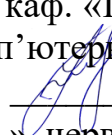


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. «Інженерна механіка та
комп'ютерне проектування»
доц.  Олександр ВЕРШКОВ
« 12 » червня 2025 р.

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

на тему: «Комп'ютерне проектування технологічного оснащення
виготовлення прес-форми для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» на
основі CAD/CAM/CAE-модулів системи Unigraphics»»

17 ПМД. 9683900.06.25/000000 ПЗ

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


_____ Кіріл ІЛЬКІВ
(підпис)

Керівник доц. 
_____ Олександр ВЕРШКОВ
(підпис)

Консультант доц. 
_____ Михайло ЗОРЯ
(підпис)

Консультант доц. 
_____ Лариса БОЛТЯНСЬКА
(підпис)

Нормоконтроль доц. 
_____ Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Рецензент 
_____ Дмитро БЕШТА
(підпис)

Запоріжжя - 2025 рік

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Факультет: МТ

Кафедра: ІМКП

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ІМКП

к.т.н, доц.  Олександр ВЕРШКОВ

«18» березня 2025р.

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

Ільківа Кіріла Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерне проектування технологічного оснащення виготовлення прес-форми для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» на основі CAD/CAM/CAE-модулів системи Unigraphics», затверджена наказом по університету від 21 жовтня 2024 року за № 481-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 16 червня 2025 року.

2. Вихідні дані до проекту (роботи): завдання на розробку кваліфікаційної роботи.

3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): провести обстеження підприємства у відповідності до ТЗ, створити комплект технологічної документації, вибрати програмне забезпечення для підвищення автоматизації проектних процедур, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності ТП.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):

4.1 Аналіз існуючої конструкції деталі

4.2 Перевірка деталі на теплову деформацію

4.3 Параметризація деталі

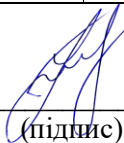
4.4 Розробка керуючої програми для верстату з ЧПУ

4.5 Економічні показники ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу

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

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

Керівник


(підпис)

Олександр ВЕРШКОВ

Завдання прийняв до виконання



Кіріл ІЛЬКІВ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

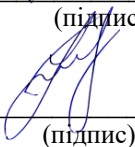
Пор. №	Назва станів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Передпроектне обстеження системи технічної підготовки ТОВ «Біол»	08.05-10.05	виконано
2	Перевірка деталі на міцність	11.05-12.05	виконано
3	Розробка технологічного процесу	15.05-19.05	виконано
4	Розробка керуючої програми	22.05-26.05	виконано
5	Розробка модуля розрахунку	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 роботи в цілому	12.06-16.06	виконано
9	Підпис роботи у консультантів і нормоконтроля	12.06-16.06	виконано

Студент-дипломник


(підпис)

Кіріл ІЛЬКІВ

Керівник роботи


(підпис)

Олександр ВЕРШКОВ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи представлено у вигляді розрахунково-пояснювальної записки обсягом 83 сторінок друкованого тексту формату A4(210×297), додатки та 8 аркушів креслярсько-графічних робіт формату A4(210×297), містить 5 розділів, 26 рисунків, 5 таблиць та список використаної літератури кількістю 28 найменувань.

Об'єктом дослідження в даній роботі є система технічної підготовки виробництва підприємства ТОВ «БІОЛ».

Метою роботи є модернізація технологічного оснащення для виготовлення ливарної форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003».

В першому розділі проводиться обстеження і аналіз підприємства.

У другому розділі проводиться конструкторська підготовка виробництва.

У третьому розділі технологічна підготовка виробництва.

У четвертому розділі охорона праці.

У п'ятому розділі розрахунок економічної ефективності при упровадженні нового технологічного процесу.

Для розробки програми було обрано програмно – методичний комплекс Unigraphics NX9. Цей продукт має всі необхідні властивості і можливості для реалізації поставленої мети в обраному напрямку роботи.

Були розроблені операційний технологічний процес та управляюча програма.

Ключові слова: технічне завдання, програмне забезпечення, система автоматизованого проектування, Unigraphics, числове програмне керування, автоматизована система, технологічний процес, коефіцієнт міцності.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АС автоматизована система;

АСНД автоматизовані системи наукових досліджень;

АСУ автоматизовані системи управління;

АСУП автоматизовані системи управління підприємствами;

АСУТП автоматизовані системи управління технологічними процесами

ЕСКДЄдина система конструкторської документації ;

ЖЦВ Життєвий цикл виробу;

ПЗ програмне забезпечення;

САПР система автоматизованого проектування;

ТЗ технічне завдання;

ТОВ товариство з обмеженою відповідальністю;

ТП технологічний процес;

УЗП універсально-збірні пристосування;

УП управляюча програма;

ЧПУ числове програмне управління;

АРМ автоматизоване робоче місце;

PDM Product Data Management;

PLM Product Lifecycle Management;

CAM Computer-Aided Manufacturing;

CAE Computer-Aided Engineering;

CAD Computer-Aided Design.

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Номер листа	Примітки			
1	A4	17ПМД.9683900.06.25/000 000 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна						
2			записка	83					
3	A1	17ПМД.9683900.06.25/010 000	Тема та задачі						
4			кваліфікаційної роботи	1	1				
5	A1	17ПМД.9683900.06.25/210 000	Аналіз технологічності						
6			конструкции деталі	1	2				
7	A1	17ПМД.9683900.06.25/220 000	3D модель ливарної форми						
8			Деталі «Корпус клапану						
9			МПВ 349.003»	1	3				
10	A1	17ПМД.9683900.06.25/230 000	Дослідження напружених						
11			станів та можливих						
12			деформації деталі	1	4				
13	A1	17ПМД.9683900.06.25/310 000	Робота програмного						
14			модуля спеціалізованої						
15			САПР	1	5				
16	A1	17ПМД.9683900.06.25/320 000	Етапи створення керуючої						
17			програми	1	6				
18	A1	17ПМД.9683900.06.25/410 000	Охорона праці	1	7				
19	A1	17ПМД.9683900.06.25/510 000	Техніко-економічні						
20			показники проекту	1	8				
21									
			17 ПМД. 9683900.06.25/000000						
Зм	Лист	№ докум.					Підпис	Дата	
Розроб.		Ільків К.М.		12.06	Комп'ютерне проектування технологічного оснащення виготовлення прес-форми для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» на основі CAD/CAM/CAE-модулів системи Unigraphics»	Літ	Лист	Листів	
Перевір.		Вершков О.О.		12.06				1	1
Консул.		Зоря М.В.		12.06		ТДАТУ, 2025			
Консул.		Болтянська Л.О.		12.06					
Н.контр.		Мацулевич О.Є.		12.06					
Затв.		Вершков О.О.		12.06					

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ ТОВ «БІОЛ» ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛИВНИКОВОЇ ФОРМИ ДЕТАЛІ «КОРПУС КЛАПАНАУ МПВ 349.003» ТА ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ	
1.1 Загальні відомості про підприємство та продукція, що виготовляється на ТОВ «БІОЛ».....	12
1.2 Роль САПР в вирішенні завдань технологічного забезпечення етапів життєвого циклу виробу.....	14
Висновки по першому розділу.....	18
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.....	19
2.1 Етапи конструкторської та технологічної підготовки виробництва...	19
2.1.1 Технологічна підготовка виробництва	19
2.1.2 Конструкторська підготовка виробництва	22
2.2 Обґрунтування вибору автоматизованої CAD, CAM, CAE системи проектування конструкторської та технологічної документації	25
2.2.1 Метод аналізу ієрархій для вибору системи Unigraphics	25
2.2.2 Загальні відомості про програмно-методичного комплексу Unigraphics NX9.....	30
2.3 Створення 3-D моделі і креслення ливникової форми розрахункової деталі.....	33
2.4 Розрахунки на міцність та теплоту ливарнуу форму деталі «КОРПУС КЛАПАНАУ МПВ 349.003».....	36
2.5 Проектування технологічного процесу для виготовлення ливарної форми деталі «КОРПУС КЛАПАНАУ МПВ 349.003».....	41
Висновки до другого розділу.....	46

РОЗДІЛ 3	РОЗРОБКА	ПРОГРАМНОГО	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
	ВИГОТОВЛЕННЯ	ЛИВНИКОВОЇ	ФОРМИ	ДЕТАЛІ«КОРПУС
	КЛАПАНУ МПВ 349.003»	ДЛЯ ПІДПИСМСТВА ТОВ «БІОЛ»		47
3.1	Створення програмного забезпечення проектування ливарної форми	деталі «КОРПУС КЛАПАНУ МПВ 349.003» із застосуванням API –	технологій.....	47
3.1	Розробка інформаційної моделі системи.....			47
3.1.2	Інженерні вимоги до програмного забезпечення.....			48
3.1.3	Створення програми проектування деталі з використанням API-технологій.....			50
3.2	Розробка керуючої програми для верстату з числовим програмним управлінням.....			55
3.2.1	Основні етапи створення управляючої програми.....			55
3.2.2	Формування NC файлу.....			58
	Висновки до третього розділу.....			59
РОЗДІЛ 4	ОХОРОНА ПРАЦІ.....			60
4.1	Аналіз умов праці на робочому місці.....			60
4.2	Аналіз небезпечних та шкідливих чинників.....			60
4.3	Розробка заходів з охорони праці.....			64
4.3.1	Ергономіка та організація робочого місця.....			64
4.3.2	Нормалізація повітря робочої зони.....			64
4.3.3	Виробниче освітлення.....			65
4.3.4	Захист від виробничого шуму.....			65
4.3.5	Електробезпека.....			65
4.4	Розрахунок штучного освітлення.....			66
4.5	Розрахунок кондиціонування повітря.....			68
	Висновки до четвертого розділу.....			69
РОЗДІЛ 5	РОЗРАХУНОК	ЕКОНОМІЧНОЇ	ЕФЕКТИВНОСТІ	ПРИ
	ВПРОВАДЖЕНІ	ПРОПОНОВАНОЇ	СИСТЕМИ	ПРЕКТУВАННЯ.....
				70

5.1	Розрахунок норми часу.....	70
5.2	Техніко-економічні показники.....	71
5.2.1	Коефіцієнт використання матеріалу.....	71
5.2.2	Коефіцієнт використання верстата по потужності.....	71
5.2.3	Коефіцієнт використання верстата за часом.....	72
5.2.4	Собівартість механічної обробки деталі.....	72
5.3	Розрахунок економічної ефективності.....	73
	Висновок до п'ятого розділу.....	74
	ВИСНОВОК.....	75
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	77
	ДОДАТКИ.....	79

ВСТУП

У сучасних умовах ефективність виробничих процесів значною мірою залежить від науково обґрунтованої технічної підготовки виробництва, яка охоплює конструкторські, технологічні та організаційні аспекти. Її своєчасність і якість істотно впливають на всі техніко-економічні показники діяльності підприємства. З цієї позиції комплексна автоматизація виробництва розглядається як цілісна система, що охоплює всі етапи – від досліджень і проектування до технологічної підготовки та організації виробничого процесу. У сучасній промисловості розвинутих країн масове виробництво поступово поступається місцем серійному, що потребує нового підходу до організації автоматизації. Все ширше впроваджується високопродуктивне, проте вартісне обладнання, таке як верстати з числовим програмним керуванням, промислові роботи, автоматизовані склади та транспортні системи, контрольно-вимірювальні засоби й мікропроцесорна техніка. Це, у свою чергу, зумовлює зростання частки основних виробничих фондів і потребує більш ретельної підготовки виробництва.

При вирішенні завдань ТПВ особливу увагу слід приділити уніфікації та стандартизації виробів, технологічних процесів, переналагоджуваної технологічної оснастки, верстатних модулів і станків з ЧПК. Одночасно необхідно вирішити питання розробки єдиного математичного та програмного забезпечення систем автоматизованого проектування, технологічної підготовки, планування та організації виробництва. Від окремих систем, здатних вирішувати лише приватні питання, слід переходити до створення інтегрованих систем, що охоплює весь виробничий комплекс - дослідження, конструкторські та технологічні розробки, проектування, планування та організацію виробництва, управління технологічними процесами і якістю продукції та ін.

Метою даної дипломної роботи є розробка комплексу конструкторської документації ливникової форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» ТОВ

«БІОЛ» в системі автоматизованого проектування з використанням САД-системи Unigraphics та розробка керуючої програми для верстату з ЧПК.

Об'єктом дослідження є система технічної підготовки виробництва на ТОВ «БІОЛ».

Предметом дослідження є комплект технологічної документації для виготовлення прес-форми для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003».

Для досягнення поставлених задач в проекті вирішувались наступні задачі:

- провести аналіз конструкції існуючої деталі;
- виконати перевірку заданої деталі на теплоту;
- розробити технологічний процес обробки деталі на верстаті з ЧПК;
- створити керуючу програму для обробки деталі для верстата з ЧПК;
- розробити спеціалізований модуль для проектування деталі (технологія API);
- провести аналіз умов праці технолога;
- зробити порівняльний аналіз економічної ефективності впровадження результатів роботи.

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

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ ТОВ «БІОЛ» ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛИВНИКОВОЇ ФОРМИ ДЕТАЛІ «КОРПУС КЛАПАНУ МПВ 349.003» ТА ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ

1.1 Загальні відомості про підприємство та продукція, що виготовляється на ТОВ «БІОЛ»

У 2003 році підприємство освоїло випуск литого алюмінієвого посуду з антипригарним покриттям. Підприємство використовує у виробництві тільки високоякісне покриття, яке наносить на автоматизованій лінії напилювання покриттів італійської фірми «NOVAC».

Їхню продукцію можна зустріти на всій території України та ближнього зарубіжжя. ТОВ «Біол» постійно розширює асортимент продукції, що випускається, збільшує обсяги виробництва.

Алюмінієвий посуд – ідеальна для приготування їжі:

- легка, красива, довговічна;
- екологічно бездоганна;
- прекрасний зовнішній вигляд;
- доступна ціна.

Посуд виробляється з харчових алюмінієвих сплавів. Екологічність продукції гарантується високою якістю сировини і матеріалів. Вся продукція сертифікована Державною системою сертифікації УкрСЕПРО і має численні дипломи[28].

ТОВ «БІОЛ» є постійним учасником регіональних і міжнародних виставок товарів народного споживання: Примус – AMBIENTE України, Слов'янський базар, Міжнародна виставка індустрії Посуду, Household Expo-2008 і т.д.

Продукція підприємства заслужено користується попитом у споживачів. Комфорт, високі технології, елегантність стилю й доступні ціни відрізняють посуд ТОВ «БІОЛ».

Виробництво посуду – особливості та технології ТОВ «БІОЛ» - це самостійне підприємство, основним видом діяльності якого є виробництво литий алюмінієвого посуду, виробів з пластмаси, оснащення для лиття, прес-форм і штампів.

ТОВ «БІОЛ» першим в Україні освоїло якісно новий рівень виробництва посуду з антипригарним покриттям. Це стало можливим, завдяки введенню італійської автоматизованої лінії «NOVAC» з нанесення двошарового антипригарне покриття.

Антипригарне покриття наноситься методом напилення. Цей метод дозволяє довести товщину внутрішнього шару до 35 мкм. Термін служби виробів, виготовлених із застосуванням методу напилювання досягає 6 років. Антипригарні властивості посуду і довговічність експлуатації посуду вище при використанні покриттів, нанесених даним методом.

Посуд з потовщеним дном виготовлена способом ручного лиття в кокіль за спеціальною технологією. Таким чином, товщина стінки корпуса становить 3,5 мм, дна 7 мм, що сприяє рівномірному розподілу тепла при нагріванні. Метод кокильного лиття вважається одним з найбільш якісних і екологічно чистих, і виконується тільки з харчових алюмінієвих сплавів. На різних стадіях фахівці з якості посуду контролюють виробництво згідно з певними вимогами: вироби, призначені для нанесення покриття, повинні бути виготовлені з однорідного металу, однакової товщини, щоб уникнути деформацій; поверхня виробу не повинна мати тріщин, вм'ятин; покриття повинне мати товщину шару на дні 20 – 35 мкм і забезпечувати антипригарні властивості, не прилипання харчових продуктів, термостійкість[28].

На підприємстві постійно ведеться робота над новими видами посуду, дизайном, кольоровою гамою, покриттям, оригінальною фурнітурою, новими лініями. Коло питань, над якими працюють провідні спеціалісти ТОВ «БІОЛ», весь час розширюється.

На продукцію, яка випускається на підприємстві є заключення Запорізької обласної СЕС:

- посуд господарський литий з алюмінієвих сплавів відповідно до загальних ТУ РСТ УРСР 117-89Е від 14.08.2007р. за № 05.03.02-04/41119 строком дії до 14.08.2012;

- посуд господарський литий з алюмінієвих сплавів з антипригарним покриттям згідно загальних ТУ РСТ УРСР 117-89Е від 14.08.2007р. за № 05.03.02-04/41123 строком дії до 14.08.2012;

- кришка скляна з жароміцного скла торгової марки SINEL від 14.08.2007р. за № 05.03.02-03/41120 строком дії до закінчення контракту № 3-CR від 01.11.2006р. і доп. угоди до нього № 2 від 20.07.2007;

- кришка скляна з жароміцного скла торгової марки PYREX від 10.02.2009г. за № 05.03.02-03/6134 строком дії до закінчення контракту № 7-С від 28.11.2008;

- знімна бакелітова ручка (комплект) марки RS-1-UN і рухома бакелітова ручка марки MV-UN для алюмінієвих сковорід та аструль за № 05.03.02-03/19334 від 03.04.2009г. на період дії контракту SALES 5-B від 19.06.2008[28].

1.2 Роль САПР в вирішенні завдань технологічного забезпечення етапів життєвого циклу виробу

Проектування – створення приобразовання і представлення в прийнятій формі образу цього ще не існуючого об'єкту[28].

Життєвий цикл виробу (або продукції) охоплює весь спектр процесів, що здійснюються від моменту виникнення суспільної потреби у певному продукті до її задоволення та остаточної утилізації об'єкта [12].

У промисловому виробництві життєвий цикл продукції складається з послідовних етапів, які починаються з формування ідеї нового виробу і завершуються його утилізацією після завершення строку експлуатації. Типова структура етапів життєвого циклу промислового продукту наведена на рисунку 1.1.

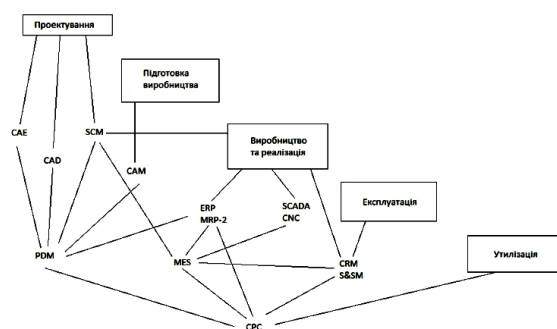


Рисунок 1.1 - Етапи життєвого циклу промислових виробів і використувані АС

Кожен етап життєвого циклу має свої специфічні завдання. Так, під час проєктування, технічної підготовки виробництва та самого виробництва важливо забезпечити відповідність продукції вимогам, що до неї ставляться, дотримуючись при цьому необхідного рівня надійності виробу та оптимізуючи витрати ресурсів і часу. Це критично важливо в умовах ринкової конкуренції. Під поняттям ефективності розуміють не лише зменшення собівартості продукції чи скорочення строків проєктування та виготовлення, але й простоту впровадження виробу у виробництво, а також зниження витрат на його експлуатацію в майбутньому [2].

Процес проєктування значною мірою автоматизується за допомогою САПР. У межах машинобудування САПР поділяються на системи

функціонального, конструкторського та технологічного проектування. Системи функціонального проектування (CAE — Computer Aided Engineering) орієнтовані на інженерні розрахунки та аналіз. Конструкторське проектування здійснюється з використанням CAD-систем (Computer Aided Design). Для автоматизації технологічної підготовки виробництва застосовуються АСТПВ, що входять до складу САМ-систем (Computer Aided Manufacturing).

Для забезпечення інтеграції між різними компонентами САПР — CAE, CAD, САМ — та координації їхньої роботи, а також для ефективного керування проектною інформацією використовуються системи управління даними про продукт — PDM (Product Data Management). Такі системи можуть бути як невід’ємною частиною конкретного комплексу САПР, так і функціонувати автономно, забезпечуючи сумісну роботу з різними програмними платформами [5].

На більшості стадій життєвого циклу продукції — починаючи з етапу вибору постачальників сировини та комплектувальних елементів і завершуючи реалізацією готової продукції — актуальним є використання систем управління ланцюгами постачання (Supply Chain Management, SCM). Ланцюг постачання зазвичай трактується як послідовність етапів створення доданої вартості при переміщенні продукції від виробника до кінцевого споживача. Під час планування виробничих процесів SCM забезпечує вибір відповідної стратегії виготовлення. У випадку, коли виробничий цикл коротший за термін очікування замовником готової продукції, можливе застосування підходу «виготовлення під замовлення». Якщо ж час виробництва перевищує допустимий термін постачання, доцільно використовувати стратегію «виготовлення на склад». При цьому слід враховувати необхідний час на закупівлю матеріалів та комплектуючих у відповідних постачальників.

Узгодження дій численних підприємств-партнерів у єдиному цифровому середовищі забезпечується за допомогою систем електронної

комерції (E-commerce), які функціонують на базі концепції CPC (Collaborative Product Commerce), тобто у межах інтегрованого інформаційного простору [1].

Автоматизоване управління на різних ієрархічних рівнях підприємства реалізується через використання автоматизованих систем управління (АСУ).

Інформаційне забезпечення етапу безпосереднього виробництва покладається на автоматизовані системи управління підприємством (АСУП) та автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП). До складу АСУП належать ERP-системи (Enterprise Resource Planning), системи планування виробництва та ресурсів MRP-2 (Manufacturing Resource Planning), а також SCM-системи. ERP-рішення охоплюють широкий спектр бізнес-функцій: планування виробництва, постачання, збут, маркетингову аналітику, управління фінансами, людськими ресурсами, складською логістикою, обліком основних фондів тощо. Натомість системи MRP-2 сконцентровані на питаннях, пов'язаних із плануванням та організацією виробничих процесів. У деяких випадках SCM і MRP-2 виступають складовими модулями ERP, однак часто функціонують як окремі самостійні системи [28].

Проміжною ланкою між рівнями АСУП і АСУТП є виробнича виконавча система MES (Manufacturing Execution System), призначена для оперативного управління виробництвом, включаючи проектування та маркетингову діяльність.

До складу АСУТП входить система SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), яка виконує диспетчерські функції: збирає, обробляє й аналізує дані про стан виробничого обладнання та технологічних процесів, а також використовується при розробці програмного забезпечення для вбудованих систем. Програмне керування обладнанням здійснюється за допомогою систем CNC (Computer Numerical Control), що працюють на базі промислових контролерів і вбудовуються у верстати з числовим програмним

управлінням. У цьому контексті системи CNC також класифікуються як вбудовані комп'ютерні системи [1].

На завершальному етапі життєвого циклу — при реалізації продукції — здійснюється управління взаємодією з клієнтами, аналізується кон'юнктура ринку, прогнозується попит на майбутні продукти. Ці функції виконує система CRM (Customer Relationship Management).

Навчання обслуговуючого персоналу реалізується за допомогою інтерактивних електронних технічних керівництв (IETM — Interactive Electronic Technical Manuals), які також використовуються для діагностики технічних проблем, пошуку несправних компонентів, замовлення запасних частин та інших процедур, пов'язаних з експлуатацією.

Єдиний інформаційний простір, у межах якого відбувається управління на всіх етапах життєвого циклу продукції, забезпечується за рахунок систем PLM (Product Lifecycle Management). Основна мета PLM полягає в інтеграції даних і забезпеченні узгодженої взаємодії між різними автоматизованими системами підприємств. Технології PLM, у тому числі CPC, слугують базою для об'єднання САПР, ERP, PDM, SCM, CRM та інших систем у межах єдиного цифрового середовища [4].

Висновки по першому розділу

У результаті аналізу діяльності ТОВ «БІОЛ» було визначено ключові напрями функціонування підприємства, номенклатуру продукції, а також використовуване програмне забезпечення. Завдяки найбільшому в СНД асортименту продукції компанії вдалося досягти широкої географії збуту. Автоматизація процесів підготовки виробництва має вирішальне значення для стабільного розвитку підприємства. У сучасних ринкових умовах для забезпечення конкурентоспроможності необхідним є істотне скорочення термінів проведення науково-дослідних робіт та підготовки виробництва, оскільки ці процеси становлять фундамент операційної діяльності компанії.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Етапи конструкторської та технологічної підготовки виробництва

2.1.1 Технологічна підготовка виробництва

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) являє собою комплекс організаційних і проєктних заходів, спрямованих на забезпечення повної технологічної готовності підприємства до виготовлення нового виробу з мінімальними витратами трудових, матеріальних і часових ресурсів [1].

ТПВ виконується відповідно до вимог державної системи стандартів “Єдина система технологічної підготовки виробництва” (ЄСТПВ), яка визначає уніфікований підхід до організації та управління технологічною підготовкою на підприємствах різних галузей промисловості.

ЄСТПВ — це стандартизована система організації й управління процесами ТПВ, що передбачає широке впровадження типових технологічних рішень, стандартного оснащення й обладнання, а також засобів механізації та автоматизації як виробничих, так і інженерно-технічних процесів [4].

Відповідно до складу основних функцій ТПВ, структура стандартів ЄСТПВ поділена на п’ять класифікаційних груп:

- група 0 - загальні положення;
- група 1 - правила організації та управління процесом ТПВ;
- група 2 - правила забезпечення технологічності конструкції виробу;
- група 3 - правила розробки і застосування технологічних процесів і засобів технологічного оснащення;

– група 4 - правила застосування технічних засобів механізації та автоматизації інженерно-технічних робіт[28].

На підприємстві виконання ТПВ покладається на відповідні підрозділи: відділ головного технолога, відділ головного металурга, а також технологічні бюро основних цехів, у підпорядкуванні яких перебувають ливарні, ковальські, механічні й складальні виробництва. Матеріально-технічну базу для реалізації ТПВ забезпечують інструментальний та модельний цехи, технологічні лабораторії та експериментальні дільниці.

Основні етапи технологічної підготовки включають::

- розробку технологічних процесів;
- проектування спеціального технологічного оснащення та нестандартного устаткування;
- виготовлення засобів технологічного оснащення;
- перевірку, відпрацювання та налагодження проєктованих технологій і засобів оснащення.

На початковій стадії ТПВ здійснюється вибір оптимальних методів виготовлення деталей і складальних одиниць, а також розробка нових технологічних маршрутів. Структура робіт із проектування технологічного процесу охоплює такі елементи:

- вибору виду заготовок;
- розробки міжцехових маршрутів;
- визначення послідовності і змісту технологічних операцій;
- визначення, вибору і замовлення засобів технологічного оснащення;
- встановлення порядку, методів і засобів технічного контролю якості;
- призначення і розрахунку режимів різання;
- технічного нормування операцій виробничого процесу;
- визначення професій і кваліфікації виконавців;

- організації виробничих ділянок (потоків ліній);
- формування робочої документації на технологічні процеси відповідно до ЄСТП [28].

На другому етапі технологічної підготовки виробництва здійснюється проєктування конструкцій моделей, штампів, пристосувань, спеціального інструменту та нестандартного обладнання. Паралельно розробляється технологічний процес виготовлення відповідного оснащення, яке має бути водночас універсальним, технологічно прогресивним, конструктивно досконалим і здатним забезпечити високу якість виготовлення деталей.

Третій етап передбачає виготовлення всіх елементів оснащення та нестандартного обладнання. Ця стадія є найбільш трудомісткою в структурі ТПВ. Тому на практиці її реалізація зазвичай розбивається на етапи: спочатку виготовляють лише мінімальний обсяг оснащення, необхідного для запуску виробництва, а згодом поступово нарощують рівень оснащеності та механізації до економічно доцільного максимуму. В межах цього етапу можуть виконуватись роботи з перепланування наявного устаткування, монтажу й тестування нового та нестандартного обладнання, а також створення або удосконалення виробничих ліній і ділянок механічної обробки й складання.

Четвертий етап включає перевірку й остаточне налаштування запроєктованих технологій. На цьому етапі уточнюється технологічність конструкцій деталей і вузлів, перевіряється ефективність і зручність використання проєктованого оснащення, раціональність монтажних і демонтажних операцій, встановлюється оптимальна послідовність технологічних дій. Крім того, проводяться хронометражні спостереження за виконанням механообробних і складальних операцій, після чого оформлюється повний комплект технологічної документації.

2.1.2 Конструкторська підготовка виробництва

Конструкторська підготовка виробництва передбачає виконання сукупності робіт від розгляду заявки чи затвердження технічного завдання до перевірки дослідної партії (зразка) запроектованих показників техніко-економічного рівня і якості з розробкою технічної документації для випуску.

Головною метою процесу конструювання є підготовка повного комплексу конструкторської документації, що відповідає вимогам конкретного типу виробництва — зокрема серійного або масового. На цьому етапі створюється технічна база для подальшого впровадження виробу у виробничий процес. Основні стадії конструкторської підготовки та перелік робіт, що виконуються в межах кожної з них, наведено в таблиці 2.1 [28].

Таблиця 2.1 – Етапи конструкторської підготовки виробництва

Етапи конструювання	Основні завдання і склад робіт
Розробка ТЗ на конструкторську підготовку	Складання проекту ТЗ замовником. Проробка проекту ТЗ виконавцем. Встановлення переліку партнерів. Узгодження і затвердження ТЗ
Технічний проект (є підставою для коригування ТЗ і виконання ескізного проекту)	Виявлення додаткових і уточнених вимог до виробу, його технічних характеристик і показників технічного рівня та якості, що можуть бути вказані в ТЗ: – проробка результатів НДР; – проробка результатів прогнозування і планування; – вивчення науково-технічної інформації; – попередні розрахунки та уточнення вимог ТЗ

Етапи конструювання	Основні завдання і склад робіт
Ескізний проект (служить основою для технічного проектування)	Розробка принципових технічних рішень: – виконання робіт на етапі технічної пропозиції; – вибір елементної бази розробки; – вибір основних технічних рішень; – розробка структурних і функціональних схем виробу; – вибір основних конструкторських елементів; – метрологічна експертиза проекту; – розробка та випробування макетів і моделей
Технічний проект	Остаточний вибір технічних рішень по виробу в цілому та його складовим: – уточнення основних параметрів виробу; – проведення компонування виробу; – розробка проектів ТУ на поставку і виготовлення виробів
Робочий проект (виготовлення дослідного зразка)	Формування комплексу конструкторської документації: – розробка повного комплексу робочої документації; узгодження її з замовником; – перевірка конструкторської документації на уніфікацію і стандартизацію; виготовлення дослідного зразка
Випробування	Перевірка відповідності дослідного зразка вимогам ТЗ, оцінка можливості організації виробництва
Відпрацювання документації результатами випробувань за	Внесення необхідних уточнень і змін до документації

Конструювання виробів являє собою комплекс заходів, спрямованих на пошук і реалізацію технічних рішень, які відповідають заданим вимогам. Ці рішення підлягають оптимізації, а кінцевим результатом є підготовка повного комплексу конструкторської документації та виготовлення дослідного зразка виробу, що проходить перевірку на відповідність технічному завданню [7].

Сучасний складний технічний продукт є результатом синтезу знань з різних галузей. Інженер-проектувальник повинен володіти знаннями в сферах маркетингу, економіки (як національної, так і міжнародної), фізичних явищ, чисельних методів (включаючи обчислювальну техніку, математику, метрологію), організації та технології виробництва, а також мати уявлення про умови експлуатації продукції, нормативну документацію й стандарти. Важливу роль відіграє також розуміння особливостей колективної роботи, реальних потреб виробництва, досвіду галузі, а також здатність до ефективного пошуку й оцінювання інформації.

Процес проектування, залежно від поставлених завдань, може передбачати створення виробу на основі вже існуючих аналогів (прототипів, патентів, зразків), або ж розробку принципово нової конструкції.

У сучасній системі розроблення та постачання продукції до виробництва функціонує Єдина система конструкторської документації, яка базується на низці стандартів і нормативів. Особливе місце займає серія міжнародних стандартів ISO 9000 – ISO 9004, що була імплементована у національні стандарти більшості промислово розвинених країн і широко використовується в процесах укладання комерційних договорів та контрактів між компаніями.

2.2 Обґрунтування вибору автоматизованої CAD, CAM, CAE системи розроблення конструкторської та технологічної документації

2.2.1 Застосування методу аналізу ієрархій для вибору системи Unigraphics

Для обґрунтованого вибору системи автоматизованого проєктування конструкторської документації застосовується метод аналізу ієрархій (MAI). Цей метод дозволяє логічно й структуровано представити складну задачу прийняття рішень у вигляді ієрархічної моделі, порівняти між собою альтернативи та здійснити їх кількісну оцінку [21].

Перший етап передбачає побудову ієрархії — від загальної мети (вибору найефективнішої CAD-системи) через систему критеріїв (техніко-економічних параметрів) до переліку альтернатив.

У межах даного дослідження розглядаються три програмні продукти:

- SolidWorks 2013
- Catia V5
- Unigraphics NX9

Оцінювання здійснюється за такими критеріями:

- рівень математичного забезпечення;
- функціональні можливості;
- зручність інтерфейс;
- складність побудови моделей;
- вартість ліцензування та технічної підтримки;
- легкість освоєння користувачів;
- відповідність вітчизняним нормативам та стандартам;
- якість інформаційної бази.

Для раціонального вибору CAD-системи формується ієрархічна модель, що містить мету дослідження, перелік критеріїв, доступні альтернативи, а також інші значущі фактори, які впливають на процес прийняття рішення. Така структура дозволяє формалізувати задачу вибору та продемонструвати її всебічне розуміння особою, яка приймає рішення. Кожен елемент ієрархії може відображати як кількісні, так і якісні показники, матеріальні або нематеріальні характеристики, об'єктивну інформацію або суб'єктивні експертні оцінки (рисунок 2.1).

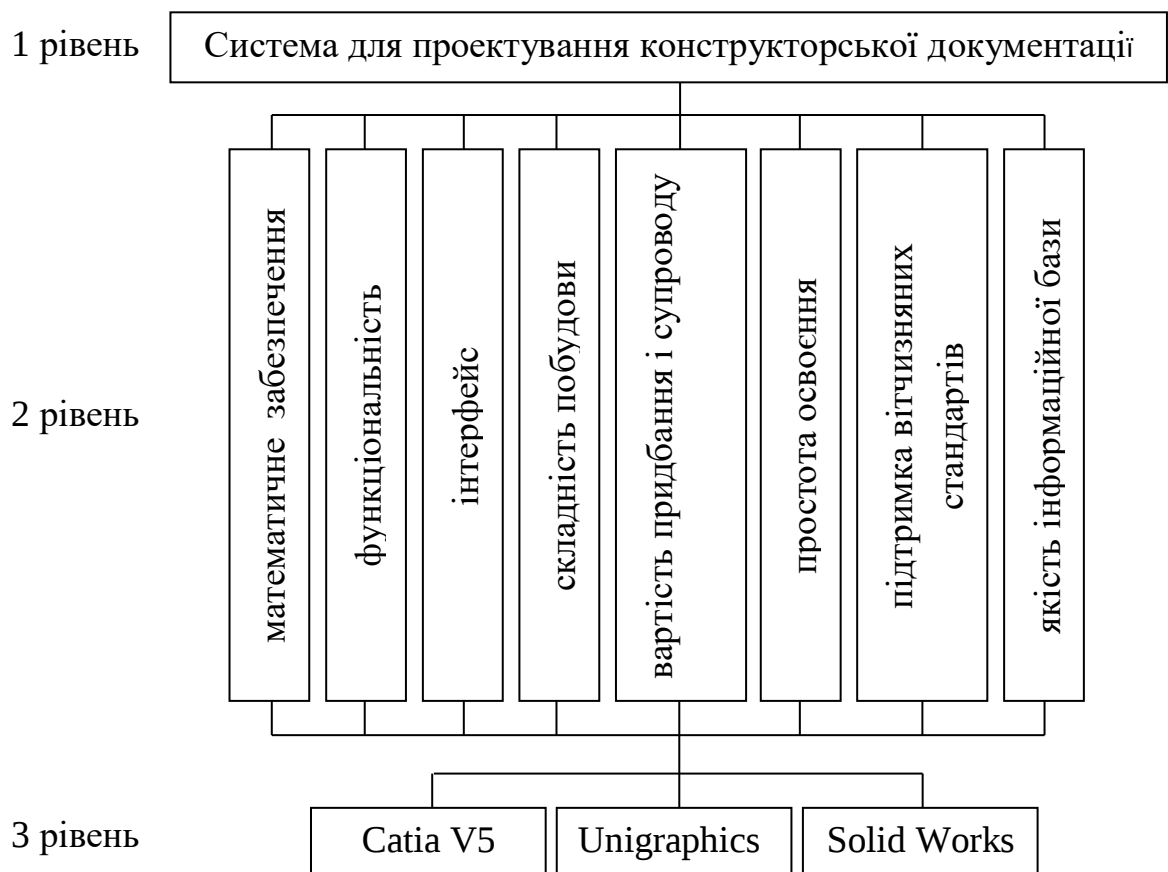


Рисунок 2.1 – Ієрархічна структура

Після формування ієрархічної моделі проблеми здійснюється визначення пріоритетності критеріїв, а також оцінювання кожної

альтернативи відповідно до цих критеріїв. У межах методу аналізу ієрархій (МАІ) всі елементи задачі порівнюються попарно з урахуванням ступеня їх впливу на спільну характеристику. У результаті парних порівнянь формується зворотно-симетрична матриця, у якій кожен елемент $a(i, j)$ відображає перевагу елемента i над елементом j за певною шкалою інтенсивності. Оцінювання здійснюється за дев'ятибальною шкалою Сааті (таблиця 2.2), де:

Таблиця 2.2 – Значення оцінок та пріоритетів

Оцінка	Значення
1	однакова важливість
3	помірна перевага одного над іншим
5	відчутна (суттєва) перевага одного над іншим
7	значна перевага
9	абсолютна перевага (дуже сильна) перевага
2, 4, 6, 8	проміжні значення між основними

Для кожного рядка матриці розраховується компонент власного вектора. Компонент власного вектора першого рядка визначається шляхом перемноження всіх елементів рядка та добутого результату кореня n -го ступеня (де n — кількість порівнюваних елементів):

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

Компонент власного вектора для першого рядка дорівнює:

$$W_1 = \sqrt[8]{1 \cdot 0,17 \cdot 0,14 \cdot 0,33 \cdot 0,14 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,25} = 0,28$$

Аналогічним способом розраховуємо власні вектори для решти рядків.

Подальшим кроком є нормалізація власного вектора, тобто обчислення локальних вагових коефіцієнтів, які характеризують ступінь впливу кожного з критеріїв:

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

Компоненти локального вектора обчислюються за відповідною формулою нормалізації, після чого результати заносяться в підсумкову таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Локальні пріоритети альтернатив за критеріями

	МЗ	Ф	І	СП	ВПС	ПО	ПВС	ЯІЗ	W	V
МЗ	1	1/6	1/7	1/3	1/7	1/5	1/2	1/4	0,28	0,02
Ф	6	1	1/5	1/3	5	1/5	1/2	2	0,89	0,08
І	7	5	1	3	6	5	6	8	4,44	0,39
СП	3	3	1/3	1	8	5	3	6	2,61	0,23
ВПС	7	1/5	1/6	1/8	1	1/4	1/3	3	0,54	0,05
ПО	5	5	1/5	1/5	4	1	1/6	1/8	0,74	0,06
ПВС	2	2	1/6	1/3	3	6	1	3	1,37	0,12
ЯІЗ	4	1/2	1/8	1/6	1/3	8	1/3	1	0,67	0,06
Σ	35	16,87	2,34	5,49	28,47	25,65	11,83	23,38	11,52	1,00

Варто зауважити, що довільно сформована матриця парних порівнянь не може бути безпосередньо використана для визначення вектора пріоритетів. Перш ніж перейти до обчислень, необхідно перевірити узгодженість експертних оцінок. Для цього розраховуються індекс

узгодженості (ІУ) та коефіцієнт узгодженості (ВУ). Оскільки отримане значення ВУ є меншим за 0,15, узгодженість експертних оцінок вважається прийнятною, а отже, матриця парних порівнянь придатна для подальшого розрахунку пріоритетів альтернатив.

$$IU = \frac{9,96 - 8}{8 - 1} = 0,12$$

$$BU = \frac{0,12}{1,14} = 0,09$$

Далі обчислюємо глобальні пріоритети.

$$v_K = 0,093 \cdot 0,02 + 0,106 \cdot 0,08 + 0,249 \cdot 0,39 + 0,082 \cdot 0,23 + 0,38 \cdot 0,05 + 0,725 \cdot 0,06 + 0,209 \cdot 0,12 + 0,186 \cdot 0,06 = 0,225$$

$$v_{AC} = 3,28 \cdot 0,02 + 0,7 \cdot 0,08 + 0,593 \cdot 0,39 + 0,185 \cdot 0,23 + 0,091 \cdot 0,05 + 0,075 \cdot 0,06 + 0,6 \cdot 0,12 + 0,742 \cdot 0,06 = 0,46$$

$$v_{SW} = 0,74 \cdot 0,02 + 0,19 \cdot 0,08 + 0,157 \cdot 0,39 + 0,731 \cdot 0,23 + 0,528 \cdot 0,05 + 0,198 \cdot 0,06 + 0,729 \cdot 0,12 + 0,07 \cdot 0,06 = 0,386$$

Таблиця 2.4 - Глобальні пріоритети

	МЗ	Ф	І	СП	ВПС	ПО	ПВС	ЯІЗ	ГП
Catia	0,093	0,106	0,249	0,082	0,38	0,725	0,209	0,186	0,225
Unigraphics	3,28	0,7	0,593	0,185	0,091	0,075	0,060	0,742	0,46
Solid Works	0,74	0,19	0,157	0,731	0,528	0,198	0,729	0,07	0,386

На підставі розрахованих глобальних пріоритетів було обрано програмне забезпечення Unigraphics NX9, оскільки саме ця система продемонструвала найвищу узагальнену оцінку серед усіх розглянутих альтернатив.

2.2.2 Загальні відомості про програмно-методичний комплекс Unigraphics NX9

Unigraphics NX є однією з провідних CAD/CAM/CAE-систем, побудованих на базі сучасних технологічних рішень, орієнтованих на проєктування виробів будь-якого рівня складності. Основною метою впровадження системи є зниження загальної вартості розробки продукції, покращення її якості та скорочення строків виведення на ринок. Застосування цієї системи дозволяє підприємствам у найкоротші терміни досягти окупності витрат на її придбання та впровадження. На території України система Unigraphics займає стійкі позиції завдяки своїй універсальності та широкому спектру застосування в таких галузях, як авіаційна та космічна промисловість, двигунобудування, автомобілебудування, загальне машинобудування тощо. Використання сучасних інформаційних і проєктних технологій у складі системи забезпечує інженерам доступ до передових рішень у сфері MCAD на всіх етапах створення виробу. Успіх системи Unigraphics на українському ринку підтверджений великою базою користувачів, успіхами, досягнутими ними в результаті використання системи. Важливою перевагою системи є те, що вона є єдиною CAD / CAM / CAE системою верхнього рівня на ринку, яка має російський інтерфейс і документацію російською мовою. Компанія UGS пропонує послуги з впровадження та консалтингу системи Unigraphics, що дозволяє компаніям в Україні успішно впроваджувати систему і отримувати реальні вигоди від її використання[28].

CAM (Computer Aided Manufacturing) модулі системи Unigraphics є одними з кращих у світі. Генератор програм для верстатів з числовим програмним керуванням у середовищі Unigraphics NX побудований на основі перевірених і ефективних алгоритмів обробки. Він містить набір вбудованих

правил, які дозволяють автоматично формувати програми з мінімальним залученням інженера. Обмін даними між модулем проектування та САМ-модулями базується на концепції майстер-моделі, що забезпечує цілісність та узгодженість усіх етапів розробки. Набір операцій, що використовуються для моделювання об'єкта, гарантує його технологічність — тобто можливість подальшого виготовлення без додаткового узгодження. Завдяки асоціативному зв'язку між параметричною моделлю та сформованою траєкторією інструменту процес оновлення траєкторії у разі змін конструкції відбувається швидко та з мінімальними зусиллями з боку користувача [18].

Для того щоб програма могла бути запущена на конкретному верстаті, її необхідно перетворити у машинний код, що відповідає системі керування цього обладнання. У системі Unigraphics передбачено спеціалізований модуль постпроцесора, який дозволяє адаптувати програми для будь-якого типу верстатів з ЧПУ. Створення постпроцесора відбувається у вигляді текстового файлу мовою Tcl, що забезпечує високу гнучкість та можливість внесення індивідуальних змін до керуючих програм [20].

Суттєву економію часу під час чистової або чорнової обробки забезпечує функція автоматичного аналізу геометрії деталі. Система самостійно виявляє точки подвійного дотику (тобто зони, де стикаються поверхні під різними кутами), після чого автоматично формує відповідні траєкторії інструменту — як одиничні, так і повторювані. У тих випадках, коли інженер бажає мати повний контроль над кожним етапом формування траєкторії, передбачена можливість її побудови в інтерактивному режимі. Це дає змогу поетапно створювати рух інструменту із точним визначенням припусків на обробку обох поверхонь та генерацією необхідної кількості проходів.

Модуль Solids Modeling відповідає за реалізацію твердотілого параметричного моделювання. Він дозволяє створювати дво- та тривимірні

каркасні моделі, тіла обертання, здійснювати булеві операції та параметричне редагування моделей. Даний модуль є базовим і обов'язковим для коректного функціонування додаткових засобів моделювання, зокрема Features Modeling та Free Form Modeling.

Модуль Features Modeling - Моделювання базових елементів.

Модуль Features Modeling забезпечує створення і параметричне редагування стандартних конструктивних елементів : отворів , пазів , бобишек , кишень , виступів. Він дозволяє робити порожнини в тілах і створювати тонкостінні об'єкти (деталі з листового матеріалу). Конструктивний елемент може бути прив'язаний до інших базових елементів або об'єктів. Можна створити масив конструктивних елементів і встановити асоціативний зв'язок елементів масиву між собою і з іншими об'єктами. Для роботи цього модуля необхідний модуль Solids Modeling .

Модуль Free Form Modeling - Моделювання вільних форм

Модуль Free Form Modeling забезпечує побудову складних поверхонь і моделей твердих тел. Підтримуються наступні типи поверхонь : кінематична поверхню (утворює лінія рухається уздовж напрямної або вихідна форма пропорційно витягується уздовж однієї , двох або трьох направляючих) , поліконічній поверхню (плазово поверхню на конічних перетинах), поверхня на сітці точок , поверхня на сімействі ліній. Для роботи цього модуля необхідний модуль Solids Modeling .

Модуль User - Defined Features - Створення користувальницьких базових елементів

Модуль User - Defined Features надає засоби створення, зберігання, вилучення та редагування типових конструктивних елементів користувача. Для позначення таких елементів будемо використовувати термін Користувальницький базовий елемент або аббревіатуру UDF (User - Defined Features), що дослівно перекладається як Базовий Елемент, Певний

Користувачем. Цей модуль дозволяє взяти існуючу параметричну модель тіла, побудовану стандартними засобами Unigraphics, встановити взаємозв'язок між параметрами, зазначити вхідні змінні (формальні параметри), задати значення параметрів за замовчуванням і визначити, яку форму цей елемент набуватиме при витяганні. Сформований таким чином базовий елемент буде зберігатися в бібліотеці, до якої мають доступ усі користувачі, що працюють з модулем Features Modeling[28].

2.3 Створення 3-D моделі і креслення ливникової форми розрахункової деталі

ТОВ «БІОЛ» - провідна виробнича компанія, що випускає литий алюмінієвий посуд з антипригарним і керамічним покриттям, а також чавунний посуд. Вони одні з небагатьох для кого "виробник" означає робити все самим "з нуля" і контролювати кожен крок виробничого процесу. Тому прес-форми для виготовлення продукції ТОВ «БІОЛ» теж роблять самі. Багаторічний досвід роботи, злагодженість взаємодій всіх відділів причетних до виробництва дозволяє пропонувати свої послуги у виготовленні виробничої оснастки - штампів і прес-форм.

Прес-форма — це спеціалізований технологічний пристрій, призначений для виготовлення виробів різної форми з металів, пластмас, гуми та інших матеріалів шляхом впливу тиском, який створюється за допомогою ливарних машин або пресового обладнання [24].

Згідно із ТЗ, отриманого на підприємстві, потрібно розробити прес-форму для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» (рисунок 2.2). Етап конструкторської підготовки виробництва відбувається із використанням системи автоматизованого проектування. Обраною системою є Unigraphics.

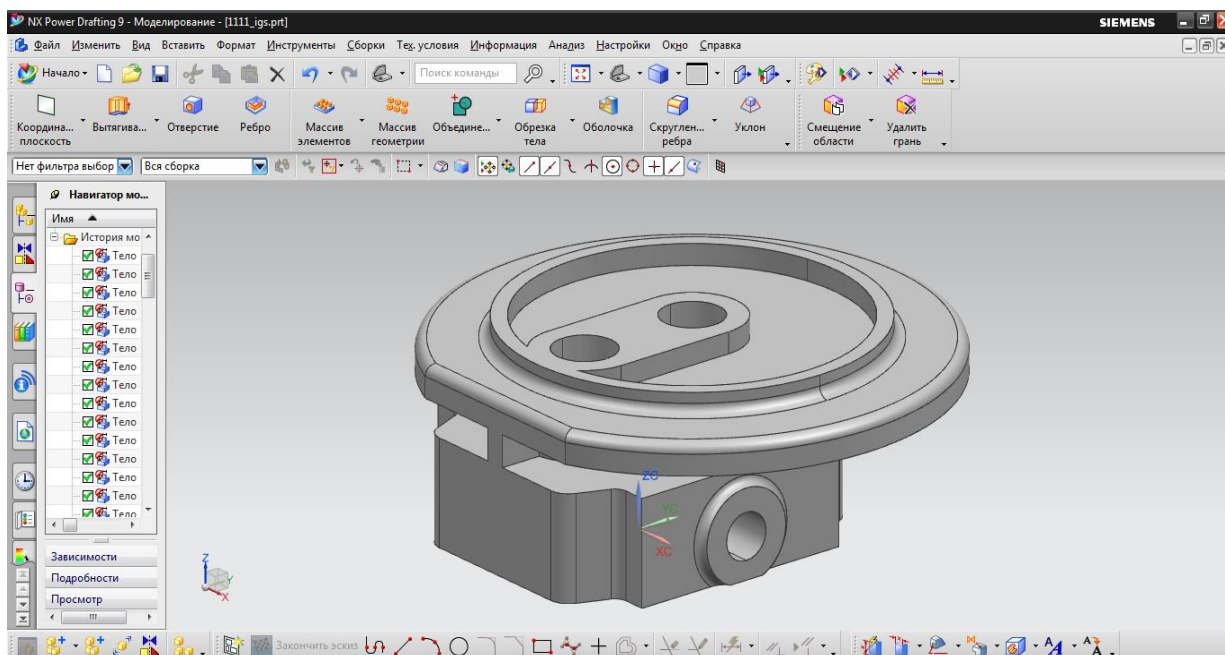


Рисунок 2.2 - Деталь «Корпус клапану МПВ 349.003»

Для створення прес-форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» потрібно її загрузити. Для цього обираємо «Файл» → «Відкрити файл». Після цього потрібно об'єднати всі грані деталі. Для цього натискаємо «Вставити» → «Комбінувати» → «Зшивання». За цим виділяємо повністю деталь и натискаємо «ОК».

Для виготовлення прес-форми потрібно створити прямокутний ескіз розміром 345x300 мм та за допомогою команди «Витягування» потрібно витягнути ескіз на відстань 110 мм.

Далі потрібно видалити деталь с отриманої форми за допомогою команди «Віднімання». Після цього треба розрізати форму. Для цього натискаємо на панелі інструментів команду «Обрізання» і виділяємо область, яку потрібно відсікти.

Після цього потрібно створити лійку для заливання металу та повітровід. При виконанні послідовних операцій в результаті отримаємо готову прес-форму для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» (рисунок 2.3).

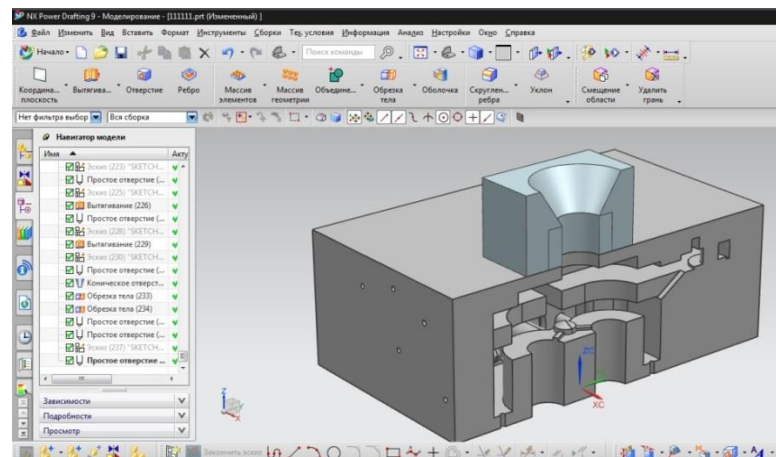


Рисунок 2.3 – Прес-форма для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» в розрізі

Прес-форму потрібно розділити на три компонента, адже вони являється збірочним виробом. Для цього використовується інструмент «Обрізка тіла». У вікні конструктора обрано площину $YC - ZC$ та відстань 0. Після завершення всіх дій буде отримуюмо наступні фрагменти (рисунок 2.4).

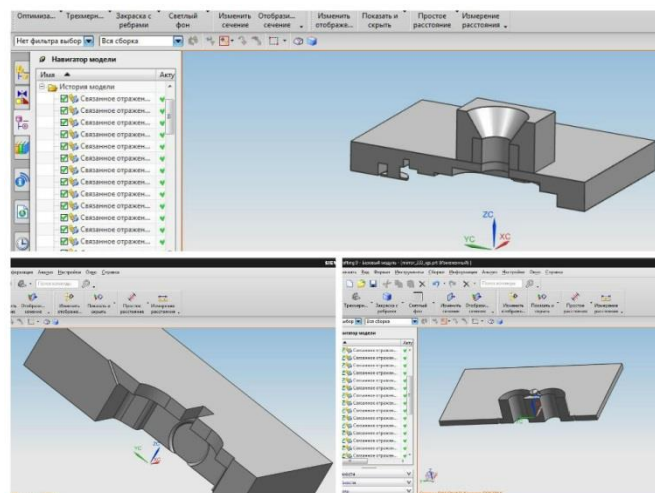


Рисунок 2.4 – Компоненти прес-форми

Останнім кроком у виготовленні 3D – моделі пре-форми є безпосередньо збірка.

Вважається, що прес-форма складається з трьох елементів. Щоб виконати збірку використовується середа розробки «Сборка». Застосовується меню Файл => Новий => Сбірка і вибираємо потрібні деталі.

Після додавання деталей слід за основі збірки (на першій деталі) вказати сполучення. Для цього є функція «Сопряжение компонент». У вікні цієї функції вказується потрібна грань, тип сполучення «Сопряжение» та крок вибора «От».

Після цього останні дві деталі будуть знаходитись точно на вказаній грані основи прес-форми.

Для створення креслення деталей у середовищі NX необхідно виконати такі дії: у головному меню обрати пункт «Файл» → «Створити новий» → «Креслення», після чого зазначити формат аркуша (у даному випадку – A1). Далі натискається команда «Додати з файлу» для імпорту моделі. На кресленні розміщуються три основні проєкції виробу, після чого виконується нанесення основних розмірів. У результаті отримується готове креслення, представлене на плакаті 1.

2.4 Розрахунки на міцність та теплоту ливникову форму деталі «КОРПУС КЛАПАНУ МПВ 349.003»

Використання чисельних методів у процесі проєктування різноманітних технічних виробів є важливим чинником підвищення їх надійності, якості та загальної конкурентоспроможності. Застосування таких підходів також дозволяє використовувати сучасні матеріали, враховувати складні умови експлуатації конструкцій і зменшувати ймовірність виникнення дефектів. Найвищу ефективність методи інженерного аналізу демонструють тоді, коли застосовуються вже на ранніх етапах проєктування. Це дозволяє зменшити терміни виведення виробу на ринок, знизити витрати

на виготовлення та зменшити потенційні технічні ризики. Для дослідження механічної поведінки тривимірних моделей традиційно використовувався експериментальний підхід, який, хоча й дає достовірні результати, є дорогим, тривалим і не завжди доцільним або можливим у конкретних умовах. Сьогодні у світовій інженерній практиці широке застосування отримало кінцево-елементне (КЕ) моделювання, яке дозволяє значною мірою замінити фізичні випробування обчислювальними симуляціями. Такий підхід дає змогу аналізувати поведінку виробу під дією зовнішніх навантажень, температурних змін тощо з високою точністю. На відміну від експерименту, де можна здійснювати вимірювання лише у десятках або сотнях точок, чисельне моделювання забезпечує аналіз у сотнях тисяч або навіть мільйонах контрольних елементів. Це дає значно ширшу інформаційну базу для прийняття інженерних рішень.

Розділ присвячено застосуванню модуля NX Advanced Simulation, що є частиною інтегрованого середовища NX і призначений для виконання інженерного аналізу в процесі проєктування [3].

Перед початком розрахунків у середовищі NX необхідно завантажити тривимірну модель об'єкта дослідження. Після цього здійснюється побудова сітки та проведення розрахунків на міцність.

Меню розрахунку на міцність можна знайти натиснувши на кнопку "Початок" - "Всі програми" - "Симуляція конструкції". У меню, тискаємо «ОК». У наступному меню, яке автоматично з'являється ставимо галочку навпроти "Ітераційного вирішувача" і знову натиснути "Ок". Тепер ми знаходимося в меню прочностного розрахунку конструкції.

При натисканні на кнопку  «Свойства матеріалів» впливе вікно, в якому для вашої деталі потрібно буде задати матеріал, з якого вона виготовлена. У даному прикладі в якості матеріалу обрана сталь (рисунок 2.5).

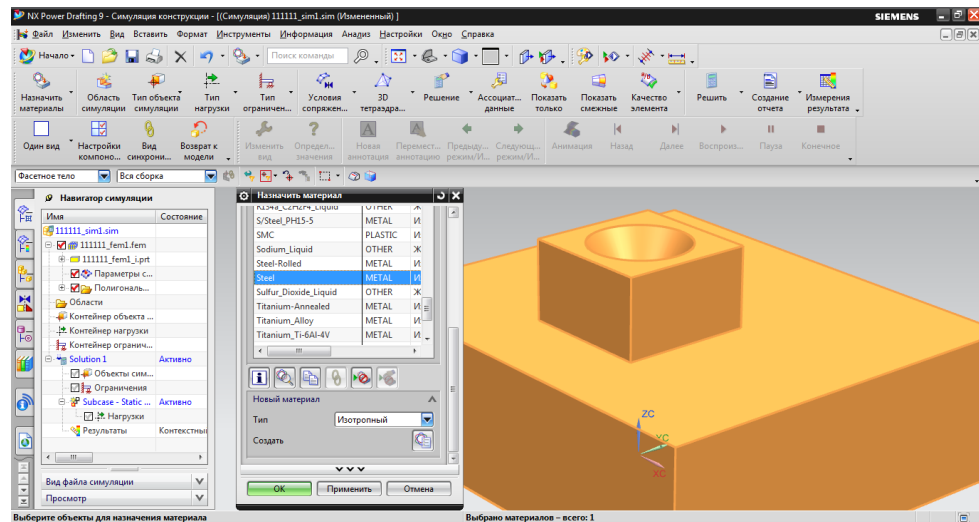


Рисунок 2.5 – Вибір матеріалу

Натиснувши на кнопку прикладаємо силу. Її можна прикласти до певної точки, ребру або грані (конкретній площині) деталі. У даному варіанті сила прикладена як розподілене навантаження, що діє на одну з граней деталі. Після того, як обрано грань, до якої прикладається сила, потрібно задати вектор, що показує в який бік сила спрямована (рисунок 2.6).

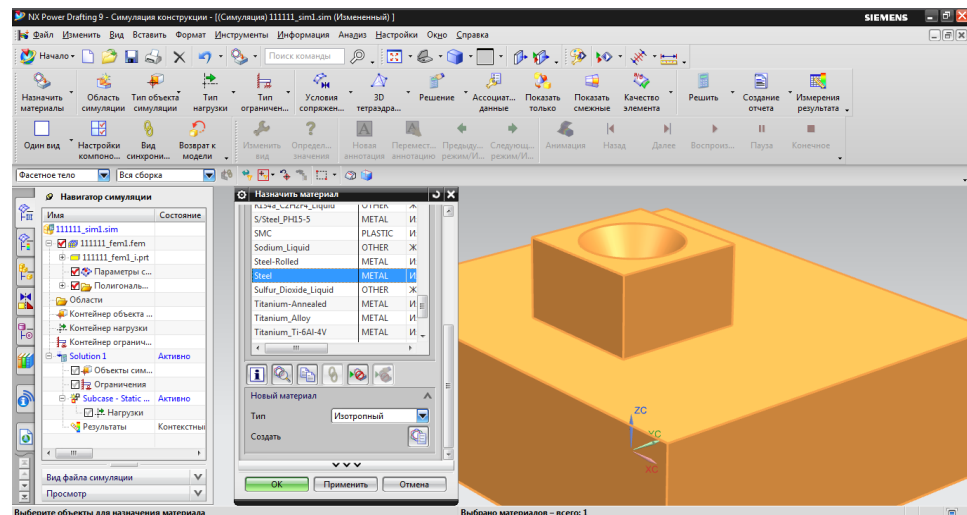


Рисунок 2.6 - Прикладання сили

Найпоширеніший для простих розрахунків тип обмеження - закладення. Натискаємо на кнопку  і вибираємо грань деталі або площин, які будуть закріплені (рисунок 2.7).

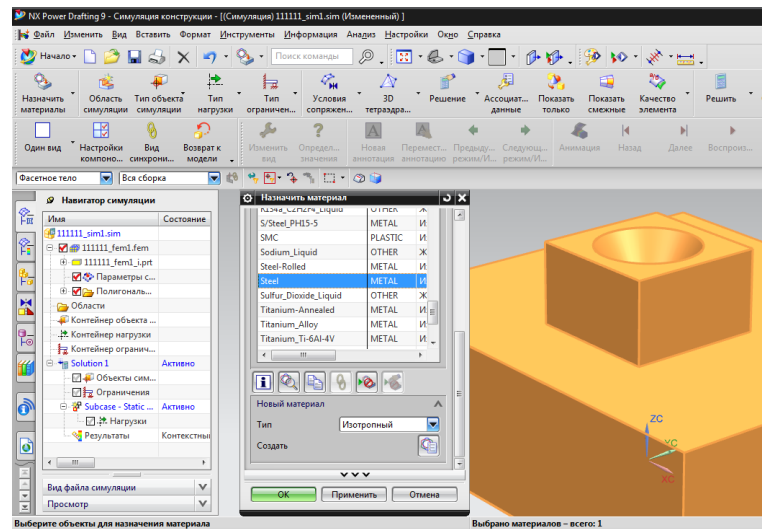


Рисунок 2.7 – Тип обмеження

Завершальним етапом є створення 3D тетраедральної сітки. Натискаємо на кнопку  у діалоговому вікні обираємо деталь та натискаємо на кнопку , яка автоматично розраховує припущений розмір елемента. Більше нічого не змінюючи, натискаємо кнопку «ОК» (рисунок 2.8). Потім програма автоматично генерує сітку та натягує її на задану деталь.

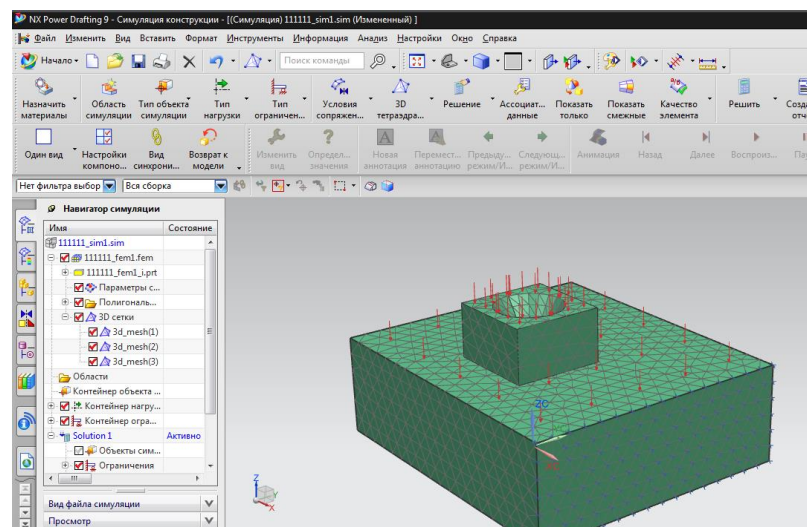


Рисунок 2.8 - Створення 3D тетраедральної сітки

Далі потрібно розрахувати, для цього натискаємо на кнопку . У діалоговому вікні натискаємо кнопку «ОК» і програма проводить аналіз та вказує місця де більш за все буде деформуватися деталь. Готовий аналіз ливникової форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» на силові навантження представлений на рисунку 2.9.

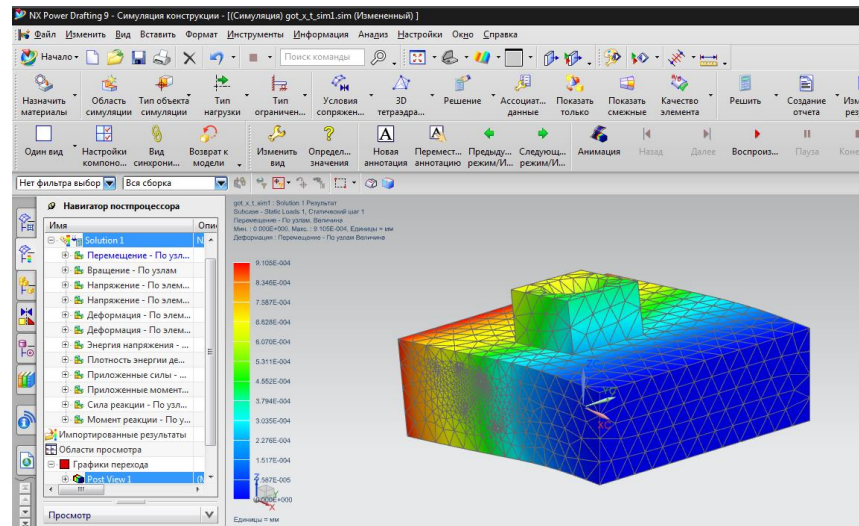


Рисунок 2.9 - Графічне відображення деформації

На досліджувану деталь було накладено сила у розмірі 1000 Н/м. В такому разі коефіцієнт запасу міцності буде становлено 3, а найбільш уразливі ділянки зображено на епюрі червоним або помаранчевим кольором.

Так, як дана деталь являє собою прес-форму і буде експлуатуватись під дією високих температур, то доцільно буде провести тепловий аналіз деталі.

Цей аналіз проводиться так як на міцність, але замість «Структурного аналізу» вибираємо «Тепловий».

Після створення області навантажень необхідно створити обмеження. У даному випадку вибирається обмеження «Тепловое ограничение». У вікні вказуємо область обмежень та температуру. Для лиття у прес-форму виготовлену із легованої сталі нормова температура складає 1240° С.

Результатом симуляції буде графічно представлений розрахунок теплового навантаження (рисунк 2.10).

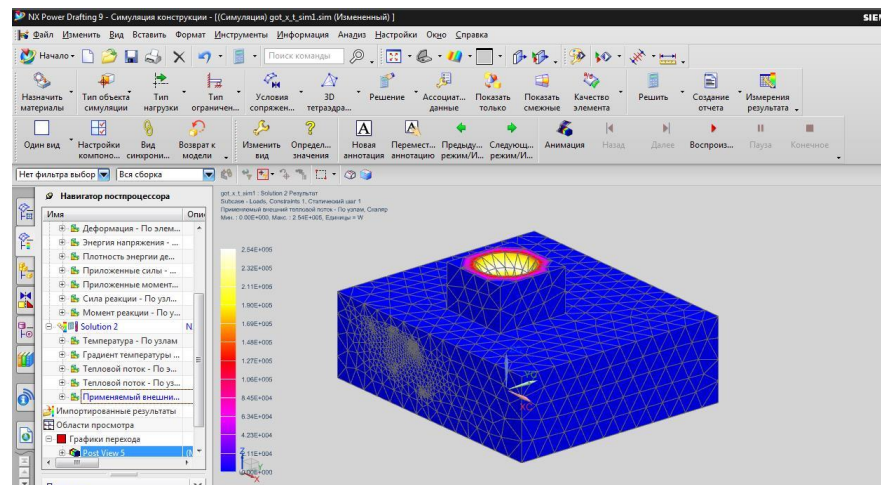


Рисунок 2.10 - Результат теплового навантаження

2.5 Проектування технологічного процесу для виготовлення ливникової форми деталі «КОРПУС КЛАПАНУ МПВ 349.003»

Технологічний процес виготовлення деталі в кваліфікаційній роботі проектується в програмі Unigraphics NX9.

Система Unigraphics NX9 є прикладом спеціалізованої САПР, що призначена для автоматизованого проектування технологічних процесів. Вона вирішує широкий спектр завдань, пов'язаних з автоматизацією підготовки виробництва [20].

Функціональні можливості САПР Unigraphics NX9 охоплюють:

- розроблення технологічних процесів у кількох автоматизованих режимах;
- обчислення матеріальних витрат і трудомісткості виготовлення продукції;
- розрахунок параметрів режимів обробки (різання, зварювання тощо);
- автоматизоване формування всього комплексу технологічної документації відповідно до вимог стандартів;
- забезпечення колективної роботи над наскрізними й складними технологічними процесами в режимі реального часу;

- перевірку коректності й актуальності введених довідкових і нормативних даних, включаючи нормоконтроль;
- формування технічних завдань на проектування спеціального оснащення й створення керуючих програм для верстатів з числовим програмним керуванням;
- підтримку цілісності технологічної інформації шляхом реалізації процесів управління змінами;
- участь у побудові єдиного інформаційного простору підприємства, що охоплює повний життєвий цикл виробу – від розроблення до утилізації.

Вбудований універсальний технологічний довідник забезпечує доступ до актуальної довідкової інформації, необхідної для технологів, а також дозволяє підтримувати та розширювати базу знань підприємства.

САПР Unigraphics NX9 інтегрується з електронними системами інженерного документообігу, зокрема підтримує процеси керування технологічними змінами та формування замовлень на створення спеціального оснащення й керуючих програм. У системі реалізовано сучасний підхід до зберігання й обробки технологічної інформації на основі об'єктної моделі даних. Застосування об'єктно-орієнтованих методів організації баз даних, СОМ-технологій, відкритої архітектури на компонентах ActiveX та сучасних інтерфейсних рішень забезпечує гнучкість і масштабованість системи [7].

Система Unigraphics NX9 має зручний інтерфейс, що дозволяє швидко її опанувати навіть користувачам із базовим рівнем комп'ютерної підготовки. Робота технолога значно спрощується завдяки автоматизації основних дій, що, у свою чергу, позитивно впливає як на швидкість, так і на якість підготовки технологічних рішень.

Процес створення технологічного процесу (ТП) розпочинається із запуску програми Unigraphics NX9 та вибору опції створення нового

Розрахунок режимів різання виконується у спеціальному підмодулі пакету Master CAM. Завдяки реалізованим інструментам система забезпечує принципово новий рівень автоматизації процесів у технологічних підрозділах підприємства, об'єднуючи працівників в єдиний інформаційний простір.

На початковому етапі користувач задає операцію з фрезерної обробки, після чого обирає відповідний верстат з числовим програмним керуванням. Далі визначаються основні параметри обробки (фрезерування, свердління тощо), підбирається ріжучий інструмент та його характеристики. Обов'язковими також є додавання допоміжних переходів, зазначення засобів захисту, МОР та інших супутніх компонентів.

Щоб розрахувати режими різання (рисунок 2.13), необхідно додати «Код блоку розрахунку». Для цього потрібно виділити допоміжний перехід, обрати відповідний тип обробки та виконати обчислення.

Рисунок 2.13 – Розрахунок режимів різання

Після завершення побудови технологічного процесу за допомогою функції «Формуватель карт» формується відповідна технологічна документація. Карти експортуються у формат Microsoft Excel згідно з вимогами ДСТУ та можуть бути роздруковані для використання на виробництві.

Під час розроблення технологічного процесу виготовлення ливникової форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» враховувалися конструктивні особливості виробу, його габарити та специфіка обробки. Відповідно до цього було підібрано обладнання та інструмент. Робоче вікно програми, у якому здійснювалось моделювання технологічного процесу, наведене на рисунку 2.14.

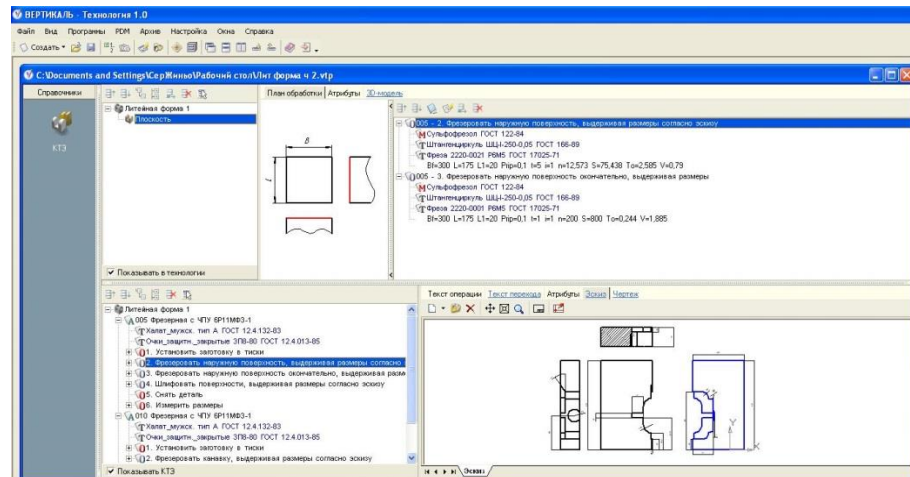


Рисунок 2.14 - Технологічний процес ливникової форми деталі

У результаті проектування було сформовано повний комплект технологічної документації, що наведений у додатках до дипломної роботи. За потреби система Unigraphics NX9 надає користувачу можливість створення нових форм технологічних документів, у тому числі з урахуванням стандартів, що діють на конкретному підприємстві.

Використання програми Unigraphics NX9 значно спрощує розробку технологічного процесу та наближає підприємство до автоматизованого виробництва. Програма дозволяє виконати розрахунки витрат, навантажень та часу обробки деталі, а також автоматично сформувати повний пакет необхідної документації.

Висновки по другому розділу

В даному розділі дипломного проекту було обґрунтовано та проаналізовано вибір САПР для ливникової форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003». За результатами методу аналізу ієрархії було обрано програму Unigraphics, оскільки значення його глобального пріоритету найбільше.

В автоматизованій системі Unigraphics NX9 було створено ливникову форму деталі та креслення за допомогою модулів Solids Modeling, Features Modeling та Features Modeling.

Був проведений інженерний аналіз в рамках роботи з єдиним середовищем проектування Unigraphics NX9.

В системі Unigraphics NX9 був спроектований технологічний процес із дотриманням вимог техніки безпеки, який відповідає всім нормам технологічної документації.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВНИКОВОЇ ФОРМИ ДЕТАЛІ «КОРПУС КЛАПАНАУ МПВ 349.003» ДЛЯ ПІДПІЄМСТВА ТОВ «БІОЛ»

3.1 Створення програмного забезпечення проектування ливникової форми деталі «КОРПУС КЛАПАНАУ МПВ 349.003» із застосуванням API – технологій

3.1.1 Розробка інформаційної моделі системи

Інформаційні моделі (ІМ) – це засіб формування уявлення про дані, їх склад і використання в конкретних умовах[28].

Використовуючи сучасні пакети прикладних програм можна, не торкаючись ІМ, створювати складні БД, але якщо ви бажаєте, щоб інформаційна система працювала швидко і займала мінімальний об'єм, не обійтися без аналізу задачі за допомогою ІМ.

Для опису інформаційної задачі використовуються три основні рівні представлення інформаційної моделі (ІМ):

- концептуальне представлення — охоплює задачу в цілому з точки зору адміністратора інформаційної системи, тобто особи, відповідальної за функціонування бази даних та її логічну структуру;
- зовнішнє представлення — формує уявлення про задачу з боку окремого користувача, який працює у певному функціональному середовищі. Оскільки в системі може працювати декілька користувачів із різними функціональними обов'язками, кожна інформаційна система може мати кілька зовнішніх подань;

– внутрішнє представлення — орієнтоване на розробника (програміста) і враховує особливості системи керування базами даних (СКБД), а також апаратні й програмні засоби, на яких реалізується задача

3.1.2 Інженерні вимоги до програмного забезпечення

Будь-яка програмна система розглядається як засіб перетворення вхідних даних з метою отримання визначених результатів. Проєктування такої системи починається з формування вимог до умов її функціонування та обробки даних. Ці вимоги є основою взаєморозуміння та договірних зобов'язань між замовником і виконавцем розробки[2].

У загальному розумінні вимоги до програмного забезпечення визначають його властивості, необхідні для реалізації покладених на систему функцій. Це можуть бути бізнес-функції, керування даними, організація документообігу або підтримка прийняття управлінських рішень. Основні положення, що стосуються розробки вимог, викладено у стандарті SWEBOOK.

Серед ключових властивостей, яким повинне відповідати програмне забезпечення, виділяють:

- модульність — надає можливість змінювати окремі функціональні блоки без втрати цілісності системи;
- відкритість — забезпечує сумісність із зовнішнім програмним забезпеченням відповідно до встановлених стандартів;
- бінарну сумісність — дозволяє взаємодіяти з уже впровадженими (успадкованими) системами;
- масштабованість — забезпечує можливість адаптації до різних апаратних і програмних конфігурацій;
- платформонезалежність — дозволяє використовувати систему на різних обчислювальних середовищах без суттєвих змін її структури.

Відповідно до міжнародного глосарію з інформатики, вимога — це опис:

- умов або можливостей, необхідних користувачеві для вирішення поставлених проблем або для досягнення цілей;
- функцій і обмежень, які повинна мати система або системні компоненти, щоб виконати контракт замовника на розробку;
- положень і регламенту, встановлених використаними стандартами і відображених у специфікаціях або інших формальних документах на систему;
- умов, можливостей і обмежень середовища, необхідних для проектування і виконання системи[12].

Класифікація вимог

Вимоги до продукту охоплюють умови користувачів щодо зовнішнього поведіння системи і погляди розробників на деякі параметри системи. Термін користувачі стосується осіб, зацікавлених у створенні системи.

Вимоги до ПЗ містять у собі системні, функціональні і не функціональні вимоги та уявлення розробників про її окремі параметри.

Вимоги до програмного забезпечення поділяються на системні, функціональні та нефункціональні.

Вимоги користувачів описують задачі, які повинна вирішувати система, та умови досягнення цілей. Вони можуть оформлюватися у вигляді текстового опису, сценаріїв використання, таблиць подій і реакцій тощо.

Системні вимоги визначають зовнішні умови, у яких повинна виконуватися система, а також вимоги до програмно-апаратних компонентів. Вони впливають на архітектуру, інтерфейс і обмеження функціонування системи. Для їх опису часто застосовуються шаблони, які структуровано подають дані про входи, виходи та обмеження.

Вимоги до атрибутів якості містять обмеження, що стосуються характеристик функцій або всієї системи, які мають значення для користувачів або розробників. До таких атрибутів належать переносність, узгодженість, відмовостійкість тощо.

Функціональні вимоги визначають набір функцій і сервісів, які система повинна виконувати, а також умови їх виконання, обробку даних і поведінку системи під час використання цих функцій. Специфікація функціональних вимог повинна бути логічно послідовною, без суперечностей і неоднозначностей.

Нефункціональні вимоги встановлюють параметри виконання функцій, що не пов'язані безпосередньо зі змістом задач. Сюди входять вимоги до безпеки, продуктивності, масштабованості, часу відгуку, доступності тощо. Такі вимоги часто мають кількісне вираження: наприклад, максимальний час відповіді системи, кількість одночасних сесій, імовірність відмови чи надійність програмного забезпечення.

3.1.3 Створення програми проектування деталі з використанням API-технологій

Розробка програмного забезпечення - це рід діяльності (професія) і процес, спрямований на створення і підтримку працездатності, якості та надійності програмного забезпечення, використовуючи технології, методологію та практики з інформатики, управління проектами, математики, інженерії та інших областей знання [23].

Більшість застосовуваних у промисловості тривимірних САПР можуть бути використані як основа для побудови спеціалізованої САПР, вирішує завдання розрахунку і проектування конкретного класу виробів. При цьому необхідно об'єднати розрахунковий модуль, що визначає розмірні та інші пара-

метри проектованого об'єкта з уже наявним в САПР тривимірним геометричним ядром. Для цього спочатку створюється параметрична збірка проектованого механізму, в якій ряд розмірів винесений в змінні моделі. Розрахунковий модуль (це зовнішній exe-файл або підключається до САПР dll-бібліотека, написаний, наприклад, на Delphi) може розрахувати необхідні значення змінних моделі і автоматично змінити їх, в результаті чого буде отримано новий варіант 3D збірки. Таким чином, відразу ж після розрахунку буде отримана нова геометрія виробу.

Головну складність представляє не стільки виконання розрахунків, скільки організація взаємодії розрахункового модуля і САПР. Історично склалося, що більшість сучасних САПР не підтримують СОМ-технологію, що додатково ускладнює управління ними з зовнішньої програми. Як правило, таке управління здійснюється за допомогою технології API (Application Programming Interface). API-технологія надає програмісту набір процедур і функцій для управління САПР, але не дає прямого доступу до властивостей і методів об'єктів всередині САПР, що робить код програми більш громіздким і менш зрозумілим.

Для використання API-інтерфейсу з Delphi необхідно перш за все створити файли, що зберігають прототипи (заголовки) процедур і функцій API. Ці файли мають назви ksAuto.pas, ksTLB.pas, LDefin2D.pas, LDefin3D.pas. Вони входять в стандартну поставку Unigraphics NX9 і за замовчуванням розташовані в папці Program Files.

Створення програмного забезпечення на основі API-інтерфейсу Unigraphics NX9 проходить в 5 етапів:

- створення тривимірної моделі об'єкта (або групи об'єктів), виповнилося яких слід автоматизувати;
- параметризація створеного об'єкта;

- створення програмного модуля для підключення до отриманої моделі об'єкта через API-інтерфейс, на базі однієї з мов програмування;
- включення в модуль перевірки змінних на відповідність геометричних характеристикам моделі;
- підключення модуля до моделі та налагодження його роботи.

Створення програмного модуля складається з 5 етапів.

Перший етап. Потрібно відкрити створену деталь. Файл→ Открыть→ Деталь1. Після того, натиснувши на кнопку "Уравнения" , з'являється додаткове вікно «Переменные», у якому також перерахована послідовність створення 3D моделі. Якщо натиснути на «+» можна побачити латинські літери у графі «Имя», які потім ми будемо робити зовнішніми для подальшої їх зміни.

На другому етапі потрібно оголосити змінні моделі, для подальшої зміни параметрів деталі. Це може бути розрізи, висота деталі і т.д. Для доступу до змінних на рівні деталі їх треба оголосити як зовнішні змінні, призначивши їм ім'я.

Етап три. Наступним кроком потрібно відкрити створені ескізи, та встановити основні розміри, які повинні будуть змінюватися, атоматично у вікні «Переменные» з'являється зазначений розмір. У вікні «Переменные» у комірці «Выражение» необхідно вказати ім'я змінної. Створена змінна п з'явиться (рисунок 3.1).

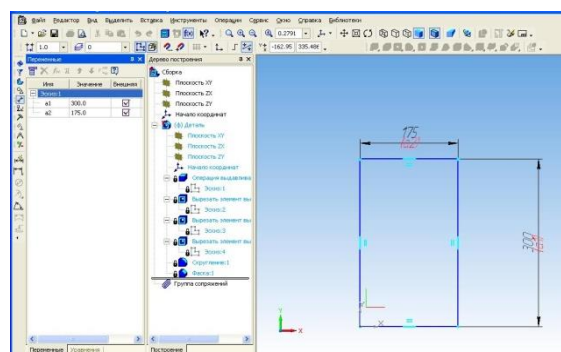


Рисунок 3.1 – Створення розмірів на деталі

На четвертому етапі потрібно зробити на ескізах розміри зовнішніми. Для цього натискаємо на ім'я змінної та обираємо «Внешняя». Таким самим чином робимо із усіма змінними (рисунок 3.2). Далі зберігаємо деталь. Для змінення значень розмірів потрібно натиснути у вікні «Переменные» ЛКМ на кнопку Меню→Сервис→Перестроить.

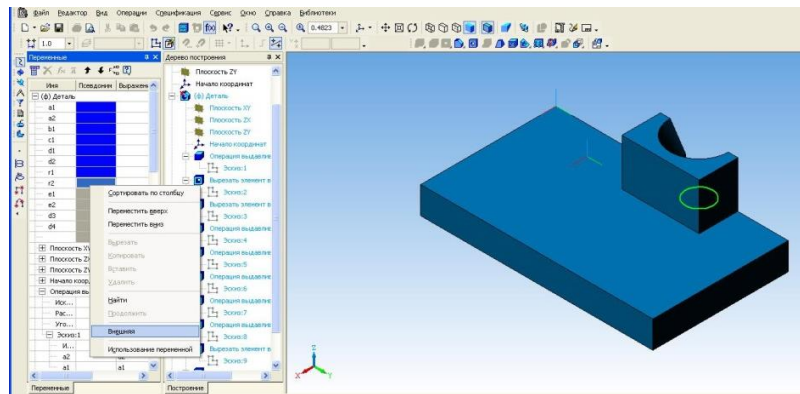


Рисунок 3.2 – Параметризована модель деталі зі змінними

Робота у Unigraphics NX9 закінчена. Тепер переходимо до створення інтерфейсу на самої параметризації. Для цього потрібно у Delphi створити новий додаток, для цього натискаємо Проект →Додати в проект і додайте вказані файли в проект.

В оператор USES головного модуля проекту потрібно додати модулі ComObj, OleCtrls, ksTLB, ComCtrls.

Для модернізації та автоматизації виробництва ливникової форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003»була створено 2 програми, які взаємодіють з системою проектування Unigraphics NX9. Програми написані на мові програмування Delphi та дозволяють змінювати модель деталі за окремими параметрами, а саме ширину деталі, діаметри отворів та інші (рис 3.3), (рисунок 3.4).

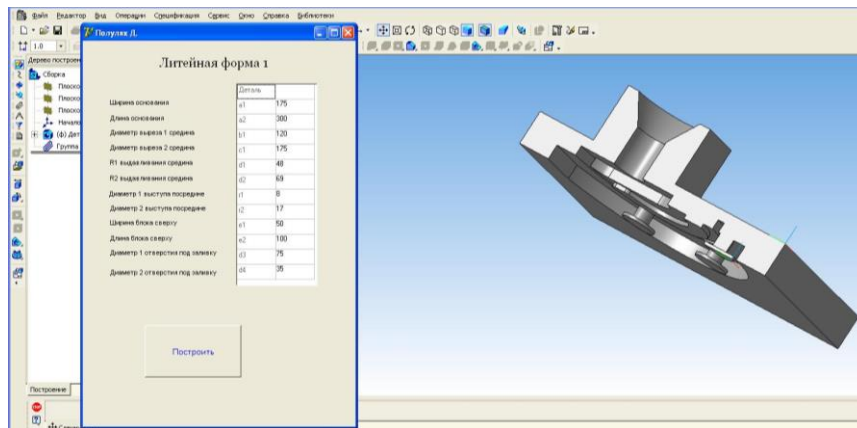


Рисунок 3.3 - Програмний модуль проектування деталі

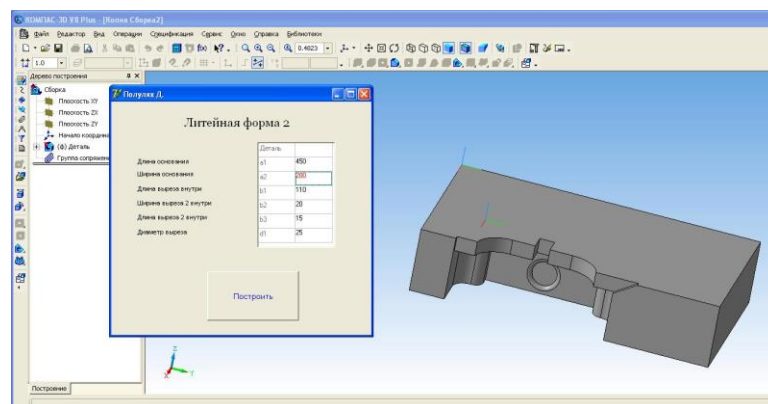


Рисунок 3.4 - Програмний модуль проектування основи прес-форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» у середовищі Delphi.

Деталь до змін та після представлена також на плакаті 3.

3.2 Розробка керуючої програми для верстату з числовим програмним управлінням

3.2.1 Основні етапи створення управляючої програми

Перший етап - це вибір заготівлі деталі (блок, контур, модель, межа, циліндр). Враховуючи форму деталі, обрана заготівля блок (рисунок 3.5).

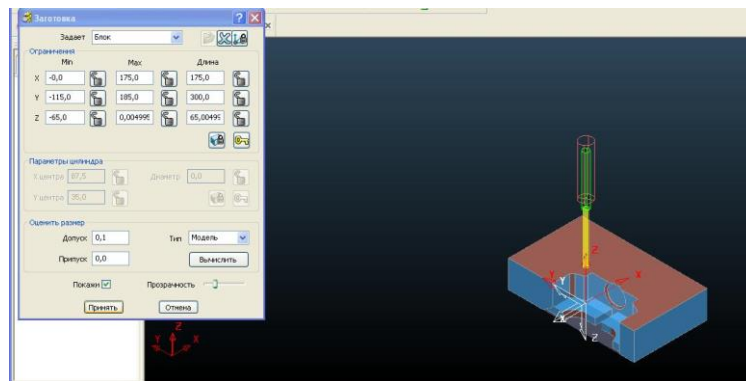


Рисунок 3.5 - Заготівля деталі

Для уникнення зіткнення інструменту з оброблюваною деталлю та запобігання його можливого пошкодження необхідно задати безпечні висоти (рисунок 3.6).

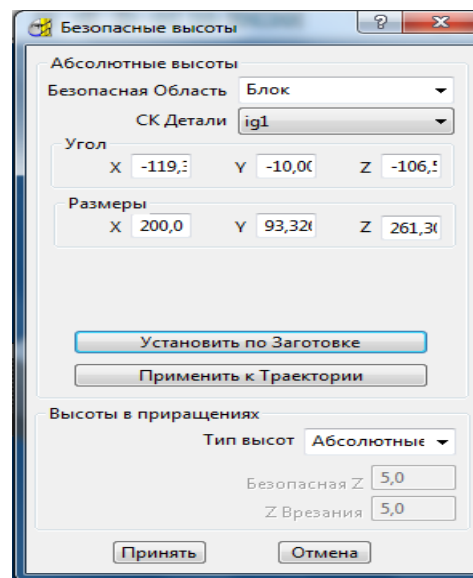


Рисунок 3.6 – Встановлення безпечних висот

Далі виконується створення інструменту для чорнової обробки (рисунок 3.7). Для цього необхідно перейти на вкладку «Інструмент», обрати команду «Створити інструмент» та визначити тип інструменту. У діалоговому вікні налаштовуються основні параметри, зокрема діаметр, довжина, додаються хвостовик та патрон.

Для чистової обробки використовується інструмент типу «сферична фреза». Значення параметрів інструменту: діаметр – 2 мм, довжина – 37 мм, довжина заточки хвостовика – 9 мм, довжина хвостовика – 90 мм, патрон – виліт 90 мм, загальна довжина – 215 мм. Для обробки обрано траєкторію типу «Оптимізована Z».

У результаті виконання чистової обробки форма деталі набуває більш плавних контурів (рисунок 3.9).

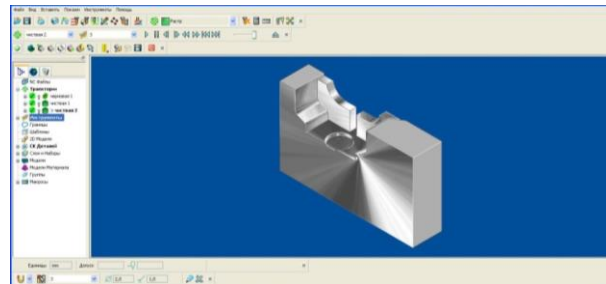


Рисунок 3.9 – Вибір стратегії для чистової обробки

У результаті виконання чистової обробки форма деталі набуває більш плавних контурів (рисунок 3.9).

Аналогічна послідовність дій використовується для створення технології обробки кришки прес-форми. Приклад чистової обробки цієї частини форми наведено на рисунку 3.10.

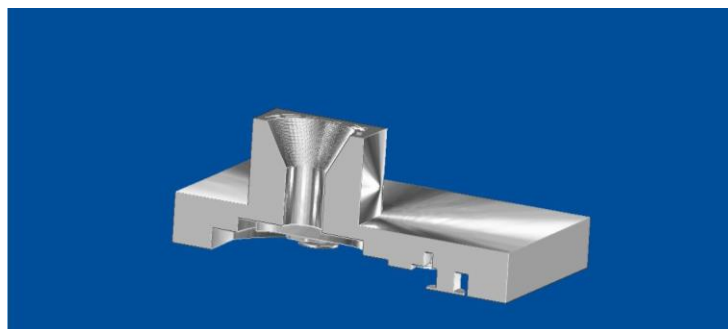


Рисунок 3.10 - Чистова обробка кришки прес-форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003»

Фрагмент керуючої програми наведено у додатку А.

3.2.2 Формування NC-файлу

На завершальному етапі створюється файл керуючої програми для верстата з числовим програмним керуванням. Формування NC-файлу виконується в автоматичному режимі. Необхідно натиснути на відповідну піктограму, завантажити всі чотири сформовані траєкторії та призначити номери інструментам. Далі з модуля постпроцесування, який входить до складу Unigraphics, обирається відповідний постпроцесор, що відповідає типу обладнання. Постпроцесор відповідає за трансформацію геометричних даних про положення інструменту у виконавчі коди, які розпізнаються конкретною моделлю верстата.

Після створення NC-файлу проводиться його перевірка (рисунок 3.11).

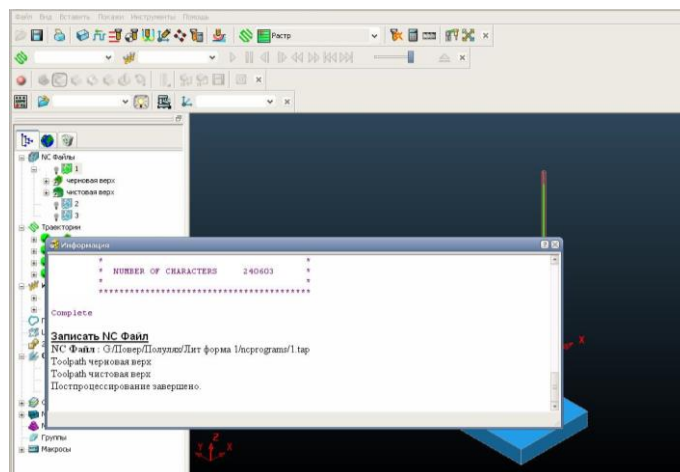


Рисунок 3.11 – Створення керуючої програми

У результаті формується завершена керуюча програма для обробки на верстаті з числовим програмним керуванням. Готовий NC-файл подано в додатках.

Висновок до третього розділу

У рамках третього розділу було розроблено повну послідовність дій для створення керуючої програми з використанням середовища Unigraphics NX. Проведено вибір інструментів для чорнової та чистової обробки, обрано стратегії побудови траєкторій, здійснено розрахунок параметрів обробки. За допомогою функцій моделювання створено та перевірено NC-файл, що відповідає вимогам виробництва. Усі етапи проєктування спрямовані на забезпечення точності, оптимальності обробки та інтеграції з сучасними системами керування верстатами.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці на робочому місці

Питання охорони праці необхідно вирішувати на всіх етапах трудового процесу незалежно від характеру професійної діяльності. Безпечні й здорові умови праці значною мірою залежать від своєчасної та правильної оцінки небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Різні негативні впливи, зокрема фактори виробничого середовища, надмірне фізичне чи розумове навантаження, нервово-емоційна напруга або їх комбінація можуть викликати однакові за інтенсивністю зміни в організмі людини.

У межах цього розділу розглянуто питання охорони праці програміста під час розробки програмного комплексу, що призначений для контролю готових виробів, виявлення дефектів, а також для діагностики та ідентифікації несправностей обладнання шляхом аналізу спектральних графіків. Роботи здійснюються в умовах ТОВ «БІОЛ».

Приміщення, в якому працює персонал, має площу 20 м² та висоту стелі 3 м. У ньому розміщено 7 робочих місць, кожне з яких оснащено робочим столом (площею 1,2 м²), стільцем і персональним комп'ютером (монітор, системний блок, клавіатура, миша). Варто зазначити, що відповідно до норм площа одного робочого місця оператора ПК повинна становити не менше ніж 6 м², а об'єм — не менше 20 м³.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Охорона праці — це система правових, організаційних, санітарно-гігієнічних, технічних і соціально-економічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці. Зі зростанням інтенсивності праці працівників розумового профілю зросли й вимоги до їх працездатності. Така діяльність супроводжується значними інтелектуальними, емоційними та

фізіологічними навантаженнями. Це повною мірою стосується й фахівців, які працюють із CAD-системами[8].

На робочому місці інженера-конструктора можуть виникати такі шкідливі чинники:

- недостатній рівень освітлення;
- електромагнітне випромінювання;
- надмірне тепловиділення.

Для усунення або зменшення впливу цих факторів необхідно передбачити відповідні засоби захисту: організацію вентиляції, ефективне штучне освітлення, звукоізоляцію. Існують нормативи, що регламентують допустимі рівні запиленості, шуму, температури повітря та освітленості. Важливу роль у створенні комфортних умов праці відіграє також оформлення інтер'єру, правильне фарбування приміщення у світлі тони, а також використання функціональної музики.

До основних чинників, що сприяють швидкому розвитку втоми, належать:

- неправильна ергономічна організація робочого місця;
- нерозумне розміщення обладнання по висоті;
- недосконала структура трудового процесу.

Як правило, працівник з перших хвилин робочого часу змушений виконувати складні завдання, хоча в цей період нервова система ще не досягла максимальної функціональної активності. Тому важливе значення має раціональне чергування праці й відпочинку[9].

Питання відповідальності за дотримання вимог охорони праці регулюються Законом України «Про охорону праці». Найбільш повним нормативним документом для організації безпечної роботи з комп'ютером є «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» (ДСанПіН 3.3.2.007-98)[10].

Згідно із законодавством, керівник підприємства зобов'язаний:

- забезпечити безпечну експлуатацію обладнання;
- організувати використання засобів індивідуального захисту;
- дотримуватись вимог щодо охорони праці й відпочинку;
- організувати навчання безпечним методам роботи;
- проводити інструктаж з охорони праці;
- здійснювати контроль за станом умов праці;
- проводити атестацію робочих місць;
- інформувати працівників про умови праці, ризики, та засоби захисту [10].

Перед закупівлею комп'ютерного обладнання необхідно провести підготовку приміщення відповідно до вимог нормативних документів. Забороняється розміщувати комп'ютерні робочі місця у підвальних приміщеннях, адже це суперечить встановленим санітарним нормам.

Для відповідно обробки і відповідн повинні використовуватися дифузно-відображаючі і відповідн з і відповідно і відповідно ня ід стелі – 0,7 – 0,8; для ідп – 0,5 – 0,6; для ідпові – 0,3 – 0,5.

Приміщення для роботи на комп'ютерах повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В 2.5-28-2006.

Природне освітлення повинно здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ і північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче ніж 1,5 %. Віконні отвори необхідно обладнати регульованими жалюзі, завісами або зовнішніми козирками.

Поверхня підлоги у виробничих приміщеннях має бути рівною, без вибоїн, неслизькою, зручною для прибирання та мати антистатичні властивості.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані:

- шафами для зберігання документів, магнітних носіїв, і відповідно, тумбами, тощо;

– аптечками першої медичної допомоги.

Також необхідно передбачити побутові приміщення для відпочинку персоналу під час роботи та кімнату психологічного розвантаження, в якій мають бути пристрої для приготування напоїв і місця для занять фізичною культурою (ДсанПін 2.09.04-87)[10].

Прибирання в приміщеннях повинно проводитися щоденно з використанням вологого способу.

До гігієнічних вимог до виробничого середовища належать вимоги до параметрів мікроклімату, освітлення, шуму, вібрацій, а також електромагнітного та іонізуючого випромінювання. Значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря повинні відповідати оптимальним параметрам згідно з чинними нормами.

У виробничих ідповідно на робочих ідпов мають забезпечуватись оптимальні значення ідповідно мікроклімату: температури, ідповідн вологості й рухливості ідпові (ДСН 3.3.6.042-99, СН 4088-86)[10].

У приміщеннях, де експлуатуються комп'ютери, передбачається загальне рівномірне освітлення. У разі необхідності роботи з документами дозволяється комбіноване освітлення із застосуванням місцевих світильників, які не створюють відблисків на екрані й не перевищують освітленість 300 люкс. Освітленість робочої поверхні столу в зоні документа повинна становити 300–500 люкс.

Яскравість світлових поверхонь у полі зору не повинна перевищувати 200 кд/м². Для дотримання норм освітленості слід регулярно (не менше двох разів на рік) очищати віконне скло, рами та світильники, а також замінювати лампи, що вийшли з ладу[10].

Рівні шуму й звукового тиску повинні відповідати вимогам відповідних санітарних норм. Інтенсивність інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання має не перевищувати допустимі значення, ідповідно до вимог ДсанПін 3223-82[10].

4.3 Розробка заходів з охорони праці

4.3.1 Ергономіка та організація робочого місця

Аналіз робочого місця програміста показав його невідповідність встановленим нормативам. Виявлені порушення в організації робочого простору потребують таких змін:

- висота робочої поверхні столу має становити 720 мм з можливістю регулювання в межах 680–780 мм;
- оптимальний розмір стільниці – 1600 × 1000 мм;
- простір під столом для ніг – щонайменше 650 мм вглиб;
- підставка для ніг під кутом 15°, довжиною 400 мм та шириною 350 мм;
- відстань від краю столу до клавіатури – не більше 300 мм;
- відстань між очима та екраном – 40–80 см.

Стілець програміста повинен мати підйомно-поворотний механізм. Висота сидіння регулюється в межах 400–500 мм, глибина сидіння – не менше 380 мм, ширина – не менше 400 мм. Спинка повинна мати висоту не менше 300 мм і ширину – не менше 380 мм. Кут нахилу спинки – від 90° до 110°.

Зважаючи на інтенсивність розумової праці, доцільно скоротити час безперервної роботи за ПК та ввести перерви, сумарна тривалість яких має становити не менше 50 хвилин протягом 8-годинного робочого дня.

4.3.2 Нормалізація повітря робочої зони

Для забезпечення оптимального мікроклімату в лабораторії незалежно від пори року слід використовувати:

- систему водяного опалення в холодний період;

- кондиціонери повітря в теплий період.

Це дає змогу підтримувати нормативні значення температури, вологості, чистоти повітря та швидкості його руху, забезпечуючи комфортні та безпечні умови праці програміста.

4.3.3 Виробниче освітлення

Під час обстеження рівня освітленості на робочому місці програміста було виявлено його невідповідність установленим нормативам. Для поліпшення умов праці рекомендується посилити загальне освітлення приміщення шляхом додаткового встановлення п'яти освітлювальних приладів. З метою підтримання освітлення на нормативному рівні слід розробити графік профілактичного очищення вікон та світильників, який передбачає їх миття щонайменше двічі на рік.

4.3.4 Захист від виробничого шуму

Для зменшення негативного впливу виробничого шуму рекомендовано впровадити такі заходи: облицювати стіни та стелю приміщення звукопоглинаючими матеріалами, що дозволяють знизити рівень шуму на 6–8 дБ; розмістити перегородки або екрани між робочими місцями; застосовувати обладнання з низьким рівнем шуму; оптимізувати внутрішнє планування простору. Також доцільно замінити гучний матричний принтер на більш безшумний варіант, наприклад, лазерний пристрій.

4.3.5 Електробезпека

Для запобігання електротравмам пропонується реалізувати комплекс технічних і організаційних заходів. З технічного боку необхідно:

- застосовувати антистатичні покриття для підлоги та використовувати пристрої зволоження й нейтралізації статичної електрики;
- організувати надійне заземлення корпусів усіх електронних пристроїв через відповідні захисні жили в електромережі;
- забезпечити величину опору заземлення, що не перевищує 4 Ом (відповідно до вимог ПУЕ для мереж до 1000 В).

Організаційні заходи мають передбачати:

- регулярне проведення інструктажів з техніки безпеки;
- заборону використання побутових електроприладів, не передбачених умовами роботи лабораторії (обігрівачів, чайників тощо).

4.4 Розрахунок штучного освітлення

Освітленість безпосередньо впливає на функціональні можливості зорового аналізатора людини: знижується втомлюваність очей, покращується гострота зору, підвищується здатність до тривалої концентрації. Згідно з дослідженнями, при освітленості на рівні 50 лк після трьох годин безперервної праці зоровий ресурс працівника знижується на 72 %, тоді як за умови 200 лк — лише на 15 %. Це свідчить про суттєвий вплив світлових умов на продуктивність та здоров'я користувача ПК[25].

Підвищення рівня освітлення дозволяє покращити якість виконання завдань: продуктивність за умов недостатнього освітлення зростає на 5–6 %, а при роботі, що потребує високої точності, — до 40 %[28].

Оцінка існуючої системи штучного освітлення проводиться шляхом порівняння фактичної освітленості (E_f) виробничого приміщення з нормативною освітленістю (E_n) [10], необхідною для виконання зорової роботи в даному приміщенні.

Розрахунок E_f проводиться за формулою:

$$E_{\Phi} = \frac{\Phi \cdot N \cdot n \cdot \eta}{100 \cdot S \cdot z \cdot k_3}, \quad (4.1)$$

де Φ – світловий потік однієї лампи, лм;

N – кількість світильників в приміщенні, шт.;

n – кількість ламп в одному світильнику, шт.,

η – коефіцієнт використання світлового потоку, % (визначається в залежності від типів лампи і світильника, коефіцієнтів відбиття стін, стелі і від індексу приміщення);

S – площа приміщення, м²;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості (для люмінесцентних ламп $z = 1,1$; для ламп розжарювання $z = 1,15$);

k_3 – коефіцієнт запасу. $k_3 = 1,1$.

Для визначення індексу приміщення використовується вираз:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (4.2)$$

де A і B – довжина і ширина приміщення, м;

H_p – висота від джерела світла до робочої поверхні, м.

Після обчислення E_{Φ} слід зіставити його з E_n . У разі недостатньої освітленості або збільшити кількість ламп, або використати освітлювальні прилади з вищим світловим потоком.

При проектуванні системи штучного освітлення необхідно вибрати систему штучного освітлення і з формули (4.3), розрахувавши або підібравши інші складові цієї формули, визначити світловий потік однієї лампи.

За значенням світлового потоку вибрати потужність ламп.

Приймаємо для освітлення приміщення лампи денного світла ЛД-60 з світловим потоком $\Phi = 2300$ лм. Знаючи площу приміщення $S = 20$ м² і кількість ламп в світильнику 2 шт розраховуємо потрібну кількість світильників за формулою:

$$N = \frac{E_{\Phi} \cdot 100 \cdot S \cdot z \cdot k_3}{\Phi \cdot n \cdot \eta}, \quad (4.3)$$

$$N = \frac{250 \cdot 100 \cdot 20 \cdot 1,15 \cdot 1,1}{2300 \cdot 2 \cdot 0,76} = 2 \text{ шт.}$$

Таким чином, для створення необхідної освітленості на робочих місцях потрібно в приміщенні встановити 2 світильника.

4.5 Розрахунок кондиціонування повітря

Розрахунок потреб у кондиціонуванні повітря ґрунтується на кратності повітрообміну — кількості повних оновлень повітряного середовища за одну годину. Наприклад, у приміщенні площею 50 м² і висотою 3 м (об'єм 150 м³) при двократному повітрообміні має здійснюватися заміна не менше ніж 300 м³ повітря за годину.

Для забезпечення належної якості повітря в кімнаті, де відбувається постійна робота персоналу, потрібно визначити необхідну потужність системи вентиляції двома методами: з урахуванням кратності повітрообміну та з урахуванням кількості присутніх осіб. До подальших розрахунків береться більше з отриманих значень.

Розрахунок повітрообміну за кратністю:

$$L = n \cdot S \cdot H, \quad (4.4)$$

де L — необхідна продуктивність вентиляції, м³/год;

n — нормована кратність (для офісних приміщень $n = 2,5$, для житлових

$n = 1$);

S — площа приміщення, м²;

H — висота стелі, м;

За формулою (4.1) розраховуємо повітрообмін по кратності:

$$L = 2,5 \cdot 20 \cdot 3 = 150 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Розрахунок відбувається за формулою:

$$L = N \cdot L_{\text{норм}}, \quad (4.5)$$

де L — необхідна продуктивність припливної вентиляції, м³/год;

N — кількість людей;

$L_{\text{норм}}$ — норма витрати повітря на одну людину:

- в стані спокою — $20 \text{ м}^3/\text{год}$;
- робота в офісі — $60 \text{ м}^3/\text{год}$;
- при фізичному навантаженні — $60\text{-}100 \text{ м}^3/\text{год}$;

За формулою (4.5) розраховуємо повітрообмін по кількості людей:

$$L = 4 \cdot 60 = 240 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Таким чином, згідно з отриманими розрахунками, більшим є значення, розраховане за кількістю людей — $240 \text{ м}^3/\text{год}$, саме його і слід приймати за основу при проектуванні вентиляції.

Оскільки норматив для офісів може сягати від 1000 до $20000 \text{ м}^3/\text{год}$ в залежності від умов і інтенсивності роботи, для даного випадку доцільно розширити систему кондиціювання, як мінімум у чотири рази, щоб досягти стабільного і комфортного мікроклімату.

Висновки до четвертого розділу

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що на підприємстві ТОВ «БІОЛ» реалізовано низку заходів, спрямованих на покращення умов праці та забезпечення безпеки персоналу відповідно до вимог чинного трудового законодавства України.

Оцінка впливу шкідливих і небезпечних чинників показала, що їхні параметри не перевищують встановлені допустимі межі. Разом із цим, враховуючи характер діяльності підприємства, доцільно встановити в робочому приміщенні щонайменше два додаткові світильники для забезпечення нормативного рівня освітлення. Крім того, доцільно провести модернізацію робочих місць — зокрема, замінити морально застарілі монітори на сучасні моделі з низьким рівнем випромінювання, а також оптимізувати режим праці співробітників з метою зменшення втомлюваності.

Що стосується повітрообміну, розрахунки свідчать про необхідність щонайменше чотириразового підвищення ефективності системи кондиціювання повітря, щоб гарантувати стабільні комфортні умови в робочій зоні.

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ

5.1 Розрахунок норми часу

Норма часу — це тривалість, необхідна для виконання операції в певних виробничих умовах. Вона складається з базового машинного чау, допоміжного та додаткового часу і визначає продуктивність праці[28].

Аналітично норма часу розраховується:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{дод}}, \text{ хв.} \quad (5.1)$$

$$T_{\text{шт}} = 146,41 + 29 + 14 = 189,41 \text{ хв.}$$

де: T_o — основний машинний (сума часу всіх переходів та операцій);

$T_{\text{доп}}$ — допоміжний час, що включає фіксацію та зняття деталі, запуск і зупинку верстата, тощо;

$T_{\text{дод}}$ — додатковий час.

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$ - це час установаження та знімання деталі, пуск і зупинку верстату, встановлення та знімання, підведення та відведення різця, вимірювання деталі, переключення швидкості й подачі, вибору перерізу стружки тощо [28].

$$T_{\text{доп}} = \sum_{i=1}^i t_{\text{уст}} + \sum_{i=1}^i t_{\text{пер}} = 29 \text{ хв.} \quad (5.2)$$

де $t_{\text{уст}}$ — час, який витрачається на установажку деталі, хв.;

$t_{\text{пер}}$ — допоміжний час на природні потреби робітника, хв..

Додатковий час - це час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та природні потреби[28].

$$T_{\text{дод}} = \frac{\alpha}{100} \cdot (T_o + T_{\text{доп}}), \quad (5.3)$$

$$T_{\text{дод}} = \frac{8}{100} \cdot (146,6 + 29) = 14 \text{ хв.}$$

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

Розрахуємо річної економії часу:

$$T_{\text{шт}}^e = (T_{\text{шт.зав.}} - T_{\text{шт.}}) \times n, \text{ н/год} \quad (5.4)$$

$T_{\text{шт.зав.}}$ – заводська норма часу на виріб (211 хв);

$T_{\text{шт.}}$ – штучний час на обробку однієї одиниці виробу, який був отриманий при удосконаленому технологічному процесі;

n – річний обсяг виробів.

$$T_{\text{шт}}^e = (217 - 146,41) \times 57 = 4021,63 \text{ хв} = 66,06 \text{ н/год}$$

5.2 Техніко-економічні показники

5.2.1 Коефіцієнт використання матеріалу

$$\eta_m = \frac{\sigma_d}{\sigma_z}, \quad (5.5)$$

де: σ_d , σ_z - маса деталі і заготовки відповідно.

Оскільки форма та технологія виготовлення заготовки змінилася, то коефіцієнт використання матеріалу для порівняння буде розрахований для існуючої та модифікованої деталей:

$$\eta_{m.\text{існ.}} = \frac{0,86}{1,5} = 0,57$$

5.2.2 Коефіцієнт використання верстата за потужністю:

$$\eta = \frac{N_e}{N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{вер}}}, \quad (5.6)$$

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

$N_{\text{дв}}$ – потужність електродвигуна верстата, кВт;

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

$$\eta = \frac{4,38}{0,84 \cdot 6} = 0,86$$

5.2.3 Коефіцієнт а ористання верстата а часом

$$\eta_q = \sum \frac{T_o}{T_{\text{ум.}}}, \quad (5.7)$$

$$\eta_q = \frac{146,6}{189,41} = 0,77$$

5.2.4 Собівартість механічної обробки деталі

$$C = S \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right), \quad (5.8)$$

де H – відсоток накладних витрат;

S – заробітна плата робітника;

$H = 1100 \%$.

$$S = S_i \cdot K \cdot \frac{T_{\text{ум.}}}{60}, \text{ грн.} \quad (5.9)$$

де S_i - годинна тарифна ставка робітника 1 розряду;

$S_i = 14,0$ грн;

K - тарифний коефіцієнт (вибирається по таблиці 3).

$$S = 14 \cdot 1,75 \cdot \frac{189,41}{60} = 77,34 \text{ грн.}$$

$$C = 77,34 \cdot \left(1 + \frac{1100}{100}\right) = 928,08 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.1 - Діючі тарифні коефіцієнти для верстатників з погодинною оплатою

Розряд робітника	1	2	3	4	5	6
Тарифний коефіцієнт	1,0	1,09	1,21	1,33	1,5	1,75

5.3 Розрахунок економічної ефективності

Річна економія від впровадження оптимізованого техпроцесу визначається за формулою:

$$E_{річ} = (C_1 - C_2) \times A_2 \quad (5.10)$$

де: C_1, C_2 – виробнича собівартість відповідно до і після впровадження заходів по зниженню собівартості [15];

A_2 – річна програма випуску продукції, складає 57 шт;

C_1 - собівартість до модернізації (1318 грн).

$$E_{річ} = (1318 - 928) \times 57 = 22230 \text{ грн.}$$

Висновки до п'ятого розділу

В умовах ринку оцінка економічної ефективності проєкту є ключовим інструментом для визначення доцільності впровадження змін. Виконаний розрахунок дозволяє зробити висновок, що запропоновані заходи сприяють зменшенню витрат, підвищенню ефективності використання обладнання та ресурсів, а також поліпшенню економічних показників виробництва.

Проведені розрахунки свідчать про те, що поточне використання робочого часу під час обробки ливникової форми деталі «Корпус клапану МПВ 349.003» є недостатньо раціональним.

Аналіз ефективності технологічного процесу показав, що впровадження оновленої технології дозволяє суттєво скоротити сумарний час обробки одного виробу. За новими параметрами цей показник становить менше, ніж раніше, що забезпечує економію часу — у середньому 70 хвилин на кожну одиницю продукції. У розрахунку на рік це дає 66,06 нормо-годин зекономленого часу.

Запропоноване удосконалення є економічно виправданим: собівартість виготовлення деталі зменшується з 1318 грн до 928 грн. Завдяки цьому очікувана річна економія коштів становитиме 22 230 грн. Зменшення витрат досягнуто передусім за рахунок скорочення часу обробки та відповідного зниження споживання електроенергії.

ВИСНОВОК

На сьогодні інженери-конструктори та інженери-технологи мають у розпорядженні широкий спектр прикладного програмного забезпечення, що дозволяє значно підвищити ефективність і якість виконання професійних завдань. У ТОВ «БІОЛ» впроваджено автоматизовану систему проєктування, яка була піддана попередньому аналізу. В результаті було виявлено низку недоліків, що зумовило потребу у її модернізації. Для прийняття обґрунтованого рішення було застосовано метод аналізу ієрархій, на основі якого було обрано програмно-методичний комплекс Unigraphics.

У рамках кваліфікаційної роботи було реалізовано розробку повного комплексу технічної документації із врахуванням структурованого алгоритму автоматизованого проєктування. Всі його етапи автоматизовані, що дозволяє зменшити трудомісткість робіт та підвищити загальну продуктивність при створенні документації.

На стадії конструкторської підготовки виробництва було здійснено комплексне дослідження конструкції ливарної форми для деталі «Корпус клапану МПВ 349.003», призначеної для обробки на верстаті з ЧПУ. Зокрема, проведено аналіз міцності та теплового навантаження, що дозволило підтвердити достатню термостійкість і надійність конструкції.

Для реалізації технологічного процесу виготовлення зазначеної ливарної форми було створено комплект технічної документації з використанням функціоналу системи «Вертикаль – Технологія». Усі етапи процесу проєктування відповідали нормам безпеки праці та вимогам стандартів оформлення технологічної документації.

Крім того, для забезпечення оперативного налаштування параметрів деталі, були розроблені програмні засоби на базі API-технології, що надає доступ до функціонального ядра САПР і дозволяє вносити зміни до конструктивних характеристик виробу через розрахунковий модуль, не змінюючи основний інтерфейс.

У середовищі Unigraphics також була створена керуюча програма для верстата з ЧПУ на основі тривимірної моделі виробу та заготівки. Обрано тип верстата, а також підібрано монтажне оснащення для фіксації деталі.

В розділі, присвяченому охороні праці, виконано ідентифікацію небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища згідно з вимогами ГОСТ 12.1.003-74. Запропоновані заходи спрямовані на мінімізацію ризиків для працівників та покращення умов праці.

Ураховуючи сучасні економічні умови, особливе значення має обґрунтування економічної доцільності проєктних рішень. Проведені розрахунки доводять, що впровадження нової технології дозволяє зменшити собівартість виготовлення виробу з 1318 грн до 928 грн. Це забезпечує щорічну економію фінансових ресурсів у розмірі 22 230 грн. Основні фактори економії пов'язані зі скороченням тривалості обробки однієї одиниці продукції та зниженням витрат на споживання електроенергії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гречкосій В.Д., Шатров Р.В., Василюк В.І., Шейко Л.О. Основи проектування технологічних процесів: Навч. посібник. – Ніжин: Міланік, 2009. – 111 с.
2. Чернявський М.П., Григоренко І.В. Деталі машин: Підручник. – Київ: Вища школа, 2002. – 640 с.
3. Вовчок Л.Ф., Кіщак А.В. Опір матеріалів: Підручник. – Львів: Афіша, 2003. – 344 с.
4. Кремнєв Г.П., Колеснік В.М., Новіков Ф.В., Жовтобрюх В.О. Основи технології виробництва машин: навчальний посібник. – Дніпро: Ліра, 2022. – 136 с.
5. Сасенко С.Ю., Нечипоренко І.В. Основи САПР: навчальний посібник. – Харків: ХДУХТ, 2017. – 120 с.
6. Валієва К.М. Концептуальна модель використання підсистеми проектування технологічного оснащення // Технічне забезпечення інноваційних технологій в АПК: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених (Запоріжжя, 5–29 лютого 2024 р.) – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 76–77.
7. Валієва К.М. Розрахунок на міцність корпусної деталі за допомогою програмного модулю «Проектування NX NASTRAN» // Технічне забезпечення інноваційних технологій в АПК: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 106–107.
8. Основи охорони праці / Під ред. К.Н. Ткачука, М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с.
9. Охорона праці / За ред. В.П. Кучерявого. – Львів: Оріяна–Нова, 2007. – 368 с.
10. ДСанПіН 3.3.2.007–98. Державні санітарні правила і норми роботи з відеодисплейними терміналами ЕОМ. – Введ. 10.12.1998.

11. ДСТУ ISO/IEC 12119:2003. Інформаційні технології – Пакети програм – Вимоги до якості та випробування (ISO/IEC 12119:1994, IDT). – К.: Держстандарт України, 2003.
12. ДСТУ ISO/IEC 15288:2005. Інформаційні технології – Системний інжиніринг – Процеси життєвого циклу систем (ISO/IEC 15288:2002, IDT). – К.: Держстандарт України, 2005.
13. ДСТУ ISO/IEC TR 12182:2004. Інформаційні технології – Класифікація програмних засобів (ISO/IEC TR 12182:1998, IDT). – К.: Держстандарт України, 2004.
14. Національний гірничий університет. Технологічне оснащення: Методичний посібник до виконання індивідуального проекту (затискні верстатні пристрої). – Дніпропетровськ: НГУ, 2012. – 39 с.
15. Кожухар О.В. Апаратне забезпечення ЕОМ: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 180 с.
16. Абрамов О.М. Системний аналіз: Підручник. – К.: НАУ, 2010. – 212 с.
17. Біланенко В.Г. Проектування технологічних процесів. Ч.1: Оброблення деталей-тіл обертання: навч. посібник. – Київ: НУХТ, 2013. – 156 с.
18. Безверхий А.О. Комп'ютерне моделювання та інженерний аналіз: навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 250 с.
19. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини / В.М. Лапін. – К.: 1999.
20. Лекції з дисципліни «Основи автоматизованого проектування виробів та технологій». – Запоріжжя: ТДАТУ, 2025.

Ресурси Інтернету:

- www.ascon.kiev.ua
- www.autodesk.com
- <http://www.biol.com.ua>
- <https://newengineering.com.ua/siemens-nx/>
- <https://uabusiness.com.ua/technologies/innovations/1470-osoblyvosti-vprovadzhennya-sapr-na-pidpryyemstvakh.html>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Фрагмент коду керуючої програми

%
:0001
N10G91G28X0Y0Z0
N20G40G17G80G49
N30G0G90Z170.
N40T1M6
N50G54G90
N60(ИмяТраектории: черновая верх)
N70(Вывод:)
N80(Единицы: ММ)
N90(Координаты Инструмента: Конец)
N100(Но.Инструмента: 1)
N110(ID.Инструмента: 1)
N120(Охлаждение: Standard)
N130(Общая длина: 430,000)
N140(Заготовка:)
N150(MIN X: -175,000)
N160(MIN Y: -115,000)
N170(MIN Z: -95,000)
N180(MAX X: 0,000)
N190(MAX Y: 185,000)
N200(MAX Z: 0,000)
N210(COORDINATE SYSTEM: СК Детали)
N220(Кончик фрезы:)
N230(X: -87,500)

N240(Y: 35,000)
N250(Z: 170,000)
N260(Рекомендованная длина: 230,000)
N270(Количество кромок: 1)
N280(Фреза: Концевая)
N290(DIAMETER: 20,000)
N300(Безопасность:)
N310(Рабочие ходы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов)
N320(Подводы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов)
N330(Переходы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов)
N340(Рабочие Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений)
N350(Подводы Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений)
N360(Переходы Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений)
N370(Траектория: Выборка Растром)
N380(STEPOVER: 5,000)
N390(ДОПУСК:0,100)
N400(ПРИПУСК:1,000)
N410(Статистика:)
N420(LENGTH: 176686,442)
N430(TIME: 2/56/37)
N440(LIFTS: 76)
N450X10.5Y-29.638S1500M3
N460G43Z165.H1M8
N470G1Z-4.91F500
N480X10.F1000
N490X9.669Y-28.839
N500X8.259Y-26.779

N510X6.084Y-24.849

N520X4.269Y-23.858

N530X2.274Y-23.223

N540X.279Y-22.982

N550X-2.23Y-22.854

N560X-3.711Y-22.637

N570X-5.706Y-22.217

N580X-7.701Y-21.609

N590X-9.561Y-20.859

N600X-11.634Y-19.772

N610X10.

N620Y-14.839

N630X-17.473

N640X-17.676Y-14.624

N650X-19.671Y-11.824

N660X-20.635Y-9.907

N670X10.

N680Y-4.974

N690X-22.391

N700X-22.411Y-4.899

N710X-22.761Y-2.905

N720X-22.938Y-.91

N730Y-.041

N740X10.

N750Y4.892

N760X-22.409

N770X-22.375Y5.075

ДОДАТОК Б

Код АПІ спеціалізованої САПР

```

unit uMain1;

interface

uses

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

const

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

type

TMat = class(TForm)
  StringGrid1: TStringGrid;
  BitBtn1: TBitBtn;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Label7: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Label9: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label13: TLabel;
  OpenDialog1: TOpenDialog;
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 }

  functionCheckReal(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

  Mat: TMat;

  Doc:ksDocument3D; // ссылка на текущий документ

  KompasHandle:THandle; // ссылка на окно программы

  mas: TPartVars;

  s: TStringList;

implementation

  {$R *.dfm}

  functionGetPartVars(partname:STRING):TPartVars;

  varvr: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;

Doc := ksDocument3D(kompas.ActiveDocument3D);// если такой документ есть...
ifAssigned(Doc) then// то закрываем его
Doc.close;// создаем новый документ...
Doc.Open(Trim(filename), False);// активируем API
end;

procedureReadParts(s:TStringList);
var i:word;
parts:ksPartCollection;
part:ksPart;
num: integer;

begin// получение ссылки на список деталей
parts:=ksPartCollection(doc.PartCollection(true));// числодеталей
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;
vvv: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 TMat.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 TMat.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 18 do // proverka, 4to v stroke 4islo
if (str[i] = MasReal[j]) then
begin
z := 0;
break;
end; // proverka, 4to poslezapyatoj 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;

procedure TMat.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({НАРБАНИЕФИЛА}{C:\Матрица.a3d'}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 TMat.FormCreate(Sender: TObject);
begin
AllOk := 0;
end;
procedure TMat.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;

procedure TMat.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 TMat.StringGrid1Click(Sender: TObject);
      var i: integer;
      z: byte;
      begin
        try // priemproverkiopredelennoj (1) ja4ejki
          if ((StrToFloat(StringGrid1.Cells[1,2]))<(StrToFloat(StringGrid1.Cells[1,1])))
            thenCheckArray[2] := 1;
          except
            end; // proverkadopyspimostiraboti
          z := 0;
          for i := 0 to Length(CheckArray)-1 do

```

```
if (CheckArray[i] = 1) then  
begin  
z := 1;  
break;  
end;  
end;  
end.
```