

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. зав. каф. ІМКП

доц.  Олена ДЕРЕЗА

« 12 » червня 2026 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи здобувача СВО Бакалавр
(ступінь вищої освіти)

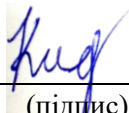
на тему: «Технічна підготовка виробництва деталі «Диск ротора» в системі
автоматизованого проектування»

17 ПМД.10310577.06.26/000000 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)


_____ Богдан КИДАЛОВ
(підпис)

Керівник доц. 
_____ Олена ДЕРЕЗА
(підпис)

Консультант доц. 
_____ Михайло ЗОРЯ
(підпис)

Консультант доц. 
_____ Лариса БОЛТЯНСЬКА
(підпис)

Нормоконтроль доц. 
_____ Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Рецензент 
_____ Дмитро БЕШТА
(підпис)

Запоріжжя - 2026 рік

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТРОНОГО**

Факультет: МТ

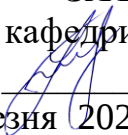
Кафедра: ІМКП

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ІМКП

к.т.н, доц.  Олександр ВЕРШКОВ
«20» березня 2026 р.

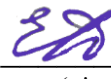
З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ
Кидалову Богдану Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Технічна підготовка виробництва деталі «Диск ротора» в системі автоматизованого проектування» затверджена наказом по університету від 14.10.2025 за № 548-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 12 червня 2026р.
2. Вихідні дані до проекту: технічне завдання на технічну підготовку виробництва корпусної деталі сільськогосподарського призначення».
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): провести обстеження підприємства у відповідності до ТЗ, створити комплект технічної документації, вибрати програмне забезпечення для підвищення автоматизації проектних процедур, розробити керуючу програму виготовлення диску, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Аналіз існуючої конструкції деталі
 - 4.2 Розробка технологічного процесу
 - 4.3 Розробка керуючої програми
 - 4.4 Перевірка деталі на міцність
 - 4.5 Організація робочого місця технолога-програміста
 - 4.6 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.		22.05.2026		01.06.2026
Болтянська Л.О.		05.06.2026		09.06.2026

Керівник  Олена ДЕРЕЗА

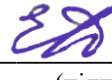
(підпис)

Завдання прийняв до виконання  Богдан КИДАЛОВ

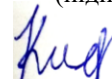
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Передпроектне обстеження підприємства ДПМЗ «Гідромаш»	08.05-10.05	Виконано
2	Перевірка деталі на міцність	11.05-12.05	Виконано
3	Розробка технологічного процесу	13.05-15.05	Виконано
4	Розробка керуючої програми	18.05-20.05	Виконано
5	Розробка робочого місця інженера-технолога з урахуванням ергономічних показників	21.05-22.05	Виконано
6	Розробка питань з охорони праці	25.05-26.05	Виконано
7	Техніко-економічна оцінка рішень проекту	27.05-28.05	Виконано
8	Оформлення проекту в цілому	29.05-08.06	Виконано
9	Підпис проекту у консультантів і нормоконтроля	09.06-12.06	Виконано

Студент-дипломник  Олена ДЕРЕЗА

(підпис)

Керівник проекту  Богдан КИДАЛОВ

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить 56 сторінок друкованого тексту формату А4, 4 розділи, 22 рисунки, 3 таблиці, 28 сторінок додатків.

Графічна частина роботи складається з 7 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Продмаш» (м. Мелітополь)

Мета роботи – модернізація комплекту конструкторської документації на деталь «Диск ротора».

Методом дослідження є аналіз та модернізація процесу технічної підготовки на ТОВ «Продмаш».

Новизна отриманих результатів полягає в наступному: розроблено комплект технічної документації на виробництво деталі «Диск ротора» в системі автоматизованого проектування.

Проект є економічно обґрунтованим. Річний економічний ефект складає 31582,5 грн

Практичне значення отриманих результатів полягає в поліпшенні техніко-економічних показників виробництва деталі «Диск ротора».

У першому розділі проведено аналіз існуючої системи створення конструкторської документації.

У другому розділі була проведена робота по розробці технічної підготовки деталі «Диск ротора».

У третьому розділі було розроблене ергономічне робоче місце інженера-конструктора з висвітленням питань безпеки життєдіяльності.

У четвертому розділі розраховується річна економічна норма часу та річний економічний ефект від впровадження даного проекту.

До кожного розділу в кінці наведені висновки.

Ключові слова: система автоматизованого проектування, приватне підприємство, програмне забезпечення, технічне завдання, відділ головного конструктора, відділ головного технолога, автоматизована система, автоматизоване робоче місце, числове програмне керування (ЧПК), автоматизована система (АС).

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АС	автоматизована система;
АСУ	автоматизована система управління;
АСУП	автоматизована система управління підприємством;
ВГК	відділ головного конструктора;
ВГМ	відділ головного металурга;
ЕОМ	електронно-обчислювальна машина;
ЖЦП	життєвий цикл продукції;
ІЗ	інформаційне забезпечення;
КТЕ	конструкторсько-технологічні елементи;
ЛЗ	лінгвістичне забезпечення;
ПЗ	програмне забезпечення;
ПК	персональний комп'ютер;
ПП	приватне підприємство;
САПР	система автоматизованого проектування;
СПВ	служба підготовки виробництва;
ТЗ	технічне забезпечення;
ТП	технологічний процес;
ТПВ	технологічна підготовка виробництва;
ЧПУ	числове програмне управління;

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Номер листа	Прим.
1	A4	17 ПМД. 10310577.06.26/000000 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна			
2			Записка	57		
3	A1	17 ПМД. 10310577.06.26/000000	Тема та мета кваліфікаційної роботи	1	0	
4	A1	17 ПМД. 10310577.06.26/210000	Креслення, 3d-модель деталі			
5			«Диск ротора»	1	1	
6	A1	17 ПМД. 10310577.06.26/220000	Результати розрахунку			
7			конструктивних елементів деталі «Диск ротора»	1	4	
8	A1	17 ПМД. 10310577.06.26/230000	Технологічний процес виготовлення деталі			
9			«Диск ротора»	1	2	
10	A1	17 ПМД. 10310577.06.26/240000	Створення керуючої програми	1	3	
11	A1	17 ПМД. 10310577.06.26/310000	Організація робочого місця			
12			Інженера технолога	1	5	
13	A1	17 ПМД. 10310577.06.26/410000	Економічні показники			
14			ефективності проекту	1	6	
15						
16						
17						
18						
19						
22						

					17 ПМД. 10310577.06.26/000000 ВКР			
3	Лис	№ докум.	Підпи	Дата				
Розроб.	Кидалов Б.О.		10.06.26	Технічна підготовка виробництва деталі «Диск ротора » в системі автоматизованого проектування	Літ	Лист	Лис	
Перевір	Дереза О.О.		10.06.26			1	1	
Консул.	Зоря М.В.		10.06.26		ТДАТУ, 2026			
Консул.	Болтянська Л.О.		10.06.26					
Н.конт	Мацулевич О.Є.		10.06.26					
Затв.	Дереза О.О.		10.06.26					

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 Існуюча методика розробки технічної документації на	
Підприємстві Мелітопольпродмаш».....	11
1.1 Загальні відомості про підприємство.....	11
1.2 Розробка технічної документації на підприємстві.....	13
1.2.1. Розробка конструкторської документації.	13
1.2.2. Розробка технологічної документації.....	14
Висновки до першого розділу	16
2 ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	
«ДИСК РОТОРА».....	17
2.1 Основні відомості про деталь.....	17
2.2 Аналіз конструкції деталі «Диск ротора»	17
2.3 Розробка модернізованої конструкції деталі «Диск ротора» ...	28
2.4 Аналіз існуючого технологічного процесу (ТП)	
на виготовлення деталі «Диск ротора».....	30
2.5 Розробка нового технологічного процесу.....	31
2.6 Обґрунтування вибору верстату.....	34
2.7 Обробка деталі в пакеті програм PowerMill.....	37
Висновки до другого розділу.....	41

3 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА З	
ВІДОБРАЖЕННЯМ ПИТАНЬ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ....	42
3.1 Безпека життєдіяльності.....	42
3.2 Розробка ергономічного проекту робочого місця інженера-	43
конструктора.....	
Висновки до третього розділу.....	46
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ...	47
4.1 Розрахунок норми часу.....	47
4.2 Розрахунок економічної ефективності проекту.....	50
Висновки до третього розділу.....	51
ВИСНОВКИ.....	52
Список літератури.....	54
ДОДАТКИ.....	56

ВСТУП

Однією з основних умов технічного прогресу є постійне розширення і оновлення номенклатури продукції, що випускається, а однією з головних вимог до сучасного виробництва - забезпечення можливості проектування, створення і освоєння нової високоякісної продукції в найкоротші терміни при мінімальних витратах. Виконання цих вимог не можливо без автоматизації на основі електронних обчислювальних машин (ЕОМ), для реалізації якої необхідний корінний перегляд організаційно-економічних і технологічних характеристик виробничої діяльності у напрямі створення динамічних і інтенсивних форм виробництва. Головною особливістю рішення проблеми інтенсифікації є те, що проводиться не інтенсифікація фізичної праці, яка практично вичерпала себе, а інтенсифікації практично необмеженої інтелектуальної праці людини, що використовує широкі можливості сучасних ЕОМ.

Основною стратегією по проведенню заходів щодо вдосконалення технічної і технологічної бази в промисловості є широке використання систем автоматизованого проектування (САПР) у всіх сферах проектування і виробництва

Успіхи, досягнуті останніми роками у області мікроелектроніки, відкрили принципово нові можливості для здійснення високоефективної автоматизації виробничих процесів, проектно-конструкторських і науково-дослідних робіт. Широке впровадження міні- і мікро-ЕОМ з різноманітним сучасним периферійним устаткуванням дозволило створити системи розподіленої обробки інформації, на основі яких будуються інтегровані системи управління. Автоматизація проектування входить невід'ємною складовою частиною в пріоритетні напрями науково-технічного прогресу. Від успіхів в створенні і розвитку САПР багато в чому залежать можливості і

терміни розробки зразків нової техніки, впровадження інтегрованих автоматизованих виробництв, зростання продуктивності праці інженерно-технічних працівників, зайнятих проектуванням.

Метою даної кваліфікаційної роботи є модернізація комплексу конструкторської документації на деталь «Диск RI000909 Ротора RI9000909000d.

Об'єкт дослідження – система розробки конструкторської документації на підприємстві ТОВ «Продмаш»(м.Мелітополь) .

Предметом дослідження є сукупність методів і інструментів ухвалення управлінських рішень на підприємстві.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішенні наступні задачі:

- аналіз існуючої на підприємстві системи технологічної підготовки виробництва деталі диск;
- аналіз існуючої конструкції деталі диск;
- аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі диск;
- розробка технологічного процесу виготовлення деталі диск із застосуванням " Siemens NX";
- розробка керуючої програми обробки деталі із застосуванням PowerMill;
- розробка ергономічного проекту розташування робочих місць у приміщенні інженера-технолога з відображенням питань безпеки життєдіяльності;
- розрахунок економічної ефективності від впровадження розробленого проекту.

1 ІСНУЮЧА МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ «ПРОДМАШ» (М.МЕЛІТОПОЛЬ)

1.1 Загальні відомості про підприємство

Завод продовольчого машинобудування ТОВ «Продмаш» (м.Мелітополь) – спеціалізоване підприємство по випуску технологічного устаткування для харчової та молочної промисловості. Одне із старіших підприємств в системі машинобудування України, яке має багату трудову біографію, яка створювалась багатьма поколіннями робітників.[13]

Завод був заснований у 1886 році, на окраїні міста Мелітополь (с.Кизияр) і був призначений для випуску сільськогосподарських машин і землеробського знаряддя: косарок, моторних молотилок, віялок.

Після прийняття незалежності України, завдяки прийняттю ряду неординарних організаційних рішень в області виробництва, маркетингової і цінової політики вдалося збільшити темпи виробництва і реалізації продукції. Проведена реорганізація цехів основного і допоміжного виробництва, основною метою якої було створення спеціалізованих підрозділів. Проведений перший етап оптимізації чисельності робітників; проведені кадрові перестановки керівного складу цехів і дільниць.

У теперішній час завод є спеціалізованим підприємством по випуску технологічного устаткування для харчової і молочної промисловості. Продукція заводу постачається не тільки до багатьох міст України, але і до країн ближнього зарубіжжя.

Продукція підприємства широко відома на території країн СНД і світу. ТОВ «Продмаш» намагається розширити ринок збути своєї продукції, тому знаходиться в постійному пошуку нових партнерів та клієнтів. Вже кілька років підприємство активно співпрацює з Австрією, Німеччиною і Словаччиною виготовляючи для них каменнодробильні машини. Клієнтами підприємства «Продмаш» є провідні підприємства СНД: «Славутич»

(Україна, Запоріжжя), «Кокшетаумінводи» (Казахстан), «Castel Sakartvelo» (Грузія), «Старий друже» (Україна, Київ), Бухарський винзавод (Узбекистан) та багато інших.

В 1999 році на підприємстві «Продмаш» впроваджена й успішно діє система забезпечення якості, сертифікована на відповідність міжнародному стандарту ISO 9001.

ТОВ «Продмаш» є багатомоноклатурним підприємством з дрібносерійним виробництвом. Воно характеризується широкою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються. ТОВ «Продмаш» вже більш 60 років є ведучим підприємством по виробництву і реалізації обладнання для фасування у скляну тару і пляшки ПЕТ продуктивністю від 1500 до 24000 пляшок за годину.

ТОВ «Продмаш» виробляє:

- лінії розливу пива, безалкогольних напоїв і мінеральної води продуктивністю 3000, 6000, 12000 і 24000 пляшок за годину;
- лінії розливу газованих напоїв, мінеральної води у пляшку ПЕТ продуктивністю від 500 до 4500 за годину;
- лінії розливу гарячих соків, «тихих» і гарячих вин, резервуарного шампанського продуктивністю до 6000 пляшок за годину;
- лінії розливу лікєро–горілочної продукції продуктивністю від 1500 до 6000 пляшок за годину;
- лінії розливу оцту продуктивністю 6000 пляшок за годину;
- лінії розливу рослинних масел продуктивністю 3000 і 6000 пляшок за годину.

Вся продукція підприємства виробляється завдяки придбаному сучасному технологічному обладнанню, що є в достатній кількості, в тому числі і верстати з числовим програмним керуванням. На підприємстві використовуються верстати з ЧПК від японського виробника - фірми FEDEK (OKUMA LB 3000 EX, OKUMA ES–L811–M, OKUMA CB 300–MW).

Керівником підприємства є директор, якому підпорядковуються відділ маркетингу, технічний відділ, комерційний та виробничий, а також головний інженер. Технічна документація розробляється у відділах головного конструктора та головного технолога.

До основних цехів належать: механоскладальний цех №1, механоскладальний цех №2, до допоміжних: ливарний цех, КПП, автоматний цех, інструментальний цех.

1.2. Розробка технічної документації на ТОВ «Продмаш»

Розробкою технічної документації на підприємстві займаються відділи головного конструктора та відділ головного технолога, які підпорядковуються головному інженеру.

1.2.1. Розробка конструкторської документації

Відділ головного конструктора (ВГК) налічує чотири автоматизованих робочих місця (АРМ). Кожне АРМ обладнане відповідною комп'ютерною технікою, яка має наступні характеристики:

- процесор – Pentium 2;
- жорсткий диск – 80 Гб;
- оперативна пам'ять – 1 Гб;
- відеокарта – Geforce quadro.

При розробці конструкторської документації у відділі використовуються ліцензійні програмні продукти: ProEngineer, AutoCAD.

У ВГК є плотер формату A1, 2 сканери формату A3, та 1 багатофункціональний пристрій формату A3.

ВГК створює і впроваджує у виробництво нові і модернізує наявні конструкторські розробки. До основних задач ВГК належать:

- вживання заходів щодо прискорення освоєння у виробництві перспективних конструкторських розробок і новітніх матеріалів, широкого впровадження науково-технічних досягнень;
- створення нових і модернізація вже освоєних виробів (комплексів, машин, апаратів, приладів, механізмів), забезпечення їх високого технічного рівня, конкурентоспроможності, відповідності сучасним досягненням науки і техніки;
- розробка та контроль за виконанням перспективних і поточних планів впровадження конструкторського забезпечення виробництва, проведення дослідно-конструкторських робіт;
- участь у монтажі, випробуваннях, налагодженні та пуску нових конструкцій виробів;

Вихідними даними для створення конструкторської документації є технічне завдання, отримане працівниками ВГК від служби маркетингу для створення або модернізації існуючої продукції. Конструктори проводять пошук існуючих аналогів та їх аналіз. На основі технічного завдання розробляється нова конструкторська документація. У ВГК ведеться робота по переведенню існуючого архіву конструкторської документації у електронну форму. На цей час електронна бібліотека складає 40% від створених паперових носіїв.

1.2.2. Розробка технологічної документації

У відділі головного технолога (ВГТ) чотири автоматизованих робочих місць. Комп'ютери мають наступні характеристики:

- відео карта – XpertVision 7700GT;
- оперативна пам'ять – 512Mb;
- жорсткий диск – 70 Гб;
- процесор – AMD Athlon 3500 +.

ВГТ виконуються такі задачі:

- розробка і випуск технічних креслень;
- узгодження технологічної документації з технічними службами підприємства;
- аналіз потреби в новому інструменті і обладнанні;
- забезпечення ефективності проектних рішень;
- розрахунок норм витрачання матеріалів, що використовуються на підприємстві в якості витратних;
- узгодження технологічних умов на проєктовані вироби для потреб підприємства з іншими підрозділами підприємства;
- виявлення потреби підприємства в технічній інформації.

Відділ головного технолога спільно з ВГК приймають участь у впровадженні на виробництво технічної документації. Аналізують на виробничих ділянках наявність необхідного обладнання та можливість його придбання.

Процес розробки технічної документації у ВГТ автоматизований лише на 20%. Технологічні креслення створюються у пакеті програм Inventor Professional.

АРМ не повністю забезпечені відповідними програмними продуктами для створення технологічної документації, що значно сповільнює та ускладнює роботу технологам.

Висновки до першого розділу

На першому етапі кваліфікаційної роботи був проведений аналіз підприємства «Продмаш» та існуючої на ньому системи створення технічної документації.

Завод продовольчого машинобудування ТОВ «Продмаш» – спеціалізоване підприємство по випуску технологічного устаткування для харчової та молочної промисловості.

Технічними службами на ТОВ «Продмаш» керує головний інженер.

Розробка технічної документації виконується відділами головного конструктора та головного технолога. Робота ВГК автоматизована на 80%. Існує необхідність модернізації комп'ютерів, та впровадження більш сучасних версій ліцензійних пакетів програм для створення конструкторської документації.

Відділ головного технолога забезпечений засобами автоматизації лише на 20%. Для підвищення рівня якості розробки технологічної документації необхідне придбання ліцензійних пакетів програм. Пропонуються пакети програм PowerMill, MasterCAM для створення керуючих програм та Siemens NX для розробки технологічних процесів.

В результаті аналізу прийшли до висновків, що підприємство досить розвинуте і має всі можливості для розробки сучасних виробів. Проте, для більш ефективного та якісного виробництва продукції існує необхідність у збільшенні кваліфікованих кадрів, модернізації комп'ютерів та пакетів програм для створення технічної документації.

2 ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «ДИСК RI000909 РОТОРА RI9000909000d»

2.1 Основні відомості про деталь

На сьогоднішній день на підприємстві «Продмаш» (м. Мелітополь) виконується завдання по розробці каменно-дробильної машини. Ведуться конструкторські роботи. У ролі аналога взята німецька розробка каменно-дробильної машини. Видано креслення деталі (додаток А). Однією з задач кваліфікаційної роботи являється модернізація та створення електронної форми технічної документації на деталь «Диск ротора».[6] Документація створювалась з урахуванням можливостей підприємства. Габаритні розміри деталі: 710x710x60мм. Маса диску $112,54 \pm 2$ кг. Деталь виготовляється при обробці на декількох верстатах, з матеріалу Сталь 45Г.

Деталь використовується в конструкції каменно-дробильної машини, служить для фіксації та переміщення дробильних молотків.

2.2 Аналіз конструкції деталі диск RI000909 ротора RI9000909000d

Аналіз існуючої конструкції деталі диск проведено в програмному пакеті для проведення інженерних розрахунків COSMOSWorks, який повністю інтегровано в CAD систему SolidWorks.[13]

COSMOSWorks має широкий спектр спеціалізованих модулів, що дозволяють провести аналіз більшості задач, що зустрічаються при аналізі деталей і зборок:

- лінійний статичний аналіз;
- визначення власних форм і частот;
- розрахунок критичних сил і форм втрати стійкості;
- тепловий аналіз;
- спільний термостатичний аналіз;
- розрахунок зборок із використанням контактних елементів;

- нелінійні розрахунки;
- оптимізація конструкції;
- розрахунок електромагнітних завдань;
- визначення довговічності конструкції;
- розрахунок плинності рідин і газів;

Постпроцесор дозволяє переглядати наступні дані, отримані при розрахунку конструкції:

- напруження, відносні й абсолютні деформації, деформований стан, енергія деформації, сили реакції;
- власні форми й частоти коливань;
- температура, градієнти температури, теплові потоки;
- динамічне відображення перерізів і вивід ізоповітряних;
- майстер перевірки конструкції дозволяє визначати коефіцієнт безпеки;
- історію оптимізації конструкції ;
- графічне відображення зміни параметрів при Р-методі;

Під час розробки виробу проходять наступні етапи:

- створення математичної моделі виробу;
- випробування піддослідної моделі;
- оцінка результатів випробувань;
- внесення конструктивних змін в деталь на основі результатів випробувань.

За допомогою аналізу міцності можна вирішити наступні завдання:

- знизити витрати, виконавши тестування моделі на міцність на комп'ютері, а не в процесі дорогих виробничих випробувань;
- скоротити час розробки шляхом зменшення кількості циклів розробки виробу;

- оптимізувати проект, швидко змодельовавши декількох концепцій і сценаріїв перед ухваленням остаточного рішення.

В основі аналізу міцності, реалізованого в COSOSWorks 2007, покладено метод кінцевих елементів (МКЕ). МКЕ - це надійний чисельний метод аналізу завдань по проектуванню, при якому розв'язуються рівняння, що керують поведінкою кожного елемента і ураховують його зв'язки з іншими елементами. Ці рівняння встановлюють взаємозв'язок між переміщеннями і відомими властивостями матеріалів, обмеженнями й навантаженнями.

1) Розрахунок деталі диск на міцність в COSMOSWorks. Для того щоб провести аналіз міцності деталі диск нам необхідно прикласти навантаження котрі діють на неї під час роботи. Деталі, котрі взаємодіють з даною отримують від неї характерні навантаження, що спричиняють певну реакцію.[7] Цю реакцію в COSMOSWorks ми задаємо з допомогою пункту меню «ограничение». Крім цього ми повинні вибрати матеріал з якого виготовлена дана деталь у пункті «материал детали». На початку процесу буде відбуватися розбивка деталі на кінцеві елементи — побудова сітки. Після всіх вище перерахованих операцій ми накладаємо навантаження на деталь диск, і отримуємо потрібні результати.

Завантажуємо 3D модель деталі (рисунок 1). Вводимо вихідні дані для розрахунку. Кожний розрахунок в COSMOSWorks 2007 виконується у вигляді вправи. Починаємо вправу, вибравши команду «Упражнение» в контекстному меню деталі. З'явиться діалогове вікно, в якому можна задати будь-яку кількість розрахунків з однієї й тією ж деталлю. Це буває корисно при оптимізації конструкції деталей, що експлуатуються за різних навантажень і обмежень. Подвійним натискання на ліву клавішу миші активізуємо перший рядок стовпця «Имя упражнения» та задаємо необхідну нам назву вправи.

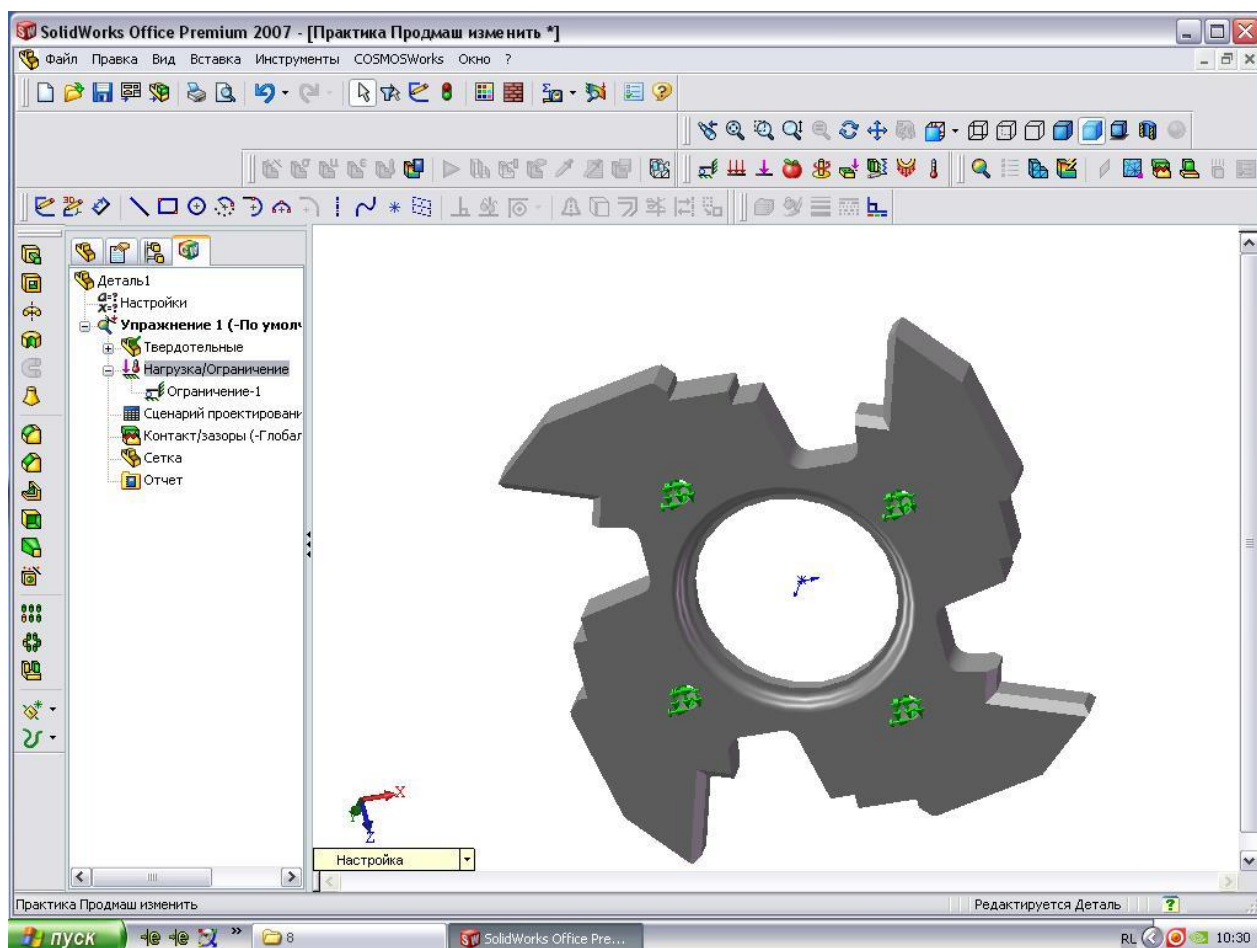


Рисунок 1 – 3D модель деталі в пакеті програм SolidWorks 2007

Після вибору операції в дереві побудови виникнуть нові елементи. Тепер необхідно задати вихідні параметри розрахунку на міцність – матеріал, навантаження, обмеження, розмір кінцевих елементів, які можна задавати в довільному порядку.

2) Вибір матеріалу. У менеджері COSMOSWorks знаходимо кнопку «Твердотельный». У контекстному меню, що з'явилося, вибираємо пункт «Применит материал ко всем ...» (рисунок 2). Використовуємо матеріал з бази SolidWorks 2007 і встановимо перемикач «Выбрать источник материала» в позицію «Библиотечные файлы», а у вікні «База материалов» виберемо базу SolidWorks 2007 «solidworks materials». Нижче у вікні «Материал» виберемо «Легированная сталь».

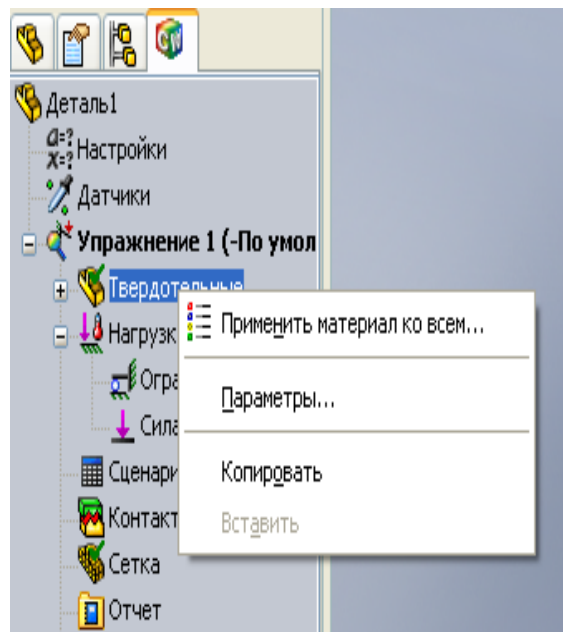


Рисунок 2 – Контекстне меню розділу «Твердотельный»

3) Вибір обмежень. В дереві Менеджера знаходимо «Нагрузка/Ограничение». У контекстному меню, що з'явився виберіть пункт «Ограничение» (рисунок 4). Відразу з'явиться діалогове вікно «Ограничения». Встановіть тип обмеження «Зафиксирован». Тепер з'являється можливість вказання обмежень, вершин або кромки за які буде закріплюватися досліджувана деталь. Необхідно виділити отвори яким диск кріпиться до вихідного валу (рисунок 3).

4) Розбивка деталі на кінцеві елементи. При створенні сітки відбувається розбивка деталі на кінцеві елементи. Чим менший розмір сітки, тим точнішими будуть розрахунки, але буде більше навантаження на комп'ютер. При оптимізації геометрії можна оперативно перемикаватися між деревом конструювання й менеджером COSMOSWorks. У випадку яких-небудь перебудов деталі, програма автоматично попередить про те, що відбулися зміни в геометрії моделі, і запропонує перерозрахувати сітку. Для цього необхідно викликати контекстне

меню для элементу «Сетка», та обрати пункт «Создать сетку» (рисунок 3).

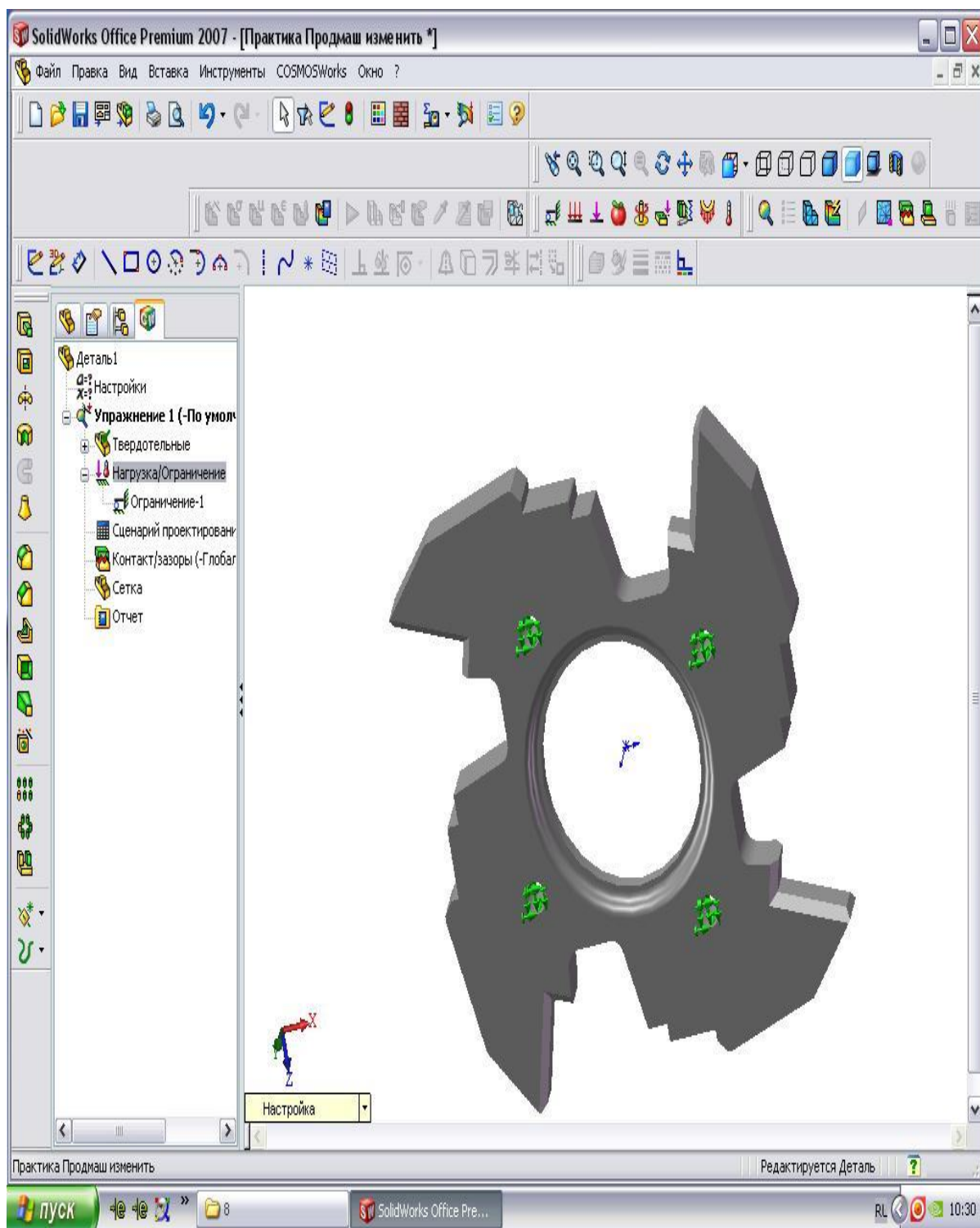


Рисунок 3 – Вибір обмежень

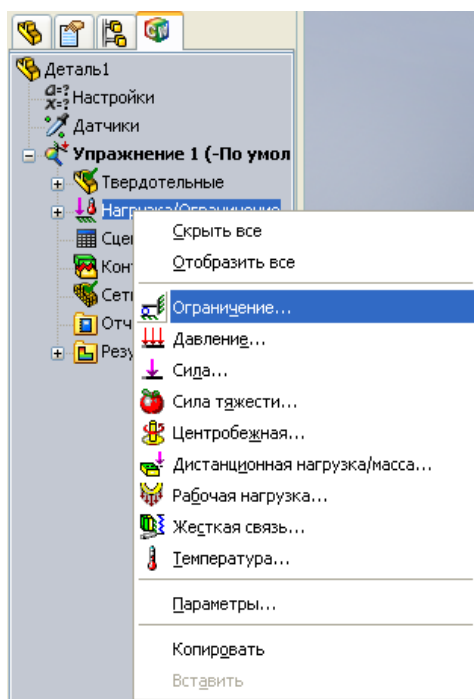


Рисунок 4 – Контекстне меню розділу «Нагрузка/Ограничение»

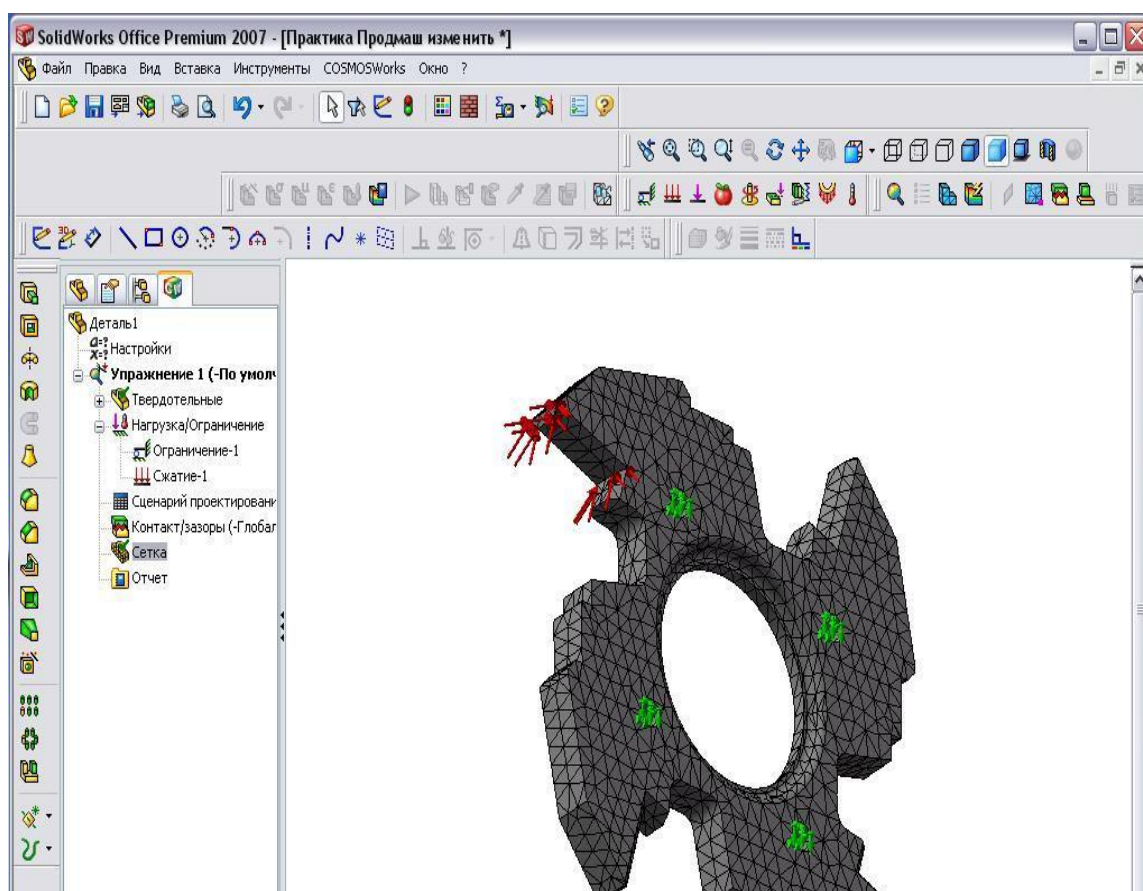


Рисунок 5 – Загальний вигляд деталі з побудованою на ній сіткою

По закінченні розбивки деталі на кінцеві елементи вона відобразиться у вигляді, показаному на рисунку 5. Показати або сховати розбивку сіткою можна за допомогою кнопки — «Скрыть/Отобразить сетку». Далі в роботу вступає математичне ядро пакету програм, яке проводить розрахунок на міцність. На будь-якому етапі процес можна зупинити, натиснувши кнопку «Стоп».

5) Вибір місця навантаження. Визиваємо контекстне меню розділу «Нагрузка/Ограничение» в дереві Менеджера COSMOSWorks 2007. У меню, що з'явилося, виберіть пункт «Сила» або просто натисніть кнопку – «Сила» (рисунок 6).

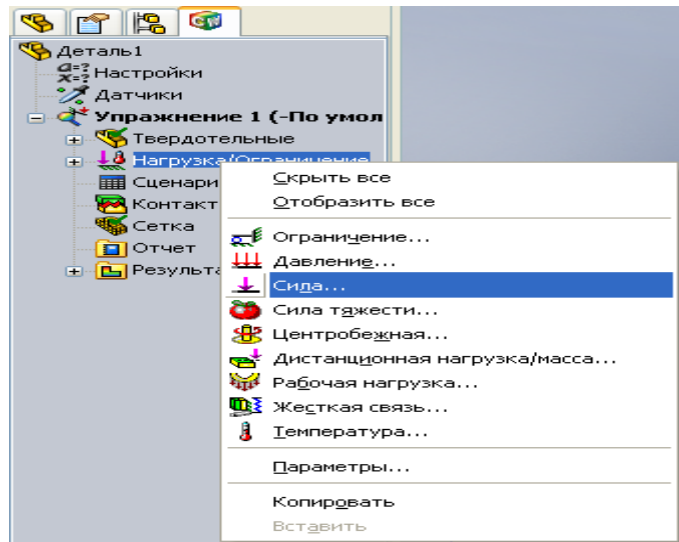


Рисунок 6 – Вибір пункту меню «Сила»

В цьому пункті вказується сила яка діє на досліджуваний виріб. Відразу з'явиться діалогове вікно «Сила». У графі «Грани для навантаження» обираємо місця на котрі при роботі приймають найбільші навантаження. Разом з працівниками заводу був проведений аналіз деталі і вирішено, що основним робочим елементом деталі є косий виступ на який приварюються каменно-дробильні молотки. Це показано на рисунку 7.

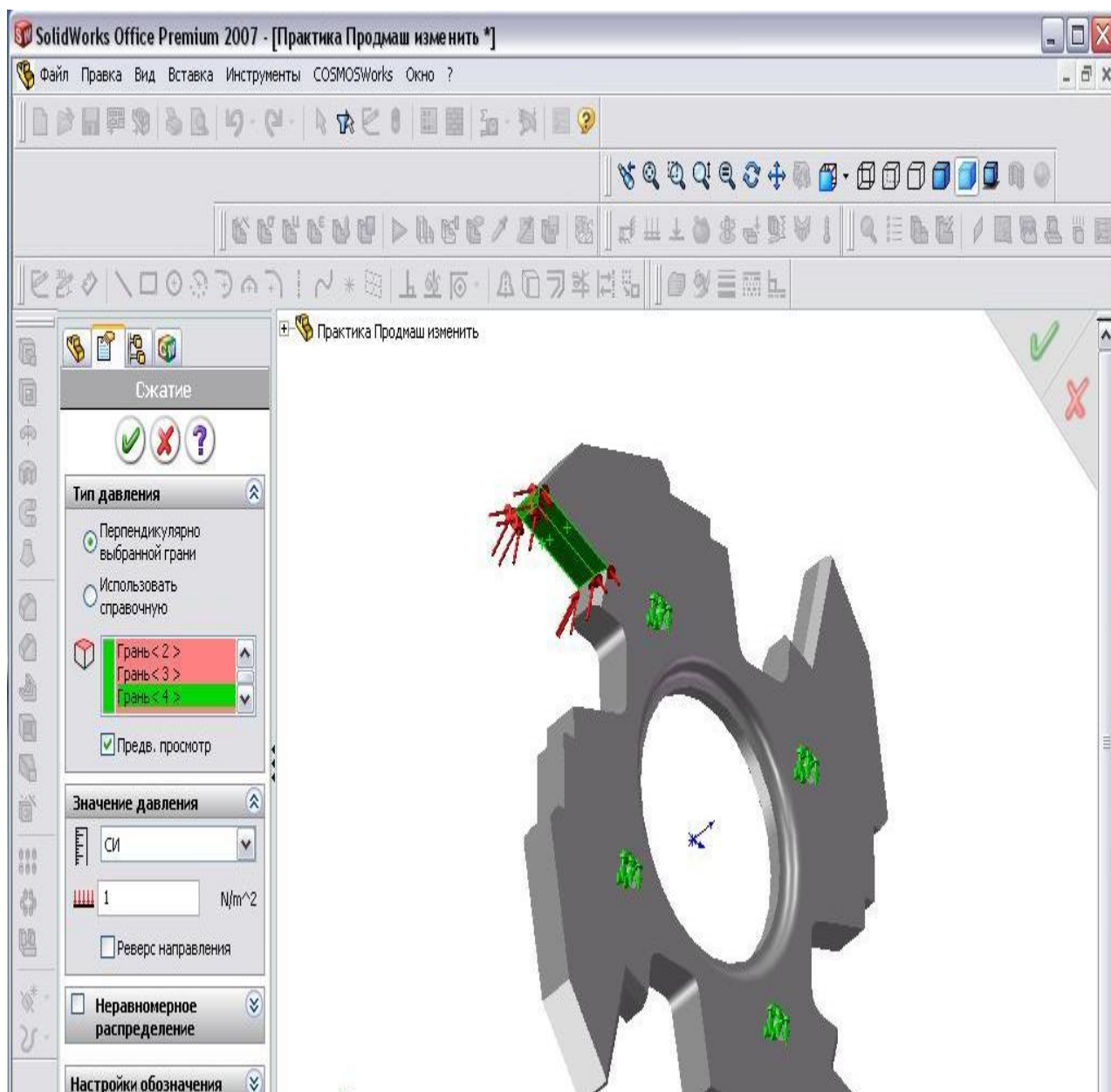


Рисунок 7 – Вибір граней прикладення, сили та напрямку обертального моменту

5) Виконання розрахунку. Для запуску розрахунку треба вибрати команду «Выполнить» з меню «COSMOSWorks» або просто натиснути кнопку — «Выполнить» в контекстному меню розділу «Упражнение» (рисунок 8). Запуститься процес розрахунків.

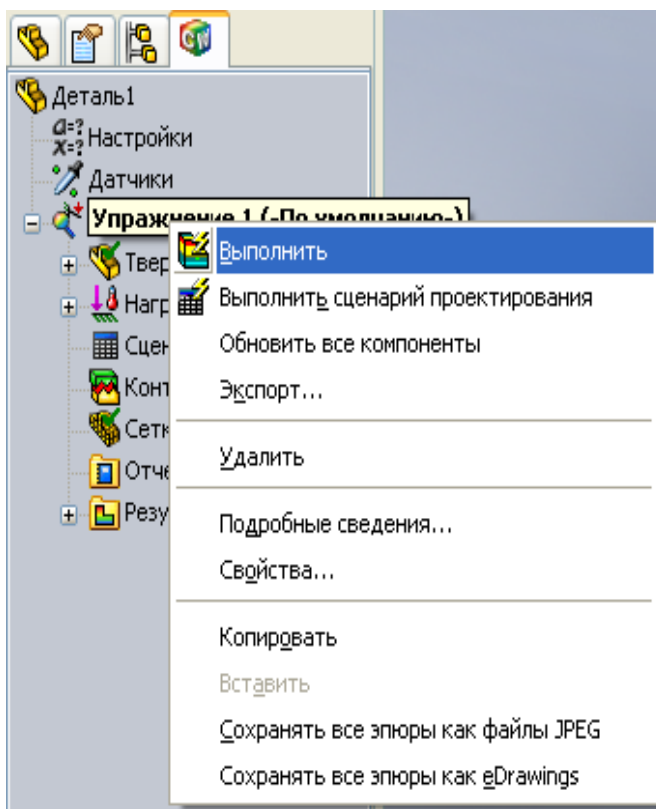


Рисунок 8 – Контекстне меню розділу «Упражнение»

Коли всі математичні операції будуть виконані в розділі меню «Результаты» з'являться такі епюри:

- «Напряжение» – епюра розподілу напруги по конструкції деталі;
- «Перемещение» – даний елемент дозволяє проаналізувати переміщення точок деталі від вихідного стану;
- «Деформация» – показує вигляд деформованої деталі під дією сили;
- «Проверка проектирования» – показує найбільш вразливі місця деталі під дією введеної нами сили.

Саме за останньою епюрою можна судити про якість виконання проектувальних робіт, та можливість конструктивних змін в деталі. Під час роботи диск отримує навантаження у розмірі 2800000 Н/м. Саме таку силу

було накладено на початку розрахунків. В такому разі коефіцієнт запасу міцності становить 5 (рисунок 9). Тому слід збільшити навантаження.

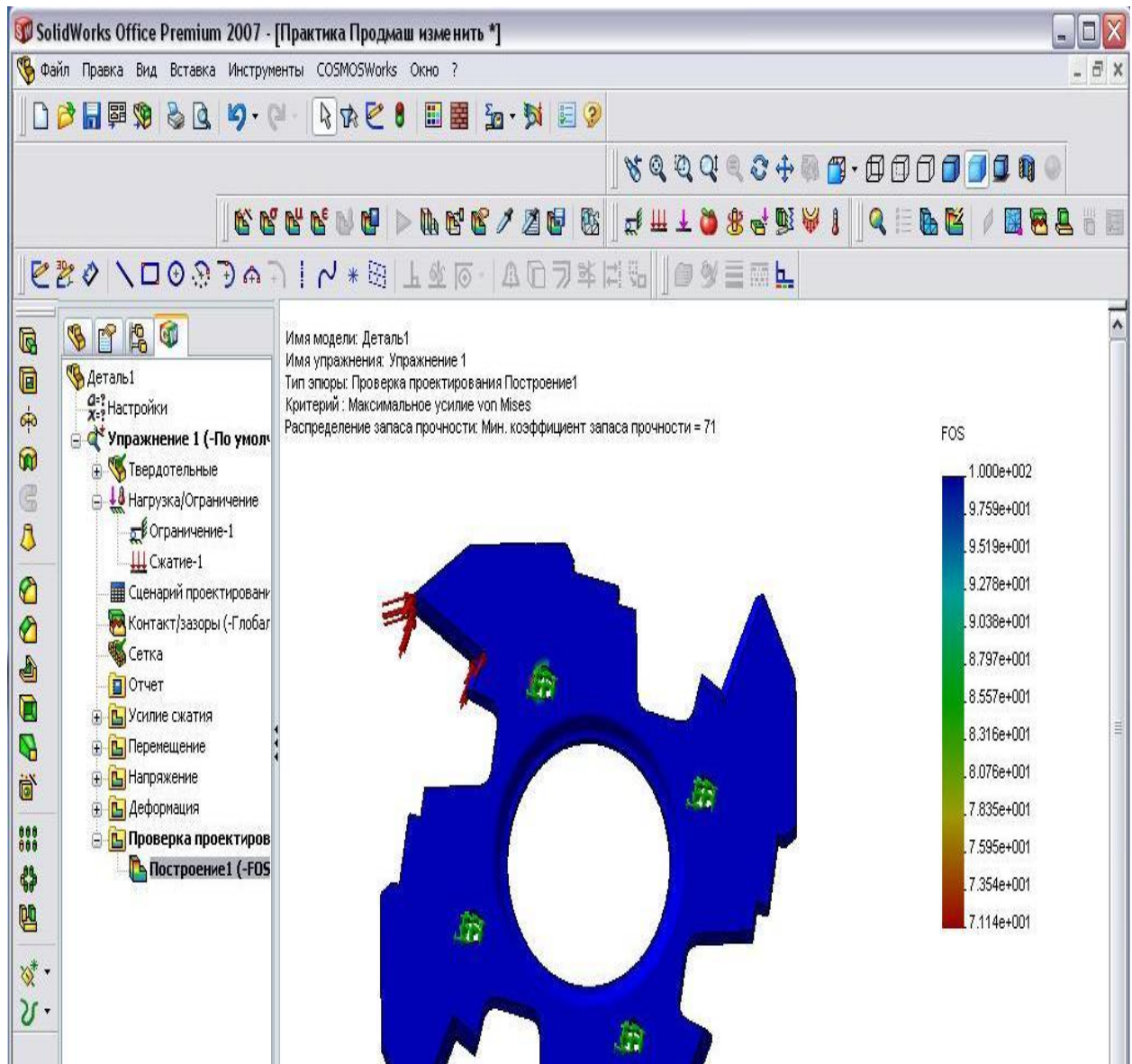


Рисунок 9 – Епюра «Проверка проектирования»

Якщо коефіцієнт запасу міцності дорівню 1, то деталь деформується. Покроково, нарощуючи значення приложеної сили, дізнаємося найбільші навантаження котрі витримує дана деталь (рисунок 10). Саме при значенні накладеної сили в 3500000 Н/м та більше коефіцієнт запасу міцності буде дорівнювати 1.

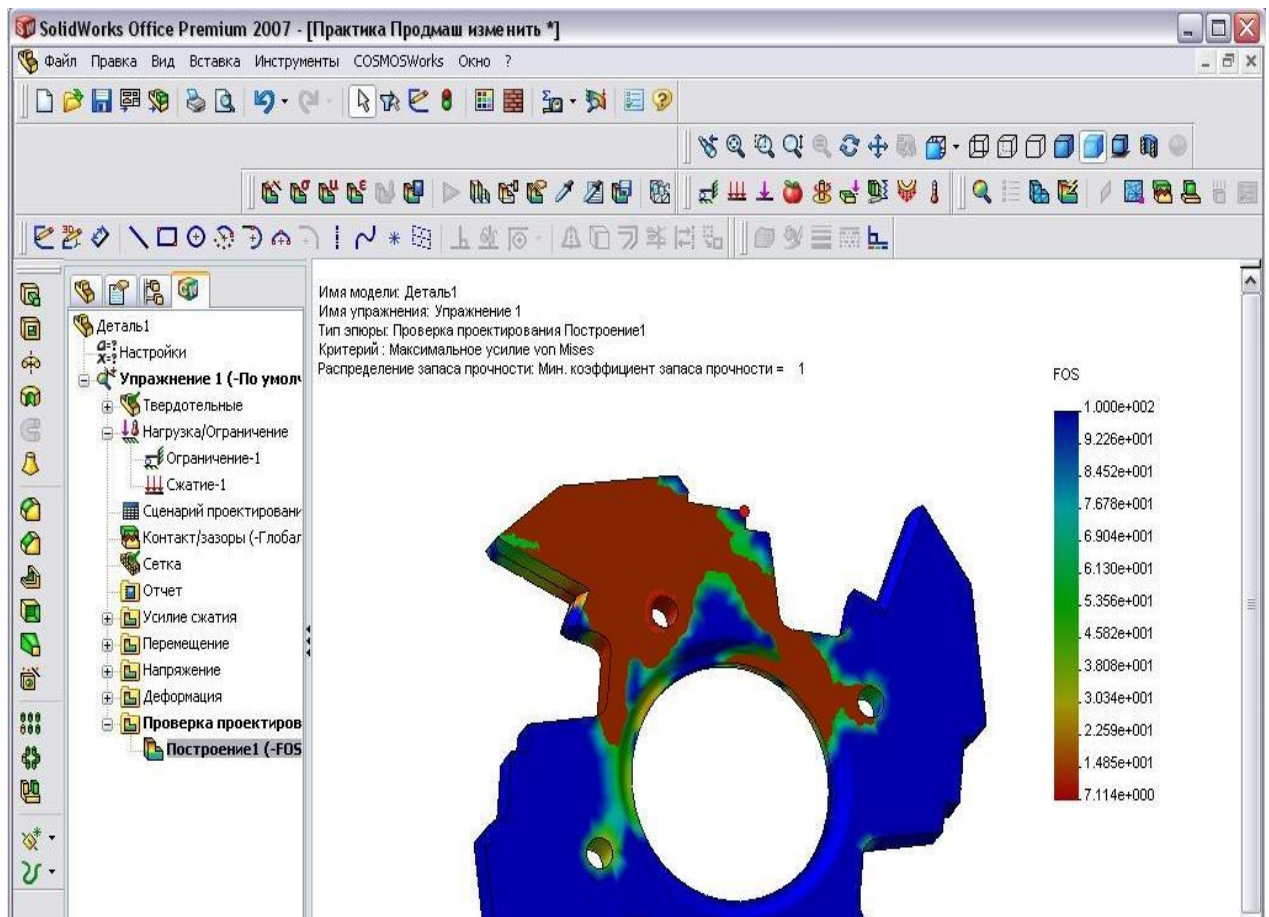


Рисунок 10 – Епюра «Проверка проектирования» при значенні навантаження в 350000 Н/м

2.3 Розробка модернізованої конструкції деталі «Диск RI000909 ротора RI9000909000d»

В результаті аналізу напружено-деформованого стану деталі диск в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків COSMOSWorks, були виявлені найбільш вразливі ділянки конструкції деталі, а саме на основному робочому елементі деталі наявні різкі скоси, що спричиняють нерівномірне розподілення навантаження під час роботи. Для більш тривалого строку експлуатації деталі проведена робота по модернізації існуючої конструкції. Проаналізувавши разом з працівниками заводу цей варіант конструкції вирішено скруглити дані скоси колом яке проходить

через вершину виступу і дотичною до прямолінійної частини деталі (рисунок 11).



Рисунок 11 – Модернізована конструкція «Диск RI000909 ротора RI9000909000d»

Наступним етапом наших випробувань є аналіз модернізованої конструкції деталі «Диск RI000909 ротора RI9000909000d» в програмному комплексі COSMOSWorks 2007.

При навантаженні у 350000Н/м запас міцності збільшився з 1 до 1.3. Результат представлений на рисунку 12. Даний результат свідчить про те, що конструкція може витримати більші навантаження.

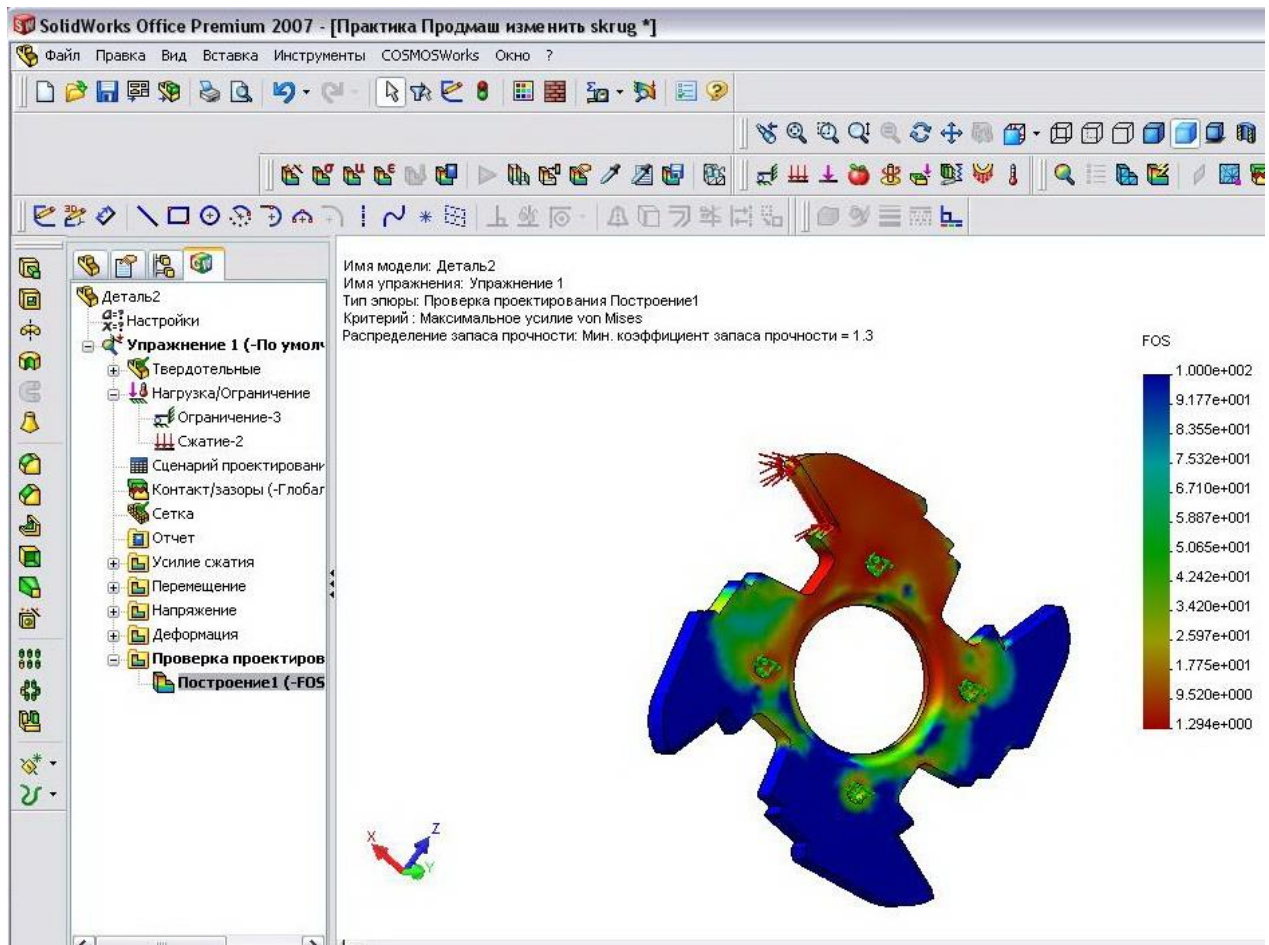


Рисунок 12 – Аналіз проектованої модернізованої деталі

2.4 Аналіз існуючого технологічного процесу на виготовлення деталі «диск RI000909 ротора RI9000909000d»

На ТОВ «Продмаш» був отриманий технологічний процес (ТП) на деталь диск (додаток Б). Проведений аналіз показав, що ТП розроблений в ручному режимі без використання автоматизованих систем проектування та обладнання з ЧПУ. Операції та обладнання до них приведені в таблиці 1. Було виявлено такі недоліки:

- використання декількох верстатів, моделі яких застарілі;
- досить великі затрати часу на виготовлення деталі;

- не економічне використання матеріалу;
- великі затрати часу на додаткові операції.

Таблиця 1 – Операції та обладнання для них в існуючому ТП

опер.	Назва операції	Обладнання для виконання операцій
05	Заготовча	Встановити, закріпити, зняти
15	Свердлильна	Станок глибокого свердлення ОС2805П-0852
20	Фрезерувальна	СФ32
25	Слюсарна	Напильник ГОСТ 1465-80
30	Фрезерувальна	СФ32
35	Слюсарна	Напильник ГОСТ 1465-80
40	Контроль	Штангенциркуль

2.5 Розробка нового технологічного процесу на деталь диск

При аналізі існуючого ТП були виявленні суттєві недоліки. Для їх усунення необхідно розробити новий ТП з використанням верстатів з ЧПК. Для розробки ТП використовувалась програма Siemens NX .Операції та устаткування для їх виконання приведено у таблиці 2.[2]

Siemens NX — система автоматизованого проектування (САПР) технологічних процесів нового покоління, призначена для автоматизації процесів технологічної підготовки виробництва. У системі реалізований якісно новий підхід для організації даних в технологічних процесах. Вікно програми приведено на рисунку 13.

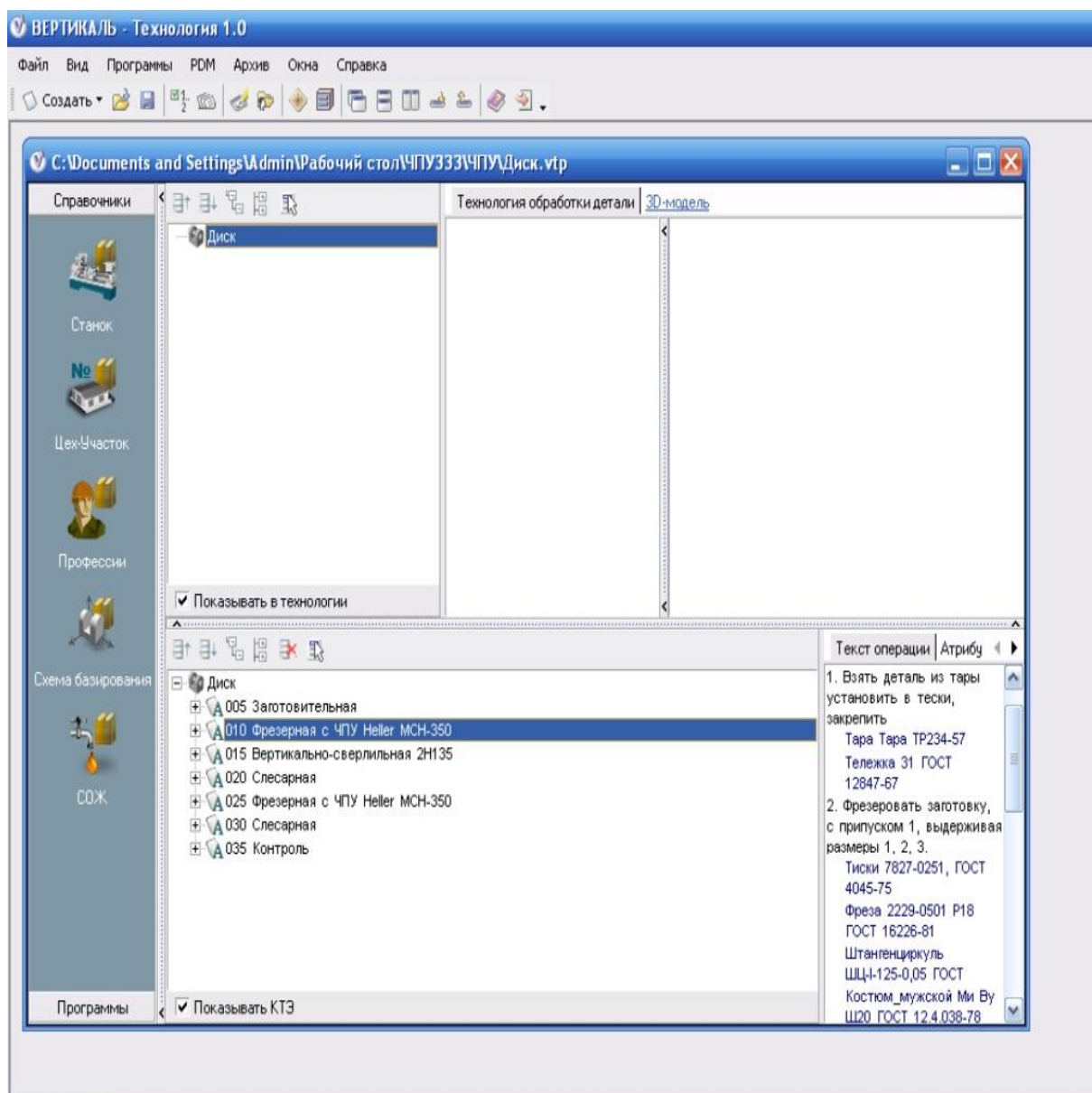


Рисунок 13 – Вікно програми Siemens NX

Для усунення недоліків існуючого ТП пропонується наступне:

- розробити новий технологічний процес, адаптований під верстат з ЧПК;
- зменшити кількість переустанов деталі;
- зменшити затарати часу на обробку;
- замінити обробку з ручним управлінням на обробку з ЧПК;
- спроектувати обробку деталі у САПР.

Таблиця 2- Операції та устаткування для їх виконання в новому ТП

опер.	Назва операції	Обладнання для виконання операцій
05	Заготовча	Встановити, закріпити,зняти
15	Фрезерувальна	Універсальний верстат фірми Heller MCP-350
15	Свердлильна	Універсальний верстат фірми Heller MCP-350
15	Фрезерувальна	Універсальний верстат фірми Heller MCP-350
15	Контроль	Штангенциркуль

Повна версія запропонованого варіанту технологічного процесу приведено в додатку В.

2.6 Обґрунтування вибору верстату.

Для правильного вибору верстату була використана програма «Аналіз ієрархій». З її допомогою можливо порівняти характеристики декількох верстатів і вибрати найбільш придатний.[10]

Першим кроком було створення ієрархії верстатів(рисунок 2.13) в якій використались верстати:

- Heller MCP-350;
- ЛФ360Ф3;
- 6Н13МФ3-2.

Для розрахунку було приведено п'ять характеристик верстатів: ціна, розмір столу, частота обертання шпинделю, кількість виконуваних операцій, швидкість переміщення супорта.

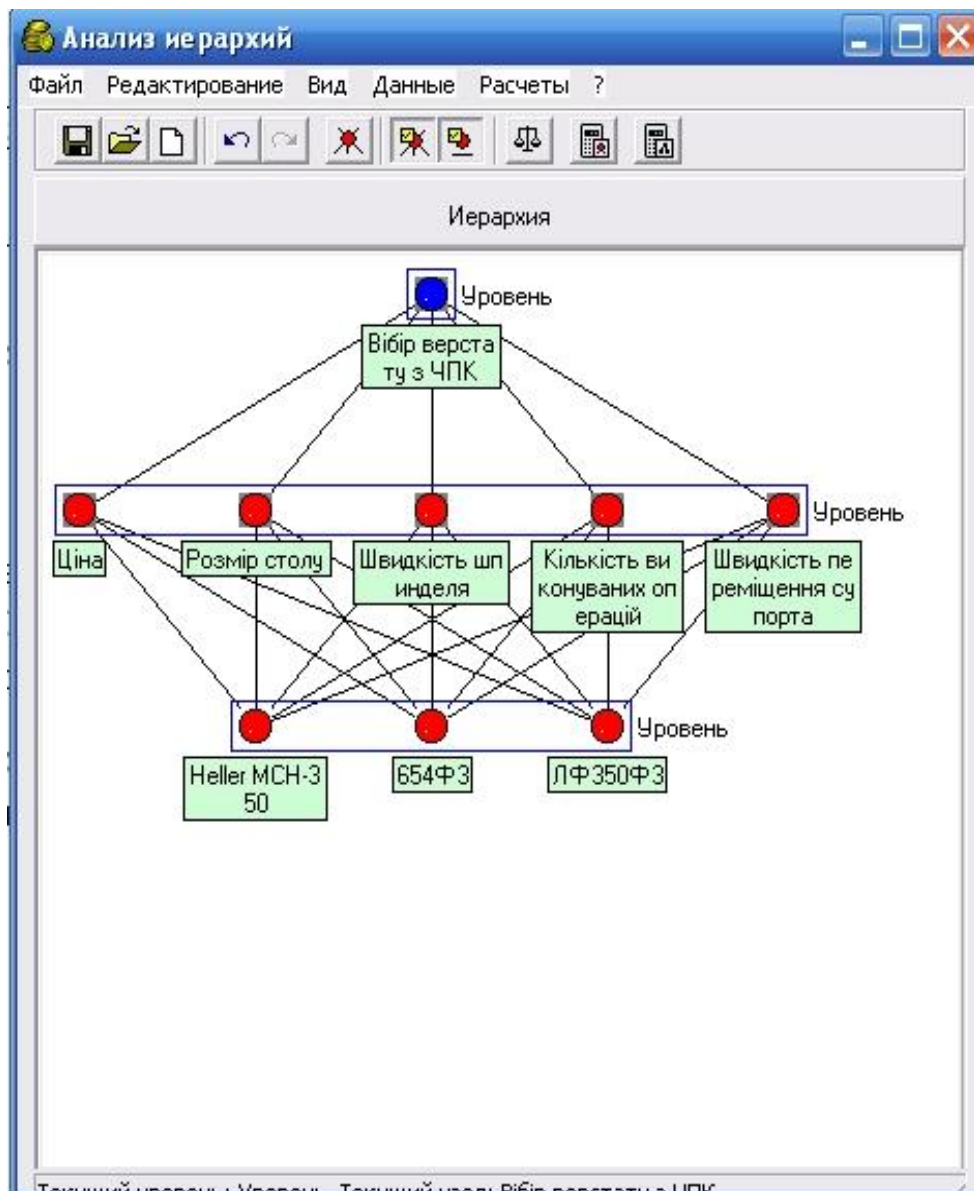


Рисунок 14 – Створення ієрархії

Після створення ієрархії ми проводимо розрахунок векторів пріоритетів, що дасть змогу побачити нам, які з характеристик більш важливі (рисунок 15). Наступним кроком буде побудова матриці попарних рівнянь для використаних у розрахунках верстатів (рисунок 16). Останнім етапом є розрахунок вектору глобальних пріоритетів для всієї ієрархії зображений на рисунку 17.

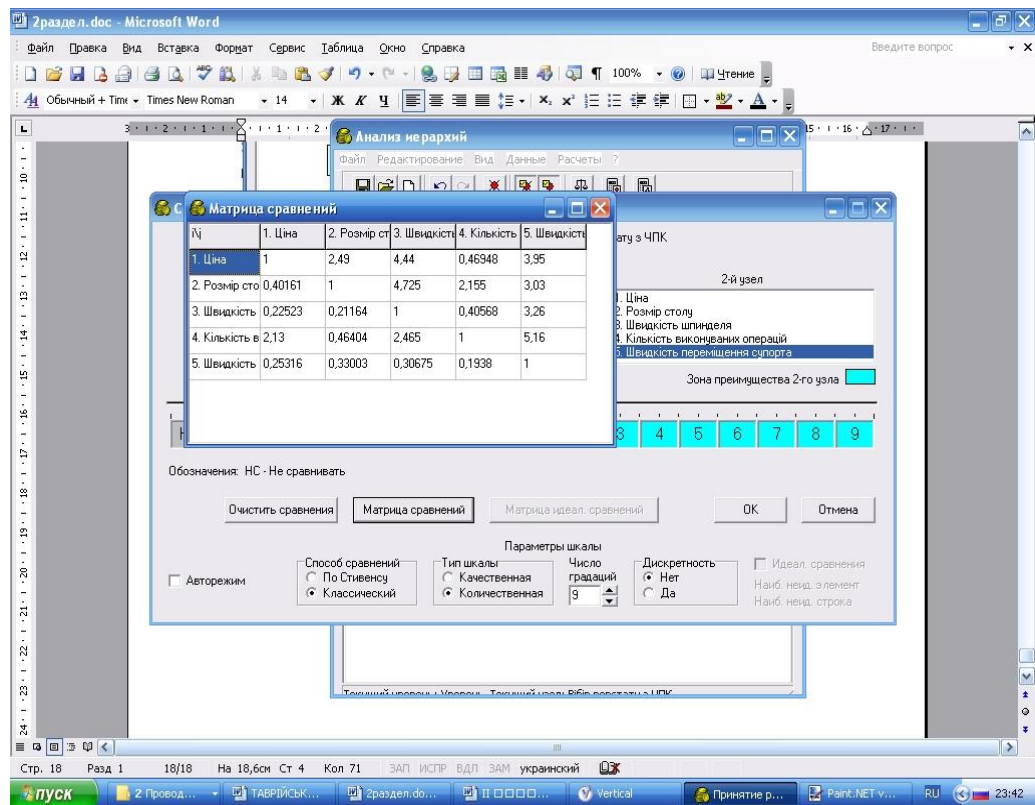


Рисунок 15 – Розрахунок векторів пріоритетів

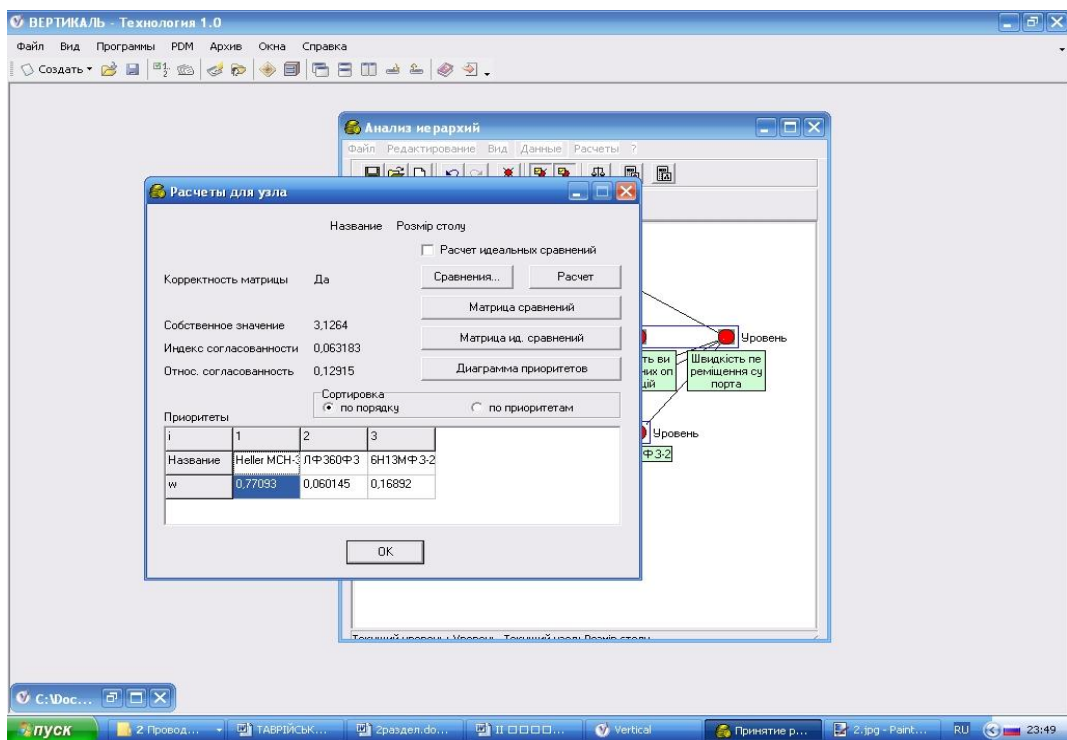


Рисунок 16 – Побудова матриці попарних рівнянь

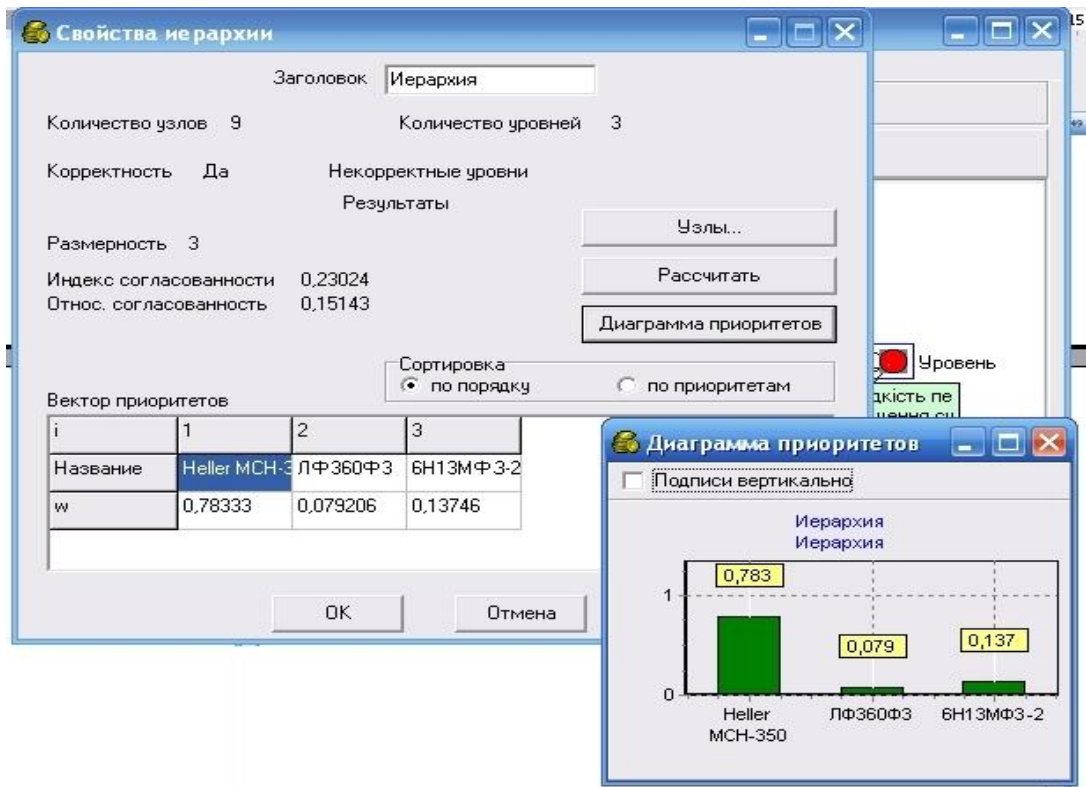


Рисунок 17 – Розрахунок вектору глобальних пріоритетів для всієї ієрархії

Після проведеного аналізу був обраний універсальний верстат з ЧПК фірми Heller MCP-350 з наступними характеристиками:

- розмір столу – 800x800мм;
- швидкий хід – 50000 мм/хв;
- частота обертання шпинделю – 6000-8000 об/хв ;
- потужність привода – 43 кВт.

2.7 Обработка детали в пакете программ PowerMill

Програмна реалізація виконана в пакеті для підготовки керуючих програм для фрезерних верстатів з ЧПК PowerMill фірми Delcam. Delcam PowerMill широко використовується у авіабудуванні, автомобілебудуванні,

суднобудуванні, при виготовленні прес-форм і штампів, турбінних лопаток, медичних виробів та ін. [12]

Відмінні особливості:

- Delcam PowerMill традиційно вважається кращою системою підготовки керуючих програм (КП) для фрезерної обробки виробів складної форми;
- простий у використанні: дуже часто встановлюється безпосередньо в цеху.

Переваги Delcam PowerMill:

- гнучкі стратегії чорнової і чистової обробки;
- висока швидкість розрахунку керуючих програм;
- потужний інструмент для редагування керуючих програм;
- інтегровані засоби їх візуалізації і перевірки;
- 100% гарантія від зарізів;
- карти наладки створюються у форматі HTML і можуть адаптуватися користувачем.

Під час проектування обробки деталі було випробувано три різних стратегії. Була вибрана стратегія з допомогою якої затрата часу на обробку деталі диск найменша.[3]

Після імпортування моделі в програму PowerMill обов'язковим є налаштування системи координат моделі для кожної зі стратегій.

Наступним етапом необхідно обрати заготовку деталі (блок, контур, модель, межа, циліндр). Для даної деталі обрано заготовку циліндр з розмірами відповідаючими кресленню існуючої деталі (рисунок 18).

Для обробки даної деталі використано 5 інструментів, створено 5 траєкторії. Так як деталь «диск RI000909 ротора RI9000909000d» симетрична, то її обробка здійснюється в 2 установи.[1]

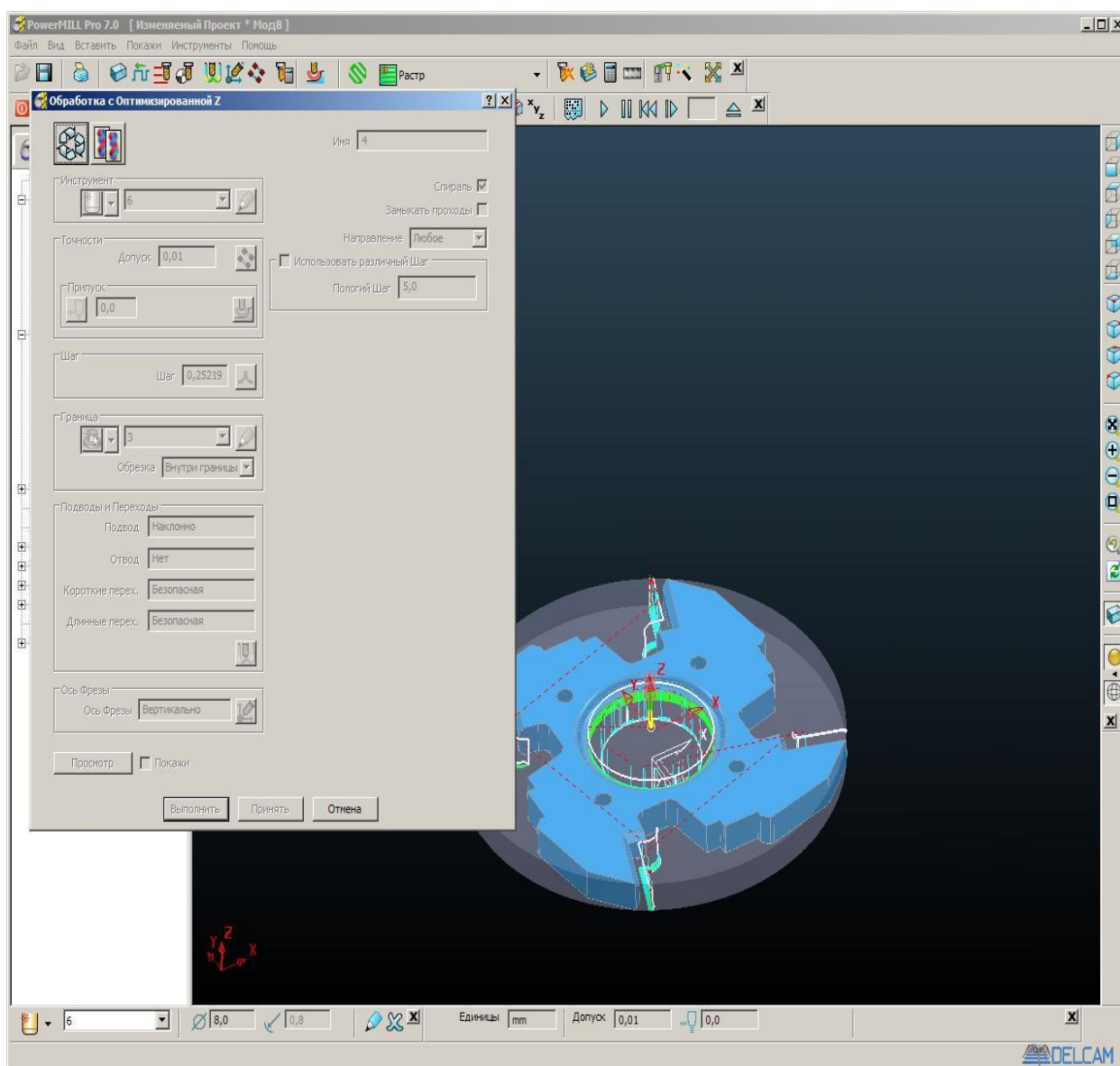


Рисунок 18 – Заготовка деталі «диск RI000909 ротора RI9000909000d»

При виборі кожної траєкторії враховувався час на її виконання та обиралася траєкторія, що займає найменше часу. Після установки параметрів кожна траєкторія проходить перевірку на зіткнення патрона з деталлю й на зарізи різця. Розроблена управляюча програма для обробки деталі диск на верстаті з ЧПК (додаток Г).

Траєкторію руху різця під час чорнової обробки показано на рисунку 19, чистової на рисунку 20.

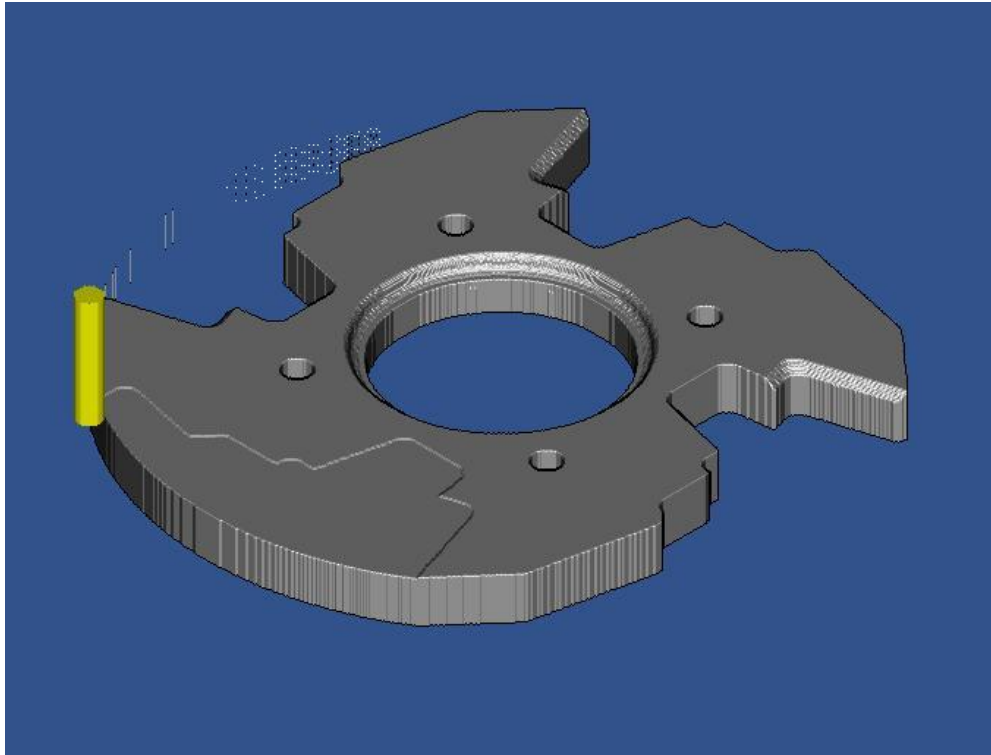


Рисунок 19 –Траєкторію руху різця під час чорнової обробки

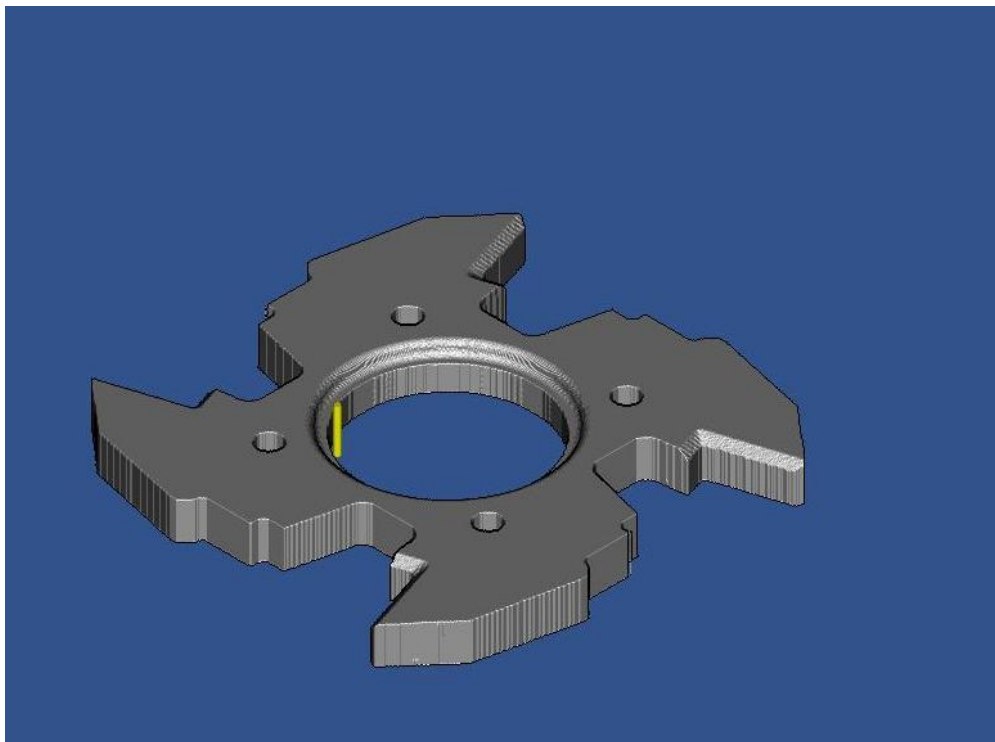


Рисунок 20 – Траєкторія руху різця під час чистової обробки

Висновки до другого розділу

На сьогоднішній день на підприємстві «Продмаш» (м. Мелітополь) виконується завдання по розробці каменно-дробильної машини. Ведуться конструкторські роботи. У ролі аналога взята німецька розробка каменно-дробильної машини. Однією з задач кваліфікаційної роботи являється модернізація та створення електронної форми технічної документації на деталь «Диск ротора».

Для визначення навантажень які зможе витримати деталь диск був проведений аналіз напружено-деформованого стану деталі диск в програмному пакеті для проведення інженерних розрахунків COSMOSWorks. Визначено, що при навантаженні у 350000н/м коефіцієнт запасу міцності дорівнює 1. Разом з працівниками заводу було вирішено змінити конструкцію деталі. Після проведених змін при тих же навантаженнях коефіцієнт запасу міцності збільшився до 1.3.

Був отриманий технологічний процес на деталь диск . Проведений аналіз показав, що ТП розроблений з суттєвими недоліками в ручному режимі без використання автоматизованих систем проектування та обладнання з ЧПУ. Розроблена нова версія ТП адаптованого під верстат з ЧПК.

За допомогою програми PowerMill вибрано найкращу стратегію та спроектовано обробку деталі і розроблено керуючу програму.

Модернізація конструкції деталі підвищить термін її експлуатації. За допомогою нового ТП знизилась витрати на виробництво, та зменшився час на обробку деталі, керуюча програма допоможе якісно виконати обробку деталі на верстаті з ЧПК.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА З ВІДОБРАЖЕННЯМ ПИТАНЬ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

3.1 Безпека життєдіяльності

В даний час персональні комп'ютери широко використовуються у всіх організаціях. Упровадження комп'ютерних технологій принципово змінило характер праці і вимоги до організації й охорони праці .

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

Одним із завдань кваліфікаційної роботи є розробка робочого місця інженера-конструктора з дотриманням вимог охорони праці. Питання, що відносяться до відповідальності за забезпечення охорони праці при роботі за комп'ютером, регулюються законом «Про основи охорони праці в Україні» і Санітарними правилами і нормами САНПИН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гігієнічні вимоги до персональних електронно-обчислювальних машин і організації роботи».

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

Приміщення, де розміщаються робочі місця з ЕОМ, обладнані захисним заземленням відповідно до технічних вимог по експлуатації.

У виробничих приміщеннях рівень шуму на робочих місцях не перевищує значень, установлених "Санітарними нормами припустимих рівнів шуму на робочих місцях", а рівень вібрації – "Санітарними нормами вібрації робочих місць".

Для попередження передчасної стомлюваності користувачів ПЕВМ рекомендується організовувати робочу зміну шляхом чергування робіт з використанням ЕОМ і без неї.

У випадках, коли характер роботи вимагає постійної взаємодії з ВДТ (набір текстів або введення даних і т.п.) з напругою уваги і зосередженості, при виключенні можливості періодичного переключення на інші види трудової діяльності, не зв'язані з ПЕОМ, рекомендується організація перерв на 10 - 15 хв. через кожні 45 - 60 хв. роботи.

3.2 Розробка ергономічного проекту робочого місця інженера-конструктора

Ергономіка займається комплексним вивченням і проектуванням трудової діяльності з метою оптимізації знарядь, умов і процесу праці, а також професійної майстерності.

Кімната розбита на зони. На кожну зону по два конструкторських робочих місця. Завдяки цьому робітник не буде відволікатися від роботи. Штучне освітлення в приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення застосовуються люмінесцентні лампи ЛБ. Додатково спроектовано три джерела світла, по одному на кожну зону, та одне в центрі кімнати. Це зумовлено малою кількістю вікон, та їх розташуванням. Комп'ютери розташовані так що на екрани не падає пряме сонячне світло. Для вечірньої роботи передбачене освітлення люстр які можна регулювати вмикаючи лише ті що потрібні. Розроблене робоче місце користувача ЕОМ обладнано підставкою для ніг,

що має ширину 300 мм, глибину 400 мм, регулювання по висоті до 150 мм і кутом нахилу опорної поверхні підставки 20 град.

Робочий стіл має простір для ніг висотою 600 мм, шириною - 500 мм, глибиною на рівні колін - 450 мм і на рівні витягнутих ніг - 650 мм. Конструкція робочого стільця забезпечує:

- ширину і глибину поверхні сидіння 400 мм;
- поверхню сидіння з закругленим переднім краєм;
- висоту опорної поверхні спинки 300мм, ширину - 380 і радіус кривизни горизонтальної площини - 400 мм;
- кут нахилу спинки у вертикальній площині 30 градусів.

Підібраний зручний варіант робочого столу. Його згладжений напівкруглий передній край утворює дугу довкола користувача, забезпечуючи оптимальну зону доступу. Стіл без висувної полички під клавіатуру, тому що по відгукам багатьох людей така поличка дуже не зручна, так як руки лежати не на столі а висять біля нього тому це приводить до напруги сухожилів і м'язів рук. Конструкція робочого столу забезпечує оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного устаткування з урахуванням його кількості і конструктивних особливостей, характеру виконуваної роботи. Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа 300 - 500 лк.

У роботі виконані норми відстані від ока до монітора (50-70 див). Тому екран монітора ніяк не впливає на здоров'я. Монітор та клавіатура розташовані перед користувачем, тому йому не потрібно повертати голову в один бік а руки в інший. Клавіатура розташована так, що на ній було зручно працювати двома руками. Принтер розміщений у зручному для користувача положенні, так, що максимальна відстань від користувача до клавіш управління принтером не перевищує довжину витягнутої руки користувача.

Розроблене робоче місце представлене на рисунку 21.



Рисунок 21 – Розроблене місце інженера конструктора

Висновки до третього розділу

Безпека життєдіяльності є важливим фактором покращення робото спроможності працівників, сприяє підвищенню ефективності виробництва. В даному розділі розроблено рекомендовані вимоги до безпеки життєдіяльності в відділі головного конструктора. При розробці даних вимог були враховані:

- вплив несприятливих факторів (недостатнє освітлення, електромагнітне випромінювання, надлишок теплоти);
- план приміщення;
- закон «Про охорону праці», «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин» (ДСанПіН 3.3.2.007-98).

При розробці робочого місця інженера-конструктора дотримувалися всі норми та стандарти по ергономіці та безпеці життєдіяльності:

- спроектований рухомий стілець;
- площа і об'єм виробничого приміщення задовольняє нормам;
- досягнутий високий рівень освітленості в приміщеннях і на робочих поверхнях апаратури;
- спроектована робоча поверхня столу;
- вимоги, що пред'являються до температури і вологості працюючих приміщень в нормі.

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

4.1 Розрахунок норми часу

Аналітично норма часу розраховується за формулою:

$$T_{\text{ит}} = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{дод}}$$

де T_o – сумарний основний час на всю операцію (хв);

$$T_o = 390 \text{ (хв);}$$

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

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

$T_{\text{дод}}$ – додатковий час.

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$ – це час установлення та знімання деталі, пуск і зупинку верстату, встановлення та знімання, підведення та відведення різця, вимірювання деталі, переключення швидкості й подачі, вибору перерізу стружки тощо. Розраховується за формулою:

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

де $t_{\text{уст}}$ – час, який витрачається на установку деталі (хв);

$t_{\text{пер}}$ – допоміжний час на природні потреби робітника (хв).

$$T_{\text{доп}} = 20,13 + 14,97 = 35,1$$

Додатковий час $T_{\text{доп}}$ – це час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та природні потреби.

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

де α – відсотковий коефіцієнт на відпочинок та природні потреби і дорівнює 35,1 хв.

$$T_{\text{доп}} = \frac{35,1}{100} \cdot (390 + 35,1) = 149,2 \text{ (хв)}$$

Норма часу дорівнює:

$$T_{\text{шт}} = 492 + 39,36 + 212,5 = 574,3 \text{ (хв)}$$

Коефіцієнт використання матеріалу

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

де σ_d , σ_z – маса деталі і заготовки відповідно.

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

$$\eta_m = \frac{112,4}{218} = 0,5;$$

Коефіцієнт використання верстата по потужності

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

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

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

$\eta_{\text{вер}}$ – ККД верстата;

$$\eta_{\text{вер}} = 0,8 - 0,9.$$

$$\eta = \frac{0,9}{11 \cdot 0,85} = 0,09.$$

Коефіцієнт використання верстата за часом

$$\eta_q = \sum \frac{T_o}{T_{\text{ум.}}},$$

$$\eta_q = \frac{390}{575,3} = 0,68.$$

Собівартість механічної обробки деталі

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

де H – відсоток накладних витрат;

$$H = 1200 \%;$$

S - заробітна плата робітника (грн).

$$S = S_i \cdot K \cdot \frac{T_{\text{ум.}}}{60},$$

де S_i - годинна тарифна ставка робітника 5 розряду;

$$S_i = 13,5 \text{ грн.}$$

K – тарифний коефіцієнт (вибирається по таблиці 3).

$$S = 13,5 \cdot 1,5 \cdot \frac{574,3}{60} = 193,8 \text{ (грн).}$$

Отже:

$$C = 193,8 \cdot \left(1 + \frac{1200}{100}\right) = 2519,7 \text{ (грн).}$$

Таблиця 3 – Діючі тарифні коефіцієнти для роботи на верстатах з погодинної оплати

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

4.2 Розрахунок економічної ефективності проекту

Для розрахунку економічної ефективності у перерахунку на рік треба значення економії на одиницю помножити на кількість деталей які обробляються на протязі року.[4] Це значення розраховується у нормо-годинах.

$$E_p = (C_n - C) \cdot A ; \text{ грн.}$$

Де E_p - річна економія після впровадження проекту;

C_n - собівартість механічної обробки деталі на підприємстві;

$C_n = 3783$ грн;

A – річна програма випуску продукції;

$A = 25$ шт.

$$E_p = (3783 - 2519,7) \cdot 25 = 31582,5 .$$

Отже річна економія після впровадження проекту складає 31582,5(грн.)

Висновки до четвертого розділу

Однією з задач кваліфікаційної роботи було проведення розрахунку економічних ефективності створеного технологічного процесу. Необхідними даними для визначення даного критерію є: розрахунок норми часу, собівартість обробки однієї деталі та річна економія на виробництві партії деталей.

По існуючому ТП норма часу становила 862,3хв, по модернізованому зменшилася до 574,3хв.

Собівартість обробки однієї деталі становила 3783грн, після впровадження нашого проекту зменшилася до 2519,7грн.

Після виробництва 25 деталей річна економія склала 31582,5грн.

По отриманим результатам можна зробити висновок, що проект успішний і може бути впроваджений на підприємство.

ВИСНОВКИ

Під час роботи над кваліфікаційною роботою були поставлені задачі технічної підготовки виробництва деталі «Диск RI000909 Ротора RI9000909000d». Для вирішення поставлених задач було проведено дослідження існуючої системи створення технічної документації на підприємстві «Продмаш» (м.Мелітополь). Дане обстеження проводилося під час проходження переддипломної практики на підприємстві. Були обстежені характеристики програмного і технічного забезпечення автоматизованих робочих місць відділів головного конструктора та головного технолога.

Аналіз результатів дослідження дав змогу прийти до висновку, що потрібно модернізувати існуючу на підприємстві систему створення технічної документації. Для підвищення рівня якості розробки технологічної документації необхідне придбання ліцензійних пакетів програм. Пропонуються пакети программ PowerMill, MasterCAM для створення керуючих програм та Siemens NX для розробки технологічних процесів.

На сьогоднішній день на підприємстві «Продмаш» (м. Мелітополь) виконується завдання по розробці каменно-дробильної машини. Ведуться конструкторські роботи. У ролі аналога взята німецька розробка каменно-дробильної машини. Однією з задач кваліфікаційної роботи являється модернізація та створення електронної форми технічної документації на деталь «Диск ротора».

Для визначення навантажень які зможе витримати деталь був проведений аналіз напружено-деформованого стану деталі диск в програмному пакеті для проведення інженерних розрахунків COSMOSWorks. Після проведеної модернізації деталі вдалося при прикладенні сили у 350000 Н/м збільшити коефіцієнт запасу міцності з 1 до 1.3.

Проведений аналіз існуючого технологічного процесу показав, що даний ТП розроблений з суттєвими недоліками в ручному режимі без використання автоматизованих систем проектування та обладнання з ЧПУ.

Розроблена нова версія ТП адаптованого під верстат з ЧПК, значно зменшеними затратами часу на виготовлення деталі та кількістю установ деталі.

За допомогою програми PowerMill вибрано найкращу стратегію обробки. Спроектовано обробку деталі і розроблено керуючу програму.

Далі були запропоновані вимоги до безпеки життєдіяльності у ВГК та ВГТ, розроблено схему розташування робочих місць, спроектовано робоче місце інженера-конструктора. При розробці робочого місця інженера-конструктора дотримувалися всі норми та стандарти по ергономіці та безпеці життєдіяльності:

- спроектований рухомий стілець;
- площа і об'єм виробничого приміщення задовольняє нормам;
- досягнутий високий рівень освітленості в приміщеннях і на робочих поверхнях апаратури;
- спроектована робоча поверхня столу;
- вимоги, що пред'являються до температури і вологості працюючих приміщень відповідають нормі.

Завершальним етапом був розрахунок економічної ефективності, при впровадженні розробленого технологічного процесу на підприємстві. Річна економія склала 31582,5грн.

Розроблений проект виробництва деталі диск були рекомендовані до впровадження на підприємстві, що засвідчує схвалення технічної ради ТОВ «Продмаш».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) САПР технологічних процесів механічної обробки деталей машин : Навчальний посібник для студентів механічних та машинобудівних спеціальностей / Уклад.: С. Є. Ляковська, О. Т. Велика, Т. О. Стефанович. — Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2014. — 112 с.
- 2) Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей машин: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей / Уклад.: О. А. Охріменко, В. С. Калаченко. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 98 с.
- 3) Онофрейчук Н. В. Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням : Підручник / Н. В. Онофрейчук. — Львів : Світ, 2017. — 352 с.
- 4) Гиляровский Л. Т. Экономический анализ. М: «ЮНТИ» 2006.- 611с.
- 5) Є.М.Нужний. Вступ до інформаційних технологій. Київ, 1997.
- 6) Правила виконання та оформлення креслеників : Навчальний посібник з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» / О. В. Калініна, Г. О. Попова. — Дніпро : НМетАУ, 2013. — 88 с..
- 7) Дикий Н.А., Халатов А.А. Основы научных исследований. Киев: Вища школа, 1985.- 223 с.
- 8) Козик В. В., Гавриляк А. С., Петрушка Т. О. Організація виробництва : Підручник / за ред. В. В. Козика. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. — 256 с. — ISBN 978-966-941-482-3.
- 9) Інформатика та інформаційні технології : Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Ю. В. Форкун, Н. В. Демідова. — Львів : Новий Світ-2000, 2018. — 464 с. — ISBN 978-966-418-212-0.
- 10) Зінковський Ю. Ф., Уривський Л. О. Проектування радіоелектронної апаратури : Підручник для здобувачів ступеня бакалавра. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. — 390 с.

- 11) Методичні вказівки до виконання технологічної частини дипломних проєктів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти для студентів машинобудівних спеціальностей / Уклад.: О. С. Ступак, В. І. Смирнов. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 32 с.
- 12) Системи автоматизованого проектування та моделювання у машинобудуванні (CAD/CAM/CAE) : Підручник / В. А. Федориненко, В. Б. Струтинський, М. П. Шаповал. — Львів : Новий Світ-2000, 2019. — 480 с. — ISBN 978-966-418-315-8.13)
- 13) Кидалов Б.О. Застосування наземного лазерного сканування для визначення площі поверхні. / Матеріали XIII Всеукр. наук.- техн. конф., 05 травня 2026 р. Запоріжжя: ТДАТУ, 2026. С. 143-144
- 14) Інтернет – ресурси: <http://www.prodmash.com>

ДОДАТКИ

Фрагмент управляючої програми

```

%
:0001
N10( NC FILE : ????? )
N20( DATE : 04.04.12 & TIME - 20:06:17 )
N30( PMPost VERSION : 4.800 CB01100 )
N40( MACHINE TOOL : --- & MODEL : --- )
N50( CONTROLLER : Fanuc & SERIES : --- )
N60( OPTION FILE : Fanuc )
N70( OUTPUT WP : Глобальная СК )
N80( OUTPUT UNITS : MM )
N90G91G28X0Y0Z0
N100G40G17G80G49
N110G0G90
N120( ===== )
N130( TOOLPATH : Черновая1 )
N140( STRATEGY USED : Offset_area_clear )
N150( TOOLPATH WP : World )
N160( ===== )
N170( TOOL TYPE : ENDMILL )
N180( TOOL NAME : Конц32 )
N190( TOOL DIA.: 32 & TIP RAD.: 0 & LENGTH : 330 )
N200T1M6
N210G54G90
N220S37M3
N230M8
N240G0X0Y0
N250G43Z10.H1
N260X2.316Y1.484
N270Z5.
N280G1Z-3.85F1.021
N290X2.115Y1.808F10.212
N300X1.917Y2.134
N310X.906Y2.715
N320X.2Y2.75
N330X-.505Y2.797
N340X-1.184Y2.482
N350X-1.868Y2.179
N360X-2.341Y1.537
.....
N1330G2X-7.01Y-11.259I-19.502J-22.797
N1340G1X-6.901Y-11.29

```

N1350X-6.791Y-11.322
 N1360X-4.265Y-12.055
 N1370X-2.421Y-12.656
 N1380X-.619Y-13.374
 N1390X-.399Y-13.313
 N1400X-.179Y-13.253
 N1410X2.347Y-12.577
 N1420X4.137Y-12.156
 N1430X5.949Y-11.846
 N1440G2X9.79Y-8.536I21.434J-20.99
 N1450G1X10.664Y-7.903
 N1460X10.898Y-7.249
 N1470X11.147Y-6.601
 N1480X12.151Y-4.075
 N1490X12.596Y-3.015
 N1500X13.081Y-1.974
 N1510X12.961Y-1.096
 N1520X12.867Y-.216
 N1530X12.635Y2.31
 N1540X12.56Y3.315
 N1550X12.518Y4.323

 N258340G80
 N258350M9
 N258360G91G28Z0
 N258370G49H0
 N258380G28X0Y0
 N258390M30
 %

Додаток В – Код програмного модулю спеціалізованої САПР

```

unit uMain;

interface

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

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

type
  TVal = class(TForm)
    OpenDialog1: TOpenDialog;
    StringGrid1: TStringGrid;
    BitBtn1: TBitBtn;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    LError: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label17: TLabel;
    Label18: TLabel;
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
    procedure FormShow(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
  end;

```

```

        procedure StringGrid1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow:
Integer;
        const Value: String);
        procedure StringGrid1DrawCell(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
        Rect: TRect; State: TGridDrawState);
        procedure StringGrid1Click(Sender: TObject);
private
        AllOk: byte;
        CheckArray: array of byte;
        { Private declarations }
        function CheckReal(str: string): boolean;
public
        { Public declarations }
end;

```

```

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

```

```

var
    korpus: Tkorpus;
    unigraphics:UniObject; // ссылка на API-объект unigraphics
    Doc:uxDocument3D; // ссылка на текущий документ unigraphics
    UniHandle:THandle; // ссылка на окно программы unigraphics
    mas: TPartVars;
    s: TStringList;

```

implementation

```
{ $R *.dfm }
```

```

function GetPartVars(partname:STRING):TPartVars;
    korpus vr:uxVariableCollection;
    parts:uxPartCollection;
    part:uxPart;
    univar:uxVariable;
    top,cur,vrr:TTreeNode;
    j, numpart:WORD;
begin
    parts:=uxPartCollection(doc.PartCollection(true));
    // ссылка на деталь с именем partname

```

```

part:=uxPart(parts.GetByName(partname,True,True));
// ссылка на список переменных детали
vr:=uxVariableCollection(part.VariableCollection);
// цикл по переменным детали
numpart:=vr.GetCount;
SetLength(result,numpart);

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

function StartUnigraphics(filename:string):boolean;
const ka='Unigraphics.Application.5';
begin
// подключение к Unigraphics
Result:=true;
try
Unigraphics:=UnigraphicsObject(GetActiveOleObject(ka)); // если уже
запущен
except
try
Unigraphics:=UnigraphicsObject(CreateOleObject(ka)); // если не запущен
except
result:=false;
exit;
end;
end;
// получение ссылки на окно КОМПАС
UnigraphicsHandle := Unigraphics.uxGetHWindow;
// делаем окно Unigraphics видимым
Unigraphics.Visible:=true;
// получение ссылки на текущий документ КОМПАСа
Doc := uxDocument3D(Unigraphics.ActiveDocument3D);
// если такой документ есть...
if Assigned(Doc) then

```

```

// то закрываем его
Doc.close;
// создаем новый документ...
Doc := uxDocument3D(Unigraphics.Document3D);
// и загружаем в него сборку с именем filename
Doc.Open(Trim(filename), False);
// активируем API
Unigraphics.ActivateControllerAPI();
end;

```

```

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

```

```

PROCEDURE ChangeVar(partname, varname: STRING; value_:REAL);
VAR vr:uxVariableCollection;
parts:uxPartCollection;
part:uxPart;
vvv:uxVariable;
BEGIN
// Список деталей
parts:=uxPartCollection(doc.PartCollection(true));
// Ищем деталь по имени
part:=uxpart(parts.GetByName(partname,true,true));
// Список переменных детали

```

```

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

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

function TVal.CheckReal(str: string): boolean;
var i, j: integer;
    z: byte;
begin
    Result := TRUE;
    for i := 1 to Length(str) do
        begin
            z := 1;
            for j := 0 to 10 do
                // proverka, 4to v stroke 4islo
                if (str[i] = MasReal[j]) then
                    begin
                        z := 0;
                        break;

```

```

end;
// proverka, 4to posle zapyatoj ne bolee 1 znaka
if (str[i] = '.') then
  if (((Length(str)-i)>1)or(str[i+1] = '.')) then z := 1;
if (z = 1) then
begin
  Result := FALSE;
  break;
end;
end;
end;

procedure TVal.FormShow(Sender: TObject);
var i,j: integer;
    c: integer;
begin
  c := 1;
  StringGrid1.RowCount := c;

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

      StartUNI({HAPBAHIE
FIJLA}{\W:\C6opka(dtytw).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 TVal.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    AllOk := 0;
end;

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

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

procedure TVal.StringGrid1Click(Sender: TObject);

```

```

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

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

end;

end.

```

