


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. «Інженерна механіка та
комп'ютерне проектування»

доц.  Олександр ВЕРШКОВ
« 14 » червня 2024 р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи здобувача СВО Бакалавр
(ступінь вищої освіти)


на тему: «Спеціалізований програмний модуль комп'ютерного
проектування черв'ячних фрез для виготовлення шестерень»

17 ПМД. 8999568.06.24/000000 ПЗ


Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи 41 ПМ
спеціальності 131 «Прикладна механіка» за
ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»
(шифр і назва спеціальності та ОПП)


Олександр БОХАН
(підпис)

Керівник доц. 
Євген ГАВРИЛЕНКО
(підпис)

Консультант доц. 
Михайло ЗОРЯ
(підпис)

Консультант доц. 
Лариса БОЛТЯНСЬКА
(підпис)

Нормоконтроль доц. 
Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Рецензент 
Сергій ТКАЧЕНКО
(підпис)

Запоріжжя - 2024 рік

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Факультет: МТ

Кафедра: ІМКП

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»



ЗАТВЕРДЖУЮ:


Завідувач кафедри ІМКП
к.т.н, доц.  Олександр ВЕРШКОВ
«20» березня 2024р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА
Бохана Олександра Дмитровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: «Спеціалізований програмний модуль комп'ютерного проектування черв'ячних фрез для виготовлення шестерень», затверджена наказом по університету від 18 березня 2024 року за № 157-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 16 червня 2024 року.
2. Вихідні дані до проекту (роботи): завдання на розробку кваліфікаційної роботи.
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): провести обстеження підприємства у відповідності до ТЗ, здійснити аналіз існуючої на підприємстві системи проектування черв'ячних фрез, вдосконалити або розробити автоматизовану систему проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту, провести аналіз існуючих методів та запропонувати оригінальну методику профілювання, розробити підсистему комп'ютерного моделювання на основі запропонованої методики, виконати розробку АРІ технології проектування черв'ячних фрез, створити або вдосконалити підсистему САПР створення керуючої програми для токарно-фрезерувального обробного центру з ЧПК на виготовлення черв'ячної фрези.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Пропонована функціональна схема процесу автоматизованого проектування.
 - 4.2 Пропонована методика профілювання функціональних поверхонь зубонарізного інструменту
 - 4.3 Програмна реалізація підсистеми моделювання профілю зуба черв'ячної фрези
 - 4.4 Робоче креслення черв'ячної фрези.
 - 4.5 Послідовність створення керуючої програми для виготовлення деталі.
 - 4.6 Проект робочого місця інженера-проектувальника та основні вимоги з охорони праці та безпеки життєдіяльності інженера-проектувальника
5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх:


Консультант	Підпис, дата			
	Завдання видав		Завдання виконав	
Зоря М.В.		22.05.2024		31.05.2024
Болтянська Л.О.		05.06.2024		09.06.2024


Керівник  Євген ГАВРИЛЕНКО
(підпис)

Завдання прийняв до виконання  Олександр БОХАН

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючої на підприємстві системи проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту	08.05-10.05	Виконано
2	Розробка автоматизованої системи проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту	11.05-12.05	Виконано
3	Аналіз існуючих методів побудови профілю черв'ячної фрези	15.05-19.05	Виконано
4	Розробка вдосконаленої методики профілювання	22.05-26.05	Виконано
5	Створення програмного забезпечення для реалізації пропонованої методики профілювання	29.05-31.05	Виконано
6	Підготовка керуючої програми для виготовлення черв'ячної фрези на устаткуванні з ЧПК	05.06-09.06	Виконано
7	Розробка проекту робочого місця інженера-проектувальника	12.06-16.06	Виконано
8	Оформлення проекту в цілому	12.06-16.06	Виконано
9	Підпис проекту	12.06-16.06	Виконано

Студент-дипломник  Олександр БОХАН
(підпис)

Керівник роботи  Євген ГАВРИЛЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційну роботу представлено у вигляді розрахунково-пояснювальної записки обсягом 116 сторінок друкованого тексту формату А4(210×297) та 6 аркушів креслярсько-графічних робіт формату А1(841×594), містить 6 розділів, 38 рисунків, 4 таблиці, 2 додатки, список використаної літератури кількістю 24 найменування.

Мета дослідження: розробка автоматизованої системи моделювання поверхонь зубонарізного інструменту на основі вдосконаленої методики профілювання.

Предмет дослідження – профіль зуба черв'ячної фрези нормальному перерізі.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються наступні задачі:

- проведення аналізу традиційної методики розрахунку і побудови профілю робочих поверхонь зубонарізного інструменту, виявлення існуючих в ній недоліків;
- розробка вдосконаленої методики профілювання з застосуванням кінематичного метода проектування чистових черв'ячних фрез на основі побудови огинаючих сімейства попарно спряжених аксоїдів, які задовольняють діаграмі кінематичного гвинта.;
- створення оригінального програмного забезпечення для реалізації пропонованої методики профілювання та виготовлення чистової черв'ячної фрези для токарно-фрезерного оброблювального центру.

Розроблене програмне забезпечення та керуюча програма виготовлення черв'ячної фрези для обробки зубчастих коліс та шестерень на устаткуванні з ЧПУ відповідають вимогам технічного завдання.

Ключові слова: МОДУЛЬ, ЧИСЛО ЗУБЦІВ, ЧЕРВ'ЯЧНА ФРЕЗА, ПОПАРНО СПРЯЖЕНІ АКСОЇДИ, КІНЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ, АРХІМЕДОВА СПРАЛЬ, КОНТАКТНА НОРМАЛЬ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CAD (англ. Computer-aided design) – система автоматизації проектних робіт

CAM (англ. Computer-aided manufacturing) – система автоматизованого проектування технологічних процесів

ПЗ – програмне забезпечення

САПР – система автоматизованого проектування

ТЗ – технічне завдання

ТП – технологічний процес

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	лістів	номер	ліста	Примітки
1	A4	17 ПМД. 8999568.06.24/000000 ПЗ	Розрахунково -				
2			пояснювальна записка				
3	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/010 000	Тема, мета та задачі	1		1	
4			кваліфікаційної роботи				
5	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/210 000	Функціональна схема	1		2	
6			процесу проектування				
7	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/310 000	Методика профілювання	1		3	
8			черв'ячних фрез				
9	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/410 000	Програмна реалізація	1		4	
10			методики профілювання				
11	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/420 000	Робоче креслення черв'ячної	1		5	
12			фрези				
13	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/510 000	Розробка керуючої програми	1		6	
14			для виготовлення черв'ячної				
15			фрези				
16	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/610 000	Організація робочого місця	1		7	
17			проектувальника				
18	A1	17 ПМД. 8999568.06.24/710 000	Економічні показники	1		8	
19			ефективності підсистеми				
20							

17 ПМД. 8999568.06.24/000000

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бохан О.Д.		14.06	Спеціалізований програмний модуль комп'ютерного проектування черв'ячних фрез для виготовлення шестерень	Літ	Лист	Листів
Перевір.		Гавриленко С.А.		14.06			1	1
Консул.		Зоря М.В.		14.06		ТДАТУ, 2024		
Консул.		Болтянська Л.О.		14.06				
Н.контр.		Мацулевич О.		14.06				
Затв.		Вершков О.О.		14.06				

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 ПРЕДПРОЕКТНЕ ОБСТЕЖЕННЯ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБОНАРІЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ	13
1.1 Аналіз структури виробничого підрозділу «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод»	13
1.2 Дослідження системи автоматизованого проектування підприємства	15
1.3 Розробка моделі існуючої системи проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту	16
1.3.1 Функціональне моделювання процесів проектування	16
1.3.2 Засоби функціонального моделювання	18
1.3.3 Розробка моделі «Як є» системи проектування зубонарізного інструменту	19
1.3.4 Виявлення недоліків діючої системи проектування	19
1.4 Розробка технічного завдання на створення автоматизованої системи проектування зубонарізного інструменту	21
Висновки по першому розділу.....	22
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБОНАРІЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ	23
2.1 Розробка функціональної моделі процесу створення	

автоматизованої системи проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту	23
2.2 Обґрунтування вибору програмного забезпечення	28
2.2.1 Критерії вибору програмного забезпечення для системи проектування черв'ячної фрези.....	28
2.2.2 Огляд виробників програмного забезпечення для САПР.....	29
2.2.3 Аналіз програмного забезпечення автоматизованого моделювання профілю фрези..	30
2.3 Обґрунтування та вибір технічного забезпечення.....	33
2.4 Розробка організаційного забезпечення системи автоматизованого проектування розподільчого валу.....	35
Висновки по другому розділу.....	35
3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОФІЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ	37
3.1 Проектування точних, високопродуктивних черв'ячних фрез, що виключають інтерференцію	37
3.2 Формування різального інструменту для обробки виробів із криволінійним профілем	40
3.3 Аналітичне дослідження й проектування черв'ячних фрез.....	46
3.4 Розподіл контактних нормалей для сполучених гвинтових поверхонь із загальною виробляючою циліндричною поверхнею	52
3.5. Профілювання сполучених поверхонь рухом допоміжних посередників.....	56
Висновки по третьому розділу.....	60
4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОФІЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ.....	62
4.1 Обґрунтування вибору програмного забезпечення..	62

4.2 Розробка програмного забезпечення проектування зубонарізного інструменту.....	63
4.3 Описання роботи програми.....	65
Висновки по четвертому розділу	72
5 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ.....	73
5.1 Розробка керуючої програми для виготовлення черв'ячної фрези на токарно-фрезерному оброблювальному центрі з ЧПУ в САМ-системі SprutCAM.....	73
5.1.1 Постановка задачі.....	73
5.1.2 Вибір та характеристики токарно-фрезерного оброблювального центру.....	73
5.1.3 Вибір та особливості програмного забезпечення для розробки керуючої програми.....	75
5.1.4 Підготовка керуючої програми	76
5.2 Перевірка керуючої програми в редакторі керуючих програм для станків з ЧПУ	85
Висновки по п'ятому розділу.....	88
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	89
6.1 Аналіз умов праці.....	89
6.1.1 Організація робочого місця.....	89
6.1.2 Мікроклімат виробничих приміщень.....	90
6.1.3 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	91
6.1.4 Освітлення.....	92
6.1.5 Небезпека ураження електричним струмом.....	93
6.2 Розробка заходів з охорони праці.....	94
6.2.1 Нормалізація повітря робочої зони.....	94

6.2.2 Особливості заходів електробезпеки на підприємствах.....	94
6.2.3 Захист від електромагнітних полів і лазерних випромінювань.....	96
6.2.4 Ергономіка, технічна естетика та організація робочого місця.....	97
6.3 Пожежна безпека.....	100
6.4 Проектування системи загальної припливно-витяжної вентиляції.....	101
6.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	103
6.5.1 Прогнозування і оцінка обстановки у НС.....	103
6.5.1.1 Основні параметри при оцінці радіаційної обстановки.....	103
6.5.1.2 Основні поняття при оцінці інженерної та пожежної обстановки.....	104
6.5.2 Управління підприємством у надзвичайній ситуації.....	105
Висновки по шостому розділу.....	107
ВИСНОВКИ.....	108
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	110
ДОДАТКИ.....	113

ВСТУП

Україна завжди була лідеркою ідей та інновацій. Так в 1951 році Європа побачила першу ЕОМ – Малу Електронну Обчислювальну Машину (МЕСМ).

Застосування ЕОМ при проектно-конструкторських роботах у своєму розвитку пройшло кілька стадій і перетерпіло значні зміни. З появою обчислювальної техніки створюються програми автоматизованих розрахунків на основі методів обчислювальної математики. Із впровадженням спеціалізованих термінальних пристроїв з'являються універсальні програми для ЕОМ для рішення як розрахункових, так і деяких рутинних проектних завдань (виготовлення креслень, специфікацій, текстових документів і т.д.). В останні роки велика увага приділяється автоматизації розрахунково-конструкторських робіт при проектуванні типових вузлів і агрегатів, коли основні параметри конструкції вибираються й оптимізуються в інтерактивному режимі діалогу проектувальника та ЕОМ.

Рішення проблем автоматизації проектування за допомогою ЕОМ ґрунтується на системному підході, тобто на створенні й впровадженні САПР – систем автоматизованого проектування технічних об'єктів, які вирішують весь комплекс завдань від аналізу завдання до розробки повного обсягу конструкторської й технологічної документації. Це досягається за рахунок об'єднання сучасних технічних засобів і математичного забезпечення, параметри й характеристики яких вибираються з максимальним обліком особливостей завдань проектно-конструкторського процесу. САПР являє собою великі організаційно-технічні системи, що складаються з комплексу засобів автоматизації проектування, взаємозалежного з підрозділами конкретної проектною організацією.

Мета дослідження – розробка автоматизованої системи моделювання поверхонь зубонарізного інструменту на основі вдосконаленої методики профілювання.

Предмет дослідження – профіль зуба черв'ячної фрези нормальному перерізі.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються наступні задачі:

- проведення аналізу традиційної методики розрахунку і побудови профілю робочих поверхонь зубонарізного інструменту, виявлення існуючих в ній недоліків;
- розробка вдосконаленої методики профілювання з застосуванням кінематичного метода проектування чистових черв'ячних фрез на основі побудови огинаючих сімейства попарно спряжених аксоїдів, які задовольняють діаграмі кінематичного гвинта.;
- створення оригінального програмного забезпечення для реалізації пропонованої методики профілювання та виготовлення чистової черв'ячної фрези для токарно-фрезерного оброблювального центру.

Результати, отримані у кваліфікаційній роботі будуть передані виробничим підрозділам підприємств міста Мелітополя після повернення під контроль України з метою швидкого відновлення виробництва та повернення на ринок більш якісної конкурентоспроможної продукції.

1 ПЕРЕДПРОЕКТНЕ ОБСТЕЖЕННЯ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБОНАРИЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ

1.1 Аналіз структури виробничого підрозділу «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод»

Підприємство «Мелітопольський моторний завод» був виробничим підрозділом відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод». Це єдине підприємство на Україні по виробництву двигунів обсягом 1,1 л, 1,2 л, 1,3 л, 1,4 л із системою розгорнутого упорскування палива для автомобілів «Таврія», «Славути» і «Сенс», які відповідають нормам токсичності Євро – 2, Євро – 3. Силові агрегати виготовляються у виконанні «У» і складаються із двигуна з оснащенням у зборі, зчеплення і коробкою передач.

Підприємство забезпечує виготовлення всієї номенклатури запасних частин. Окрім деталей, вузлів та агрегатів основного виробництва підприємство займалося проектуванням та виготовленням виробів допоміжного виробництва, а саме проектуванням та виготовленням спеціального ріжучого інструменту. Проектування ріжучого інструменту здійснювалося структурним підрозділом відділу головного технолога, а його виготовлення – інструментальним цехом підприємства.

Структурна схема підприємства наведена на рисунку 1.1. Схема містить у собі інформацію про наявні на підприємстві відділи та апарат керування підприємством. Схематично відображене підпорядкування відділів керуючим органам.

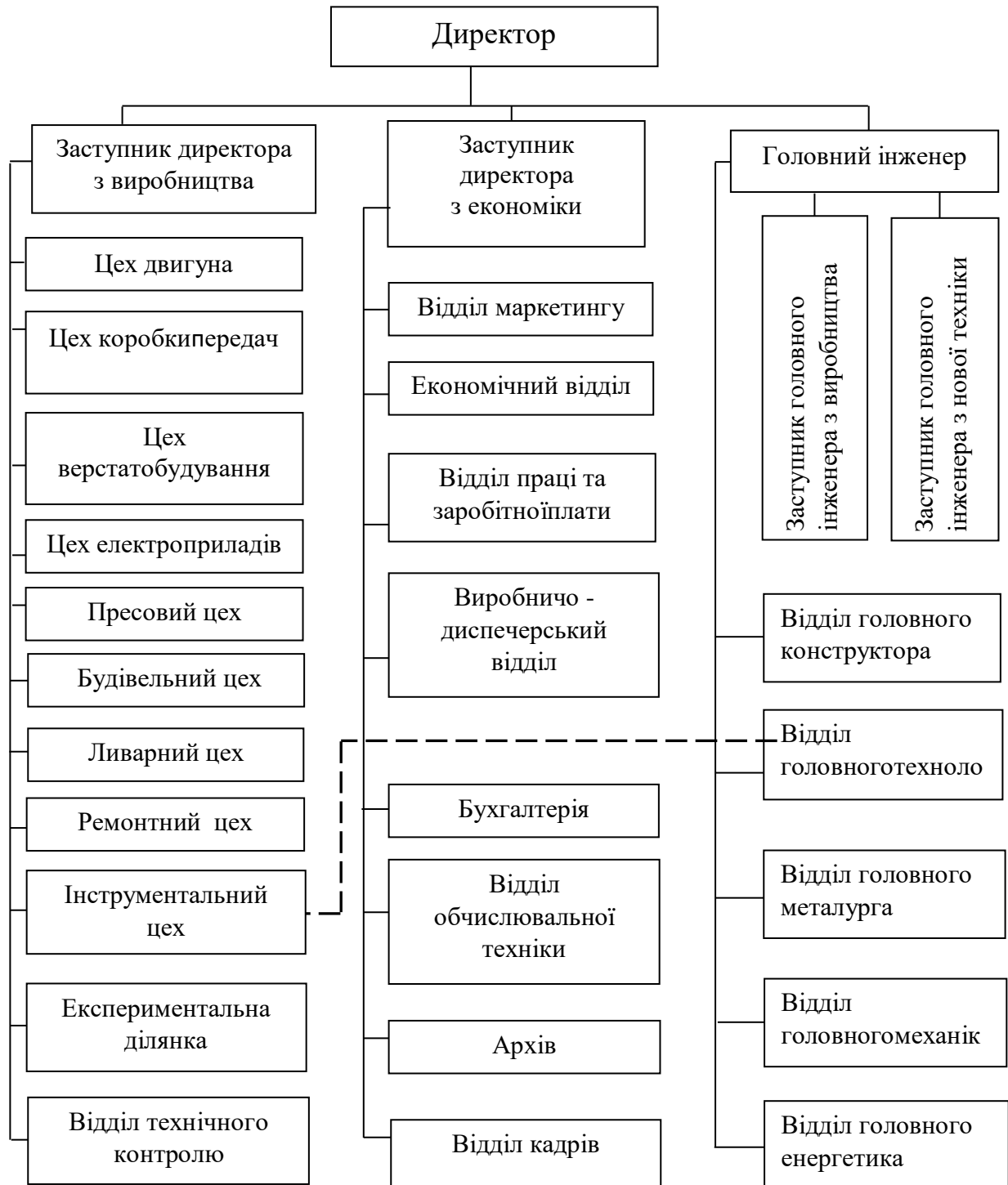


Рисунок 1.1 – Структурна схема функціональної організації керування підприємством.

1.2 Дослідження системи автоматизованого проектування підприємства

Дослідження виробничого підрозділу «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» виявило відсутність реалізованої системи автоматизованого проектування (САПР). У відділах існувала лише внутрішня (локальна) мережа: персональні комп'ютери та периферійні засоби друку, сканування документації всередині того чи іншого структурного підрозділу.

Основна маса проектних робіт з підготовки виробництва велася працівниками в «ручному» режимі.

Відділи головного конструктора та головного технолога мали по 10 комп'ютеризованих робочих місць.

Кожне робоче місце було обладнане персональним комп'ютером, на жорстких дисках яких зберігалася технологічна документація на розроблені вироби та інші необхідні документи.

Основним оборотним документом на підприємстві був паперовий документ з підписом. Дублікати підписаних документів, що розроблялися, зберігалися в архіві, який мав структуру звичайного паперового архіву. У потрібний час кожен з працівників міг звернутися до архіву за потрібною інформацією.

До апаратних засобів обчислювальної мережі, що використовувався на підприємстві, відносилося таке сітьове обладнання: з'єднувальні шнури (вита пара), конектори (RG45), концентратори (свічі), сітьові адаптери. Безпеку мережі забезпечував антивірусне програмне забезпечення від фірми «Лабораторія КАСПЕРСЬКОГО», а саме «Антивірус Касперського для файлових серверів». На локальних комп'ютерах мережі встановлені «Kaspersky Internet Security 7».

Захист інформації від сітьових атак зовні забезпечувався штатним файрволом Windows.

1.3 Розробка моделі існуючої системи проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту

1.3.1 Функціональне моделювання процесів проектування

На першому етапі розробки функціональної моделі на основі отриманої при обстеженні інформації за допомогою спеціалізованих програмних засобів (CASE – систем) з використанням широко застосовуваної в усьому світі методології Integrated Definition Function Modeling (IDEF0) будується модель існуючої системи проектування розподільчого валу. Ця модель, названа моделлю «Як є» (або «AS – IS»). Ця модель дає досить чітке представлення про процес проектування виробу, що відбувається на підприємстві. Виходячи із створеної моделі «Як є», визначаються основні цілі та завдання реорганізації, її стратегія, а також інформаційні потреби проектувальників. Після того, як побудована та вивчена модель «Як є», будується модель «Як повинно бути» («TO – BE»). Реорганізація – це перехід від моделі «Як є» до моделі «Як повинно бути», який, при використанні сучасних інформаційних технологій і методологій планування, значно полегшується.

Для створення моделі «Як повинно бути» використовуємо методологію IDEF0 – методологію функціонального моделювання, яка успішно застосовувалася у різних галузях промисловості, продемонструвавши себе як ефективний засіб аналізу, проектування та представлення ділових процесів.

В основі IDEF0 методології лежить поняття блоку, який відображає деяку бізнес – функцію. Чотири сторони блоку мають різну роль: ліва сторона має значення «входу», права – «виходу», верхня – «керування», нижня – «механізму» (рисунок 1.2).

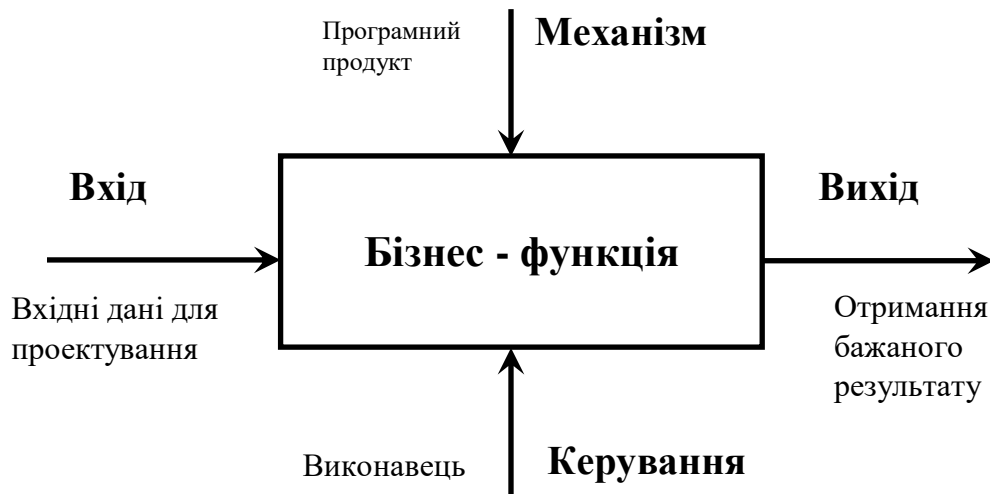


Рисунок 1.2 – Представлення блоку моделі IDEF0

В IDEF0 реалізовано три базові принципи моделювання процесів. Це «Принцип функціональної декомпозиції», «Принцип обмеження складності», «Принцип контексту».

При створенні функціональної моделі процесу проектування черв'ячного ріжучого інструменту не можна зневажати хоча б одним з наведених базових принципів. Однак, все ж таки, в нашому випадку, ми більш повно скористаємось принципом функціональної декомпозиції, який являє собою спосіб моделювання типової ситуації, коли будь – яка дія, операція, функція можуть бути розбиті (деталізовані) на більш прості дії, операції, функції. Інакше кажучи, складна бізнес – функція може бути представлена у вигляді сукупності елементарних функцій. Представляючи функції графічно, у вигляді блоків, можна як би заглянути усередину блоку і детально розглянути її структуру та склад.

Слід зазначити, що контекстна діаграма також відіграє важливу роль у функціональній моделі. Вона «фіксує» границі бізнес – системи, що моделюється,

визначаючи те, як ця система взаємодіє зі своїм оточенням. Це досягається за рахунок опису дуг, з'єднаних із блоком, що представляють головну бізнес – функцію.

1.3.2 Засоби функціонального моделювання

Найбільш трудомісткими етапами розробки інформаційної системи (ІС) є етапи аналізу і проектування, у процесі яких CASE – засоби забезпечують якість прийнятих технічних розв'язків і підготовку проектної документації. При цьому велику роль відіграють методи візуального представлення інформації. Це припускає побудова структурних, або інших діаграм у реальному масштабі часу, використання різноманітної колірної палітри, наскрізну перевірку синтаксичних правил. Графічні засоби моделювання предметної області дозволяють розроблювачам у наочному виді вивчати існуючу ІС, перебудовувати її відповідно до поставлених цілями та наявними обмеженнями.

У розряд CASE – засобів попадають, як відносно дешеві системи для персональних комп'ютерів з досить обмеженими можливостями, так і дорогі системи для неоднорідних обчислювальних платформ і операційних середовищ. Так, сучасний ринок програмних засобів нараховує близько 300 різних CASE – засобів, найбільш потужні з яких так чи інакше використовуються практично всіма провідними західними фірмами.

У процесі розробки моделі системи «Як є» процесу проектування розподільчого валу дизельного двигуна ЯМЗ-240 у виробничому підрозділі «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» буде використовуватися наступне CASE – засіб: Allfusion Process Modeller v7.2. Цей інструмент візуального моделювання бізнес – процесів дає можливість наочно представити будь – яку діяльність або структуру у вигляді моделі, що дозволить оптимізувати роботу організації, перевірити її на відповідність

стандартам ISO9000, спроектувати організаційну структуру, знизити витрати, виключити непотрібні операції, підвищити гнучкість і ефективність. Allfusion Process Modeller підтримує відразу три нотації моделювання: IDEF0, IDEF3 і DFD.

1.3.3 Розробка моделі «Як є» системи проектування зубонарізного інструменту

На основі інформації приведеної вище розробимо систему процесу проектування зубонарізного інструменту, що існує на підприємстві. Для цього використаємо програму Allfusion Process Modeller v7.2. Модель «Як є» по нотації IDEF0 наведена на рисунку 1.3. Основний блок показує, які дані надходять до процесу і які виходять з нього. Зверху та знизу стрілками вказано, що керує процесом та хто виконує процес.

Необхідність проектування зубонарізного інструменту обумовлена замовленням на проектування виробу основного виробництва (а саме – зубчастого колеса або шестерні), яке надходить до відділу головного конструктора у вигляді первинного опису об'єкта проектування. Інженером-конструктором проводиться розрахунок геометричних параметрів зубчастого колеса. За отриманими даними у відділі головного конструктора розробляється повний комплект документів, до яких належать:

- конструкторська документація (КД);
- зміни у результаті удосконалення КД;

У відділі головного технолога на основі отриманого комплекту конструкторської документації розробляється комплект документації на виготовлення зубонарізного інструменту, технологічний процес виготовлення зубчастого колеса та черв'ячної фрези, а також комплект документації на виготовлення технологічного оснащення та вимірювального інструменту.

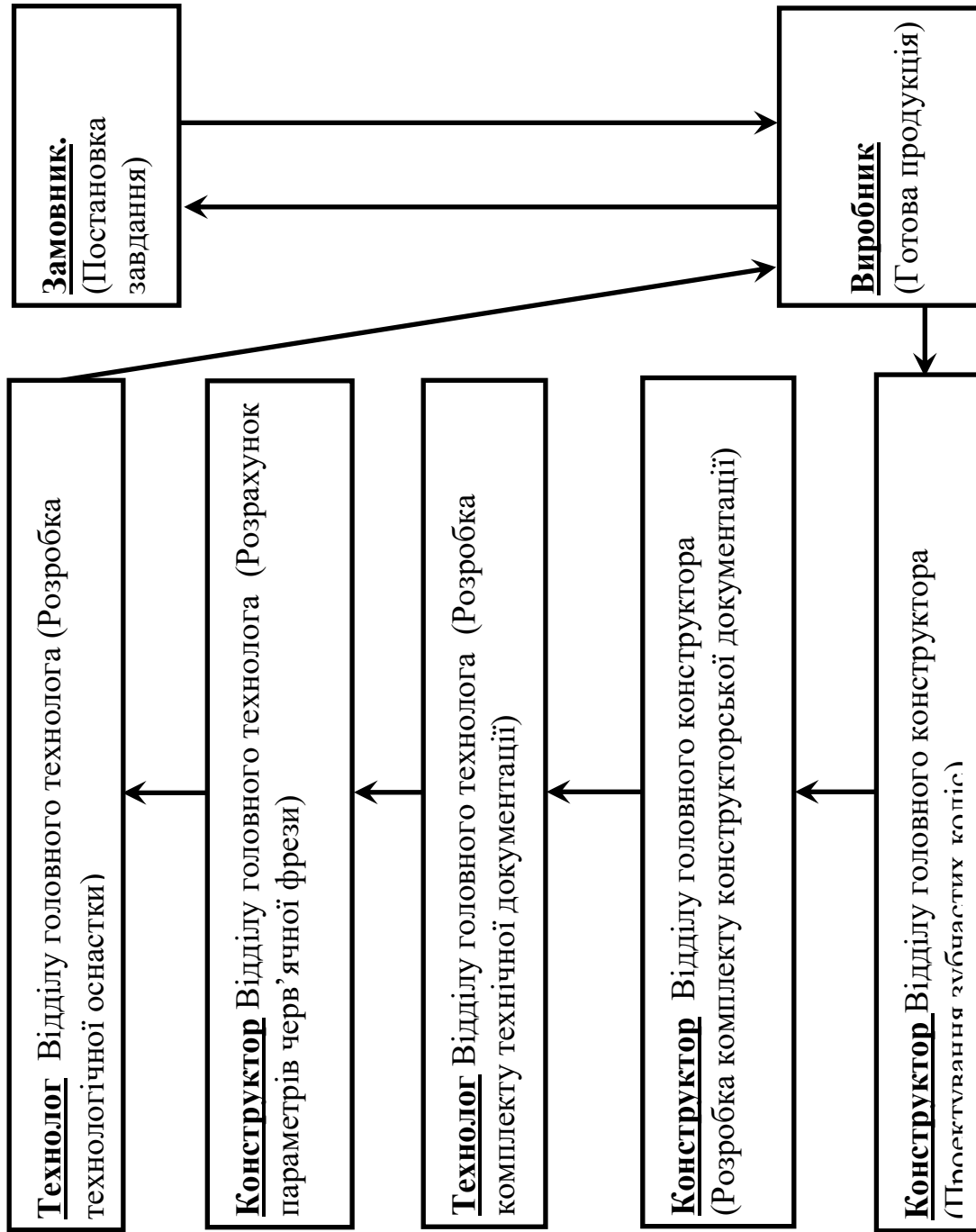


Рисунок 1.3 - Модель системи проектування розподільного валу «Як є» по нотації IDEF0

1.3.4 Виявлення недоліків діючої системи проектування

Існуюча система проектування у виробничому підрозділі «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» була системою з острівною автоматизацією проектних робіт. У якості засобів автоматизації конструкторської підготовки виробництва використовувалися програми AutoCAD та Solidworks, у яких конструктори виконували розрахунки, 3D моделі і робочі креслення зубчастих коліс та зубонарізного інструменту, а для створення маршрутних і технологічних процесів використовується програма «MS Excel». У цій програмі технологи розробляли технологічні процеси (ТП) шляхом заповнення готових бланків. Єдина автоматизація такого методу, полягає у тому, що за основу для нового технологічного процесу технолог бере вже готовий подібний процес та редагує його. Уся технологічна інформація знаходилася у довідниках та паперових журналах технолога.

Ручне проектування ТП несе за собою наступні недоліки:

- значні часові витрати на розробку ТП;
- недостатньо оптимізований результуючий ТП;
- відсутність бази знань, яку можна використовувати іншим інженерам – технологам.

Ще одним значним недоліком у системі є те, що нормування технологічних процесів велося у економічному відділі. За основу брався паперовий технологічний процес. В економічному відділі вже була впроваджена автоматизована система «ІС: Підприємство». Введення інформації з паперового ТП у цю систему, це постійна рутинна робота, яка також може бути автоматизована.

1.4 Розробка технічного завдання на створення автоматизованої системи проектування зубонарізного інструменту

Технічне завдання (ТЗ) є вихідним документом для створення автоматизованої системи проектування зубонарізного інструменту (зокрема черв'ячних фрез) та

підсистем САПР і повинне містити найбільш повні вихідні дані та вимоги. Цей документ розробляє головний розроблювач системи (в даному випадку студент – розробник кваліфікаційної роботи). ТЗ на створення системи САПР розробляється відповідно до ДСТУ 34.602 – 89 «Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи».

Технічне завдання на розробку автоматизованої системи проектування зубонарізного інструменту у виробничому підрозділі «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» приведене у додатку.

1.5. Висновки з розділу

Метою першого розділу кваліфікаційної роботи є конкретизація цілей поставленої задачі розробки автоматизованої системи проектування зубонарізного інструменту (зокрема черв'ячних фрез). Для цього була проаналізована інформація, отримана під час дослідження підприємства та приведена у першому розділі кваліфікаційної роботи та розроблено модель «Як є» існуючої системи проектування. При розробці була використана методологія представлення бізнес – процесів IDEF0, та програмний CASE – засіб Allfusion Process Modeller. Розроблена наглядна модель «Як є» відображає усі етапи проектування, їхній ступінь автоматизації, та інформаційні потоки, що протікають між ними. Також ця модель показує зовнішні інформаційні потоки.

У кінцевому результаті за розробленою моделлю «Як є» створене технічне завдання на розробку нової автоматизованої системи проектування зубонарізного інструменту. У технічному завданні наведені конкретні цілі, яких потрібно досягти при розробці автоматизованої системи.

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБОНАРИЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ

2.1 Розробка функціональної моделі процесу створення автоматизованої системи проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту

На основі створеної моделі «Як є» (рис.1.3), розробляється технічне завдання (ТЗ) на проектування автоматизованої системи. На основі ТЗ створюється нова модель системи автоматизованого проектування – «Як повинне бути» з урахуванням всіх вимог автоматизації проектування, яка становить основу технічної пропозиції на створення системи автоматизованого проектування черв'ячних фрез для виготовлення зубчастих коліс.

Функціональна модель процесу розробки системи проектування була створена у середовищі Allfusion Process Modeller v7.2. Вона складається з трьох рівнів, кожен з яких – деталізація попереднього. На рисунку 2.1 приведений основний (нульовий) рівень А0. Він включає єдиний блок «Розробка автоматизованої системи проектування черв'ячних фрез». Вхідними даними процесу є технічне завдання виробничого підрозділу «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» на розробку автоматизованої системи проектування. На виході має бути впроваджена на підприємстві система автоматизованого проектування. Керується цим процесом здійснюється методикою створення САПР та планом фінансування проектних та впроваджувальних робіт.

У якості виконавця процесу виступають кафедра інженерної механіки та комп'ютерної графіки ТДАТУ імені Дмитра Моторного та спеціальна група фахівців з САПР від підприємства. На рисунку 2.1 наведений блок А0 процесу.

Діаграма першого рівня є деталізацією блоку А0. Вона включає блоки А1 – моделювання профілю зуба черв'ячної фрези, А2 – розробки АРІ технології створення 3D моделі фрези, А3 – розробка керуючої програми для верстата з ЧПУ.

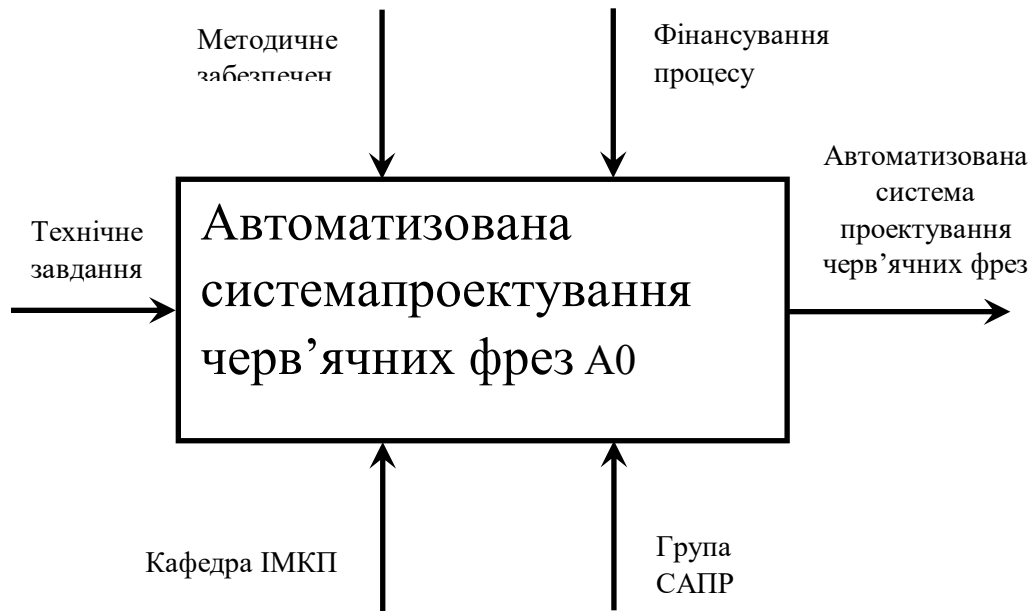


Рисунок 2.1 – Блок нульового рівню функціональної моделі

На рисунку 2.2 наведено блок А1 першого рівню функціональної моделі.

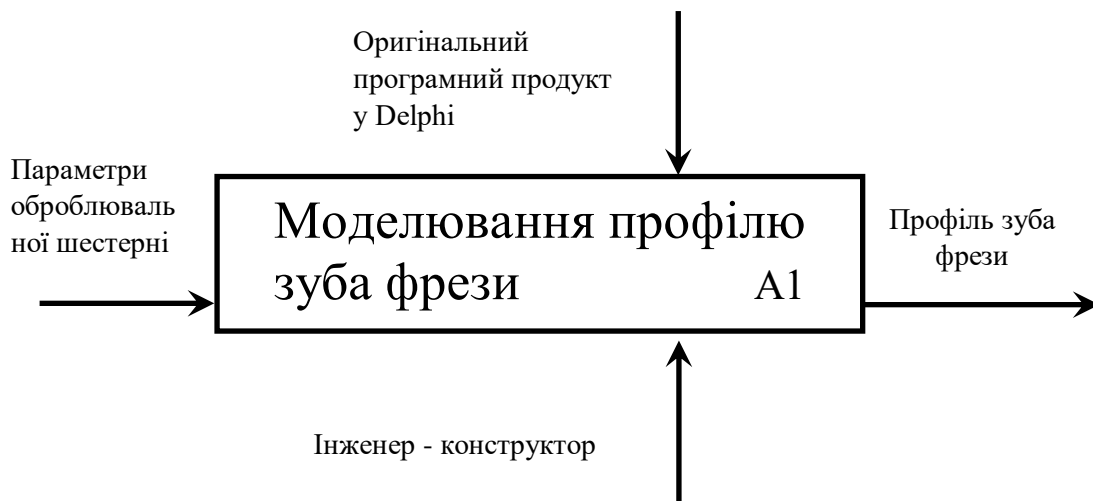


Рисунок 2.2 – Блок А1 першого рівню функціональної моделі

З рисунка зрозуміло, що є вхідними та вихідними даними, а також керування процесу та виконавець.

Блок А2 – розробки АРІ технології створення 3D моделі черв'ячної фрези взаємодіє з блоком А1 вихідні дані якого є вхідними даними наступного процесу

проектування. Вихідними даними є 3D модель фрези, отримана у середовищі Autodesk Inventor. Для блоку A2 це середовище виступає в якості методичного забезпечення. Виконавцем процесу також, як і в першому випадку, є інженер-конструктор.

На рисунку 2.3 наведено блок A2 першого рівня функціональної моделі.

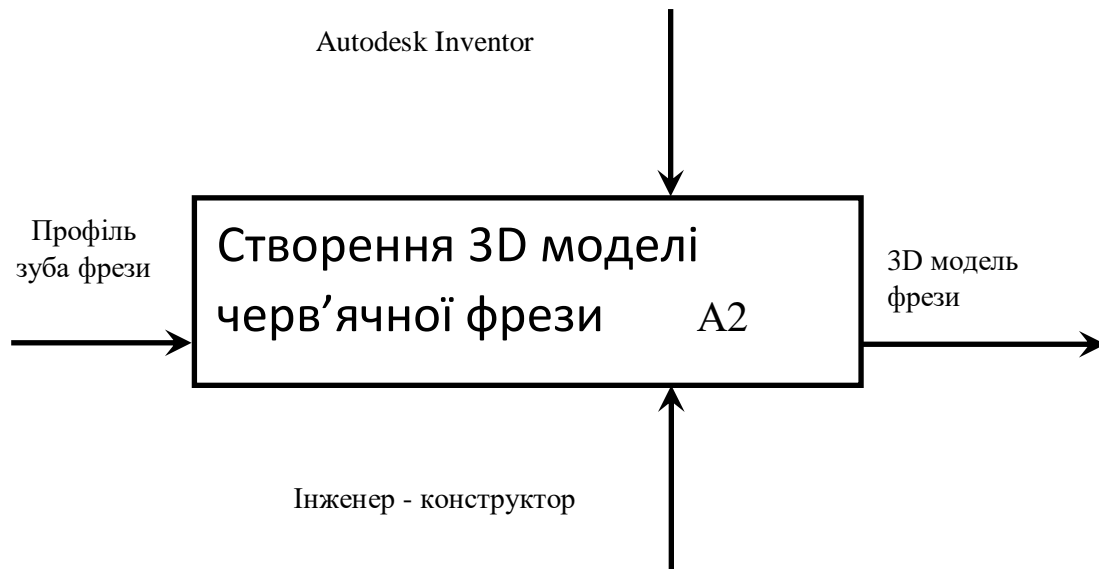


Рисунок 2.3 – Блок A2 першого рівню функціональної моделі

Блок A3 – розробки керуючої програми для токарно-фрезерного обробного центру з ЧПУ взаємодіє з блоком A2. Вхідними даними для блоку A3 є 3D модель черв'ячної фрези, яка була отримана на виході блоку A2. В якості методичного забезпечення виступає середовище SprutCAM. Виконавцем процесу є технолог-програміст.

На рисунку 2.4 наведено блок A3 першого рівня функціональної моделі.

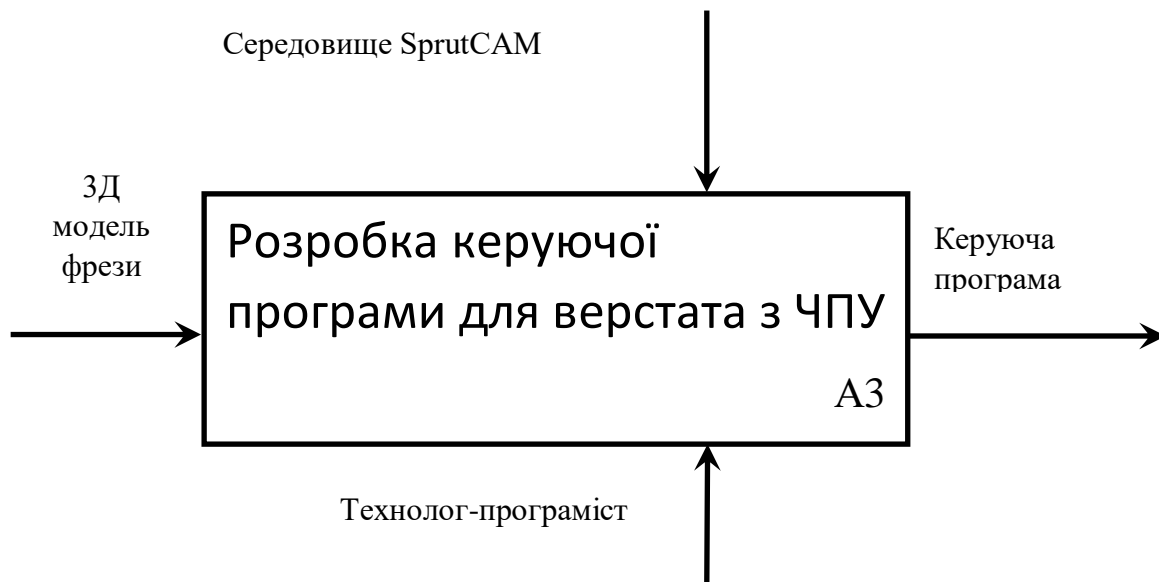


Рисунок 2.4 – Блок А3 першого рівню функціональної моделі

Діаграма наступного другого рівня, розкриває перший блок А1 і містить в собі блоки А11 – моделювання кінематичної поверхні шестерні, А12 – моделювання лінії контакту аксоїдів, А13 – моделювання кінематичної поверхні фрези, А14 – побудова профілю зуба черв'ячної фрези.

Для всіх трьох блоків методичним забезпеченням є розроблений в середовищі Delphi оригінальний програмний продукт, а виконавцем процесу – інженер-конструктор. Вхідні та вихідні дані процесів наступні:

- для блоку А11 – вхідними даними є параметри проектованої шестерні, а вихідними даними є отримана кінематична поверхня шестерні;
- для блоку А12 – вхідними даними є кінематична поверхня шестерні, а вихідними даними є побудована лінія контакту аксоїдів;
- для блоку А13 – вхідними даними є лінія контакту аксоїдів, а вихідними даними є кінематична поверхня фрези;

– для блоку A14 – вхідними даними є кінематична поверхня фрези, а вихідними даними є отриманий профіль зуба черв'ячної фрези.

Функціональну схему моделювання профілю зуба черв'ячної фрези наведено на рисунку 2.5.

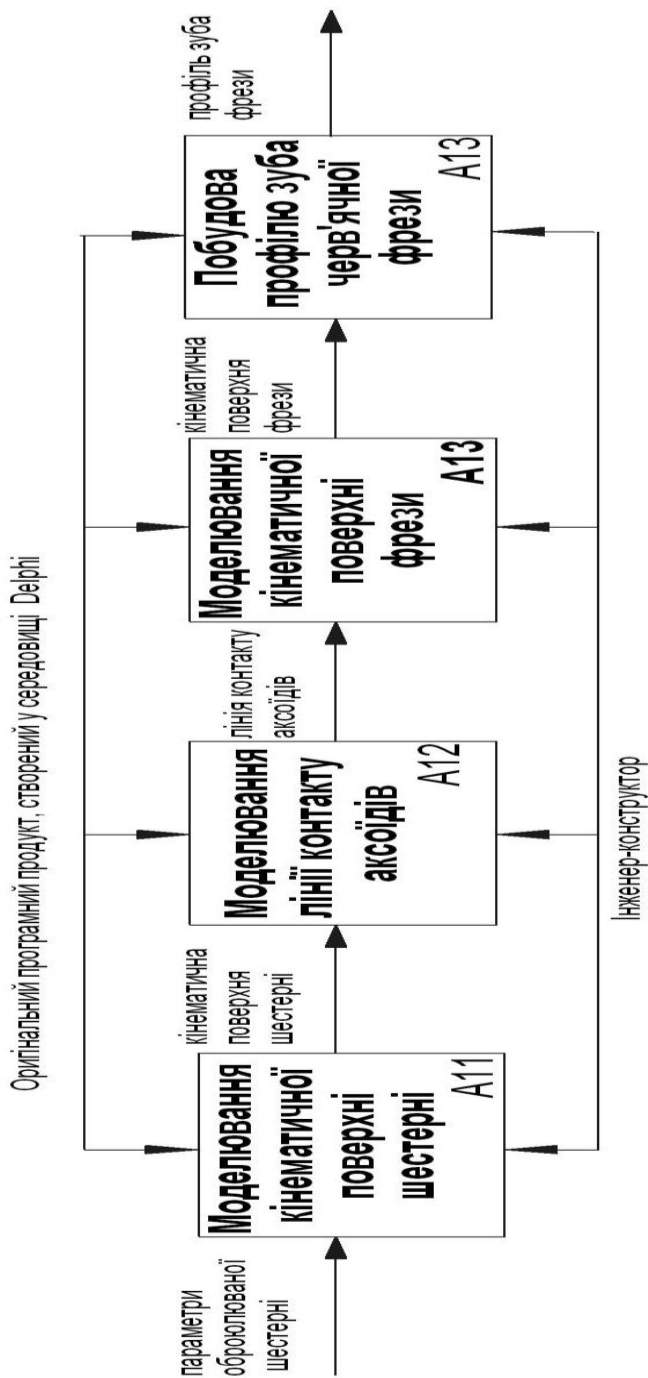


Рисунок 2.5 – Функціональна схема моделювання профілю зуба черв'ячної фрези

При проектуванні системи вибирають апаратно – програмну платформу, базове програмне забезпечення (ПЗ) підсистем, що проектують, і обслуговуючих підсистем, розробляють структуру корпоративної мережі, визначають типи мережного встаткування, характеристики сервера та робочих станцій, виявляють необхідність розробки оригінальних програмних компонентів.

Реалізація проекту системи автоматизованого проектування включає підготовку приміщень, монтаж кабельної мережі, навчання майбутніх користувачів підсистем, закупівлю і інсталяцію технічного забезпечення (ТЗ) і ПЗ.

Остаточним етапом впровадження системи автоматизованого проектування зубонарізного інструменту (а саме – черв'ячних фрез) у виробничому підрозділі «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» є етап дослідного випробування підсистеми. На цьому етапі виявляють необхідні корективи, які потрібно внести в систему.

2.2 Обґрунтування вибору програмного забезпечення

2.2.1 Критерії вибору програмного забезпечення для системи проектування черв'ячної фрези

Основним ядром системи автоматизованого проектування черв'ячної фрези є її програмне забезпечення (ПЗ), тому важливо правильно підібрати необхідне. Треба урахувати щоб це ПЗ охоплювало значну кількість виконання проектних робіт і не сприяло створенню нових проблем.

Спочатку треба визначити критерії, за якими буде вибиратися ПЗ. Основним джерелом критеріїв вибору ПЗ для системи проектування є попереднє обстеження

підприємства, дослідження бізнес процесів та технічне завдання на розробку підсистеми.

Були визначені наступні критерії вибору ПЗ:

- відсоток автоматизації процесу проектування (потрібно досягнути щонайменше 70% автоматизації проектних робіт відповідно з технічним завданням);
- зручність загального інтерфейсу користувача (інтерфейс основної системи повинен бути інтуїтивно – зрозумілий та сприятливий);
- взаємодія з CAD – системою (потрібно забезпечити безперешкодний процес передачі даних з CAD – системи та зворотно);
- залежність від інших програмних продуктів (переважним є програмний продукт, що не потребує ліцензії на інших програм або той, на який підприємство вже має ліцензію);
- гнучкість адаптації системи (переважним є наявність та розвиненість зовнішніх інтерфейсів програмного продукту, таких як API – інтерфейс);
- вартість програмного продукту (переважним є продукт, що найбільше відповідає показнику ціні / якості).

2.2.2 Огляд виробників програмного забезпечення для САПР

Дослідивши ринок розробників програмного забезпечення для САПР, були виявлені найбільш актуальні фірми, які розробляють ПЗ для виробників. До таких фірм належать:

- «Autodesk»;
- «SolidWorks».

Компанія «Autodesk» є ключовим гравцем у сфері програмного забезпечення для дизайну та інженерії, який продовжує розвиватися та забезпечувати інноваційні рішення для своїх клієнтів у всьому світі. Відома своїми програмними продуктами,

такими як AutoCAD, Revit, Maya, Fusion 360, Inventor та багатьма іншими. Ці програми використовуються професіоналами з різних сфер, включаючи архітектуру, інженерію, виробництво, анімацію та багато інших.

Компанія «SolidWorks» більше ніж півтора десятиліття активно працює на ринку інформаційних технологій, поставляючи передові CAD/CAM/CAE/ PLM – рішення для автоматизації проектування та супроводу життєвого циклу наукоємної продукції. Вона проводить технічний аудита і впровадження програмного комплексу, розробляє методичне забезпечення, виконує роботи із системної інтеграції, забезпечує технічну підтримку і гарантійне супроводження усього спектра рішень, що поставляються нею.

Опираючись на визначені вище критерії вибору ПЗ, а саме на наявність програмного продукту, що не потребує ліцензії або такого, на який підприємство вже має ліцензію та на гнучкість адаптації системи пропонується використовувати систему тривимірного проектування і конструювання Autodesk Inventor оскільки на цю систему у підприємства вже є ліцензія. Це не потребує додаткових витрат на придбання ПЗ та на підготовку операторів.

2.2.3 Аналіз програмного забезпечення автоматизованого моделювання профілю фрези

На сьогоднішній день у світі існують сотні різних мов програмування, які в загальному можна поділити на мови програмування низького (Assembler) та високого рівня (Turbo Pascal, Delphi, C і т.д.). Крім цього мови програмування можна поділити на функціональні, структурні, логічні, процедурні, об'єктно-орієнтовані.

Turbo Pascal - це середовище розробки для мови програмування Паскаль. Використовуваний в Turbo Pascal діалект базувався на більш ранньому UCSD Pascal, що знайшов поширення, у першу чергу, на комп'ютерах серії Apple II. Компілятори Turbo Pascal були засновані на компіляторі Blue Label Pascal, створеному для операційної системи NasSys мікрокомп'ютера Nascom. Пізніше він був переписаний як

Compass Pascal для операційної системи CP/M, потім як Turbo Pascal для DOS і CP/M. Коли з'явилася перша версія Turbo Pascal, такий тип середовища розробки був відносно новим. Вбудований компілятор Паскаля був дуже високої якості. Приставка «Turbo» натякала як на швидкість компіляції, так і на швидкість виробленого їм коду, що виконується. Turbo Pascal створював машинний код за один прохід, без кроку компонування.

У більш пізніх версіях з'явилася можливість швидко одержати визначення ключового слова мови, просто поставивши курсор на ключове слово й нажавши клавішу довідки. Це дозволяло недосвідченим програмістам вивчати Паскаль навіть без допомоги книг, використовуючи лише середовище розробки. Середовище дозволяло легко вбудовувати в код на Паскалі вставки мовою асемблера. Користувач мав можливість проходити програму крок за кроком; при переході на асемблерний блок це також працювало. У будь-який момент користувач міг додати змінну або регістр у зручно розташоване вікно для спостереження за ними. При порядковому налагодженні програм, що використовують графічні режими IBM PC, відбувалося коректне перемикання між графічним режимом програми й текстовим режимом середовища розробки.

Переваги мови програмування Turbo Pascal:

- зручне середовище розробки;
- контекстна довідкова система, по якій можна вивчати мову без звертання до сторонніх джерел;
- висока швидкість компіляції;
- висока швидкість виконання відкомпільованих програм.

Недоліки:

- компілятор розрахований на реальний режим DOS, застосування якого сходить нанівець.

- у модулі CRT є помилка (некоректний підрахунок кількості циклів для функції delay, не розрахований на швидкі процесори та процесори зі змінною частотою;

- неправильна робота з мітками в убудованому асемблері.

Середовище Delphi 6 являє собою інтегровану оболонку розробника, в яку входить набір спеціалізованих програм, які відповідають за різні етапи створення готової програми. Основні вікна системи Delphi 6 наступні: інспектор об'єктів, провідник, проектувальник форм, вікно редактора. Вихідний текст програми готується в середовищі Delphi 6 за допомогою вбудованого редактора вихідних текстів. Цей редактор спеціалізований. Він відрізняється гнучкими можливостями кольорового виділення різних елементів тексту програми (ключових слів, назв, операцій, чисел і рядків) і надає можливість швидкого вводу конструкцій, які часто зустрічаються.

Всі програми в Delphi 6 будуються за наступним принципом: в їхній головній частині з розширенням *.DPR зберігається тільки виклик декількох команд, які відкривають головне вікно, а також виконують завершальні дії. Решта всього програмного коду міститься в файлах, що зберігають опис додаткових модулів, які підключаються. Кожен модуль має строго задану структуру, яка зазвичай автоматично генерується системою Delphi 6 при його створенні. Модуль складається з чотирьох частин: інтерфейсної частини, частини реалізації (обов'язкова), частини ініціалізації і частини завершення (необов'язкова). Спочатку вказують заголовок модуля – ключове слово Unit, за ним довільну назву модуля (вона повинна співпадати з іменем файлу, в якому модуль зберігається) і кладуть крапку з комою: Unit Testunit. Інтерфейсна частина описує інформацію, яка доступна з інших частин програми, з інших модулів і головної частини. Частина реалізації описує інформацію, яка недоступна з інших модулів. Подібне розділення модуля на частини дозволяє створювати і розповсюджувати модулі у відкомпільованому вигляді (розширення *.DCU), додаючи до них тільки опис інтерфейсної частини. При цьому внести зміни в такий модуль

неможливо, вихідний код, який реалізує описані в інтерфейсній частині можливості, недоступний. Такий підхід дозволяє повторно використовувати раніше написані для інших програм і вже відкоректовані модулі та розмежовує доступ до модуля декількох програмістів, а також дозволяє розбивати програму на набір логічно незалежних модулів. Інтерфейсна частина завжди йде першою і починається з ключового слова `interface`, а частина реалізації з – `implementation`.

Базовими елементами мови являються: коментарі, змінні, константи, оператори, типи даних тощо.

Проаналізувавши переваги та недоліки розглянутого ПЗ та зважаючи на те, що середовище Delphi 6 адаптоване під те програмне забезпечення, яке вже придбано виробничим підрозділом «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» можна зробити висновок про доцільність його використання для автоматизації процесу моделювання профілю зуба черв'ячної фрези.

2.3 Обґрунтування та вибір технічного забезпечення

Вибір технічного забезпечення залежить від вибору програмного забезпечення, яке буде використовувати система автоматизованого проектування розподільчого валу. Рекомендованим для цього програмного продукту є персональний комп'ютер з наступними технічними характеристиками:

- процесор: Pentium 4 2400 МГц;
- оперативна пам'ять: 1024 Мб;
- дисковий простір: 2 Гб;
- оптичний привід: DVD-ROM;
- розрешення екрану: 1280x1024 пікселів.

Але, ще важливим моментом є врахування операційної системи, під керуванням якої буде працювати технічне забезпечення. Для програмного продукту «Autodesk Inventor» фірма – розробник гарантує якісну роботу програми з операційною системою Windows 8 та Windows 10.

Таким чином, щоб передбачити тривалу експлуатацію технічного забезпечення без підвищення основних характеристик пропонується обрати технічне забезпечення з такими характеристиками:

- процесор: IntelCore 2 Duo E8400 3,14МГц.
- оперативна пам'ять: 4Гб;
- жорсткий диск: 500Гб;
- оптичний привід DVD–RW;
- розширення екрану 1600x1200 пікселів.
- графічний адаптер GeForce 9800 GT.

2.4 Розробка організаційного забезпечення системи автоматизованого проектування розподільчого валу

Підсистема автоматизованого проектування черв'ячної фрези потребує підтримки та чіткого керування. Пропонована система нараховує чотири підсистеми і потребує організації чотирьох автоматизованих робочих місць, тому обов'язки підтримки та керування підсистемою рекомендується покласти на працівників ВГК та ВГТ. Функціонування підсистеми повинні забезпечувати інженер-конструктор і технолог- програміст. Обов'язки обслуговування технічного забезпечення системи автоматизованого проектування технологічної документації та її обчислювальної мережі потрібно покласти на відділ обчислювальної техніки виробничого підрозділу «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод».

Таким чином, при комплексній автоматизації процесу технічної підготовки виробництва виникає необхідність уведення посади працівника, який буде забезпечувати керування на верхньому рівні начальниками підсистем автоматизованого проектування. Рекомендується впровадити посаду заступника головного інженера з питань САПР.

Схема організаційного забезпечення автоматизованої системи проектування зубонарізного інструменту приведена на рисунку 2.6. Пунктирна стрілка означає підпорядкування з питань САПР.

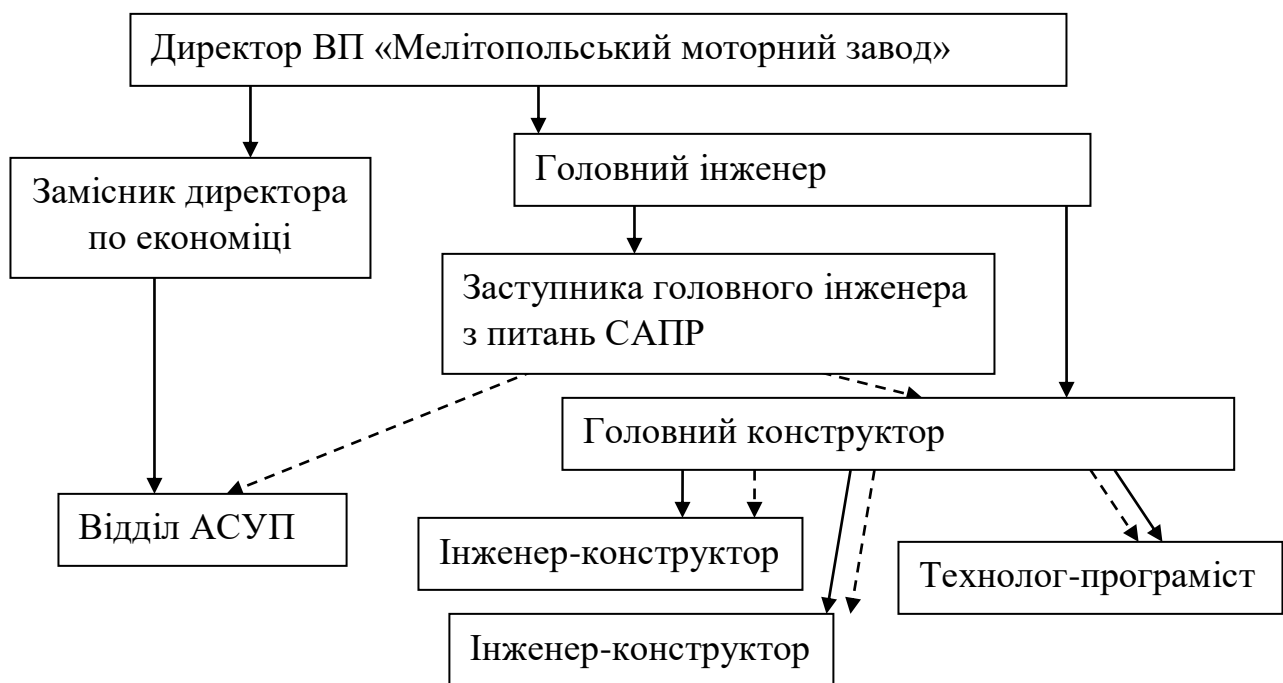


Рисунок 2.6 – Організаційне забезпечення автоматизованої системи

2.5 Висновки з розділу

У другому розділі кваліфікаційної роботи була розроблена функціональна модель процесу створення системи автоматизованого проектування зубонарізного інструменту (а саме – черв’ячних фрез), за допомогою CASE – засобу Allfusion Process

Modeller по методології IDEF0. Відповідно з цією функціональною моделлю була розроблена модель системи «Як повинно бути» та сам проект системи САПР, у якому відображена інформація про технічне, програмне, інформаційне та організаційне забезпечення системи.

Для рішення задачі вибору програмного забезпечення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації були визначені критерії. Ці критерії впливають з технічного завдання та моделі «Як є». Потім був обстежений ринок програмних продуктів автоматизації проектування. У результаті обстеження були визначені пріоритетні програмні продукти. Відповідно до вимог цих продуктів було обране відповідне технічне забезпечення підсистем на базі персональних комп'ютерів. Для обчислювальної мережі системи було обране технічне і програмне забезпечення.

При розробці проекту системи автоматизованого проектування за основний орієнтир ставилась економічна ефективність та продуктивність системи.

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОФІЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ

3.1 Проектування точних, високопродуктивних черв'ячних фрез, що виключають інтерференцію

У цей час у машинобудуванні й інструментальній промисловості широко застосовуються складні гвинтові криволінійні поверхні. Виготовлення й обробка таких поверхонь досить трудомісткий процес, що вимагає високої точності. Щоб підвищити якість продукції, що виготовляється, і продуктивність праці, необхідно розробляти нові більшесучасні різальні інструменти для обробки таких поверхонь. Найбільш продуктивним різальним інструментом є чистові черв'ячні фрези із просторовою ріжучою крайкою. Застосування в новій машинобудівній технології чистових черв'ячних фрез, без інтерференції, дозволяє уникнути підрізання, заклинювання, небезпечних концентрацій напруг і підвищує точність, продуктивність і надійність широкого класу деталей у машинобудуванні й різальному інструменті. Розробка даного способу проектування черв'ячних фрез здійснюється з урахуванням цієї умови.

Застосування сучасного програмного забезпечення що дозволяє розробляти, прораховувати й візуально відображати отримані сполучені поверхні істотно скорочує строки проектування й збільшує точність результатів.

Вхідними даними при проектуванні черв'ячних фрез є параметри того зубчастого колеса, яке буде виготовлятися за допомогою проектованого ріжучого інструменту.

Зубчасте колесо (шестірня) — основна деталь зубчатої передачі. У машинобудуванні прийняте мале провідне зубчасте колесо незалежне від числа зубів називати шестірнею, а великим ведене — колесом. Однак часто всі зубчасті колеса називають шестірнями.

Зубчасті колеса звичайно використовуються парами з різним числом зубів з метою перетворення обертаючого моменту й числа обертів вала на виході. Колесо, до якого обертаючий момент підводить ззовні, називається провідним, а колесо, з якого момент знімається — веденим.

У цей час існують різні технології виробництва зубчастих коліс. Це різні методи обкатування із застосуванням черв'ячної фрези, долбяка, гребінки; метод копіювання; гаряче й холодне наочування й т.д.



Рисунок 3.1 – Нарізання зубчастого колеса методом обкатування на зубофрезерному верстаті за допомогою черв'ячної фрези.

Технологія виготовлення зубчастих коліс досить складна. Для виробництва використається спеціальне устаткування й спеціальний різальний інструмент: гребінка, черв'ячна фреза і долбяк.

В умовах ремонтного й інструментального виробництва, для експериментальних цехів часто необхідно виготовити одну дві пари оригінальних зубчастих коліс. Це являє собою велику технологічну й організаційну проблему.

Параметри зубчастого колеса: m — модуль колеса,

Модуль вимірюється в міліметрах і обчислюється по формулі:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{p}{\pi}$$

Де:

z — число зубів колеса

p — крок зубів

d — діаметр ділильної окружності

d_a — діаметр кола вершин колеса

d_b — діаметр основного кола - еволюти

d_f — діаметр окружності западин

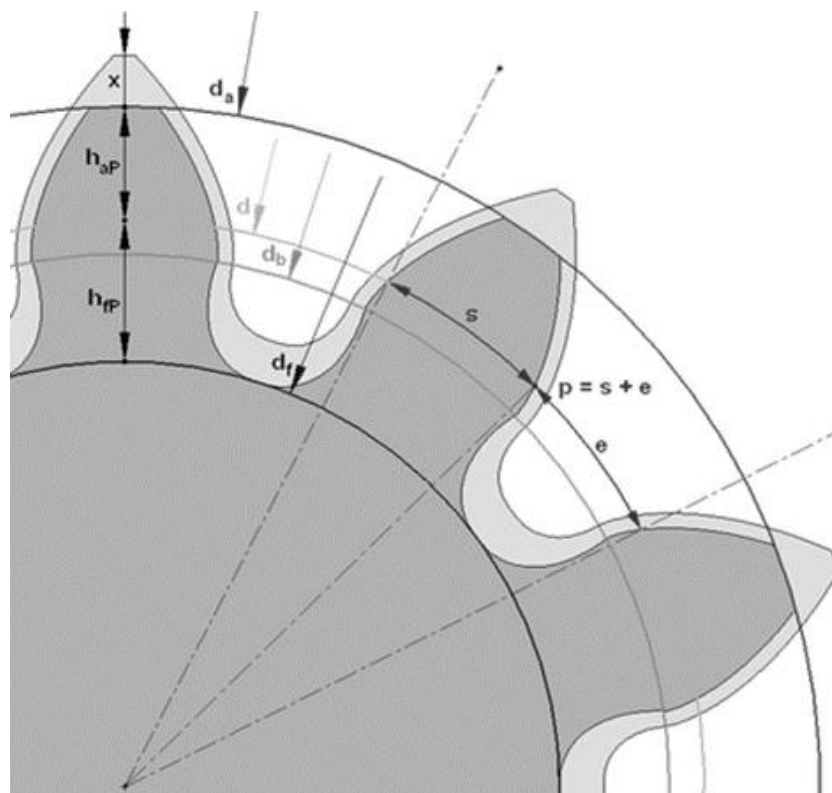


Рисунок 3.2 – Параметри зубчастого колеса

3.2 Формування різального інструменту для обробки виробів із криволінійним профілем

Дотепер уважалося, що черв'ячні фрези збільшимкутомпідйому витків можуть бути тільки чорновими. Це обумовлено тим, що, за профіль черв'ячної фрези Σ_B сполученої із заданою гвинтовою поверхнею Σ_A береться один з перетинів конгруентних посередників $\Phi_B \equiv \Phi_A$

В цьому випадку просторова ріжуча крайка заміняється пласкою. Через теоретичні допущення неточність найпоширеніших наближених методів зі збільшенням кутапідйому витків збільшується.

При проектуванні багатозаходних черв'ячних фрез із кутмпідйому понад 6° виходять погрішності, які значно перевищують допуски на виготовлення гвинтових нелінійчатих поверхонь. Тому розробка кінематичного способу проектування точних, високопродуктивних черв'ячних фрез із більшимкутомпідйому витків є досить актуальною.

Передумовами для створення кінематичного методу проектування чистових черв'ячних фрез, що виключають інтерференцію є розроблені теоретичні основи й теорема професора А.М. Подкоритова про миттєвих огинаючих аксоїдах.

Теорема професора А.М. Подкоритова:

Якщо кожному зі сполучених узагальнених поверхонь Σ_A і Σ_B розглядати як огинаючу сімейства попарно сполучених миттєвих аксоїдів Φ_A і Φ_B , що задовольняють діаграмі кінематичного гвинта, то кожна точка контакту поверхонь Σ_A і Σ_B визначається як точка торкання лінії контакту аксоїдів з поверхнею Σ_A . З теорії кінематичних гвинтів відомо, що через кожену точку контакту D до характеристики проходить загальна нормаль сполучених поверхонь, що є променем лінійного комплексу гвинта щодо руху поверхонь Σ_A і Σ_B (рис. 3.3).

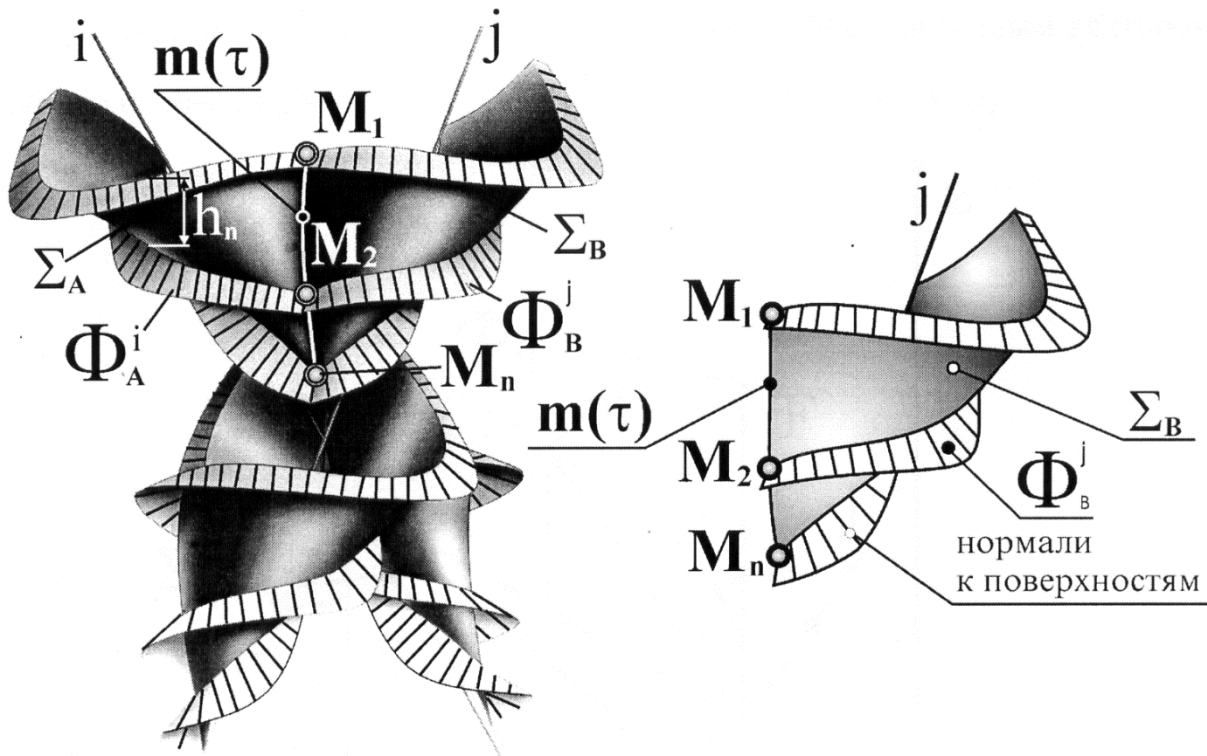


Рисунок 3.3 - Геометрична модель визначення характеристики $m(\tau)$

Розглянемо сутність кінематичного методу проектування вихідної інструментальної поверхні Σ_B черв'ячної фрези сполученої із заданою криволінійною поверхнею Σ_A оброблюваного виробу.

Поверхня Σ_A задана визначником $\Sigma_A(i, h_n, \omega_1)$, де i - вісь, h_n - змінний крок гвинтової поверхні, ω_1 - кутова швидкість.

Необхідно побудувати поверхню Σ_B , сполучену із заданою поверхнею Σ_A , що виключає інтерференцію.

Розглянемо аналітичне визначення поверхні Σ_B черв'ячної фрези із криволінійною характеристикою $m(\tau)$, віссю j змінним гвинтовим параметром $h(\gamma, \lambda, \mu, \nu)$, виконане гвинтовим перетворенням щодо осі j кожної точки характеристики

Характеристика $m(\tau)$ розглядається як геометричне місце точок, що одночасно беруть участь у двох рухах: в обертальному - щодо осі j і поступальному — паралельно осі j .

Нехай вісь j у просторі задано деякою своєю точкою $M_0 (X_0, B_0, Z_0)$ з радіусом вектором f_0 і одиничним напрямним вектором $\rho(\lambda, \mu, \nu)$, $\rho^2 = 1$. Розглянемо на характеристиці $m(\tau)$ деяку точку $M(X, V, Z)$ з радіусом вектором $f(\tau)\Gamma(\tau)$, що бере участь у гвинтовому русі навколо заданої осі j з параметром гвинта h .

На підставі теореми професори Подкоритова А. М. [24], точка M є загальною для поверхонь Σ_A і Σ_B . При повороті гвинта на кут γ , точка M займає положення точки $M'(X, V, Z)$ з радіусом-вектором F . Знайдемо координати точки M' , очевидно:

$$\overline{F} = \overline{OM_0} + \overline{M_0S} + \overline{SM''} = \overline{M''M'} \quad (3.1)$$

де S — проекція точки M на задану вісь j ;

M'' — положення точки M при повороті її на кут γ без зсуву уздовж осі j .

Радіус-вектор \overline{F} дорівнює сумі 3-х векторів. Розглянемо кожний з них окремо:

$$\overline{M_0S} = [(\bar{f}(\tau) - \bar{f}_0) \cdot \bar{\rho}] \bar{\rho} \quad (3.2)$$

$$\overline{SM''} = \bar{a} \cdot \cos \gamma + \bar{b} \cdot \sin \gamma, \quad (3.3)$$

де

$$\bar{a} \cdot \cos \gamma = (\bar{f}(\tau) - f_0) \cdot \cos \gamma - (\bar{f}(\tau) - f_0) \cdot \bar{\rho} \cdot \bar{\rho} \cdot \cos \gamma$$

$$\bar{b} \cdot \sin \gamma = \left(\left((\bar{f}(\tau) - f_0) \cdot \bar{\rho} \right) \cdot \sin \gamma - (\bar{f}(\tau) - f_0) \cdot \bar{\rho} \right) \cdot \bar{\rho} \cdot \sin \gamma$$

Оскільки при гвинтовому русі точка M просторовій кривій $m(\tau)$ здійснює паралельно осі j ще й поступальний рух, пропорційно куту повороту γ , то вектор $\overline{M''M'}$ визначається за формулою:

$$\overline{M''M'} = \rho \cdot \gamma \quad (3.4)$$

Знаючи декартові прямокутні координати векторів $f_0(x_0, y_0, z_0)$, $f(x, y, z)$, $\rho(\nu, \mu, \lambda)$ запишемо ці вектори у вигляді:

$$\begin{aligned} \bar{f}_0 &= x_0 \bar{i} + y_0 \bar{j} + z_0 \bar{k} \\ \bar{f} &= x \bar{i} + y \bar{j} + z \bar{k} \\ \bar{\rho} &= \lambda \bar{i} + \mu \bar{j} + \nu \bar{k} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Скалярний добуток $(\bar{f}(\tau) - \bar{f}_0) \cdot \bar{\rho}$ є число, що обчислюється по формулі:

$$(\bar{f}(\tau) - \bar{f}_0) \cdot \bar{\rho} = (x(\tau) - x_0)\lambda + (y(\tau) - y_0)\mu + (z(\tau) - z_0)\nu \quad (3.6)$$

Векторний добуток $(\bar{f}(\tau) - \bar{f}_0) \cdot \bar{\rho}$ запишемо через базис $\bar{i} \bar{j} \bar{k}$, прямокутної декартової системи координат $Oxyz$:

$$\begin{aligned}
(\bar{f}(\tau) - \bar{f}_0) \cdot \bar{\rho} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ \lambda & \mu & \nu \\ x(\tau) - x_0 & y(\tau) - y_0 & z(\tau) - z_0 \end{vmatrix} = \\
&= [(z(\tau) - z_0) \cdot \mu - (y(\tau) - y_0) \cdot \nu] \cdot i - [(z(\tau) - z_0) \cdot \lambda - (x(\tau) - x_0) \cdot \nu] \cdot j + \\
&+ [(y(\tau) - y_0) \cdot \lambda - (x(\tau) - x_0) \cdot \mu] \cdot k
\end{aligned} \tag{3.7}$$

Координати X , Y , Z точки M' або, щось же саме, координати радіуса-вектора \bar{F} визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned}
X &= x(\tau) \cdot [\lambda^2(1 - \cos \gamma) + \cos \gamma] + \\
&+ y(\tau) \cdot [\mu\lambda(1 - \cos \gamma) - \nu \sin \gamma] + \\
&+ z(\tau) \cdot [\lambda\nu(1 - \cos \gamma) - \mu \sin \gamma] + \\
&+ x_0 \cdot [1 - \lambda^2(1 - \cos \gamma)] + \\
&+ y_0 \cdot [\nu \sin \gamma - \mu\lambda(1 - \cos \gamma)] + \\
&+ z_0 \cdot [\mu \sin \gamma - \lambda\nu(1 - \cos \gamma)] + h_A(\gamma\lambda),
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y &= x(\tau) \cdot [\mu\lambda(1 - \cos \gamma) + \nu \sin \gamma] + \\
&+ y(\tau) \cdot [\mu^2(1 - \cos \gamma) + \cos \gamma] + \\
&+ z(\tau) \cdot [\mu\nu(1 - \cos \gamma) - \lambda \sin \gamma] + \\
&+ x_0 \cdot [-\nu \sin \gamma - \mu\lambda(1 - \cos \gamma)] + \\
&+ y_0 \cdot [1 - \mu^2(1 - \cos \gamma)] + \\
&+ z_0 \cdot [\lambda \sin \gamma - \mu\nu(1 - \cos \gamma)] + h_A(\gamma\lambda),
\end{aligned} \tag{3.8}$$

$$\begin{aligned}
Z = & x(\tau) \cdot [\lambda v(1 - \cos \gamma) - \mu \sin \gamma] + \\
& + y(\tau) \cdot [\mu v(1 - \cos \gamma) + \lambda \sin \gamma] + \\
& + z(\tau) \cdot [v^2(1 - \cos \gamma) + \cos \gamma] + \\
& + x_0 \cdot [\mu \sin \gamma - \lambda v(1 - \cos \gamma)] + \\
& + y_0 \cdot [-\lambda \sin \gamma - \mu v(1 - \cos \gamma)] + \\
& + z_0 \cdot [(1 - v^2) \cdot (1 - \cos \gamma)] + h_A(\gamma \lambda),
\end{aligned}$$

Отримані формули повністю визначають вихідну гвинтову інструментальну поверхню Σ_B багатозаходної чистової черв'ячної фрези.

Поряд із загальним комплексним способом формування сполучених нелінійчатих поверхонь можливий і окремих випадок, пов'язаний з компенсацією зазорів, піднастроюванням фрези. При кроці гвинтової поверхні $B=0$, вона перетворюється в поверхню обертання й при кроці $h=0$, гвинтова поверхня перетворюється в циліндр.

3.3 Аналітичне дослідження й проектування черв'ячних фрез

Ціль досліджень - створення вихідної інструментальної поверхні черв'ячної фрези сполученої з оброблюваною деталлю. Для цього докладно розглянемо питання пов'язані із фрезеруванням канавки фрези й затилуванням фрези.

Фреза є одним з найпоширеніших інструментів у металообробній промисловості. Жоден інструмент не має такої розмаїтості типів, форм і призначення, як фреза. Величезна перевага полягає в тому, що фреза дозволяє робити фасонну обробку деталей. По конструкції зубів фрези діляться на фрези з гострими зубами й із затилованими.

Фрези із затилованими зубами отримали широке поширення в промисловості й застосовуються в основному для деталей з фасонним профілем. Крім фрез спеціального призначення, призначених для обробки деталей з найрізноманітнішими профілями, є також цілий ряд фрез стандартного типу. З них треба відзначити: фрези напівкруглої опуклої й увігнуті, фрези пазові, кінцеві обдирні, дискові зуборізні, черв'ячні зуборізні, черв'ячні для шлицевих валів із прямобічним профілем і т.д.

Фрези затиловані діляться на дві групи: з нешлифованим і зі шлифованим профілем. До останнього ставляться фрези, призначені для обробки різьблення, зубчастих коліс, шлицевих валів.

Основна перевага затилованої фрези полягає в тому, що вона дає незмінний і ідентичний профіль оброблюваної деталі протягом усього періоду своєї експлуатації. Тому вони одержали широке поширення при фрезеруванні фасонних поверхонь.

Заточення фрез із затилованими зубами здійснюються по передній поверхні. Задню криволінійну поверхню звичайно не шлифують після термічної обробки за винятком фрез різьбонарізних гребінчатих і черв'ячних всіх видів. У результаті цього профіль зуба залишається невиправленим, а зневуглецьований шар не знятим.

Як крива для затилування зуба можуть бути: архімедова спіраль, логарифмічна спіраль, пряма й ін. Однак у практиці застосовується в основному архімедова спіраль. Пояснюється це насамперед простотою виготовлення кулачків для затилування. Кожна крива затилування повинна забезпечувати достатні задні кути для всіх точок ріжучих крайок, причому при переточуваннях вони повинні залишатися достатніми по своїй величині й задовольняючому процесі різання. Із цього погляду архімедова спіраль дає цілком задовільні результати (рис 3.5).

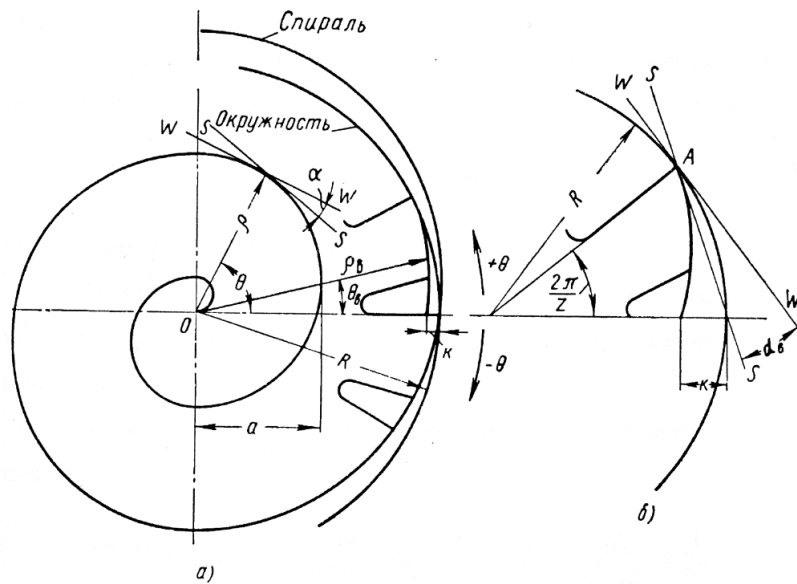


Рисунок 3.5 - Архімедова спіраль, як крива для затылованного зуба

Рівняння архімедової спіралі в полярній системі координат має вигляд (рис. 3.5,

а)

$$\xi = b \cdot \Theta$$

де ξ й Θ — відповідно радіус-вектор і полярний кут у радіанах розглянутої точки спіралі;

b — постійний коефіцієнт (пропорційності), що характеризує розміри спіралі.

З формули видно, що збільшення кута повороту прямо пропорційно збільшенню радіуса-вектора. Підйом спіралі (збільшення радіуса-вектора за один оберт) є величина постійна.

При куті $\Theta = 2\pi$ радіус-вектор дорівнює $\xi = a$, тоді $b = a/2\pi$ рівняння спіралі буде мати вигляд:

$$\xi = \frac{a}{2\pi} \cdot \Theta$$

Стосовно до зуба фрези рівняння архімедової спіралі по вершині визначається за формулою:

$$\xi_b = R - \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \Theta$$

де R — зовнішній діаметр фрези.

Задній кут – це кут між дотичною до спіралі $S-S$ і дотичною до окружності $W-W$, проведеними в розглянутій точці A (рис. 2.5,б).

Користуючись формулою з диференціальної геометрії можемо записати $ctg\alpha = \Theta$

Величина підйому спіралі визначається за формулою

$$a = kz$$

де

k — величина підйому спіралі, що відповідає кроку зубів, або величина затылования;

z — число зубів фрези.

Звідси треба:

$$tg\alpha = \frac{k \cdot z}{2\pi \xi};$$

Знаючи $\xi = R$, знаходимо залежність між заднім кутом на вершині зуба α_B , радіусом, числом зубів і величиною затилювання фрези:

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{k \cdot z}{2\pi R},$$

звідки величина затилювання

$$k = \frac{\pi \cdot D}{z} \operatorname{tg} \alpha_B,$$

де D — діаметр фрези.

Для повідомлення затиловочних рухів у супорті верстата встановлений кулачок, величина спаду якого дорівнює величині затилювання, що ставиться до повного оберту кулачка, тоді як на фрезі до центрального кута $360^\circ/z$. На кожному кулачку позначається величина спаду.

Як відомо, у загальному виді задній кут у вимірюваній площині полягає між площиною, дотичною до затилюваної поверхні зуба, і площиною, дотичною до поверхні, утвореної при обертанні ріжучої крайки (наприклад, вершини зуба). Обидві площини є дотичними, проведеними до однієї й тій же крапці, через яку можна провести нескінченна кількість вимірюваних площин. Однак нас цікавлять тільки три площини виміру (рис. 2.6, а): а) PP — площина, перпендикулярна до осі отвору фрези; б) OO — площина, паралельна до осі отвору; в) NN — площина, перпендикулярна до проекції бічної ріжучої крайки на площину, перпендикулярну до передньої поверхні (на рис. 3.6, а — площина креслення).

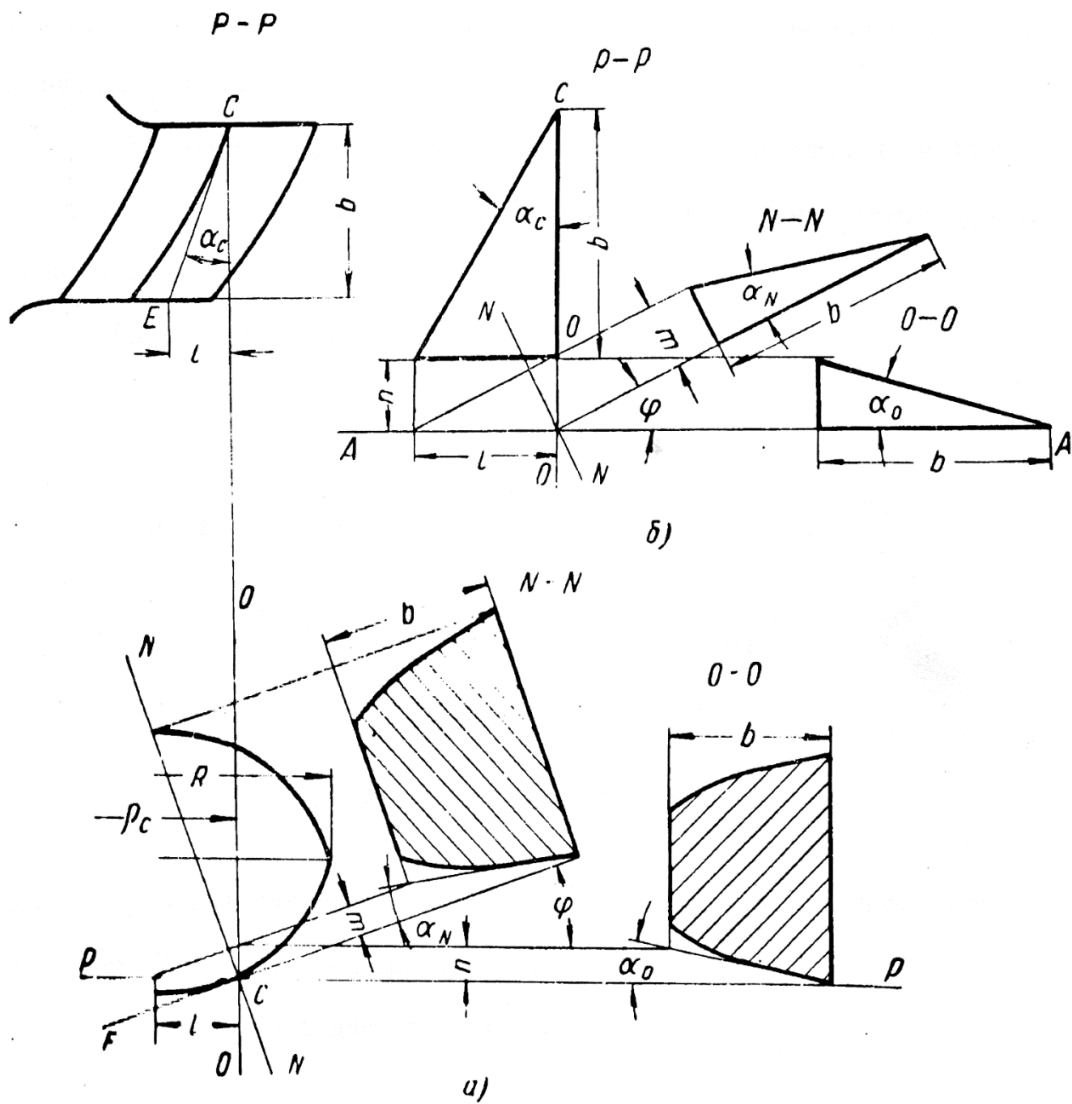


Рисунок 3.6 - Визначення задніх кутів у різних площинах для довільної точки зуба фрези

Дотична площина до поверхні циліндра може бути задана також двома дотичними до тої ж точки C прямими, розташованими в цій площині. Одна з них — пряма CE , перпендикулярна до радіуса-вектора (наприклад ξ_C для точки C), інша CP , дотична до кривій профілю зуба.

Позначимо задні кути у вимірюваних площинах α_C у площині PP , α_0 — у площині OO й α_N у площині NN і, крім того, через α_B — кут на вершині.

Кут α_0 визначається по формулах заснованих на залежності:

$$\operatorname{tg} \alpha_C = \frac{R}{\xi} \operatorname{tg} \alpha_B$$

У такий спосіб (див. рис. 3.6, б):

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \operatorname{tg} \alpha_C \operatorname{tg} \phi = \frac{R}{\xi_C} \operatorname{tg} \alpha_B \operatorname{tg} \phi$$

де ϕ — кут, укладений між дотичною до профілю й віссю профілю (тобто прямій, перпендикулярної до осі фрези).

Аналогічно визначаються кути α_N й α_B :

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_C \sin \phi = \frac{R}{\xi_C} \operatorname{tg} \alpha_B \sin \phi,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{\xi_C \operatorname{tg} \alpha_N}{R \sin \phi}$$

Після цього визначаємо величину затилювання й підбираємо з ряду розмірів кулачків найбільш підходящий при відповідному округленні величини його спаду.

3.4 Розподіл контактних нормалей для сполучених гвинтових поверхонь із загальною виробляючою циліндричною поверхнею

З теорії просторових зачеплень відомо, що для утворення сполучених поверхонь із крапковим контактом необхідно, щоб обгинається поверхність, що, робиларух м двома незалежними параметрами. У тому випадку, коли обгинаючі поверхні є

гвинтовими (циліндричними й постійним кроком), що має місце при зубофрезеруванні гвинтових виробів черв'ячними фрезами, шевінгуванні, у передачі обертання між перехресними осями, для відшукування контактних крапок необхідно становити два рівняння зачеплення:

$$\begin{aligned}\bar{N} \cdot \bar{V}(h_2) &= 0 \\ \bar{N} \cdot \bar{V}(h) &= 0\end{aligned}$$

де \bar{N} — вектор нормалі до обгинаючої поверхні, у деякій точці M ;

$\bar{V}(h_2)$ — вектор відносної швидкості точки M при участі обгинається поверхні, що, у гвинтовому русі (j, ω_2, h_2) з параметром h_2 шуканої поверхні, що обгинає;

$\bar{V}(h)$ — вектор відносної швидкості точки M при участі обгинаючої поверхні, що, у гвинтовому русі (m, ω_m, h_3) з параметром h_3 .

Останній рух представляє суму 2-х обертань:

$$(m, \omega_m, h_3) - (i, \omega_1) + (j, \omega_2)$$

де $\omega_1 / \omega_2 = u$ — задане передатне відношення.

Умова можна трактувати і як умова приналежності нормалі до обгинається поверхні, що, комплексу променів гвинта, що характеризує відносний рух цієї поверхні. З таких позицій становить інтерес конструювання гвинтової поверхні, що обгинає, зобліком того, що відносний рух гвинтової поверхні, що обгинає, характеризується двома зазначеними гвинтами.

Гвинтова поверхня, що обгинається, у системі координат $O'_1 X'_1 Y'_1 Z'_1$ описується наступним векторно-параметричним рівнянням:

$$\bar{r}'_1 = \bar{r}'_1(u, v) = \bar{i} \cdot x'_1(u, v) + \bar{j} \cdot y'_1(u, v) + \bar{k} \cdot z'_1(u, v)$$

де

\bar{r}'_1 — радіус-вектор точки гвинтової поверхні, що обгинається;

u, v — параметри (криволінійні координати) точки на цій поверхні;

$\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ — орти відповідних координатних осей.

Для вектора нормалі \bar{N}'_1 можна записати:

$$\bar{N}'_1 = \bar{N}'_1(u, v, \lambda) = \bar{i} N'_{X_1}(u, v, \lambda) + \bar{j} N'_{Y_1}(u, v, \lambda) + \bar{k} N'_{Z_1}(u, v, \lambda)$$

де

$N'_{X_1}, N'_{Y_1}, N'_{Z_1}$ — проекція вектора \bar{N}'_1 на координатних осях X'_1, Y'_1, Z'_1 відповідно;

λ , — параметр, що характеризує положення точки на \bar{N}'_1 .

Зобліком того, що \bar{r}'_1 збігається в нерухливій системі координат $O_1X_1B_1Z_1$ параметром руху ϕ_1 одержуємо рівняння однопараметричного сімейства таких поверхонь:

$$\bar{r}'_1 = \bar{r}'_1(u, v, \phi_1) = \bar{i} \cdot x'_1(u, v, \phi_1) + \bar{j} \cdot y'_1(u, v, \phi_1) + \bar{k} \cdot z'_1(u, v, \phi_1).$$

Тоді вектору нормалі \bar{N}'_1 в системі координат $O'_1X'_1Y'_1Z'_1$ буде відповідати вектор \bar{N}_1 у системі координат $O_1X_1B_1Z_1$:

$$\bar{N}_1 = \bar{N}_1(u, v, \lambda, \phi_1) = \bar{i} N_{X_1}(u, v, \lambda, \phi_1) + \bar{j} N_{Y_1}(u, v, \lambda, \phi_1) + \bar{k} N_{Z_1}(u, v, \lambda, \phi_1)$$

Запишемо загальну умову приналежності \overline{N}_1 комплексу променів гвинта (i, h_2) , що характеризує перший відносний рух щообгинається.

$$\cos \tau_1 = \frac{d_1}{\sqrt{h_2^2 + d_1^2}} \quad (3.9)$$

Одиничний вектор \vec{j} , що характеризує напрямок осі j у системі координат $O_1X_1B_1Z_1$ визначений:

$$\vec{j} = \vec{i} \cdot \sin \gamma + \vec{k} \cdot \cos \gamma$$

Скалярний добуток векторів \overline{N}_1 і \vec{j} визначаємо за формулою:

$$\overline{N}_1 \cdot \vec{j} = |\overline{N}_1| \cdot |\vec{j}| \cdot \cos \tau_1,$$

звідки:

$$\cos \tau_1 = \overline{N}_1 \cdot \vec{j} / |\overline{N}_1| \cdot |\vec{j}| = \frac{N_{X_1} \cdot \sin \gamma + N_{Z_1} \cos \gamma}{\sqrt{N_{X_1}^2 + N_{Y_1}^2 + N_{Z_1}^2}} \quad (3.10)$$

Векторний добуток векторів \overline{N}_1 і \vec{j} має вигляд:

$$\begin{aligned} \vec{e}_1 = \overline{N}_1 \cdot \vec{j} &= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \overline{N}_{X_1} & \overline{N}_{Y_1} & \overline{N}_{Z_1} \\ \sin \gamma & 0 & \cos \gamma \end{vmatrix} = \vec{i} \cdot N_{X_1} \cos \gamma + \\ &+ \vec{j} (N_{Z_1} \sin \gamma - N_{X_1} \cos \gamma) - \vec{k} \cdot N_{Y_1} \sin \gamma \end{aligned} \quad (3.11)$$

Рівняння зв'язку параметрів поверхонь у загальному виді має вигляд:

$$\begin{aligned}\psi_1(u, v, \varphi_1) &= 0, \\ \psi_2(u, v, \varphi_1) &= 0\end{aligned}$$

На підставі залежностей (3.10-3.11) визначається векторно-параметричне рівняння лінії зачеплення: від якого можна перейти до координат контактної точки на шуканій гвинтовій поверхні, що обгинає:

$$\bar{r}_1 = \bar{r}_1(u, v(u)), f_1 \bar{r}_1(u, v(u)). \quad (3.12)$$

В основі запропонованого рішення поставленого завдання конструювання покладена методика конструювання лінійно-контактуючих гвинтових поверхонь.

3.5. Профілювання сполучених поверхонь рухом допоміжних посередників

Питання утворення поверхонь рухом лінії в прикладній геометрії розглянуті досить докладно. Однак питання утворення поверхонь рухом допоміжних поверхонь (посередників) розроблені недостатньо повно. Разом з тим технологія обробки складних поверхонь найбільш продуктивним методом обкатування тісно пов'язана із профілюванням сполучених поверхонь, утворених рухом посередників.

На підставі узагальненої теореми Гохмана-Оливье-Николаєва поверхні Σ_A й Σ_B будуть сполученими, якщо кожна з них є огибающою сімейства, утвореного відносним рухом свого посередника Φ_A й Φ_B за умови спряженості посередників між собою. Якщо посередники Φ_A й Φ_B мають лінійний контакт, або конгруентні, то за допомогою таких посередників можна утворити сполучені поверхні як із точковим, так і з лінійним контактом. Якщо посередники Φ_A і Φ_B є сполученими із точковим

контактом, то за допомогою таких посередників можна утворити сполучені поверхні тільки із точковим контактом.

При побудові кожної точки контакту сполучених поверхонь Σ_A і Σ_B вирішується геометричне завдання по визначенню загальної точки дотику поверхонь Σ_A Σ_B Φ_A Φ_B . Через складність рішення такого геометричного завдання в цей час найбільше поширення одержав наближений метод профілювання, у якому просторова лінія контакту замінюється пласкою, тобто за лінію контакту приймають один з перетинів посередника Φ_B , сполученого із заданою поверхнею Σ_B .

Одним з основних питань при профілюванні різальних інструментів методом обкатування, є визначення профілю вихідної гвинтової інструментальної поверхні Σ_A сполученої з оброблюваною гвинтовою поверхнею Σ_B .

Утворення сполучених гвинтових нелінійчатих поверхонь Σ_A і Σ_B здійснюється за наступною схемою:

1. По заданій гвинтовій поверхні визначити посередник Φ_A , сполучений з Σ_A і лінійний контакт, що має з нею.
2. Для посередника Φ_B , конгруентного Φ_A , визначити перетин, що лежить у площині, перпендикулярній осі i_1 .
3. Маючи посередник Φ_B і знаючи закон його відносного руху Φ_B / Σ_B спрофілювати гвинтову поверхню Σ_B , сполучену с. Φ_B

На рис.3.7 представлена геометрична модель сполучених гвинтових нелінійчатих поверхонь утворених конгруентними посередниками.

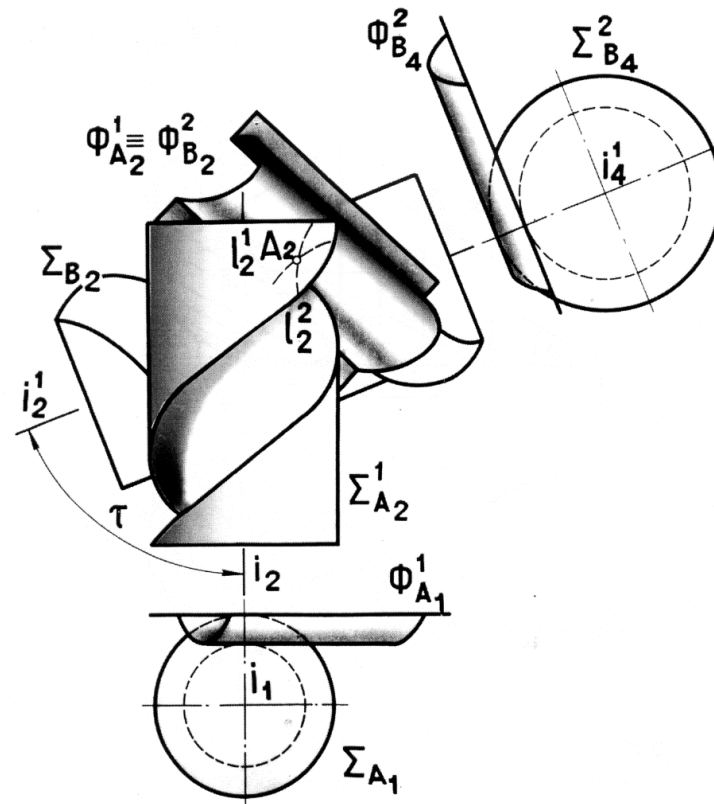


Рисунок 3.7 - Геометрична модель сполучених гвинтових нелінійчатих поверхонь утворених конгруентними посередниками

Для визначення циліндричного посередника Φ_A , сполученого із гвинтовою нелінійчатою поверхнею Σ_A , необхідно на цій поверхні провести сімейство ліній і спроеціювати ці лінії на яку-небудь площину променями, що проєктують, паралельного утворюючого Φ_A посередника. Вироджена проєкція посередника Φ_A визначається як обгинає проєкцій ліній, що належать поверхні Σ_A . На рис. 3.8 на поверхні Σ_A проведені гвинтові паралелі $l(l_1, l_2)$, $l^1(l_1^1, l_2^1)$, $l^2(l_1^2, l_2^2)$ і побудовані їхні косокутні проєкції на площину Π_l . Щоб можна було одержатиторкання сполучених поверхонь Σ_A і Φ_A по лінії, що перетинає всігвинтові паралелі поверхні

Маючи посередник Φ_B , конгруентний Φ_A , можна приступитися до профілювання гвинтової поверхні Σ_B , сполученої с. Σ_A . Однак на відміну від існуючих методів слід зазначити, що жодне перетин посередника Φ_B не може бути прийняте за перетин поверхні Σ_B тому що характеристика цих поверхонь не є плоскою лінією. Тому для профілювання гвинтової нелінійчатої поверхні Σ_B , сполученої з Φ_B , доводиться звертатися до криволінійного проектування. Нормальне до осі i_1 перетин поверхні Σ_B будується як обгинає сімейства гвинтових проекцій ліній, що належать поверхні посередника Φ_B . Як такі лінії доцільно брати конгруентні перетини посередника. Для одержання найбільш простого рішення при побудові поверхні Σ_B , сполученої з Φ_B , варто вибирати ті конгруентні перетини посередника, які при гвинтовому проектуванні на площину, перпендикулярну осі i_1 , також давали б конгруентні перетини.

3.6 Висновки по третьому розділу

У третьому розділі наведені аналіз і опис методики проектування точних, високопродуктивних черв'ячних фрез, що виключають інтерференцію, запропонованої вченими Одеської школи прикладної геометрії під керівництвом д.т.н., професора Подкоритова А.М.

Аналіз методики формування різального інструменту для обробки виробів із криволінійним профілем, аналітичне дослідження й проектування черв'ячних фрез, розподілу контактних нормалей для сполучених гвинтових поверхонь із загальною виробляючою циліндричною поверхнею й профілювання сполучених поверхонь рухом

допоміжних посередників показав, що розглянуту методику можна застосувати для рішення завдань профілювання робочих поверхонь черв'ячних фрез на відкритому акціонерному товаристві «Запорізький автомобілебудівний завод», виробничий підрозділ «Мелітопольський моторний завод» (м. Мелітополь).

4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОФІЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ

4.1 Обґрунтування вибору програмного забезпечення

Середовище Delphi являє собою інтегровану оболонку розробника, в яку входить набір спеціалізованих програм, які відповідають за різні етапи створення готової програми. Delphi - це комбінація декількох найважливіших технологій:

- Високопродуктивний компілятор у машинний код;
- Об'єктно-орієнтована модель компонентів;
- Візуальна (а, отже, і швидкісна) побудова додатків із програмних прототипів;
- Масштабовані засоби для побудови баз даних.

Компілятор, вбудований в Delphi, забезпечує високу продуктивність, необхідну для побудови додатків в архітектурі «клієнт-сервер». Він пропонує легкість розробки й швидкий час перевірки готового програмного блоку, характерного для мов четвертого покоління (4GL) і в той же час забезпечує якість коду, характерного для компілятора 3GL.

Крім того, Delphi забезпечує швидку розробку без необхідності писати вставки на Си або ручного написання коду (хоча це можливо).

У процесі побудови додатка розроблювач вибирає з палітри компонентів готові компоненти як художник, що робить великі мазки кистю. Ще до компіляції він бачить результати своєї роботи - після підключення до джерела даних їх можна бачити відображеними на формі, що є одним з найважливіших переваг і зручностей, можна переміщатися за даними, представляти їх у тім або іншому виді.

У цьому змісті проектування в Delphi мало чим відрізняється від проектування в інтерпретуючому середовищі, однак після виконання компіляції ми одержуємо код, що виконується в 10-20 разів швидше, ніж, те ж саме, зроблене за допомогою інтерпретатора. Крім того, компілятор компіляторів ворожнеча, в Delphi компіляція виробляється безпосередньо в рідний машинний код, у той час як існують компілятори, що перетворюють програму в так званий р-код, що потім інтерпретується віртуальною-машиною. Це не може не позначитися на фактичній швидкодії готового додатка.

Окрім наданого вище опису переваг середовища Delphi, слід зазначити, що пакет прикладних програм Autodesk Inventor, який застосовується на підприємстві виробничий підрозділ «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод», адаптовано під програмний продукт Delphi.

4.2 Розробка програмного забезпечення проектування зубонарізного інструменту

Проектування й оформлення конструкторської документації металорізального інструмента зі складним геометричним профілем сполучено з виконанням великого обсягу досить трудомісткої обчислювальної роботи. У зв'язку із цим актуальною є автоматизація даного процесу з використанням сучасних САДсистем.

При цьому під «автоматизованим проектуванням» варто розуміти не просте перекладання на ЕОМ деяких трудомістких математичних і логічних завдань, а автоматизацію всього комплексу конструкторських робіт.

Математичною основою створення такого програмного забезпечення є апарат і методи різних геометричних дисциплін: нарисної, аналітичної, проєктивної й диференціальної геометрії. Необхідні також апарат і методи рішення лінійних і нелінійних (трансцендентних) рівнянь і систем таких рівнянь.

У четвертому розділі представлена розробка програмного модулю, що засобами системи Inventor повністю автоматизує розрахунок і побудову тривимірних моделей черв'ячних зуборізних фрез.

Система Inventor призначена для створення тривимірних асоціативних моделей окремих деталей і складальних одиниць, що містять як оригінальні, так і стандартизовані конструктивні елементи. Параметрична технологія дозволяє швидко одержувати моделі типових виробів на основі один раз спроектованого прототипу. Численні сервісні функції полегшують рішення допоміжних завдань проектування й обслуговування виробництва.

Пропонований програмний модуль розроблено для розширення стандартних можливостей САДсистеми Inventor. Він являє собою складну, орієнтовану на конкретне завдання підсистему автоматизованого проектування і призначений для проектування черв'ячних зуборізних фрез евольвентного профілю наступних типів:

- прецизійних;
- загального призначення нормальної довжини;
- загального призначення збільшеної довжини.

Можливе також проектування як стандартних, так і нестандартних черв'ячних фрез.

У процесі проектування вирішуються наступні завдання:

- розрахунок геометричних параметрів фрези;
- формування значень показників точності й технічних вимог залежно від ступеня точності колеса, що нарізається;
- побудова робочого креслення черв'ячної фрези або її макрооб'єкта із заданим видом;
- побудова тривимірної моделі фрези;
- генерація текстової документації з результатами розрахунку у форматі MS Excel.

4.3 Описання роботи програми

Програма має простий і дуже гнучкий інтерфейс. Уведення вихідних даних реалізований на діалоговій панелі із чотирма сторінками.

На першій сторінці (рис. 1) задаються вихідні параметри зубчастих коліс, які обробляються проектованої черв'ячною фрезою:

- модуль m (мм);
- кут профілю вихідного контуру α (градуси);
- коефіцієнт висоти головки зуба;
- коефіцієнт радіального зазору;
- числа зубів що нарізається й сполученого коліс ($Z1$ і $Z2$);
- коефіцієнти зсуву вихідного контуру коліс ($X1$ і $X2$);
- кут нахилу зубів, напрямок лінії зубів.

Модуль вибирається зі списку, що містить стандартні значення модулів, що допускаються для даного типу фрези. При зміні типу фрези (на другій сторінці діалогової панелі) відбувається автоматичне відновлення списку модулів.

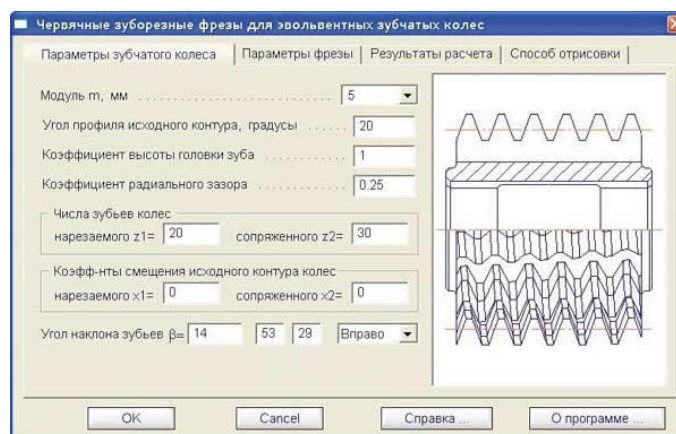


Рисунок 4.1 – Вікно програми для введення параметри зубчастого колеса що нарізується й сполученого зубчастого колеса

На другій сторінці (рис. 4.2) вибираються тип фрези, клас точності, конструктивні параметри, задаються параметри стружкової канавки (рис. 4.3).

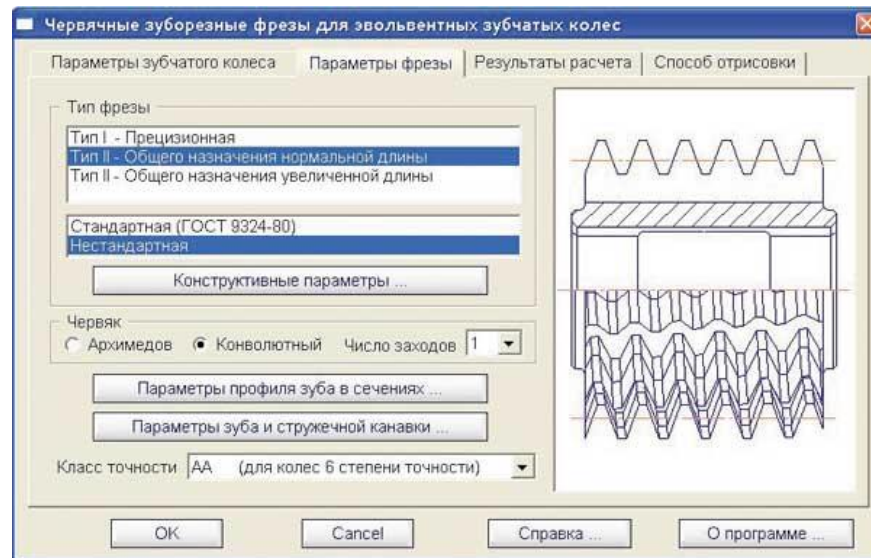


Рисунок 4.2 – Вікно вибору типу черв'ячної фрези і її основних параметрів

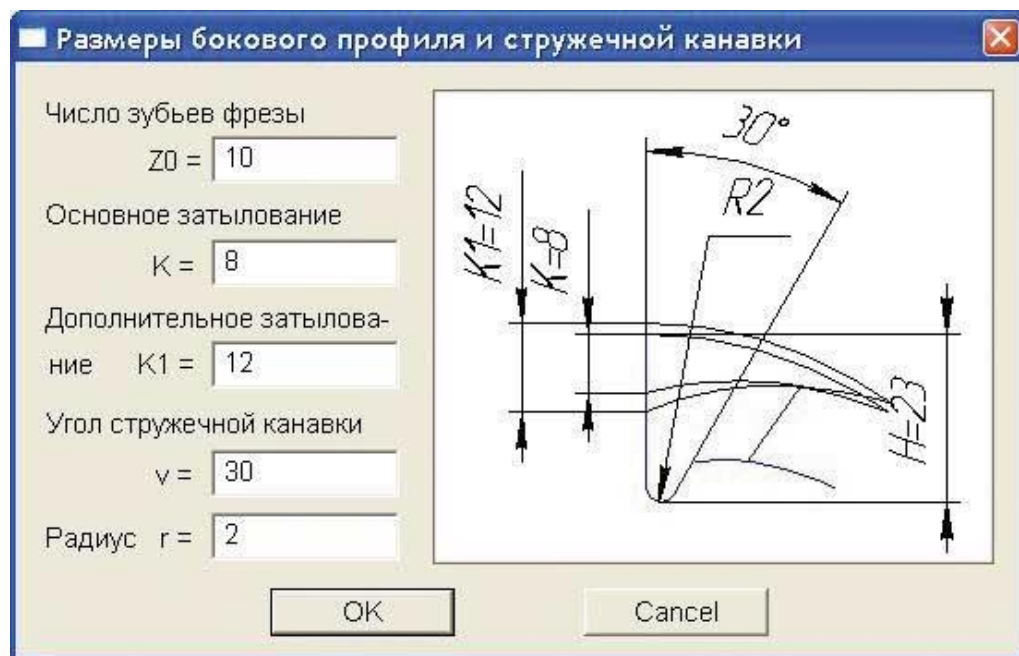


Рисунок 4.3 – Параметри бічного профілю зуба й стружкової канавки

Реалізовано розрахунок як нестандартних черв'ячних фрез, так і вибір з бази даних стандартних фрез відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 932480Е. Переглянути параметри стандартних черв'ячних фрез можна, нажавши кнопку «Конструктивні параметри» На рис. 4.4 показано результати розрахунку геометричних параметрів зубчастих коліс.

Рассчитанные геометрические параметры зубчатых колес, для проектируемой червячной фрезы

Модуль m	Z0	Da0, мм	dотв, мм	D1, мм	Длина L, мм	a, мм	K, ^
3	10	90	32	50	80	5	0
3.25	10	90	32	50	80	5	0
3.5	10	90	32	50	80	5	0
3.75	10	90	32	50	80	5	0
4	10	100	32	50	90	5	0
4.25	10	100	32	50	90	5	0
4.5	10	100	32	50	90	5	0
5	10	112	40	60	100	5	0
5.5	10	112	40	60	100	5	0
6	9	125	40	60	112	5	0
6.5	9	125	40	60	112	5	0
7	9	125	40	60	112	5	0
8	9	140	40	60	125	5	1

OK Cancel

Рисунок 4.4 – Результати розрахунку геометричних параметрів зубчастих коліс

Третя сторінка є вихідною (рис. 4.5). На ній можна переглянути результати розрахунку. При натисканні на кнопку Ок спочатку відбувається перехід на третю сторінку, щоб користувач міг побачити приблизні результати розрахунку, а при повторному натисканні на Ок з'являється фантом або робітника креслення фрези, або її макрооб'єкта.

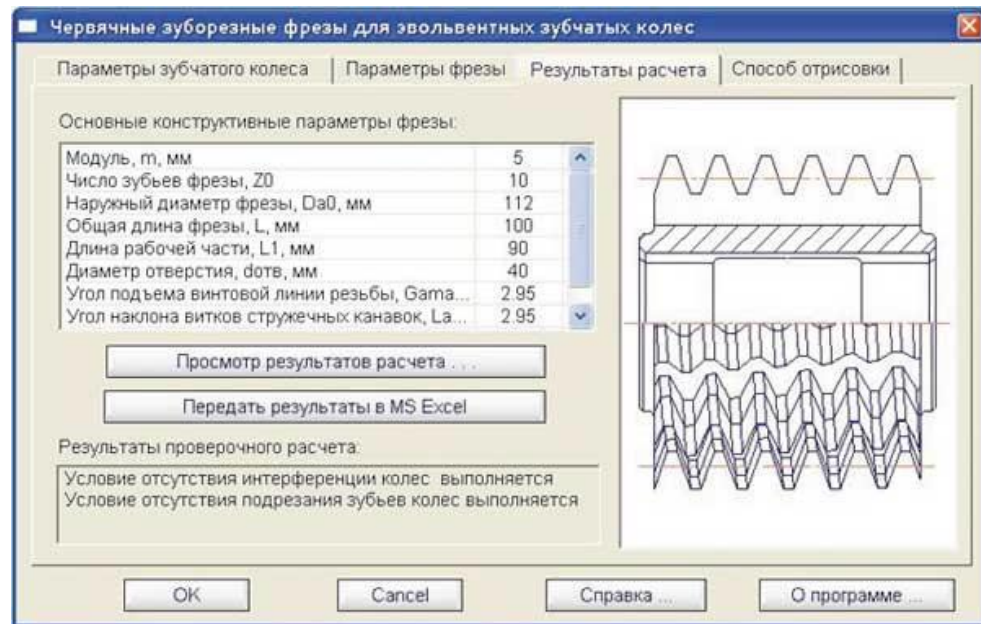


Рисунок 4.5 – Результаты розрахунку черв'ячної фрези

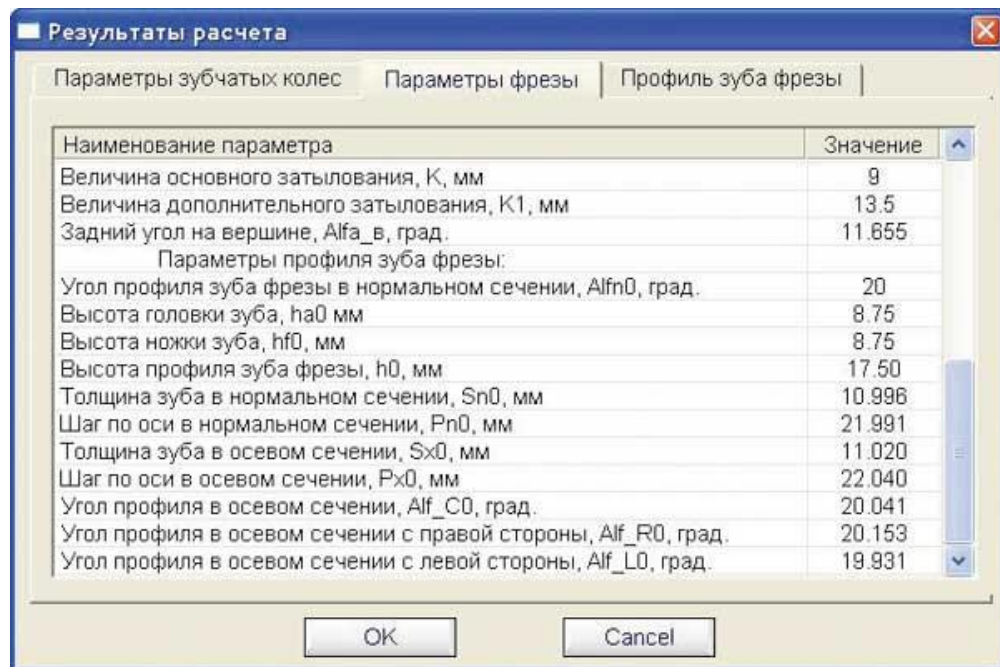


Рисунок 4.6 – Параметры фрези

Результати геометричного розрахунку можна переглянути, нажавши кнопку Перегляд результатів розрахунку... Результати розрахунку виводяться на діалоговій панелі, показаної рис. 4.6.

Наступна сторінка відображає отриманий профіль фрези (рис. 4.7). На ній можна візуально проконтролювати побудований профіль.



Рисунок 4.7 – Профіль зуба фрези

Результати розрахунку також можна автоматично передати в Excel (рис. 4.8)

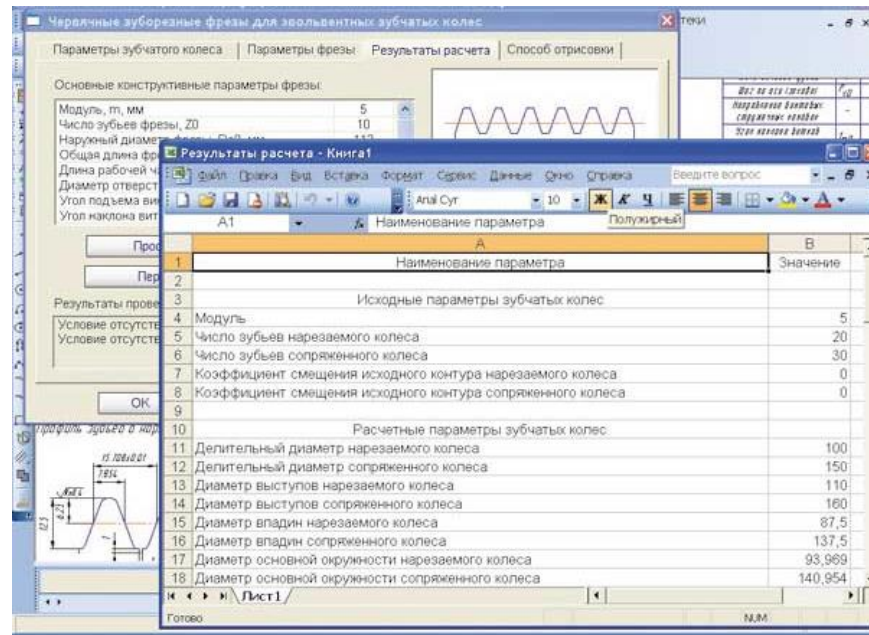


Рисунок 4.8 – Вивід результатів розрахунку в документ Excel

З Excel програмний модуль взаємодіє за допомогою технології OLE Automation через IDispatchінтерфейси за допомогою класів, похідних від класу COleDispatchDriver.

На четвертій сторінці (рис. 4.9) задається спосіб виводу результатів проектування. Можна задати оформлення креслення фрези з розмірами (робітник креслення), без розмірів (загальний вид, розріз, ліворуч, праворуч), побудова тривимірної моделі фрези, вивід результатів розрахунку геометрії.

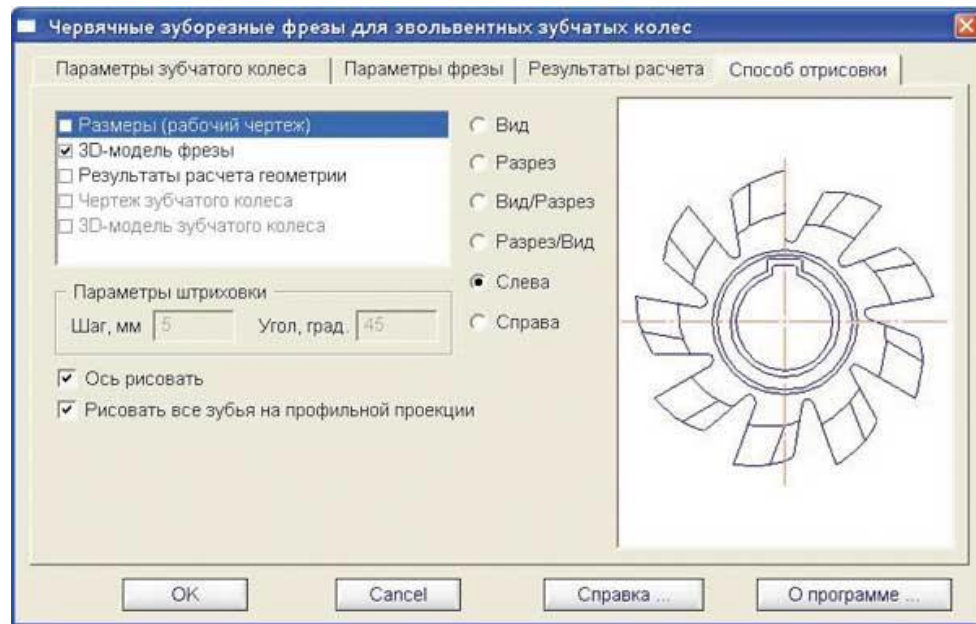


Рисунок 4.9 – Вибір способу візуалізації результатів проектування

При зміні будь-яких вихідних даних відбувається перерахування геометричних параметрів фрези й перемальовування її слайда.

Якщо в параметрах отрисовки була включена опція 3Dмодель фрези, то після створення робочого креслення формується документ деталь, що містить тривимірну модель інструмента (рис. 4.10).

Після отримання тривимірної моделі черв'ячна фреза заноситься до бібліотеки ріжучого інструменту, яка може виступати в ролі компонента для інших додатків. Ця перевага відрізняє бібліотеку від всіх прикладних бібліотек, що поставляються разом з Inventor.

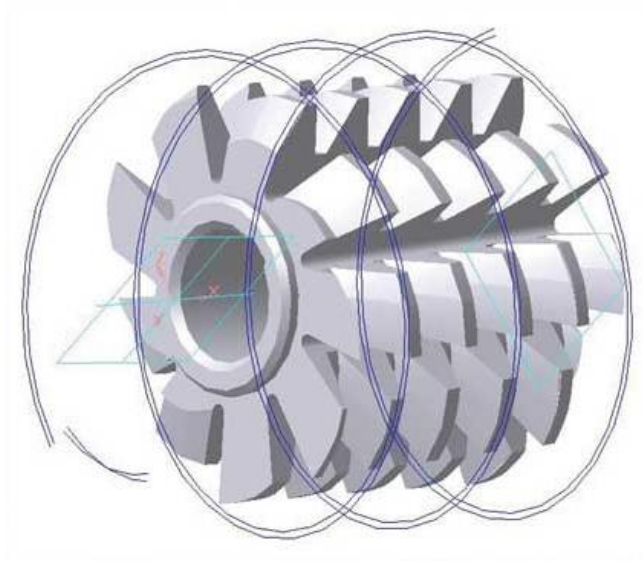


Рисунок 4.10 – Тривимірний модель черв'ячної фрези

4.4 Висновки з розділу

Для удосконалення, модернізації механізмів і деталей нині на виробництві використовуються сучасні програмні продукти. Для того, щоб автоматизувати моделювання і виробництво типових виробів одного класу, що проектується по схожому алгоритму, технологи-програмісти створюють спеціалізовані програми, завдяки спільному використанню в САПР різних прикладних мов програмування. Для цього у виробничому підрозділі «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» розроблено спеціалізований програмний модуль автоматизованої системи проектування черв'ячних фрез точно дозволить не лише скоротити час і витрати на виготовлення деталей, а також підвищити точність, і, відповідно, якість продукції, що випускається.

5 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

5.1 Розробка керуючої програми для виготовлення черв'ячної фрези на токарно-фрезерному оброблювальному центрі з ЧПУ в САМ-системі Autodesk Inventor САМ

5.1.1 Постановка задачі

У відповідності до технічного завдання виробничого підрозділу «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» необхідно розробити керуючу програму для виготовлення черв'ячної фрези на токарно-фрезерному оброблювальному центрі з ЧПУ.

5.1.2 Вибір та характеристики токарно-фрезерного оброблювального центру

Для скорочення часу на виготовлення черв'ячної фрези в кваліфікаційній роботі пропонується застосувати токарно-фрезерний оброблювальний центр ТМС 100-6, який є на підприємстві. Також одним з критеріїв вибору саме цього устаткування було те, що токарно-фрезерний оброблювальний центр ТМС 100-6 дозволяє призводити обробку деталі в різних напрямках, що значно скоротить час на технологічну підготовку виробництва, оскільки ведеться обробка відразу всієї деталі за один установ. Окрім токарної обробки спіральної канавки складної форми необхідно виконати фрезерування просторової ріжучої крайки, а потім шліфування робочих поверхонь черв'ячної фрези. Як видно із рисунку 5.1, на якому наведено позначення осей координат та напрямків руху токарно-фрезерного оброблювального центру ТМС 100-6, цей верстат найбільш підходить для реалізації поставлених задач обробки поверхонь черв'ячної фрези за один установ.

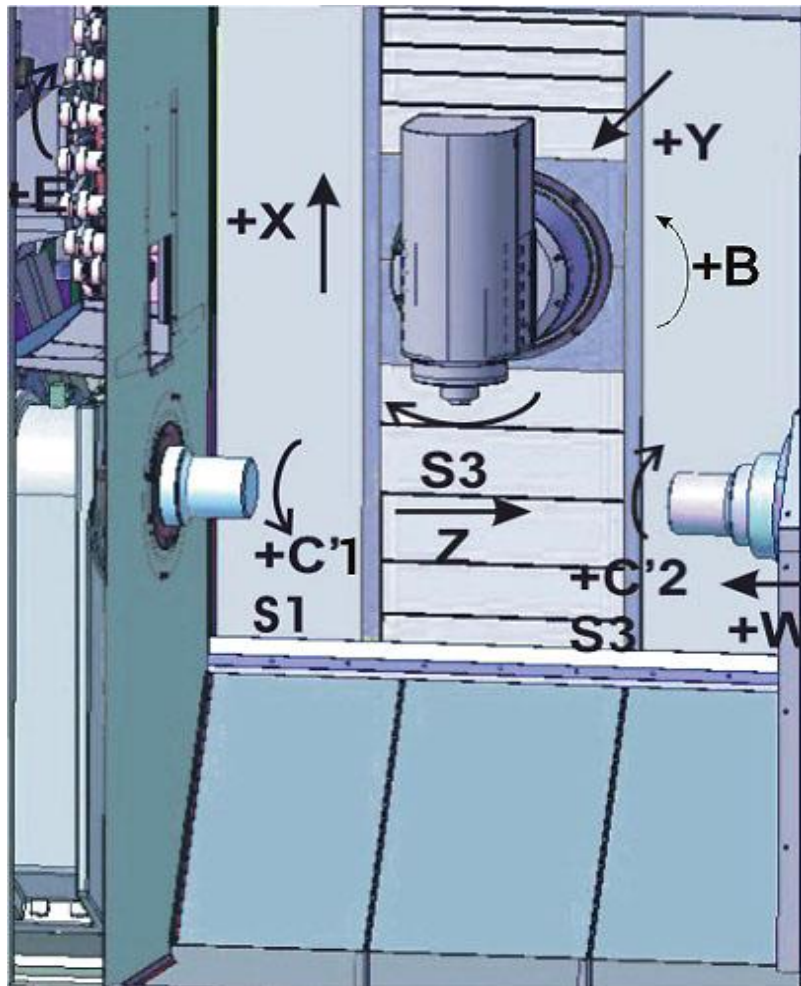


Рисунок 5.1 – Позначення осей координат та напрямків руху верстату

Токарно-фрезерний оброблювальний центр призначено для комплексної обробки деталей середніх розмірів в одиничному та серійному виробництвах.

Верстат дозволяє приводити токарні операції, операції фрезерування та шліфування складно профільних поверхонь, свердління, нарізання різьби.

Зважаючи на те, що максимальна частота обертання фрезерного шпинделя дорівнює 12000 об/хв., її можна застосовувати для виконання шліфувальних операцій з того ж установу деталі. Це, як вже було зазначено вище, дає можливість скоротити час на технологічну підготовку виробництва черв'ячних фрез.

5.1.3 Вибір та особливості програмного забезпечення для розробки керуючої програми

Підготовку NC-файлу для верстату з ЧПУ будемо проводити в САМ-системі Autodesk Inventor CAM. Вибір даного програмного забезпечення був обумовлений використанням даного продукту на підприємстві, що є замовником досліджень, для відтворення реального процесу виконання технологічної підготовки виробництва деталі кулачка-копіра в умовах підприємства. Розглянемо особливості даного програмного продукту.

Autodesk Inventor CAM працює безпосередньо з геометричними об'єктами початкової моделі без попередньої апроксимації або триангуляції. Це дозволяє, по-перше, максимально економно використовувати ресурси комп'ютера, а, по-друге, проводити розрахунок траєкторії інструменту з будь-якою необхідною точністю.

Геометрична модель деталі, заготовки, оснащення, що виготовляється і тому подібне може бути підготовлена в будь-якій CAD-системі і передана в Autodesk Inventor CAM через файл формату IGES, DXF, STL, VRML, Postscript, 3dm, SGM, X_T або XMT_TXT. Autodesk Inventor CAM має безліч функцій для подальшого перетворення моделі, а також вбудоване середовище двовимірних параметричних побудов для створення і редагування 2D-елементів. При формуванні моделей деталі, заготовки і оснащення можна зшивати в тіла поверхневі моделі і створювати різними способами об'ємні моделі на базі наявних кривих. Широкий набір типів технологічних операцій і функції управління їх параметрами дозволяють формувати оптимальні процеси виготовлення деталей різних видів. Контроль отриманої траєкторії інструменту може проводитися у вбудованій середі моделювання обробки. Для генерації керуючих програм, є безліч файлів налаштування на поширені системи ЧПУ. Корекція наявних файлів налаштування і створення нових проводиться в інваріантному постпроцесорі.

Будь-яка версія системи Autodesk Inventor CAM має чотири основні режими роботи:

- підготовка геометричної моделі;
- додаткові двохвимірні побудовання;
- формування процесу обробки;
- моделювання обробки.

Управління режимами роботи проводиться вибором відповідних закладок на панелі головного вікна системи («3D Модель», «2D Геометрія», «Технологія», «Моделювання»).

5.1.4 Підготовка керуючої програми

Готову деталь отримують шляхом обробки заготовки, характеристики та параметри якої визначаються заготівельною операцією технологічного процесу механічної обробки. Для обробки черв'ячної фрези прораховуємо заготівку. 3D-модель заготовки моделюється на основі 3D-моделі фрези, отриманого при використанні розробленого нами програмного забезпечення. В Autodesk Inventor CAM реалізована інтеграція прямої передачі даних з CAD-системою SolidWorks шляхом підтримки файлів формату DXF. Створена 3D-модель черв'ячної фрези імпортована в програмне середовище Autodesk Inventor CAM представлена на рисунку 5.2, вона є вихідними даними для початку розробки керуючої програми.

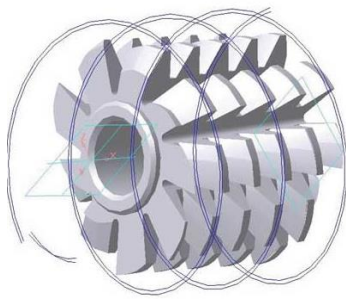


Рисунок 5.2 – 3D-модель черв'ячної фрези імпортована в Autodesk Inventor CAM

Імпорт файлів в Autodesk Inventor CAM проводиться в режимі «Підготовки геометричної моделі», де виконується передача з файлів геометричної інформації, коректування структури геометричної моделі, просторові перетворення об'єктів, генерація нових елементів з тих, що існують, управління візуальними властивостями об'єктів.

У режимі «Технологія» задається деталь, що виготовляється, початкова заготовка, вживане оснащення і формується процес обробки деталі, який є послідовністю технологічних операцій різних типів. Зміна їх черговості і редагування параметрів можливі на будь-якому етапі проектування техпроцесу. При створенні нової технологічної операції система автоматично встановлює весь набір параметрів операції в значення «за замовчуванням» з урахуванням методу обробки і геометричних параметрів деталі. Набір доступних технологічних операцій визначається конфігурацією Autodesk Inventor CAM і від вибраного типу устаткування (зі списку віддаляються ті типи операцій, які неможливо виконати на вказаному верстаті).

На сторінці «Точка відліку» можна виконати паралельне перенесення об'єкту виходячи з його просторових габаритів. Геометричний об'єкт переміщається по осях на такі значення, щоб після перетворення об'єкт розташовувався вказаним способом щодо поточної системи координат. На рисунку 5.3 показано перетворення в просторі середовища Autodesk Inventor CAM імпортованої моделі черв'ячної фрези встановленням точки відліку координат.

Для розрахунку керуючої програми, необхідно визначити заготовку. В Autodesk Inventor CAM існує можливість створення заготовки в автоматичному режимі, вказавши припуск на обробку деталі. Створену в такому режимі засобами Autodesk Inventor CAM 3D-модель заготовки ми імпортуємо і встановлюємо аналогічну точку відліку на нашій деталі.

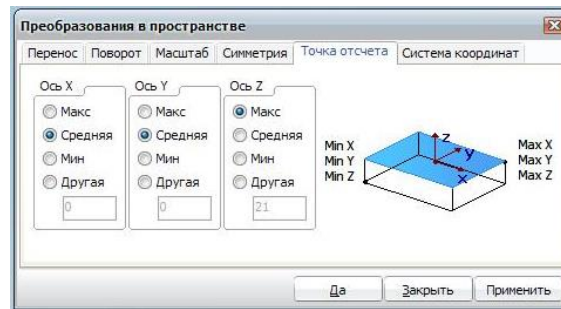


Рисунок 5.3 – Перетворення в просторі середовища Autodesk Inventor CAM імпортованої моделі розподільчого валу

У Autodesk Inventor CAM проектування технологічного процесу починається з вибору верстата, на якому проводитиметься обробка. Від типу верстата і його параметрів залежить набір доступних операцій, їх можливості, параметри за умовчанням і подальша поведінка системи. Наприклад, якщо вибраний токарний верстат, то доступні тільки токарні операції, якщо фрезерний – тільки фрезерні, а якщо токарно-фрезерний, то доступні і фрезерні, і токарні операції. При виборі 5ти-координатного фрезерного верстата в ряду 3D операцій з'являється можливість позиціонування поворотної головки і так далі. Для виконання обробки заготовки кулачка-копіра був обраний 3-х координатний фрезерний верстат. Його характеристики показані у вікні вибору верстату, зображеному на рисунку 5.4.

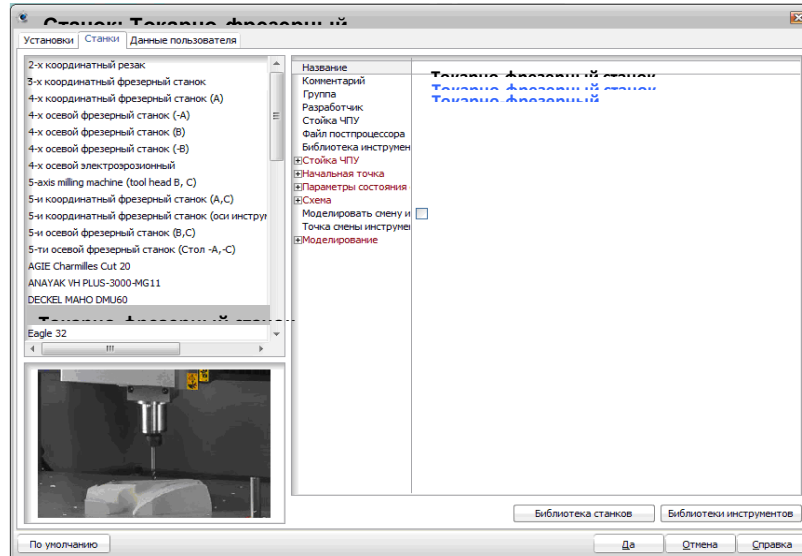


Рисунок 5.4 – Вікно вибору верстату

Після вибору верстата створюємо операцію чорнової обробки деталі. Вікно вибору операцій та стратегій обробки представлено на рисунку 5.5.

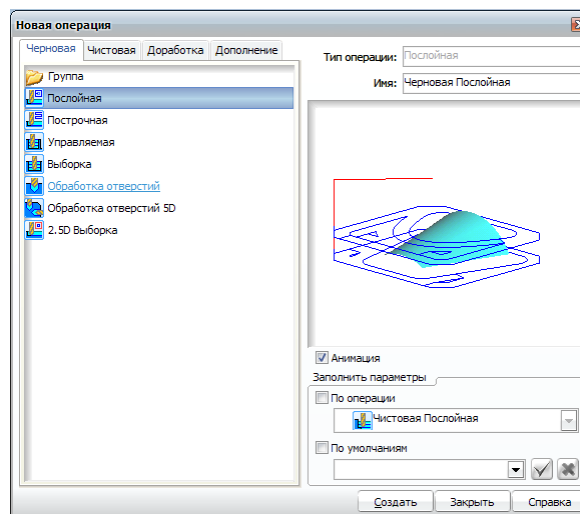


Рисунок 5.5 – Вікно вибору операцій та стратегій обробки деталі

В параметрах обраної чорнової пошарової операції вибираємо інструмент. Ним буде сферична кінцева фреза діаметром 10мм. Проводимо вибір відповідної оправки і вильоту інструменту для розрахунку можливого зіткнення. Визначаємо режими різання відповідно до вибраної фрези. Найбільш прийнятним вибором є інструмент з механічно-змінними пластинами. Характеристики обраного інструменту зображені на рисунку 5.6 у вікні вкладки вибору інструменту. Обрання режиму різання у відповідному вікні представлено на рисунку 5.7.

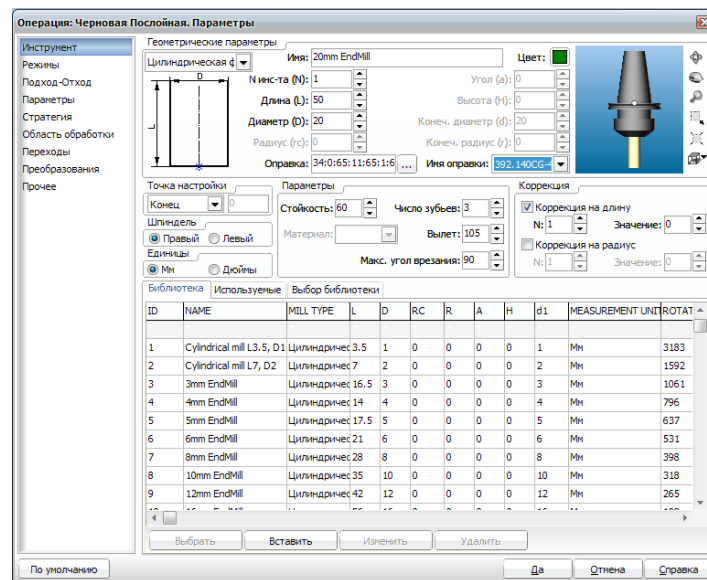


Рисунок 5.6 – Вікно вкладки вибору інструменту

На вкладці обрання параметрів чорнової пошарової операції обробки, що представлена на рисунку 5.8, задаємо радіальний припуск після чорнової обробки що дорівнює 0,3мм і кут відступу в 3 градуси.

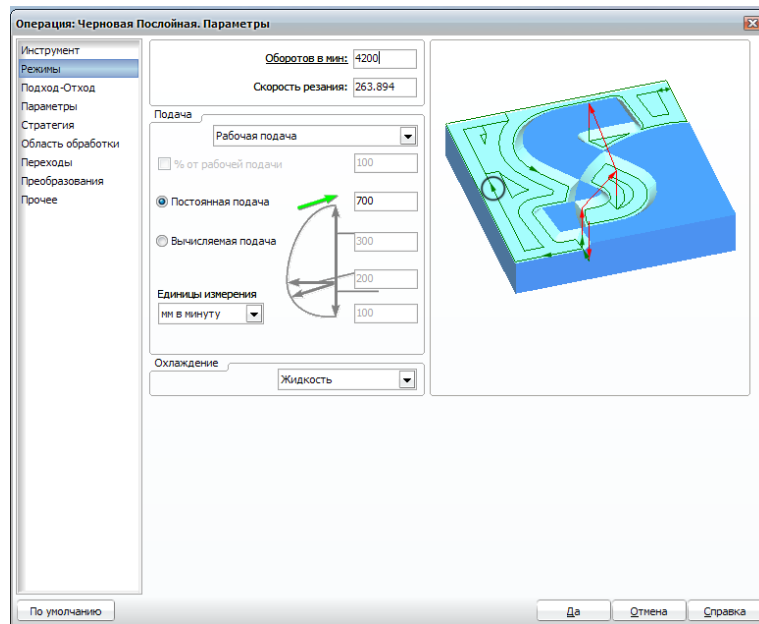


Рисунок 5.7 – Вікно вкладки вибору режимів різання

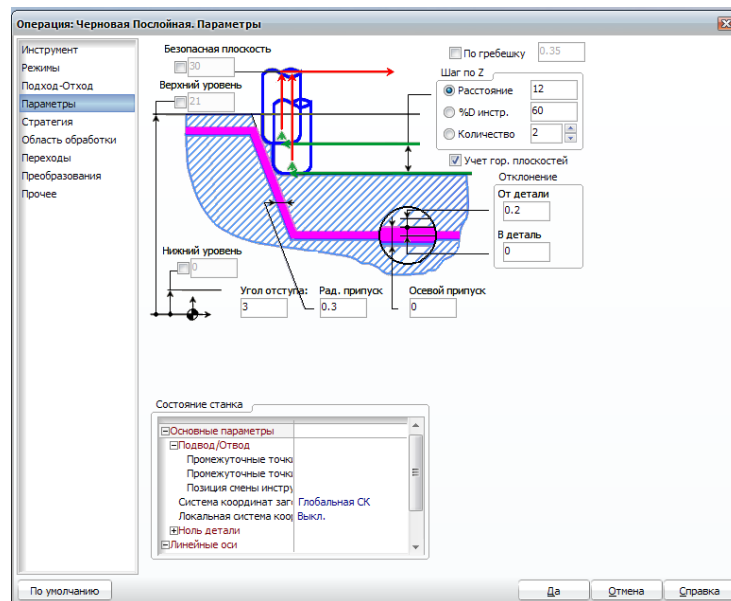


Рисунок 5.8 – Вікно вкладки параметрів операцій

Після визначення всіх параметрів запускаємо розрахунок траєкторії. Правильно розрахована траєкторія без співударень і зарізень позначається зеленою галочкою,

траєкторія з помилками червоним знаком оклику. У робочій області відображення приводиться траєкторія та оброблена за цією траєкторією заготовка. Аналогічно проводимо розрахунок чистової пошарової операції.

Параметри встановлюємо аналогічні попередній операції та розраховуємо траєкторію.

Із закладки «Технологія» здійснюється доступ до постпроцесора для генерації керуючих програм. Файли налаштування на різні системи ЧПУ формуються інваріантним постпроцесором. Режим «Моделювання», призначений для емуляції процесу обробки, спроектованого в режимі «Технологія». Окрім реалістичного відображення процесу обробки проводиться контроль на зіткнення інструменту і оправки з деталлю та оснащенням, а також контроль на перевищення допустимих значень технологічних параметрів. Перехід в режим моделювання здійснюється вибором закладки «Моделювання». В ній проводимо налаштування точності візуалізації та запускаємо на виконання процес обробки. Реалістична візуалізація процесу обробки дозволяє оцінити якість її обробки, технологічність, а також виявити можливі недоліки.

В Autodesk Inventor CAM існує можливість автоматичного редагування розрахованої траєкторії для приведення її у відповідність до потреб користувача та для оптимізації подачі. Процес редагування траєкторії в програмному середовищі Autodesk Inventor CAM представлений на рисунку 5.9.

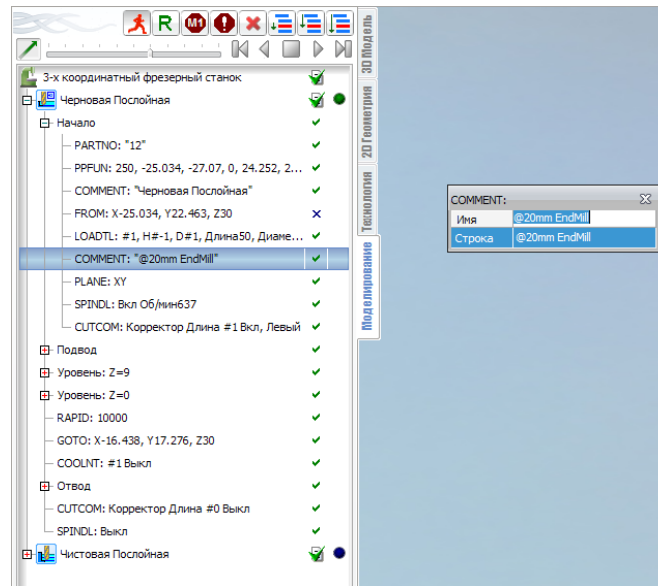


Рисунок 5.9 – Процесс редагування траєкторії

Система дозволяє автоматично формувати розрахунково-технологічну карту (РТК). Це документ, що складається технологом. Він містить технологічні рішення, прийняті на попередніх етапах технологічного опрацювання, і закінчений проект обробки деталі на верстаті з ЧПК у вигляді графічного зображення траєкторії руху інструменту зі всіма необхідними поясненнями і розрахунковими розмірами. За даними РТК, математик-програміст, не звертаючись до креслення деталі або яких-небудь інших джерел, може повністю розрахувати цифрову програму автоматичної роботи верстату. Засобами програмного забезпечення РТК створюється в форматі HTML. Налаштування генерації РТК проводяться у вікні системних налаштувань на закладці «РТК».

Документ, що формується має наступну структуру:

- ескізи деталі та траєкторії з габаритними розмірами деталі і прив'язкою до нуля;
- таблицю операцій (переходів) з нормами часу для визначення трудомісткості обробки (таблиця містить тільки включені та виконані операції);

- таблиця ріжучого інструменту, що використовується;
- таблиця координат отворів для попереднього засверлювання під опускання інструменту та для контролю.

Проводимо налаштування та зберігаємо РТК для подальшої її передачі наладчику верстату з ЧПК.

Генерація керуючих програм проводиться постпроцесором шляхом перетворення послідовності технологічних команд розрахованої траєкторії інструменту в формат обраної системи ЧПУ. Встановлення необхідної системи ЧПК проводиться вибором відповідного файлу налаштування на систему ЧПУ. Керуюча програма, виводиться в звичайний текстовий файл. Передача керуючої програми з комп'ютера, на якому встановлений Autodesk Inventor CAM, безпосередньо на верстат може здійснюватися будь-яким з прийнятих на підприємстві способом.

Система ЧПУ задається вибраним в списку постпроцесорів файлом настройки постпроцесора. В полях «Стійка» та «Верстат» відображаються, відповідно, назви системи ЧПК і верстату, для яких створений вибраний файл налаштувань. Папка, в якій за умовчанням проводиться пошук файлів налаштування постпроцесора встановлюється в полі «Каталог з файлами постпроцесорів».

При натисненні на кнопку «Пуск» починається генерація програми, керуючої програми для встановленої системи ЧПК. Виведення проводиться у вихідний файл та у вікно «Керуюча програма». Результат виведення розробленої керуючої програми у вікно програми Autodesk Inventor CAM зображений на рисунку 5.10.

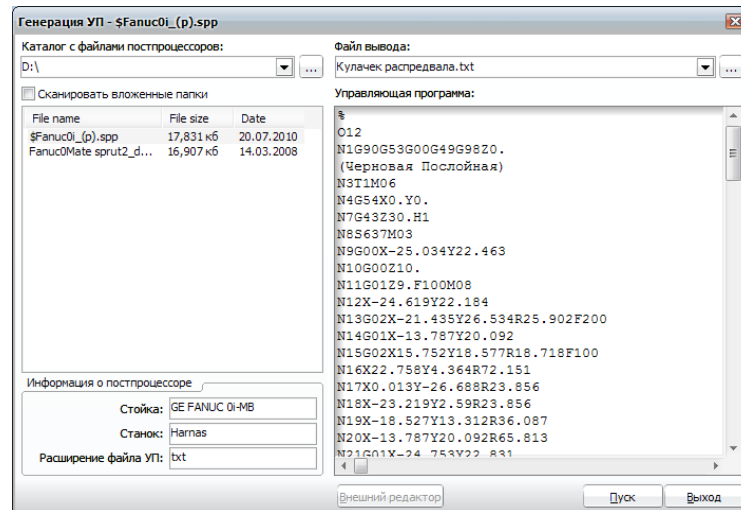


Рисунок 5.10 – Результат виведення розробленої керуючої програми

Якщо текст керуючої програми не підтримується стійкою, потрібно розробити або редагувати файл, що відповідає за формування керуючої програми за допомогою генератора постпроцесора. Файл налаштування постпроцесора на конкретну систему ЧПК використовується виконуючою системою для формування відповідної керуючої програми.

Таким чином згідно завданню від підприємства в програмному продукті Autodesk Inventor CAM була розроблена керуюча програма виготовлення черв'ячної фрези. Текст керуючої програми наведений в додатках.

5.2 Перевірка керуючої програми в редакторі керуючих програм для станків з ЧПУ

Програма CIMCO Edit, компанії Cimco Integration призначена для редагування, перевірки і передачі керуючої програми з комп'ютера на верстат з ЧПУ і назад. Це простий, надійний, зручний і могутній редактор-візуалізатор керуючих програм для

верстатів з ЧПК, підтримує правильне відображення фрезерної і токарної обробки для конкретно настроєної стійки, присутня велика база даних поширених верстатів.

Вибір даного продукту для перевірки створеної керуючої програми був зумовлений його популярністю. Велика кількість проданих ліцензій у всьому світі вказує на те, що CIMCO Edit став стандартом для технологів-програмістів, що потребують надійного, зручного і недорогого інструменту для редагування керуючих програм і передачі даних на верстати з ЧПК.

Для здійснення перевірки розробленої керуючої програми була обрана версія програмного продукту CIMCO Edit 6 v.6.01.01.

Повнофункціональний редактор керуючих програм CIMCO Edit 6 забезпечує широкий вибір інструментів редагування програм для верстатів з ЧПУ. У програмі немає обмежень на розмір керуючої програми і пропонуються такі функції, як перенумерація рядків, управління символами, визначення робочого діапазону керуючої програми. Так само присутні базові математичні функції, обертання і відзеркалення керуючої програми, зміна компенсації інструменту. CIMCO Edit 6 звичайно ж має функціонал стандартного текстового редактора, включаючи редагування методом «drug-and-drop» (перенести і залишити).

КП-помічник робить редагування програм швидшим і простішим. Якщо зупинити курсор на будь-якому кадрі, КП-помічник ідентифікує M або G код і дозволяє змінити значення за допомогою інтерактивного інтерфейсу. КП-помічник в CIMCO Edit 6 дозволяє швидко вставляти і редагувати складні цикли і операції. CIMCO Edit 6 містить цикли і макроси для поширених операцій, включаючи початок керуючої програми, зупини і зміну інструменту. Існує можливість написання власних циклів та макросів.

3D фрезерний і 2D токарний трасувальник керуючих програм графічно відображає переміщення інструменту. Можливе редагування керуючих програм при самостійному відновленні траєкторії програмою. Отримана траєкторія перевіряється за

допомогою динамічного наближення/віддалення, обертання і функції вимірювання відстані і координат. CIMCO Edit 6 підтримує твердотільну візуалізацію коду керуючої програми з перевіркою на зіткнення і зарізування.

Інтелектуальне порівняння файлів CIMCO Edit 6 забезпечує порівняння двох файлів, даючи можливість користувачеві швидко знайти відмінності в коді керуючої програми або постпроцесора. Відмінності відображаються рядок до рядка для зручності сприйняття і редагування.

Передачу даних на верстати з ЧПУ CIMCO Edit 6 забезпечує через інтерфейс RS-232 на різні системи ЧПК. З опцією DNC можна посилати керуючі програми на декілька верстатів одночасно прямих із редактора CIMCO Edit 6.

Розроблений в Autodesk Inventor САМ файл NC був перевірений за допомогою можливостей програмного продукту CIMCOEdit 6. Як відомо, помилка в програмі обробки деталі може спричинити велику кількість проблем. В кращому випадку помилка обернеться зламаним інструментом або зіпсованою заготовкою, в гіршому – може призвести до пошкодження верстату або травми оператора. Тому досвідчений технолог-програміст знає, що краще багатосторонньо перевірити програму на комп'ютері, аніж помилитися при виконанні на верстаті. Спостерігаючи за траєкторією переміщення центру інструмента програміст може виявити помилку, яку важко розпізнати при простому перегляді керуючої програми. Помилка може полягати в неправильній постанові десяткового знаку, в помилковому номері коректора або інструменту та ін.

В результаті перевірки керуючої програми в програмному продукті CIMCOEdit 6 не було виявлено жодних помилок, що свідчить про коректність створеної програми для виготовлення кулачка-копіра на верстаті з ЧПУ.

5.3 Висновки з розділу

Використання верстатів з ЧПУ для обробки деталей на сьогодні є дуже актуальним питанням. Засоби розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК стають все більш потужними та виконують велику кількість проектних робіт в автоматизованому режимі, але основні рішення все одно приймає проектувальник.

В цьому розділі кваліфікаційної роботи була поставлена задача розробити керуючу програму для виготовлення черв'ячної зубонарізної фрези на токарно-фрезерному оброблювальному центрі з ЧПК. Задача була виконана цілком. Для її вирішення був використаний програмний пакет Autodesk Inventor CAM. Перевірка розробленої керуючої програми була здійснена засобами програмного продукту SIMKO Edit 6.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці

6.1.1 Організація робочого місця

При проектуванні будь-якого об'єкта й розробці будь-якого технічного процесу необхідно проводити аналіз їх виробничої й екологічної безпеки, щоб забезпечити безпечні й здорові умови праці. На основі проведеного аналізу виробляються вимоги безпеки, виконання яких зводить до мінімуму ймовірність травми або захворювання працюючих з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці, вибираються й розраховуються засоби захисту працюючі й навколишні середовища від небезпечних і шкідливих факторів, що діють у виробничому середовищі.

Виконання правил і норм з охорони праці є юридично обов'язковим для всіх робітників, службовців й адміністрації підприємства.

Питання, що відносяться до відповідальності за забезпечення охорони праці при роботі за комп'ютером регулюються законом «Про охорону праці».

Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Оператори ЕОМ стикаються з дією таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих чинників, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, статична електрика електричний струм.

Медичні обстеження працівників КОТ показали, що крім зниження продуктивності праці високі рівні шуму приводять до погіршенню слуху. Тривале

знаходження людини в зоні комбінованої дії різних несприятливих чинників може привести до професійного захворювання. Отже, необхідність впровадження комплексних оздоровчих заходів очевидна.

Об'ємно-планувальні рішення приміщень для роботи з ВДТ мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Не допускається розташовувати робочі місця для роботи на комп'ютері в підвальних приміщеннях.

Площа на одне робоче місце для дорослих користувачів повинна бути не менше 6 кв.м., а об'єм – не менше 20 куб.м.

Для внутрішньої обробки приміщень повинні використовуватися дифузно-відображаючі матеріали з коефіцієнтом віддзеркалення від стелі – 0,7- 0,8; для стін – 0,5 - 0,6; для підлоги – 0,3 - 0,5.

З метою зниження або усунення нервово-психічного, зорового і м'язової напруги, попередження перевтоми необхідне проводити сеанси психофізіологічного розвантаження і зняття втоми вчасно після закінчення роботи.

6.1.2 Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат у робочій зоні визначається сполученням температури, вологості, швидкості руху повітря й температурою навколишніх поверхонь.

Несприятливі мікрокліматичні умови (підвищена або знижена температура повітря, підвищена вологість повітря, підвищена рухливість повітря) на робочому місці приводить до зниження працездатності, швидкої стомлюваності, що може стати причиною одержання виробничих травм.

Для забезпечення сприятливих мікрокліматичних умов використовуються опалювальні установки (у зимовий час) і системи кондиціонування (у літнє).

Оптимальні й припустимі норми температури, вологості й швидкості руху повітря для робочої зони приміщення категорії робіт відбиті в таблицях 6.1 й 6.2 відповідно.

Таблиця 6.1 – Оптимальні норми параметрів повітряного середовища.

Температура зовнішнього повітря, °С	Оптимальні параметри повітряного середовища на постійних робочих місцях		
	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
1	2	3	4
Нижче +10	21 – 25	не більше 75	не більше 0,1
Вище +10	22 - 28	75 при 24 °С	не більше 0,1 – 0,2

Таблиця 6.2 – Припустимі норми параметрів повітряного середовища.

Температура зовнішнього повітря, °С	Припустимі параметри повітряного середовища на постійних робочих місцях		
	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
1	2	3	4
Нижче +10	21 – 25	не більше 75	не більше 0,1
Вище +10	22 - 28	75 при 24 °С 70 при 25 °С 65 при 26 °С 60 при 27 °С 55 при 28 °С	не більше 0,1 – 0,2

6.1.3 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Шкідливі хімічні речовини не повинні перевищувати гранично допустимих концентрацій відповідно до ГН 2.1.6.1338 - 03 «Гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць»

Примірний перелік шкідливих речовин:

- діоксиду вуглецю 0,1 %;
- озону 0,03 мг/ м³;
- фенолу 0,003 мг/ м³;
- формальдегіду 0,01 мг/ м³;
- хлористого вінілу 0,005 мг/ м³

Зміст легких аеронів повинен відповідати «Санітарно-гігієнічним нормам допустимих рівнів іонізації повітря виробничих і громадських приміщень» 2152-80. У таблиці 6.3 наведено допустимі рівні іонізації повітря.

Таблиця 6. 3 – Допустимі рівні іонізації повітря

Рівні	Число іонів в 1 см ³ повітря	
	П+	П-
1	2	3
Мінімально необхідне	400	600
Оптимальне	1500-3000	3000-5000
Максимально допустиме	50000	50000

6.1.4 Освітлення

Приміщення КОТ повинні мати природне і штучне освітлення, що відповідає вимогам глави ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучного освітлення» і СанПіН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гігієнічні вимоги до природного, штучного і суміщеного освітлення житлових і громадських будівель».

Природне освітлення в приміщеннях з ВДТ має здійснюватися через вікна, орієнтовані переважно на північ або північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче ніж 1,5 %. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК і клавіатури повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, вікна повинні мати жалюзі або штори.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочим місцем, обладнаним ВДТ, має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись люмінесцентні лампи ЛБ.

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґратів заборонено.

6.1.5 Небезпека ураження електричним струмом

До столів з ПЕВМ підводиться електроживлення і кабель локальної мережі із забезпеченням електробезпеки. Електроживлення ЕОМ здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц.

Перед підключенням ЕОМ до мережі забезпечується або наявність проведення захисного заземлення в розетці підключення ЕОМ, або наявність заземлюючого контуру для зовнішнього заземлення ЕОМ через заземлюючий болт на задній кришці кожуха. Максимальний опір ланцюга заземлення 4 Ом.

Крім того, струмопровідні частини (проведення, кабелі) ізолюються, прилади заземлюються.

Обслуговуючий персонал повинен бути технічно грамотний, а правила техніки безпеки експлуатації електроустановок повинні дотримуватися неухильно.

При роботі апаратури забороняється:

- перевіряти на дотик наявність напруги струмоведучих частин апаратури;
- застосовувати для з'єднання блоків і приладів проведення з ушкодженою ізоляцією;
- робити роботу й монтаж в апаратурі, що перебуває під напругою;
- підключати блоки й прилади до працюючої апаратури.

Відповідно до класифікації правил експлуатації електроустановок, приміщення повинне відповідати першому класу: сухе, без пильне приміщення з нормальною температурою повітря й ізольованих підлог.

Безпека при роботі з електроустановками регламентує ДСТУ 12.1.038-82 ССБТ.

6.2 Розробка заходів з охорони праці

6.2.1 Нормалізація повітря робочої зони

Існує багато різних способів та заходів, призначених для підтримання чистоти повітря виробничих приміщень у відповідності до вимог санітарних норм. Всі вони зводяться до конкретних заходів:

- запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу;
- видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів;
- застосування засобів захисту людини.

6.2.2 Особливості заходів електробезпеки на підприємствах

Виділяють три системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки:

- система технічних засобів і заходів;
- система електрозахисних засобів;
- система організаційно-технічних заходів і засобів.

Система технічних засобів і заходів електробезпеки

Технічні засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні і монтажі відповідно до чинних нормативів. За своїми функціями технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки поділяються на дві групи:

- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок;
- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при аварійних режимах роботи електроустановок.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмовідних частин;
- недоступність струмовідних частин;
- блокування безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Із метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції, в електроустановках застосовується одночасно більшість з перерахованих технічних засобів і заходів.

Ізоляція струмовідних частин. ДСТУ 12.1.009-76 розрізняє ізоляцію:

- робочу — забезпечує нормальну роботу електроустановок і захист від ураження електричним струмом;
- додаткову — забезпечує захист від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції;
- подвійну — складається з робочої і додаткової;

– підсилена — поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий рівень захисту як і подвійна.

6.2.3 Захист від електромагнітних полів і лазерних випромінювань

Для захисту людини від шкідливого впливу електромагнітних полів приймаються нормативи та стандарти. Треба зазначити, що будь-які норми та стандарти, пов'язані із захистом людини від небезпечного впливу, завжди являють собою компроміс між перевагами використання нових технологій та нової техніки і можливим ризиком, спричиненим цим використанням.

ДСТУ “Електромагнітні поля радіочастот” охоплює діапазон частот 60 кГц-300МГц. Він встановлює, що оцінка ЕМП в діапазоні 60 кГц-300МГц проводиться окремо з електричних і магнітних складових поля. Допустимі рівні протягом робочого дня по електричній складовій не повинні перевищувати 50 В/м знижуючись ступенями 5 В/м на міру підвищення частоти. По магнітній складовій встановлені рівні тільки для окремих ділянок діапазону: 5 А/м для частот 60 кГц-1.5 МГц та 0.3 А для частот 30-50 МГц. Допускається перевищення цих стандартів, але не більше ніж двократно, при скороченні робочого дня не менш як на 50%.

Для частот 300 МГц-30 ГГц гранично допустимі значення щільності визначаються як результат ділення нормованої величини енергетичного навантаження за робочий день на час впливу. Енергетичне навантаження протягом робочого дня не повинно перевищувати 200 мкВтЧгод/ см².

Електромагнітні поля дуже сильно впливають на людський організм. Вони негативно впливають майже на усі системи організму. Тому треба створювати певні методи захисту від їх дії. Найпоширенішими з таких методів є такі:

- зменшення щільності потоку енергії, якщо дозволяє даний технологічний процес або обладнання;
- захист часом (тобто обмеження часу знаходження у зоні джерела ЕМП);
- захист відстанню;
- екранування робочого місця чи джерела;
- раціональне планування робочого місця;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації;
- застосування засобів особистого захисту.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал, який знаходиться у зоні дії деяких радіоелектронних засобів необхідним є ряд захисних заходів: організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні.

Слід сказати, що ще на етапі проектування взаємне розміщення об'єктів має бути забезпечено таким чином, щоб інтенсивність опромінення була мінімальною. Також треба заздалегіть попіклуватися про зменшення часу перебування персоналу у зоні опромінення. Потужність джерел випромінювання повинна бути найменшою з можливих.

Отож є досить багато методів захисту свого здоров'я від небезпеки на робочому місці з підвищеним електромагнітним фоном. Крім того треба вимагати від керуючих органів дотримання державних стандартів України та не порушувати їх норм.

6.2.4 Ергономіка, технічна естетика та організація робочого місця

Кабінет обчислювальної техніки (КОТ) повинен мати природне освітлення. Орієнтація вікон повинна бути на північ, північний схід. КОТ не повинні розташовуватися в підвалах і цокольних поверхах. КОТ повинні бути ізольовані від приміщень, що мають підвищення рівня шуму (машинні зали, майстерні і ін.). Площа

КОТ повинна прийматися з розрахунку не менше 6 м² на одне робоче місце, висота приміщення не менше 4 метрів. Поверхня підлоги повинна бути рівна, без вибоїн, неслизька і зручна для чищення, що володіє антистатичними властивостями. Забороняється застосовувати для обробки інтер'єру КОТ будівельні матеріали, що виділяють з свого складу шкідливі хімічні речовини і з'єднання в повітря.

Подача повітря повинна проводитися у верхню зону малими швидкостями з розрахунку створення рухливості повітря на робочому місці користувачів до 0,1 м/с.

Довжина (зліва направо) одномісного робочого столу для користувача повинна бути не менше 70 см, ширина - повинна забезпечувати місце клавіатурою 30 см для розташування зошита і опори передпліччя рук для зняття статичної напруги з м'язів плечового поясу. Поверхня столу для установки монітора повинна бути горизонтальною, а поверхня на якій знаходиться клавіатура, - похилої (кут нахилу 12-15).

Висота краю столу, зверненого до того, що працює, за відеомонітором, і стільця над підлогою повинні прийматися відповідно до зростання користувача.

Оптимальні розміри робочої поверхні столешниці 1600x900 мм. Ширина простору для ніг під столом повинна бути не менше 500 мм глибина не менше 450 мм. На поверхні робочого столу для документів необхідно передбачати спеціальної підставки, відстань якої від очей повинна бути аналогічним відстані від очей до клавіатури що дозволяє понизити зорове стомлення. КОТ повинні бути забезпечені стільцями із змінними по висоті напівм'яким сидінням і профільованою спинкою, а також - що дозволяють здійснювати поворот сидіння і спинки стільця в межах 10 сантиметрів. Розстановка робочих місць з ПЕВМ може бути трьох видів: периметральная, рядами (1-3- х рядна), центральна. Висота краю столу, зверненого до того, що працює, за відеомонітором, і стільця над підлогою повинні прийматися відповідно до зростання користувача (таблиця 6.4), за відсутності такої можливості його висота повинна складати 720 мм.

Таблиця 6.4 – Параметри висоти робочого місця

Зріст користувача, см	Висота над рівнем підлоги, мм		
	стіл не менше	простір для ніг не менше	стілець не менше
1	2	3	4
161-175	700	590	420
>175	760	650	460

Співвідношення яскравостей поверхонь, що знаходяться в полі зору користувачів, повинно бути в робочій зоні в межах 3:1 між поверхнею екран-стіл і дальнім оточенням: стіни, підлога, стеля - 10:1. Коефіцієнт віддзеркалення робочих поверхонь і колірної обробки інтер'єру КОТ повинен бути наступним: стелі - 0,7-0,8; стін - 0,5-0,6; підлоги - 0,3-0,4; столу - 0,45-0,5; клавіатури - 0,4-0,6. Слід офарблювати стіни в КОТ до стелі або на висоту панелей холодними тонами фарб: ясно-блакитним, ясно-зеленим, світло-сірими кольорами. Допускається забарвлення стін ясно-жовтим, ясно-бежевим або кольором слонячої кістки. Не можна офарблювати стіни, розташовані напроти екрану монітора темними тонами фарб (коефіцієнт віддзеркалення 0,3-0,4).

Розроблене робоче місце інженера-проектувальника показано на рисунку 6.1.



Рисунок 6.1 – Розроблене робоче місце інженера-проектувальника

6.3 Пожежна безпека

Аналізоване встаткування може стати джерелом пожежі при несправностях струмоведучих частин.

Найбільш часті причини пожеж:

- перегрів проводів;
- коротке замикання;
- більші перехідні опори в електричних мережах;
- електрична дуга або іскріння.

Для забезпечення сучасних заходів щодо виявлення й локалізації пожежі, евакуації робочого персоналу, а також для зменшення матеріальних втрат необхідно виконувати наступні умови:

- наявність системи автоматичної пожежної сигналізації;
- наявність евакуаційних шляхів і виходів;
- наявність первинних засобів гасіння пожеж: пожежні стовбури, внутрішні пожежні водопроводи, сухий пісок, вогнегасники.

Пожежну безпеку на робочих місцях регламентують правила пожежної безпеки в Україні.

6.4 Проектування системи загальної припливно-витяжної вентиляції

Системи опалення й системи кондиціонування варто встановлювати так, щоб ні теплий, ні холодне повітря не направлялося на людей. На виробництві рекомендується створювати динамічний клімат з певними перепадами показників. Температура повітря в поверхні підлоги й на рівні голови не повинна відрізнятись більш, ніж на 5 градусів. У виробничих приміщеннях крім природної вентиляції передбачають припливно-витяжну вентиляцію. Основним параметром, що визначає характеристики вентиляційної системи, є кратність обміну, тобто скільки разів у годину зміниться повітря в приміщенні.

$V_{вент}$ - обсяг повітря, необхідний для обміну;

$V_{прим}$ - обсяг робочого приміщення.

Для розрахунку приймемо наступні розміри :

Робочого приміщення:

довжина $B = 7,35$ м;

ширина $A = 4,9$ м;

висота $H = 4,2$ м.

Вікна:

ширина $A = 2,3$ м;

висота $H = 2$ м.

Відповідно обсяг приміщення дорівнює:

$$V_{приміщення} = A \cdot B \cdot H = 151,263 \text{ м}^3$$

Необхідний для обміну обсяг повітря $V_{вент}$ визначимо виходячи з рівняння теплового балансу:

$$V_{вент} \cdot 3(t_{уход} - t_{приход}) \cdot Y = 3600 Q_{надлиш}$$

$Q_{надлиш}$ - надлишкова теплота, Вт;

$\lambda = 1000$ - питома теплопровідність повітря, Дж/кг (К);

$\gamma = 1,2$ - щільність повітря, мг/див.

Температура повітря, $t_{вих}$, визначається за формулою:

$$t_{вихід} = t_{р.м.} + (H - 2) \cdot t,$$

де перевищення t на 1м висоти приміщення (вибирається в межах від 1 до 5 °С) $t = 2$ °С;

Температура на робочому місці $t_{р.м.} = 25$ °С;

H - висота приміщення, $H=4,2$ м;

$t_{прихід} = 18$ °С.

$$t_{вихід} = 25 + (4,2 - 2) \cdot 2 = 29,4$$

$$Q_{надлиш} = Q_{изб.1} + Q_{изб.2} + Q_{изб.3},$$

де $Q_{надлиш}$ - надлишок тепла від електроустаткування й висвітлення.

$$Q_{надлиш.1} = E \cdot p, \text{ де}$$

E - коефіцієнт втрат електроенергії на тепловідвід ($E=0,55$ для висвітлення);

p - потужність, $p = 40 \text{ Вт} \cdot 15 = 600 \text{ Вт}$.

$$Q_{надлиш.1} = 0,55 \cdot 600 = 330 \text{ Вт}$$

$Q_{надлиш.2}$ - теплопостачання від сонячної радіації,

$$Q_{надлиш.2} = m \cdot S \cdot k \cdot Q_c, \text{ де}$$

m - число вікон, прийmemo $m = 4$;

S - площа вікна, $S = 2,3 \cdot 2 = 4,6 \text{ м}^2$;

k - коефіцієнт, що враховує остекління. Для подвійного остекління

$k = 0,6$;

$Q_c = 127 \text{ Вт/м}$ - теплопостачання від вікон.

$$Q_{надлиш.2} = 4,6 \cdot 4 \cdot 0,6 \cdot 127 = 1402 \text{ Вт}$$

$Q_{надлиш.3}$ - тепловиділення людей

$$Q_{надлиш.3} = n \cdot q, \text{ де}$$

$q = 80 \text{ Вт/чл.}$, n - число людей, наприклад, $n = 15$

$$Q_{\text{надлиш.з}} = 15 \cdot 80 = 1200 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{надлиш}} = 330 + 1402 + 1200 = 2932 \text{ Вт}$$

З рівняння теплового балансу треба:

$$V_{\text{вент}} = \frac{3600 \cdot 2932}{1000 \cdot (29,4 - 18)} = 926 \text{ м}^3$$

Оптимальним варіантом є кондиціонування повітря, тобто автоматична підтримка його стану в приміщенні відповідно до певних вимог (задана температура, вологість, рухливість повітря) незалежно від зміни стану зовнішнього повітря й умов у самому приміщенні.

6.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

6.5.1 Прогнозування і оцінка обстановки у НС

Оцінка обстановки проводиться з метою своєчасного визначення необхідних заходів захисту і прийняття обґрунтованих рішень на проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, а в разі потреби і евакуації населення з районів надзвичайних ситуацій.

Висновки з оцінки обстановки є основою для прийняття рішення на проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередках ураження.

6.5.1.1 Основні параметри при оцінці радіаційної обстановки

Радіаційна обстановка — це сукупність наслідків радіоактивного забруднення (зараження) місцевості, які впливають на виробничу діяльність об'єктів народного господарства, дії сил цивільної оборони при проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт і життєдіяльність населення. Радіаційна обстановка

характеризується масштабами (розмірами зон) і характером радіоактивного забруднення місцевості (рівнем радіації).

Розміри зон радіоактивного забруднення і рівні радіації є основними показниками ступеня небезпеки радіоактивного забруднення для людей.

Інтенсивність іонізуючого випромінювання на забруднених територіях залежить від кількості радіоактивної речовини.

6.5.1.2 Основні поняття при оцінці інженерної тапожежної обстановки

Інженерна обстановка характеризується ступенем руйнування будівель, споруд, комунально-енергетичних мереж, обладнання на об'єкті або території внаслідок дії таких уражуючих факторів, як ударна хвиля при вибухах, сейсмічні хвилі при землетрусах, гідравлічна хвиля при повені, швидкісний натиск при ураганах, тепловий вплив при пожежі і т. п.

Ударна хвиля — зона сильностисненого повітря, яка поширюється у всі сторони від центру вибуху з великою швидкістю.

Сейсмічні хвилі — це пружні коливання, які поширюються в ґрунті від осередків землетрусів і викликають руйнування на поверхні землі. Ступінь руйнування залежить від інтенсивності енергії землетрусу на поверхні землі. Для вимірювання інтенсивності енергії землетрусів в нашій країні прийнята 12-бальна шкала.

Пожежа — це неконтрольований процес горіння, наслідками якого можуть бути загибель людей і знищення матеріальних цінностей. Мінімальним розрахунковим світловим імпульсом, який викликає загоряння і пожежі, може бути імпульс в $100 \div 150$ кДж/м².

Світловий імпульс — це кількість світлової енергії, яка падає на 1 м² поверхні, що освітлюється. Вимірюється світловий імпульс в Дж/м².

На промислових підприємствах можуть виникати окремі або суцільні пожежі. Окрема пожежа виникає в окремій будівлі або споруді. Суцільна пожежа характеризується тим, що усі або більшість будівель і споруд підприємства на певній території охоплені вогнем.

На виникнення і поширення пожеж впливають наступні фактори:

- вогнестійкість будівель і споруд;
- пожежна небезпека виробництва;
- щільність забудови;
- метеоумови та інші фактори.

Вогнестійкість будівель і споруд визначається запалюваністю елементів і межою вогнестійкості основних конструкцій (частин) будівель і споруд.

6.5.2 Управління підприємством у надзвичайній ситуації

Промислове підприємство є важливим об'єктом економічного життя регіону, на території якого воно розташоване, і держави в цілому. Національне багатство і в натуральній, і в грошовій формі створюється в реальному секторі економіки – виробництві товарів і послуг. Підприємство – це відкрита система, яка функціонує в нестабільному навколишньому середовищі.

У безпечному стійкому функціонуванні промислових підприємств зацікавлено і суспільство, і держава, і, в першу чергу, самі підприємства.

Керівники об'єктів повинні передбачити управління надзвичайними ситуаціями. Для завдання забезпечення безпеки людини в НС стратегія управління повинна включати здійснення 3-х цілей:

- запобігання причин виникнення;
- запобігання самих екстремальних ситуацій;
- пом'якшення, максимальне ослаблення наслідків НС.

Стратегія запобігання причин виникнення НС передбачає недопущення таких дій чи процесів, які несуть загрозу населенню. Дана стратегія здійснюється або відмовою від будівництва небезпечних об'єктів, або знищенням чи перепрофілюванням виробництв — джерел підвищеної небезпеки.

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

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

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

- аналіз і встановлення зовнішніх та внутрішніх причин, які ведуть до катастрофи;
- прогнозування осередків ураження, втрат і збитків на під-приємстві;
- заходи з підвищення стійкості;
- обґрунтування сил і засобів для проведення дій з локалізації вогнищ поразки і пошуково-рятувальних робіт;
- навчання формувань і громадян способам захисту;
- підготовка надійного КП управління.

Оперативні заходи:

- оповіщення про НС;
- проведення всіх видів розвідки й оцінка обстановки;

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

6.6 Висновки з розділу

Однією з характерних особливостей сучасного розвитку суспільства є зростання сфер діяльності людини, в яких використовуються інформаційні технології. Широке розповсюдження отримали персональні комп'ютери. Однак їх використання загостило проблеми збереження власного і суспільного здоров'я, вимагає удосконалення існуючих та розробки нових підходів до організації робочих місць, проведення профілактичних заходів для запобігання розвитку негативних наслідків впливу ПК на здоров'я користувачів.

Недотримання вимог безпеки призводить до того, що через деякий час роботи за комп'ютером співробітник починає відчувати певний дискомфорт: у нього виникають головні болі і різь в очах, з'являються втома і дратівливість. У деяких людей порушується сон, погіршується зір, починають хворіти руки, шия, поясниця і т.д.

В зв'язку з цим розроблене робоче місце інженера-проектувальника з дотриманням всіх норм та ДСН з ергономіці та безпеці життєдіяльності:

- спроектована робоча поверхня столу;
- спроектований рухомий стілець;
- площа і об'єм виробничого приміщення задовольняє нормам;

- вимоги, що пред'являються до температури і вологості працюючих приміщень в нормі;

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі дана характеристика функціональних поверхонь черв'ячних фрез. Зазначено, що найбільш продуктивним різальним інструментом є чистові черв'ячні фрези із просторовою різучою крайкою. Застосування в новій машинобудівній технології чистових черв'ячних фрез, без інтерференції, дозволяє уникнути підрізання, заклинювання, небезпечних концентрацій напруг і підвищує точність, продуктивність і надійність широкого класу деталей у машинобудуванні й різальному інструменті. Розробка даного способу проектування черв'ячних фрез здійснюється з урахуванням цієї умови.

Застосування сучасного програмного забезпечення що дозволяє розробляти, прораховувати й візуально відображати отримані сполучені поверхні істотно скорочує строки проектування й збільшує точність результатів.

У роботі розроблено оригінальний програмний продукт для отримання профілю черв'ячної фрези у нормальному перерізі, що дозволило повністю автоматизувати процес проектування.

Розроблена і реалізована в кваліфікаційній роботі програмна методика проектування і розрахунку черв'ячних фрез має більшу достовірність в порівнянні з традиційною. Виявлено, що при проектуванні багатозаходних черв'ячних фрез із кутомпідйому понад 6° виходять погрішності, які значно перевищують допуски на виготовлення гвинтових нелінійчатих поверхонь. Для усунення цих недоліків в роботі застосовано кінематичний спосіб проектування точних, високопродуктивних черв'ячних фрез із більшим кутомпідйому витків.

Наявність програмного забезпечення дозволяє ефективно профілем зуба фрези при виготовленні.

В кваліфікаційній роботі спроектовано програмно – технічний комплекс, а саме:

- проведено аналіз традиційної методики розрахунку і побудови профілю робочих поверхонь зубонарізного інструменту, виявлення існуючих в ній недоліків;

- розроблена вдосконалена методика профілювання з застосуванням кінематичного метода проектування чистових черв'ячних фрез на основі побудови огинаючих сімейства попарно спряжених аксоїдів, які задовольняють діаграмі кінематичного гвинта.;

- створено оригінальне програмне забезпечення в середовищі Delphi для реалізації пропонованої методики профілювання та виготовлення чистової черв'ячної фрези для токарно-фрезерного оброблювального центру.

Підсумком роботи є створена автоматизована система проектування функціональних поверхонь зубонарізного інструменту виробничого підрозділу «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод»

Результати, отримані у кваліфікаційній роботі рекомендовані до прийняття та впровадження у виробничому підрозділі «Мелітопольський моторний завод» відкритого акціонерного товариства «Запорізький автомобілебудівний завод» після запуску виробництва в місті Мелітополі. Розроблене програмне забезпечення та керуюча програма виготовлення черв'ячної фрези для обробки зубчастих коліс та шестерень на устаткуванні з ЧПУ відповідають вимогам технічного завдання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бохан О.Д., Пихтєєва І.В. Автоматизована система проектування та виготовлення деталі типу «вал-шестерня» // Матеріали VIII всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2020 року. механіко-технологічний факультет. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Т.І. С.7.
2. Бохан О.Д., Пихтєєва І.В. Вплив світлоти на контрастність // Матеріали VIII всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2020 року. механіко-технологічний факультет. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Т.І. С.11
3. Бохан О.Д., Пихтєєва І.В. Співвідношення яскравості внутрішніх поверхонь приміщень і робочих місць //Матеріали VIII всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2020 року. механіко-технологічний факультет. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Т.І. С.40
4. Бохан О.Д., Кореневич К. Дія складних випромінювань. Механіко-технологічний факультет: матеріали IX Всеукр. наук.-техн. конф., 10-25 листопада 2021 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 32-33. Науковий керівник к.т.н., доц. Івженко О.В.
5. Модернізація технологічної підготовки виробництва для виготовлення деталі «вал-шестерня» / Бохан О.Д., Пихтєєва І.В. // Інформаційна безпека та Інформаційні технології: збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 27 листопада 2020 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2020, с.135-138
6. Бохан О.Д., Валієва К.Р., Пихтєєва І.В. Зворотній інжиніринг і створення 3D-моделі. Збірник наукових праць магістрантів та студентів. Мелітополь:ТДАТУ, 2021. С.154-157.

7. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. К.: Арістей, 2006. - 476 с.
8. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006. 400 с. .
9. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Навчальний посібник для вузів. К.: Арістей, 2005. 280 с.
10. Мацулевич О. Є., Щербина В. М., Бондаренко Л. Ю., Малюта С. І., Антонова Г.В. Програмне забезпечення для автоматизованого визначення параметрів різального інструменту фрезерної обробки корпусних деталей. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 3. С.275-281
11. Ачкасова Л.Ф. Дизайн та компоновання робочого місця /Л.Ф.Ачкасова//. – Харків: Клуб сімейного досуга, 2009 – 317 с.
12. Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності /Я.І.Бедрій//. – Київ, 2004 – 295 с.
13. Павлов А.В. Допоміжні поверхні евольвенто-еволютної відповідності / А.В. Павлов, В.В. Ванін// Приклад-на геометрія та інженерна графіка. Вип. 64. Прикладна геометрія та інженерна графіка. –Київ, КНУБА, 1998. С.17-20.
14. Павлышко А.В. Комплексное геометрическое моделирование сопряженных нелинейчатых поверхностей без интерференции на базе современной компьютерной технологии: Дис. канд. техн. наук. – Одесса, 2003.
15. Євген Гавриленко, Андрій Чаплінський, Ілля Тетервак. Розробка функціональної моделі процесу створення САПР геометричних поверхонь зубозаточувального інструменту. Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Запоріжжя, 29-31 травня 2023 р.) Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С 48-56.

16. Щедрий Я. І. Основи охорони праці: Навчальний посібник/ За ред. Я.І. Бедрія. – 3-тє вид., переробл. і доп. – Львів: “Магнолія плюс”, видавець СПД ФО В.М. Піча, 2004.- 240с.
17. Кукляк М.Л., Афтаназів І.С., Юрчишин І.І. Металорізальні інструменти. Проектування. – Львів: Львівська політехніка, 2002. – 455 с
18. Кукляк М.Л. Металорізальні інструменти у машинобудуванні: Навч. посібник. Ч.ІІ. – К.: ІЗМН, 1998. – 400 с.
19. Автоматизовані системи проектування різальних інструментів [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Л.М. Данилова. – Електронні текстові данні. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.– 118 с.
20. Чумак М.Г. – Матеріали та технології машинобудування: Підручник. – К.: Либідь, 2000. – 368 с.

ІНТЕРНЕТ РЕСУРСИ

<https://autocadlessons.com/uk/osnovy-proektuvannia-v-autodesk-inventor/>

<https://www.solidworks.com/>

<https://autodesk.com/>

<https://www.cimco.com/software/cimco-edit/>

ДОДАТКИ