


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 2024 р.


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

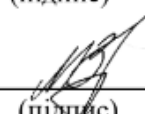
на тему: «Комп'ютерне проектування технологічного оснащення для
виготовлення деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» з
використанням CAD-системи UNIGRAPHICS»

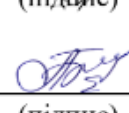
17 ПМД. 8999036.06.24/000000 ПЗ

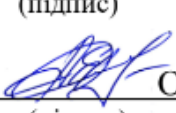
Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи 41 ПМ
спеціальності 131 «Прикладна механіка» за
ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»
(шифр і назва спеціальності та ОПП)



Владислав ДУКОВ
(підпис)

Керівник доц. 
Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Консультант доц. 
Михайло ЗОРЯ
(підпис)

Консультант доц. 
Лариса БОЛТЯНСЬКА
(підпис)

Нормоконтроль доц. 
Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Рецензент 
Ольга ЗАЛЕВСЬКА
(підпис)

Запоріжжя - 2024 рік

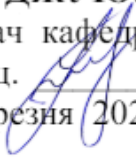
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Факультет: МТ

Кафедра: ІМКП

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

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

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**





Дукову Владиславу Олександровичу


(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту: «Комп'ютерне проектування технологічного оснащення для виготовлення деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» з використанням САД-системи UNIGRAPHICS» затверджена наказом по університету від 18 березня 2024 року за № 157-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 16 червня 2024 року.
2. Вихідні дані до проекту: завдання на кваліфікаційну роботу.
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):
провести аналіз існуючої на підприємстві системи технічної підготовки, проаналізувати наявний технологічний процес деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН», запропонувати новий технологічний процес із застосуванням програми Вертикаль-Технологія, розробити управляючу програму обробки виробу, розробити міні САПР, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН
 - 4.2 Структура розробленого модулю спеціалізованої САПР
 - 4.3 Дослідження напружених станів та можливих деформацій деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН»
 - 4.4 Управляюча програма для обробки деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» у програмі Unigraphics
 - 4.5 Комп'ютерне моделювання роботи пристрою
 - 4.6 Розробка робочого місця проектувальника
 - 4.7 Розрахунок економічної ефективності

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

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

Керівник  (підпис) Олександр МАЦУЛЕВИЧ

Завдання прийняв до виконання  (підпис) Владислав ДУКОВ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Перед проектне обстеження підприємства ТОВ «Руслан-Комплект»	08.05-10.05	Виконано
2	Створення 3D-моделі та робочих креслень деталі «Пуансон ФГ-309»	11.05-12.05	Виконано
3	Аніліз існуючого ТП на виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309»; створення досконалого ТП	15.05-19.05	Виконано
4	Створення міні САПР	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 проекту	12.06-16.06	Виконано
8	Оформлення проекту в цілому	12.06-16.06	Виконано
9	Підпис проекту у консультантів і нормоконтроля	12.06-16.06	Виконано

Студент-дипломник  Владислав ДУКОВ

Керівник кваліфікаційної роботи  Олександр МАЦУЛЕВИЧ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломного проекту містить 105 сторінок друкованого тексту формату А4, 6 розділів, 60 рисунків, 5 таблиць, 15 сторінок додатків.

Графічна частина роботи складається з 7 аркушів формату А1.

Мета роботи – Комп'ютерне проектування технологічного оснащення для виготовлення деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» з використанням САД-системи UNIGRAPHICS.

В першому розділі наведено характеристику підприємства ТОВ «Руслан – Комплект» та виробляємої продукції.

У другому розділі розглянута інформаційна підтримка етапів життєвого циклу виробу.

У третьому розділі розглянута конструкторська підготовка виробництва.

У четвертому розділі розглянута технологічна підготовка виробництва.

У п'ятому розділі наводяться рішення питань безпечної життєдіяльності при впровадженні нового технологічного процесу.







У шостому розділі розглядається розрахунок економічної ефективності при впровадженні нового технологічного процесу.

До кожного розділу в кінці наведені висновки.

Ключові слова: товариство з обмеженою відповідальністю, відділ головного конструктора, відділ головного технолога, програмне забезпечення, технічне завдання, технологічний процес, модуль API, автоматизована система.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСТПВ	автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва;
АСУП	автоматизована система управління підприємством;
АСУТП	автоматизована система управління технологічними процесами;
ГТВ	гумотехнічні вироби;
ДСТУ	Державний стандарт України;
ЄСКД	Єдина система конструкторської документації;
НШ	насос шестерний;
САПР	система автоматизованого проектування.
СНД	Співдружність Незалежних Держав;
ТЗ	технічне завдання;
ТОВ	товариство з обмеженою відповідальністю;
ТПВ	технологічна підготовка виробництва;
КП	управляюча програма;
ЧПК	числове програмне керування;
API	application programming interface;
CAD	Computer Aided Design;
CAE	Computer Aided Engineering;
CAM	Computer Aided Manufacturing;
CPC	Collaborative Product Commerce;
IETM	Interactive Electronic Technical Manuals;
ISO	International Organization for Standardization;
PDM	Product Data Management;
PLM	Product Lifecycle Management;
SCM	Supply Chain Management;

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Номер листа	Примітки	
1	A4	17 ПМД.8999036.06.24/ 000 000 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна				
2			записка				
3	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 010 000	Тема, мета та задачі				
4			кваліфікаційної роботи	1	1		
5	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 310 000	«Напівформа нерухома ПФВФ				
6			575-ПН»	1	2		
7	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 320 000	Дослідження міцнісних				
8			характеристик деталі				
9			«Напівформа нерухома ПФВФ				
10			575-ПН»	1	3		
11	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 330 000	Структура розробленого				
12			спеціалізованого модуля САПР	1	4		
13	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 410 000	Керуюча програма для				
14			обробки деталі «Напівформа				
15			нерухома ПФВФ 575-ПН»	1	5		
16	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 420 000	Комп'ютерне моделювання				
17			роботи пристрою	1	6		
18	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 510 000	Розробка робочого місця				
19			проектувальника	1	7		
20	A1	17 ПМД.8999036.06.24/ 610 000	Розрахунок економічної				
21			ефективності проекту	1	8		
22							
				17 ПМД.8999036.06.24/000 000			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дуков В.О.		12.06	Літ	Лист	
Перевір.		Мацулевич О. Є.		12.06		1	
Консул.		Зоря М.В.		12.06	Листів	1	
Консул.		Болтянська Л.В.		12.06	ТДАТУ, 2024		
Н.контр.		Мацулевич О.Є.		12.06			
Затв.		Вершков О.О.		12.06			
				Комп'ютерне проектування технологічного оснащення для виготовлення деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» з використанням САД-системи UNIGRAPHICS			

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «РУСЛАН – КОМПЛЕКТ» ТА ВИРОБЛЯЄМОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	12
1.1 Історія підприємства.....	12
1.2 Продукція, що випускається на ТОВ «Руслан – Комплект».....	15
1.3 Географія продажів.....	15
1.4 Висновки з розділу.....	16
РОЗДІЛ 2 ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ.....	17
2.1 Етапи життєвого циклу виробу.....	17
2.2 Автоматизовані системи підтримки кожного етапу.....	18
2.3 Роль САПР в технологічній підготовці виробництва.....	20
2.4 Висновки з розділу.....	22
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	23
3.1 Етапи конструкторської підготовки виробництва.....	23
3.2 Обґрунтування вибору САД-системи для проектування конструкторської документації основного виробу.....	24
3.3 Основні етапи створення 3D-моделі та креслення деталі.....	34
3.4 Розробка програми для автоматизованого проектування деталі з використанням АРІ-технологій.....	41
3.5 Висновки з розділу.....	44
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	45
4.1 Етапи технологічної підготовки виробництва.....	45
4.2 Обґрунтування вибору заготовки.....	46
4.3 Обґрунтування вибору САМ-системи для проектування технологічного процесу.....	47
4.4 Основні етапи проектування технологічного процесу.....	47
4.5 Проектування технологічного процесу із розрахунком режимів різання.....	48

4.6	Проектування керуючої програми для верстатів з ЧПК.....	55
4.7	Проектування технологічного оснащення.....	61
4.8	Висновки з розділу.....	66
РОЗДІЛ 5 РІШЕННЯ ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОЇ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....		67
5.1	Організація робочого місця.....	67
5.2	Мікроклімат виробничих приміщень.....	68
5.3	Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	69
5.4	Освітлення.....	70
5.5	Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук.....	70
5.6	Виробничі випромінювання.....	71
5.7	Розробка заходів з охорони праці.....	71
5.7.1	Методи та заходи захисту від шуму.....	71
5.7.2	Захист від вібрацій.....	72
5.7.3	Виробниче освітлення.....	73
5.7.4	Захист від електромагнітних випромінювань.....	74
5.7.5	Електробезпека.....	74
5.7.6	Розрахунок параметрів електробезпеки.....	75
5.8	Пожежна безпека.....	77
5.9	Висновки з розділу.....	79
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....		80
6.1	Розрахунок норми часу.....	80
6.2	Техніко-економічні показники.....	81
6.3	Висновки з розділу.....	83
ВИСНОВКИ.....		85
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....		87
Додаток А.....		91
Додаток Б.....		102

ВСТУП

З розвитком виробництва перед вченими стає проблема його вдосконалення. Одним з актуальних напрямів розвитку і підвищення ефективності є автоматизація, яка має замінити або хоча б полегшити важку фізичну працю або захистити людину від шкідливого впливу виробничих процесів. Така заміна дозволяє звільнити людину від монотонної рутинної праці й надати можливість творчості. З'явилась можливість реалізації деяких технологічних процесів, ручне управління якими принципово неможливо. Однак автоматизація окремих технологічних процесів не є оптимальним рішенням, тому виникла необхідність розглядати об'єкт автоматизації як єдину систему взаємопов'язаних машин і механізмів. Із розвитком засобів обчислювальної техніки та інформаційних технологій з'явилась можливість вирішити цю проблему.

Використання сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій дозволяє вирішувати не тільки проблеми управління складними виробництвами, але підприємствами і організаціями в цілому. Сьогодні практично будь-яке з них ґрунтується на автоматичних системах управління процесами. Наприклад, автомобільні заводи, що працюють за конвеєрним типом, давно використовують роботів в найбільш небезпечних і шкідливих цехах. Машини можуть виконувати одну і ту ж роботу кілька років поспіль без зупинок, поки не зносяться певні механізми. Крім того, витрати часу на роботу значно менші.

Автоматизація є однією з головних складових успіху будь-якого підприємства. Саме тут знаходяться великі резерви з оптимізації та вдосконалення всіх етапів діяльності підприємств і бізнес-процесів.

На ринку програмного забезпечення існує величезна кількість різних програм і систем автоматизації, проте всі вони мають все ще досить низький рівень автоматизації та обмежені функціональні можливості. Частка людського вкладу в рішення різних рутинних завдань зараз ще велика, але вона може і повинна бути максимально знижена.

Необхідні нові рішення, що сприяють бурхливому розвитку галузі інформаційних технологій. Інноваційні рішення, які принесуть реальне скорочення різних витрат, будуть створювати оптимальну робочу середу підприємства, оптимізують роботу всіх фахівців, підвищать ефективність автоматизації, а разом з тим підвищать і конкурентоспроможність і прибуток підприємства.

Основні переваги комплексної автоматизації:

- зниження трудомісткості, більшу частину роботи виконує програмне забезпечення, у людини з'являється більше часу на вирішення творчих завдань;
- зниження термінів виконання різних робіт і проектів в цілому;
- підвищення безпеки, знижується ризик появи помилок, мінімізується людський фактор;
- підвищення ефективності, наприклад, ефективне використання всіх можливостей обладнання;
- збільшення якості роботи фахівців;
- систематизація всієї інформації підприємства, напрацювання баз даних та баз знань;
- збільшення конкурентоспроможності і прибутку підприємства;
- підвищення культури роботи фахівців.

Як вже було сказано вище, існуючі системи все ще недостатньо ефективні, тому що здебільшого вони вирішують загальні завдання, а для вирішення вузьконаправлених завдань їх можливостей не вистачає. Для автоматизації таких завдань розробляються спеціальні програмні забезпечення, як автономні, так і всередині робочого середовища у вигляді макросів і бібліотек.

На солідних світових підприємствах існують відділи, які займаються автоматизацією вузьких завдань підприємства. Вони проводять свої наукові дослідження та експерименти, розробляють спеціальні програмні забезпечення. Подібні підприємства прямо заявляють про використання

високих технологій (high-tech) в області автоматизації і управління самим виробництвом, тим самим гарантують високу якість і рівень своєї продукції. Це лише підкреслює важливість автоматизації та інформаційних технологій для досягнення успіху. Саме ця область науки володіє величезним потенціалом.

Метою даної роботи була модернізація підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації для виготовлення деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» товариства з обмеженою відповідальністю «Руслан – Комплект» з використанням САД-системи Unigraphics та розробка керуючої програми для обробного центру ГФ 2171С5.

Об'єктом дослідження є система технічної підготовки виробництва на ТОВ «Руслан – Комплект».

Предметом дослідження є комплект технологічної документації для виготовлення деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН».

Для досягнення поставлених цілей в роботі вирішуються наступні задачі:

- провести аналіз конструкції існуючої деталі;
- розробити спеціалізований модуль для проектування деталі (технологія АРІ);
- розробити технологічний процес обробки деталі на верстаті з ЧПК;
- виконати комп'ютерне моделювання роботи пристрою для обробки деталі з використанням віртуальної інженерії;
- створити керуючу програму для обробки деталі для верстата з ЧПК;
- провести аналіз умов праці оператора (проектувальника);
- зробити порівняльний аналіз економічної ефективності впровадження результатів роботи.

Даний дипломний проект пройшов апробацію та рекомендований до впровадження в умовах підприємства.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «РУСЛАН – КОМПЛЕКТ» ТА ВИРОБЛЯЄМОЇ ПРОДУКЦІЇ

1.1 Історія підприємства

ТОВ «Руслан-Комплект» є виробником і постачальником ремкомплектів ГТВ для широкого спектру сільськогосподарської, автомобільної і спеціальної техніки.

На ринку ГТВ організація працює більше десяти років. ТОВ «Руслан-Комплект» працює тільки з резино технічними виробами та запчастинами високої якості. Підприємство являється офіційним дилером заводу ГТВ (ТОВ «Інтер-ГТВ»), що знаходиться в Білій Церкві. Безпосередньо співпрацюємо з такими заводами як Лисичанський завод ГТВ, Маріупольський завод ГТВ, Сумський завод ГТВ, Роменський завод «Тракторозапчастина». Вся продукція цих заводів сертифікована і відповідає діючим ГОСТам і ДСТУ. Всі вони поставляють свою продукцію на конвеєрне виробництво. Більш ніж десятирічний досвід роботи на ринку ГТВ дозволяє відбирати продукцію серед кращих виробників України.

ТОВ «Руслан – Комплект» має такі цехи:

1) Цех холодної листової штамповки – має в своєму розпорядженні 40 пресів від 6,3 до 400 тон.

2) Цех пластмас (рисунок 1.1 – має термопластавтомати як вітчизняного, так і імпортного виробництва, з об'ємом випуску від 63-х до 5000 куб. см. На виробництві широко застосовуються сучасні композиційні матеріали, такі як дакрил, полікарбонат, «Хайтрел», «Копел», а також поліаміди, поліетилен, АБС-пластик.

На даний момент цех пластмас виробляє більше 300 виробів різної форми та структури.



Рисунок 1.1 – Цех пластмас

3) Інструментальний цех – складні формоутворюючі штампів та прес-форм сьогодні неможливо виготовити без електроерозійних, токарних і фрезерних станків з ЧПК. Тому, на ТОВ «Руслан – Комплект» є усе необхідне обладнання для виготовлення точної оснастки будь-якої складності. Проектування в електронному вигляді в Pro/Engineer та створенням об'ємної 3D моделі дозволяє після підбору інструмента й написання керуючої програми вести обробку на даному типі обладнання з високою точністю.

4) Складальні цехи – по збірці світлотехніки й по збірці ремонтних комплектів (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Складальний цех

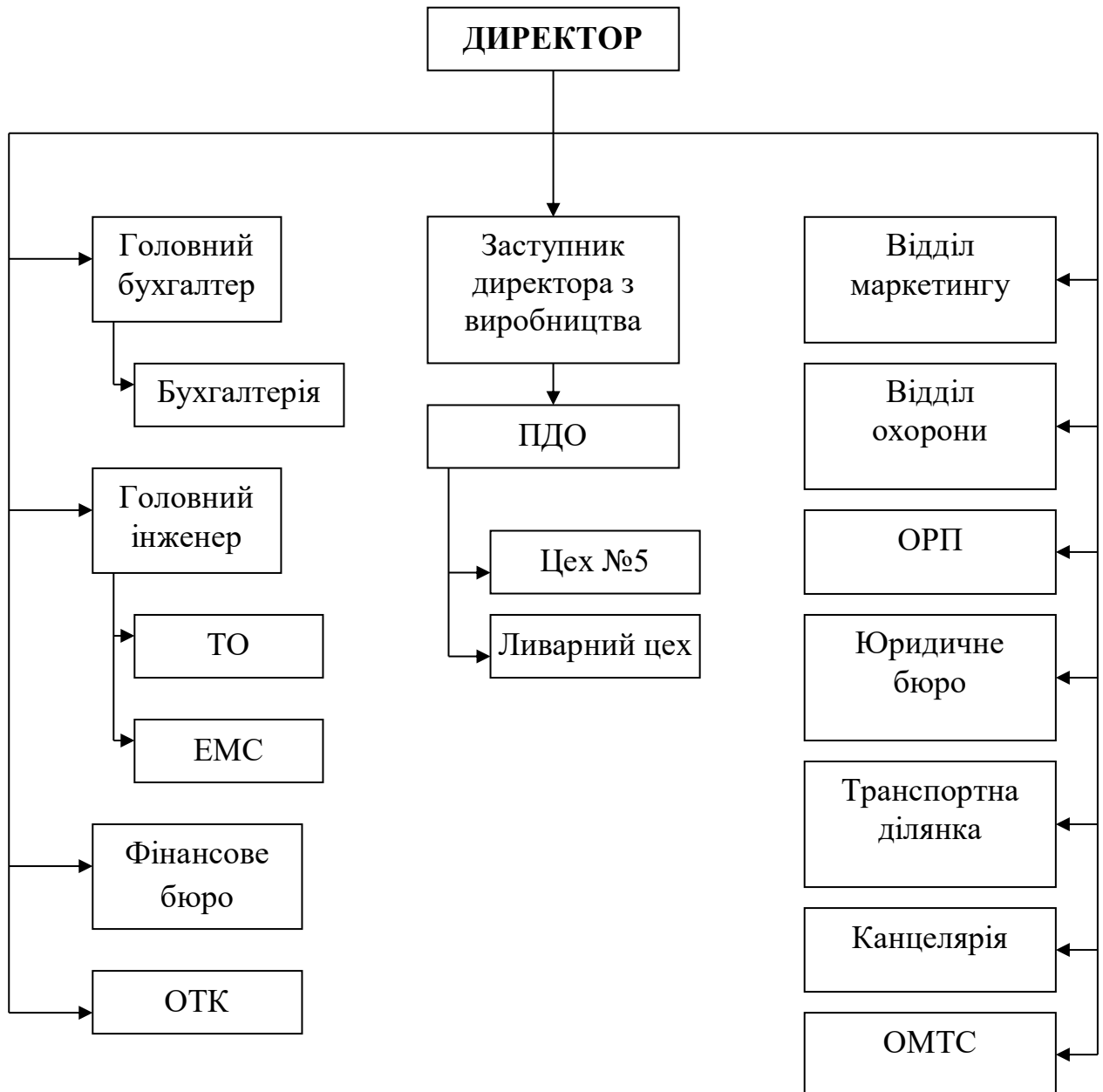


Рисунок 1.3 - Структурна схема ТОВ «Руслан – Комплект»

1.2 Продукція, що випускається на ТОВ «Руслан – Комплект»

В асортименті вироблених ремкомплектів ГТВ є набори для ремонту шестеренних насосів (НШ-10, НШ-16, НШ-32А3, НШ-32-10-3, НШ-32У нового й старого зразка, НШ-50, НШ-100 з модифікаціями), гідроциліндрів (ЦС-55, ЦС-63, ЦС-75, ЦС-80, ЦС-90, ЦС-100 нового зразка, ЦС-110, ЦС-125, ЦС-140), гідророзподільників (Р-80, Р-100 з модифікаціями, Р-160, Р-200), насосів водяних і паливних, які встановлюються практично на всій техніці, що випускається в зоні СНД (комбайни, екскаватори, трактори). У каталозі ремкомплектів присутні набори для ремонту тракторів Т-150К, Т-151К, Т150 гус, комбайнів СК-5 и СК-5М1 «Нива», Єнісей-1200, Дон-1500. Також на підприємстві випускаються набори пластикових виробів (втулки, ролики) для ремонту сівалок СУПН-8, СЗ-3,6А, СП-520, СПЧ-6.

Всі пластмасові вироби (втулки, ролики, захисні кільця) виробляються на власних лініях з високоякісних первинних матеріалів і контролюються в лабораторії контролю якості.

1.3 Географія продажів

ТОВ «Руслан-Комплект» тривалий час працює із партнерами з таких країн як: Молдова, Казахстан, Пакистан, Єгипет (рисунок 1.4). Це також свідчить про якість продукції, що виробляється.



Рисунок 1.4 – Географія продажів продукції ТОВ «Руслан-Комплект»
1.4 Висновки з розділу

Під час передпроектного обстеження підприємства ТОВ «Руслан – Комплект» було розглянуто його сферу діяльності, організаційну структуру, технічну базу та процес обміну інформацією між різними технічними підрозділами.

ТОВ «Руслан – Комплект» є перспективним підприємством, має розвинуту обчислювальну техніку, забезпечує працівників технічним устаткуванням. На підприємстві є комп'ютерна мережа, що дає можливість швидкого обміну інформацією між різними технічними підрозділами.

Підприємство ТОВ «Руслан – Комплект» співпрацює з іноземними партнерами, такими, як Єгипет, Пакистан, Молдова та інші, що свідчить про його високорозвинену технічну базу, яка робить підприємство конкурентоспроможним не лише на вітчизняному ринку, але й на міжнародному.

З цього видно великий потенціал підприємства, перспективи його подальшого розвитку на ринку.

РОЗДІЛ 2 ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ

2.1 Етапи життєвого циклу виробу

Діяльність будь-якого підприємства, що діє в умовах ринкової економіки, повинна бути спрямована на скорочення життєвого циклу своєї продукції, тому що це скорочує терміни обігу капіталовкладень. Цей цикл проходить послідовно етапи, які можуть називатися по-різному, але зміст етапів залишається однаковим. Життєвий цикл виробу утворюється відповідно до принципу спадного проектування і носить ітераційний характер. Реалізовані етапи, починаючи з самих ранніх, можуть циклічно повторюватися ще, за зміни вимог або зовнішніх умов, введення додаткових обмежень тощо призводить до змін в проектних рішеннях, вироблених на більш ранніх етапах.

У стеку міжнародних стандартах серії ISO 9004 (управління якістю продукції) визначено саме поняття життєвого циклу виробу та його етапи:

- маркетингові дослідження ринку (пошук, вивчення та аналіз ринку);
- задум (замовлення, ТЗ);
- дослідження розробка (проектування) та/або розробка технічних вимог до створюваної продукції,
- матеріально-технічне постачання;
- підготовка та розробка технологічних процесів;
- пусконаладжувальні роботи;
- виробництво (надання послуг);
- контроль, проведення випробувань і обстежень;
- гарантійне технічне обслуговування, експлуатація;
- утилізація.

З цих етапів виділяють основні, які представлені на рисунку 2.1 [21].

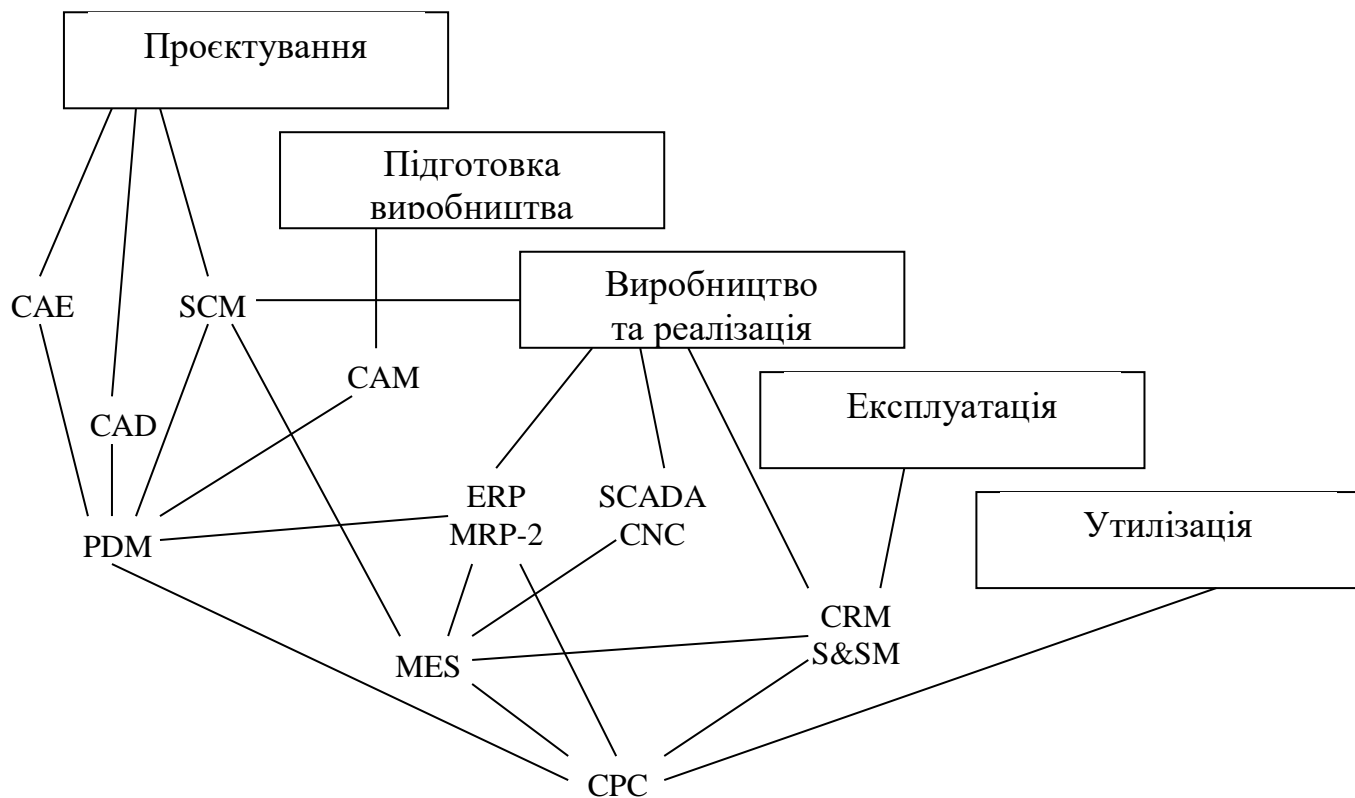


Рисунок 2.1 – Основні етапи життєвого циклу промислових виробів і системи їх автоматизації

Кожен етап вимагає і часу, і грошей. Деякі етапи можна досить точно розрахувати, наприклад, виробництво; інші практично не можливо оцінити. Проте, жодним етапом не можна знехтувати, і кожен етап робить свій внесок в сумарні витрати. Вони, в свою чергу, визначають можливий ціновий діапазон, а значить, і місце на ринку виробленого продукту/послуг, а, отже, ринковий успіх.

2.2 Автоматизовані системи підтримки кожного етапу

Автоматизація проектування здійснюється системами автоматизованого проектування. В САПР машинобудівельних галузях промисловості прийнято виділяти системи функціонального, конструкторського та технологічного проектування.

Перші з них називають системами розрахунків та інженерного аналізу або системами CAE (Computer Aided Engineering). Системи конструкторського проектування називають системами CAD (Computer Aided Design). Проектування технологічних процесів складає частину технологічної підготовки виробництва й виконується в системах CAM (Computer Aided Manufacturing).

Для рішення проблем спільного функціонування компонентів САПР різного призначення, координації роботи систем CAE/CAD/CAM, управління проектними даними та проектування розробляються системи, що отримали назву систем управління проектними даними PDM (Product Data Management). Системи PDM або входять до складу модулів конкретної САПР, або мають самостійне значення й можуть працювати спільно з різними САПР.

На більшості етапів життєвого циклу, починаючи з визначення підприємств-постачальників вихідних матеріалів і компонентів та закінчуючи реалізацією продукції, потрібні послуги системи управління ланцюжками поставок - Supply Chain Management (SCM). Ланцюги поставок звичайно визначають як сукупність стадій збільшення добавленої вартості продукції при її русі від компаній-постачальників до компаній-споживачів.

Координація роботи багатьох підприємств-партнерів з використанням технологій Intrenet покладається на системи E-commerce, що називаються системами управління даними в інтегрованому інформаційному просторі CPC (Collaborative Product Commerce).

Інформаційна підтримка етапу виробництва здійснюється автоматизованими системами управління підприємством (АСУП) і автоматизованими системами управління технологічними процесами (АСУТП).

На етапі реалізації продукції виконуються функції управління відношення із замовниками та покупцями, проводиться аналіз ринкової ситуації, визначаються перспективи попиту на плановані вироби.

Функції навчання обслуговуючого персоналу покладені на інтерактивні електронні технічні керівництва ІЕТМ (Interactive Electronic Technical Manuals), з їх допомогою виконуються діагностичні операції, пошук відповідних компонентів, замовлення додаткових запасних деталей і деякі інші операції на етапі експлуатації систем.

Управління даними в інформаційному просторі, єдиному для різних автоматизованих систем, покладається на систему управління життєвим циклом продукції, що реалізує технології PLM (Product Lifecycle Management). Технології PLM об'єднують методики та засоби інформаційної підтримки виробів протягом усіх етапів життєвого циклу виробів. Характерна особливість PLM - забезпечення взаємодії як засобів автоматизації різних виробників, так і різних автоматизованих систем багатьох підприємств, тобто технології PLM (включаючи технології CPC) є основою, що інтегрує інформаційний простір, в якому функціонують САПР, ERP, PDM, SCM, CRM і інші автоматизовані системи багатьох підприємств.

2.3 Роль САПР в технологічній підготовці виробництва

Розробка та впровадження автоматизованих систем виробничого призначення на базі прогресивних інформаційних технологій на сьогодні є одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості України. Найменш комп'ютеризованими серед цих систем є автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва (АСТПВ), а найменш формалізованою є автоматизація процесів управління технологічною підготовкою виробництва (ТПВ) [8].

Необхідно відмітити, що в останні роки питанням розробки методів і систем у сучасній теорії управління, яка створювалась, у тому числі завдяки роботам вітчизняних вчених В.М. Глушкова, Л.С. Глоби, О.Г. Івахненка, В.І. Костюка, О.А. Павлова, В.І. Скурихіна, Л.С. Ямпольського та інших, приділяється велика увага. Аналіз останніх робіт в області управління етапами життєвого циклу промислових виробів показує, що в даний час

зусилля вчених зосереджені в основному на вирішенні проблем автоматизації процесів управління виробництвом, залишаючи відкритим питання автоматизації управління технологічною підготовкою виробництвом.

Тому розробка методів побудови універсальних АСТПВ для вимог вітчизняних промислових виробництв, розробка універсальних інструментальних засобів моделювання предметної галузі та процесів ТПВ, методів автоматизованого управління ТПВ в інтегрованому інформаційному середовищі з урахуванням специфічних особливостей конкретних виробництв та можливістю адаптуватись до змінних потоків інформації в умовах реальних виробництв є актуальною на сьогоднішній день.

Підвищення ефективності промислового виробництва на основі розробки методів та систем автоматизації технологічної підготовки промислового виробництва – це важлива науково-технічна проблема.

Тим не менш, для багатьох вітчизняних машинобудівних підприємств важлива економічна складова переходу на сучасні методи підготовки виробництва. З бажання заощадити, на деяких з них САД-і САМ-модулі використовують від різних систем проектування.

З появою САПР на виробничих підприємствах, в залежності від рівня їх розвитку, визначилися три варіанти схем взаємин між конструктором і технологом.

Перша з них відображає роботу конструктора і технолога в різних САПР і має структуру «креслення - 3D-модель - механічна обробка». При такому підході конструктор працює тільки з двомірними електронними моделями або кресленнями. 3D-модель деталі в графічній системі створює технолог за отриманим від конструктора кресленням. Потім у цій же графічній системі він проектує послідовність переходів відповідно до технологічного процесу та генерує керуючу програму (КП). Недолік такого підходу полягає в тому, що конструктор працює, як правило, не в параметричній САД-системі. Це дозволяє конструктору допускати помилки

при побудові розмірних ланцюгів через відсутність прив'язок, орієнтувальних ескізів. Крім того, при виявленні невідповідності спроектованої деталі технологічним вимогам доводиться заново виконувати креслення змінюваних елементів. Для створення КІ технолог витрачає час на самостійну побудову 3D-моделі. Через неузгоджену роботу конструктора і технолога часто виникає невідповідність готової деталі і креслень. Довгі роки конструкторські помилки, що впливають на якість виробу, з метою скорочення термінів отримання готового виробу виправляються технологами за місцем в ході механічної обробки без змін до документації, або розміри підганяються робітниками в процесі складання.

2.4 Висновки з розділу

Проаналізувавши основні етапи життєвого циклу промислових виробів, було зроблено висновок, що інформаційна підтримка та автоматизація мають велике значення. Системи автоматизованого проектування грають важливу роль в технологічній підготовці виробництва. Вони підвищують ефективність промислового виробництва, скорочують час на виконання роботи та терміни отримання готового виробу, покращують працездатність робітників. САПР в технологічній підготовці є перспективною складовою.

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

3.1 Етапи конструкторської підготовки виробництва

В процесі конструкторської підготовки виробництва визначається характер продукції, її конструкція, фізико-хімічні властивості, зовнішній вигляд, техніко-економічні та інші показники. Процес проектування полягає в перетворенні вихідного опису об'єкту в кінцевий опис шляхом виконання дій наукового, дослідницького та конструкторського характеру. Вона здійснюється відповідно до Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД, ГОСТ 2.103-68). Ця система передбачає наступні етапи конструкторської підготовки виробництва:

- технічне завдання;
- технічна пропозиція;
- ескізний проект;
- технічний проект;
- робочий проект;
- виготовлення дослідного зразка.

Технічне завдання – вихідний документ для проектування технічного об'єкта. Воно встановлює основне призначення об'єкта, його технічні характеристики, показники якості, технологічні, організаційні і економічні умови виробництва, вимоги до конструкторської документації.

Технічна пропозиція – сукупність конструкторських документів, які повинні містити уточнені технічні і техніко-економічні обґрунтування доцільності розробки документації виробу на основі:

- аналізу технічного завдання замовника й різних варіантів можливих конструктивних рішень;
- порівнювальної оцінки рішень з урахуванням конструктивних та експлуатаційних особливостей розроблюваного виробу.

Ескізний проект – складається з графічної частини, що є сукупністю конструкторських документів (креслень), що розкривають конструкторські рішення із вказівкою параметрів, габаритних розмірів, що дають загальне уявлення про новий виріб, і пояснювальної записки з розрахунками основних параметрів виробу, описом принципів його роботи, експлуатаційних особливостей.

Технічний проект – сукупність технічних документів, які містять кінцеві проектні рішення відносно виробу (системи) та вихідні дані для розробки робочої документації.

Робочий проект – містить робочі креслення для кожної деталі виробу із вказівкою марки матеріалу, маси деталі і інших конструктивних даних.

Виготовлення дослідного зразку – його якість перевіряється в реальних умовах експлуатації з урахуванням вимог, що лежать в основі проектування.

3.2 Обґрунтування вибору CAD-системи для проектування конструкторської документації основного виробу

Для вибору автоматизованої системи проектування конструкторської документації будемо використовувати метод аналізу ієрархій.

Першим етапом застосування методу є визначення набору альтернатив, з яких потрібно вибрати (в нашому випадку це CAD-системи для проектування комп'ютерної документації). В нас є три альтернативи – Unigraphics NX, SolidWorks та Autodesk Inventor.

Критерії вибору наступні:

- математичне забезпечення;
- функціональність;
- складність побудови;
- простота освоєння;
- вартість придбання і супроводу;
- інтерфейс;

- якість інформаційної бази;
- підтримка вітчизняних стандартів.

Будуємо ієрархічну структуру, кожний елемент якої може показувати різні аспекти розв'язуваного завдання. До уваги можуть бути взяті і матеріальні і нематеріальні фактори, якісні характеристики, об'єктивні дані й суб'єктивні експертні оцінки.

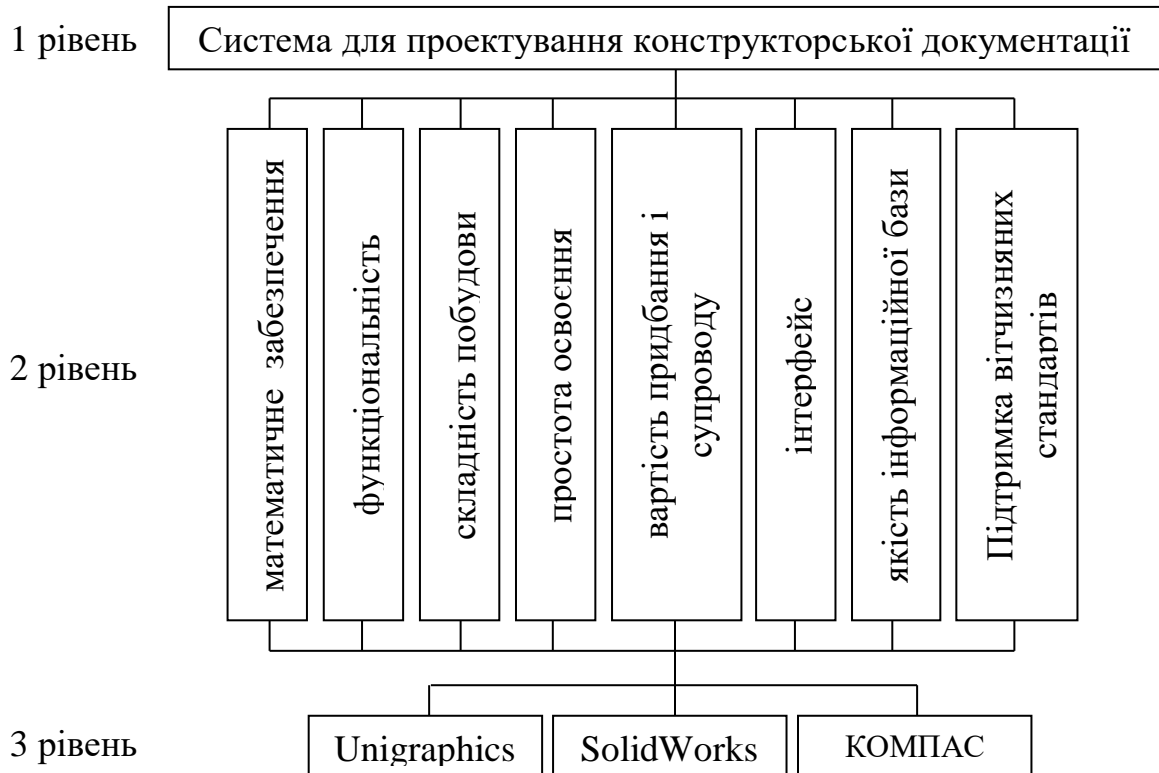


Рисунок 3.1 – Ієрархічна структура

Далі встановлюються пріоритети критеріїв і оцінюється кожна з альтернатив за цими критеріями.

Таблиця 3.1 – Значення оцінок та пріоритетів

Оцінка	Значення
1	рівна важливість
3	помірна перевага

5	істотна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна

Оцінки 2, 4, 6, 8 – проміжні значення

Компонент власного вектору:

$$W_i = \sqrt[n]{\sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

Компонент власного вектору для першого рядка:

$$W_1 = \sqrt[8]{1 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3} = 1,805$$

Аналогічним способом розраховуємо власні вектори для решти рядків.

Розраховуємо компонент локального вектору:

$$V_i = \frac{W_i}{\sum W_i} \Rightarrow \sum_{i=1}^n x_i = 1$$

Результати обчислень заносимо в таблицю.

Таблиця 3.2 – Локальні пріоритети альтернатив за критеріями

	МЗ	Ф	СП	ПО	ВПС	І	ЯБ	ПВС	W	V
МЗ	1	1	1	5	1/2	3	3	5	1,805	0,177
Ф	1	1	1	5	3	3	3	7	2,36	0,23
СП	1	1	1	3	3	3	7	5	0,36	0,23
ПО	1/5	1/5	1/3	1	1/3	1	1/6	1/5	0,33	0,03
ВПС	2	1/3	1/3	3	1	2	5	7	1,617	0,158
І	1/3	1/3	1/3	1	1/2	1	1/5	1/5	0,406	0,04
ЯБ	1/3	1/3	1/7	6	1/5	5	1	1/4	0,627	0,06
ПВС	1/5	1/7	1/5	5	1/7	5	4	1	0,731	0,07
Σ	6,067	4,34	4,34	29	8,67	23	23,37	25,65	10,227	1

Довільно складена матриця парних порівнянь не може бути використана для обчислення вектору пріоритетів $W = (W_1, \dots, W_n)$. Перед цим необхідно переконатися в узгодженості порівняльних оцінок експерта, для чого обчислюється індекс узгодженості (ІУ) і відношення узгодженості (ВУ):

$$IU = \frac{\lambda - n}{n - 1}, \quad OU = \frac{IU}{BU}$$

де ВУ - індекс випадкової узгодженості, який береться із таблиці,

$$BU = 1,41:$$

Оскільки значення $OU < 0,15$, то узгодженість думок експерта вважається прийнятною, і побудовану матрицю парних порівнянь можна використовувати для розрахунку пріоритетів альтернатив.

$$IU = \frac{9,563 - 8}{8 - 1} = 0,195$$

$$OU = \frac{0,195}{1,41} = 0,139$$

Обчислюємо глобальні пріоритети:

$$v_{UG} = 0,637 \cdot 0,177 + 0,577 \cdot 0,23 + 0,614 \cdot 0,23 + 0,112 \cdot 0,03 + 0,081 \cdot 0,158 + 0,281 \cdot 0,04 + 0,23 \cdot 0,06 + 0,105 \cdot 0,07 = 0,436$$

$$v_{SW} = 0,258 \cdot 0,177 + 0,342 \cdot 0,23 + 0,268 \cdot 0,23 + 0,192 \cdot 0,03 + 0,188 \cdot 0,158 + 0,135 \cdot 0,04 + 0,122 \cdot 0,06 + 0,258 \cdot 0,07 = 0,253$$




$$v_{КОМПАС} = 0,105 \cdot 0,177 + 0,081 \cdot 0,23 + 0,117 \cdot 0,23 + 0,696 \cdot 0,03 + 0,731 \cdot 0,158 + 0,584 \cdot 0,04 + 0,648 \cdot 0,06 + 0,637 \cdot 0,07 = 0,31$$

Таблиця 3.3 - Глобальні пріоритети

	МЗ	Ф	СП	ПО	ВПС	І	ЯБ	ПВС	Гл. пр.
UG	0,637	0,577	0,614	0,112	0,081	0,281	0,23	0,105	0,436
SW	0,258	0,342	0,268	0,192	0,188	0,135	0,122	0,258	0,253
К	0,105	0,081	0,117	0,696	0,731	0,584	0,648	0,637	0,31

За результатами отриманих глобальних пріоритетів ми обираємо програму Unigraphics, оскільки значення його глобального пріоритету найбільше.

3.3 Основні етапи створення 3D-моделі та креслення деталі

По-перше, вибираємо вид, на якому будемо створювати ескіз, і натискаємо кнопку «Ескіз» . Інструментом «Прямокутник»  малюємо прямокутник, і задаємо його розміри за допомогою кнопки «Допоміжні розміри» . Результати створення контуру деталі в ескізі представлені на рисунку 3.2.

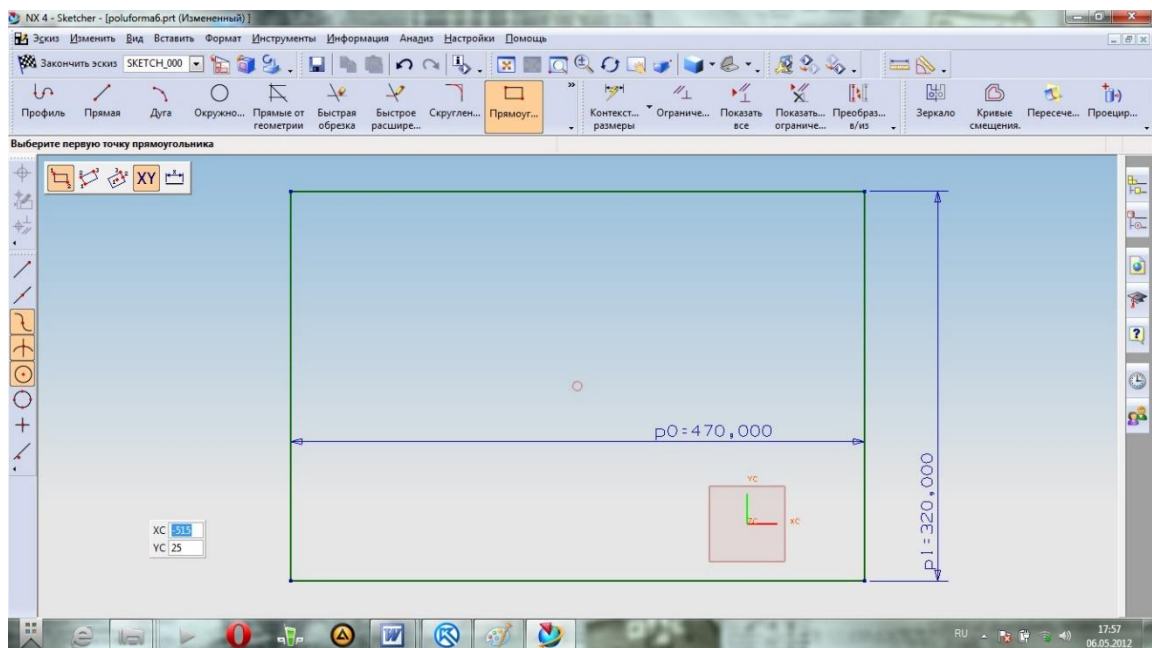




Рисунок 3.2 – Створення в ескізі контуру деталі і завдання розмірів

Виходимо з ескізу, натискаючи кнопку «Завершити ескіз» .

Вибираємо інструмент «Витягування»  та виділяємо наш прямокутник.

У діалоговому вікні, що з'явилося, виставляємо висоту та напрям витягування (рисунок 3.3).

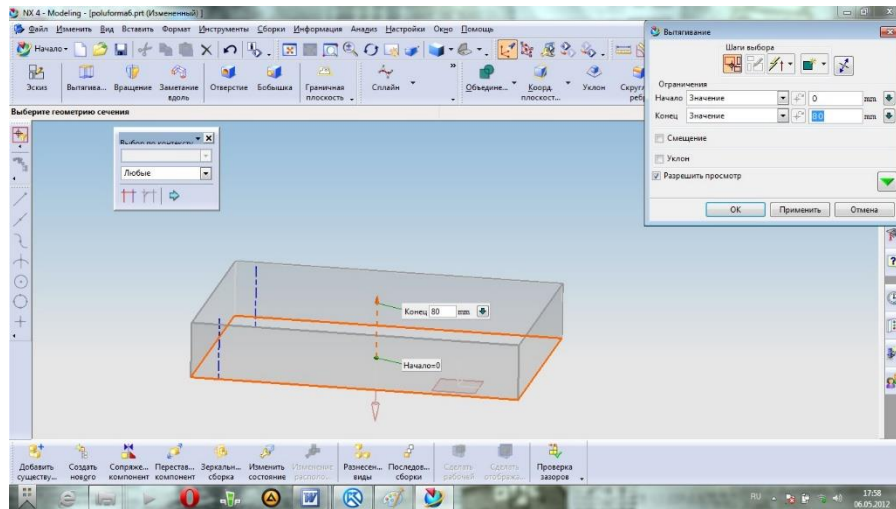



Рисунок 3.3 – Операція витягування

На одній з граней отриманого паралелепіпеду створюємо новий ескіз.

За допомогою інструменту «Коло»  креслимо окружність для центрального отвору (рисунок 3.4). Щоб помістити її точно в центр, створюємо допоміжні лінії.

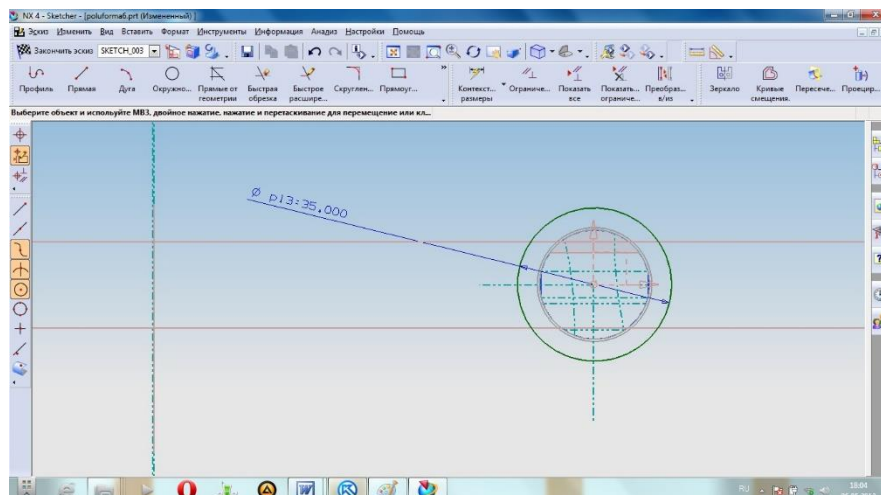



Рисунок 3.4 – Створення окружності

Виходимо з ескізу та витягуємо отвір, вибравши напрям так, щоб витягування знаходилося всередині паралелепіеду. Далі натискаємо на інструмент «Віднімання» , вибираємо спочатку всю деталь, а потім отриманий після витягування циліндр. Отримуємо центральний отвір, що представлений на рисунку 3.5.

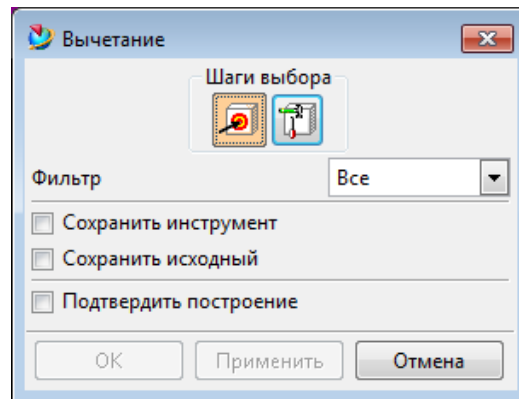



Рисунок 3.5 – Діалогове вікно інструмента «Віднімання»

Аналогічно створюємо усі інші отвори на деталі. Далі, за допомогою інструменту «Координатна площина»  створюємо площину, паралельну площині XZ на відстані 10 мм від неї (рисунок 3.6).

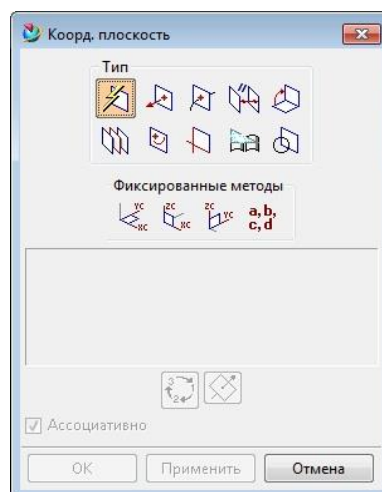


Рисунок 3.6 – Створення координатної площини

На цій площині створюємо ескіз та малюємо профіль для складної поверхні, який показаний на рисунку 3.7.

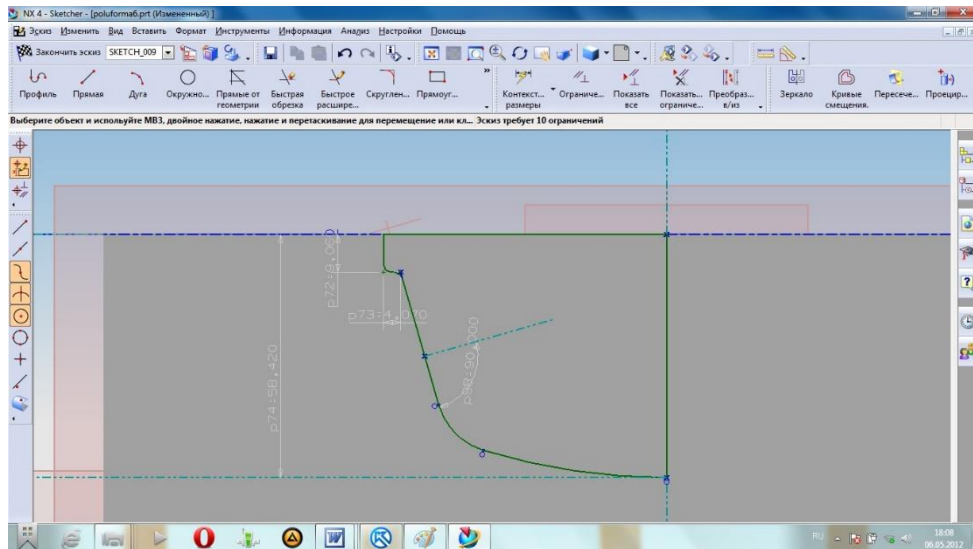



Рисунок 3.7 – Створення профілю

Виходимо в ескізу та вибираємо операцію «Обертання» . Виділяємо створений профіль та ставимо значення кута повороту 360 (рисунок 3.8).

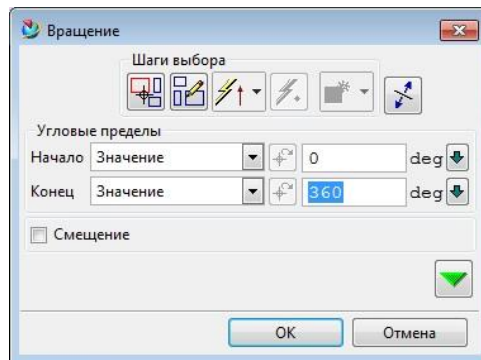


Рисунок 3.8 – Інструмент «Обертання»

Знову застосуємо інструмент «Віднімання», отримаємо складну поверхню.

Створимо ще одну площину, паралельну площині XZ на відстані 10 мм, але в іншу сторону. Аналогічно малюємо профіль, обертаємо його та віднімаємо.

Наступний крок – створюємо дотичну площину до складної поверхні, а потім – площину, перпендикулярну до цієї площини. На останній робимо ескіз та малюємо профіль для виступу на поверхні (рисунок 3.9).

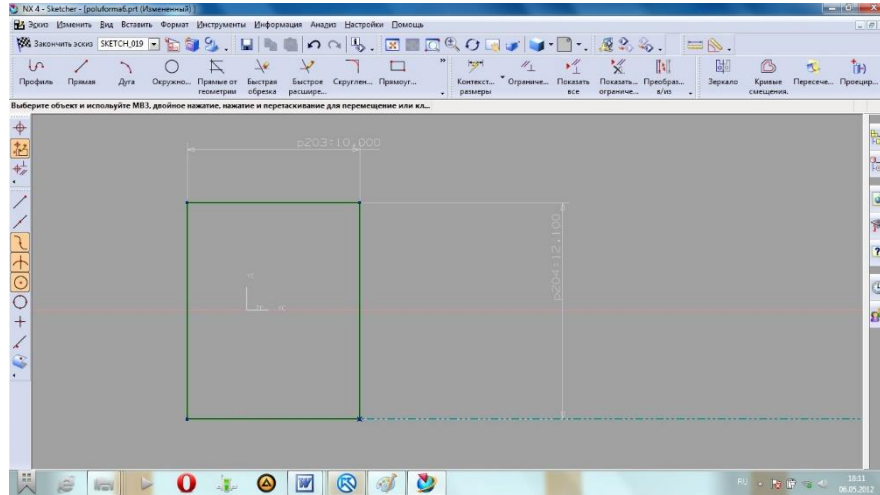



Рисунок 3.9 – Профіль для виступу на поверхні

Витягуємо профіль на потрібну висоту. Далі вибираємо інструмент «Масив елементів» , виставляємо потрібні параметри. Діалогове вікно інструменту «Масив» представлено на рисунку 3.10. Отримуємо виступи на складній поверхні. Аналогічно створюємо виступи на другій поверхні.

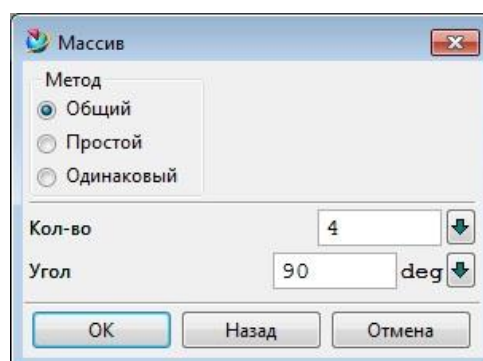




Рисунок 3.10 – Створення масиву елементів

Інструментом «Заокруглення ребра»  заокруглюємо всі потрібні ребра на виступах, а за допомогою інструменту «Фаска»  створюємо фаски на отворах. Готова модель показана на рисунку 3.11.

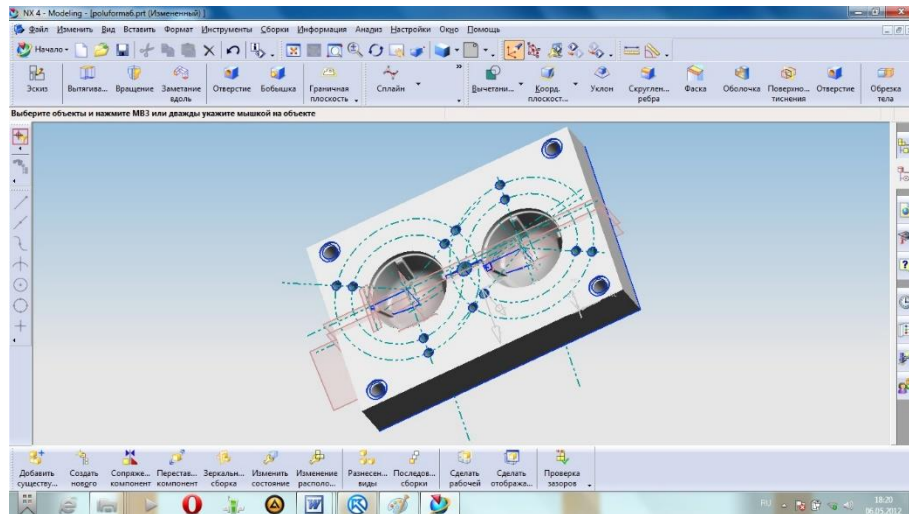


Рисунок 3.11 – Готова модель

Наступним кроком є створення креслення. Натискаємо кнопку «Початок», обираємо «Креслення» (рисунок 3.12).

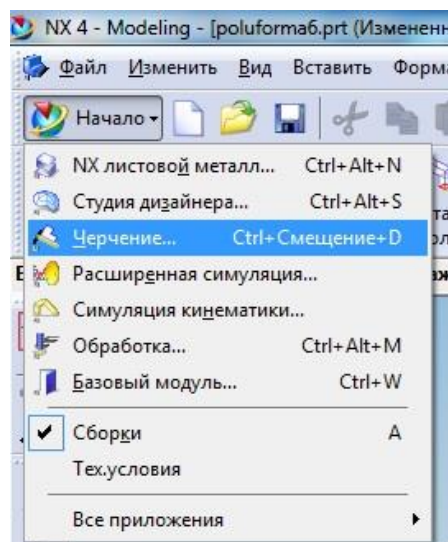


Рисунок 3.12 – Перехід до режиму креслення в Unigraphics NX 4

Вставляємо базові види моделі на робочу область. Виставляємо потрібні розміри. Креслення в програмі Unigraphics NX представлено на рисунку 3.13.

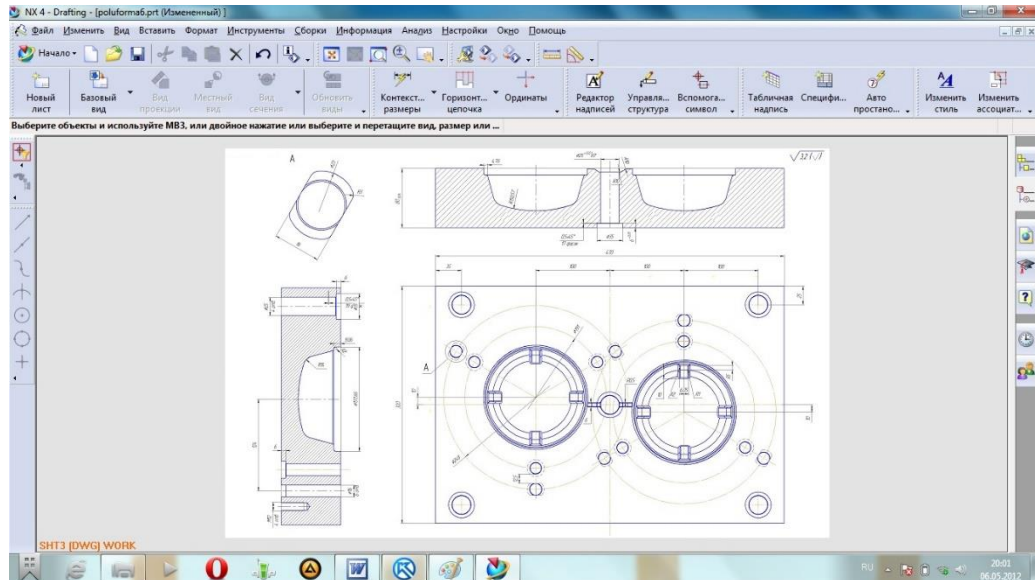


Рисунок 3.13 – Креслення в програмі Unigraphics NX

3.3 Розрахунки на міцність спроектованої деталі

Програмний пакет Unigraphics NX містить у собі спеціальний модуль для розрахунків на міцність, який називається «Симуляція проектування» [17].

Порядок розрахунків:

1) Переходимо в режим симуляції проектування та створюємо нову симуляцію, вибравши тип аналізу «Структурний» (рисунок 3.14).

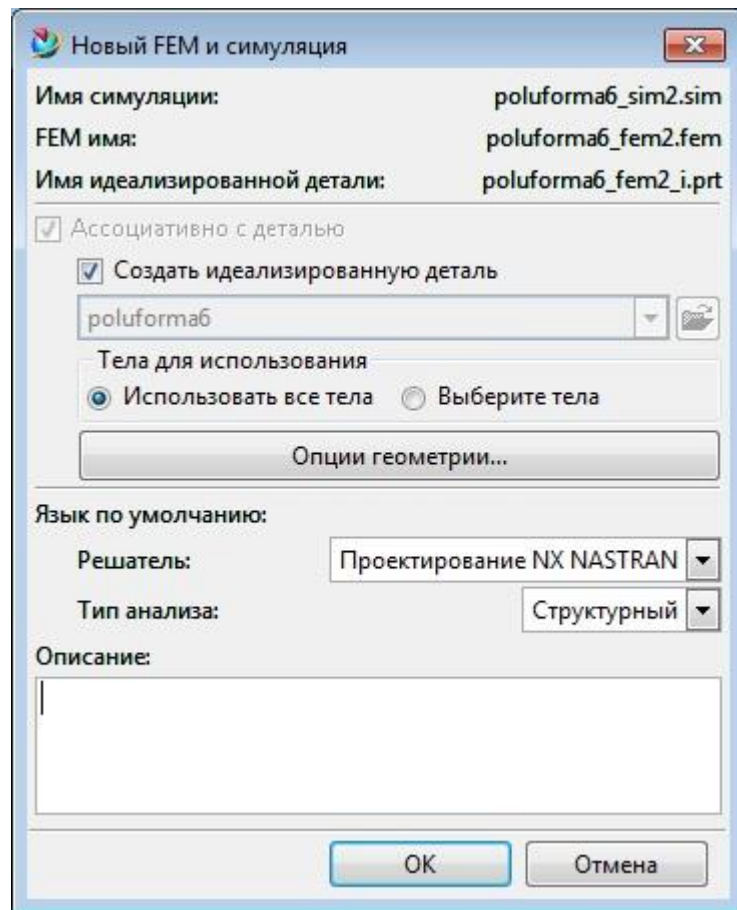



Рисунок 3.14 – Створення симуляції зі структурним типом аналізу

2) Присвоювання деталі матеріалу за допомогою інструменту «Властивості матеріалу»  (рисунок 3.15). Було обрано матеріал «Сталь 40Х» з бібліотеки Unigraphics NX.

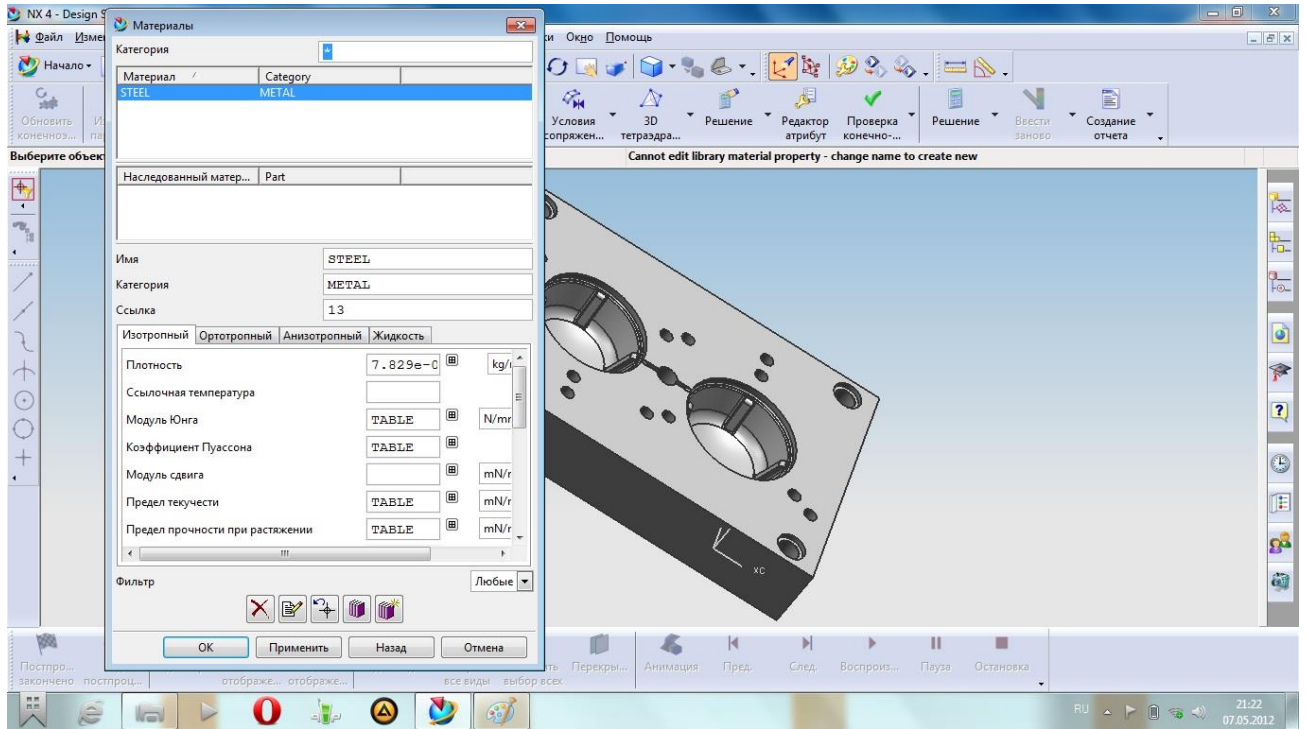

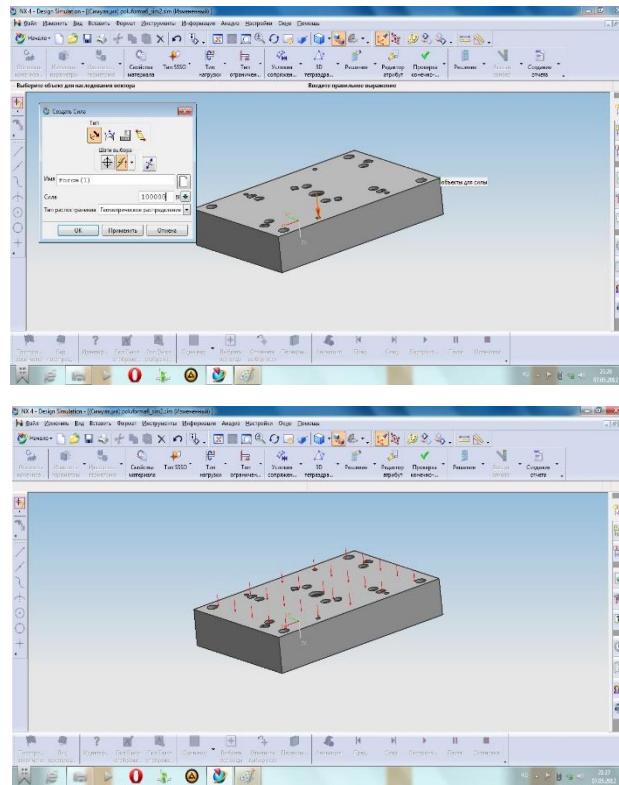


Рисунок 3.15 – Присвоювання деталі матеріалу

3) Натискаємо на кнопку «Тип навантаження» , обираємо «Сила». В діалоговому вікні, що з'явилося, вибираємо, куди треба прикласти силу, її напрям та значення. Параметри прикладання сили та результат представлені на рисунку 3.16.




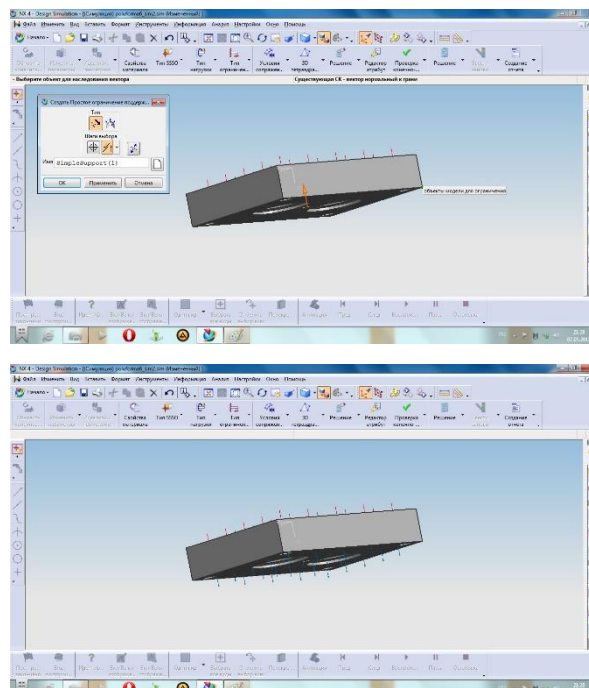
а

б

а – Параметри прикладення сили; б – Деталь з прикладеною силою

Рисунок 3.16 – Прикладання сили

4) Створюємо обмеження на моделі. Натискаємо на інструмент «Тип обмеження»  та вибираємо грань і напрям обмеження (рисунок 3.17).




а

б

а – Встановлення параметрів обмеження; б – Деталь з готовим обмеженням

Рисунок 3.17 – Завдання обмежень

5) Створюємо на моделі сітку за допомогою інструменту «3D тетраедральна сітка» . В діалоговому вікні встановлюємо потрібні параметри та натискаємо «ОК» Створення сітки показано на рисунку 3.18.

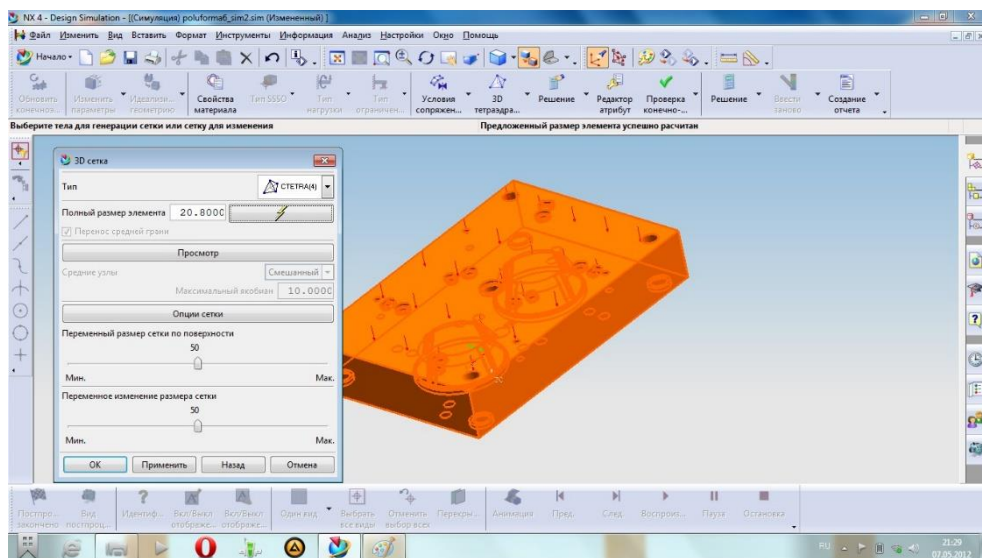
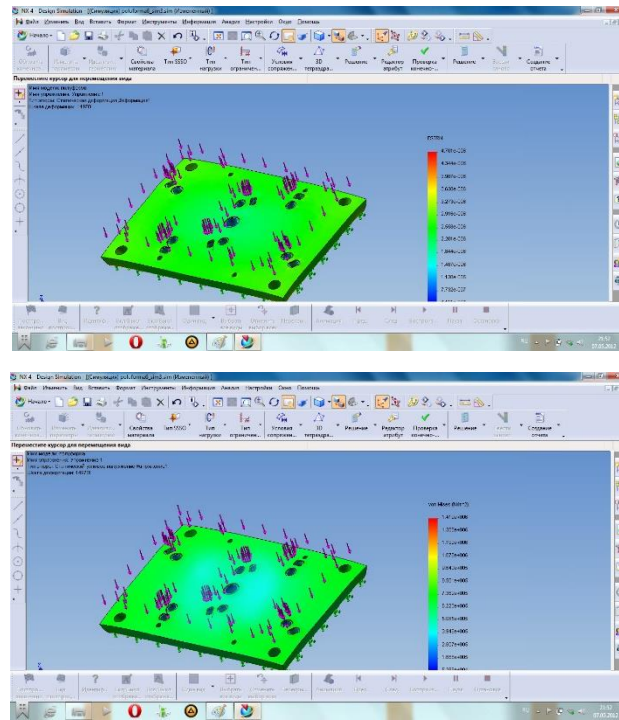


Рисунок 3.18 – Створення 3D сітки на моделі

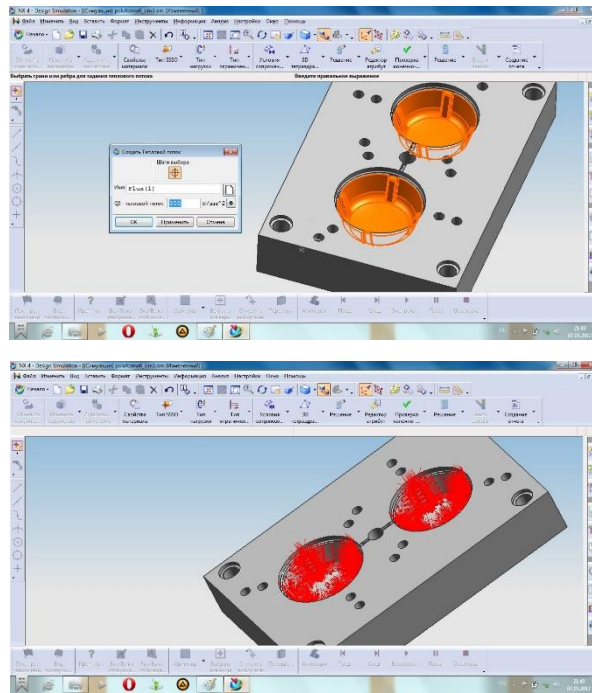
б) В дереві симуляції натискаємо на «Results» та переглядаємо результати прикладення сили (рисунок 3.19).



а б
а – силова деформація; б – силова напруга

Рисунок 3.19 – Результати прикладення сили

- 7) Створюємо нову симуляцію з типом аналізу «Тепловий»
- 8) Вибираємо тип навантаження – «Тепловий потік». Виділяємо поверхню, на яку треба накласти навантаження температурою, та виставляємо значення теплового потоку (рисунок 3.20).



а

б

а – Параметри навантаження температурою; б – Модель з готовим тепловим навантаженням

Рисунок 3.20 – Створення теплового навантаження:

9) Створюємо обмеження, вибравши тип «Теплове обмеження». Вибираємо поверхню, на яку ставиться обмеження та виставимо значення температури. Встановлення теплового обмеження представлено на рисунку 3.21.

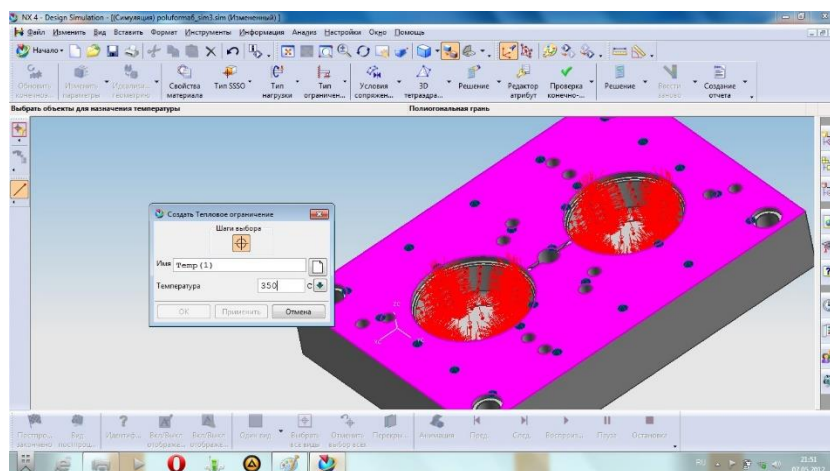


Рисунок 3.21 – Встановлення теплового обмеження

10) Будуємо 3D сітку.

11) Натискаємо на «Results» в дереві симуляції, переглядаємо результати прикладення теплового навантаження (рисунок 3.22).

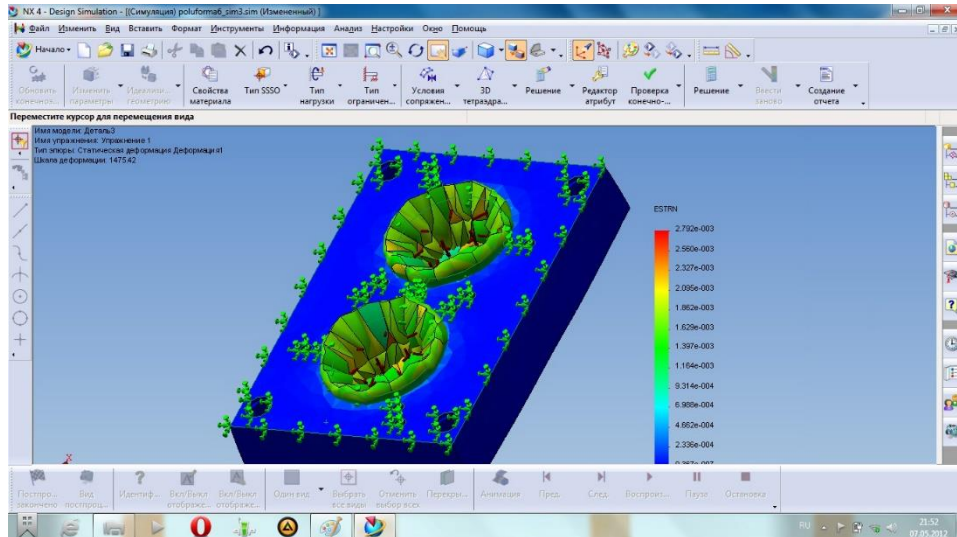


Рисунок 3.22 – Результат теплової деформації

При отриманні результатів розрахунків силового навантаження зроблено висновок, що деталь достатньо міцна і витримує прикладене значення сили. Переглядаючи результати навантаження температурою, була спостережена невелика деформація, але критичні місця були відсутні. Тому не рекомендується збільшувати або зменшувати товщину деталі та змінювати матеріал.

3.4 Розробка програми для автоматизованого проектування деталі з використанням API-технологій

Багато тривимірних моделей можуть бути використані у якості основи для проектування спеціалізованої САПР конкретного класу виробів. При цьому необхідно об'єднати розрахунковий модуль, що визначає розмірні і інші параметри проєктованого об'єкту із вже наявним в САПР тривимірним геометричним ядром.

Windows API (Application Programming Interfaces) – загальне найменування для цілого набору базових функцій інтерфейсів програмування застосунків операційних систем сімейств Windows корпорації Майкрософт.

Для використання API-інтерфейсу з програмою Delphi необхідно мати файли, що зберігають прототипи (заголовки) процедур і функцій API. Ці файли мають назви ksAuto.pas, ksTLB.pas, LDefin2D.pas, LDefin3D.pas. Вони входять в стандартне постачання КОМПАС 3D і за умовчанням розташовані в теці Program Files\Ascon\KOMPAS 3D\SDK\Include.

Порядок параметризації:

1) В програмі КОМПАС відкрити модель, в режимах редагування ескізів виставити потрібні розміри.

2) Натискаємо кнопку, зліва з'явиться вікно «Змінні». В ньому треба знайти потрібні змінні і занести ім'я в осередок «Вираз». Вікно «Змінні» показано на рисунку 3.23.

Variable	Expression	Value
v27		0.0
v891	otv1	25.0
v892	otv5	16.0
v893	otv6	16.0
v894	otv2	25.0
v895	otv7	16.0
v896	otv8	16.0
v897	otv9	16.0
v898	otv10	16.0
v899	otv_centra	25.0
v900	otv11	16.0
v901	otv12	16.0
v902	otv13	16.0
v903	otv14	16.0
v904	otv15	16.0
v905	otv16	16.0
v906	otv3	25.0
v907	otv4	25.0

Рисунок 3.23 – вікно «Змінні»

3) Робимо змінні зовнішніми шляхом натискання на них правою кнопкою миші і вибиранням пункту «Зовнішня» (рисунок 3.24).

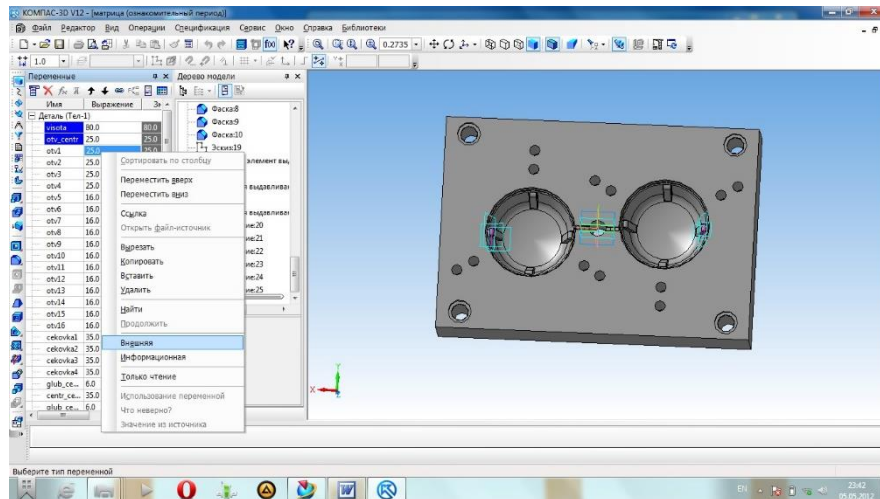
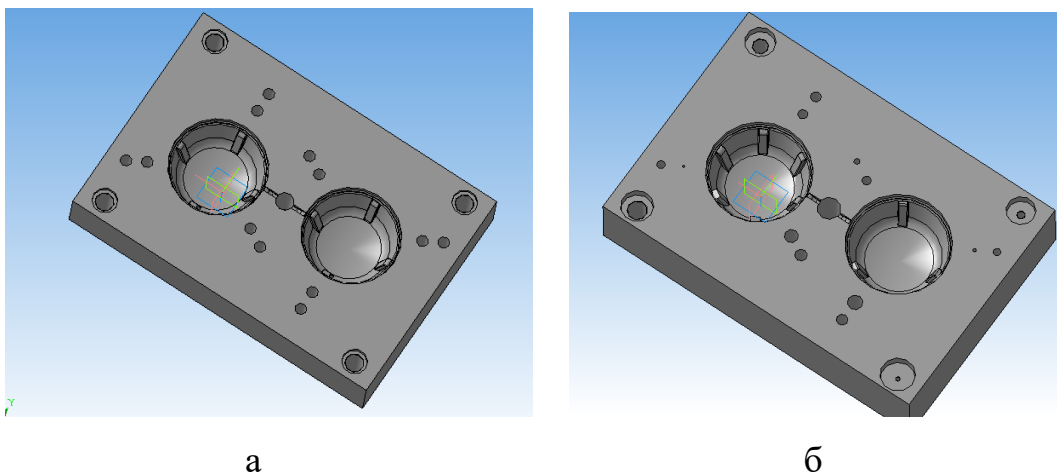


Рисунок 3.24 – Створення зовнішніх змінних

4) Створюємо складень, в який вставляємо свою деталь зі змінними та зберігаємо її.

5) Створюємо інтерфейс модуля за допомогою мови програмування Delphi. Програмний код представлений в додатку В.

6) Запускаємо створений проект, вибираємо збережену раніше збірку, змінюємо потрібні розміри та натискаємо кнопку «Перебудувати». Деталь до та після змін представлена на рисунку 3.25.



а – деталь до внесення змін; б – деталь після внесення змін

Рисунок 3.25 – Деталь до зміни

3.5 Висновки з розділу

Етап конструкторської підготовки виробництва передбачає підвищення якості та рівня технологічності, вдосконалення конструкції виробу, зниження собівартості, використання існуючих стандартів при проектування.

В процесі роботи над розділом були вдосконалені практичні навички роботи з програмним продуктом Unigraphics NX, отримані вміння використовувати існуючі стандарти, а також було вивчено метод аналізу ієрархії для вибору з декількох альтернатив тієї, яка найбільш підходить. В результаті створено 3D-модель деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» та креслення згідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), проведені розрахунки на міцність деталі, а також розроблений спеціалізований модуль САПР за допомогою API-технологій.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4.1 Етапи технологічної підготовки виробництва

Технологічна підготовка виробництва – сукупність процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємства до випуску виробів заданої якості при установлених обсягах, термінах та витратах. Вона являється основною частиною технічної підготовки виробництва й в загальному циклі по трудомісткості складає для серійного виробництва 40-50%, для крупносерійного – 50-65%.

Вихідні документи:

- комплект конструкторських креслень;
- програма випуску виробів;
- термін запуску виробу на виробництво;
- організаційно-технічні умови, що враховують можливість придбання комплектуючих виробів, а також обладнання та оснащення на інших підприємствах.

Технологічна підготовка виробництва включає:

- забезпечення технологічності конструкцій виробів;
- проектування технологічних процесів;
- конструювання та виготовлення засобів технологічного оснащення.

Технологічне проектування починається з розробки маршрутної технології – визначенні послідовності виконання основних операцій і закріплення їх в цехах за конкретними групами обладнання. Одночасно здійснюється вибір інструмента, розрахунок норм часу та встановлення розряду робіт, вказується спеціальність робітників з відповідним рівнем кваліфікації.

Потім для кожного цеху і ділянки розробляється операційна технологія, зміст якої складають поопераційні технологічні карти. Вони містять вказівки і параметри виконання кожної виробничої операції.

З усіх можливих технологій, що пропонуються на цьому етапі, потім здійснюється вибір оптимальної.

- Розробка типових технологічних процесів передбачає наступні етапи: визначення технологічного маршруту обробки виробу даної групи;
- вибір поопераційного технологічного процесу;
- встановлення способів обробки окремих елементів (виконуваних технологічних операцій) для виробу даної групи.

4.2 Обґрунтування вибору заготовки

Для обробки деталі на верстаті з ЧПК використовується заготовка. Проаналізувавши спроектовану 3D-модель було зроблено висновок, що доцільно вибирати заготовку у вигляді бруска, згідно з формою моделі.

Для проектування заготовки була використана CAD/CAM/CAE система Unigraphics NX. Результат проектування заготовки показаний на рисунку 4.1.

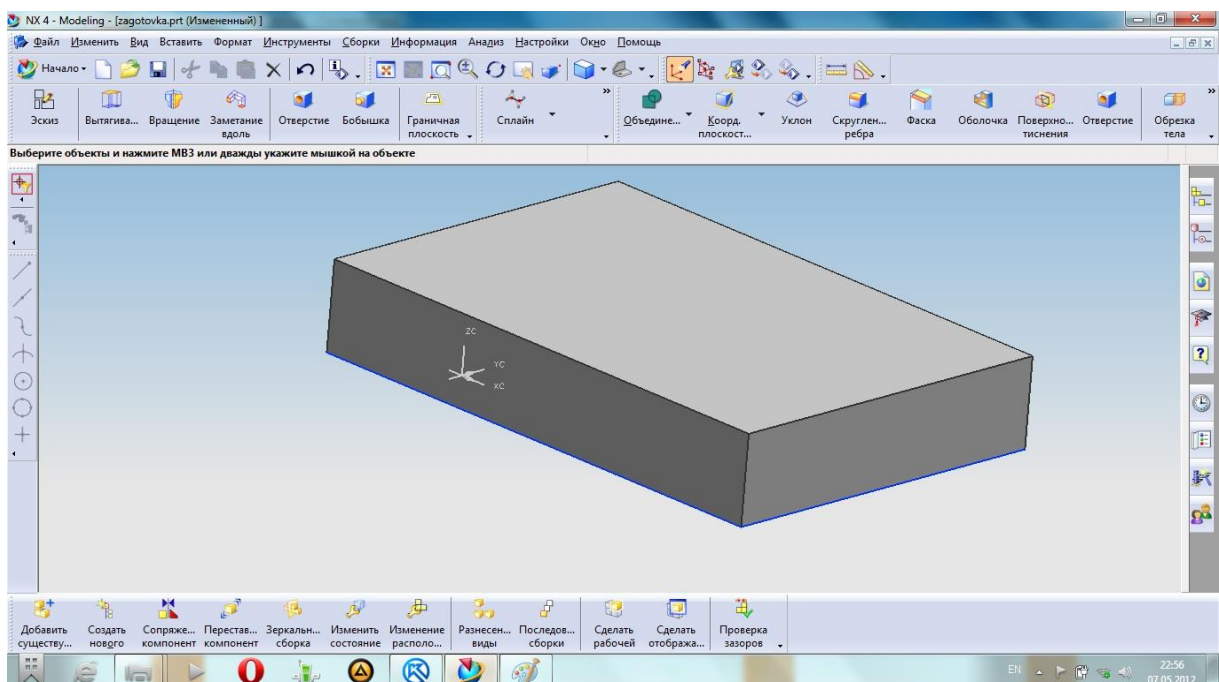


Рисунок 4.1 – Проектування заготовки

4.3 Обґрунтування вибору САМ-системи для проектування технологічного процесу

Для проектування технологічного процесу програмний продукт вибирався з трьох альтернатив – ВЕРТИКАЛЬ-Технологія, X-Technology та ADEM VX. За допомогою методу аналізу ієрархій було обрано програму ВЕРТИКАЛЬ-Технологія.

Програмний продукт дозволяє:

- проектувати технологічні процеси в декількох автоматизованих режимах;
- розраховувати матеріальні і трудові витрати на виробництво;
- автоматично формувати комплекти технологічної документації, використовувані на підприємстві;
- підтримувати актуальність технологічної інформації за допомогою процесів управління змінами;
- підтримує вітчизняні стандарти.

4.4 Основні етапи проектування технологічного процесу

При виготовленні будь-якої деталі або машини виконується ряд виробничих операцій, в результаті чого заготовки перетворюються в деталі, а деталі – в машину.

До початку виконання операцій встановлюють вид і розмір заготовки, що йде на виконання виробів, обладнання, інструмент, пристосування і тому подібне із зазначенням регламентації та їх використання й призначенням режиму роботи, визначають трудомісткість, час і собівартість процесу обробки, тобто розробляють (проектують) технологічний процес виробництва.

При проектуванні технологічного процесу обробки деталі операції запроєктованого процесу визначають в залежності від технічної

характеристики деталі (конфігурації, розмірів, матеріалу, технічних вимог), способу отримання заготовки, заданої програми, що визначає вид (тип) виробництва та організаційної форми обробки поверхонь деталей з встановленням плану, способів і послідовності виконання операцій [2].

Необхідно відзначити, що головним критерієм, за яким проектують технологічний процес, є розмір партії виробів або річна програма, а отже, і вид виробництва, який вибирають в залежності від партії виробів.

Рішення перерахованих основних задач проектування технологічних процесів вимагає призначення способу отримання заготовки; визначення припусків на обробку; призначення операцій та їх послідовності; вибору за кількістю і якістю потрібного обладнання; пристосувань та інструментів; розчленування операцій на установки, переходи, призначення раціональних режимів різання для кожного верстата і техніко-економічної ефективності спроектованого варіанту; оформлення розробленого процесу у вигляді технічної документації. При цьому в основу розробки технологічного процесу необхідно покласти найбільш раціональний високопродуктивний спосіб обробки, що задовольняє акредитацію вимогам точності і шорсткості обробки і принципу скорочення шляху різання для нестійких інструментів.

4.5 Проектування технологічного процесу із розрахунком режимів різання

В програмі ВЕРТИКАЛЬ-Технологія створюємо новий проєкт – «ТП на деталь». В меню редагування змінюємо ім'я деталі на «Матриця».

Наповнюємо технологічний процес, користуючись базою даних програми. Він буде складатися з операцій та переходів. Переходи бувають основними та допоміжними. Також потрібно додати відповідні інструменти, вказати допоміжні переходи, засоби захисту, МОР та інші.

Порядок створення технологічного процесу:

1) Натискаємо на проект правою кнопкою миші та вибираємо «Добавить – Операцію різанням». Обираємо зі списку потрібний станок: «Програмна – фрезерна з ЧПК – ГФ2171 (рисунок 4.2).

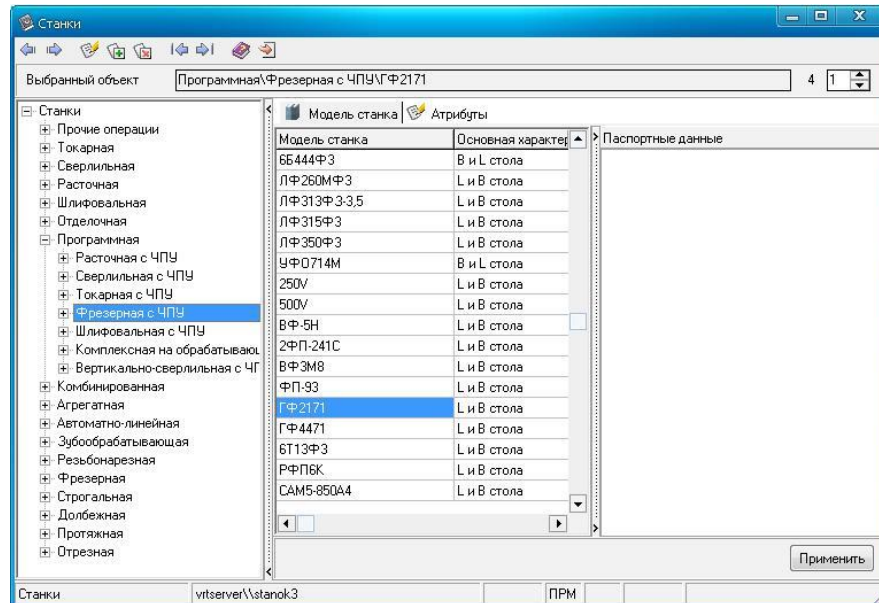


Рисунок 4.2 – Створення фрезерної операції в програмі ВЕРТИКАЛЬ-Технологія

2) Натискаємо на операцію правою кнопкою миші та вибираємо «Додати – Допоміжний перехід». У вікні, що з'явилося, обираємо «Установчі – Встановити заготовку в лещата» (рисунок 4.3).

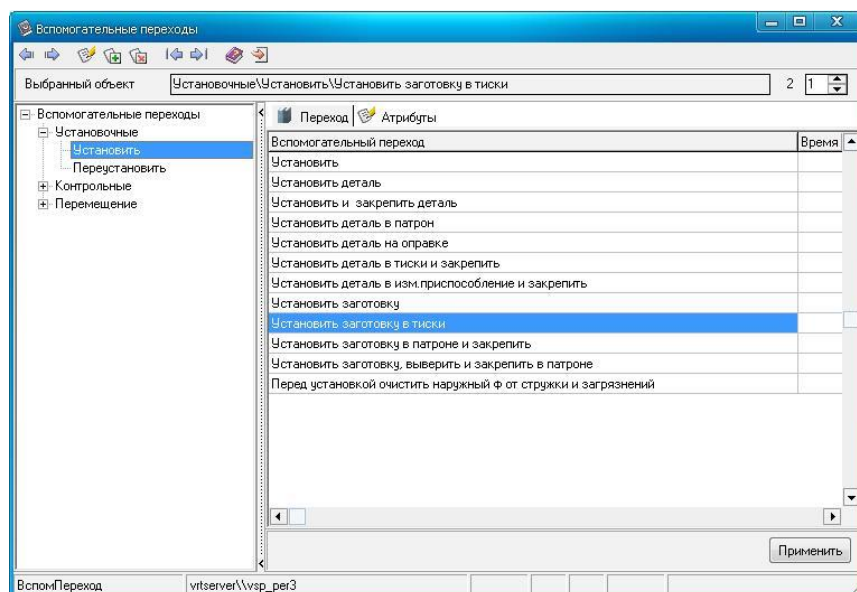
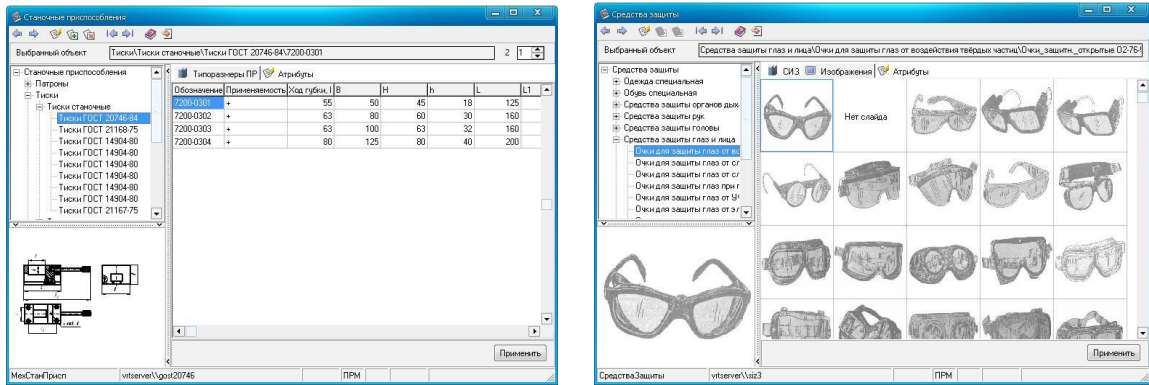


Рисунок 4.3 – Вибір допоміжного переходу
 Вибираємо допоміжні пристосування – тиски ГОСТ 20746-84 та захисні окуляри. Вибір допоміжних пристосувань представлений на рисунку 4.4.



а

б

а – вибір тисків; б – вибір захисних окулярів

Рисунок 4.4 – Вибір допоміжних застосувань

3) Натискаємо правою кнопкою миші на операцію та створюємо основний перехід – фрезерування контуру (рисунок 4.5).

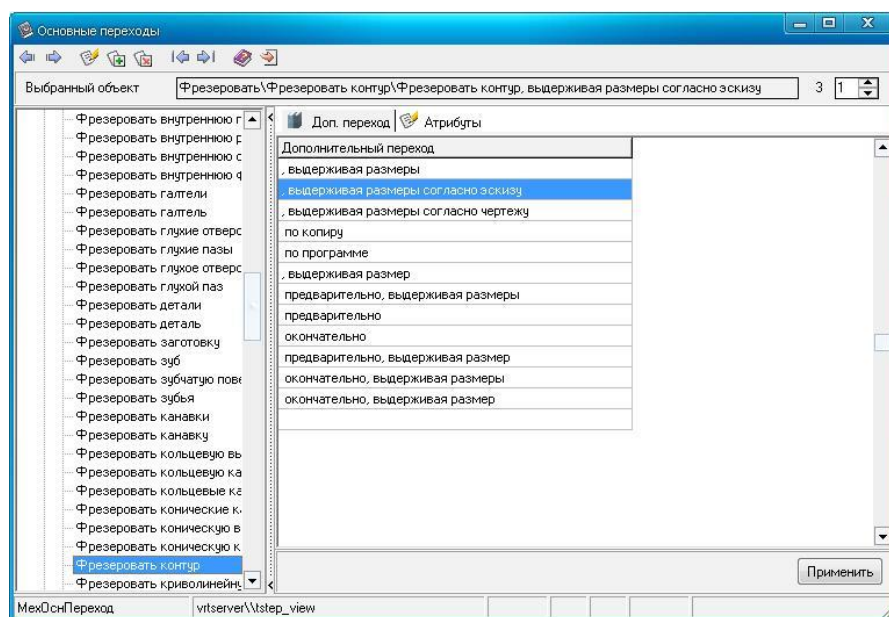


Рисунок 4.5 – Створення основного переходу – фрезерування контуру

Далі потрібно додати ріжучий інструмент – фрезу. Правою кнопкою миші натискаємо на основний перехід та обираємо «Додати – Ріжучий інструмент». З переліку інструментів вибираємо «Фреза – Фреза кінцева – Фреза ГОСТ 15086-69» діаметром 25 мм.

Вікно вибору ріжучого інструменту показано на рисунку 4.6.

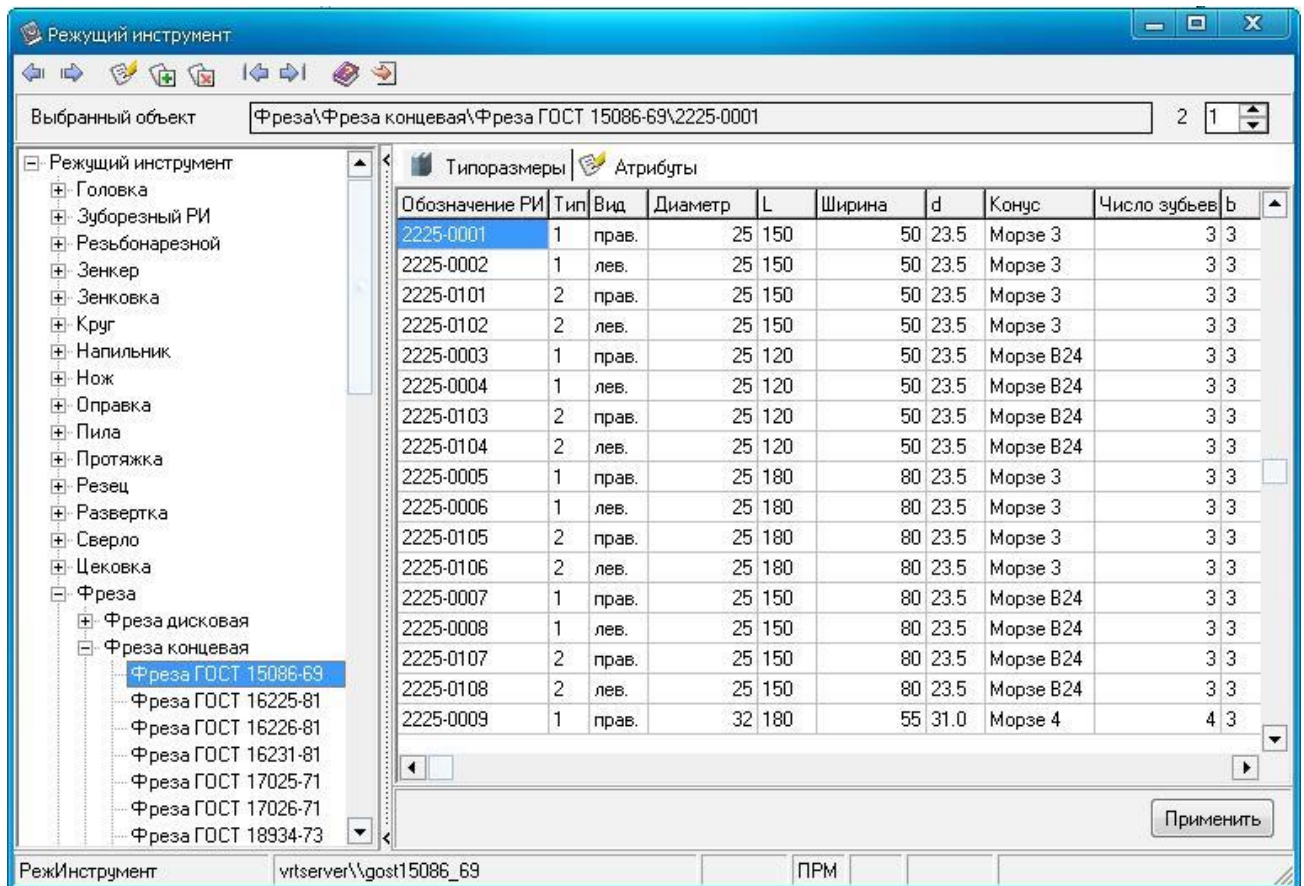


Рисунок 4.6 – Вибір ріжучого інструменту

Знову натискаємо правою кнопкою миші на основний перехід та додаємо мастильну охолоджувальну рідину: «Додати – МОР». Зі списку обираємо «Сульфозфрезол ГОСТ 122-84».

Вікно вибору МОР представлено на рисунку 4.7.

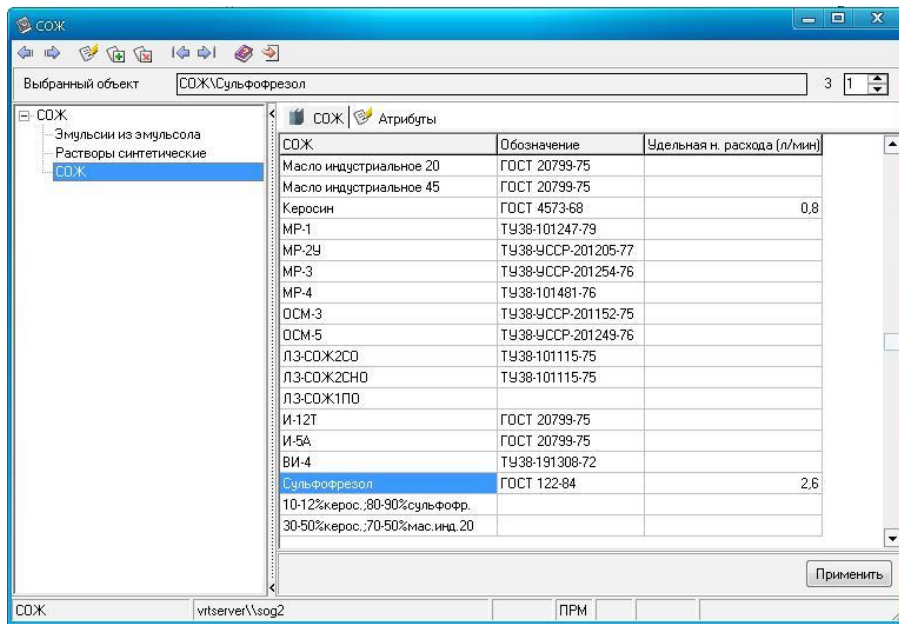


Рисунок 4.7 – Вибір МОР

4) Для розрахунку режимів різання використано інструмент «Код блока расчёта». У вікні, що відкрилося, вибираємо «Фрезерна обробка – Фрезерування площини кінцевою фрезою» (рисунок 4.8).

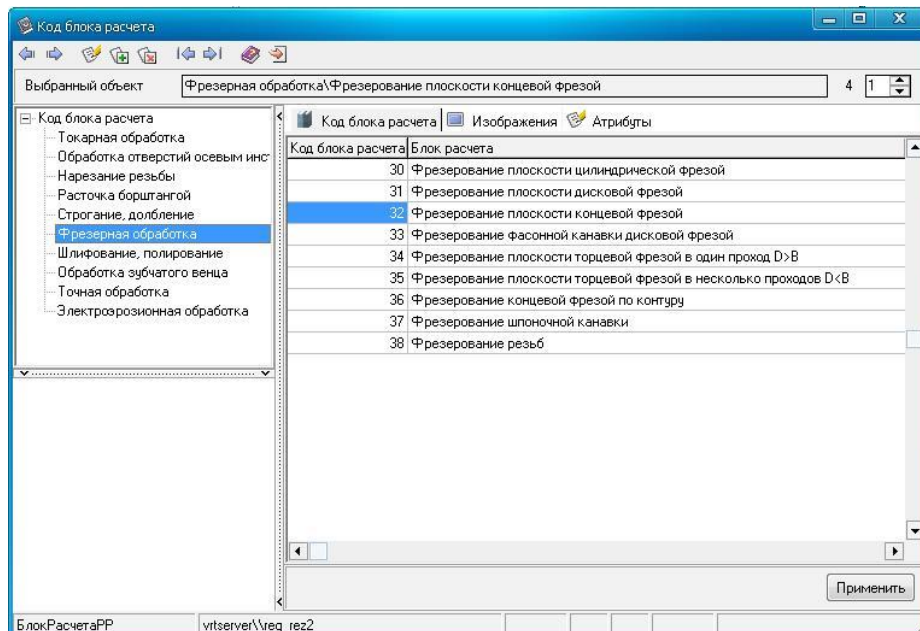


Рисунок 4.8 – Код блока розрахунку

Після цього натискаємо правою кнопкою на основний перехід, вибираємо «Додати – Режими різання». В діалоговому вікні вказуємо потрібні значення параметрів деталі та натискаємо «Розрахувати» (рисунок 4.9).

Фрезерование плоскости концевой фрезой

Материал не известен
Фреза 2225-0001 P6M5

Параметр	Переменная	Значение
Ширина фрезерования	Bf	320
Длина фрезерования	L	470
Врезание перебег	L1	4

Станок - ГФ2171

N	S прод.

Prp = 6

t = 3

i = 2

Пи

Шероховатость
Ra 1,25

Обр. поверхность

Термообработка

HRC

Жесткость станка
средняя

Ручная подача
 СОЖ

S = 118

V = 14,923 м/мин

n = 47,5 об/мин

To = 8,034 мин

Tв = ... мин

Pz = 300 кгс

Nm = 0,732 кВт

Pэ = 0,098 кВт*час

Доп. сведения

Рассчитать

Сохранить

Отмена

Рисунок 4.9 – Розрахунок режимів різання

В якості вимірювального інструменту обираємо штангенциркуль ГОСТ 166-89.

5) Аналогічно створюємо перехід для обробки глухих отворів, свердлильну операцію з відповідними переходами для свердління наскрізних отворів, фрезерну операцію з переходами для обробки деталі з

іншої сторони, операції «Контроль та випробування» та «Промивка ультразвуком».

Готовий технологічний процес показаний на рисунку 4.10.

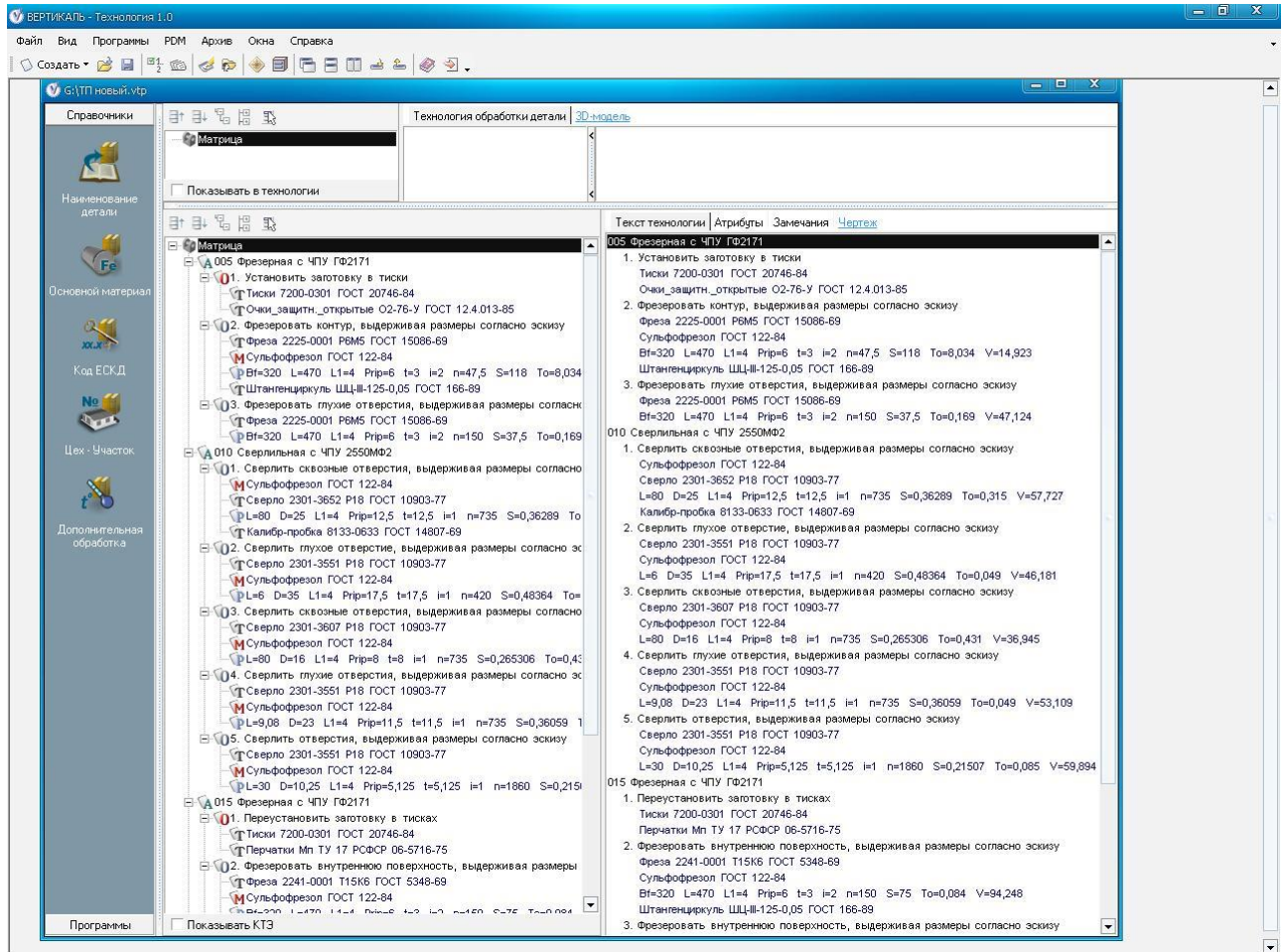


Рисунок 4.10 – Готовий технологічний процес

б) По завершенні треба сформуванати технологічну документацію. В меню програми ВЕРТИКАЛЬ-Технологія натискаємо «Програми – Формувач карт». Після цього з'являється діалогове вікно «Майстер формування технологічної документації» (рисунок 4.11). В цьому вікні вибираємо потрібні документи для формування. Було обрано титульний лист, маршрутну карту, операційну карту, ескізу карту, відомість оснастки [16].

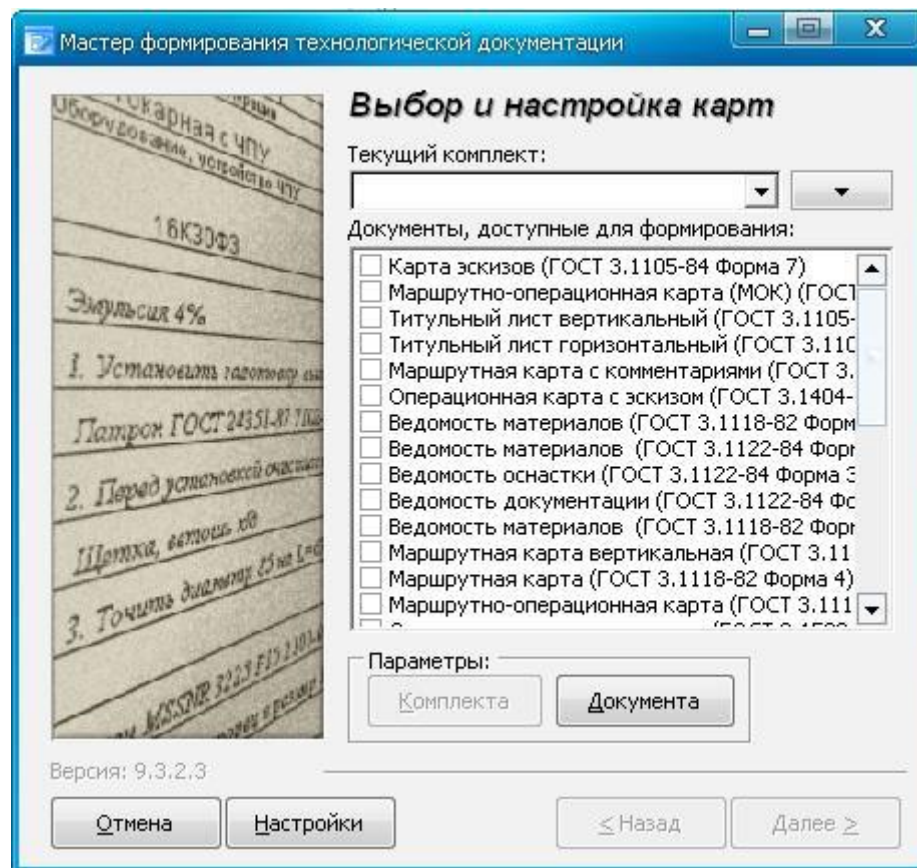




Рисунок 4.11 – Майстер формування технологічної документації


Технологічна документація представлена у додатку А.

4.6 Проектування керуючої програми для верстатів з ЧПК

Обробка деталі та створення керуючої програми здійснюються у спеціальному модулі «Обробка» програми Unigraphics NX. Для обробки деталі було використано сім інструментів: свердла діаметрами 25, 16 та 11 мм, кінцеві фрези діаметрами 5, 10 та 25 мм, сферова фреза діаметром 5 мм. Для обробки створюються траєкторії та границі.

Натискаємо кнопку «створення програми» , вводим тип програми та ім'я. Перед початком розробки керуючої програми треба розмістити на деталі систему координат. Наступний шаг – вибір заготовки. Для цього

натискаємо на інструмент «Показати заготовку в 3D» . Була обрана форма заготівлі – блок з урахуванням форми деталі.

Після того, як створена заготовка, потрібно вибрати інструмент для обробки. Натискаємо на кнопку «Створення інструменту» , обираємо тип «Drill» (свердло). Після натискання на кнопку «ОК» з'явиться вікно параметрів інструменту. Вводимо потрібні значення і знову натискаємо «ОК». Інструмент створений. Встановлення параметрів інструменту можна побачити на рисунку 4.12.

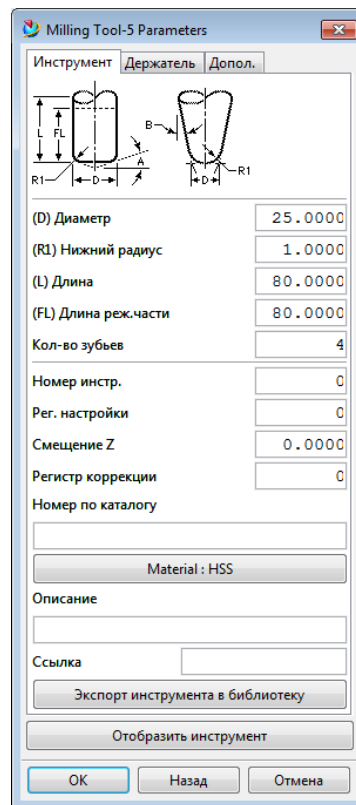



Рисунок 4.12 – Вікно параметрів інструменту

Наступний крок – створення траєкторій руху інструменту. Натискаємо на кнопку «Генерувати траєкторію» , обираємо ту поверхню або отвори, які потрібно обробити та натискаємо «ОК» (рисунок 4.13). Якщо треба обробити конкретний отвір або частину поверхні, необхідно створити

границю. Вона створюється шляхом додавання у вкладці «Межі» в дереві обробки.

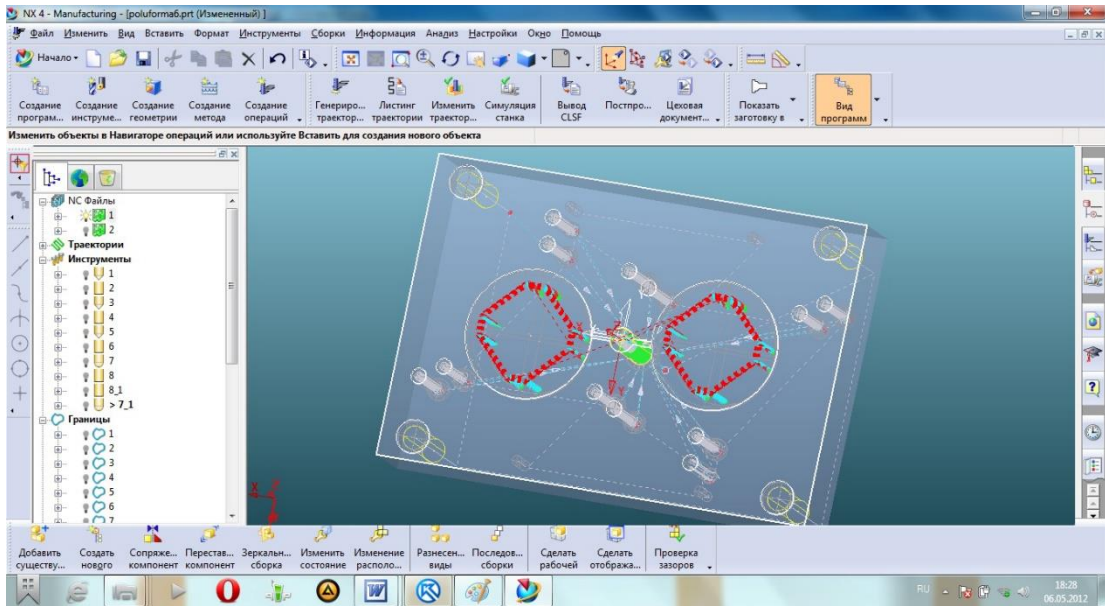


Рисунок 4.13 – Траекторії обробки деталі

Послідовність обробки:

1) спочатку модель обробляється з однієї сторони. Свердлиться наскрізні отвори діаметром 25 мм (рисунок 4.14);

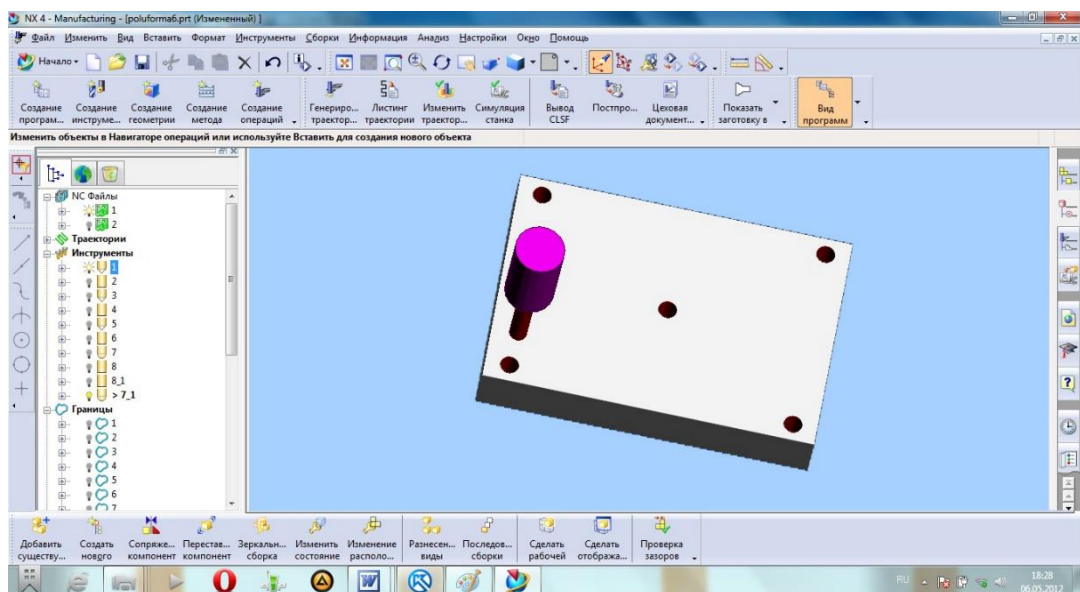


Рисунок 4.14 – Обробка отворів діаметром 25 мм

2) фрезой діаметром 10 мм проводиться цековка центрального отвору, яка представлена на рисунку 4.15;

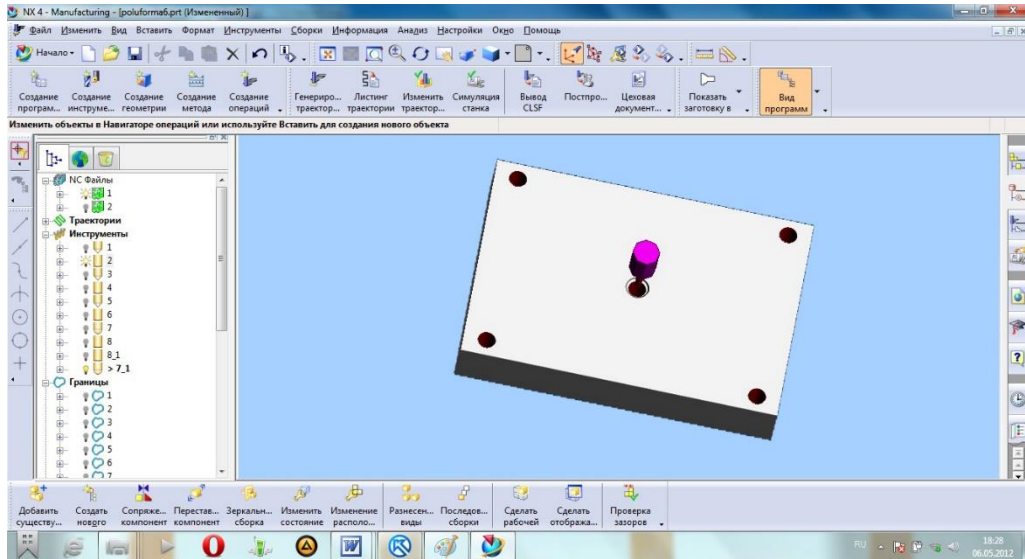


Рисунок 4.15 – Цековка центрального отвору

3) проводиться свердління наскрізних отворів діаметром 16 мм. Результат свердління показаний на рисунку 4.16;

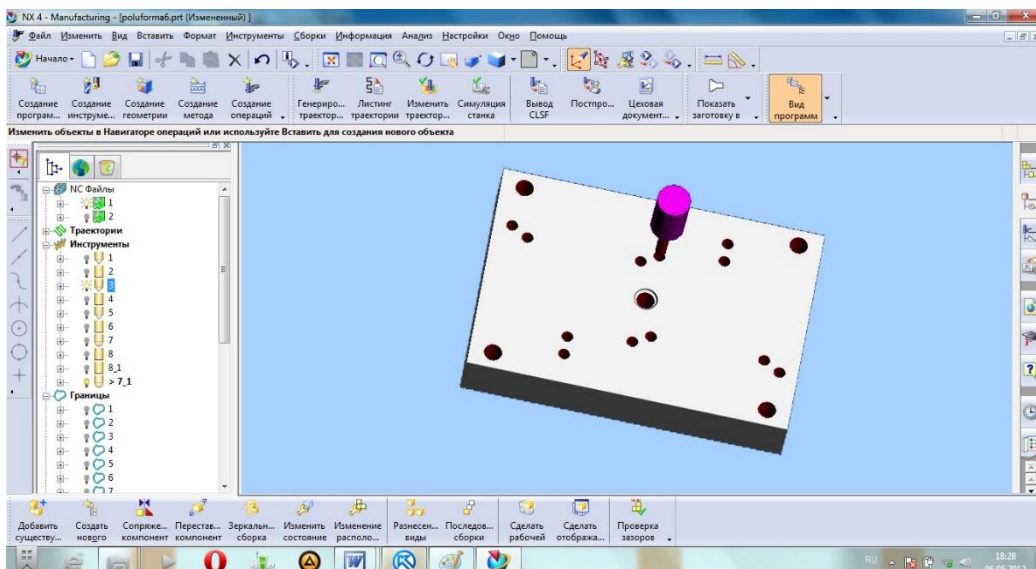


Рисунок 4.16 – Свердління отворів діаметром 16 мм

4) кінцевою фрезою діаметром 5 мм проводиться цековка оброблених раніше отворів діаметром 16 мм. Фреза робить цековку одного з шести отворів, потім цекує наступні шість отворів, роблячи іншу форму цековки. Цековка отворів представлена на рисунку 4.17;

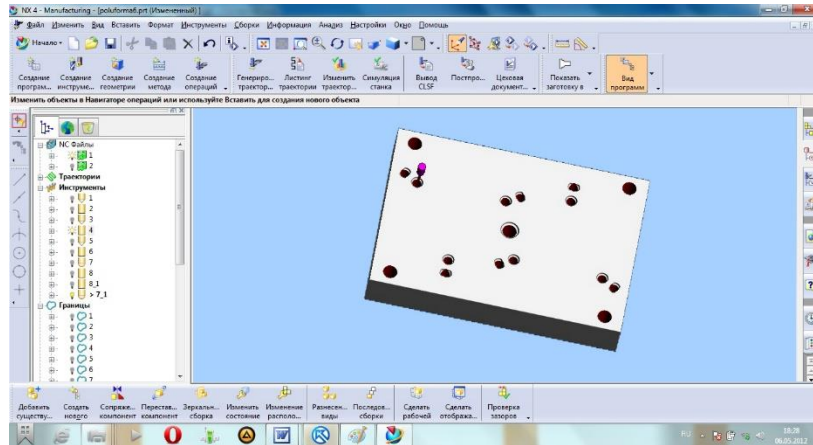


Рисунок 4.17 – Цековка отворів діаметром 16 мм

5) свердління отворів під кріплення діаметром 11 мм на глибину 30 мм;

6) далі деталь обробляється з іншої сторони. Для цього створюється ще одна система координат. Проводиться цековка отворів кінцевою фрезою діаметром 5 мм (рисунок 4.18);

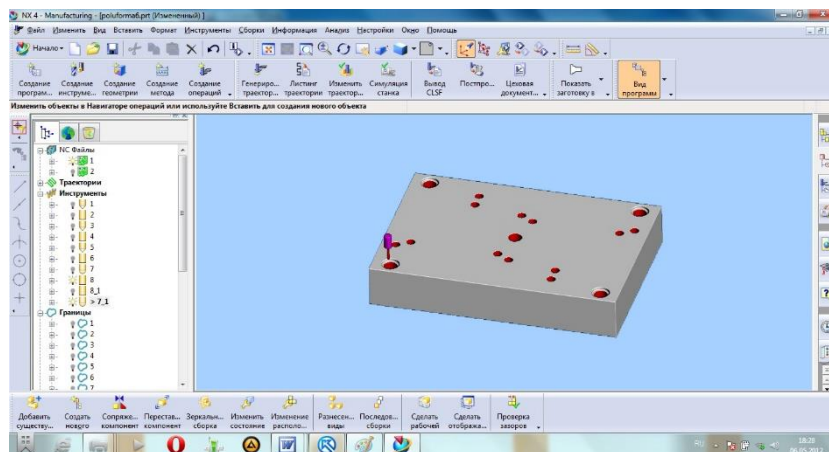


Рисунок 4.18 – Цековка отворів діаметром 25 мм

7) фрезерування внутрішньої поверхні кінцевою фрезою діаметром 25 мм із кроком 5 мм, яке представлено на рисунку 4.19;

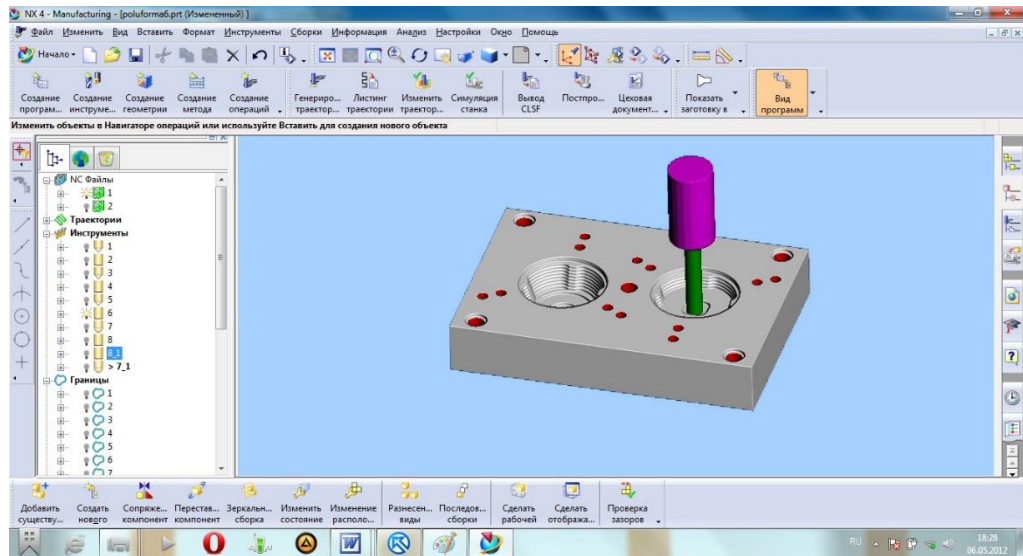


Рисунок 4.19 – Чернова обробка внутрішньої поверхні

8) чистова обробка поверхні та пазів шаровою фрезою діаметром 5 мм з кроком 0,5 мм. Чистова обробка показана на рисунку 4.20;

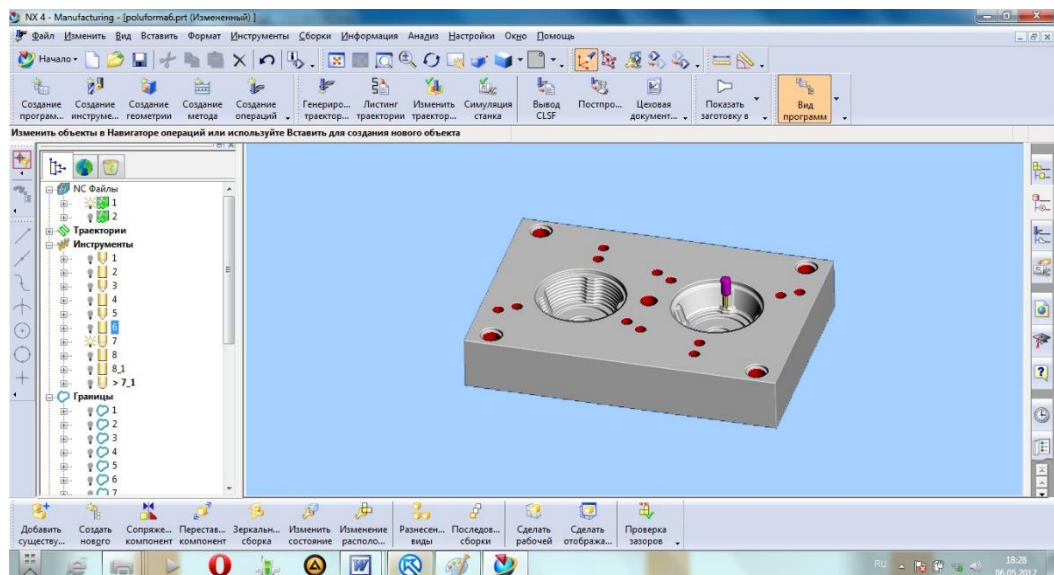


Рисунок 4.20 – Чистова обробка внутрішньої поверхні та пазів

9) зачистка нерівностей шаровою фрезою більшої висоти діаметром 5 мм з кроком 0,5 мм (рисунок 4.21).

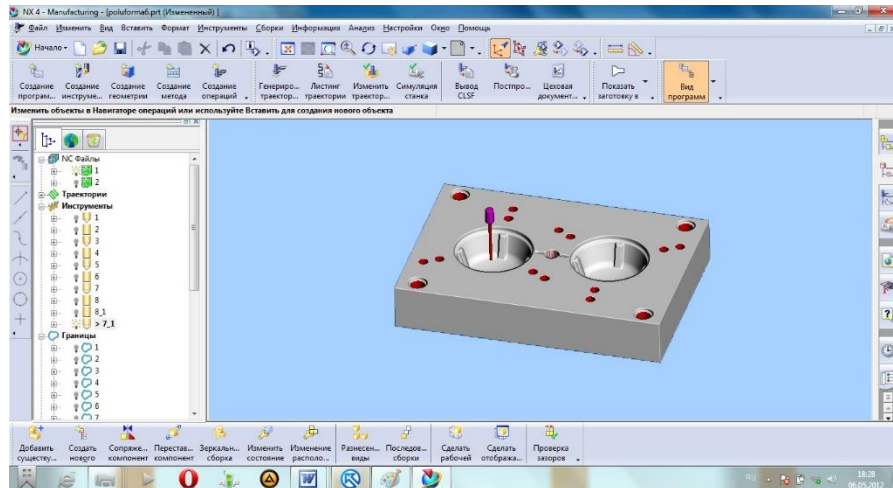


Рисунок 4.21 – Зачистка нерівностей

Перевіряємо створені траєкторії на зарізи та зіткнення і створюємо NC файл. Вікно створення NC файлу представлено на рисунку 4.22.

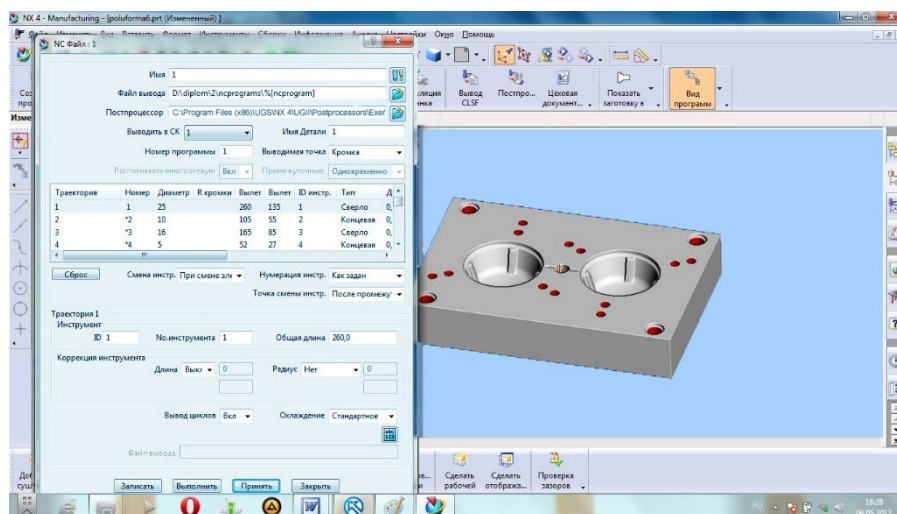


Рисунок 4.22 – Створення NC-файлу

Текст керуючої програми представлений у додатку Б.

4.7 Проектування технологічного оснащення

В процесі роботи було спроектовано та запропоновано оригінальне оснащення, яке дозволить обробляти деталь, використовуючи її специфічні

конструктивні особливості. Проектування оснащення було виконано із застосуванням віртуальної інженерії.

Віртуальна інженерія (virtual engineering) - це імітаційний метод, що допомагає інженерам у прийнятті рішень та управлінні. Віртуальна середа представляє собою обчислювальну структуру, що дозволяє точно імітувати геометричні та фізичні властивості реальних систем. Віртуальна інженерія включає імітацію різних видів інженерної діяльності, таких як машинна обробка, збірка, управління виробничими лініями, огляд і оцінка, а також процес проектування. Таким чином, віртуальна інженерія може охоплювати весь цикл розробки і виробництва продукту. Після того як змодельована деталь, імітується її машинна обробка і складання. Потім, також за допомогою імітації, зібраний прототип тестується, і в його конструкцію вносяться необхідні зміни. Коли прототип схвалений, імітується виробнича система та її функціонування.

Віртуальна інженерія дає абсолютно новий підхід до інженерних завдань. Використання імітації усуне необхідність в дорогих фізичних прототипах і фізичних експериментах. Час розробки корінним чином скоротиться, з'явиться можливість перевірити більшу кількість альтернативних варіантів конструкції, підвищиться якість кінцевого продукту. Віртуальна інженерія забезпечить також чудовий інтерфейс для клієнта, дозволяючи йому заздалегідь побачити тривимірну модель продукту і запросити конструктивні зміни. Можна буде побудувати прототип продукту, який недоступний, занадто небезпечний або занадто дорогий для того, щоб створювати його в реальності [10].

Деталь «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН є симетричною, тому можна створити керуючу програму для обробки лише половини деталі. Потім обладнання розвертає деталь на 180 градусів, і керуюча програма запускається спочатку для обробки другої половини деталі. Такий підхід значно зменшує програмний код, не порушуючи при цьому якість обробки.

Оснащення складається з плити, що жорстко кріпиться до станка, поворотної плити із затискними губками та притисків. Усі складові частини

оснащення були спроектовані окремо в програмі КОМПАС 3D та зібрані у складень.

Комп'ютерне моделювання роботи пристрою:

1) початок роботи. Деталь готується до встановлення на оснащення (рисунок 4.23);

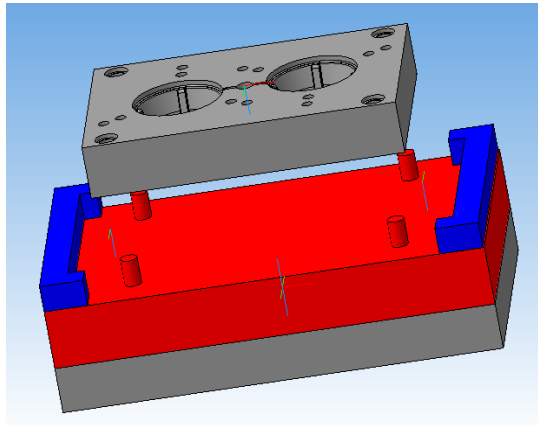


Рисунок 4.23 – Початок роботи

2) встановлення деталі на пристрій, яке показано на рисунку 4.24;

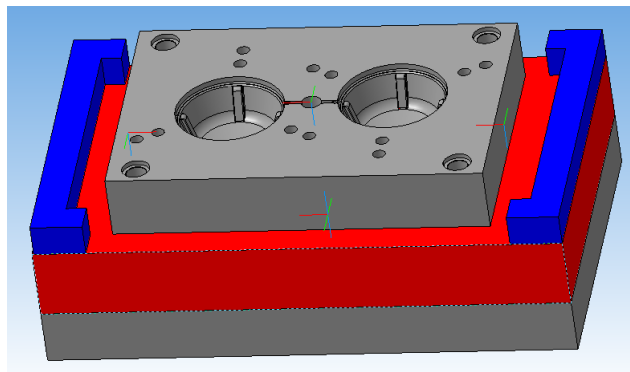


Рисунок 4.24 – Установка деталі

3) закріплення деталі притисками для обробки та подальша обробка однієї половини деталі (рисунок 4.25);

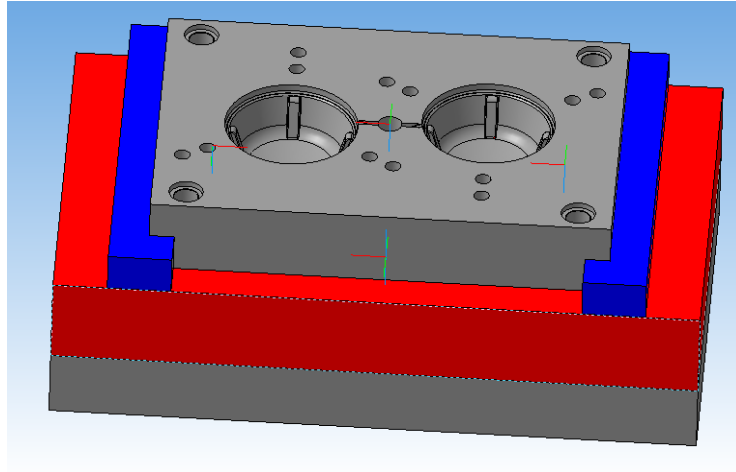


Рисунок 4.25 – Закріплення деталі

4) підйом рухомої оборотної плити з деталлю, показаний на рисунку 4.26;

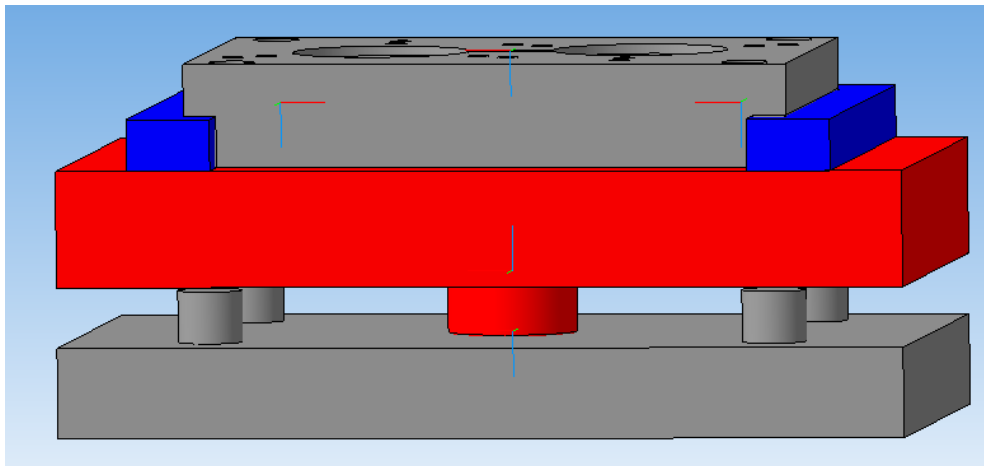


Рисунок 4.26 – Підйом рухомої частини

5) поворот деталі в оснащенні для подальшої обробки другої половини. Процес повороту деталі в оснащенні представлений на рисунку 4.27;

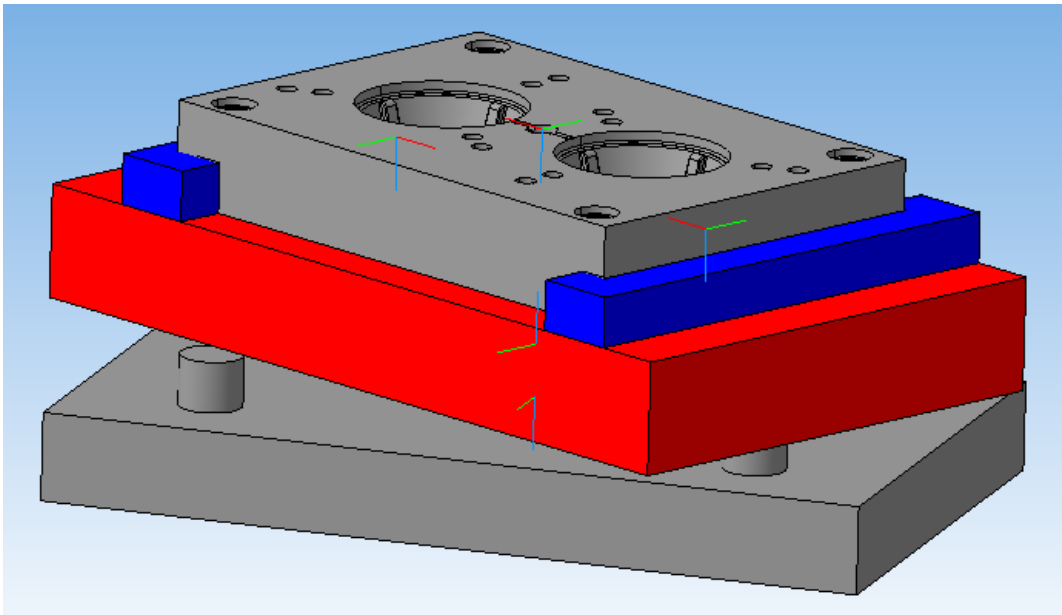


Рисунок 4.27 – Поворот деталі в оснащенні

б) Закінчення повороту, фіксація оснащення та обробка другої половини деталі (рисунок 4.28);

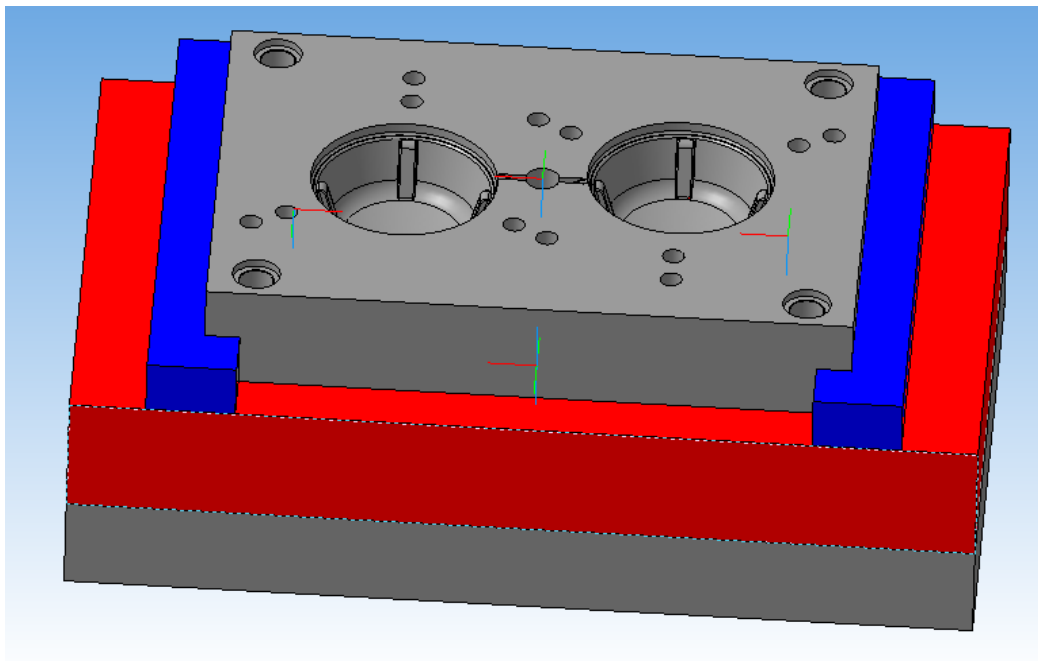


Рисунок 4.28 – Фіксація оснащення

4.8 Висновки з розділу

Технологічна підготовка забезпечує технологічну готовність підприємства до випуску продукції, визначає терміни випуску, якість і конкурентоспроможність.

Під час роботи над розділом було освоєно програму ВЕРТИКАЛЬ-Технологія та модуль для обробки програми Unigraphics. Навчилися робити технологічні процеси та управляючі програми.

Також було розглянуто проектування за допомогою віртуальної інженерії, яка дає змогу на комп'ютерній моделі перевірити роботу конструкції пристосування без виготовлення дослідного зразку. Придбані практичні навички моделювання оригінального технологічного оснащення, що дозволяє обробляти деталь, враховуючи її специфічні особливості.

РОЗДІЛ 5 РІШЕННЯ ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОЇ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5.1 Організація робочого місця

Робоче приміщення програміста-технолога належить до класу приміщень – нормальні. Це сухе приміщення, в якому відсутні ознаки жарких та запилених приміщень та приміщень з хімічно активним середовищем.

Робочі зони повинні бути ергономічно розподілені. Для зниження поганого впливу електромагнітного випромінювання необхідно використовувати техніку, яка пройшла сертифікацію. Екран монітору повинен знаходитися від очей на оптимальній відстані 600 – 700 мм, але не ближче 500 мм.

Монітор повинен мати гігієнічний сертифікат. Конструкція монітора повинна забезпечувати можливість фронтального обзору екрану шляхом повороту корпусу в горизонтальній площині навколо вертикальної осі в межах 30 градусів та в вертикальній площині навколо горизонтальної осі в межах 30 градусів з фіксацією в заданому положенні. Корпуси монітору та системного блоку повинні мати світло-сірий матовий окрас, який забезпечує дифузне розсіювання світла. Корпуси не повинні мати блискучі деталі, що можуть створювати бліки.

Клавіатура повинна бути похилою та автономною для того, щоб робітник мав змогу вибрати зручну робочу позу та запобігти втомленості рук. Простір перед клавіатурою повинен бути достатнім, щоб була опора для рук оператора. Клавіатура також не повинна мати блискучих елементів. Розподілення робочих зон для оператора представлено на рисунку 5.1.

При розміщенні робочих місць потрібно враховувати відстань між робочими столами з моніторами (в напрямку тилу поверхні одного монітора

його параметрів. Санітарні норми параметрів мікроклімату показані в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних не більше ніж	Оптимальна не більше ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
постійних	непостійних	постійних	непостійних	постійних	непостійних					
холодний	Легка – 1а	22 – 24	25	26	21	18	40 – 60	75	0,1	Не > 0,1
	Легка – 1б	21 – 23	24	26	20	17	40 – 60	75	0,1	Не > 0,2
	Сер. важк. – 2а	18 – 20	23	24	17	15	40 – 60	75	0,2	Не > 0,3
	Сер. важк. – 2б	17 – 19	21	23	15	13	40 – 60	75	0,2	Не > 0,4
	Важка – 3	16 – 18	19	20	13	12	40 – 60	75	0,3	Не > 0,5
теплій	Легка – 1а	23 – 25	28	30	22	20	40 – 60	55 (при 28°С)	0,1	0,1 – 0,2
	Легка – 1б	22 – 24	28	30	21	19	40 – 60	60 (при 27°С)	0,2	0,1 – 0,3
	Сер. важк. – 2а	21 – 23	27	29	18	17	40 – 60	65 (при 26°С)	0,3	0,2 – 0,4
	Сер. важк. – 2б	20 – 22	27	29	16	15	40 – 60	70 (при 25°С)	0,3	0,2 – 0,5
	Важка – 3	18 – 20	26	28	15	13	40 – 60	75 (при 24°С)	0,4	0,2 – 0,6

Провівши аналіз мікроклімату приміщення, було зроблено висновок, що воно майже повністю відповідає фактичним нормам.

5.3 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Проаналізувавши робоче приміщення на наявність шкідливих речовин, ми прийшли до висновку, що приміщення містить виробничий пил.

Шкідливість виробничого пилу обумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легенів.

5.4 Освітлення

В робочому приміщенні програміста-технолога присутнє природне та штучне освітлення.

Природне освітлення в приміщенні бокове одностороннє, що здійснюється через вікна. Провівши аналіз, було зроблено висновок, що природного освітлення не зовсім достатньо для даного приміщення.

Штучне освітлення в приміщенні комбіноване, складається із загального та місцевого. Загальне освітлення розміщується у верхній зоні приміщення рівномірно. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світло безпосередньо на робочих місцях.

Штучного освітлення в приміщенні достатньо для виконання робіт без ризику виникнення виробничого травматизму та професійних захворювань.

5.5 Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук

Виробничий шум – це шум на робочих місцях, ділянках або територіях підприємств, який виникає під час виробничого процесу. Шум наносить шкідливу дію на організм людини. Наслідком дії шуму можуть бути професійні захворювання, зниження працездатності, підвищення загальної захворюваності, ступеня ризику травм та нещасних випадків, пов'язаних з порушенням сприйняття попереджувальних сигналів.

Проаналізувавши робоче приміщення, зроблено висновок, що рівень шуму високий.

Вібрація серед усіх видів механічних впливів є найбільш небезпечною. Вона викликає порушення фізіологічного та функціонального станів людини. Стійкі шкідливі фізіологічні зміни називають вібраційною хворобою.

На робочому приміщенні, що аналізується, присутні технологічні вібрації, які впливають на операторів та передаються на робочі місця.

Джерелами ультразвуку на виробництві є генератори для обробки рідких розплавів, очищення відливок, очищення газів, які працюють в діапазоні частот від 12 до 22 кГц. Ультразвук викликає порушення нервової системи, головний біль, зміни кров'яного тиску, втрату слухової чутливості, стомленість.

Робоче приміщення містить інфразвук, джерелами якого є механізми, які працюють при частотах обертання менше 20 об/с. Інфразвук людина не чує, а тільки відчуває. Він руйнує організм людини, викликає порушення функцій вестибулярного апарату, головний біль.

5.6 Виробничі випромінювання

На робочому приміщенні присутні випромінювання оптичного діапазону, джерелами яких є радіоапаратура, а також електромагнітні випромінювання. Вони викликають професійні травми, стомленість, головний біль.

5.7 Розробка заходів з охорони праці

5.7.1 Методи та заходи захисту від шуму

Найбільш дієвий спосіб боротьби з шумом – це боротьба в джерелі його виникнення. Потрібно створити мало шумні механічні передачі, розробити способи зниження шуму в підшипникових вузлах та вентиляторах. Також треба застосовувати звукоізоляцію, тобто об'єкти що випромінюють шум розташовуються ізольовано від основного, менш шумного приміщення звукоізолюваною стіною або перегородкою. Також звукоізоляція досягається шляхом розташування найбільш шумного об'єкту в окремій

кабіні. В ізолюваному приміщенні і кабіні рівень шуму не зменшиться, але шум впливатиме на менше число людей [12].

5.7.2 Захист від вібрацій

Перший спосіб боротьби з вібрацією – зниження вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Тому ще на стадії проектування машин та механічних пристроїв потрібно вибирати кінематичні схеми, в котрих динамічні процеси, викликані ударами та прискореннями, були б виключені або знижені [13].

Другий спосіб – налагодження від режиму резонансу. Для послаблення вібрацій істотне значення має запобігання резонансним режимам роботи з метою виключення резонансу відповідних частот і відповідних наслідків.

Резонансні режими при роботі технологічного обладнання усуваються двома шляхами: зміною характеристик системи (маси або жорсткості) або встановленням іншого режиму роботи (налагодження резонансного значення кутової частоти змушувальної сили).

Демпфування вібрацій. Цей метод зниження вібрацій реалізується шляхом перетворення енергії механічних коливань коливної системи в теплову енергію. Збільшення витрат енергії в системі здійснюється за рахунок використання в якості конструктивних матеріалів з великим внутрішнім тертям: пластмас, металогуми, сплавів марганцю та міді, нікелетитанових сплавів, нанесення на віброуючі поверхні шару пружнов'язких матеріалів, котрі мають великі втрати на внутрішнє тертя.

Гасіння вібрацій. Для динамічного гасіння коливань використовують динамічні віброгасники пружинні, маятникові, ексцентрикові, гідравлічні. Недоліком динамічного гасника є те, що він діє лиш при певній частоті, котра відповідає його резонансному режиму коливань. Динамічне гасіння вібрацій досягається також встановленням агрегату на масивному фундаменті. Маса фундаменту підбирається таким чином, що амплітуда коливань підосви фундаменту не перевищувала 0,1—0,2 мм.

Віброізоляція полягає у зниженні передачі коливань від джерела збудження до об'єкта, що захищається, шляхом введення в коливну" систему додаткового пружного зв'язку. Цей зв'язок запобігає передачі енергії від коливного агрегату до основи або від коливної основи до людини або до конструкцій, що захищаються. Віброізоляція реалізується шляхом встановлення джерела вібрації на віброізолятори.

Засоби індивідуального захисту від вібрації застосовуються у випадку, коли розглянуті вище технічні засоби не дозволяють знизити рівень вібрації до норми. Для захисту рук використовуються рукавиці, вкладиші, прокладки. Для захисту ніг — спеціальне взуття, підметки, наколінники. Для захисту тіла — нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

З метою профілактики вібраційної хвороби для працівників рекомендується спеціальний режим праці. Наприклад, при роботі з ручними інструментами загальний час роботи в контакт з вібрацією не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни. При цьому тривалість безперервного впливу вібрації, включаючи мікропаузи, не повинна перевищувати 15—20 хвилин. Передбачається ще дві регламентовані перерви для активного відпочинку.

Всі, хто працює з джерелами вібрації, повинні проходити медичні огляди перед вступом на роботу і періодично, не рідше 1 разу на рік.

5.7.3 Виробниче освітлення

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно чинити осліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;

- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частоті реадаптації органів зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека від світильників);
- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

5.7.4 Захист від електромагнітних випромінювань

Для зменшення впливу електромагнітних випромінювань на персонал та населення, яке знаходиться у зоні дії радіоелектронних засобів, потрібно вжити ряд захисних заходів. До їх числа можуть входити організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

При захисті від випромінювання екрана повинне враховуватися затухання хвилі при проходженні через екран. Для екранування можна використовувати рослинність.

5.7.5 Електробезпека

Електрична ізоляція — це шар діелектрика або конструкція, виконана з діелектрика, котрим вкривається поверхня струмоведучих частин, або котрим струмоведучі частини відділяються одна від одної.

З метою забезпечення надійної роботи ізоляції здійснюються профілактичні заходи. Перш за все слід виключити механічні пошкодження,

зволоження, хімічний вплив, запилення. Але навіть за нормальних умов ізоляція постійно втрачає свої початкові властивості, старіє. З плином часу виникають місцеві дефекти, в зв'язку з чим опір ізоляції починає різко знижуватись, а струм втрат – зростати. В місці дефекту з'являються часткові розряди, ізоляція вигорає. Відбувається так званий пробій ізоляції, внаслідок чого виникає коротке замикання, котре може призвести до пожежі або до ураження струмом. З метою запобігання цього здійснюється періодичний і безперервний контроль ізоляції. Періодичний контроль ізоляції передбачає вимірювання активного опору ізоляції у встановлені правилами терміни (1 раз на 3 роки), а також при виявленні дефектів. Вимірювання опору ізоляції здійснюється на вимкненій електроустановці за допомогою мегомметра.

5.7.6 Розрахунок параметрів електробезпеки

Двофазне включення людини в електричне коло більш небезпечно в порівнянні з однофазним, тому що до тіла прикладається найбільша в даній мережі напруга - лінійна. При цьому сила струму $I_{ч}$, А, що проходить через людину:

$$I_{ч} = U_{л} / R_{ч},$$

де $U_{л}$ – лінійна напруга, $U_{л} = 380$ В;

$R_{ч}$ – опір тіла людини, Ом.

Згідно Правил будови електроустановок (ПБЕ) в розрахунках приймають $R_{ч} = 1000$ Ом.

$$I_{ч} = 380/1000=0,38 \text{ А},$$

У трифазній мережі з ізолюваною нейтраллю при $r_1 = r_2 = r_3 = r$ струм проходить від місця контакту через тіло людини, взуття, підлогу і недосконалу ізоляцію до інших фаз.

$$I_{ч} = U_{ф} / R_0 + r/3,$$

де R_0 – загальний опір, Ом ($R_0 = R_{ч} + R_{об} + R_{п}$; де $R_{об}$ – опір взуття;

R_{Π} – опір підлоги);

U_{ϕ} – фазна напруга, $U_{\phi} = 220 \text{ В}$;

r – опір ізоляції проводів: згідно ПБЕ повинно бути не менше 0,5

МОм на фазу дільниці мережі напругою до 1000 В.

$$R_{\text{об}} + R_{\Pi} \approx 10000 \text{ Ом}$$

$$R_0 = 100 + 10000 = 11000 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{ч}} = 220/11000 + 0,5/3 = 0,187 \text{ А}$$

При проходженні електричного струму через стрижневий заземлювач круглого перетину довжиною l і діаметром d , занурений у землю так, що його верхній кінець розташований на рівні землі, напругу дотику, $U_{\text{пр}}$, В, обчислюють за формулою:

$$U_{\text{пр}} = I_{\text{з}} \cdot \rho / 2 \cdot \pi l (\ln 4l/d - \ln (1 + x^2 + l^2/x)) \alpha,$$

де $I_{\text{з}}$ – струм замикання на землю, $I_{\text{з}} = 7,86 \text{ А}$;

ρ – питомий опір основи (грунту, підлоги і т.п.), на якому знаходиться людина, $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

x – відстань від людини до центра заземлювача, $x = 10 \text{ м}$;

α – коефіцієнт напруги торкання.

Коефіцієнт напруги торкання:

$$\alpha = \frac{R_{\text{ч}}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\Pi}} = \frac{R_{\text{ч}}}{R_0}$$

$$\alpha = 1000/11000 = 0,09$$

$$l = 2,5 \text{ м}$$

$$d = 0,012 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{пр}} &= 7,86 \cdot 100 / 2 \cdot 3,14 \cdot 2,5 (\ln 4 \cdot 2,5 / 0,012 - \ln (2,5 + 10^2 + 2,5 \cdot 2 / 10)) \cdot 0,09 \\ &= \\ &= 123,48 \text{ В} \end{aligned}$$

Крокова напруга $U_{\text{ш}}$ – це напруга між двома точками на землі, обумовлена розтіканням струму замикання, при одночасному торканні їх ногами людини.

Якщо одна нога знаходиться на відстані x від центра заземлювача, то

інша нога знаходиться на відстані $x + a$, де a – довжина кроку. Звичайно в розрахунках приймають $a = 0,8$ м.

Крокову напругу, V , визначають за формулою:

$$U_{ш} = I_z \cdot \rho \cdot a / 2\pi \cdot x \cdot (x + a)$$

$$U_{ш} = 7,86 \cdot 100 \cdot 0,8 / 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot (10 + 0,8) = 227,09 \text{ В}$$

5.8 Пожежна безпека

Пожежа — це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

Небезпека підвищеної температури середовища полягає в тому, що вдихання розігрітого повітря разом із продуктами згорання може призвести до ураження органів дихання та смерті. В умовах пожежі підвищення температури середовища до 60°C вже є небезпечною для людини.

Дим являє собою велику кількість найдрібніших часточок незгорілих речовин, що знаходяться у повітрі. Він викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу).

Недостатність кисню спричинена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція окислення горючих речовин та матеріалів.

Вибухи, витікання небезпечних речовин можуть бути спричинені їх нагріванням під час пожежі, розгерметизацією ємностей та трубопроводів з небезпечними рідинами та газами.

Система попередження пожеж виключає два основних напрямки: запобігання формуванню горючого середовища і виникненню в цьому середовищі (чи внесенню в нього) джерела запалювання.

Запобігання формуванню горючого середовища досягається: застосуванням герметичного виробничого устаткування; максимально можливою заміною в технологічних процесах горючих речовин та матеріалів негорючими; обмеженням кількості пожежо- та вибухонебезпечних речовин при використанні та зберіганні, а також

правильним їх розміщенням; ізоляцією горючого та вибухонебезпечного середовища; організацією контролю за складом повітря в приміщенні та контролю за станом середовища в апаратах; застосуванням робочої та аварійної вентиляції; відведенням горючого середовища в спеціальні пристрої та безпечні місця; використанням інгібуючих (хімічно активні компоненти, що сприяють припиненню пожежі) та флегматизуючих (інертні компоненти, що роблять середовище негорючим) добавок.

Запобігання виникненню в горючому середовищі джерела запалювання досягається: використанням устаткування та пристроїв, при роботі котрих не виникає джерел запалювання; використання електроустаткування, що відповідає за виконанням класу пожежо- та вибухонебезпеки приміщень та зон, групі і категорії вибухонебезпечної суміші; обмеження щодо сумісного зберігання речовин та матеріалів; використання устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки; улаштуванням блискавкозахисту; організацією автоматичного контролю параметрів, що визначають джерела запалювання; заземленням устаткування, видовжених металоконструкцій; використання при роботі з ЛЗР інструментів, що виключають іскроутворення; ліквідацією умов для самозаймання речовин і матеріалів.

Попередження розповсюдження пожеж, в основному визначається пожежною безпекою будівель та споруд і забезпечується: правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій; правильними об'єктно-планувальними рішеннями будівель та споруд; розташуванням приміщень та виробництв з урахуванням вимог пожежної безпеки; встановленням протипожежних перешкод в будівлях, системах вентиляції, паливних та кабельних комунікаціях; обмеженням витікання та розтікання горючих рідин при пожежі; налаштуванням протидимного захисту; проектуванням шляхів евакуації; заходами щодо успішного розгортання тактичних дій по гасінню пожежі.

Надійним і швидким засобом повідомлення про пожежу є електрична пожежна сигналізація автоматичної або ручної дії. Ручні оповіщувачі

встановлюються поза межами приміщень на відстані 150 м, всередині приміщень – на відстані 50 м один від одного.

5.9 Висновки з розділу

Безпека життєдіяльності та заходи з охорони праці мають велике значення, тому що допущені людиною помилки через невиконання цих заходів можуть привести до дуже тяжких наслідків.

Метою розділу було обґрунтування умов праці, розробка та запропонування кабінету інженера-програміста, який відповідає усім вимогам та стандартам техніки безпеки. Кабінет розроблений з урахуванням ергономічних показників та стандартів безпеки життєдіяльності. Також був проведений розрахунок робочого місця інженера-програміста, освітлення, запропоновані заходи захисту від виробничого шуму, вібрацій, випромінювань, наведені правила пожежної безпеки та зроблений розрахунок електробезпеки.

При використанні запропонованих заходів збільшиться продуктивність праці, зменшиться загальна стомлюваність працівників, покращиться якість роботи.

РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок норми часу

Нормою часу називається час, необхідний для виконання заданої роботи (операції) при визначених організаційно-технічних умовах.. Відомо, що норма часу при існуючому ТП становить 30 хв. Собівартість механічної обробки становить 24,1 грн.

Аналітично норма часу розраховується:

$$T_{ум} = T_o + T_{доп} + T_{дод},$$

де: T_o – сумарне основне (машинне) час на всю операцію;

$T_{доп}$ – допоміжний час, зв'язаний з установкою і закріпленням деталі, а також з переходом;

$T_{дод}$ – додатковий час.

Сумарний основний час визначається як сума основного машинного часу усіх переходів та операції.

Допоміжний час $T_{доп}$ - це час установлення та знімання деталі, пуск і зупинку верстату, встановлення та знімання.

$$T_{доп} = \sum_{i=1}^i t_{уст} + \sum_{i=1}^i t_{пер} \text{ хв.},$$

де $t_{уст}$ - час, який витрачається на установку деталі, хв.;

$t_{пер}$ – допоміжний час на природні потреби робітника, хв.

$$T_{доп} = 4,5 + 2 = 6,5 \text{ хв.}$$

Додатковий час - це час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та природні потреби.

$$T_{дод} = \frac{\alpha}{100} \cdot (T_o + T_{доп}), \text{ хв}$$

де: α – відсотковий коефіцієнт на відпочинок та природні потреби і дорівнює 7-8%.

$$T_{\text{дод}} = \frac{7}{100} \cdot (15,03 + 6,5) = 1,5 \text{ хв}$$

Розрахуємо норму часу по формулі 4.1:

$$T_{\text{ум}} = 15,03 + 6,5 + 1,5 = 23,03 \text{ хв.}$$

Розрахуємо річну економію норми часу:

$$T_{\text{ум}}^e = (30 - 23,03) \times 60 = 418,2 \text{ хв} = 6,97 \text{ год.}$$

Діаграма складових норм часу представлена на рисунку 6.1.

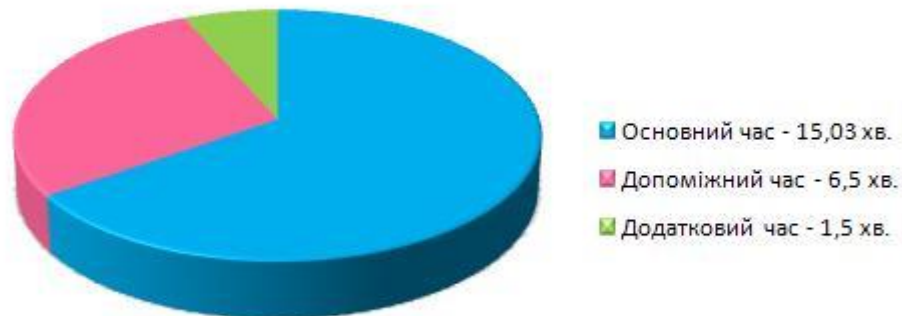


Рисунок 6.1 – Діаграма складових норми часу

6.2 Техніко-економічні показники

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta_m = \frac{\sigma_d}{\sigma_z},$$

де: σ_d - маса деталі;

σ_z - маса заготовки.

$$\eta_m = \frac{690}{960} = 0,719$$

Оскільки форма та технологія виготовлення заготовки не змінилася, то коефіцієнт використання матеріалу залишився незмінним.

Коефіцієнт використання верстата по потужності

$$\eta = \frac{N_e}{N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{вер}}},$$

де N_e – потужність, споживана на різання для найбільш
завантаженого переходу, кВт;

$N_{дв}$ - потужність електродвигуна верстата, кВт;

$\eta_{вер}$ - ККД верстата, $\eta_{вер} = 0,8 - 0,9$.

$$\eta = \frac{5,9}{7,1 \cdot 0,85} = 0,98$$

Коефіцієнт використання верстата за часом

$$\eta_{ч} = \sum \frac{T_o}{T_{шт.}}$$

$$\eta_{ч} = \frac{15,03}{23,03} = 0,65$$

Собівартість механічної обробки деталі

$$C = S \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right),$$

де H – відсоток накладних витрат;

$H = 66 \%$;

S - заробітна плата робітника.

$$S = S_i \cdot K \cdot \frac{T_{шт.к.}}{60}, \text{ грн.}$$

де S_i - годинна тарифна ставка робітника 2 розряду;

$S_i = 6$ грн.

K – тарифний коефіцієнт (вибирається по таблиці 5.1);

$T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час.

Робимо розрахунки:

$$S = 6 \cdot 1,1 \cdot \frac{23,03}{60} = 13,818 \text{ грн.}$$

$$C = 13,818 \cdot \left(1 + \frac{66}{100}\right) = 22,94 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.1 - Діючі тарифні коефіцієнти для верстатників з
погодинною оплатою

Розряд робітника	1	2	3	4	5	6
Тарифний коефіцієнт	1,05	1,1	1,27	1,39	1,56	1,82

Розрахуємо річний економічний ефект:

$$E_{\text{річ}} = (C_1 - C_2) \times A_2,$$

де: C_1, C_2 – виробнича собівартість відповідно до і після впровадження заходів по зниженню собівартості;

A_2 – річна програма випуску продукції, складає 600 шт.

$$E_{\text{річ}} = (24,1 - 22,94) \times 600 = 696 \text{ грн.}$$

На рисунку 6.2 представлена діаграма порівняльного аналізу до та після проведення модернізації.

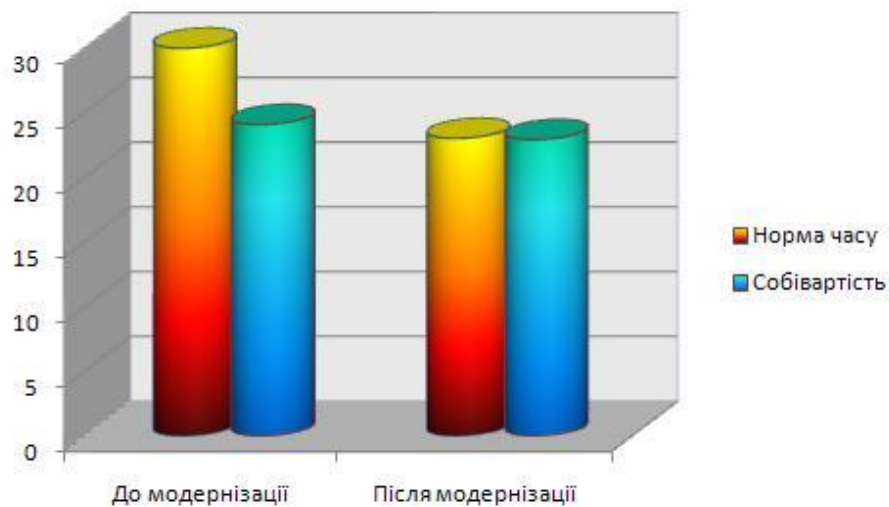


Рисунок 6.2 – Порівняльний аналіз до та після проведення модернізації

6.3 Висновки з розділу

В даному розділі було проведено розрахунки річної економії після впровадження нового технологічного процесу для виготовлення деталі на

верстаті з ЧПК. Було порівняно показники оцінок існуючого та розробленого технологічних процесів, враховувалась норма часу, собівартість механічної обробки деталі, заробітна плата робітників та інші показники.

Економічна ефективність досягається за рахунок скорочення часу на обробку, та, як наслідок, зменшення собівартості деталі.

Результати розрахунків показали, що річна економія після впровадження нового технологічного процесу складає 696 грн.

ВИСНОВКИ

Основною задачею дипломного проекту є модернізація підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації для виготовлення деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» товариства з обмеженою відповідальністю «Руслан – Комплект» з використанням САД-системи Unigraphics та розробка керуючої програми для обробного центру ГФ 2171С5.

При передпроектному обстеженні підприємства було розглянуто його сфери діяльності, організаційну структуру, технічну базу підприємства, процес обміну інформацією між технічними підрозділами.

ТОВ «Руслан – комплект» є розвиненим підприємством із великим потенціалом, доброю конкурентоспроможністю та перспективою розвитку.

При аналізі існуючої системи автоматизованого проектування підприємства, був зроблений висновок, що є необхідним впровадження на ТОВ «Руслан – Комплект» нових систем САПР. За допомогою методу аналізу ієрархій при оцінюванні декількох програмних продуктів за вісьмома критеріями було обрано та запропоновано підприємству використання САД/САМ/САЕ-системи Unigraphics. Цей вибір обґрунтовується тим, що на підприємстві технічна підготовка виробництва виконуються в різних програмних пакетах, окремо конструкторська підготовка, окремо технологічна, а передача даних здійснюється шляхом зовнішніх носіїв. Запропонована система Unigraphics дає можливість виконати технічну підготовку виробництва в одному програмному пакеті, що дозволить скоротити витрати на придбання окремих програмних пакетів та час виконання проектування та створення управляючої програми.

В процесі виконання дипломного проекту була виконана конструкторська підготовка виробництва. На цьому етапі було спроектовано 3D-модель деталі «Напівформа нерухома ПФВФ 575-ПН» та креслення, проведено розрахунки на міцність та створено спеціалізований

модуль САПР для проектування одноступінних деталей на базі мови програмування Delphi.

На етапі технологічної підготовки виробництва було створено та запропоновано підприємству технологічний процес на виготовлення деталі. Для проектування технологічного процесу було обрано програмний пакет ВЕРТИКАЛЬ-Технологія. Сформований технологічний процес відповідає всім вимогам єдиної системи технологічної документації (ЄСТД). Після створення технологічного процесу було розроблено керуючу програму для верстатів з ЧПК в програмному пакеті Unigraphics.

З використанням віртуальної інженерії було запропоновано оригінальне обладнання, яке дозволяє обробляти деталь, враховуючи її специфічні можливості. Це значно зменшує програмний код та час обробки, не порушуючи при цьому якості обробки.

В роботі було виконано розрахунки з охорони праці, спроектовано та запропоновано робоче місце інженера-програміста, проведені розрахунки економічної ефективності при впровадженні нової технологічної документації.

Були виконані всі задачі дипломного проекту та досягнута основна його мета – модернізація підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колін Г. Сіммонс, Денніс Е. Магуайр, Ніл Фелпс Manual of Engineering Drawing: British and International Standards, 2020. – 140с.
2. Андрейченко А. «ВЕРТИКАЛЬ» - новое поколение технологических САПР. Объектный подход. Статья. Журнал «САПР и графика» №6 2005 год. М, Компьютерпресс
3. Гардымов Г.П. и др. Автоматизация технологической подготовки заготовителей производства. Л. Машиностроение, 1990. – 350с.
4. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги»
5. ГОСТ 12.1.038-82 «Електробезпека. Гранично допустимі рівні напружень дотику та струмів»
6. Грувер М., Зиммерс Э. САПР и автоматизация производства. М.: Мир, 1987. – 167с.
7. Дмитрієв Ю.О. Лекція з дисципліни «Автоматизоване проектування виробів та технологій» №1
8. Дмитрієв Ю.О. Лекція з дисципліни «Автоматизоване проектування виробів та технологій» №5
9. Дмитрієв Ю.О. Лекція з дисципліни «Автоматизоване проектування виробів та технологій» №14
10. Дмитрієв Ю.О. Лекція з дисципліни «Автоматизоване проектування виробів та технологій» №26
11. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000
12. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - Київ, 2000
13. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. - Київ, 2000.

14. ДСТУ 2894-94 Пристрої екранувальні для захисту інфрачервоного випромінювання. Параметри та загальні технічні вимоги. - М., 1994
15. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Вид 2-е, стереотипне. – Львів: Афіша, 2000. – 348 с.
16. Крістіан Жантіл, Дмитро Соколов-Митрич, Жиль Гуаті Geometric Modeling of Fractal Forms for CAD, 2021 – 202 с.
17. Краснов М., Чигишев Ю. Unigraphics для професіоналов, М.: Лори, 2004, – 241 с.
18. Карл Д. Соренсен, Крістофер А. Маттсон Product Development: Principles and Tools for Creating Desirable and Transferable Designs, 2020. – 178с.
19. Іоанніс Пітас, Н. Ніколаїдіс. 3-D Image Processing Algorithms 2000, – 69 с.
20. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении. М.: Машиностроение, 1972. - 248 с.
21. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2000. – 360с.
22. Норенков И.П. Принципы построения и структура САПР. М.: Высшая школа, 1986
23. Норенков И.П., Маничев В.Б. САПР ЭВА. М.: Высшая школа, 1983. – 112 с.
24. Сейдлер Д., Бономо П. Руководство по эргономике. М., 2000. – 200 с.
25. Смелов А.О., Аблогін М.М. Методичні рекомендації по оформленню дипломних і курсових проектів. 2001
26. Федорак Ю.В., Паценкер В.Е., Пихтеева І.В. Збірник наукових праць магістрантів та студентів, Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – 132с.
27. Щедрий Я. І., Дещинський Ю.Л, Мурін О.С. та ін. Основи охорони праці: Навчальний посібник/ За ред. Я.І. Бедрія. – 3-тє вид., переробл. і доп., Львів: Магнолія плюс, видавець СПД ФО В.М. Піча, 2004. – 240с.

28. Энгельке У.Д. Как интегрировать САПР и АСТПП, М.: Машиностроение, 1990. – 320с.
29. Дуков В.О., РЕНДЕР ЗОБРАЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS 2021 PHOTOVIEW 360 : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 37-39.
30. Валієва К.М., Дуков В.О., Мацулевич О.Є., Щербина В.М. Проектування прес-форми для виготовлення повітряного гвинта авіамоделі /Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. (Мелітополь, 07-25 грудня 2020 р.) / ред. кол.: В.М. Кюрчев, В.Т. Надикто, І.П. Назаренко, О.В. Строкань та ін. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С.24-28.
31. Бохан О.Д., Дуков В.О., Пихтеева І.В. Комп'ютерне проектування робочого профілю резонаторної труби // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XVI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2021. – С.225-227.

ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ

http://www.sib.com.ua/arhiv_2007/2007-2/2007_2_sterjn_zazemlenie.htm

<http://energetic.org.ua/publ/10-1-0-8>

<http://remcomplekt.com.ua/>

<http://itsapr.com/>

https://www.researchgate.net/publication/357325856_Vikoristanna_SAPR_u_proektuvanni_sistem_avtomatizacii

https://uk.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизованого_проєктування_i_розрахунку

<https://www.economy-confer.com.ua/full-article/1889/>

ДОДАТОК А

```
unit uMain;

interface

uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
Forms,
    Dialogs, ksTLB, StdCtrls, ComObj, ComCtrls, Grids, Buttons, jpeg,
    ExtCtrls;

const
    MasReal: array [0..10] of char = ('0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','.');

type
    TVal = class(TForm)
        OpenDialog1: TOpenDialog;
        StringGrid1: TStringGrid;
        BitBtn1: TBitBtn;
        Image1: TImage;
        procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
        procedure FormShow(Sender: TObject);
        procedure FormCreate(Sender: TObject);
        procedure StringGrid1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow:
Integer;
            const Value: String);
        procedure StringGrid1DrawCell(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
            Rect: TRect; State: TGridDrawState);
        procedure StringGrid1Click(Sender: TObject);
```

```

private
  AllOk: byte;
  CheckArray: array of byte;
  { Private declarations }
  function CheckReal(str: string): boolean;
public
  { Public declarations }
end;

TPartVar=RECORD
  VarName:STRING; // имя переменной
  VarValue:REAL; // значение переменной
  VarNote:STRING; // комментарий к переменной
END;

TPartVars=ARRAY OF TPartVar;

var
  Val: TVal;
  Kompas:KompasObject; // ссылка на API-объект КОМПАС
  Doc:ksDocument3D; // ссылка на текущий документ КОМПАСа
  KompasHandle:THandle; // ссылка на окно программы КОМПАСа
  mas: TPartVars;
  s: TStringList;

implementation

{$R *.dfm}

function GetPartVars(partname:STRING):TPartVars;
var vr:ksVariableCollection;
    parts:ksPartCollection;

```

```

part:ksPart;
univar:ksVariable;
top,cur,vrr:TTreeNode;
j, numpart:WORD;
begin
parts:=ksPartCollection(doc.PartCollection(true));
// ссылка на деталь с именем partname
part:=ksPart(parts.GetByName(partname,True,True));
// ссылка на список переменных детали
vr:=ksVariableCollection(part.VariableCollection);
// цикл по переменным детали
numpart:=vr.GetCount;
SetLength(result,numpart);

for j:=0 to numpart-1 do
begin
// ссылка на отдельную переменную
univar:=ksVariable(vr.GetByIndex(j));
with result[j] do
begin
VarName:=univar.name;
VarNote:=univar.note;
VarValue:=univar.value
end
end
end;

function StartKompas(filename:string):boolean;
const ka='Kompas.Application.5';
begin
// подключение к КОМПАС 3D

```

```

Result:=true;

try
  Kompas:=KompasObject(GetActiveOleObject(ka)); // если уже запущен
except
  try
    Kompas:=KompasObject(CreateOleObject(ka)); // если не запущен
  except
    result:=false;
    exit;
  end;
end;

// получение ссылки на окно КОМПАС
KompasHandle := Kompas.KsGetHWindow;
// делаем окно КОМПАСа видимым
Kompas.Visible:=true;
// получение ссылки на текущий документ КОМПАСа
Doc := Kompas.KsDocument3D(Kompas.ActiveDocument3D);
// если такой документ есть...
if Assigned(Doc) then
  // то закрываем его
  Doc.close;
  // создаем новый документ...
  Doc := Kompas.KsDocument3D(Kompas.Document3D);
  // и загружаем в него сборку с именем filename
  Doc.Open(Trim(filename), False);
  // активируем API
  Kompas.ActivateControllerAPI();
end;

procedure ReadParts(s:TStringList);
var i:word;

```

```

parts:ksPartCollection;
part:ksPart;
num: integer;
begin
// получение ссылки на список деталей
parts:=ksPartCollection(doc.PartCollection(true));
// число деталей
num:=parts.GetCount;
s.Clear;
// деталь с номером -1 есть сама сборка
s.Add(ksPart(doc.GetPart(-1)).name);
// цикл по деталям
for i := 0 to num-1 do
begin
// получение ссылки на деталь номер i
part:=ksPart(parts.GetByIndex(i));
// помещаем имя детали в список
s.Add(part.name);
end;
end;

PROCEDURE ChangeVar(partname, varname: STRING; value_:REAL);
VAR vr:ksVariableCollection;
parts:ksPartCollection;
part:ksPart;
vrv:ksVariable;
BEGIN
// Список деталей
parts:=ksPartCollection(doc.PartCollection(true));
// Ищем деталь по имени
part:=kspart(parts.GetByName(partname,true,true));

```

```
// Список переменных детали
vr:=ksVariableCollection(part.VariableCollection);
// Ищем переменную по имени
vvv:=ksVariable(vr.GetByName(varname,true,true));
// Начинаем редактировать деталь
part.BeginEdit;
// Меняем значение переменной
vvv.value:=value_;
// Обновляем модель
part.Update;
part.RebuildModel;
// Завершаем редактирование детали с сохранением изменений
part.EndEdit(true);
// Обновляем сборку
parts.refresh
END;

procedure TVal.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var i: integer;
    part: string;
begin
    for i := 0 to StringGrid1.RowCount-1 do
        begin
            if (StringGrid1.Cells[1, i] = "") then part := StringGrid1.Cells[0, i] else
                ChangeVar(part, StringGrid1.Cells[0, i], StrToFloat(StringGrid1.Cells[1,
i]));
        end;
    Doc.Save;
    s.Free;
end;
```

```
function TVal.CheckReal(str: string): boolean;
var i, j: integer;
    z: byte;
begin
    Result := TRUE;
    for i := 1 to Length(str) do
    begin
        z := 1;
        for j := 0 to 10 do
            // proverka, 4to v stroke 4islo
            if (str[i] = MasReal[j]) then
            begin
                z := 0;
                break;
            end;
            // proverka, 4to posle zapyatoj ne bolee 1 znaka
            if (str[i] = '.') then
                if (((Length(str)-i)>1)or(str[i+1] = '.')) then z := 1;
            if (z = 1) then
            begin
                Result := FALSE;
                break;
            end;
        end;
    end;
end;

procedure TVal.FormShow(Sender: TObject);
var i,j: integer;
    c: integer;
begin
    c := 1;
```

```

StringGrid1.RowCount := c;

if (OpenDialog1.Execute) then
  if (FileExists(OpenDialog1.FileName)) then

    StartKompas({ НАРБАНИЕ FIJLA } { 'C:\Temp\Вал
пуансон\Пуансон.а3d' } OpenDialog1.FileName)
  else Application.Terminate;
  s := TStringList.Create();
  ReadParts(s);
  FOR i:=1 TO s.Count-1 DO
  begin
    StringGrid1.Cells[0, c-1] := s[i];
    StringGrid1.Cells[1, c-1] := ";";
    mas := GetPartVars(s[i]);
    for j := 0 to Length(mas)-1 do
    begin
      inc(c);
      StringGrid1.RowCount := c;
      StringGrid1.Cells[0, c-1] := mas[j].varname;
      StringGrid1.Cells[1, c-1] := FloatToStr(mas[j].varvalue);
      // StringGrid1.Cells[2, c-1] := mas[j].VarNote;
    end;
  end;

  SetLength(CheckArray, StringGrid1.RowCount);
  for i := 0 to Length(CheckArray)-1 do
    CheckArray[i] := 0;
  // s.Free;
end;

```

```
procedure TVal.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
  AllOk := 0;  
end;
```

```
procedure TVal.StringGrid1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow:  
Integer; const Value: String);  
begin  
  if (ACol = 1) then  
    if not(CheckReal(StringGrid1.Cells[ACol, ARow])) then  
      begin  
        AllOk := 1;  
        CheckArray[ARow] := 1;  
      end else  
        begin  
          AllOk := 0;  
          CheckArray[ARow] := 0;  
        end;  
  end;  
end;
```

```
procedure TVal.StringGrid1DrawCell(Sender: TObject; ACol, ARow:  
Integer; Rect: TRect; State: TGridDrawState);  
begin  
  if (ACol = 1) then  
    if (CheckArray[ARow] = 1) then  
      with StringGrid1.Canvas do  
        begin  
          Font.Color:= clRed ;  
          FillRect(Rect);  
          TextOut(Rect.Left, Rect.Top, StringGrid1.Cells[ACol, ARow]);  
        end else
```

```
with StringGrid1.Canvas do
begin
  Font.Color:= clWindowText;
  FillRect(Rect);
  TextOut(Rect.Left, Rect.Top, StringGrid1.Cells[ACol, ARow]);
end;
end;

procedure TVal.StringGrid1Click(Sender: TObject);
var i: integer;
    z: byte;
begin
  try
    // priem proverki opredelennoj (1) ja4ejki
    //if
    ((StrToFloat(StringGrid1.Cells[1,2]))<(StrToFloat(StringGrid1.Cells[1,1])))
    //then CheckArray[2] := 1;
  except
  end;

  // proverka dopyspimosti raboti
  z := 0;
  for i := 0 to Length(CheckArray)-1 do
    if (CheckArray[i] = 1) then
      begin
        z := 1;
        break;
      end;
  if (z = 0) then
  begin
    BitBtn1.Enabled := TRUE;
```

```
//LError.Visible := FALSE;  
end else  
begin  
  BitBtn1.Enabled := FALSE;  
  //LError.Visible := TRUE;  
end;  
  
end;  
  
end.
```

ДОДАТОК Б

%

:0001

N10(NC FILE : 1)

N20(DATE : 06.05.12 & TIME - 15:02:54)

N30(PMPost VERSION : 4.800 CB01100)

N40(MACHINE TOOL : --- & MODEL : ---)

N50(CONTROLLER : Fanuc & SERIES : ---)

N60(OPTION FILE : Fanuc)

N70(OUTPUT WP : 1)

N80(OUTPUT UNITS : MM)

N90G91G28X0Y0Z0

N100G40G17G80G49

N110G0G90

N120(=====)

N130(TOOLPATH : 1)

N140(STRATEGY USED : Drill)

N150(TOOLPATH WP : 1)

N160(=====)

N170(TOOL TYPE : DRILL)

N180(TOOL NAME : 1)

N190(TOOL DIA.: 25 & TIP RAD.: 0 & LENGTH : 260)

N200T1M6

N210G54G90

N220S1500M3

N230M8

N240G0X0Y0

N250G43Z90.H1

N260G81G99Z-89.314R5.F1000

N270G80
N280G81G99X-200.Y135.Z-82.814R5.F1000
N290Y-135.
N300X200.
N310Y135.
N320G80
N330X0Y0
N340Z10.
N350(=====)
N360(TOOLPATH : 2)
N370(STRATEGY USED : Offset_area_clear)
N380(TOOLPATH WP : 1)
N390(=====)
N400M9
N410G91G28Z0
N420G49H0
N430G28X0Y0
N440(TOOL TYPE : ENDMILL)
N450(TOOL NAME : 2)
N460(TOOL DIA.: 10 & TIP RAD.: 0)
N470T2M6
N480G54G90
N490S1500M3
N500M8
N510G0X0Y0
N520G43Z10.H2
N530X.693Y-1.216
N540Z5.
N550G1Z-4.9F500
N560X.939Y-1.068F1000
N570X1.12Y-.905

N580X1.23Y-.763

N590X1.323Y-.6

N600X1.365Y-.494

N610X1.405Y-.331

N620X1.43Y-.113

N630Y.113

N640X1.405Y.331

...

N178600X145.863Y1.616

N178610Z5.

N178620G1Z-50.001F500

N178630X146.166Y1.498Z-50.127F1000

N178640X146.349Y.832Z-49.912

N178650X146.33Y.758

N178660G0Z10.

N178670X109.232Y-36.315

N178680Z5.

N178690G1Z-49.922F500

N178700X108.974Y-36.362F1000

N178710X108.641Y-36.257Z-50.039

N178720X108.475Y-36.151Z-50.018

N178730X108.373Y-35.889Z-49.899

N178740G0Z10.

N178750X91.597Y-35.886

N178760Z5.

N178770G1Z-49.96F500

N178780X91.568Y-35.964Z-49.992F1000

N178790X91.325Y-36.232Z-50.059

N178800X90.826Y-36.353Z-49.897

N178810X90.758Y-36.337Z-49.898

N178820G0Z10.

N178830X53.637Y.697
N178840Z5.
N178850G1Z-49.876F500
N178860X53.525Y1.166Z-49.874F1000
N178870X53.676Y1.498Z-49.93
N178880X54.079Y1.648Z-49.753
N178890G0Z10.
N178900X54.066Y18.447
N178910Z5.
N178920G1Z-49.89F500
N178930X53.712Y18.648Z-50.025F1000
N178940X53.621Y18.981Z-49.914
N178950X53.682Y19.238Z-49.916
N178960G0Z10.
N178970X90.777Y56.304
N178980Z5.
N178990G1Z-49.934F500
N179000X90.992Y56.351Z-49.933F1000
N179010X91.492Y56.216Z-50.093
N179020X91.62Y55.877Z-49.948
N179030G0Z10.
N179040M9
N179050G91G28Z0
N179060G49H0
N179070G28X0Y0
N179080M30
%