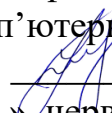


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

доц.  Олександр ВЕРШКОВ
« 12 » червня 2025 р.

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

на тему: «Підсистема проектування технологічної документації з
розробкою керуючої програми для виготовлення коробки диференціалу
автомобіля ЗАЗ 1102»

17 ПМД. 9685478.06.25/000000 ПЗ

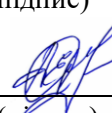
Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи 41 ПМ
спеціальності 131 «Прикладна механіка» за
ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

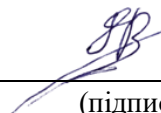

Савелій МАХНАЧ
(підпис)

Керівник доц.  Олександр ВЕРШКОВ
(підпис)

Консультант доц.  Михайло ЗОРЯ
(підпис)

Консультант доц.  Лариса БОЛТЯНСЬКА
(підпис)

Нормоконтроль доц.  Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Рецензент  Дмитро СПІРІНЦЕВ
(підпис)

Запоріжжя - 2025 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
«18» березня 2025р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Махнача Савелія Максимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: «Підсистема проектування технологічної документації з розробкою керуючої програми для виготовлення коробки диференціалу автомобіля ЗАЗ 1102», затверджена наказом по університету від 21 жовтня 2024 року за № 481-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 16 червня 2025 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, створити комплект технологічної документації, вибрати програмне забезпечення для підвищення автоматизації проектних процедур, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності ТП.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Модель існуючої підсистеми проектування технологічної документації
 - 4.2 Модель рекомендованої підсистеми проектування технологічної документації
 - 4.3 Коробка диференціалу
 - 4.4 Етапи створення керуючої програми
 - 4.5 Економічні показники ефективності проекту
 - 4.6 Робоче місце інженера-технолога

5. Консультанти по проекту, із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх:

Консультант	Підпис, дата			
	Завдання видав		Завдання виконав	
Зоря М.В.		22.05.2025		31.05.2025
Болтянська Л.О.		05.06.2025		09.06.2025

Керівник  Олександр ВЕРШКОВ
(підпис)

Завдання прийняв до виконання  Савелій МАХНАЧ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Передпроектне обстеження підприємства ГРП «Автозав-Мотор»	08.05-10.05	виконано
2	Аналіз існуючої системи САПР	11.05-12.05	виконано
3	Розробка підсистеми САПР технологічної документації	15.05-19.05	виконано
4	Розробка алгоритму і керуючої програми обробки корпусу компресора	22.05-26.05	виконано
5	Розробка робочого місця проектувальника з урахуванням ергономічних показників	29.05-31.05	виконано
6	Розробка питань з охорони праці	05.06-09.06	виконано
7	Техніко-економічна оцінка рішень	12.06-16.06	виконано
8	Оформлення роботи в цілому	12.06-16.06	виконано
9	Підпис роботи у консультантів і нормоконтроля	12.06-16.06	виконано

Студент-дипломник  Савелій МАХНАЧ
(підпис)

Керівник роботи  Олександр ВЕРШКОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 89 сторінок, 17 рисунків, 9 таблиць та 1 додаток

Об'єкт дослідження: госпрозрахункове підприємство «АвтоЗАЗ – Мотор».

Суб'єкт дослідження: підсистема автоматизованого проектування технологічної документації; технологія виготовлення деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102».

Ціль: модернізована автоматизованої підсистеми проектування технологічної документації для підвищення кількості проектів, що розробляються, на 25%; створення керуючої програми обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102» для верстата з числовим програмним керуванням.

Методи: метод аналізу ієрархії з урахуванням декількох точок зору; методи функціонального моделювання; загальний алгоритм розробки керуючих програм.

Результати: проект підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор», керуюча програма для обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102» та супровідна технологічна документація.

Термін окупності розробленого проекту підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації, при його впровадженні на підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» не повинен перевищити двох з половиною років.

Ключові слова: підсистема автоматизованого проектування, технологічна документація, програмне забезпечення, метод аналізу ієрархії, існуюча модель підсистеми, функціональна модель, розроблена модель підсистеми, відділ головного технолога, ефективність, керуюча програма, числове програмне керування.

Перелік скорочень

АРМ – автоматизоване робоче місце.

АС – автоматизована система.

АСУП – автоматизована система управління підприємством.

БФП – багатофункціональний пристрій.

ВАТ – відкрите акціонерне товариство.

ВГК – відділ головного конструктора.

ВГТ – відділ головного технолога.

ВТД – візуальний дисплейний термінал.

ВЧПК – верстат з числовим програмним керуванням.

ЕОМ – електронна обчислювана машина.

ЕЛТ – електронно – лучова трубка.

КД – конструкторська документація.

КПО – коефіцієнт природної освітленості.

КП – керуюча програма.

ІС – інформаційна система.

МАІ – метод аналізу ієрархій.

ПЗ – програмне забезпечення.

ПЕВ – планово – економічний відділ;

ОС – операційна система.

САПР – система автоматизованого проектування.

СНД – союз незалежних держав.

ТПВ – технологічна підготовка виробництва.

ТЗ – технічне забезпечення.

ТД – технологічна документація.

ТП – технологічний процес.

ЧПК – числове програмне керування.

CASE – Computer Aided Software/system Engineering.

IDEF0 – Integrated Definition Function Modeling.

CAD – Computer Aided Design.

CAE – Computer Aided Engineering.

CAM – Computer Aided Manufacturing.

CAPP – Computer Aided Process Planning.

ERP – Enterprise Resource Planning.

PDM – Product Data Management.

PLM – Product Lifecycle Management.

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Номер листа	Примітки
1	A4	17 ПМД. 9685478.06.25/000000 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна			
2			записка	89		
3	A1	17 ПМД. 9685478.06.25/010 000	Тема, мета та задачі			
4			кваліфікаційної роботи	1	1	
5	A1	17 ПМД. 9685478.06.25/210 000	Модель існуючої			
6			підсистеми проектування			
7			технологічної документації	1	2	
8	A1	17 ПМД. 9685478.06.25/310 000	Модель рекомендованої			
9			підсистеми проектування			
10			технологічної документації	1	3	
11	A1	17 ПМД. 9685478.06.25/410 000	Коробка диференціалу	1	4	
12	A1	17 ПМД. 9685478.06.25/420 000	Етапи створення керуючої			
13			програми	1	5	
14	A1	17 ПМД. 9685478.06.25/510 000	Економічні показники			
15			ефективності підсистеми	1	6	
16	A1	17 ПМД. 9685478.06.25/520 000	Робоче місце			
17			інженера - технолога	1	7	
18						
19						
20						
23						

					17 ПМД. 9685478.06.25/000000					
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Махнач С.М.		12.06	Підсистема проектування технологічної документації з розробкою керуючої програми для виготовлення коробки диференціалу автомобіля ЗАЗ 1102		Літ	Лист	Листів	
Перевір.		Вершков О.О.		12.06					1	1
Консул.		Зоря М.В.		12.06			ТДАТУ, 2025			
Консул.		Болтянська Л.О.		12.06						
Н.контр.		Мацулевич О.С.		12.06						
Затв.		Вершков О.О.		12.06						

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.....	14
1.1 Кратка характеристика підприємства та продукції, що виробляється.....	14
1.2 Структура підприємства ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор».....	15
1.3 Структура відділу головного технолога.....	15
1.4 Функції і задачі ВГТ.....	16
1.5 Взаємодія ВГТ з іншими службами заводу.....	18
1.6 Система автоматизованого проектування	20
1.7 Програмне забезпечення, що використовується у ВГТ.....	21
1.8 Склад і конфігурація апаратних засобів у ВГТ.....	22
1.9 Електронний архів та система керування інженерними даними....	24
1.10 Топологія обчислювальної мережі у ВГТ.....	24
1.11 Програмні та апаратні засоби обчислювальної мережі.....	24
1.12 Взаємодія САПР із іншими автоматизованими системами.....	26
Висновки по першому розділу.....	26
2 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ ПРОЕКТУ.....	27
2.1 Розробка моделі існуючої підсистеми проектування технологічної документації.....	27
2.1.1 Функціональне моделювання процесів проектування	27

2.1.2 Засоби функціонального моделювання.....	29
2.1.3 Розробка моделі процесу створення технічної документації «Як є» по нотації IDEF0.....	30
2.1.4 Розробка моделі обігу документів «Як є»	31
2.2 Недоліки діючої системи проектування технологічної документації на підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор».....	32
2.3 Розробка технічного завдання на проектування підсистеми проектування технологічної документації.....	32
Висновки по другому розділу.....	32
3 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	34
3.1 Розробка функціональної моделі процесу створення автоматизованої підсистеми проектування технологічної документації.....	34
3.2 Вдосконалення технології проектування та створення моделі «Як повинно бути».....	36
3.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення.....	38
3.3.1 Критерії вибору програмного забезпечення для підсистеми проектування технологічної документації.....	38
3.3.2 Огляд виробників програмного забезпечення для САПР.....	39
3.3.3 Аналіз програмного забезпечення автоматизованого проектування технологічної документації.....	40
3.3.4 Вибір програмного забезпечення методом аналізу ієрархії.....	43

3.4 Обґрунтування та вибір технічного забезпечення.....	46
3.5 Обґрунтування топології обчислювальної мережі.....	47
3.6 Вибір технічного та програмного забезпечення обчислювальної мережі.....	47
3.6.1 Вибір технічного забезпечення мережі.....	47
3.6.2 Вибір програмного забезпечення мережі.....	49
3.7 Розробка організаційного забезпечення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації.....	50
Висновки по третьому розділу.....	52
4 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБКИ КОРОБКИ ДИФЕРЕНЦІАЛУ «ЗАЗ 1102».....	53
4.1 Постановка задачі.....	53
4.2 Вхідні та вихідні данні.....	53
4.3 Розробка технологічного процесу.....	54
4.4 Алгоритм розробки керуючої програми для обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20».....	55
Висновки по четвертому розділу.....	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
5.1 Аналіз умов праці у ВГТ.....	61
5.2 Рекомендації, що до підвищення умов праці.....	62
5.3 Розробка ергономічного проекту робочого місця працівника підсистеми автоматизованого проектування технологічної	

документації.....	66
Висновки по п'ятому розділу.....	68
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	69
Висновки по шостому розділу.....	76
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	79
ДОДАТКИ	81

ВСТУП

На сьогоднішній день більшість підприємств металообробної галузі використовують на всіх етапах виробництва комп'ютери, як промислові так і персональні. Успішна діяльність в промислово розвинених країнах багато в чому залежить від їх здатності накопичувати і переробляти інформацію. Сьогодні без комп'ютерної автоматизації вже неможливо виготовляти сучасні складні вироби, що вимагають високої точності. У всьому світі відбувається різке зростання комп'ютеризації на виробництві. Впровадження комп'ютерних і телекомунікаційних технологій підвищує ефективність і продуктивність праці. Відставання у області високих технологій може привести до нездатності підприємства конкурувати на ринку що призведе до його банкрутства.

Метою даної кваліфікаційної роботи є модернізація підсистеми проектування технологічної документації госпрозрахункового підприємства «АвтоЗАЗ – Мотор» при відновленні підприємства після окупації для підвищення кількості проектів, що розробляються, на 25%; створення керуючої програми обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102» для верстата з числовим програмним керуванням.

Об'єктом дослідження є відділ головного технолога госпрозрахункового підприємства «АвтоЗАЗ – Мотор».

Суб'єктом дослідження є підсистема автоматизованого проектування технологічної документації; технологія виготовлення деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102».

До методів, що використовувалися під час роботи відносяться:

- метод аналізу ієрархії з урахуванням декількох точок зору;
- методи функціонального моделювання;
- загальний алгоритм розробки керуючих програм.

Новизна отриманих результатів полягає в наступному: підсистема автоматизованого проектування технологічної документації, розроблена

оригінальна керуюча програма обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102» для верстата з числовим програмним керуванням..

Для досягнення поставлених цілей в роботі були вирішені наступні задачі:

- проведення передпроектного обстеження підприємства для визначення стану наявної САПР, виявлення її недоліків;
- розробка рекомендацій із впровадження інформаційних систем;
- розробка проекту підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації;
- розробка керуючої програми для верстата з числовим програмним керуванням;
- виявлення економічних показників розробленої підсистеми, та термін її окупності.

Результати кваліфікаційної роботи рекомендовані до впровадження в умовах підприємства. Розроблена підсистема автоматизованого проектування технологічної документації задовольняє всім показникам якості (ефективність, безпечність, ергономічність).

1 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Коротка характеристика підприємства та його продукції

Госпрозрахункове підприємство «АвтоЗАЗ – Мотор» є єдиним в Україні виробником двигунів і коробок змінних передач для легкових автомобілів. Воно входить до складу ЗАТ «Запорізький автомобілебудівний завод», заснованого компанією «Укравто». [20].

ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» спеціалізується на виготовленні двигунів об'ємом 1.1 л, 1.2 л, 1.3 л, 1.4 л з системою розподіленого впорскування палива, що відповідають екологічним нормам Євро-2 та Євро-3. Ці двигуни призначені для автомобілів «Таврія», «Славута» та «Сенс».

Підприємство також забезпечує виробництво повного асортименту запасних частин. Постійно ведеться робота над удосконаленням та підвищенням якості продукції. Наприклад, наприкінці 2006 року було освоєно виробництво модернізованої коробки змінних передач з покращеними споживчими характеристиками. Освоєно випуск нових видів продукції, таких як напівпричіп НХ 2210 для перевезення легкових автомобілів, промтоварний фургон на базі автомобіля "ТАТА" та евакуатор.

ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» надає низку послуг з обслуговування своєї продукції. У червні 2007 року система менеджменту якості ГРП «Автозав – Мотор» була повторно сертифікована Київським відділенням Міжнародної компанії «Бюро Верітас – Україна» на відповідність міжнародному стандарту ISO 9001:2000.

1.2 Структура підприємства ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор»

Підприємство ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» очолює директор. Йому підпорядковані заступник з економіки, заступник з виробництва та головний інженер.

До заступника з економіки входять такі відділи: відділ праці та заробітної плати (ВПЗП), економічний відділ (ЕВ), виробничо-диспетчерський відділ (ВДВ), відділ обчислювальної техніки (ВОТ), архів, бухгалтерія та відділ кадрів.

Заступнику з виробництва підпорядковуються виробничі цехи підприємства (цех двигунів, цех коробок передач, цех верстатобудування, цех електроприладів, пресовий цех, ливарний цех), а також інструментальний, будівельний, ремонтний цехи, експериментальна дільниця та відділ технічного контролю.

Головному інженеру підпорядковані відділи технічної підготовки виробництва: відділ головного конструктора (ВГК), відділ головного технолога (ВГТ), відділ головного металурга (ВГМет). Також йому підпорядковані відділи підтримки виробництва: відділ головного енергетика (ВГЕ) та відділ головного механіка (ВГМех). У підпорядкуванні відділу головного конструктора є сертифікована лабораторія, що оцінює якість продукції після експериментальних випробувань. Для полегшення виконання обов'язків головний інженер має заступника з виробництва та заступника з нової техніки. Структурна схема підприємства, що відображає підпорядкування відділів керуючим органам, представлена на рисунку 1.1.

1.3 Структура відділу головного технолога

Технологічна підготовка масового виробництва на ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» здійснюється у відділі головного технолога (ВГТ). ВГТ очолює

головний технолог підприємства, який має заступників з нової техніки та з поточного виробництва.

До складу ВГТ входять технологічне та конструкторське бюро. Технологічне бюро включає такі групи: група двигуна (4 робочих місця), група коробки передач (3 робочих місця), група складання (3 робочих місця), група інструменту (1 робоче місце), група технологічного оснащення (2 робочих місця), група ливарного оснащення (2 робочих місця) та група пресових форм (1 робоче місце).

Конструкторське бюро ВГТ складається з груп: технологічного оснащення (2 робочих місця), вимірювального інструменту (1 робоче місце), ріжучого інструменту (1 робоче місце) та пресових форм (1 робоче місце).

Технологічне бюро займається розробкою технологічних процесів для механічної обробки, зварювання, пайки, складання та випробування вузлів і деталей, що необхідні для виготовлення основної продукції підприємства. Також це бюро розробляє технологічні процеси для заготівельних процесів, виготовлення технологічного та ливарного оснащення, а також штампів.

Конструкторське бюро відповідає за розробку креслень пристосувань, стендів, штампів та іншого оснащення, що необхідне для виробництва основної продукції підприємства. Це оснащення розробляється на основі технічних завдань, що надходять від технологічного бюро. Структурна схема відділу головного технолога представлена на рисунку 1.2.

1.4 Функції і задачі ВГТ

Основними завданнями відділу головного технолога є:

- Забезпечення єдиної політики підприємства у сфері технології виробництва.

- Технологічна підготовка підприємства до виробництва нової продукції.
- Впровадження конкурентоспроможних технологій у виробництво.
- Забезпечення тривалості життєвого циклу продукції, що випускається.
- Організація та координація робіт з технічного розвитку заводу.

Функції відділу головного технолога включають:

- Розробка та впровадження прогресивних, економічно обґрунтованих, ресурсозберігаючих технологічних процесів, що забезпечують тривалий життєвий цикл продукції та економічність виробництва.
- Аналіз та удосконалення існуючих технологічних процесів для підвищення продуктивності праці, покращення якості продукції та зниження собівартості.
- Встановлення маршрутів та розподіл проходження виробів по цехах та службах заводу.
- Проведення технологічного аналізу креслень, оцінка технологічності спроектованих конструкцій з урахуванням обсягу випуску та виробничо-технічних можливостей підприємства.
- Розрахунки виробничих потужностей та завантаження обладнання.
- Спільна розробка з підрозділами заводу планів впровадження передових технологій та підвищення ефективності виробництва.
- Розробка нових планувань розміщення обладнання, нагляд за їх здійсненням, коригування планувань цехів та діляниць.
- Проведення експериментальних робіт з освоєння нових технологічних процесів.
- Консультування підрозділів підприємства з вирішення окремих технологічних питань.

1.5 Взаємодія ВГТ з іншими службами заводу

Для ефективного виконання своїх функцій та завдань відділ головного технолога тісно співпрацює з різними службами заводу, зокрема з ВГК, відділом технічного контролю, цехами основного виробництва, виробничо-диспетчерським відділом, відділом праці та заробітної плати, інструментальним цехом, відділом маркетингу та бухгалтерією.

Взаємодія з відділом головного конструктора (ВГК):

- Отримання: креслень виробів, технічної документації для розробки технологічних процесів, технічної документації та рекомендацій для розробки нових технологій виробництва, повідомлень про зміни в конструкторській документації, а також облікових екземплярів міждержавних, державних стандартів та стандартів підприємства.
- Надання: висновків щодо конструкцій виробів та технічних умов.

Взаємодія з відділом технічного контролю:

- Отримання: висновків про відповідність матеріальних ресурсів стандартам та технічним умовам, висновків про можливість застосування матеріалів у виробництві, відомостей про якість продукції, повідомлень про порушення технологічних процесів, даних про кількість та характеристики браку для аналізу, а також висновків метрологічної експертизи наданої документації.
- Надання: технологічних процесів вхідного контролю якості сировини, матеріалів та комплектуючих, графіків проведення контролю технологічної дисципліни та актів про результати контролю.

Взаємодія з цехами основного виробництва:

- Отримання: заявок на автоматизацію та механізацію виробництва з обґрунтуваннями, пропозицій щодо змін у технології виробництва, пропозицій щодо планування цехів та актів про впровадження оснащення та технологічних процесів.

- Надання: вказівок щодо експлуатації засобів автоматизації та механізації, проектів розміщення нового технологічного обладнання, змін норм витрати матеріалів, а також матеріальних відомостей із зазначенням заготовок та маршрутів руху деталей по цехах.

Взаємодія з виробничо-диспетчерським відділом:

- Отримання: консультацій щодо матеріалів, сировини та напівфабрикатів, запитів про допустимі технологічні відхилення якості матеріалів, погодження технологічних умов на спеціальні матеріали та відомостей про кріплення, що підлягає виготовленню на заводі.
- Надання: заявок з переліком необхідних матеріалів, розрахунків потреби в сировині, обґрунтувань застосування дефіцитних матеріалів, зведених та специфікованих норм витрат матеріалів та повідомлень про зміну норм витрат матеріалів.

Взаємодія з відділом праці та заробітної плати:

- Отримання: затвердженого штатного розкладу, зведених відомостей трудомісткості та вихідних даних для розрахунків виробничої потужності.
- Надання: відомостей для визначення собівартості продукції та встановлення цін, специфікованих норм витрати матеріалів на вироби та повідомлень про зміни норм витрати матеріалів на вироби.

Взаємодія з інструментальним цехом:

- Отримання: даних про виготовлене та невикотовлене оснащення за графіком, погоджених графіків проектування та виготовлення оснащення.
- Надання: креслень та специфікацій на виготовлення оснащення, графіків проектування та виготовлення оснащення.

Взаємодія з відділом маркетингу:

- Отримання: документів та матеріалів для участі у виставках і ярмарках, відомостей про нові технологічні розробки.
- Надання: заявок на пошук інформації про конкурентний товар та запитів про кон'юнктуру технологій виробництва.

Взаємодія з бухгалтерією:

- Отримання: даних про норми витрати матеріалів на одиницю виробу та консультацій щодо заробітної плати.
- Надання: коригувань норм витрати матеріалів (за необхідності).

1.6 Система автоматизованого проектування

На підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» наразі не впроваджено повноцінної системи автоматизованого проектування (САПР). У відділах технічної підготовки виробництва лише деякі робочі місця обладнані персональними комп'ютерами та периферійними пристроями для друку та сканування документації.

За допомогою наявної обчислювальної техніки вирішуються такі завдання:

а) У відділі головного конструктора:

- Розробка креслень.
- Розробка специфікацій.
- Розрахунок технічних параметрів виробів.
- Набір текстових документів (інструкцій, розпоряджень).
- Сканування креслень.
- Друк документів.

б) У відділі головного технолога:

- Розробка ескізів.
- Розробка креслень на технологічне оснащення.

- Введення інформації у готові бланки технологічних процесів та маршрутних карт.
- Друк та сканування документів.

Переважає більшість проектних робіт з підготовки виробництва виконується співробітниками вручну. Відділ головного технолога має 10 комп'ютеризованих робочих місць.

1.7 Програмне забезпечення, що використовується у ВГТ

Перелік програмних продуктів, які використовуються у відділі головного технолога, та завдання, що виконуються за їх допомогою, наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік програмного забезпечення

Програма	Версія	Розробник програми	Кількість та назва робочих місць	Перелік розв'язуваних завдань
1	2	3	4	5
AutoCAD	2000	Autodesk	1 РМ технолога по корпусу; 1РМ технолога по газорозподільному механізму; 1РМ технолога з оснастки; 1РМ технолога по збиральним процесам; 1РМ технолога по зубчатих колесах	Створення ескізів до технологічних процесів; створення технологічних карт
			2 РМ конструктора з оснастки; 1 РМ конструктора з оснастки	Розробка креслень на технологічне оснащення

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
MS Excel	2000	Microsoft	1 РМ технолога по корпусу; 1РМ технолога по газорозподільному механізму; 1РМ технолога з оснастки; 1РМ технолога по збиральним процесам; 1РМ технолога по зубчатих колесах.	Введення інформації у готові бланки технологічних процесів та маршрутних карт
LVMFlow	2004	НПО МКМ	1РМ технолога з ливарної оснастки	Розробка ливарної оснастки
Windows 2010	2010	Microsoft	1 РМ технолога по корпусу; 1РМ технолога з оснастки.	Операційна система комп'ютера
Windows 2007	2007	Microsoft	1РМ технолога по газорозподільному механізму; 1РМ технолога по збиральним процесам; 1РМ технолога по зубчатих колесах; 1РМ технолога з ливарної оснастки;	Операційна система комп'ютера

1.8 Склад і конфігурація апаратних засобів у ВГТ

Склад і конфігурація персональних комп'ютерів (ПК), що використовуються на деяких робочих місцях у відділі головного технолога, представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічне забезпечення існуючої підсистеми САПР

Робоче місце	Кількість РМ	Центральний процесор	Оперативна пам'ять, Мб	Жорсткий диск, Гб	Відео – підсистема	Монітор, тип, дюймів
1	2	3	4	5	6	7
Головного технолога –	1	Pentium III	128	ATA, 20	Radeon (64 Мб) PCI exp	ЕЛТ, 17
Технолога по корпусу	1	Pentium MMX	64	ATA, 4	S3 (8 Мб) PCI	ЕЛТ, 15
Технолога по газорозподільному механізму	1	Pentium MMX	64	ATA, 4	S3 (8 Мб) PCI	ЕЛТ, 15
Технолога оснастки 3	1	Pentium III	256	ATA, 20	Radeon (64 Мб) PCI	ЕЛТ, 15
Технолога по збиральним процесам	1	Atlon K6	128	ATA, 8	S3(8 Мб), PCI	ЕЛТ, 17
Технолога по зубчатих колесах	1	Atlon K6	64	ATA, 4	S3(8 Мб), PCI	ЕЛТ, 15
Технолога ливарної оснастки 3	1	Atlon K6	128	ATA, 8	S3(8 Мб), PCI	ЕЛТ, 15
Конструктора оснастки 3	2	Atlon 1,9	512	ATA, 80	Radeon (128 Мб) PCI exp	ЕЛТ, 17
Конструктора штамів	1	Atlon 1,9	512	ATA, 80	Radeon (128 Мб) PCI exp	ЕЛТ, 17

Для друку технічної документації відділ головного технолога використовує 4 багатофункціональні пристрої формату А3 від фірми Xerox.

1.9 Електронний архів та система керування інженерними даними

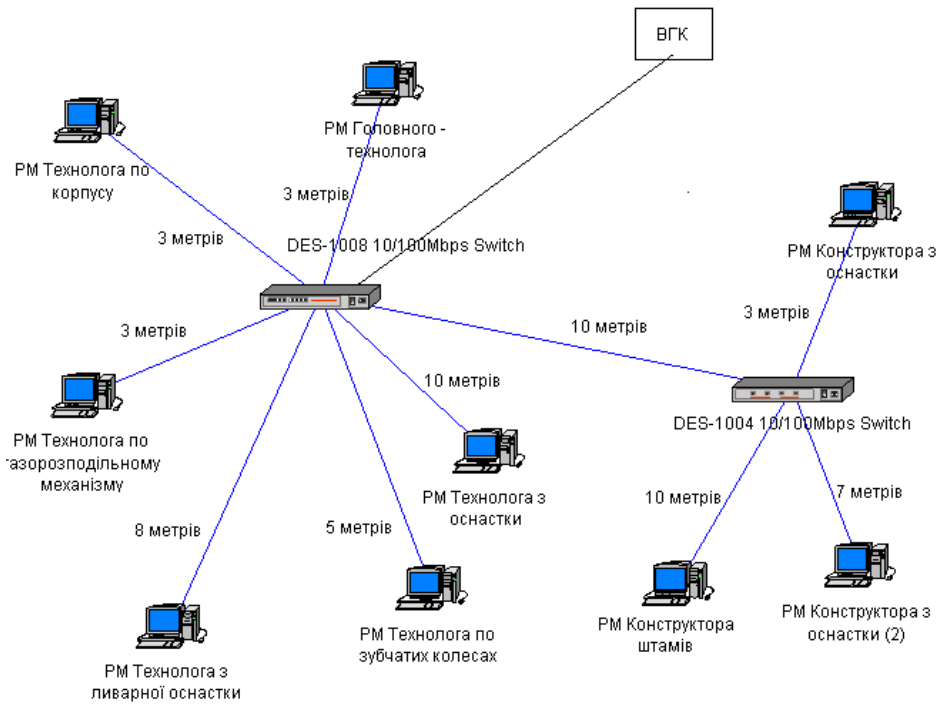
Кожен технолог, чие робоче місце обладнане персональним комп'ютером, зберігає технологічну документацію на розроблені вироби та інші необхідні документи на жорсткому диску свого комп'ютера. Однак основним обіговим документом на підприємстві залишається паперовий документ з підписом. Дублікати підписаних документів, розроблених у відділі головного технолога, зберігаються в архіві відділу, який має структуру звичайного паперового архіву. Працівники можуть звернутися до цього архіву за необхідною інформацією в будь-який час.

1.10 Топологія обчислювальної мережі у ВГТ

Всі персональні комп'ютери у відділі головного технолога об'єднані в локальну мережу. Ця мережа забезпечує передачу інформації між робочими місцями всередині відділів та зовнішній зв'язок з комп'ютерами відділу головного технолога. Фізична топологія мережі у ВГТ – це «Дерево», що являє собою ієрархічне з'єднання декількох простих мереж типу «Зірка». Структура обчислювальної мережі підприємства показана на рисунку 1.3.

1.11 Програмні та апаратні засоби обчислювальної мережі

До апаратних засобів обчислювальної мережі підприємства входять з'єднувальні шнури (вита пара), конектори (RG45), концентратори (свічі) та мережеві адаптери.



Рисунку 1.3 – Структура обчислювальної мережі

Апаратні засоби обчислювальної мережі підприємства представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Апаратні засоби обчислювальної мережі

Назва	Виробник	Кількість, т..	Характеристики
1	2	3	4
Свіч DES-1008D	D-link	1	8 – портів
Свіч DES-1004D	D-link	1	4 – порта
Кабель UTP	3Com	—	загальна довжина 62 м.
Конектори RG45	D-link	20	—
Сітьові адаптери LanCard 10/100	3Com	10	максимальна швидкість 100 Мбіт/с

Безпеку мережі забезпечує антивірусне програмне забезпечення «Антивірус Касперського для файлових серверів» від «Лабораторії

КАСПЕРСЬКОГО». На локальних комп'ютерах мережі встановлено «Kaspersky Internet Security 12». Захист інформації від зовнішніх мережових атак забезпечується штатним файрволом Windows.

1.12 Взаємодія САПР із іншими автоматизованими системами

Інформаційна взаємодія комп'ютерів відділу головного технолога ГРП «АвтоЗАЗ-Мотор» з іншими автоматизованими системами практично не налагоджена. На підприємстві впроваджено систему бухгалтерського обліку «1С: Бухгалтерія» та систему управління підприємством «1С: Підприємство». Однак взаємодія комп'ютерів ВГТ з цими системами відсутня, оскільки основним обіговим документом прийнято паперовий носій.

Висновки по першому розділу

За результатами переддипломної практики на підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ-Мотор» було проведено обстеження його діяльності. Зібрана інформація була систематизована та представлена у першому розділі дипломного проєкту. Зокрема, було детально обстежено відділ головного технолога підприємства та його взаємодію з іншими відділами. У відділі головного технолога було проаналізовано всі автоматизовані робочі місця, їх технічне та програмне забезпечення, а також перелік завдань, що вирішуються. Також була обстежена топологія обчислювальної мережі у ВГТ та її технічні і програмні засоби. Отримана інформація дозволяє визначити необхідність розробки чи модернізації підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації. На основі цих даних у другому розділі дипломного проєкту буде розроблено модель існуючої системи проектування технологічної документації та технічне завдання на створення нової автоматизованої системи.

2 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ ПРОЕКТУ

2.1 Розробка моделі існуючої підсистеми проектування технологічної документації

2.1.1 Функціональне моделювання процесів проектування

Інформація, зібрана під час попереднього аналізу діяльності підприємства ГРП «Автозав – Мотор», систематизується та аналізується. Для цього використовується методологія функціонального моделювання Integrated Definition Function Modeling (IDEF0) , яка широко застосовується у світі. За допомогою спеціалізованих програмних засобів (CASE-систем) будується модель діяльності відділу головного технолога. Ця модель відома як модель «Як є» або «AS-IS».

Модель «Як є» дає чітке уявлення про процес проектування технологічної документації у відділі головного технолога підприємства. Її системний аналіз допомагає виявити "вузькі місця", неефективні та дублюючі операції. На основі цієї моделі визначаються ключові цілі, завдання та стратегія реорганізації, а також інформаційні потреби відділу.

Після створення та вивчення моделі «Як є» розробляється модель «Як повинно бути» («TO-BE»). Реорганізація – це перехід від моделі «Як є» до моделі «Як повинно бути», який потребує ретельного планування. Сучасні інформаційні технології та методології значно спрощують цей процес.

Методологія IDEF0 є одним з таких інструментів функціонального моделювання. Вона визнана федеральним стандартом США та успішно використовується в різних галузях промисловості як ефективний засіб для аналізу, проектування та представлення бізнес-процесів.

Основою методології IDEF0 є поняття «блоку», що відображає певну бізнес-функцію. Кожна з чотирьох сторін блоку має своє призначення:

ліва – «вхід», права – «вихід», верхня – «керування», нижня – «механізм». Взаємодія між функціями представляється у вигляді дуги, яка символізує потік даних або матеріалів, що переходить від виходу однієї функції до входу іншої. Ці потоки називаються «вхідними», «вихідними» або «керуючими» залежно від сторони блоку, з якою вони пов'язані.

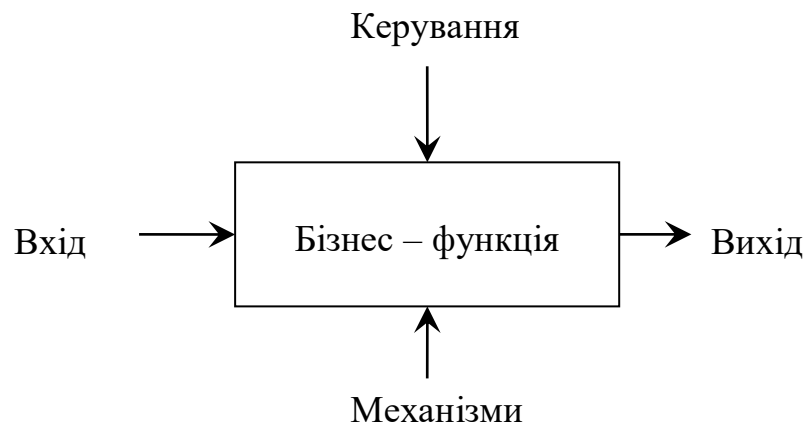


Рисунок 2.1 – Представлення блоку моделі IDEF0

IDEF0 базується на трьох основних принципах моделювання процесів:

Принцип функціональної декомпозиції: Дозволяє розбивати складні дії, операції або функції на простіші, деталізовані елементи. Це дозволяє заглибитись у структуру функції, представленої графічно у вигляді блоку.

Принцип обмеження складності: Вимагає, щоб кількість блоків на діаграмі була від двох до шести, забезпечуючи її розбірливість та читабельність. Дотримання цього принципу сприяє створенню добре структурованих, зрозумілих та легких для аналізу функціональних моделей.

Принцип контекстної діаграми: Моделювання бізнес-процесу починається з побудови контекстної діаграми, яка містить єдиний блок – головну бізнес-функцію системи. Ця функція визначає «місію» системи та її значення у навколишньому світі, а також встановлює межі бізнес-системи та її взаємодію з оточенням.

2.1.2 Засоби функціонального моделювання

Створення сучасних інформаційних систем (ІС) є складним завданням, яке полегшується використанням CASE-засобів (Computer-Aided Software/System Engineering). Сучасні CASE-засоби підтримують численні технології проєктування ІС, від простих інструментів аналізу та документування до повномасштабних систем автоматизації, що охоплюють увесь життєвий цикл програмного забезпечення.

На етапах аналізу та проєктування CASE-засоби відіграють ключову роль у забезпеченні якості технічних рішень та підготовці проєктної документації. Візуальне представлення інформації, включаючи побудову структурних діаграм у реальному часі та використання різних кольорових палітр, є важливим аспектом. Графічні інструменти моделювання предметної області дозволяють розробникам наочно вивчати існуючі ІС та перебудовувати їх відповідно до поставлених цілей та обмежень.

На ринку програмного забезпечення існує близько 300 різних CASE-засобів, відносно недорогих для персональних комп'ютерів до дорогих систем для різномірних обчислювальних платформ.

Для розробки моделі «Як є» процесу проєктування технологічної документації підприємства ГРП «Автозавод – Мотор» буде використано CASE-засіб Allfusion Process Modeller v7.2. Цей інструмент візуального моделювання бізнес-процесів дозволяє наочно представляти діяльність або структуру у вигляді моделі. Це допомагає оптимізувати роботу організації, перевіряти її на відповідність стандартам ISO9000, проєктувати організаційну структуру, знижувати витрати, виключати непотрібні операції та підвищувати гнучкість й ефективність. Allfusion Process Modeller підтримує три нотації моделювання: IDEF0, IDEF3 та DFD.

2.1.3 Розробка моделі процесу створення технічної документації «Як є» по нотації IDEF0

На основі інформації, представленої у першому розділі дипломного проєкту, розроблено модель існуючого процесу розробки технологічної документації на підприємстві. Для цього використовується програма Allfusion Process Modeller v7.2. Модель «Як є» за нотацією IDEF0 наведена у додатку А.

Основний блок (A0) цієї моделі показує вхідні та вихідні дані процесу. Стрілками зверху та знизу вказується, хто керує процесом та хто його виконує.

Вхідні дані процесу включають:

- конструкторську документацію (КД)
- зміни в КД, що виникли внаслідок її удосконалення
- пропозиції щодо зміни технологічної документації (ТД)

Основним результатом процесу є своєчасно розроблена та якісна конструкторсько-технологічна документація (КТД).

Власником процесу є головний технолог.

Виконавцями процесу є:

- головний технолог
- бюро технологів відділу
- бюро конструкторів відділу

Виконання процесу «Розробка КТД на виріб» регламентується такими документами:

- Вимоги до собівартості виробу: план освоєння нових видів продукції та план випуску вдосконаленої продукції.
- Стандарти підприємства: СТП 268-2002 "Проектування та розробка. Правила внесення змін у конструкторську і технологічну документацію основного виробництва" , СТП 336-2002 "Виробництво продукції.

Порядок підготовки і проведення сертифікації виробів" , Технологічна інструкція.

- Єдина система технологічної документації (ЄСТД).

З процесу виходять:

- конструкторсько-технологічна документація на виріб
- конструкторська документація (КД) на інструмент та оснастку
- конструкторська документація на вимірювальний інструмент

Деталізація блоку (A0) представлена на схемі (A1) моделі, де показані підпроцеси розробки КТД та їхній взаємозв'язок. Функціональна модель процесу розробки конструкторсько-технологічної документації у ВГТ доступна у додатку А.

2.1.4 Розробка моделі обігу документів «Як є»

Модель документообігу «Як є» відображає поточну систему проєктування технологічної документації на підприємстві ГРП «Автозав – Мотор», її функціонування та взаємозв'язок з іншими системами. Ця модель представлена схемою, яка містить усі робочі місця відділу головного технолога. Робочі місця згруповані за відповідними бюро, до яких вони належать, що позначено пунктирними лініями.

Неавтоматизовані робочі місця (РМ) зображені у вигляді простих прямокутників з назвою. Автоматизовані робочі місця (АРМ) позначені схематичним зображенням персонального комп'ютера, поруч з яким вказані назва робочого місця та таблиця характеристик технічного (ТЗ) та програмного забезпечення (ПЗ). АРМ, що мають пристрої друку, додатково позначені зображенням принтера.

Напрямки передачі інформації всередині відділу показані стрілками з написами, що вказують на характер інформації (наприклад, ТЗ – технічне завдання, ТП – технологічний процес, КД – конструкторська документація). Зовнішні відділи, з якими взаємодіє існуюча система

проектування технологічної документації, схематично зображені у вигляді хмар (наприклад, ВГК – відділ головного конструктора, ЕВ – економічний відділ).

Аналіз розробленої моделі «Як є» дозволяє виявити недоліки поточної системи проектування технологічної документації, які будуть перелічені у наступному підрозділі.

2.2 Недоліки діючої системи проектування технологічної документації на підприємстві ГРП «Автозавод – Мотор»

Існуюча система проектування технологічної документації на підприємстві ГРП «Автозавод – Мотор» характеризується "острівною автоматизацією" проектних робіт. Програма «MS Excel 2010» використовується для автоматизації створення маршрутних та технологічних процесів, де технологи заповнюють готові бланки. Єдина автоматизація такого методу полягає у використанні вже готового, подібного процесу як основи для нового, який потім редагується. Вся технологічна інформація зберігається у довідниках та паперових журналах технолога.

Ручне проектування технологічних процесів має такі недоліки:

- значні часові витрати на розробку;
- недостатньо оптимізований кінцевий технологічний процес;
- відсутність бази знань, яку могли б використовувати інші інженери-технологи.

Ще одним суттєвим недоліком є те, що нормування технологічних процесів виконується в економічному відділі. Хоча в економічному відділі впроваджена автоматизована система «1С: Підприємство», введення інформації з паперових технологічних процесів до цієї системи є постійною рутинною роботою, яка може бути автоматизована.

2.3 Розробка технічного завдання на проектування підсистеми проектування технологічної документації

Технічне завдання (ТЗ) є базовим документом для створення підсистеми САПР і повинно містити повні вихідні дані та вимоги. Цей документ розробляється головним розробником системи (у даному випадку – студентом-розробником дипломного проєкту) відповідно до ДСТУ 34.602–2008 «Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи.

Висновки по другому розділу

Метою другого розділу кваліфікаційної роботи було конкретизувати цілі завдання з розробки системи автоматизованого проєктування технологічної документації. Для цього проаналізовано інформацію з першого розділу та створено модель «Як є» існуючої системи проєктування технологічної документації.

Створення моделі «Як є» відбувалося у два етапи:

- Розробка функціональної моделі процесу створення конструкторсько-технологічної документації у відділі головного технолога. Була використана методологія представлення бізнес-процесів IDEF0 та програмний CASE-засіб Allfusion Process Modeller.
- Розробка наочної моделі «Як є», яка відображає всі робочі місця у ВГТ, ступінь їхньої автоматизації та інформаційні потоки всередині та назовні.

На основі розробленої моделі «Як є» створено технічне завдання на розробку нової автоматизованої системи проєктування технологічної документації. У технічному завданні визначено конкретні цілі, які мають бути досягнуті під час розробки автоматизованої системи.

3 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАННОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

3.1 Розробка функціональної моделі процесу створення автоматизованої підсистеми проектування технологічної документації

У середовищі Allfusion Process Modeller v7.2 було створено функціональну модель процесу розробки підсистеми проектування технологічної документації. Ця модель складається з трьох рівнів, де кожен наступний рівень є деталізацією попереднього. На рисунку 3.1 представлений основний (нульовий) рівень A0, який містить єдиний блок «Розробка підсистеми проектування технологічної документації».

Вхідні дані цього процесу – заявка ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» на розробку підсистеми проектування технологічної документації.

Вихідні дані – впроваджена на ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» підсистема автоматизованого проектування технологічної документації.

Керування процесом здійснюється відповідно до методики створення САПР та плану фінансування проєктних і впроваджувальних робіт.

Виконавцем процесу, або «механізмом», є кафедра інженерної механіки та комп'ютерного проектування ТДАТУ. На підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» також створюється спеціальна група фахівців із САПР зі співробітників технологічного відділу та відділу АСУП для експлуатації та розвитку системи. Ця група також є механізмом виконання процесу. Блок A0 процесу наведено на рисунку 3.1.

Діаграма першого рівня, що є деталізацією блоку A0, включає такі блоки:

- A1 – обстеження відділу головного технолога
- A2 – розробка проєкту підсистеми автоматизації технологічної документації

- А3 – реалізація проєкту підсистеми автоматизації технологічної документації
- А4 – випробування підсистеми

Діаграми наступного, другого рівня, розкривають перші блоки А1, А2 та А3.

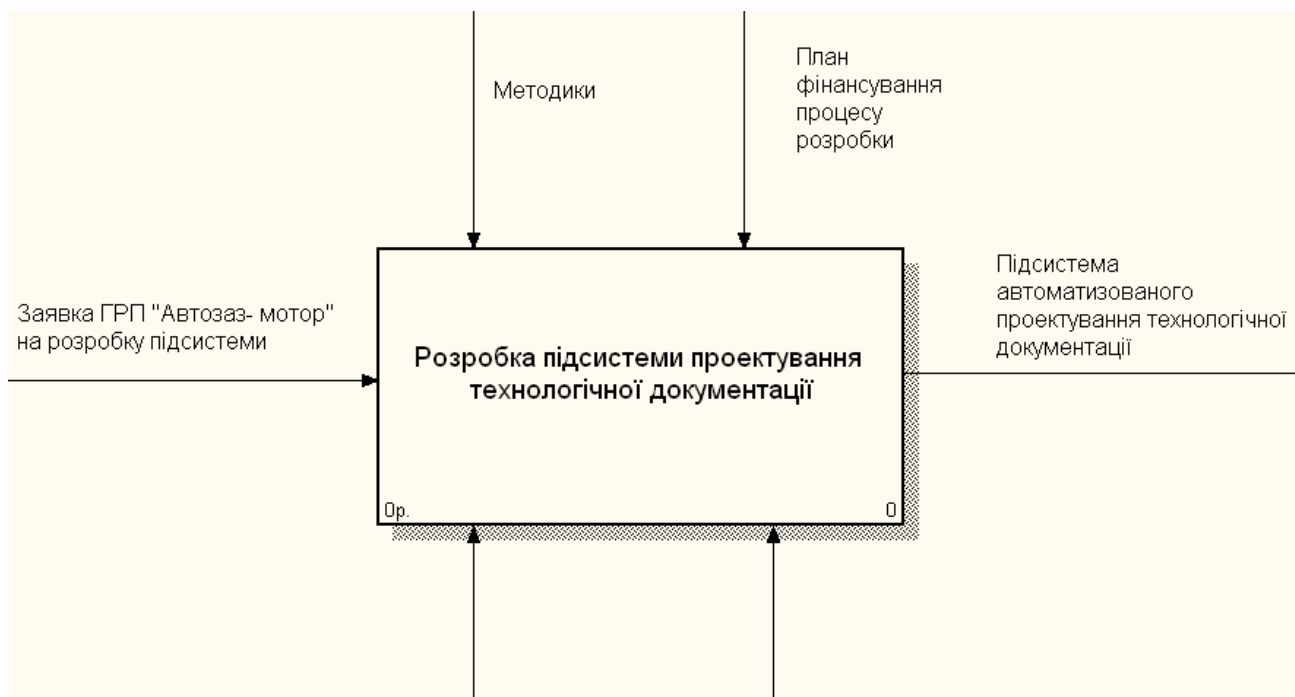


Рисунок 3.1 – Блок нульового рівню функціональної моделі

Під час обстеження відділу головного технолога вивчається його структура, типові маршрути проектування, інформаційні потоки. На цій основі розробляється модель діючої підсистеми проектування технологічної документації – модель «Як є». Далі створюється технічне завдання (ТЗ) на проектування автоматизованої підсистеми. На основі ТЗ формується нова модель підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації – «Як повинно бути». Ця модель враховує не лише вимоги до автоматизації проектування, але й майбутні інформаційні потреби процесів управління та діловодства. Модель «Як повинно бути» є основою технічної пропозиції для створення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації.

При проектуванні підсистеми вибирають апаратно-програмну платформу, базове програмне забезпечення (ПЗ) для проектування та обслуговуючих підсистем. Також розробляється структура корпоративної мережі, визначаються типи мережевого обладнання, характеристики сервера та робочих станцій, а також виявляється необхідність розробки оригінальних програмних компонентів.

Реалізація проєкту підсистеми автоматизованого проектування включає підготовку приміщень, монтаж кабельної мережі, навчання майбутніх користувачів підсистеми, закупівлю та інсталяцію технічного забезпечення (ТЗ) та ПЗ.

Остаточним етапом впровадження підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації на підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» є етап дослідного випробування підсистеми. На цьому етапі виявляються необхідні корективи, які потрібно внести в систему.

Функціональна модель процесу створення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації в нотації IDEF0 представлена у додатку В.

3.2 Вдосконалення технології проектування та створення моделі «Як повинно бути»

Розроблена у другому розділі модель «Як є» діючої системи проектування технологічної документації вказує на те, що у відділі головного технолога використовується лише паперовий обіг документів. Цей обіг є дуже неефективним та трудомістким. Крім того, обсяги інформації значно зростають зі збільшенням номенклатури виробів.

Тому рекомендується повністю відійти від паперової системи обігу документації та впровадити електронний обіг, зберігання та керування інженерними даними. Це можна забезпечити шляхом автоматизації всіх

робочих місць проєктувальників та впровадження системи керування – PDM-системи .

PDM (Product Data Management) – це організаційно-технічна система, що забезпечує керування всією інформацією про виріб. За допомогою PDM-систем здійснюється відстеження великих масивів даних та інженерно-технічної інформації, необхідних на етапах проєктування, виробництва або будівництва, а також підтримка експлуатації, супроводу та утилізації технічних виробів. PDM-системи інтегрують інформацію будь-яких форматів і типів, надаючи її користувачам вже у структурованому вигляді (при цьому структура прив'язана до особливостей сучасного промислового виробництва). PDM-системи працюють не тільки з текстовими документами, але і з геометричними моделями та даними, необхідними для функціонування автоматичних ліній, верстатів з ЧПК тощо, причому доступ до таких даних здійснюється безпосередньо з PDM-системи.

Для впровадження PDM-системи обов'язково потрібен загальний сервер даних або комп'ютер, який виконуватиме функції сервера. Обов'язки керування проєктами необхідно покласти на головного технолога ВГТ підприємства ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор». Він матиме можливість розподіляти роботи та стежити за їх виконанням через інтерфейс PDM-системи. Використання PDM-системи значно полегшує керування робочими проєктами та відстеження їх виконання. Необхідність головного технолога у заступниках відпадає, тому штат ВГТ повинен складати 20 посад. Всі робочі місця, включаючи робоче місце головного технолога, повинні бути автоматизованими.

Одним з важливих моментів при створенні електронного обігу документів є обов'язкове впровадження електронного цифрового підпису (ЕЦП) .

На підставі запропонованих змін у процесі проєктування технологічної документації була розроблена модель нової підсистеми

автоматизованого проєктування технологічної документації «Як повинно бути». Ця модель відображає нову взаємодію АРМ у відділі головного технолога та принцип взаємодії з іншими відділами.

3.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення

3.3.1 Критерії вибору програмного забезпечення для підсистеми проєктування технологічної документації

Основним ядром підсистеми автоматизованого проєктування технологічної документації є її програмне забезпечення (ПЗ), тому важливо правильно його підібрати. Потрібно врахувати, щоб це ПЗ охоплювало значну кількість проєктних робіт та не сприяло створенню нових проблем. Спочатку необхідно визначити критерії, за якими буде вибиратися ПЗ. Основним джерелом критеріїв вибору ПЗ для підсистеми проєктування технологічної документації є попереднє обстеження підприємства, дослідження бізнес-процесів у відділі головного технолога та технічне завдання на розробку підсистеми.

Були визначені такі критерії вибору ПЗ:

- Відсоток автоматизації процесу проєктування: необхідно досягти щонайменше 35% автоматизації проєктних робіт відповідно до технічного завдання.
- Зручність загального інтерфейсу користувача: інтерфейс основної системи повинен бути інтуїтивно зрозумілим та сприятливим.
- Взаємодія з PDM-системою: потрібно забезпечити безперешкодний процес передачі даних з PDM-системи та у зворотному напрямку.
- Взаємодія з CAD-системою: потрібно забезпечити безперешкодний процес передачі даних з CAD-системи та у зворотному напрямку.
- Зручність формування технологічної документації для друку.

- Якість технічної підтримки: переважним є технічний сервіс, що розташований поблизу.
- Залежність від інших програмних продуктів: переважним є програмний продукт, що не потребує ліцензії на інші програми.
- Гнучкість адаптації системи: переважною є наявність та розвиненість зовнішніх інтерфейсів програмного продукту, таких як API-інтерфейс.
- Вартість програмного продукту: переважним є продукт, що найбільше відповідає показнику ціни/якості.

3.3.2 Огляд виробників програмного забезпечення для САПР

Дослідивши ринок розробників програмного забезпечення для САПР [23], були виявлені найбільш актуальні фірми, які розробляють ПЗ для виробників. До таких фірм належать: «Autodesk», «Топ Системи», «SolidWorks».

Компанія «Autodesk» провідний розробник у сфері САПР та управління інженерними даними. Базовими компонентами комплексного рішення «Autodesk» є: система керування інженерними даними та життєвим циклом виробід, система тривимірного проєктування та конструювання, система автоматизованого проєктування технологічних процесів.

Компанія «SolidWorks» [22, 27] понад півтора десятиліття активно працює на ринку інформаційних технологій, поставляючи передові CAD/CAM/CAE/PLM-рішення для автоматизації проєктування та супроводу життєвого циклу наукоємної продукції. Вона проводить технічний аудит та впровадження програмного комплексу, розробляє методичне забезпечення, виконує роботи із системної інтеграції, забезпечує технічну підтримку та гарантійний супровід усього спектра рішень, що поставляються нею.

Компанія «Топ Системи» [25] пропонує цілком інтегровані програмні рішення для автоматизації проєктування, підготовки

виробництва та управлінської діяльності на підприємстві. Програмний комплекс T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM, розроблений і розповсюджуваний компанією «Топ Системи», забезпечує інформаційну підтримку та супровід усього життєвого циклу виробу від замовлення на розробку до випробувань та передачі в експлуатацію. Впровадження та повномасштабне використання комплексу T-FLEX дозволяє суттєво скоротити терміни розробки та собівартість нового виробу.

3.3.3 Аналіз програмного забезпечення автоматизованого проектування технологічної документації

Проаналізувавши програмні продукти автоматизації технологічної підготовки виробництва, такі як «MasterCAM», «SWR – Технологія», «T-Flex – Технологія», було виявлено загальну розвиненість функціоналу цих програмних продуктів. Усі ці продукти підтримують сучасні методи автоматизованого проектування технологічної документації, мають у своєму складі базу технологічних даних та систему керування цими даними. Важливим моментом є взаємодія цього програмного забезпечення з програмним забезпеченням підсистеми проектування конструкторською документацією (CAD) та із системою керування інженерними даними (PDM).

Нижче наведені короткі відомості про можливості кожного продукту.

а) «MasterCAM».

«MasterCAM» – це система автоматизованого проектування технологічних процесів, що вирішує більшість завдань автоматизації процесів технологічної підготовки виробництва [26, 38, 1], та дозволяє:

- Проектувати технологічні процеси в декількох автоматизованих режимах.
- Розраховувати матеріальні та трудові витрати на виробництво.

- Підтримувати актуальність технологічної інформації за допомогою процесів керування змінами.
- Забезпечувати інженерний документообіг у частині заявок на проєктування засобів технологічного оснащення.

Універсальний технологічний довідник, що входить до складу «MasterCAM», надає користувачам усю необхідну довідкову інформацію, а також дозволяє організувати та розвивати бази даних підприємства.

Інтеграція системи MasterCAM створює єдиний електронний простір для спільної розробки та підготовки виробництва продукції. Це означає, що електронний опис виробу містить усю необхідну інформацію для його життєвого циклу. На етапі підготовки виробництва відбувається накопичення даних про результати конструкторсько-технологічного проєктування та обмін інформацією між інженерними відділами.

MasterCAM підтримує всі бізнес-процеси, пов'язані з електронним інженерним документообігом, включаючи управління технологічними змінами та замовлення на розробку спеціального технологічного оснащення. Система використовує інноваційний об'єктний підхід до організації та обробки даних про технологічні процеси.

Компанія «SolidWorks» пропонує програмні комплекти для автоматизації робочих місць технологів з механообробки, складання, зварювання, матеріального нормування, а також для конструкторів технологічної оснастки. Вартість комплекту «APM технолога: механообробка» становить 21690 гривень.

б) Огляд системи «SWR – Технологія»

«SWR – Технологія» є спеціалізованим модулем для пакету тривимірного моделювання «SolidWorks». Він розроблений для автоматизації та інформаційної підтримки проєктування технологічних процесів, включаючи формування технічної документації – від конструкторської специфікації до повного комплексу виробничих

документів. [22, 27]. Програмний комплекс відрізняється логічним та зручним інтерфейсом, що сприяє швидкому його освоєнню.

Ключові особливості «SWR – Технологія»:

- Проєктування в системі «активного документа»: Користувач працює безпосередньо з бланком документа, що максимально наближено до реального процесу роботи технолога і скорочує час на освоєння системи.
- Незалежність від сторонніх ліцензій: Для роботи системи не потрібні додаткові ліцензії від інших розробників програмного забезпечення, таких як Microsoft, Borland, IBM.
- Відкритість: Модуль «SWR – Технологія» є відкритою системою, що дозволяє не лише налаштовувати її під потреби конкретного підприємства, але й модернізувати на рівні інтерфейсу та функціоналу. Це дає змогу підприємствам, які використовують нестандартні форми документації, самостійно створювати необхідний комплект документів без залучення сторонніх програмістів.
- Використання баз даних: При проєктуванні технологічних процесів використовуються бази типових технологічних процесів та переходів, які поповнюються в процесі роботи та редагуються менеджером бази даних.

Функціональні можливості модуля «SWR – Технологія» та його інтеграція з «SWR–PDM/Workflow» забезпечують вирішення таких завдань:

- Управління зберіганням даних і документів: Авторизація доступу, пошук інформації, забезпечення цілісності даних, архівування, резервне копіювання, відновлення даних.
- Управління процесами: Управління роботою, протоколювання виконання.
- Управління структурою виробу: Формування технологічного складу виробу, відстеження виконання.

Компанія «SolidWorks» пропонує комплект «APM технолога з механообробки» вартістю 23456 гривень.

в) Огляд системи «T-Flex – Технологія»

Система «T-FLEX Технологія» має функцію автогенерації технологічних процесів. Проектування є простим та зручним – система автоматично підставляє елементи маршруту в технологічний процес, базуючись на характеристиках спроектованого виробу та його технічних умовах. Це значно прискорює процес проектування та підвищує якість технологічних проєктів.

Можливості системи «T-FLEX Технологія» значною мірою зумовлені її тісним зв'язком з іншими системами комплексу T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM. Наприклад, параметри технологічних елементів тепер можуть визначатися розмірами на кресленні або 3D-моделі виробу. При зміні цих розмірів за допомогою T-FLEX CAD параметри відповідних операцій та переходів у технологічному процесі будуть автоматично перераховані. Система «T-FLEX Технологія 11» також може враховувати матеріали, що використовуються при виготовленні деталі, спираючись на дані з ескізу виробу.

Компанія «Топ Системи» пропонує комплект «APM технолога з механообробки» вартістю 18456 гривень.

3.3.4 Вибір програмного забезпечення методом аналізу ієрархії

Завдання вибору програмного забезпечення було вирішено за допомогою методу аналізу ієрархій (MAI). Розрахунки виконувалися у програмі «Аналіз – ієрархії 1.0».

Для отримання більш точного результату до процесу залучили додаткових експертів з підприємства ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор» – інженера-технолога з механообробки та головного технолога. Також оцінку

проводив розробник кваліфікаційної роботи. Таким чином, проблема була оцінена з трьох рівнозначних точок зору.

Першим етапом застосування МАІ є структурування проблеми вибору програмного забезпечення у вигляді ієрархії, яка представлена на рисунку 3.3.

Після ієрархічного відтворення проблеми були встановлені пріоритети критеріїв вибору програмного забезпечення, і кожен з них був відповідно оцінений. У МАІ елементи завдання порівнюються попарно щодо їхнього впливу на загальну для них характеристику. Система парних порівнянь генерує результат у вигляді обернено-симетричної матриці.

Кожним експертом була складена своя обернено симетрична матриця порівнянь критеріїв вибору ПЗ. Враховуючи те, що експерти вважаються рівноважними була розрахована загальна обернено симетрична матриця порівнянь за формулою:

$$a_{ij_çââ} = \sqrt[3]{a_{ij_âêñî1} + a_{ij_âêñî2} + a_{ij_âêñî3}}, \quad (3.1)$$

де:

$a_{ij_çââ}$ – елемент загальної матриці порівнянь;

$a_{ij_âêñî1}$ – елемент матриці порівнянь головного технолога;

$a_{ij_âêñî2}$ – елемент матриці порівнянь інженер – технолога;

$a_{ij_âêñî3}$ – елемент матриці порівнянь розробника дипломного проекту.

Ця загальна матриця була введена у програму «Аналіз – ієрархії 1.0».

Далі, за допомогою тієї ж програми «Аналіз – ієрархії 1.0», був розрахований вектор пріоритетів цієї матриці. Вектор пріоритетів представлений у вигляді діаграми на рисунку 3.4.

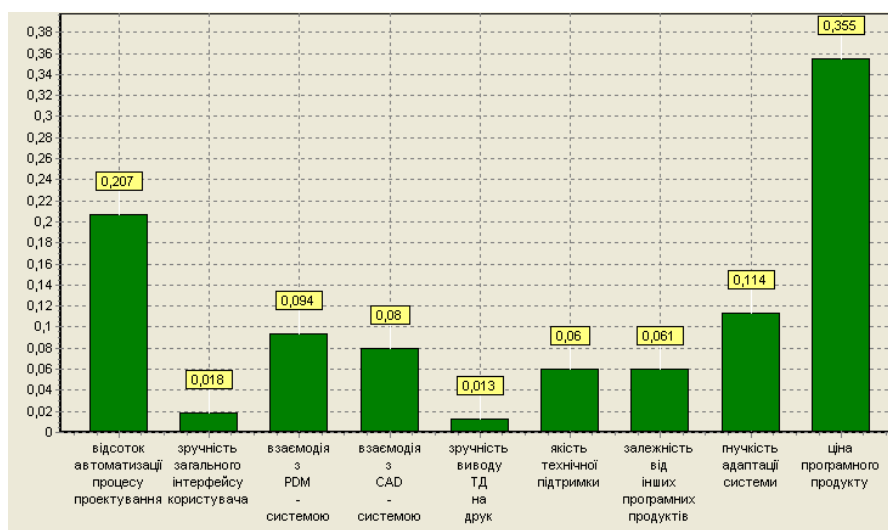


Рисунок 3.4 – Діаграма вектора пріоритетів критеріїв вибору програмного забезпечення

Згідно з діаграмою, критерій «Ціна програмного продукту» має найбільшу вагу і суттєво впливає на кінцевий результат.

Наступним кроком було створення матриць порівнянь програмних продуктів за кожним критерієм. Завдяки програмі «Аналіз – ієрархії» були розраховані вектори пріоритетів для кожної з цих матриць.

Після завершення всіх розрахунків отримано глобальний вектор пріоритетів ієрархії, який відображає остаточне рішення щодо вибору програмного забезпечення для підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації. Цей глобальний вектор пріоритетів представлений у вигляді діаграми на рисунку 3.5.

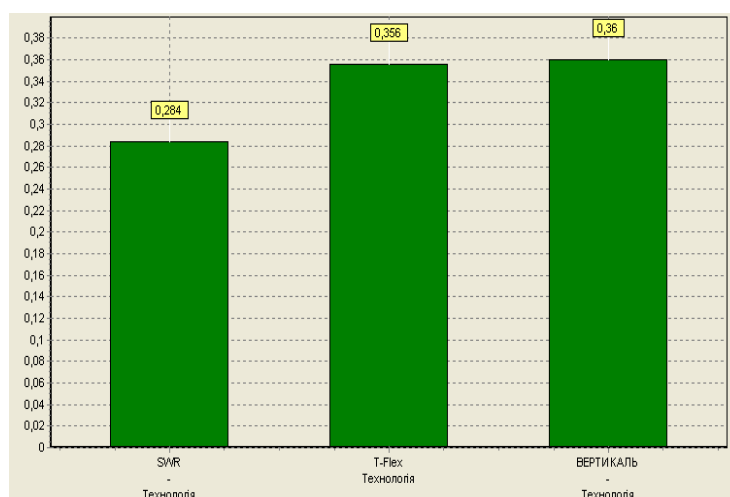


Рисунок 3.5 – Діаграма глобального вектора пріоритетів

Діаграма чітко показує, що найвище значення глобального вектора пріоритетів відповідає програмному продукту «MasterCAM». Отже, саме цей програмний продукт слід використовувати як основу програмного забезпечення для кожного автоматизованого робочого місця в майбутній підсистемі.

3.4 Обґрунтування та вибір технічного забезпечення

Вибір технічного забезпечення безпосередньо залежить від обраного програмного забезпечення для підсистеми автоматизованого проєктування технологічної документації. У попередньому розділі, за допомогою методу аналізу ієрархії, було вибрано програмне забезпечення «MasterCAM».

Рекомендовані технічні характеристики персонального комп'ютера для цього програмного продукту включають [1]:

- Процесор: Pentium 4 з частотою 2400 МГц;
- Оперативна пам'ять: 1024 МБ;
- Дисковий простір: 2 ГБ;
- Оптичний привід: DVD-ROM;
- Роздільна здатність екрану: 1280x1024 пікселів.

Однак, важливо врахувати операційну систему, під якою працюватиме технічне забезпечення. Розробник «MasterCAM» гарантує якісну роботу програми з операційними системами Windows 2010 SP3. Ця операційна система потребує більше системних ресурсів, ніж рекомендовані вище.

Тому, для забезпечення тривалої експлуатації технічного забезпечення без необхідності частого оновлення основних характеристик, пропонується обрати технічне забезпечення з такими параметрами:

- Процесор: Intel Core 2 Duo E8400 з частотою 3.14 ГГц;
- Оперативна пам'ять: 4 ГБ;
- Жорсткий диск: 500 ГБ;
- Оптичний привід: DVD-RW;

- Роздільна здатність екрану: 1600x1200 пікселів;
- Графічний адаптер: GeForce 9800 GT.

Приблизна вартість технічного забезпечення одного робочого місця з такими характеристиками становить 6300 гривень. [29, 31].

3.5 Обґрунтування топології обчислювальної мережі

При проєктуванні обчислювальної мережі необхідно забезпечити з'єднання всіх автоматизованих робочих місць (АРМ) відділу головного технолога із сервером PDM-системи. Оскільки практично всі АРМ у новій системі автоматизованого проєктування технологічної документації використовуватимуть дані поточного робочого проєкту з PDM-сервера, а також цей сервер виконуватиме роль сервера технологічних даних, необхідно забезпечити високу пропускну здатність з'єднання АРМ із сервером.

Топологія обчислювальної мережі була розроблена за допомогою програми «NetCracker Professional V4». Розроблена топологія обчислювальної мережі представлена на рисунку 3.6.

3.6 Вибір технічного та програмного забезпечення обчислювальної мережі

3.6.1 Вибір технічного забезпечення мережі

Для забезпечення роботи двадцяти АРМ інженерів у відділі головного технолога достатньо сервера початкового рівня. Рекомендується впровадити сервер компанії «Supermicro» на базі процесора Intel Xeon. Характеристики сервера Supermicro 7035C–M3B:

- Тип корпусу: Tower;

- Процесори: Два Intel Xeon;
- Чипсет: Intel 5100;
- Оперативна пам'ять: До 12 ГБ пам'яті DDR2–667 ECC;
- Постійний запам'ятовуючий пристрій: До 4 дисків SAS;
- Мережевий адаптер: 2 контролера Gigabit Ethernet;
- Блок живлення: 1.

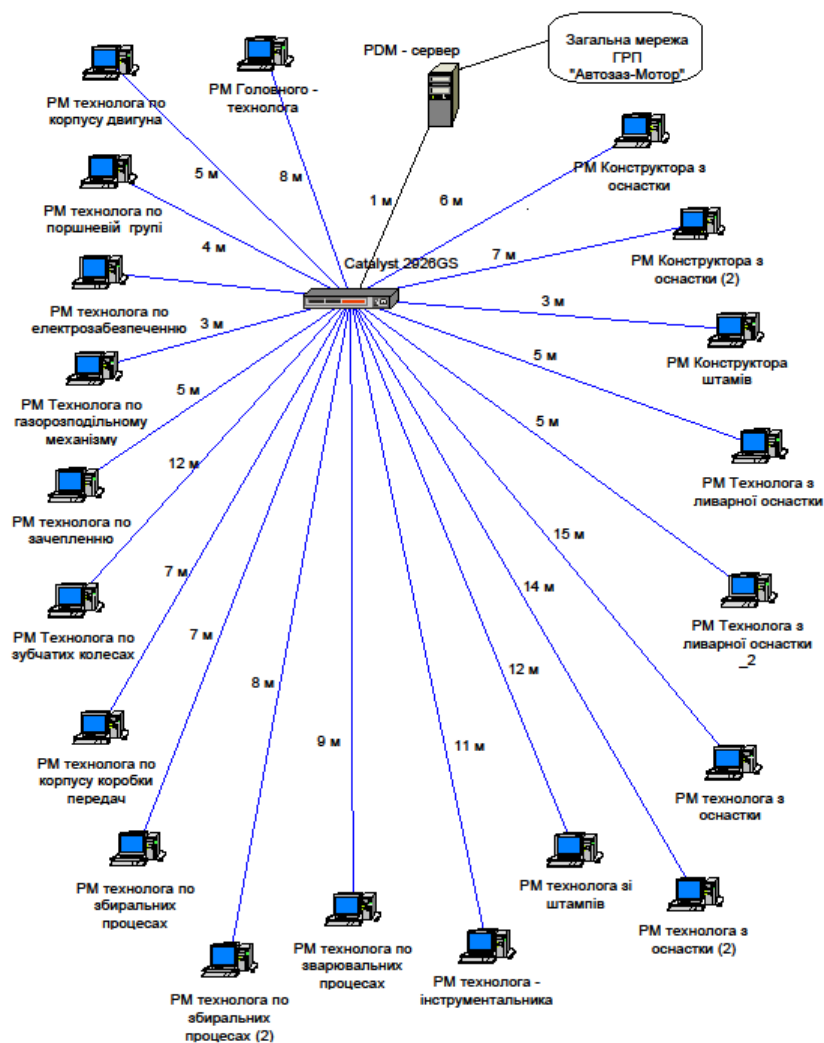


Рисунок 3.6 – Розроблена топологія обчислювальної мережі.

Усі автоматизовані робочі місця (АРМ) та PDM-сервер потрібно з'єднати за допомогою концентратора «Catalyst 2926GS» від Cisco. Цей концентратор має 24 порти Ethernet зі швидкістю 100 Мбіт/с та 2 порти зі швидкістю 1000 Мбіт/с. До одного з гігабітних портів (1000 Мбіт/с) буде підключений PDM-сервер.

Важливо також з'єднати PDM-сервер із загальною мережею ГРП «АвтоЗАЗ–Мотор». Це дозволить інтегрувати підсистему автоматизованого проєктування технологічної документації в єдиний інформаційний простір підприємства.

Технічні засоби обчислювальної мережі та їх вартість наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні засоби обчислювальної мережі

Назва	Виробник	Характеристики	Кількість, штук	Вартість загальна, гривень
Сервер 7035C–M3B	Supermicro	2 Ethernet порти швидкістю 1000 Мбіт/с	1	15137
Catalyst 2926GS	Cisco	24 Ethernet порти швидкістю 100 Мбіт/с 2 Ethernet порти швидкістю 1000 Мбіт/с	1	3574
Кабель UTP	3Com	Довжина 147 метрів	–	147
Конектори RG45	3Com	–	42	21
Загальні витрати				18879

3.6.2 Вибір програмного забезпечення мережі

Для функціонування серверу технологічних даних на PDM-сервері необхідно програмне забезпечення FireBird 1.5.0 або MS SQL Server 2005. Оскільки FireBird 1.5.0 поширюється безкоштовно, його рекомендується обрати.

В якості серверної операційної системи (ОС) для PDM-сервера рекомендовано використовувати систему з родини Windows, оскільки

цього вимагає серверна частина «Універсального – технологічного довідника V4». Зокрема, рекомендується обрати «Windows Server 2020».

Для забезпечення захисту даних пропонується використовувати антивірусне програмне забезпечення від «Лабораторії КАСПЕРСЬКОГО»: «Kaspersky Internet Security 2020» для сервера та для кожного персонального комп'ютера.

Вартість програмного забезпечення для обчислювальної мережі наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість програмного забезпечення мережі

Назва	Виробник	Кількість, ліцензій	Ціна, гривень
FireBird 1.5.0	Borland	1	–
Windows Server Standard 2018 Rus	Microsoft	1	3920
Kaspersky Internet Security 2020	Лабораторія КАСПЕРСЬКОГО	1	350
Антивірус Касперського 20	Лабораторія КАСПЕРСЬКОГО	15	3150
Загальні витрати			7420

3.7 Розробка організаційного забезпечення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації

Підсистема автоматизованого проектування технологічної документації, яка налічує 20 автоматизованих робочих місць, потребує постійної підтримки та чіткого управління [13]. Рекомендується покласти ці обов'язки на співробітників відділу головного технолога (ВГТ).

Головний технолог має очолити групу з питань автоматизованого проєктування, взявши на себе керівництво працівниками, відповідальними за функціонування автоматизованої підсистеми. Для забезпечення безперебійної роботи системи, одного технолога зі складальних процесів та одного конструктора з проєктування оснастки слід звільнити від значної частини їхніх обов'язків з розробки технологічної документації та доручити їм підтримку підсистеми, зокрема PDM-сервера та програмного забезпечення на кожному персональному комп'ютері ВГТ.

Обслуговування технічного забезпечення підсистеми автоматизованого проєктування технологічної документації та її обчислювальної мережі має бути покладено на відділ обчислювальної техніки підприємства ГРП «АвтоЗАЗ–Мотор».

Таким чином, для комплексної автоматизації процесу технічної підготовки виробництва виникає потреба у введенні посади працівника, який здійснюватиме управління на верхньому рівні для керівників підсистем автоматизованого проєктування. Рекомендується запровадити посаду заступника головного інженера з питань САПР.

Висновки по третьому розділу

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено функціональну модель процесу створення підсистеми автоматизованого проєктування технологічної документації. Це було виконано за допомогою CASE-засобу Allfusion Process Modeller, що використовує методологію IDEF0. На основі цієї функціональної моделі була створена модель підсистеми «Як повинно бути», а також сам проєкт підсистеми САПР, який містить інформацію про її технічне, програмне, інформаційне та організаційне забезпечення.

Для вибору програмного забезпечення підсистеми автоматизованого проєктування технологічної документації були визначені критерії, що базувалися на технічному завданні та моделі «Як є». Далі був проведений аналіз ринку програмних продуктів для автоматизації технологічної підготовки виробництва, в результаті якого було ідентифіковано кілька програмних рішень. Для остаточного вибору було застосовано метод аналізу ієрархій, який показав, що найвищий бал отримав програмний продукт «MasterCAM». Відповідно до вимог цього продукту було обрано відповідне технічне забезпечення підсистеми на базі персональних комп'ютерів, а також визначено технічне та програмне забезпечення для обчислювальної мережі підсистеми.

При проєктуванні підсистеми автоматизованого проєктування технологічної документації головними орієнтирами були економічна ефективність та продуктивність системи.

4 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБКИ КОРОБКИ ДИФЕРЕНЦІАЛУ «ЗАЗ 1102»

4.1 Постановка задачі

На підприємстві ГРП «Автоаз-Мотор» виникла потреба в обробці деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» для автомобіля «ЗАЗ 1102» на верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК). Одним із ключових етапів підготовки верстатів з ЧПК є розробка керуючої програми для обробки відповідних поверхонь. Якість та швидкість обробки деталі безпосередньо залежать від того, наскільки якісно розроблена керуюча програма для верстата з ЧПК. Підбір оптимального рішення, що враховує як якість, так і швидкість обробки деталі, є досить складним завданням.

4.2 Вхідні та вихідні данні

Підприємством ГРП «Автоаз-Мотор» були надані робоче креслення деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» та перелік верстатів з ЧПК, які здатні обробити цю деталь. Заготовка для деталі виготовлена методом лиття. Матеріал лиття — високоміцний чавун «ВЧ 500 – 2 ДСТУ 3425 – 99».

Перед розробкою керуючої програми для верстата з ЧПК необхідно створити технологічний процес, який відображатиме послідовність обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20». Керуюча програма повинна бути отримана в кодах верстата, для якого вона буде розроблена.

4.3 Розробка технологічного процесу

Після аналізу геометрії деталі за наданим кресленням було вирішено виконати попередню обробку деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» на токарному верстаті з ручним керуванням «16K20». Така обробка дозволить отримати високоякісні базові поверхні, якими є циліндричні поверхні «Д» та «З». Подальша обробка деталі має бути виконана на верстаті з ЧПК. Габаритні розміри деталі становлять 135 x 141 мм, і цей фактор є одним з критеріїв вибору верстата з ЧПК.

Для обробки деталі було обрано фрезерний консольний вертикальний верстат з ЧПК та автоматичною зміною інструмента моделі «ГФ2171С5» [2]. Цей верстат призначений для багатоопераційної обробки різноманітних деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових та легких сплавів. Окрім фрезерних операцій, на верстаті можна виконувати свердління, зенкування, розгортання та розточування отворів, пов'язаних координатами. Технічні характеристики верстата наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики верстату

Характеристика					Параметр
1					2
Розміри	робочої	поверхні	стола,	мм	1600 400
довжина					
ширина					
Найбільше	переміщення	стола,	не менш,	мм	1000 400 240
поздовжнє		(вісь		X)	
поперечне		(вісь		B)	
вертикальне (настановне)					
Найбільше переміщення повзуна, не менш, мм (вісь Z)					250
Швидкість швидкого переміщення осей X,Y,Z, мм/хв					6000

1	2
Кінець шпинделя з конусністю	7:24 50
Кількість частот обертання шпинделя	18
Межі частот обертання шпинделя, про/хв	40-2000
1	2
Найбільший крутний момент на шпинделі, кНм	0,615
Потужність двигуна головного руху, кВт	7,5
Межі подач стола, повзуна, мм/хв.	3...3800
Припустиме зусилля подачі, Н	15690 9800
осі X,Y	
осі Z	
Електропривод подач, тип	FORMIC
Відстань від торця шпинделя до стола, мм:	
найменше	250
найбільше	490
Кількість інструментальних гнізд у магазині	12
Тип обладнання ЧПК	2C42-65, NC200

Закріпити деталь на столі верстата потрібно за допомогою патрону. Технологічний процес на обробку деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» був розроблений з використанням пакету програм «MasterCAM», та наведений у додатку Б.

4.4 Алгоритм розробки керуючої програми для обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20»

Загальний алгоритм розробки керуючої програми включає наступні кроки:

- Створення тривимірної моделі деталі та заготовки.

- Передача моделі в систему розробки керуючих програм за допомогою прямих трансляторів або через нейтральні формати, що передають дані про поверхні, які обмежують виріб (такі як IGES, STEP, SAT та інші).
- Створення траєкторій обробки необхідних поверхонь деталі в системі розробки керуючих програм.
- Перетворення керуючої програми в коди верстата за допомогою постпроцесора.
- Завантаження керуючої програми в пристрій числового програмного керування верстата.

Відповідно до вищезгаданого алгоритму була розроблена тривимірна модель деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» на основі наданого креслення. Тривимірна модель була створена в конструкторському пакеті «SolidWorks». Модель наведена на рисунку 4.1.

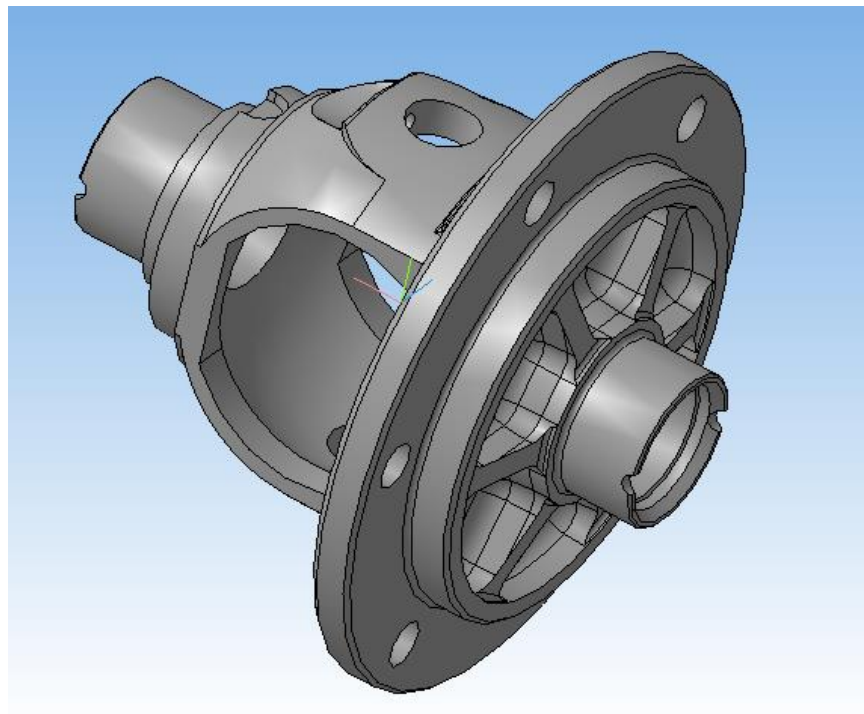


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20»

Модель була експортована у формат IGES за допомогою засобів «SolidWorks». За розробленою моделлю деталі також була створена модель заготовки, яка потім була збережена у форматі IGES.

Для розробки керуючої програми був обраний пакет програм «PowerMill» фірми «Delcam» [37]. «PowerMill» – це автономний пакет для багатоосьової обробки, який дозволяє отримувати чорнові та чистові траєкторії для обробки оснащення швидко, точно і без зрізання. Цей програмний продукт забезпечує проектування оптимально ефективних стратегій обробки складних криволінійних поверхонь та створення керуючих програм за короткий проміжок часу. Керуючі програми створюються завдяки допоміжному модулю «DuctPost – 1510». «DuctPost – 1510» здатний генерувати керуючі програми для систем числового програмного керування, таких як «fanuk», «hauser», «h155», «bosch», «boss» та інших.

За допомогою модуля «Exchange», що входить до складу пакету «PowerMill», модель деталі була експортована з формату IGES у новий проєкт. Робота над проєктом у «PowerMill» становить значну частину процесу створення керуючої програми.

Насамперед були створені допоміжні системи координат. Кожна система координат відповідає нулю заготовки, з якого починається обробка деталі на верстаті. На рисунку 4.2 вказані поверхні, що потрібно обробити.

Відповідно до технологічного процесу були створені моделі інструменту, що використовується для обробки деталі. На рисунку 4.3 показане вікно властивостей інструменту «Закруглена фреза» для чорнкової обробки поверхонь деталі.

Для створення траєкторії обробки поверхонь необхідно вказати заготовку. Заготовка була завантажена з моделі. Товщина ливарної кірки на поверхнях, що потрібно обробити, становить 2 мм. Це дозволяє обрати

стратегію обробки з групи стратегій для «Чистової обробки», хоча обробка і буде виконуватися чорнова.

Для чорнової обробки була обрана стратегія «оптимізована Z» з припуском 0,5 мм. На рисунку 4.4 наведена траєкторія чорнової обробки.

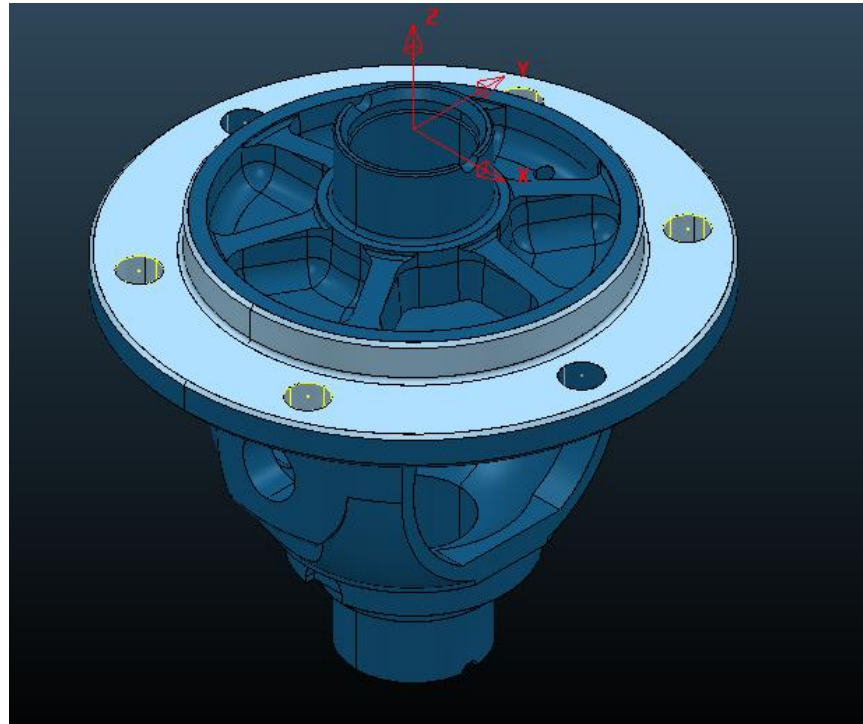


Рисунок 4.2 – Поверхні, що потрібно обробити

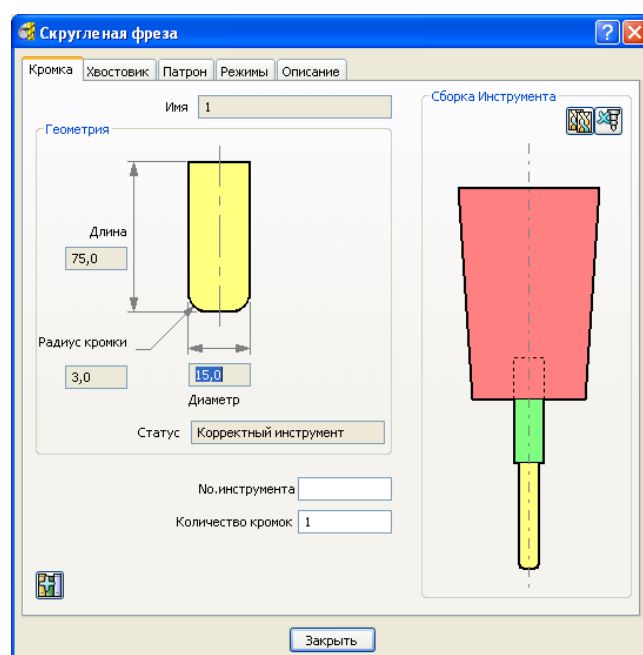


Рисунок 4.3 – Модель інструменту для чорнової обробки

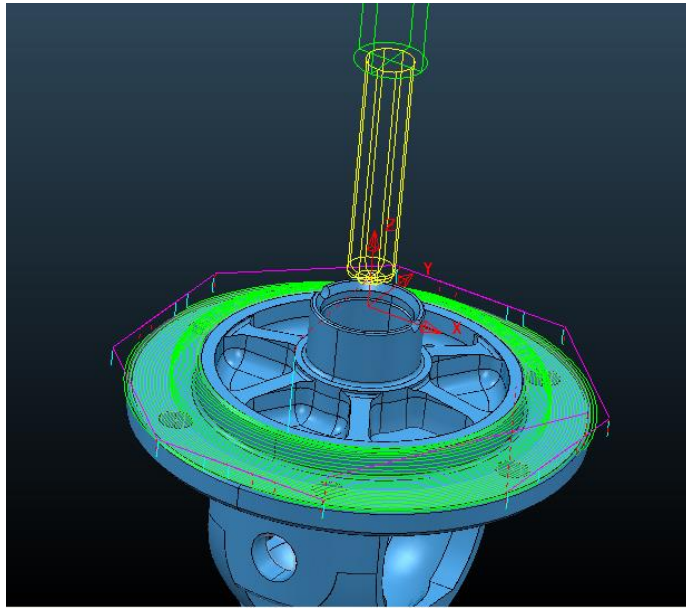


Рисунок 4.4 – Траєкторія чорнової обробки

Для напівчистої обробки була обрана та ж сама стратегія, але з припуском 0,1 мм. Для чистої обробки була обрана стратегія «Площини зміщенням» з припуском 0,02 мм. Ця стратегія дозволила обробити тільки площинну поверхню деталі. Для виконання свердління отворів була обрана стратегія «Свердлення». Отвори були спочатку зацентровані свердлом більшого діаметру. Кінцевий результат обробленої поверхні показаний на рисунку 4.5.

Кінцевий результат обробленої поверхні показаний на рисунку 4.5.

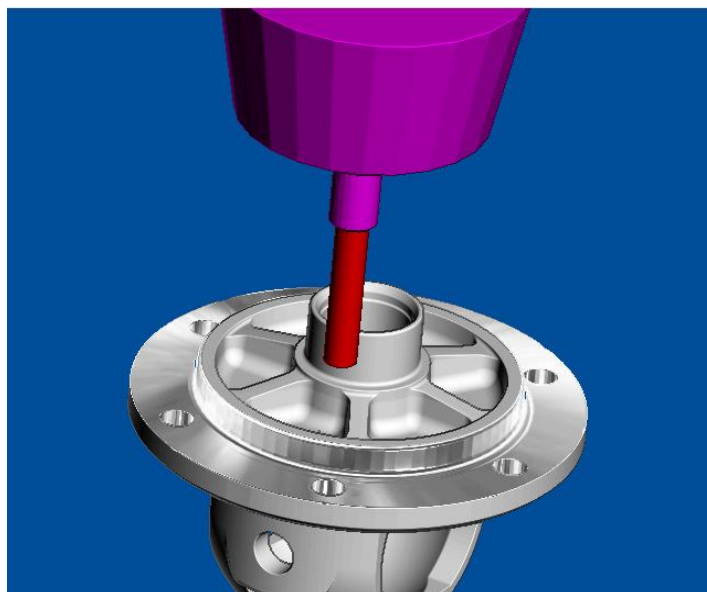


Рисунок 4.5 – кінцевий результат обробки поверхонь

Загальний час обробки поверхонь становить 47 хвилин. Перетворення керуючої програми у коди верстата було виконане за допомогою постпроцесору `fanuc.otp`. Фрагмент створеної керуючої програми наведений у додатку Ж.

Висновки по четвертому розділу

Поставлена задача розробки керуючої програми для обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» була повністю виконана. Технологічний процес для обробки цієї деталі був розроблений з використанням пакету програм «MasterCAM». Керуюча програма була створена у САМ-системі «PowerMILL» для верстата з числовим програмним керуванням моделі «ГФ2171С5». Розроблений проєкт для програми «PowerMILL» може бути модифікований для покращення технології виробництва. Також, використавши потрібний постпроцесор, можна отримати керуючу програму для іншого верстата з ЧПК.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз умов праці у ВГТ

Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів персональних комп'ютерів є ДСанПіН 3.3.2.007-98 [7].

До поширених помилок, пов'язаних із забезпеченням умов праці працівників ВГТ, що використовують у своїй роботі персональний комп'ютер, відносяться:

- недотримання вимог, що пред'являються до температури і вологості приміщень;
- низький рівень освітленості в приміщеннях і на робочих поверхнях стола;
- підвищений рівень низькочастотних магнітних полів від моніторів;
- довільна розстановка техніки і порушення вимог організації робочих місць;
- недотримання вимог до режимів праці і відпочинку;
- надмірне виробниче навантаження працівників;
- відсутність навиків по зниженню впливу психоемоційної напруги.

Відповідно до закону «Про охорону праці» на керівника підприємства покладається обов'язок забезпечити:

- безпеку працівників при експлуатації персональних комп'ютерів;
- застосування засобів індивідуального захисту працівників;
- відповідні вимоги охорони праці і відпочинку працівників;
- інструктаж по охороні праці;
- організацію контролю за станом умов праці на робочих місцях;
- проведення атестації робочих місць за умовами праці;
- інформування працівників про умови і охорону праці на робочих місцях, існуючому ризику пошкодження здоров'я і компенсаціях, що вважаються їм, і засобах індивідуального захисту.

5.2 Рекомендації, що до підвищення умов праці

Перш ніж встановити автоматизовані робочі місця, необхідно відповідним чином підготувати приміщення, де вони будуть встановлені.

Об'ємно – планувальні рішення приміщень де використовуються робочі місця з ВДТ мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98. Площа на одне робоче місце повинна бути не менше 6 м², а об'єм - не менше 20 м³.

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

Приміщення для роботи на комп'ютерах повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до СНіП II-4-79. Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ і північний схід, і забезпечити коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%. Віконні отвори повинні бути обладнані регульованими жалюзі, завісами, зовнішніми козирками.

Також приміщення повинні обладнуватися шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

Поверхня підлоги в приміщеннях повинна бути рівною, без вибоїн, не слизького, зручного для очищення і вологого прибирання, володіти антистатичними властивостями. У приміщеннях з ВДТ слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення з ВДТ мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

Поряд з приміщенням з ВДТ мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити

встановлення пристроїв для приготування і роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою (СНіП 2.09.04-2008).

Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища включають вимоги до параметрів мікроклімату, освітлення, шуму і вібрації, рівнів електромагнітного та іонізуючого випромінювання.

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з ВДТ мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря (ДСТУ 12.1.005-2012).

Таблиця 5.1 - Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка – 1а	22-24	40-60	0,1
	легка – 1б	21-23	40-60	0,1
Тепла	легка – 1а	23-25	40-60	0,1
	легка – 1б	22-24	40-60	0,2

До категорії 1а належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження, при яких витрати енергії складають до 139 Вт, до категорії 1б належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються фізичним напруженням, при якому витрати енергії становлять від 140 до 174 Вт (ДСН 3.3.6.042-2016).

Для підвищення вологості повітря в приміщеннях слід застосовувати зволожувачі повітря, щодня заправляти їх дистильованою, або кип'яченою водою.

Рівні позитивних і негативних аерофонів в повітрі приміщень з ВДТ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-2017.

У приміщеннях, де експлуатуються комп'ютери, штучне освітлення повинне бути загальним і рівномірним. Проте якщо співробітники переважно працюють з документами, то допускається застосування комбінованого освітлення: окрім загального встановлюються світильники місцевого освітлення, які не повинні створювати відблисків на поверхні екрану і збільшувати його освітленість 300 лк.

Освітленість поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна складати 300-500 лк.

Джерела освітлення слід встановлювати так, щоб вони не засліплювали, при цьому яскравість поверхонь (вікна, світильники і ін.), що світяться, знаходяться в полі зору, повинна бути не більше 200 кд/кв.м.

Як джерела світла при штучному освітленні повинні застосовуватися переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у приміщеннях допускається застосування метало – галогенних ламп потужністю до 250 Вт, а в світильниках місцевого освітлення – ламп розжарювання.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ВДТ, мають відповідати вимогам СН 3223-2012, ДСТУ 12.1.003-2016, ГР 2411-2014.

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень, відповідно до ДСН 3.3.6.042-2007.

Інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання не повинно перевищувати допустимих значень, відповідно до СН 4557-2007.

Режим праці і відпочинку при роботі на комп'ютерах залежать від вигляду і категорії трудової діяльності. Види трудової діяльності розділяються на три групи:

- група А - робота по читанню інформації з екрану монітора з попереднім запитом;
- група Б - робота по введенню інформації;
- група В - творча робота в режимі діалогу з ЕОМ.

При виконанні протягом робочої зміни робіт, що відносяться до різних видів трудової діяльності, за основну слід приймати таку, яка займає не менше 50% часу в перебігу робочої зміни або робочого дня.

Вид трудової діяльності, тяжкість і напруженість робіт встановлюються на основі атестації робочих місць за умовами праці. Як правило, робота співробітників ВГТ відноситься до груп А і Б.

ДСанПіН 3.3.2.007-2012 встановлює категорії тяжкості і напруженості роботи на комп'ютерах, які визначаються: для групи А - по сумарному числу знаків, прочитаних працівником за робочу зміну, але не більше 60 тис. знаків за зміну; для групи Б - по сумарному числу знаків, прочитаних або введених працівником за робочу зміну, але не більше 40 тис. знаків за зміну.

Тривалість регламентованих перерв під час робочої зміни встановлюється залежно від тривалості робочої зміни, вигляду і категорії трудової діяльності. У таблиці 5.2 наведена тривалість перерв для працівників ВГТ, що працюють за комп'ютерами.

Таблиця 5.2 - Перерви під час робочої зміни

Категорія роботи	Рівень навантаження за робочу зміну, кількість знаків		Сумарний час, регламентованих перерв при 8-годинній зміні, хвилин.
	Група А	Група Б	
1	до 20 тис.	до 15 тис.	30
2	до 40 тис.	до 30 тис.	50

При восьмигодинній робочій зміні і роботі на комп'ютері, регламентовані перерви слід встановлювати:

- для 1 категорії робіт - через 2 години від початку робочої зміни і через 2 години після обідньої перерви тривалістю по 15 хвилин;

- для 2 категорії робіт - через 2 години від початку робочої зміни і через 1,5-2 години після обідньої перерви тривалістю по 15 хвилин або через кожну годину роботи тривалістю по 10 хвилин.

Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційної напруги, зменшення стомлення очей, усунення впливу гіподінаміки і гіпонезії доцільно виконувати комплекси вправ, викладених в ДСанПіН 3.3.2.007-98

5.3 Розробка ергономічного проекту робочого місця працівника підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації

Основною складовою автоматизованого робочого місця є стіл, на якому розміщені технічні засоби – персональний комп'ютер та периферійні пристрої. Звичайні письменні столи вряд чи підійдуть для організації високопродуктивної праці працівників, що будуть використовувати підсистему автоматизованого проектування. Виникає потреба у спеціалізованому комп'ютерному столі. Український ринок насичений, нажаль, не завжди якісними комп'ютерними столами польського та тайванського виробництва, тому необхідно розробити якісний комп'ютерний стіл, з урахуванням потреб працівників ВГТ.

Виникнення найпоширеніших форм дискомфорту, що відчують користувачі комп'ютерів, часто може бути пов'язане з неправильним розташуванням екрана комп'ютера та пристроїв введення (таких як клавіатури і миші).

Часто дискомфорт виникає, коли ці пристрої розташовані занадто високо або занадто низько, або занадто далеко або занадто близько до користувача. Занадто високе або занадто низьке розташування монітора змушує користувача витягати або нахиляти голову і шию; знаходження в цих незручних позах довше певного невеликого проміжку часу швидко викликає дискомфорт.

Функціональність будь-якого стола обумовлює його робоча зона. Та частина стільниці, до якої працююча людина дотягується рукою із притиснутим до тулуба ліктем, вважається близькою зоною охоплення, а

те місце, до якого вона може дотягтися, повністю випрямивши руку, — границею дальньої зони.

На рисунку 5.1 показані робочі зони при використанні в якості робочого стола звичайний офісний стіл.

Будь-якому прямо сидячому за столом людині буває необхідно дотягтися до якої-небудь його точки, що реально зробити тільки в тому випадку якщо стільниця буде певним чином «оточувати» працівника. Крім того, дуже важливо правильно встановити монітор, дотримуючи наступні вимоги:

- дисплей повинен стояти точно напроти користувача, на рівні його очей і на відстані витягнутої руки.

- перед екраном повинне вистачати місця для клавіатури (відповідно до правил грамотної посадки при сліпому десяти-пальцевому методі набору), а якщо потрібно, то для паперів і книг.

Це значить, що монітор повинен перебувати в самій широкій частині стола. Узагальнивши усе вище перераховане, у якості практично ідеального робочого місця можна уявити собі якусь кутову структуру з переднім краєм у формі лекала. Загальна займана нею площа оптимальна у великій приміщенні. Недоступний на витягнуту руку простір необхідно задіяти під монітор. Згладжений напівкруглий передній край стола утворює дугу навколо користувача, забезпечуючи оптимальну зону доступу (рисунк 5.2).



Рисунок 5.1 - Робочі зони на офісному столі



Рисунок 5.2 – Оптимальний тип стола

Немаловажним є дотримання правил техніки безпеки і розумного розподілу робочого часу дуже важливе для забезпечення комфортних умов праці. Оптимальний час безперервної роботи на ЕОМ не повинен перевищувати 30-35 хвилин, після цього необхідна перерва в роботі 10 хвилин, для розминки і гімнастики для очей.



Рисунок 5.3 – Спроектоване виробниче приміщення і робоче місце інженера-проектувальника

Створене робоче місце (рисунок 5.3) має естетичний вигляд і задовольняє вимогам охорони праці, що створює сприятливі умови праці і значно покращую показники ефективності праці.

Висновки по п'ятому розділу

У п'ятому розділі кваліфікаційної роботи ставилася задача виявити шкідливі фактори впливу технічних засобів підсистеми автоматизованого проектування на працівників, що будуть їх використовувати у процесі роботи. Ці фактори були цілком виявлені та наведені рекомендації по їх усуненню. Також був розроблений ергономічний проект робочого місця працівника підсистеми автоматизованого проектування, який здатний підвищити якість роботи працівника на 30 %.

6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Основними чинниками, що визначають економічний ефект підсистеми автоматизованого проектування, є: можливість комплексного вирішення всіх завдань технологічної підготовки виробництва в автоматизованому режимі. Проте важливу роль грає і людський чинник - фахівці, які, використовуючи програмно - апаратні засоби, реалізують в підсистемі автоматизованого проектування свої ідеї і творчі здібності. В цьому відношенні успіх залежить від правильності підбору і розстановки кадрів, їх кваліфікації, а також від ретельності опрацювання організаційно - системних питань функціонування підсистеми.

Річний економічний ефект E , що отримується при функціонуванні підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації визначається по формулі:

$$E = E_p - E_n \cdot K_a, \quad (6.1)$$

де E_p – річна економія після впровадження проекту;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (для автоматизованих систем управління і проектування $E_n=0.333$. Він визначається по формулі;

$$E_n = 1/T_{\text{нок}}, \quad (6.2)$$

де $T_{\text{нок}}$ – нормативний термін окупності капітальних вкладень (для засобів автоматики і обчислювальної техніки рівний 3 року);

K_a – повні одноразові витрати на створення спроектованої системи.

$$K_a = K_n + K_\kappa, \quad (6.3)$$

де K_n – витрати на розробку системи;

K_κ – капіталовкладення в комплект програмних і технічних засобів.

$$K_n = 3_n \cdot T_n \quad (6.4)$$

де z_n – місячна заробітна плата розробнику проекту підсистеми автоматизованого проектування (розраховується як сума оплати праці розробника);

T_n – тривалість проектування ($T_n = 6$ місяців – тривалість виконання дипломного проекту).

Місячна заробітна плата розробнику проекту підсистеми автоматизованого становить 0 гривень. Тому по $K_n = 0$ гривень.

$$K_k = B_T + B_{II}, \quad (6.5)$$

де B_T – витрати на придбання комплексу технічних засобів (розраховується, як сума ринкових цін на технічне забезпечення);

B_{II} – витрати на придбання комплексу програмних засобів (розраховується, як сума ринкових цін на програмне забезпечення).

Повні витрати на придбання технічних засобів підсистеми автоматизованого включають:

- витрати на технічне забезпечення кожного АРМ ($B_{ТАРМ}$);
- витрати на технічне забезпечення обчислювальної мережі ($B_{ТМ}$);
- витрати на монтаж технічних засобів та мережі ($B_{Тмонт}$).

Вартість технічного забезпечення одного АРМ становить 6300 гривень.

Всього автоматизованих робочих місць 20, тому $B_{ТАРМ} = 126000$ гривень. З пункту 3.6.1 третього розділу кваліфікаційної роботи $B_{ТМ} = 18879$ гривень.

Витрати на монтаж технічних засобів та мережі становлять близько $B_{Тмонт} = 2500$ гривень. Таким чином, витрати на придбання технічного забезпечення

$$B_T = B_{ТАРМ} + B_{ТАРМ} + B_{Тмонт} = 147379 \text{ гривень.}$$

Повні витрати на придбання програмного забезпечення підсистеми автоматизованого включають:

- витрати на програмне забезпечення кожного АРМ ($B_{ПАРМ}$);

- витрати на програмне забезпечення мережі ($B_{ПМ}$);
- витрати на встановлення та налагодження програмного забезпечення ($B_{Пист}$);

Витрати на кожен комплект програмного забезпечення приведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Витрати на програмне забезпечення по кожному АРМ

Комплектація пакету	Вартість, гривень	Кількість, штук
АРМ технолога: «Механообробка» Включає «MasterCAM»; корпоративний довідник «Матеріали і сортаменти 2.0» (клієнт); систему розрахунку режимів різання.	21690	11
АРМ технолога: «Зварювання» Включає «MasterCAM»; корпоративний довідник «Матеріали і сортаменти 2.0» (клієнт); режими зварювання: дугове зварювання покритим електродом; система адміністрування зварювальних конструкторсько – технологічних елементів.	18975	1
АРМ технолога: «Збирання» Включає «MasterCAM», «SolidWorks».	24420	2
АРМ конструктора: «Оснастка стандарт» Включає «SolidWorks», «Бібліотеку стандартних виробів».	14580	4
АРМ конструктора: «Оснастка професіонал» Включає «SolidWorks», «Систему проектування специфікацій», «Бібліотеку конструктора штампів та прес-форм».	22350	1
АРМ технолога: «Ливарна оснастка» Включає «MasterCAM», «LVMFlow 2009».	29456	2

Таким чином загальні витрати на програмне забезпечення всіх АРМ у підсистемі становлять $B_{ПАРМ} = 445987$ гривень.

Витрати на програмне забезпечення мережі виходять з таблиці 3.2 третього розділу і становлять $B_{ПМ} = 7420$ гривень. Витрати на встановлення та налагодження програмного забезпечення становлять 1600 гривень.

Повні витрати на програмне забезпечення:

$$B_{П} = B_{ПАРМ} + B_{ПМ} + B_{Пинст} = 455007 \text{ гривень.}$$

Капіталовкладення в комплект програмних і технічних засобів за формулою (6.5) $K_{\kappa} = 378278$ гривень.

Повні одноразові витрати на створення підсистеми автоматизованого проектування за формулою (6.3) дорівнюють $K_a = 602386$ гривень.

Розрахуємо річну економію після впровадження проекту підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації.

$$E_p = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (6.6)$$

де Π_1 , – прибуток від проектних робіт до впровадження підсистеми;

Π_2 – прибуток від проектних робіт після впровадження підсистеми.

$$\Pi_1 = B_1 - BCP_1, \quad (6.7)$$

$$\Pi_2 = B_2 - BCP_2, \quad (6.8)$$

де BCP_1 – виробнича собівартість проекту до впровадження підсистеми;

BCP_2 – виробнича собівартість проекту після впровадження підсистеми;

B_1 – річні надходження виплат за проведення проектних робіт до впровадження підсистеми;

B_2 – річні надходження виплат за проведення проектних після впровадження підсистеми.

$$B_1 = m_1 \cdot ДВ, \quad (6.9)$$

$$B_2 = m_2 \cdot ДВ, \quad (6.10)$$

де $ДВ$ – договірна вартість одного проекту;

m_1 – кількість проектів, що розробляється до впровадження підсистеми;

m_2 – кількість проектів що розробляється, після впровадження підсистеми;

З попереднього обстеження ВГТ кількість проектів, що розробляється у існуючій підсистемі проектування технологічної документації становить $m_1=430$ проектів на рік.

При впровадженні системи автоматизованого проектування технологічної документації, згідно з технічним завданням кількість розроблених проектів повинна збільшитися на 25%, тобто $m_2= 527$ проектів на рік. Договірна ціна одного проекту становить 2000 гривень. Таким чином, за формулою (5.9) вартість проектів до впровадження $B_1 = 840000$ гривень, а вартість проектів після впровадження $B_2 = 1050000$ гривень.

Розрахуємо виробничу собівартість проекту до і після впровадження підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації.

$$ВСП_1 = \Phi ОП_1 + O_{тч} \cdot \Phi ОП_1 + M_1 + A_{прим1} + C_1 + H_1, \quad (6.11)$$

$$ВСП_2 = \Phi ОП_2 + O_{тч} \cdot \Phi ОП_2 + M_2 + A_{ном2} + C_2 + H_2, \quad (6.12)$$

де $\Phi ОП_1$ – річний фонд оплати праці до впровадження підсистеми;

$\Phi ОП_2$ – річний фонд оплати праці після впровадження підсистеми;

$O_{тч}$ – нормативні відрахування від фонду оплати праці (34%);

M_1 – річна вартість матеріалів, що витрачаються, і оплата електроенергії до впровадження підсистеми ($M_1 = 3800$ гривень);

M_2 – річна вартість матеріалів, що витрачаються, і оплата електроенергії після впровадження ($M_2=2300$ гривень);

$A_{прим_1}$ – річна вартість експлуатації приміщень для працівників ВГК до впровадження підсистеми (площа, необхідна для розміщення групи проектувальників, що виконують роботи в

ручному режимі, більше, ніж для розміщення проектувальників тих, що експлуатують підсистему автоматизованого проектування);

$A_{\text{прим}_2}$ – річна вартість експлуатації приміщень для працівників ВГК після впровадження підсистеми;

C_1 – річні витрати на обслуговування комплексу технічних засобів до впровадження підсистеми ($C_1 = 7000$ гривень);

C_2 – річні витрати на обслуговування комплексу технічних засобів після впровадження підсистеми ($\tilde{N}_1 = 2400$ гривень);

H_1 – накладні витрати ($H_1 = 0,4 \cdot \Phi ОП_1$) до впровадження підсистеми;

H_2 – накладні витрати ($H_2 = 0,4 \cdot \Phi ОП_2$) після впровадження підсистеми.

Штат працівників ВГТ становить 20 працівників. Ставка головного технолога становить 2200 гривень, ставка всіх інших працівників становить 1500 гривень, ставка замісників головного технолога становить 2000 гривень. Таким чином, річний фонд оплати праці діючої підсистеми становить

$$\Phi ОП_1 = (2200 + 19 \cdot 1500 + 2 \cdot 2000) \cdot 12 = 416400$$

Впровадження підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації приводить до зменшення штату ВГТ, а саме до скорочення посад замісників головного технолога. Відповідно заробітна плата головного технолога повинна підвищитися до 3000 гривень, а спеціалістів до 1700 гривень.

Річний фонд заробітної плати після впровадження підсистеми становить

$$\Phi ОП_2 = \Phi ОП_1 = (2800 + 19 \cdot 1600) \cdot 12 = 398400 \text{ гривень.}$$

Розрахуємо річну вартість експлуатації приміщень для працівників ВГК до і після впровадження підсистеми:

$$A_{\text{прим}_1} = S \cdot B_1 \cdot C_a, \quad (6.13)$$

$$A_{\text{прим}_2} = S \cdot B_2 \cdot C_a, \quad (6.14)$$

де S – площа, що використовується для розміщення одного працівника;

C_a – вартість використання 1 м²;

B_1 – число працівників ВГТ до впровадження підсистеми ;

B_2 – число працівників ВГТ після впровадження підсистеми;

На даний момент площа приміщення ВГТ, що використовується становить 180м². Вартість використання одного квадратного метра на рік становить $C_a = 276$ гривні. Тобто, витрати на приміщення за формулою (6.13) становлять $A_{\text{прим}_1} = 49680$ гривень.

Впровадження автоматизованої системи проектування технологічної документації передбачує зменшення площі, необхідної для розміщення одного працівника до 6 м², тобто до 120 м² для розміщення всіх працівників. Таким чином, за формулою (6.14) витрати на приміщення після впровадження підсистеми становлять $A_{\text{прим}_2} = 33120$ гривень.

За формулою (6.11) виробничу собівартість проекту до впровадження підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації становить:

$$ВСП_1 = 793344;$$

Виробничу собівартість проекту після впровадження підсистеми за формулою (6.12) становить:

$$ВСП_2 = 739004.$$

Таким чином, річна економія після впровадження проекту підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації за формулою (6.6) дорівнює $E_p = 264340$ гривень.

Час окупності одноразових витрат на підсистему проектування технологічної документації розраховується за формулою.

$$T_{\text{фок}} = K_a / E_p, \quad (6.15)$$

де $T_{фок}$ – фактичний термін окупності капітальних вкладень, причому підсистема є ефективною, якщо $\dot{O}_{оіе} \leq 3$ років.

Час окупності підсистеми становить за формулою (6.15) дорівнює 2,28 року.

Висновки по шостому розділу

У цьому розділі дипломного проекту ставилося завдання визначити ефективність розробленої підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації та строки її окупності. Річна ефективність підсистеми була визначена шляхом розрахунку прибутку від проектних робіт відділу головного технолога до і після впровадження підсистеми на підприємстві ГРП «Автозав-Мотор». Річна економія при впровадженні підсистеми автоматизованого проектування становить 264340 гривень. Строк окупності підсистеми становить 2,28 року.

ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є проект підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації госпрозрахункового підприємства «АвтоЗАЗ – Мотор» та керуюча програма обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102» на верстаті з числовим програмним керуванням.

У першому розділі під час проходження переддипломної практики на підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ-Мотор», була проведена робота по обстеженню підприємства. Був детально обстежений відділ головного технолога підприємства, та його взаємодія з іншими відділами. Була обстежена обчислювальна мережі, що існує у ВГТ та її технічні і програмні засоби.

Метою другого розділу була проаналізована зібрана інформація, та створена модель «Як є» існуючої системи проектування технологічної документації. Створення моделі «Як є» було проведене у два етапи. На першому етапі була розроблена функціональна модель процесу створення конструкторсько – технологічної документації на у ВГТ. Для цього були задіяні методологія представлення бізнес – процесів IDEF0 та програмний CASE – засіб Allfusion Process Modeller. На другому етапі була розроблена наглядна модель «Як є», яка відображає усі робочі місця у ВГТ, їхній ступінь автоматизації, та інформаційні потоки, що протікають між ними. Також ця модель показує зовнішні інформаційні потоки. За розробленою моделлю «Як є» було створене технічне завдання на розробку нової автоматизованої системи проектування технологічної документації. Технічне завдання було затверджене на підприємстві ГРП «АвтоЗАЗ – Мотор».

У третьому розділі була розроблена функціональна модель процесу створення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації, за допомогою CASE – засобу Allfusion Process Modeller по

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

Для рішення задачі вибору програмного забезпечення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації були визначені критерії та обстежений ринок програмних продуктів автоматизація технологічної підготовки виробництва. У результаті обстеження були визначені декілька програмних продуктів. Для остаточного вибору був використаний метод аналізу ієрархії. За результатами рішення задачі вибору програмного забезпечення був обраний програмний продукт «MasterCAM». Відповідно до вимог цього продукту було обране відповідне технічне забезпечення підсистеми на базі персональних комп'ютерів.

У четвертому розділі була розроблена керуюча програми для обробки деталі «Коробка диференціалу 245.2303018 – 20» автомобіля «ЗАЗ 1102» для верстата з числовим програмним керуванням моделі «ГФ2171С5». Для цього був використані засоби пакету програм «PowerMILL». Технологічний процес, на обробку цієї деталі, був розроблений з використанням пакету програм «MasterCAM».

У п'ятому були виявлені шкідливі фактори впливу технічних засобів підсистеми автоматизованого проектування на працівників, що будуть їх використовувати у процесі роботи. Були наведені рекомендації по усуненню цих факторів та розроблений ергономічний проект робочого місця працівника підсистеми автоматизованого проектування, який здатний підвищити якість його роботи.

У шостому розділі були визначені ефективність розробленої підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації та строки її окупності. Строк окупності підсистеми не повинен перевищити два з половиною роки року.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. MasterCAM Довідник користувача / Київ.: Вища школа, 2015 - 143с.
2. Гжиров Р.И., Серебrenицький П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПУ - Харків. «Технокнига»: 2020. - 590 с.
3. Гольдштейн Г.Я. Стратегічний інноваційний менеджмент. Навч. посібник - Одеса: Вид-во ОПІ, 2014.- 340с.
4. ДСТУ 12.1.005-2016
5. ДСТУ 34.601-2021 «Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Стадії створення»
6. ДСТУ 34.602 - 2021 «Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи»
7. ДСанПіН 3.3.2.007-2021. «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин»
8. ДСН 3.3.6.042-2021
9. Закон про затвердження «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» (від 17.06.2019)
10. Закон «Про охорону праці» (від 14.10.2019)
11. Кунву Ли Основи САПР CAD/CAM/CAE. Київ: «Машинобудування», 2014 – 305 с.
12. Кині Р.Л., Райфа Х. Прийняття рішень при багатьох критеріях - Дніпро.: Радіо і зв'язок, 2022.- 560 с.
13. Норенков І.П. Введення в автоматизоване проектування технічних пристроїв та систем. - К.: Вища школа, 2000. – 260 с.
14. Оліфер В.Г. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи.- К: Вища школа 2001. – 670 с.

15. СН 4088-2000
16. Санітарно-гігієнічні норми № 2152-2019
17. Сааті Т., Кернс К Аналітичне планування. Організація систем. - Вінниця.: «Книжкова палата», 2022. - 224с.
18. Федотова Д.Е., Семенов Ю.Д., Чижик К.Н. – CASE-технології: Практикум. - Харків.: Гаряча лінія-Телеком 2005.-160 с.
19. www.memz.com.ua
20. www.calscenter.com
21. www.osp.ua
22. www.intersed.kiev.ua
23. www.sapr.ua
24. www.sapr2k.ua
25. www.tflex.ua
26. www.mastercam.ua
27. www.solidworks.ua
28. www.intuit.ua
29. www.foxtrot.com.ua
30. www.computer-table.ua
31. www.comfy.ua
32. www.imp.lg.com.ua
33. www.xerox.ua
34. www.ibase.ua
35. www.microsoft.ua
36. www.kaspersky.ua
37. www.delcam.ua

ДОДАТКИ

Додаток А

Фрагмент керуючої програми для ЧПУ

N10G91G28X0Y0Z0
N20G40G17G80G49
N30G0G90Z10.
N40T1M6
N50G54G90
N60 (Имя Траектории: черновая)
N70 (Вывод:)
N80 (Единицы: ММ)
N90 (Координаты Инструмента: Конец)
N100 (No.Инструмента: 1)
N110 (ID.Инструмента: 1)
N120 (Охлаждение: Standard)
N130 (Общая длина: 270.000)
N140 (Заготовка:)
N150 (MIN X: -67.750)
N160 (MIN Y: -70.500)
N170 (MIN Z: -70.500)
N180 (MAX X: 67.750)
N190 (MAX Y: 70.500)
N200 (MAX Z: 70.500)
N210 (COORDINATE SYSTEM: Глобальная СК)
N220 (Кончик фрезы:)
N230 (X: 0.000)
N240 (Y: 0.000)
N250 (Z: 10.000)
N260 (Рекомендованная длина: 120.000)
N270 (Количество кромок: 1)

N280 (Фреза: Скругленная)
N290 (DIAMETER: 15.000)
N300 (TIP RADIUS: 3.000)
N310 (Безопасность:)
N320 (Рабочие ходы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов)
N330 (Подводы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов)
N340 (Переходы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов)
N350 (Рабочие Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений)
N360 (Подводы Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений)
N370 (Переходы Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений)
N380 (Траектория: Оптимизированная Z)
N390 (STEPOVER: 1.000)
N400 (ДОПУСК:0.100)
N410 (ПРИПУСК:0.500)
N420 (Статистика:)
N430 (LENGTH: 12390.131)
N440 (TIME: 0/11/55)
N450 (LIFTS: 16)
N460X3.732Y-49.617S2000M3
N470G43Z5.H1M8
N480G1Z-21.5F500
N490X-.999Y-49.744F1000
N500X-4.995Y-49.487
N510X-9.657Y-48.789
N520X-14.376Y-47.619
N530X-17.649Y-46.514
N540X-21.978Y-44.625
N550X-25.109Y-42.957Z-21.501
N560X-29.304Y-40.186Z-21.5
N570X-32.967Y-37.257

N580X-35.631Y-34.714
N590X-38.932Y-30.969
N600X-42.008Y-26.64
N610X-43.759Y-23.643
N620X-45.545Y-19.98
N630X-47.286Y-15.455Z-21.501
N640X-47.947Y-13.32Z-21.5
N650X-49.055Y-8.325
N660X-49.581Y-3.996
N670X-49.748Y.333Z-21.501
N680X-49.491Y4.995Z-21.5
N690X-48.786Y9.657
N700X-47.619Y14.392
N710X-46.521Y17.649
N720X-44.802Y21.645
N730X-42.957Y25.12
N740X-39.952Y29.637
N750X-35.711Y34.632
N760X-32.967Y37.253Z-21.501
N770X-27.972Y41.144Z-21.5
N780X-24.309Y43.397
N790X-20.646Y45.258
N800X-15.984Y47.116
N810X-11.322Y48.444
N820X-8.658Y49.002
N830X-4.329Y49.556Z-21.501
N840X.999Y49.749
N850X4.662Y49.536
N860X9.99Y48.732Z-21.5
N870X14.652Y47.547

N880X18.243Y46.287Z-21.502

N890X21.321Y44.955Z-21.501

N900X25.103Y42.957Z-21.5

.....

N3750G1Y-29.294F3000

N3760G0Z-27.536

N3770G1Z-32.536F500

N3780X70.315Y-29.97Z-32.534F1000

N3790G0Z10.

N3800M9

N3810G91G28Z0

N3820G49H0

N3830G28X0Y0

N3840M30