачені:

– організаційні заходи (проведення навчання з правил електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на третю або четверту з електробезпеки, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»)

– технічні заходи (враховуючи, що електроживлення електрообладнання приміщення з ПК здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц., відповідно до вимог «ПУЕ-2014», електрообладнання в приміщенні з ПК, характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом).

Використовуючи ДСТУ Б В.2.5-82:2016. «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом» була визначена група електробезпеки - 2 небезпечна. До цієї групи належать приміщення, що характеризуються наявністю в них одного з таких умов, що створюють небезпеку: вологості (відносна вологість 75%) струмопровідних підлог (металевих); струмопровідного пилу; можливості одночасного дотику людини до яких з'єднання з землею металокопункцій будинків, технологічним апаратам, механізмам і т. п., з одного боку, і металевих корпусів електрообладнання - з іншого.

Для виключення отримання травм в результаті психофізіологічного перенапруження в проекті передбачені організаційні заходи: оцінка напруженості праці на підставі обліку всіх наявних значущих показників, які

можуть перевищувати нормативні рівні згідно «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Технічні заходи: впровадження механізації праці - комплекс заходів, які передбачають широку заміну ручних операцій машинами і механізмами, заміна слюсарних операцій на віброабразивну обробку опер. 070, впровадження автоматичних верстатів з ЧПК – токарна операція з ЧПК 030.

Для систематичного підтримання порядку на робочих місцях згідно ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» та ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» передбачено на робочому місці не повинно бути нічого зайвого, все повинно бути зосереджено навколо робочого на можливо близькій відстані, але так, щоб не заважати його вільним рухам, все, чим під час роботи доводиться частіше користуватися, потрібно мати у своєму розпорядженні ближче, укладати предмети необхідно таким чином, щоб місце їх розташування відповідало природним рухам рук робітника, заготовки та готові деталі не повинні захаращувати робоче місце, інструменти і пристосування.

Для уникнення отримання професійних хвороб і травм під впливом санітарно - гігієнічних факторів передбачені організаційні заходи: оцінка умов праці при впливі на працюючого непостійного шуму здійснюється за результатами вимірів еквівалентного рівня звуку інтегруючим вимірювачем шуму згідно «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Гігієнічна оцінка постійної вібрації (загальної, локальної), що діє на працюючих здійснюється згідно ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій».

При роботі з джерелами іонізуючих випромінювань здійснюють контроль і оцінку параметрів радіаційного фактора відповідно до НРБУ-97. Норми радіаційної безпеки в Україні.

Технічні заходи:

- Проведення попередніх та періодичних медичних оглядів осіб, які працюють у шкідливих умовах згідно наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій». Забезпечення працюючих у шкідливих умовах лікувально - профілактичних обслуговуванням і т.д .

Одяг робочих, які виконують токарні та фрезерні роботи повинна відповідати ГОСТ 27585-87 «Костюми чоловічі для захисту від загальних і виробничих забруднень і механічних впливів».

В цеху механічної обробки для переміщення промислового обладнання, а так само деталей масою більше 20 кг повинні використовуватися підйомно - транспортні механізми згідно ГОСТ 12.3.020-80 «ССБТ. Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности».

Підйомно-транспортні механізми - машини, призначені для переміщення вантажів вертикальної, горизонтальної та похилої площинах на відносно невеликі відстані в межах механічного ділянки, цеху, заводу. Підйомно-транспортні механізми є основним засобом механізації підйомно-транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт в промисловості. До них відносяться: вантажопідйомні машини, домкрати, лебідки, крани.

Головним небезпечним фактором є те, що ПТМ і інші транспортні засоби мають безліч обертових і переміщаються механізмів і частин обладнання. Для кранового обладнання постійні переміщення самого крана є необхідною умовою технологічного процесу переміщення вантажів. Аварії і нещасні випадки відбуваються найчастіше через порушення правил безпеки і експлуатації. Найбільша кількість важких травм відбувається при переміщенні вантажів насамперед через неправильну стропування вантажу або через неузгоджені дії кранівника і стропальника, неправильних або помилкових дій того чи іншого.

Наступним небезпечним фактором, на який слід звернути увагу, є вантаж, що піднімається, який і без здійснення помилкових дій, при використанні справних строп і правильного стропування може виявитися причиною травмування.

Одним з найбільш небезпечних факторів є знаходження людей в небезпечній зоні. Саме це дуже часто і є основною причиною нещасних випадків при виникненні непередбачуваних ситуацій, в тому числі і чисто технічного характеру. При підйомі вантажу знаходження людей в небезпечній зоні, в тому числі і стропальника, забороняється. Розмір небезпечної зони визначається відповідно до схеми в НПАОП 63.1-7.26-86 ОСТ 23.33-86. «Обеспечение безопасности эксплуатации внутризаводского автотдорожного транспорта».

Для запобігання нещасних випадків і травматизму конструкція виробничого обладнання повинна виключати на всіх передбачених режимах роботи навантаження на деталі і складальні одиниці, здатні викликати

руйнування, які становлять небезпеку для працюючих. ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

При переміщенні вантажу підйомно-транспортним устаткуванням слід використовувати тільки марковані, справні, відповідні вантажопідйомності, що пройшли огляд і випробування, змінні вантажозахоплювальні органи і знімні вантажозахоплювальні пристрої.

Не допускається переміщення вантажу підйомно-транспортним устаткуванням над приміщеннями і транспортними засобами, де знаходяться люди, а також знаходження робітників на вантаж.

У місцях виконання вантажно-розвантажувальних робіт і в зоні дії вантажопідйомних механізмів забороняється знаходитися стороннім особам. На частині вантажопідйомальних кранів, які в процесі експлуатації можуть бути джерелом небезпеки для осіб, які перебувають на крані або в зоні його дії, а також становлять небезпеку при транспортуванні крана, слід наносити попереджає забарвлення у вигляді смуг, що чергуються жовтого і чорного кольорів. Допускається наносити попереджає забарвлення частин кранів, що переміщуються по автомобільним дорогам, виконувати у вигляді смуг червоного і білого кольорів - ГОСТ 12.2.058-81 «Краны грузоподъемные к цветовому обозначению частей крана, опасных при эксплуатации».

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Під час роботи на робочих впливають різні шкідливі фактори виробничого середовища (температура, вологість, шум, вібрація, пил, випромінювання, освітленість тощо).

Для поліпшення гігієни праці та виробничої санітарії на ділянці цеху здійснюються технічні заходи, які спрямовані на оздоровлення повітряного середовища робочої зони, вимог гігієни, збереження здоров'я і високого рівня працездатності людини.

Відповідно до ДНАОП 0.03-3.01-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств» СН 245-71 механічна ділянка відноситься до V класу за санітарною класифікацією, і має розмір санітарно-захисної зони 50 м.

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху (ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень») вказані в табл. 61.

Таблиця 6.1 - Метеорологічні умови на ділянці

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний період	Середньої важкості	18-20	60-40	0,2
Теплий період		21-23	60-40	0,2

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсування втрат в холодну пору року, передбачено влаштування системи опалення відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Встановлено опалювальні повітряні завіси при вході. Застосовується центральна система водяного опалення. Вентиляція застосовується загально обмінна припливна - витяжна, в місцях з шкідливими виділеннями: надлишкового тепла, вологи, пара, газів і пилу влаштована місцева вентиляція.

У теплий період часу застосовується природна і механічна вентиляція з подачею повітря на робочого $20 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Коливання температури повітря по горизонталі в робочій зоні, а також протягом зміни допускається до 5°C , при цьому абсолютні значення температури повітря, виміряної на різній висоті і в різних ділянках приміщень протягом зміни, не виходять за межі допустимих величин.

Освітленість робочої зони відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» забезпечується лампами люмінесцентними типу ЛБ, світильник ЛСП. Освітлення в цеху передбачено 200 лк. На кожному робочому місці влаштовано місцеве освітлення лампами розжарювання 36 В. Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормального освітлення. Для загального освітлення застосовуються в якості джерела світла газорозрядні лампи, які з метою уникнення стробоскопічного ефекту підключені на різні фази електромережі. На робочому місці встановлено місцеве освітлення. Норми освітленості робочих місць наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 - Норми освітленості робочих місць

Характеристика робіт	Розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорових робіт	Освітлення, лк	
			Комбіноване	Загальн
Середньої точності	0,5- 1,1	4	400	200
Малої точності	1-5	5	-	200
Груба точність	більше 5	6	-	200

Для уловлювання пилю встановлюють загальнообмінна система вентиляції приміщення. При роботі з отруйними та забрудненими речовинами використовується спецодяг: халат - для захисту від лугів і кислот; гумове взуття і рукавички. Очі від можливих опіків та подразнень захищаються окулярами з герметичною оправою.

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях у ультразвукових установок відповідають ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Допустимі рівні ультразвуку в зонах контакту рук та інших частин тіла оператора з робочими органами приладів та установок не перевищують 80дБ. Всі наявні джерела шуму і вібрації відповідають вимогам ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» і ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования». Це досягається завдяки використанню вібро- і шумопоглиначів, спеціальних глушників на робочих місцях.

Напруженість на робочому місці постійних магнітних полів не перевищує 8 кА / м відповідно до ДНАОП 0.03-3.04-77. «Гранично допустимі рівні впливу постійних магнітних полів при роботі з магнітними пристроями та магнітними матеріалами СН №1742-77».

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 «Допустимые поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» передбачені наступні заходи захисту: встановлені огорожувальні екрани, при роботі використовуються засоби захисту з радіопоглинаючих матеріалів, а також використовуються індивідуальні засоби захисту (комбінезони та халати з металізованої тканини).

На ділянці не використовуються радіоактивні речовини, а також прилади, що випромінюють рентгенівські, іонізуючі та інші випромінювання. Санітарно-побутові приміщення відповідні до вимог ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачена організація проходів, яка забезпечує вільний доступ до всіх робочих місць, які є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації.

Для забезпечення безпечної та комфортної роботи, умивальники розміщують в гардеробних або суміжних з ними приміщеннях. Крім цього в умивальниках встановлюють з розрахунком один кран на 7 - 20 осіб. Якість води централізованого питного водопостачання регламентується наказом Міністерства охорони здоров'я України від 23.12.1996 р №383 затверджені Державні санітарні норми і правила «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання » (ДСанПіН). Для

забезпечення працюючих питною водою обладнують фонтанчики. Один фонтанчик обладнають на 100 чоловік. Питна вода повинна мати температуру 8°C - 20°C. На господарсько-питні потреби передбачено 25 літрів води в зміну. Пристрій питного водопостачання (автомати газованої води) розміщено в проході.

Відповідно до вимог ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» гардеробні обладнані шафами, є умивальники і душові розташовані суміжно з гардеробами. Площа приміщення для відпочинку повинна бути з розрахунку 0,2 м на одного працюючого в найбільшу чисельність зміни (але не менше 18 м). Комора для інвентаря площею 12 м². Медичний пункт в цеху площею 50 м², є пункт харчування. Приміщення для куріння повинно мати площу не менше 9 м і обладнане необхідними засобами пожежної безпеки.

6.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.
Блокувальні пристрої, як один із заходів забезпечення безпеки

Блокуванням називають сукупність методів і засобів, що забезпечують фіксацію частин машин або елементів електричних схем в певному стані, яке зберігається незалежно від наявності або припинення дії.

Огородження, запобіжні, гальмові пристрої та сигналізація не завжди забезпечують необхідний рівень захисту працюючого. Тому застосовують блокувальні пристрої, які або перешкоджають неправильних дій персоналу (наприклад, спробі оператора включити обладнання при знятому огороженні), або запобігають розвитку аварійної ситуації, відключаючи певні ділянки технологічної системи або вводячи в дію спеціальні скидають пристрою.

За принципом дії блокувальні пристрої поділяють на механічні, електричні, фотоелектричні, електронні, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, оптичні, радіаційні і комбіновані, а по виконанню - на відкриті, закриті і вибухозахищені. Їх вибір залежить від особливостей навколишнього середовища.

Механічні пристрої пов'язують з допомогою конструктивних елементів огорожі з гальмівним або пусковим пристроєм або з гальмівним і пусковим пристроями разом. Однак через складність конструкції і виготовлення такі пристрої не знайшли широкого поширення.

Найбільш поширені електричні пристрої. Основні елементи: перетворювач контрольованої величини в вихідний сигнал, зручний для

передачі і подальшої обробки; вимірювально-командне пристрій, що визначає величину і характер сигналу і видає команду на ліквідацію небезпечного режиму; виконавчий механізм. Прикладом може служити блокувальний пристрій загострювальної верстата з контактами, вимикати електродвигун при піднятті захисного екрану. При його опусканні контакти замикаються, включаючи верстат. Електричним блокувального пристрою, що перешкоджає пуску двигуна при включеній передачі, оснащують трактори з пусковими двигунами. Якщо важіль коробки передач не встановлено в нейтральне положення, то контактний переривник розмикає ланцюг живлення первинної обмотки магнето, не даючи можливості пустити пусковий двигун.

Фотоелектричні пристрої спрацьовують при перетині світлового променя, спрямованого на фотоелемент. При зміні світлового потоку, що падає на фотоелемент, в електричному ланцюзі змінюється струм, який подається на вимірювально-командне пристрій, що дає, в свою чергу, імпульс на включення виконавчого механізму захисту. Особливо ефективні блокуючі пристрої, що замикають педаль або рукоятку преса, поки руки робочого знаходяться в небезпечній зоні. Завдяки компактності, відсутності заважають роботі або обмежують робочу зону елементів такі пристрої застосовують в пресах, штампах, гільйотинних ножицях і ін.; з їх допомогою влаштовують огороження небезпечних зон великої протяжності (до декількох десятків метрів) без механічних вузлів і конструкцій.

Пневматичні і гідравлічні пристрої застосовують на агрегатах, де робочі тіла знаходяться під підвищеним тиском: в насосах, компресорах, турбінах і т. П. Основна перевага таких пристроїв - їх мала інертність. При виникненні аварійної ситуації в машинах з гідро-або пневмоприводом супутній цьому процесу потік рідини або газу, впливаючи на спеціальний важіль, перекидає клапани живильної середовища. Існують блокувальні пристрої, принцип роботи яких заснований на використанні іонізуючих властивостей радіоактивних речовин. Джерело слабого випромінювання у вигляді браслета надягають на руку працюючого. При наближенні руки до небезпечної зони випромінювання вловлюється і перетворюється в електричний струм. Струм подається на тиратронах лампу. Остання передає імпульс на реле, розмикається ланцюг магнітного пускача. Устаткування, яким керує цей пускач, зупиняється.

Блокувальні пристрої в електричній схемі токарного верстата з ЧПУ не дозволяють включати двигуни головного приводу і резцедержателя одночасно в прямому і зворотному напрямках, забороняють одночасне включення декількох електромагнітних муфт при зміні швидкостей, обмежують

переміщення каретки і супорта в крайніх положеннях. Передбачені в цеху заходи щодо забезпечення безпеки виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки забезпечують безпечні та комфортні умови праці персоналу.

6.5 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» згідно з вимогами СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания» даний тип виробництва відноситься до пожежонебезпечної категорії Д, тобто до виробництва, в якому в обігу перебувають вогнетривкі матеріали в холодному стані. Ступінь вогнестійкості – II згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» наведена в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Ступінь вогнестійкості будівель та споруд

Головні будівлі і конструкція	Ступінь вогнестійкості II	
	група згорання	межа вогнестійкості, год
Несучі стіни	вогнетривкі	2,0
Плити, перегородки та інші несучі конструкції	вогнетривкі	0,75
Внутрішні перегородки, сходові клітини тощо	важке горіння	0,25
Брандмауери	вогнетривкі	2,5

На випадок виникнення пожежі на ділянці забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Шляхи евакуації забезпечені евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм і правил устрою електроустраткування. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Технологічні отвори в стінах і перекриттях захищені огнепреграждаючими пристроями.

З засобів пожежогасіння на ділянці передбачено:

1. Протипожежне водопостачання:

Норма витрати води на 1 пожежу для будівель зі ступенем вогнестійкості II категорії виробництва Д становить 15 літрів згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Протипожежний

водопровід розраховується на подачу зазначеної кількості води протягом трьох годин. На ділянці встановлено два пожежних щита з рукавами і брансбойтами.

2. Пожежна безпека на ділянці забезпечена відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» на кожні 600 м² для механічних цехів прийнято:

- вогнегасник ВВК-3 - 2 шт;
- ящик з піском - 2 шт;
- лопати залізні - 2 шт.

Згідно ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги» розділ «Типові норми належності вогнегасників» дивлячись на наявність на ділянці електроустановок, з метою забезпечення універсальної захищеності приміщень і обладнання в наявності є вуглекислотні вогнегасники ВВК-3, об'ємом 3 літри. В електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- все іскрять частини обладнання укладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводки виконана прихованої в трубах;
- силова температура забезпечена захистом від короткого замикання.

У складському господарстві передбачені наступні заходи щодо пожежної безпеки:

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей;
- забезпечення вільного доступу до всіх стелажів;
- суворе дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежним сповіщувачем та засобами індивідуального пожежогасіння;
- поділ складів на відсіки протипожежними стінами за ознакою однорідності засобів пожежогасіння та можливості спільного зберігання матеріалів.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» передбачено влаштування пожежного сповіщувача на ділянці і в допоміжних приміщеннях, які встановлюються з розрахунку 1 сповіщувач на 65 м² площі і замикаються на приймальну станцію пожежного сповіщувача типу ДІП-1.

З метою захисту від статичної електрики, передбачені заземлення діелектричних і електропровідних частин обладнання. Металеві повітроводи ставляться через кожні 40-50 м.

У проектній ділянці передбачено пожежне водопостачання. Протипожежний водопровід об'єднується з господарсько-питним або виробничим водопроводом. Вільний напір у мережі протипожежного

водопроводу низького тиску при пожежогасінні становить не менше 10 м. Норма витрати води на внутрішнє пожежогасіння приймається з розрахунку двох пожежних струменів, продуктивністю не менше 2,5 л / с кожна.

6.6 Порядок проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт

Заходи техніки безпеки при проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт в середовищі поразки.

Згідно ДСТУ 3891-99 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять» перед проведенням рятувальних і невідкладних робіт (РіНР) команда формувань зобов'язана роз'яснити особовому складу характерні особливості майбутніх дій, ознайомити його з порядком проведення робіт і правилами безпеки, а також строго стежити за їх виконанням усіма підлеглими. Конкретні заходи безпеки на ділянці (об'єкті) робіт вказуються особовому складу одночасно з постановкою завдань.

В процесі рятувальних робіт пересування машин, евакуація постраждалих і населення організовується відомими шляхами. Небезпечні місця відгороджуються, біля них встановлюються добре видимі попереджувальні знаки або регулювальники. Забороняється проводити роботи біля будівель, які схильні до обвалів.

Згідно НПАОП 0.00-4.33-99 «Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій» для забезпечення безпеки проведення робіт на місцевості, зараженої радіоактивними речовинами, необхідно дотримуватися встановленого режиму, який регламентує максимально допустимий час перебування на цій території, з урахуванням часу перебування в дорозі з районів розміщення в зону ураження і назад.

Згідно НРБУ-97 «Норми радіаційної безпеки в Україні» контроль за величиною отриманої дози проводиться з допомогою індивідуальних дозиметрів. Зниження вражає дози може бути досягнуто проведенням комплексу заходів, основними з яких є:

- позмінна робота і суворе дотримання встановленої для кожної зміни тривалості перебування на зараженій місцевості;
- забезпечення необхідних захисних властивостей будівель, необхідних для відпочинку в районах розміщення;
- використання ізолюючої одягу;
- дотримання правил поведінки в зоні радіоактивного зараження.

Тривалість роботи кожної зміни залежить від рівня радіоактивного зараження місцевості і заданої допустимої дози зараження.

Для укриття особового складу відпочиваючих змін в районах розміщення та дій використовуються будівлі і споруди, які мають найвищі захисні властивості.

З метою зниження ймовірності зараження радіоактивними випромінюваннями в зоні зараження особового складу забороняється працювати без рукавиць, пити, палити і приймати їжу на відкритих ділянках зараженої території. При проведенні робіт в захисних ізолюючих засобах шкіри ізолюючого типу слід враховувати такі допустимі норми часу перебування в них:

- при температурі повітря від +24 до +20 ° - 40-50 хвилин;
- при температурі повітря від +19 до +15 ° - 2 години;
- при температурі повітря від + 15°C - 3 години і більше.

Використання екранізує комбінезонів, змочених водою, збільшує час постійного перебування в захисному одязі в 2-3 рази.

Згідно РД 52.04.253-90 «Методика прогнозування масштабів зараження сильнодіючими отруйними речовинами при аваріях (зруйнуваннях) на хімічнонебезпечних об'єктах і транспорті» при ліквідації аварій, які сталися з викидом сильнодіючих отруйних речовин, і при знезараженні отруйних і агресивних рідин, розлитих з пошкоджених ємностей і сховищ, до місця аварії слід підходити тільки з навітряного боку в ізолюючих протигазах і захисному одязі.

Роботи в задимлених і загазованих приміщеннях, колодязях і колекторах підземних магістралей або під водою обов'язково виконуються групами в складі 2-3 людини, один з яких призначається старшим. Забороняється визначати наявність газу в підвалах, колекторах за допомогою відкритого вогню. Спуск людей в колодязі, колектори та підвали пошкоджених будівель, неперевірених на загазованість, проводиться в ізолюючих протигазах з дотриманням страхувальних заходів.

Аварійно-відновлювальні роботи на електричних мережах проводиться тільки після їх знеструмлення і прийняття необхідних заходів відповідно до правил електробезпеки.

При гасінні нафтопродуктів і роботі в зоні пожеж (високих температур) особовий склад повинен використовувати спеціальні засоби захисту та попереджуватися про встановлені сигнали оповіщення і напрямках виходу;

тривалість роботи повинна складати 10-20 хвилин з перервами між входами в зону від однієї до двох годин.

При організації рятувальних робіт в зонах затоплення особовий склад формування повинен бути підготовлений до робіт на воді, проінформований про сигнали оповіщення і знати шляхи відходу в разі інтенсивного підвищення рівня води. У нічний час і при поганій видимості організується освітлення ділянок (об'єктів) робіт, в небезпечних місцях встановлюються ліхтарі з червоним світлом. Особовий склад формувань повинен вміти надавати першу допомогу потерпілим при будь-яких надзвичайних ситуаціях і будь-яких обставин.

6.7 Висновки по розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»

При виконанні технологічного процесу з виготовлення деталі «Шестерня» присутні небезпечні виробничі фактори. Для зниження ймовірності отримання травм різного характеру в розділі з охорони праці було проведено аналіз потенційних небезпек.

Так само був розроблений комплекс заходів щодо забезпечення безпеки:

- організація робочого місця відповідно вимог з ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» та ГОСТ 12.2.033-84. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»;

- проведення інструктажів і навчання безпечним методам роботи і контролю відповідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці:

- дотримання вимог охорони праці жінок і осіб молодше 18 років;
- проведення попередніх і періодичних медичних оглядів осіб, які працюють у шкідливих умовах;

- забезпечення працюючих у шкідливих умовах лікувально - профілактичним обслуговуванням і т.д;

- систематичне підтримання чистоти в приміщеннях і на робочих місцях;

- забезпечення санітарно - гігієнічних вимог повітря виробничого середовища згідно ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны";

- забезпечення захисту працюючих від шуму, вібрації згідно ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности», ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» та ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Заходи з пожежної безпеки відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»:

- організоване щоденне перевірка протипожежного стану приміщень після закінчення роботи;

- розроблений і затверджений план евакуації і порядок оповіщення людей на випадок виникнення пожежі;

- організовано перевірку належного стану пожежної техніки та інвентарю.

ВИСНОВКИ

Згідно з завданням на дипломний проект в технологічній частині спроектовано технологічний процес деталі «Шестерня» з урахуванням підвищення продуктивності обробки. Розрахунок маси заготовки за допомогою комп'ютерної програми КОМПАС 3D. Призначені припуски на заготовку. Призначені режими різання і технічні норми часу за нормативами. Розроблена розрахунково-технологічна карта обробки деталі на токарну операцію з ЧПК 030 в системі NX CAM. Вибране високопродуктивне технологічне устаткування, що забезпечує якість продукції.

В конструкторській частині спроектоване верстатне пристосування на зубофрезерну операцію 055 та контрольне пристосування для контролю радіального биття на початковому діаметрі зубів.

Розглянена автоматизація побудови циліндричної зовнішньої шестерні в системі КОМПАС- Shaft 3D.

Визначено напружено-деформованого стану деталі «Шестерня» в додатку АРМ FEM системи КОМПАС 3D.

Виконане спеціальне завдання на тему «Віброабразивна обробка», підібрані оптимальні режими і види установок.

Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій.

Складено альбом технологічної документації для механічної обробки деталі «Шестерня» авіаційного двигуна АИ-20.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения, - М: Издательство стандартов, 1987 г, - 256с.
2. Сорокин, А.Г. Марочник сталей и сплавов / Сорокин А.Г. - М: Машиностроение, 1989. - 498 с.
3. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя. / Балабанов А.Н. - М: Издательство стандартов 1992. – 464с.
4. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. – Минск: Вища школа, 1983. - 283 с.
5. Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. / Под ред. А.Г. Косиловой.– М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
6. Методічні вказівки для виконання практичних занять та курсових робіт з курсу ТМБ та САПР – Запоріжжя: ЗНТУ, 1996. – 156 с.
7. Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. / Под ред. А.Г. Косиловой.– М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания часть I.
9. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. – Запорожье: изд. ОАО «Мотор Сич», 2004. – 461с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ. Единичное и мелкосерийное производство. М: «Машиностроение», 1974. – 420с.
11. Карташов И.Н. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. и др. - Киев: Вища школа, 1975. – 188 с.
12. Мицьк, А.В. Процесс отделочно-зачистной виброобработки и параметры, влияющие на его производительность / А. В. Мицьк, В. А. Федорович // Резание и инструменты в технологических системах. - 2013. - Вып. 83. - С. 184-194.
13. Мицьк, А.В. Повышение эффективности обработки крупногабаритных плоскостных изделий активизацией движения рабочей среды в колеблющихся «U» - образных контейнерах: дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Мицьк А. В. - Харьков, 2008. – 331 с.

14. Чубик, Р.В. Передумови створення та перспективи розвитку адаптивних технологічних машин для віброабразивної обробки деталей / Р.В. Чубик, Р. М. Горбатюк // Вібрації в техніці та технологіях. - 2013. - № 2. - С. 141-152.

15. Опирский Б.Я. Новые вибрационные станки: конструирование и расчет / Опирский Б.Я., Денисов П.Д. – Львов: Свит, 1991. – 160 с.