

**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 ВЕРІШКОВ

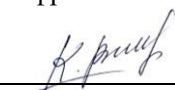
«12» червня 2024 р.

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

на тему: «Технічна підготовка виробництва деталі «Пуансон ФГ-309» в  
CAD-системі Unigraphics з розробкою комплекту технологічної  
документації»

**17 ПМД. 8999013.06.24/000000 ПЗ**

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



Карина ВАЛІЄВА

(підпис)

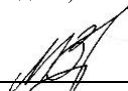
Керівник доц.



Олександр МАЦУЛЕВИЧ

(підпис)

Консультант доц.



Михайло ЗОРЯ

(підпис)

Консультант доц.



Лариса БОЛТЯНСЬКА

(підпис)

Нормоконтроль доц.



Олександр МАЦУЛЕВИЧ

(підпис)

Рецензент



Ольга ЗАЛЕВСЬКА

(підпис)

Запоріжжя - 2024 рік

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

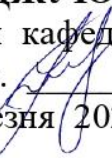
Факультет: МТ

Кафедра: ІМКП

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри ІМКП

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

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧІЦІ**  
**Валісвій Карині Мадатівні**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: «Технічна підготовка виробництва деталі «Пуансон ФГ-309» в САД-системі Unigraphics з розробкою комплексу технологічної документації» затверджена наказом по університету від 18 березня 2024 року за № 157-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 16 червня 2024 року..
2. Вихідні дані до проекту (роботи): завдання на розробку кваліфікаційної роботи.
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):  
провести аналіз існуючої на підприємстві системи технічної підготовки, проаналізувати наявний технологічний процес деталі «Пуансон ФГ-309», запропонувати новий технологічний процес та розробити управляючу програму обробки виробу, розробити міні САПР, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
  - 4.1 Пуансон ФГ-309
  - 4.2 Структура розробленого модулю спеціалізованої САПР
  - 4.3 Дослідження напружених станів та можливих деформацій деталі «Пуансон ФГ-309»
  - 4.4 Управляюча програма для обробки деталі «Пуансон ФГ-309» у програмі Unigraphics
  - 4.5 Комп'ютерне моделювання роботи пристрою
  - 4.6 Розробка робочого місця проектувальника
  - 4.7 Розрахунок економічної ефективності

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

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

Керівник



Олександр МАЦУЛЕВИЧ

(підпис)

Завдання прийняла до виконання



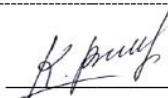
Карина ВАЛІЄВА

(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор. № | Назва станів дипломного проекту                                                       | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1      | Перед проектне обстеження підприємства                                                | 08.05-10.05                     | Виконано |
| 2      | Створення 3D-моделі та робочих креслеників деталі «Пуансон ФГ-309»                    | 11.05-12.05                     | Виконано |
| 3      | Аніліз існуючого ТП на виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309»; створення досконалого ТП | 15.05-19.05                     | Виконано |
| 4      | Створення міні САПР                                                                   | 22.05-26.05                     | Виконано |
| 5      | Розробка робочого місця проектувальника з урахуванням ергономічних показників         | 29.05-31.05                     | Виконано |
| 6      | Розробка питань з охорони праці                                                       | 05.06-09.06                     | Виконано |
| 7      | Техніко-економічна оцінка рішень проекту                                              | 12.06-16.06                     | Виконано |
| 8      | Оформлення проекту в цілому                                                           | 12.06-16.06                     | Виконано |
| 9      | Підпис проекту у консультантів і нормоконтроля                                        | 12.06-16.06                     | Виконано |

Студентка-дипломниця



Карина ВАЛІЄВА

Керівник кваліфікаційної роботи



Олександр МАЦУЛЕВИЧ

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота представлена у вигляді розрахунково-пояснювальної записки обсягом 99 сторінок друкованого тексту формату А4 (210×297) та 8 аркушів креслярсько-графічних робіт формату А1 (341×594), містить 6 розділів, 43 рисунки, 6 таблиць та додатки, список використаної літератури кількістю 22 найменування.

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

Мета роботи – модернізація підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації на виробництві ТОВ «Руслан – Комплект» після повернення міста Мелітополь під контроль України.

В першому розділі проводиться обстеження і аналіз підприємства.

У другому розділі визначаються основні етапи життєвого циклу виробу, визначаються автоматизовані системи у підтримці кожного етапу.

У третьому розділі проводиться аналіз існуючої деталі, створення 3D – моделі деталі та креслення, перевірка деталі на міцність та розробка розрахункового модулю САПР.

У четвертому розділі удосконалення технологічного процесу, створюється управляюча програми для обробки деталі, проектується технологічне оснащення, для обробки деталі на станку з ЧПК.

У п'ятому розділі вирішуються питання охорони праці при впровадженні нового технологічного процесу, та розробляється робоче місце інженера-програміста.

У шостому розділі наведена економічна ефективність проекту.

Ключові слова: технічне завдання, програмне забезпечення, система автоматизованого проектування, Unigraphics, CAD - система, управляюча програма, товариство з обмеженою відповідальністю, числове програмне управління, автоматизована система, технологічний процес, коефіцієнт запасу міцності, програмні модулі, розрахунковий модуль, технологія API, постпроцесор.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

|      |                                                      |
|------|------------------------------------------------------|
| ТЗ   | технічне завдання;                                   |
| ТОВ  | товариство з обмеженою відповідальністю;             |
| ТП   | технологічний процес;                                |
| ЧПК  | числове програмне керування;                         |
| НДР  | науково-дослідна робота;                             |
| ДКР  | дослідно-конструкторські роботи;                     |
| ПВ   | підготовка виробництва;                              |
| ВП   | вихід на потужність;                                 |
| НТД  | науково-технічна документація;                       |
| САПР | система автоматизованого виробництва;                |
| КТПВ | конструкторсько-технологічна підготовка виробництва; |
| ЄСКД | єдина система конструкторської документації;         |
| КПВ  | конструкторська підготовка виробництва;              |
| МАІ  | метод аналізу ієрархій;                              |
| ТПВ  | технологічна підготовка виробництва;                 |
| КТЕ  | конструкторсько-технологічні елементи;               |
| ВЧ   | високі частоти;                                      |
| УВЧ  | ультрависокі частоти;                                |
| НВЧ  | надвисокі частоти;                                   |
| ДВЧ  | дуже високі частоти;                                 |
| ГДК  | гранично допустима концентрація;                     |
| ІУ   | індекс узгодження;                                   |
| ВУ   | відношення узгодження;                               |
| CAD  | Computer Aided Design;                               |
| CAE  | Computer Aided Engineering;                          |
| CAM  | Computer Aided Manufacturing;                        |
| PDM  | Product Data Management.                             |

| № рядка  | формат          | Позначення                                                                          | Найменування                                   | Кількість<br>листів                                                                                                                         | Номер<br>листа | Прим. |    |
|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|----|
| 1        | A4              | 17 ПМД. 8999013.06.24/000000 ПЗ                                                     | Розрахунково-пояснювальна                      |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 2        |                 |                                                                                     | записка                                        | 93                                                                                                                                          |                |       |    |
| 3        | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/000.000                                                       | Тема, мета та задачі<br>кваліфікаційної роботи | 1                                                                                                                                           | 0              |       |    |
| 4        | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/310.000                                                       | Кресленик та 3D-модель деталі                  | 1                                                                                                                                           | 1              |       |    |
| 5        |                 |                                                                                     | «Пуансон ФГ-309»                               |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 7        | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/320.000                                                       | Структура розробленого модулю                  | 1                                                                                                                                           | 2              |       |    |
| 8        |                 |                                                                                     | спеціалізованої САПР                           |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 9        | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/330.000                                                       | Дослідження напружених станів                  | 1                                                                                                                                           | 3              |       |    |
| 10       |                 |                                                                                     | та можливих деформацій деталі                  |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 11       |                 |                                                                                     | «Пуансон ФГ-309»                               |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 12       | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/410.000                                                       | Управляюча програма для обробки                | 1                                                                                                                                           | 1              |       |    |
| 13       |                 |                                                                                     | деталі "Пуансон ФГ-309"                        |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 14       |                 |                                                                                     | у програмі Unigrahics                          |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 15       | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/420.000                                                       | Комп'ютерне моделювання                        | 1                                                                                                                                           | 2              |       |    |
| 16       |                 |                                                                                     | роботи пристрою                                |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 17       | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/510.000                                                       | Розробка робочого місця                        | 1                                                                                                                                           | 1              |       |    |
| 18       |                 |                                                                                     | проектувальника                                |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 19       | A1              | 17 ПМД. 8999013.06.24/610.000                                                       | Розрахунок економічної                         | 1                                                                                                                                           | 1              |       |    |
| 20       |                 |                                                                                     | ефективності проекту                           |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 21       |                 |                                                                                     |                                                |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 22       |                 |                                                                                     |                                                |                                                                                                                                             |                |       |    |
| 23       |                 |                                                                                     |                                                |                                                                                                                                             |                |       |    |
|          |                 |                                                                                     | 17 ПМД. 8999013.06.24/000000                   |                                                                                                                                             |                |       |    |
| Зм       | Лист            | № документа                                                                         | Підпис                                         | Дата                                                                                                                                        |                |       |    |
| Розроб.  | Валієва К.М.    |  | 12.06                                          | Технічна підготовка виробництва деталі<br>«Пуансон ФГ-309» в САД-системі<br>Unigraphics з розробкою комплекту<br>технологічної документації | Літ            | Лист  | Ли |
| Перевір. | Мацулевич О.Є.  |  | 12.06                                          |                                                                                                                                             |                | 1     | 1  |
| Конс.    | Зоря М.В.       |  | 12.06                                          |                                                                                                                                             | ТДАТУ, 2024    |       |    |
| Конс.    | Болтянська Л.В. |  | 12.06                                          |                                                                                                                                             |                |       |    |
| Н. контр | Мацулевич О.Є.  |  | 12.06                                          |                                                                                                                                             |                |       |    |
| Затв.    | Вершков О.О.    |  | 12.06                                          |                                                                                                                                             |                |       |    |

## ЗМІСТ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                     | 9  |
| РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «РУСЛАН – КОМПЛЕКТ» ТА ВИРОБЛЯЄМОЇ ПРОДУКЦІЇ .....                     | 12 |
| 1.1 Історія підприємства ТОВ «Руслан – Комплект» .....                                                          | 12 |
| 1.2 Продукція, яка виробляється ТОВ «Руслан – Комплект» .....                                                   | 14 |
| 1.3 Географія продаж виробів ТОВ «Руслан – Комплект» .....                                                      | 15 |
| Висновки до першого розділу.....                                                                                | 18 |
| РОЗДІЛ 2 ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ .....                                             | 19 |
| 2.1 Етапи життєвого циклу виробу.....                                                                           | 19 |
| 2.2 Автоматизовані системи в підтримці кожного етапу.....                                                       | 22 |
| 2.3 Роль САПР в вирішенні завдань технологічної підготовки підприємства .....                                   | 24 |
| Висновки до другого розділу .....                                                                               | 28 |
| РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....                                                            | 29 |
| 3.1 Етапи конструкторської підготовки виробництва.....                                                          | 29 |
| 3.2 Обґрунтування вибору автоматизованої системи проектування конструкторської документації .....               | 31 |
| 3.3 Обґрунтування вибору пакету програм для проектування 3D – моделі та креслення деталі «Пуансон ФГ-309» ..... | 35 |
| 3.4 Основні етапи проектування 3D – моделі та креслення деталі.....                                             | 39 |
| 3.5 Обґрунтування вибору автоматизованої системи інженерних розрахунків.....                                    | 49 |
| 3.6 Розрахунки на міцність деталі «Пуансон ФГ-309» .....                                                        | 52 |
| Висновки до третього розділу.....                                                                               | 62 |
| РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА .....                                                              | 63 |
| 4.1 Етапи технологічної підготовки виробництва .....                                                            | 63 |
| 4.2 Обґрунтування вибору САМ-системи для проектування технологічного процесу .....                              | 64 |
| 4.3 Основні етапи проектування технологічного процесу.....                                                      | 65 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4 Проектування технологічного процесу для виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309» .....           | 66 |
| 4.5. Обґрунтування вибору САМ-системи для проектування керуючих програм для станків з ЧПК.....   | 70 |
| 4.6 Розробка керуючої програми для верстату з числовим програмним забезпеченням.....             | 72 |
| 4.7 Проектування та виготовлення технологічного оснащення.....                                   | 75 |
| Висновки до четвертого розділу .....                                                             | 79 |
| РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....                                                                     | 80 |
| 5.1 Вирішення питань безпеки життєдіяльності при впровадженні нового технологічного процесу..... | 80 |
| 5.2 Організація робочого місця.....                                                              | 80 |
| 5.3 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони .....                                               | 83 |
| 5.4 Освітлення.....                                                                              | 84 |
| 5.5 Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук .....                                                   | 85 |
| 5.6 Виробничі випромінювання.....                                                                | 86 |
| Висновки до п'ятого розділу.....                                                                 | 88 |
| РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕНІ НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....  | 89 |
| 6.1 Розрахунок економічної ефективності.....                                                     | 89 |
| 6.2 Техніко-економічні показники .....                                                           | 90 |
| Висновки до шостого розділу .....                                                                | 93 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                    | 94 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....                                                                           | 96 |
| ДОДАТКИ.....                                                                                     | 99 |

## ВСТУП

Не для кого не секрет, що відбувається в Україні останні десять років. Два роки тому кожен українець дізнався про це особисто. Війна стала спільною. Як свідому громадянку своєї країни мене хвилює декілька запитань: Що ми будемо робити після деокупації міст України? Чим я можу допомогти?

Мелітополь – багатогалузеве промислове місто, в якому економічний потенціал представлений машинобудуванням, а саме виробництвом компонентів та запчастин для автомобільної промисловості. Моя кваліфікаційна робота зосереджена на тому щоб оновити технологію автоматизації виробництва та впровадити новітні технології. Це дозволить підвищити рівень ефективності процесу виробництва, що у свою чергу позитивно позначиться на діяльності підприємства, економіці міста та країни. Вибрана мною тема є актуальною на сьогоднішній день, оскільки високий рівень автоматизації і велика міра вживання передових технологій – це не лише запорука успіху і конкурентоспроможності підприємства, але і засіб виживання в умовах жорсткої конкуренції.

До впровадження в наше життя автоматизації, заміна фізичної сили відбувалася за допомогою механізації допоміжних і основних процесів виробництва. Розумова праця дуже довго була немеханізованою, а на сьогодні інтелектуальна праця стала об'єктом автоматизації і механізації. У сучасних умовах автоматизація стає все складнішою, щодня пред'являються нові вимоги до техніки, її кількості на підприємствах і інших деталей, які істотно прискорюють діяльність виробництва.

Автоматизація виробництва – вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюється без участі людини, а лише під її контролем. Автоматизація ефективно застосовується на сучасному етапі розвитку людства з метою досягнення зростання показників ресурсозбереження, поліпшення екології

навколишнього середовища, якості та надійності продукції. Головним напрямом автоматизації в агропромисловому комплексі на сучасному етапі є створення комп'ютерно – інтегрованих виробництв.

Впровадження автоматизованого виробництва дозволило керівникам підприємств значно зменшити витрати на оплату персоналу праці, підвищити продуктивність праці за рахунок безперебійної роботи машини і значно знизити інші витрати виробництва. Таким чином, автоматизація є певним стрибком у розвитку економіки господарства.

Метою моєї кваліфікаційної роботи є модернізація підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації для виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309» на ТОВ «Руслан-Комплект» м. Мелітополь з використанням САД-системи Unigraphics та розробка керуючої програми для консольно-фрезерного верстату 6P11ФЗ-1.

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

Предметом дослідження є комплект технологічної документації для виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309».

Для досягнення поставлених цілей в роботі вирішуються наступні задачі:

- аналіз конструкції існуючої деталі;
- розробка спеціалізованого модулю для проектування деталі з використанням АРІ технологій;
- розробка технологічного процесу обробки деталі на верстаті з ЧПК;
- виконання комп'ютерного моделювання роботи пристрою для обробки деталі з використанням віртуальної інженерії;
- створення керуючої програми для обробки деталі для верстату з ЧПК;
- аналіз умов праці оператора (проектувальника);

– порівняльний аналіз економічної ефективності впровадження результатів роботи.

Практичне значення має покращення техно-економічних показників виробництва деталі «Пуансон ФГ-309».

Дана кваліфікаційна робота пройшла апробацію та рекомендована до впровадження в умовах підприємства.

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

### 1.1 Історія підприємства ТОВ «Руслан – Комплект»

Українська земля щедра та плодovита, ті хто її обробляє, хто вирощує хліб і піклується про те, щоб на наших столах завжди були якісні і натуральні продукти, вкладають в свою роботу серце і душу. Не менш відповідальне завдання стоїть і перед тими, хто забезпечує аграріїв надійними запчастинами сільськогосподарської техніки.

Одним із лідерів на українському ринку запчастин до тракторів МТЗ та ЮМЗ, а також вантажним автомобілям є ВАТ Роменський завод «Тракторозапчасть». Генеральним представником Роменського заводу «Тракторозапчасть» в Україні був ТОВ «Руслан-Комплект», який також виробляв власну продукцію, під зареєстрованою торгівельною маркою «Руслан». Більше 10 років «Руслан – Комплект» працював на ринку гумовотехнічних виробів та пропонує дуже великий асортимент ремкомплектів для широкого спектру сільськогосподарської, автомобільної та спеціальної техніки.

Виробнича база ТОВ «Руслан – Комплект» розташована на більш ніж 10 000 кв.м. До її складу входять п'ять цехів, обладнані відповідно до міжнародного стандарту.

#### 1) Цех холодної листової штамповки.

Цех холодної листової штамповки мав в своєму розпорядженні 40 пресів від 6,3 до 400 тон.

#### 2) Цех пластмас.

Мав в наявності термопласти автомати як вітчизняного, так і імпортного виробництва, з обсягом випуску від 63 – х до 5000 куб.см, які працювали як із закладними знаками, так і в автоматичному режимі. У

виробництві широко застосовувалися сучасні композиційні матеріали, такі як дакрил, полікарбонат, «Хайтрел», «Копель», а також поліаміди, поліетилен, АБС – пластик. До повномасштабного вторгнення цех пластмас виготовляв понад 300 виробів різної форми і структури.

### 3) Інструментальний цех.

Складні формотворчі штампи і прес-форми сьогодні неможливо виготовити без електроерозійних (прошивних і дротяних), токарних, і фрезерних верстатів з числовим програмним управлінням. Тому, на підприємстві малося все необхідне обладнання для виготовлення точної високопродуктивної оснастки будь-якої складності. Проектування в електронному вигляді в Pro/Engineer і створення об'ємної 3D – моделі дозволяє після підбору інструменту і написання керуючої програми вести обробку на даному виді обладнання з високою точністю по розпеченим деталям. Кваліфікований персонал та нові сучасні верстати з числовим програмним управлінням дозволяли виготовляти складні штампи і прес-форми вагою 1,5 т.

### 4) Складальні цехи

Складальні роботи є заключним етапом у виробничому процесі. На підприємстві було два складальних цехи: по збірці світлотехніки та по збірці ремонтних комплектів. В цех зі складання світлотехніки з виробничих цехів надходили окремі деталі й заготовки, які надалі збираються в готові вироби. Якість складальних робіт значно впливає на експлуатаційні якості, на надійність і довговічність виробів, тому після збирання продукція проходила контроль, на відповідність параметрів встановлених стандартами якості.

### 5) Цех по збірці гумотехнічних виробів.

Для складання ремонтних комплектів ТОВ «Руслан – Комплект» використовував гумотехнічні вироби Білоцерківського заводу ГТВ (ТОВ «Інтер – ГТВ»), Маріупольського заводу ГТВ і Сумського заводу ГТВ. Продукція від постачальників проходила ретельний контроль у

власній лабораторії з перевірки якості гуми і тільки потім потрапляла в складальний цех.

Пластмасові вироби, які входили до складу ремонтних комплектів, ТОВ «Руслан – Комплект» вироблялися самостійно. Кінцевий результат – це ремонтні комплекти, високої якості, що відповідають стандартам і запитам споживачів.

#### Склад.

На складі ТОВ «Руслан-Комплект» постійно знаходиться близько 1500 найменувань ремкомплектів та інших запасних частин до тракторів МТЗ і ЮМЗ та інші вироби.

Вся продукція має сертифікати відповідності в системі УКРСЕПРО. У серпні 2008 р. був проведений аудит на відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO 9001-2000. Вироби захищені Патентами «Корисна модель» і «Промисловий зразок». ТОВ «Руслан-Комплект» мав великий парк станків з ЧПК.

Політика в області якості ТОВ «Руслан-Комплект» передбачала повне задоволення запитів споживачів щодо якості продукції, що поставлялася підприємством, а також безпеку навколишнього середовища.

Сьогодні ООО «Руслан-Комплект» є самодостатньою і незалежною структурою, що мав власну спеціалізацію і штат висококваліфікованих фахівців. Компанія «ТОВ Руслан – Комплект» виробляв продукцію європейського рівня якості і тривалий час поставляв його практично у всі регіони не лише України але ближнього і далекого зарубіжжя.

### 1.2 Продукція, яка виробляється ТОВ «Руслан – Комплект»

ТОВ «Руслан – Комплект» (торгівельна марка «Руслан») була виробником і постачальником ремкомплектів ГТВ для широкого спектру сільськогосподарської, автомобільної і спеціальної техніки. ТОВ «Руслан –

Комплект» виготовляв близько 1500 найменувань ремкомплектів та інших запасних частин до тракторів МТЗ та ЮМЗ і т.д. У асортименті вироблюваних ремкомплектів ГТВ є і набори для ремонту насосів шестерінчастих (НШ-10, НШ-16, НШ-32А3, НШ-32-10-3, НШ-32У нового і старого зразка, НШ-50, НШ-100 з модифікаціями), гідроциліндрів (ЦС-55, ЦС-63, ЦС-75, ЦС-80, ЦС-90, ЦС-100 нового зразка, ЦС-110, ЦС-125, ЦС-140), гідророзподільників (Р-80, Р-100 з модифікаціями, Р-160, Р-200), насосів водяних і паливних, які встановлюються практично на всій сільськогосподарській техніці (комбайни, екскаватори, трактори).

Також ТОВ «Руслан – Комплект» випускав набори для ремонту тракторів Т-150К, Т-151К, Т150 гус.комбайнів СК-5 і СК-5М1 «Нива», Єнісей-1200, Дон-1500, набори пластикових виробів (втулки, ролики) для ремонту сівалок СУПН-8, СЗ-3,6А, СП-520, СПЧ-6.

ТОВ «Руслан – Комплект» випускав запчастини для зчеплення, рульового управління, переднього і заднього моста, навішування (вали, шарніри, пальці, розкоси, тяга, сошки, осі кочення).

До складу продукції, яка випускалася підприємством також входить світлотехніка для тракторів, автомобілів (фари, ліхтарі, відбивачі, покажчики повороту і т.д. ), ущільнення на основі поліуретану і графітонаповненого- поліаміду, кільце захисне, ущільнення поршневе, грязезйомник.

Всі пластмасові вироби (втулки, ролики, захисні кільця) вироблялися на власних лініях з високоякісних первинних матеріалів і контролювалися в лабораторії контролю якості. ТОВ «Руслан – Комплект» працював лише з гумотехнічними виробами і запчастинами високої якості.

### 1.3 Географія продаж виробів ТОВ «Руслан – Комплект»

ТОВ «Руслан – Комплект» був офіційним дилером Білоцерківського заводу ГТВ (ТОВ «Інтер — ГТВ»). Безпосередньо ТОВ «Руслан –

Комплект» співпрацював з такими заводами як Лисичанський завод ГТВ, Маріупольський завод ГТВ, Сумський завод ГТВ, Роменський завод «Тракторозапчасть». Вся продукція цих заводів сертифікована і відповідає ДСТУ, що діють, і ТУ. Всі вони поставляють свою продукцію на конвеєрне виробництво. Більш ніж десятирічний досвід роботи на ринку ГТВ дозволяє відбирати продукцію серед кращих виробників України.

Тривалий час підприємство працює з партнерами європейських країн як: Болгарія, Угорщина, Латвія, Литва, Молдова, Польща. (рисунок 1.1) А також країни Азії та Африки: Азербайджан, Вірменія, Грузія, Казахстан, Єгипет, Узбекистан.



Рисунок 1.1 – Географія продаж виробів ТОВ «Руслан-Комплект» до Європи

Під час проходження переддипломної практики була розроблена структурна схема підрозділів підприємства. Використання в практиці схеми організаційної структури дозволяє зрозуміти формальну ієрархію

організації, у тому числі, структуру процесів, відповідальності та звітності. Розроблена структурна схема підрозділів представлена на рисунку 1.2.

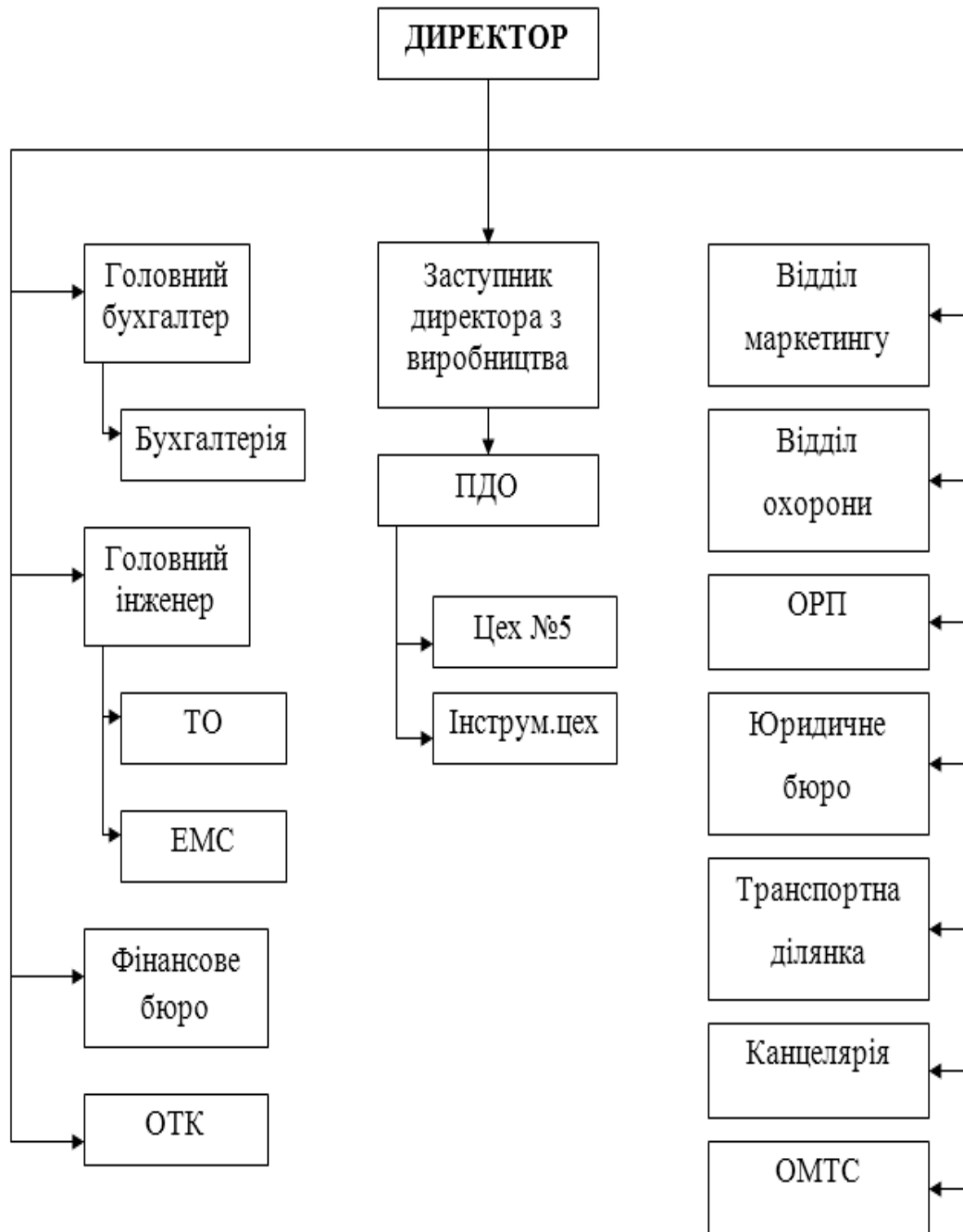


Рисунок 1.2 – Структурна схема підрозділів ТОВ «Руслан-Комплект»

## Висновки до першого розділу

У процесі передпроектного обстеження підприємства ТОВ «Руслан – Комплект» була розглянута його організаційна структура, сфера діяльності, технічна база підприємства та процес обміну інформації між технічними підрозділами.

Були зроблені наступні висновки, що на підприємстві діяла досить ефективна організаційна структура, яка об'єднувала різні ланки одного виробничо-технологічного ланцюга.

Підприємство мало досить розвинену обчислювальну техніку та забезпечувало технічним устаткуванням всіх працівників, які її потребують, крім того на підприємстві ТОВ «Руслан-Комплект» була комп'ютерна мережа, яка дозволяла швидко обмінюватись інформацією між технічними підрозділами та контролювати процес виробництва на всіх його етапах.

ТОВ «Руслан – Комплект» був виробником і постачальником ремкомплектів ГТВ для широкого спектру сільськогосподарської, автомобільної та спеціальної техніки.

ТОВ «Руслан – Комплект» мав великий асортимент продукції, що вироблявся на підприємстві. Технічна база підприємства ТОВ «Руслан-Комплект» робить його конкурентоспроможним. Тривалий час підприємство працювало з партнерами із багатьох країн. Про це свідчить їх співпраця з Азербайджаном, Вірменією, Болгарією, Грузією, Угорщиною, Казахстаном, Латвією, Литвою, Молдовою, Польщею, Єгиптом та Узбекистаном. Все це свідчить про потенціал підприємства та можливість його відновлення та інтенсивного розвитку для входу на ринок України та Європи.

## РОЗДІЛ 2 ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ

### 2.1 Етапи життєвого циклу виробу

Науково – технічний прогрес відіграє важливу роль у розвитку нових напрямів обробки та виготовлення виробів, в підвищенні їх функціональних характеристик, однак споживчий попит на ті чи інші товари і конкуренція, змушують виробників постійно оновлювати свою продукцію.

Життєвий цикл виробу складається з ряду етапів, на яких ідея трансформується в нову техніку, здатну задовольнити вимогам споживачів.

Розглянемо основні складові етапи життєвого циклу будь – якого виробу:

- 1) Маркетингові дослідження потреб ринку;
- 2) Генерація ідей і їх фільтрація;
- 3) Технічна та економічна експертиза проекту;
- 4) Науково – дослідні роботи за тематикою виробу;
- 5) Дослідницька – конструкторська робота;
- 6) Пробний маркетинг;
- 7) Підготовка виробництва виробу на заводі – виробнику серійної продукції;
- 8) Власне виробництво і збут;
- 9) Експлуатація виробів;
- 10) Утилізація виробів.

Стадії 4 – 7 – передвиробничі, і їх можна розглядати як комплекс науково – технічної підготовки виробництва. Розглянемо їх більш детальніше.

Початковою стадією життєвого циклу є науково-дослідні роботи (НДР), що проводяться за єдиним технічним завданням. Науково-дослідна

робота складається з наступних етапів: розробка ТЗ, вибір напрямків досліджень, теоретичні та експериментальні дослідження, узагальнення та оцінка результатів.

Технічне завдання - обов'язковий документ для початку НДР. У ньому визначаються мета, зміст, порядок виконання робіт і спосіб реалізації результатів НДР. Цей документ узгоджується із замовником. Закінчена НДР обговорюється на науково-технічній раді або секції, де розглядається відповідність виконаних робіт ТЗ НДР, обґрунтованість висновків і рекомендацій і виноситься рішення про продовження роботи на наступних стадіях життєвого циклу.

Другою стадією життєвого циклу є дослідно-конструкторські роботи (ДКР). На цій стадії розробляється конструкторська документація: технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект, робоча конструкторська документація. ДКР проводяться також для створення технологічного обладнання, потрібного для виготовлення дослідних зразків та партій виробів.

Розробка виробу завершується після усунення недоробок за зауваженнями приймальної комісії та затвердження акту приймання дослідного зразка, партії.

Наступна стадія життєвого циклу - підготовка виробництва (ПВ) і вихід на потужність (ВП), тобто поставка продукції на виробництво, що включає заходи з організації виробництва нового виробу або освоєного іншими підприємствами. Вихід на потужність відбудеться після завершення робіт з підготовки виробництва, куди входять: пуск і перевірка технологічного обладнання, запуск у виробництво настановної серії, проведення кваліфікаційних випробувань виробів настановної серії, доробка і корегування технологічної та іншої документації.

Установча серія, або перша промислова партія виробів, виготовляється для перевірки здатності даного виробництва забезпечити промисловий випуск продукції відповідно до вимог науково-технічної

документації (НТД) і споживачів. Зразки наступної партії, що пройшли приймально-здавальні та кваліфікаційні випробування, можуть бути представлені на ринку нововведень (проведення рекламної кампанії, демонстрація на виставках, у торгових центрах тощо). Всі розглянуті стадії життєвого циклу (НДР, ДКР, ПВ і ВП) носять назву передвиробнича. Тут формується виріб, його якість, закладається технічний рівень виробу, його прогресивність.

Основні параметри, які характеризують межі стадій життєвого циклу виробу наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Межі стадій життєвого циклу виробу

| Стадія                                    | Початок стадії                                         | Закінчення стадії                                                    |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Маркетингові дослідження ринку            | Укладання договору на проведення досліджень            | Здача звіту за результатами досліджень                               |
| Генерація ідей і їх фільтрація            | Збір і фіксування пропозицій щодо проектів             | Закінчення відбору проектів – конкурентів                            |
| Технічна і економічна експертиза проектів | Комплектація груп оцінки проектів                      | Здача звіту з експертизи проектів, вибір проекту – переможця         |
| Науково-дослідні роботи                   | Затвердження ТЗ на науково-дослідні роботи             | Затвердження акту про закінчення науково-дослідних робіт             |
| Дослідницько-конструкторська робота       | Затвердження ТЗ на дослідницько-конструкторську роботу | Наявність комплекту конструкторської документації, відкоригованої за |

|                                            |                                                                           |                                                                         |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                                            |                                                                           | результатами випробувань пробного зразку                                |
| Пробний маркетинг                          | Початок підготовки виробництва пробної партії                             | Аналіз звіту про результати пробного маркетингу                         |
| Підготовка виробництва на заводі-виробнику | Прийняття рішення про серійне виробництво і комерційну реалізацію виробів | Початок сталого серійного виробництва                                   |
| Власне виробництво і збут                  | Продаж першого серійного зразку виробу                                    | Поставка споживачу останнього екземпляру виробу                         |
| Експлуатація                               | Отримання споживачем першого екземпляру виробу                            | Зняття з експлуатації останнього екземпляру виробу                      |
| Утилізація                                 | Момент списання першого екземпляру виробу з експлуатації                  | Завершення робіт з утилізації останнього виробу, знятого з експлуатації |

## 2.2 Автоматизовані системи в підтримці кожного етапу

Традиційний підхід, який склався в первинний період впровадження комп'ютерної техніки у виробничі процеси, полягав в тому, що з її допомогою вирішувалися окремі, приватні завдання, що відносилися до різних стадій життєвого циклу виробів. Історично першими були завдання, які дозволяли автоматизувати окремі обліково – управлінські функції, у

рамках автоматизованої системи управління виробництвом. Майже одночасно з ними з'явилися автоматизовані системи управління технологічними процесами. Пізніше почали розроблятися і впроваджуватися системи автоматизованого виробництва (САПР), які дозволили використовувати засоби комп'ютерної техніки в процесах конструкторської і технологічної підготовки виробництва (у закордонній технічній літературі використовують аббревіатури CAE, CAD і CAM).

Основні етапи життєвого циклу промислових виробів і типи автоматизованих систем, які використовуються в їх життєвому циклі представлені на рисунку 2.1, де прийняті наступні позначення:

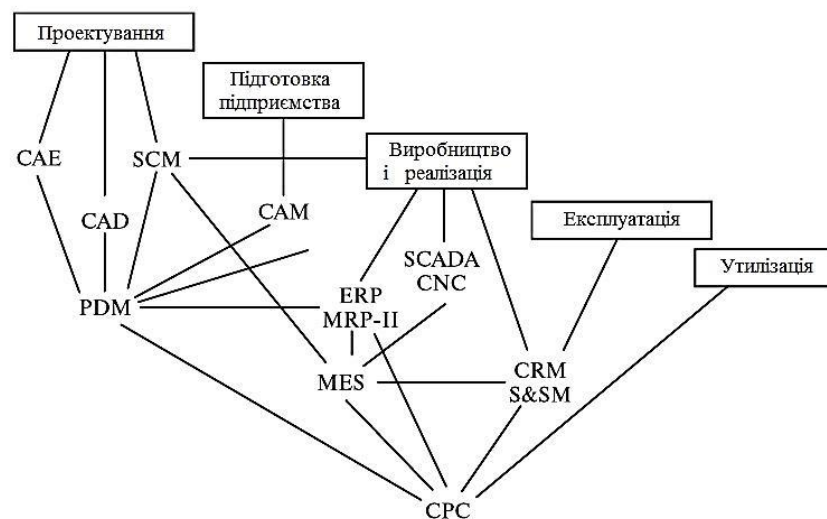


Рисунок 2.1 – Етапи життєвого циклу промислових виробів і системи їх автоматизації.

- CAE (Computer Aided Engineering) – автоматизовані розрахунки і аналіз.
- CAD (Computer Aided Design) – автоматизоване проектування;
- CAM (Computer Aided Manufacturing) – автоматизована технологічна підготовка виробництва;

- PDM (Product Data Management) – управління проектними даними;
- ERP (Enterprise Resource Planning) – планування і управління підприємством;
- MRP II (Manufacturing Requirement Planning) – планування виробництва;
- MES (Manufacturing Execution System) – виробнича – виконавча система;
- SCM (Supply Chain Management) – управління ланцюгами поставок;
- CRM (Customer Relationship Management) – управління взаємовідносинами із замовниками;
- SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – диспетчерське управління виробничими процесами;
- CNC (Computer Numerical Control) – комп'ютерне числове управління;
- S&SM (Sales and Service Management) – управління продажами та обслуговуванням;
- CPC (Collaborative Product Commerce) – спільний електронний бізнес.

Аналіз розвитку інформаційних технологій у виробничій сфері показує, що одним із напрямків такого розвитку є всебічне охоплення цими технологіями різних етапів і стадій життєвого циклу виробу.

### 2.3 Роль САПР в вирішенні завдань технологічної підготовки підприємства

Сучасні підприємства не зможуть вижити в всесвітній конкуренції, якщо не будуть випускати нові вироби найліпшої якості, більш низької вартості і за менший період часу. Тому вони прагнуть використовувати

великі ресурси комп'ютерів, їх високу швидкодію та можливості зручного графічного інтерфейсу для того, щоб автоматизувати та зв'язати один і одним завдання проектування та виробництва практично у режимі Online, які раніше були практично не зв'язані один і одним.

Для цієї мети використовуються технології автоматизованого проектування (computer aided design - CAD), автоматизованого виробництва (computer aided manufacturing - CAM) і автоматизованої розробки або конструювання (computer aided engineering - CAE).

Вітчизняна інтегрована CAD/CAM/CAPP система ADEM використовується в різних галузях промисловості. З її допомогою створюються багато товарів і зразки нової техніки. Одним з основних методів зниження собівартості і підвищення конкурентоспроможності продукції є скорочення циклу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ).

Які ж повинні бути характеристики САПР для скорочення періоду підготовки виробництва? Перше, що впливає на терміни підготовки, - це лінійність процесу. Якщо конструкторська документація після технологічної опрацювання повертається до конструктора для доопрацювання, а це відбувається неодноразово, то ми маємо справу з багатовитковою петлею. Тому першочерговим завданням, яке повинна вирішувати САПР, є зменшення числа або виключення циклів, пов'язаних з уточненням вихідних даних.

Другий фактор, який зумовлює збільшення термінів підготовки, - переробка даних – час, необхідний на осмислення того, що саме викладено в кресленнях, схемах тощо, і на переклад цієї інформації на іншу, спеціалізовану «мову». Особливу роль ця проблема грає на стику конструкторських і технологічних підрозділів, коли технологам-програмістам доводиться заново, з належною точністю пров'язувати конструкцію деталей, щоб створити технологічний процес і запрограмувати верстати з ЧПК.

При цьому не тільки втрачається багато часу, але й виявляється велика кількість конструкторських помилок, що призводить до виникнення раніше згадуваних циклів. Звідси виникає друге завдання САПР - надання інформації в уніфікованого вигляді, скорочують або виключає етапи переробки даних. Методи вирішення цих двох головних завдань полягають в організації процесу проектування на основі єдиної моделі, тобто майстер-моделі. У першу чергу це стосується геометричної інформації, яка рухається з підрозділу в підрозділ, обростаючи подробицями від першої «осьової лінії», проведеної проектувальником, до повного технологічного процесу і комплекту УП, необхідних для виготовлення деталі. Саме такий підхід реалізований в системі ADEM.

Головне, чим відрізняється майстер-модель від креслення, - це те, що перед нами точна модель з однозначно певної (в просторі або на площині) геометрії. Існування майстер-моделі в середовищі різнорідних програмних продуктів можливо, але практично для забезпечення життєвого циклу такої моделі необхідна єдина інформаційна середу, яка і складає основу системи ADEM-VX. Її основне завдання полягає в забезпеченні асоціативних зв'язків між моделлю і написаними на її основі технологічними процесами і керуючими програмами для ЧПК. Ці асоціативні зв'язки дозволяють звести до мінімуму час і зусилля, витрачені на внесення змін в технологію, викликаних зміною моделі. Є ще один фактор, що гальмує процес підготовки виробництва – вже згадуване розмежування між конструкторами і виробництвом.

Відомо, що, створюючи конструкцію, розробник не може призначити деякі параметри, спираючись тільки на свої знання і на застосовувані методи. З його точки зору, ці параметри можуть приймати будь-які розумні значення, оскільки не впливають на технічні характеристики виробу. Але для того, щоб проект був завершений, їх необхідно визначити. Так і з'являються в конструкції невиправдані і досить складні в плані технології елементи, на які виробництво витрачає

дорогоцінний час. Виключити подібні витрати допомагає або виробничий досвід, або щільна спільна робота над проектом з технологами, або система перевірки на технологічність. Тому ще одна вимога до сучасних САПР (і до ADEM в тому числі) – забезпечення конструктора можливістю проведення аналізу на технологічність.

Сьогодні стало реальністю те, що програмне забезпечення може зіграти роль технологічного експерта, завдяки якому будуть прийняті раціональні рішення і придбаний технологічний досвід.

Якщо в САПР, якій допомагає конструктор, інтегровано програмне забезпечення, яке використовується програмістом ЧПК, то є шанс скористатися ним для аналізу технологічності геометричного виконання деталі. Єдине зауваження: бажано, щоб принципи управління конструкторської та технологічної частинами системи були максимально наближені один до одного.

Головна перевага системи ADEM полягає в її інтегрованій архітектурі, яка об'єднує конструкторські та технологічні завдання в єдине ціле, тим самим, створюючи умови для максимально швидкої підготовки КТПВ.

## Висновки до другого розділу

Життєвий цикл виробу складається з ряду етапів, на яких ідея трансформується в нову техніку, здатну задовольнити вимогам споживачів. Всього існує 10 етапів життєвого циклу будь-якого виробу. Аналіз розвитку інформаційних технологій у виробничій сфері показує, що одним із напрямків такого розвитку є всебічне охоплення цими технологіями різних етапів і стадій життєвого циклу виробу. У пункті 2.2 у вигляді схеми представлені основні етапи життєвого циклу промислових виробів і типи автоматизованих систем, які використовуються в їх життєвому циклі та представлений опис кожного з них. Відомо, що, створюючи конструкцію, розробник не може призначити деякі параметри, спираючись тільки на свої знання і на застосовувані методи. З його точки зору, ці параметри можуть приймати будь-які розумні значення, оскільки не впливають на технічні характеристики виробу. Але для того, щоб проект був завершений, їх необхідно визначити. Так і з'являються в конструкції невиправдані і досить складні в плані технології елементи, на які виробництво витрачає дорогоцінний час. Виключити подібні витрати допомагає або виробничий досвід, або щільна спільна робота над проектом з технологіями, або система перевірки на технологічність.

Основним завданням САПР у технологічній підготовці підприємства є скорочення терміну конструкторської та технологічної підготовки підприємства.

## РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

### 3.1 Етапи конструкторської підготовки 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.

Основним завданням конструкторської підготовки виробництва є створення комплексу креслярської документації для виготовлення й випробування макетів, дослідних зразків (дослідної партії), установлювальної серії і документації для сталого серійного або масового виробництва нових виробів з використанням результатів прикладних НДР, ДКР відповідно до вимог технічного завдання.

Зміст і порядок виконання робіт на цій стадії системи СОНТ регламентуються державним стандартом (ДСТ) про єдину систему конструкторської документації (ЄСКД). ДСТ визначає такі стадії конструкторської підготовки виробництва (КПВ), як технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний, технічний та робочий проекти.

Технічне завдання є вихідним документом, на основі якого здійснюється вся робота з проектування нового виробу. Воно розробляється на проектування нового виробу за дорученням або підприємства-виготівника продукції і погоджується з замовником (основним споживачем), або замовника. У технічному завданні визначається призначення майбутнього виробу, ретельно описуються його технічні й експлуатаційні параметри і характеристики: продуктивність, габарити, швидкість, надійність, довговічність й інші показники, обумовлені характером роботи майбутнього виробу. У ньому також містяться відомості

про характер виробництва, умови транспортування, зберігання і ремонту; рекомендації з виконання необхідних стадій розробки конструкторської документації та її складові; техніко-економічного обґрунтування й інші вимоги.

Розробка технічного завдання базується на основі виконаних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, результатів вивчення патентної інформації маркетингових досліджень, аналізу наявних аналогічних моделей і умов їхньої експлуатації.

Технічна пропозиція розробляється в тому разі, якщо технічне завдання розробнику нового виробу видано замовником. Технічна пропозиція містить ретельний аналіз технічного завдання і техніко-економічне обґрунтування можливих технічних рішень під час проектування виробу, порівняльну оцінку з урахуванням експлуатаційних особливостей проектного й наявного виробу подібного типу, а також аналіз патентних матеріалів.

Після узгодження і затвердження технічна пропозиція є підставою для розробки ескізного проекту. Останній розробляється в тому разі, якщо це передбачено технічним завданням або технічною пропозицією; у ньому визначаються обсяг і склад робіт.

Ескізний проект складається з графічної частини і пояснювальної записки. Перша частина містить принципові конструктивні рішення, що дають уявлення про виріб і принцип його роботи, а також дані, що визначають призначення, основні параметри і габаритні розміри.

Технічний проект розробляється на основі затвердженого ескізного проекту і передбачає виконання графічної та розрахункової частин, а також уточнення техніко-економічних показників створюваного виробу. Він складається із сукупності конструкторських документів, які містять остаточні технічні рішення, що дають повне уявлення про пристрій розроблюваного виробу і вихідні дані для розробки робочої документації.

У графічній частині технічного проекту надаються креслення загального вигляду проєктованого виробу, вузлів у складанні й основних деталях. Креслення обов'язково узгоджуються з технологами.

У пояснювальній записці міститься опис і розрахунок параметрів основних складальних одиниць і базових деталей виробу, опис принципів його роботи, обґрунтування вибору матеріалів і видів захисного покриття, опис усіх схем і остаточні техніко-економічні розрахунки. На цій стадії під час розробки декількох варіантів виробів виготовляються і випробуються дослідні зразки.

Завершальним етапом першої стадії виробництва підсистеми технічної підготовки є розробка технічного проєкту та робочої документації.

### 3.2 Обґрунтування вибору автоматизованої системи проєктування конструкторської документації

CAD-системи (computer-aided design комп'ютерна підтримка проєктування) призначені для вирішення конструкторських задач і оформлення конструкторської документації (звичайно вони називаються системами автоматизованого проєктування САПР). Як правило, в сучасні CAD-системи входять модуль моделювання тривимірної об'ємної конструкції (деталі), оформлення креслень і текстової конструкторської документації (специфікацій, відомостей, тощо). Ведучі тривимірні CAD-системи дозволяють реалізовувати ідею наскрізного циклу підготовки і виробництва складних виробничих виробів. [18]

Перед підприємствами, що відкриваються або реконструюються, встає питання, якому з запропонованих програмних продуктів віддати перевагу? Для вирішення цього питання ми поставили перед собою завдання допомогти керівництву підприємства машинобудівного напрямку визначитись з критеріями можливостей CAD/CAM-систем, що найбільш

поширені на вітчизняному ринку. В залежності від умов конкретного виробництва, запропоновані критерії можуть бути як доповнені, так і скорочені. [18]

Для більш повної уяви про вибрані CAD/CAM-системи пропонується, також, скорочений опис призначення декількох систем:

- Unigraphics – дозволяє віртуальне проектування виробів, механообробки деталей складних форм, проводить систему автоматизованого проектування, виробництва і управління проектами, займається розробкою, продажем і технічною підтримкою програмного забезпечення для автоматизації проектування, виробництва, інженерного аналізу і управління проектами.

NX широко використовується в машинобудуванні, особливо в галузях, які випускають вироби з високою щільністю компоновки і великим числом деталей (енергомашинобудування, газотурбінні двигуни, транспортне машинобудування і т. п.) та виготовляють вироби зі складними формами (авіаційна, автомобільна і т. п.).

- Pro/ENGINEER – включає всі необхідні модулі для твердотілого моделювання деталей, складальних одиниць, створення креслярської документації, проектування зварних конструкцій, охоплює весь цикл «конструювання – виробництво» в машинобудуванні.

- SolidWorks – включає інструменти для тривимірного моделювання, створення складальних одиниць, креслень, роботи з листовим металом, зварними конструкціям і поверхнями довільної форми, імпортування великого числа файлів 2D і 3D CAD програм. [18]

Використання CAD/CAM систем, які застосовуються на підприємствах України, у процентному співвідношенню зображено на рисунку 3.1.

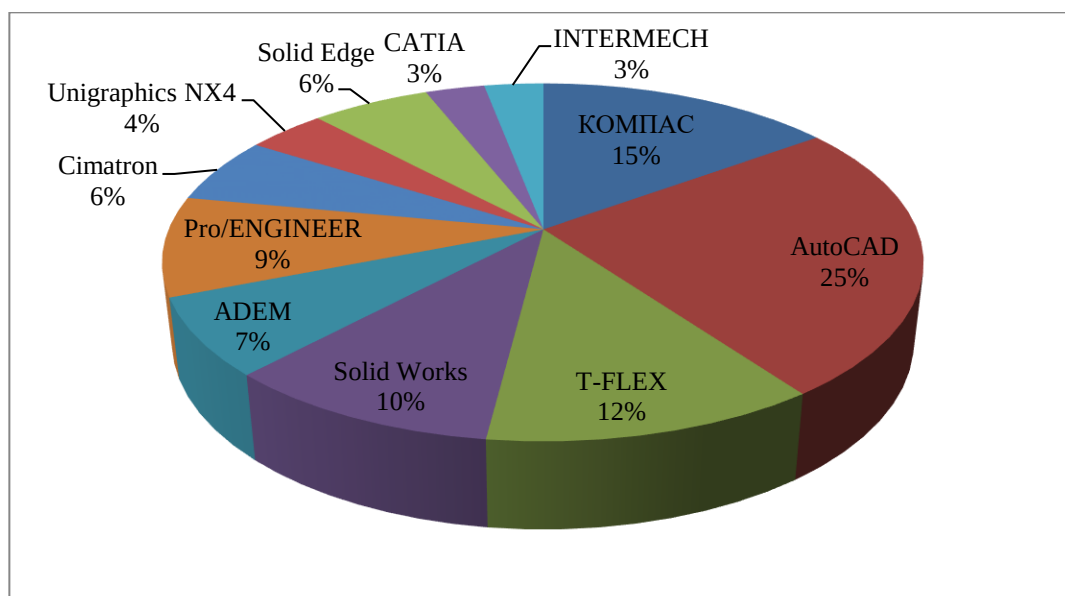


Рисунок 3.1 – Використання CAD/CAM систем на підприємствах України

Для порівняння ми обрали три програмних продукта, два з яких відносяться до високого класу (Unigraphics, Pro/ENGINEER ) та один програмний продукт середнього класу (SolidWorks). Критерії та порівняльна характеристика обраних CAD – систем представлена у таблиці 3.1 .

Таблиця 3.1 Критерії та порівняльна характеристика обраних CAD - систем

|   | Критерії (задачі)                        | Unigraphics | Pro/ENGINEER | SolidWorks |
|---|------------------------------------------|-------------|--------------|------------|
| 1 | 2D моделювання                           | +           | +            | +          |
| 2 | 3D – моделювання                         | +           | +            | +          |
| 3 | Можливості переходу із 2D в 3D і навпаки | +           | +            | +          |
| 4 | Редагування сканованого зображення       | -           | -            | +          |
| 5 | Розробка ТП                              | +           | +            | -          |
| 6 | Механообробка по 2D – моделі             | +           | -            | +          |
|   |                                          | -           | +            | -          |

|    |                                                               |         |         |          |
|----|---------------------------------------------------------------|---------|---------|----------|
|    | 3D – моделі                                                   |         |         |          |
| 7  | Фрезерування в<br>2х та 2.5х<br>3х<br>5-ти<br>багатопозиційне | +       | -       | -        |
| 8  | Електроерозійна<br>обробка                                    | +       | -       | -        |
| 9  | Точіння                                                       | +       | -       | -        |
| 10 | Свердління                                                    | +       | -       | -        |
| 11 | Листоштамповка                                                | +       | +       | -        |
| 12 | Адаптація системи до<br>верстатного<br>обладнання             | +       | -       | -        |
| 13 | Підтримка вітчизняних<br>стандартів                           | +       | -       | -        |
| 14 | Можливість<br>анімаційного<br>зображення                      | +(-)    | +       | -        |
| 15 | Проведення експрес<br>аналізу                                 | +       | -       | -        |
| 16 | Проведення<br>інженерних<br>розрахунків                       | +       | -       | -        |
| 17 | Керування<br>документообігом                                  | +       | +       | -        |
| 18 | Інтеграція з<br>програмними<br>продуктами інших<br>фірм       | +       | +       | -        |
| 19 | До якого класу<br>відносять                                   | Високий | Високий | Середній |
| 20 | Держава розробник                                             | США     | США     | США      |

Звертаючи увагу на те, що по даним 20 критеріям переважає програма Unigraphics. Тому у якості CAD – системи для проектування конструкторської документації ми пропонуємо використати саме цей програмний продукт. [18]

### 3.3 Обґрунтування вибору пакету програм для проектування 3D – моделі та креслення деталі «Пуансон ФГ-309»

Обирати пакет програм для проектування 3D – моделі та креслення деталі пуансон ми рекомендуємо скориставшись методом аналізу ієрархій (MAI). Цей метод розроблений американським математиком Томасом Сааті, який написав про нього книги, розробив програмні продукти і протягом 20 років проводить симпозиуми ISAHN (англ. International Symposium on Analytic Hierarchy Process). MAI широко використовується на практиці і активно розвивається вченими всього світу. В його основі поряд з математикою закладені і психологічні аспекти.

Аналіз проблеми прийняття рішень в MAI починається з побудови ієрархічної структури, яка включає мету, критерії, альтернативи і інші розглядаються фактори, що впливають на вибір. Ця структура відображає розуміння проблеми особою, яка приймає рішення. Кожен елемент ієрархії може представляти різні аспекти розв’язуваної задачі, причому до уваги можуть бути прийняті як матеріальні, так і нематеріальні чинники, вимірювані кількісні параметри та якісні характеристики, об’єктивні дані і суб’єктивні експертні оцінки.

Ієрархічна структура, яка використовується в MAI, являє собою інструмент для якісного моделювання складних проблем. Вершиною ієрархії є головна мета; елементи нижнього рівня представляють собою безліч варіантів досягнення мети (альтернатив); елементи проміжних рівнів відповідають критеріям або факторів, які пов’язують ціль з альтернативами.

Основні критерії, що впливають на вибір програмного продукту наступні:

- функціональність;
- складність побудови;
- простота освоєння;
- вартість придбання і супроводу;

- підтримка вітчизняних стандартів;
- інтерфейс;
- якість інформаційної бази;
- математичне забезпечення.

Спочатку будуюмо ієрархічну структуру (рисунок 3.2), яка об'єднує мету вибору, критерії, альтернативи та інші чинники, які будуть впливати на рішення експертів.

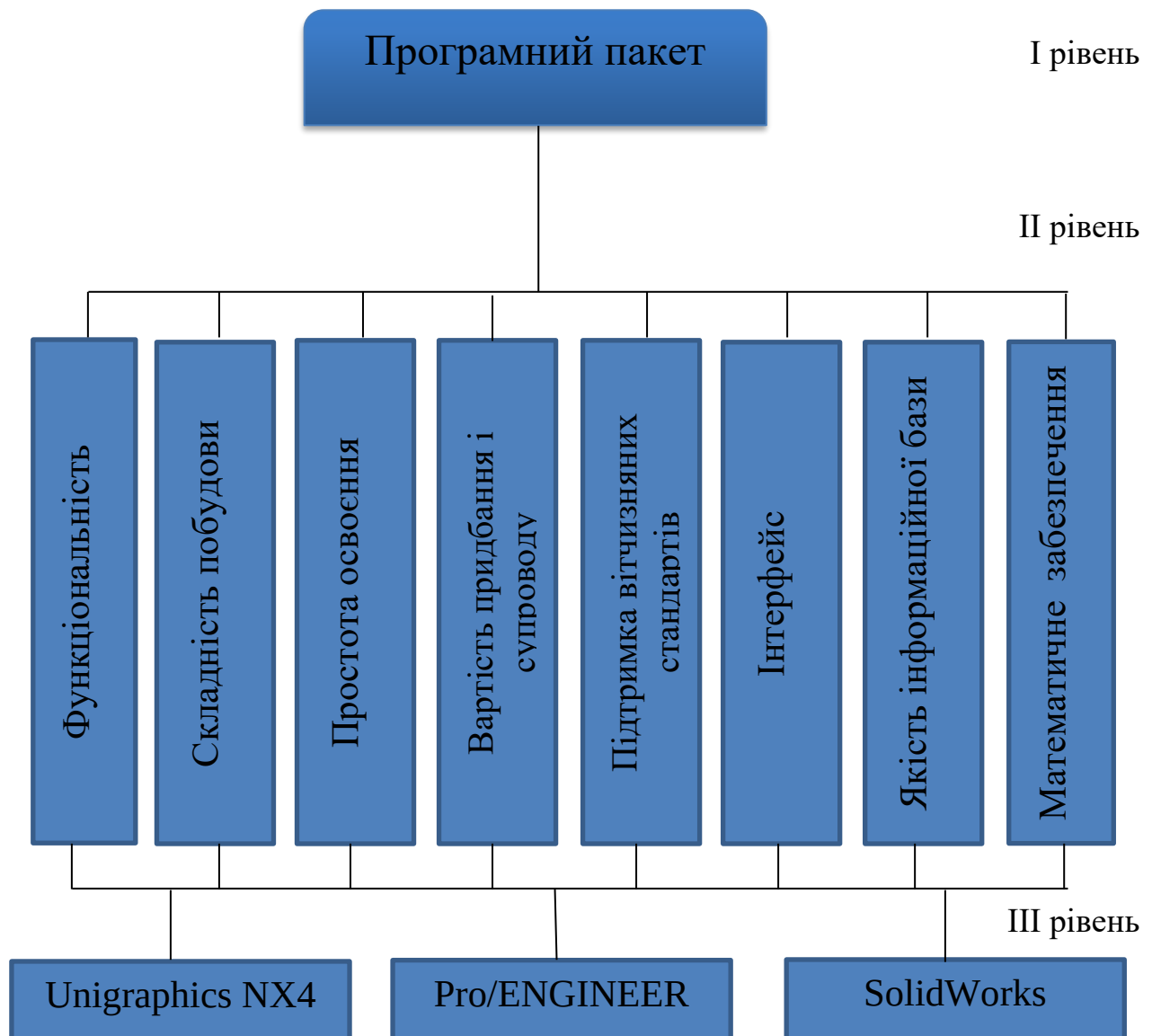


Рисунок 3.2 – Структура ієрархій

На другому етапі, після побудови структури ієрархії необхідно розставити пріоритети. Довільно складена матриця парних порівнянь не може бути використана для обчислення вектору пріоритетів  $W = (W_1, \dots, W_n)$ .

Перед цим необхідно переконатися в узгодженості порівняльних оцінок експерта, для чого обчислюється індекс узгодженості (ІУ) і відношення узгодженості (ВУ) по наступних формулах.

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

де ВУ - індекс випадкової узгодженості, який необхідно брати з наступної таблиці:

Таблиця 3.3 – Індекс випадкової узгодженості

| Порядок матриці, (n) |      | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ВУ                   | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Після проведення усіх парних порівнянь визначають узгодженість, тобто «несуперечливість» суджень (вербальної інформації).

Величина відношення узгодженості (ВУ) не повинна бути більша за 10% (в деяких випадках, коли немає потреби у високій точності, дозволяється не більше 20%). Якщо ВУ виходить за ці межі, то учасникам слід дослідити задачу і перевірити свої судження. Підхід до вимірів за допомогою МАІ допускає певний рівень неузгодженості. Група людей може прийняти рішення при допустимій неузгодженості для кожного члена групи. При цьому вони не будуть відчувати, що їх «пріоритети» були порушені значною мірою.

Якщо значення  $BU < 0.15$ , то узгодженість думок експерта вважається прийнятною, і побудовану матрицю парних порівнянь можна використовувати для розрахунку пріоритетів альтернатив.

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

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

Обчислюємо вектори пріоритетів (W) та заносимо їх до таблиці 3.3.

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

$$W_1 = \sqrt[8]{1 * 3 * 5 * 3 * \frac{1}{2} * 3 * 3 * 1} = 1,94$$

Аналогічним способом розраховуємо наступні вектори пріоритетів.

Для знаходження нормованого вектору скористаємося формулою:

$$\vartheta = \frac{W_1}{\sum W_i}$$

$$\vartheta_1 = \frac{1,94}{9,775} = 0,198$$

Аналогічно розраховуємо наступні нормалізовані вектори, після чого заносимо їх до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Локальні пріоритети альтернатив за критеріями

|          | Ф     | СП   | ПО | ВПіС          | ПВС           | І  | ЯІБ   | МЗ   | W     | $\vartheta$ |
|----------|-------|------|----|---------------|---------------|----|-------|------|-------|-------------|
| Ф        | 1     | 3    | 5  | 3             | $\frac{1}{2}$ | 3  | 3     | 1    | 1,94  | 0,198       |
| СП       | 1/3   | 1    | 3  | 1             | 5             | 3  | 7     | 1    | 1,79  | 0,183       |
| ПО       | 1/5   | 1/3  | 1  | 1/3           | 1/5           | 1  | 1/6   | 1/5  | 0,332 | 0,034       |
| ВПіС     | 1/3   | 1    | 3  | 1             | 7             | 2  | 5     | 2    | 1,85  | 0,189       |
| ПВС      | 2     | 1/5  | 5  | 1/7           | 1             | 5  | 4     | 1/5  | 1,02  | 0,104       |
| І        | 1/3   | 1/3  | 1  | $\frac{1}{2}$ | 1/5           | 1  | 1/5   | 1/3  | 0,406 | 0,041       |
| ЯІБ      | 1/3   | 1/7  | 6  | 1/5           | $\frac{1}{4}$ | 5  | 1     | 1/3  | 0,627 | 0,064       |
| МЗ       | 1     | 1    | 5  | $\frac{1}{2}$ | 5             | 3  | 3     | 1    | 1,81  | 0,185       |
| $\Sigma$ | 5,532 | 7,01 | 29 | 6,68          | 19,15         | 23 | 23,37 | 6,07 | 9,775 | 1           |

Елементи вектору  $W = (W_1, \dots, W_n)$  нормують так, щоб сума його елементів дорівнювала одиниці, тобто формують нормований вектор  $V = (V_1, \dots, V_n)$ .

Далі обчислюємо глобальні пріоритети.

Таблиця 3.4 – Глобальні пріоритети

|              | Ф     | СП    | ПО    | ВПіС  | ПВС   | I     | ЯІБ   | МЗ    | Глобальний пріоритет |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| Pro/ENGINEER | 0,577 | 0,614 | 0,112 | 0,081 | 0,105 | 0,281 | 0,23  | 0,637 | 0,345                |
| SolidWorks   | 0,342 | 0,268 | 0,192 | 0,188 | 0,258 | 0,135 | 0,112 | 0,258 | 0,246                |
| Unigraphics  | 0,081 | 0,117 | 0,696 | 0,731 | 0,637 | 0,584 | 0,648 | 0,105 | 0,351                |

Як видно з таблиці 3.4 найпривабливішою, з точки зору восьми критеріїв є Unigraphics, який отримав найвищу оцінку 0,351. За результатами розрахунків у якості CAD – системи для проектування 3D – моделі та креслення деталі пуансон ми пропонуємо скористатися програмою Unigraphics.

### 3.4 Основні етапи проектування 3D – моделі та креслення деталі

Для створення 3D – моделі та креслення деталі нами була обрана програма Unigraphics. Обґрунтування вибору саме цього програмного продукту детально розглянуто у пункті 3.2.

Для створення деталі необхідно запустити програму Unigraphics, натиснувши ЛКМ на ярлик , або ПУСК/ Всі програми/ Unigraphics NX. Після цього запускається середовище програми.

Створюємо новий документ «Puanson» (програма сприймає тільки латинські літери, та цифри, тому назву деталі можна вказати латинськими літерами або цифрами). Файл / Новий / Ім'я нової деталі. Програма Unigraphics NX має відмінності від вже відомих програм таких як SolidWorks, AutoCAD та інші. Далі потрібно зайти у вікно «Моделювання», для цього натискаємо ЛКМ «Початок» / Моделювання. Після цього з'являються потрібні інструменти для створення деталі. Якщо інструментів що з'явилися не достатньо, можна обрати необхідну роль. Для натискаємо на вкладку «Ролі», яка знаходиться на панелі з лівого боку та обираємо необхідну роль.

Створюємо перший ескіз деталі (основу деталі). Для цього натискаємо ЛКМ кнопку , потім необхідно обрати орієнтацію, де буде створений ескіз. За допомогою інструменту «Прямокутник» вказуємо ширину та висоту необхідного нам контуру, та клацаємо ЛКМ в потрібному місці (можна на початку координат). У нашому випадку ширина = 272 мм, а висота = 174 мм. Потім за допомогою операції «Скруглення» скруглимо потрібні кути прямокутника з вказаним радіусом. У нашому випадку  $R = 20$  мм. Розставляємо габаритні розміри, та вказуємо радіус округлення. Створений ескіз представлений на рисунку 3.4.

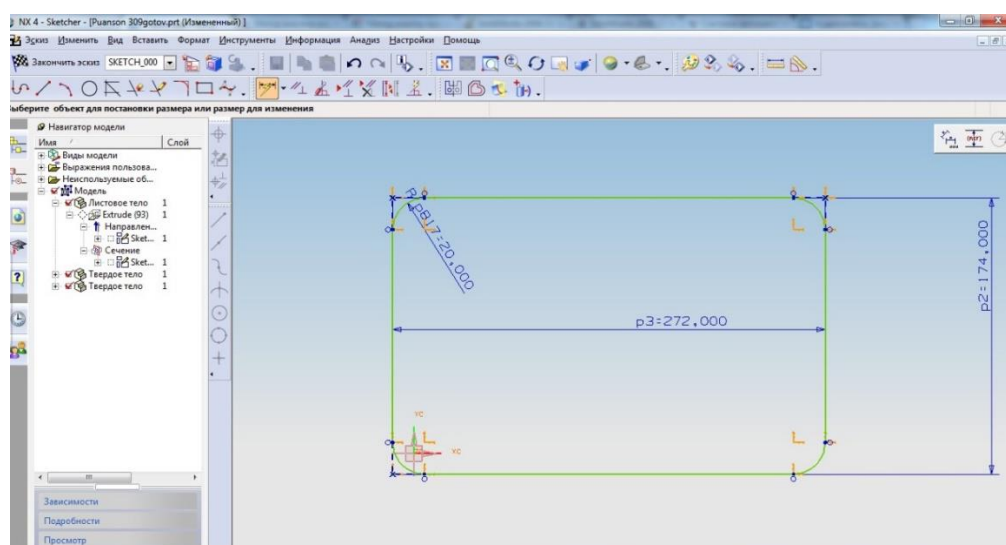


Рисунок 3.4 – Ескіз створення основи деталі

Закінчуємо ескіз натиснувши ЛКМ  Закончить эскиз SKETCH\_000 на панелі інструментів .

Створений ескіз за допомогою операції «Витягнути» необхідно видавити створений ескіз на відстань 8 мм (рисунок 3.5). Також якщо потрібно у модальному вікні можна вказати «Нахил», «Зміщення». Також можна змінити напрямок витягування.

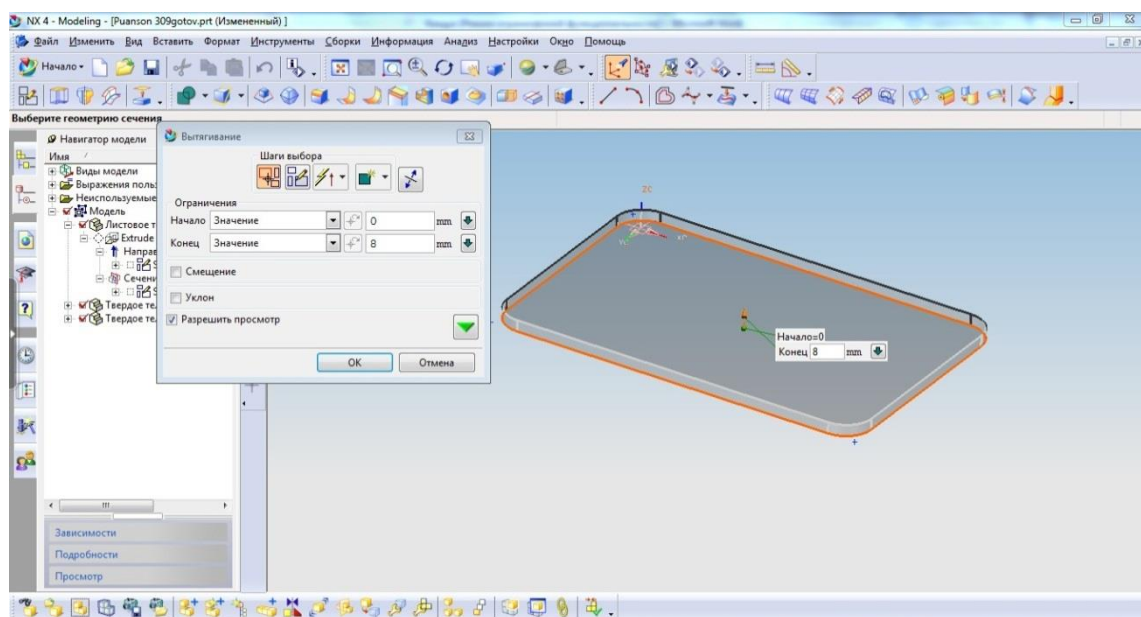


Рисунок 3.5 – Вікно операція «Витягнути»

Покрокова послідовність створення 3D – моделі деталі.

#### Етап 1

Створюємо «ескіз 1» за допомогою інструменту «Прямокутник»  висотою 174 мм, та шириною 272 мм. Робимо закруглення радіусом 20 мм. Закінчуємо ескіз та витягуємо його на відстань 8 мм. Створюємо «ескіз 2» за допомогою інструменту «Прямокутник» висотою 163,69 мм, та шириною 264,29 мм. Закруглюємо необхідні кути радіусом 20,23 мм. Закінчуємо ескіз та витягуємо ескіз на відстань 2 мм. Створюємо «ескіз 3» інструментом «Прямокутник» висотою 164,69 мм, шириною 265,29 мм. Закруглюємо кути радіусом 20,73 мм. Закінчуємо ескіз та операцією

«Витягнути» витягуємо ескіз вказуючи відстань 30 мм. Створюємо наступний «ескіз 4» шириною 265,29 мм, висотою 164,69 мм. Закругляємо кути радіусом 20,73 мм. Закінчуємо ескіз та витягуємо його на відстань 6,04 мм, також вказуємо уклін  $1^{\circ}$ . Створюємо «ескіз 5» інструментом «Прямокутник» висотою 146,84 мм, та шириною 247,44 мм, і закруглюємо кути радіусом 13,56 мм. Закінчуємо ескіз та витягуємо ескіз на відстань 52,31 мм, вказуємо уклін на  $2^{\circ}$ .

#### Етап 2.

Так як ми створювали плити різних розмірів, для коректної роботи операції «Вираховувати» необхідно усі створені плити об'єднати. Іншими словами кажучи зробити модель деталі однорідною. Для цього натискаємо на панелі інструментів ЛКМ та виділяємо всі необхідні плити. Натискаємо «ОК» тепер наша модель деталі стала однорідним тілом.

#### Етап 3.

На основі деталі створюємо ескіз та у центрі основи креслимо окружність діаметром 138 мм. Для цього ЛКМ на кнопку  вказуємо діаметр та закінчуємо ескіз. Виділяємо створений ескіз та вирізаємо його з основи деталі, за допомогою кнопки «Вираховувати», у вікні що з'явилося спочатку вказуємо що потрібно відняти?, а потім з чого? та вказуємо відстань на яку потрібно вирізати ескіз, у нашому випадку це 2,6 мм, вказуємо зворотній напрям та натискаємо кнопку «ОК». Аналогічним способом робимо наступну окружність, яка також знаходиться у центрі основи моделі деталі пуансон, але витягуємо її на відстань 2,6 мм, тільки с прямим напрямком.

#### Етап 4.

У центрі моделі деталі створюємо профіль, який складається з чотирьох окружностей. Перша окружність має діаметр 120 мм, друга 88, на відстань у низ та угору від осьової лінії відкладаємо 20 мм. Та вправо від вертикальної осьової лінії відкладаємо 48 мм, це і буду центр наших двох окружностей, які мають діаметр 16 мм. За допомогою інструменту «Коло»

креслимо ці дві окружності з діаметром 16 мм. Непотрібні частини окружностей потрібно видалити за допомогою операції «Швидке обрізання». Для цього потрібно на панелі інструментів натиснути ЛКМ кнопку  прибираємо не потрібні криві та закінчуємо ескіз. Після цього потрібно відняти отриманий профіль від основної деталі, на відстань 30 мм. Створюємо у центрі основи ще дві окружності з діаметрами перший 80 мм, та віднімаємо його від основної моделі вказавши відстань 2,6 мм, напрямком вказуємо зворотній, а другий 70 мм, який витягуємо на відстань 2,6 мм у прямому напрямку. На рисунку 3.6 представлені зазначені вище окружності.

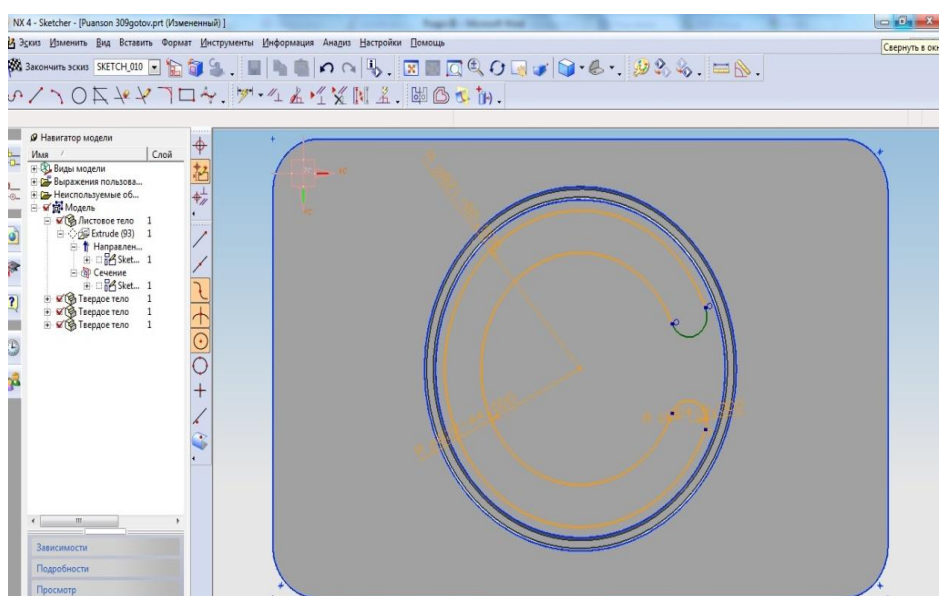


Рисунок 3.6 – Ескіз створення окружностей

#### Етап 5.

Створюємо ескіз за допомогою інструменту «Коло» діаметром 17 мм у центрі основи моделі деталі. Закінчуємо ескіз і за допомогою операції «Вирахувувати» віднімаємо створений ескіз на відстань 110 мм.

#### Етап 6.

На основі деталі створюємо ескіз та за допомогою інструменту «Коло» креслимо 14 окружностей діаметром 7 мм. Закінчуємо ескіз та віднімаємо на відстань 28 мм, напрямком зворотній. На тій же основі деталі

створюємо 4 окружності діаметром 20 мм. Закінчуємо ескіз та віднімаємо їх на відстань 8 мм, наприклад задаємо зворотній. Створюємо 4 окружності у тому ж місці де були попередні тільки меншого діаметру 13 мм. Закінчуємо ескіз і також віднімаємо на відстань 57,24 мм.

Аналогічним способом робимо наступні отвори (рисунок 3.7).

Так як отвори мають різну відстань віднімання, то і ескізи отворів потрібно робити окремо у новому ескізі. Для коректної роботи операції «Вираховувати».

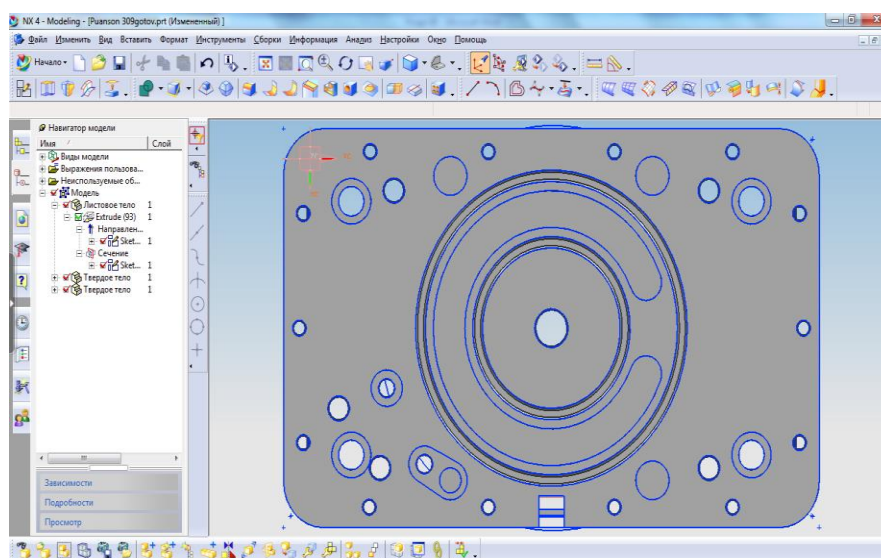


Рисунок 3.7 – Ескіз створення отворів

#### Етап 7.

На верхній стороні деталі в центрі, створюємо ескіз окружності з діаметром 176,85 мм. Закінчуємо ескіз та витягуємо створену окружність на відстань 29 мм, вказуємо уклін на 35°, та натискаємо кнопку «ОК». Після цього потрібно видалити частину окружності. Для цього створимо паралельно бічній частини деталі «Зміщена площина» і вже на ній створимо ескіз прямокутника довільних розмірів, для того, щоб потім його можна було витягнути та відняти від основної деталі (рисунок 3.8).

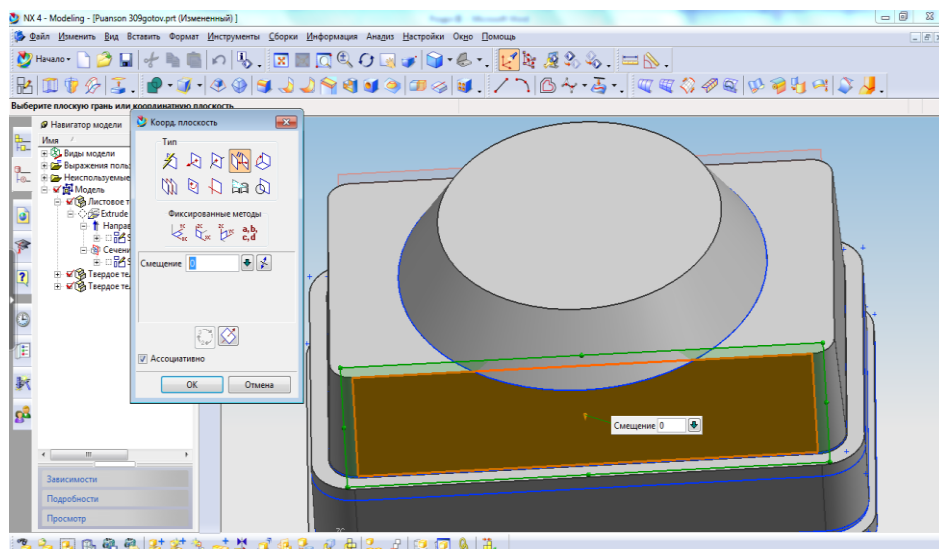


Рисунок 3.8 – Створення ескізу на «Зміщеній площині»

Таким же чином робимо і з іншого боку деталі.

Радіусом 10 мм скругляємо ребро створеного коло (рисунок 3.9).

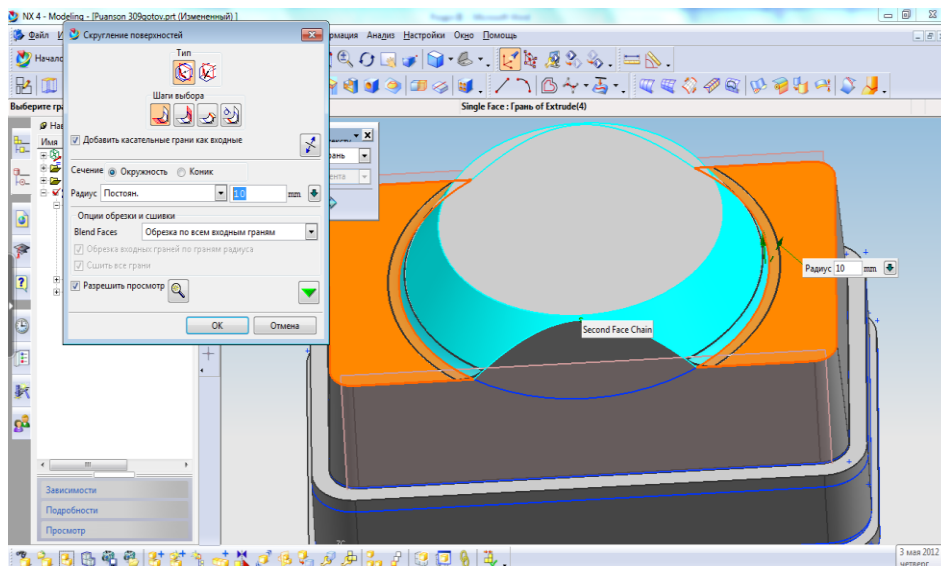


Рисунок 3.9 – Операція скруглення ребра окружності

### Етап 8.

На верхній частині деталі створюємо ескіз кола з діаметром 136,24 мм. Закінчуємо ескіз та витягуємо його на відстань 6 мм, напромак прямиий.

За допомогою кола та ліній потрібно накреслити профіль (рисунок 3.10).

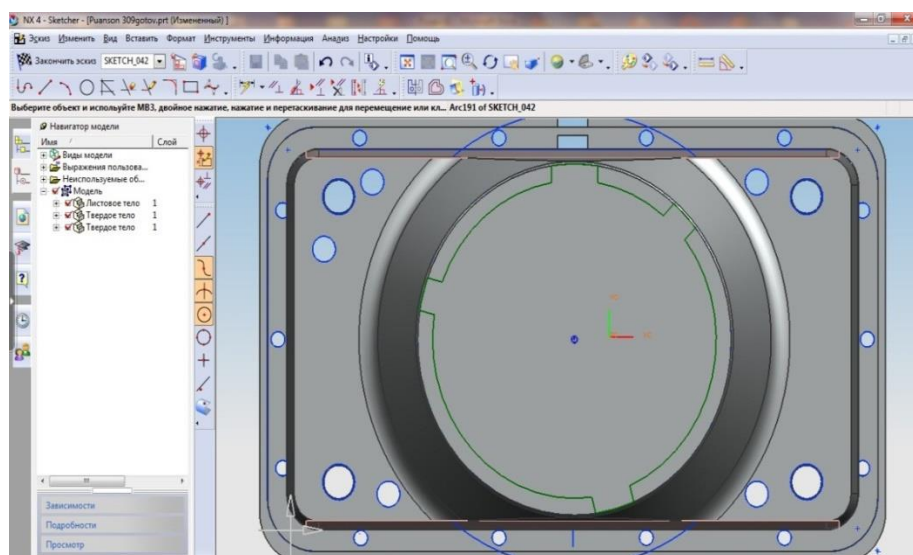


Рисунок 3.10 – Ескіз створення профілю

Створений профіль потрібно витягнути на відстань 2 мм.

### Етап 9.

Згідно ескізу, та вказаним відстаням створюємо за допомогою інструменту «Прямокутник» прямокутник із заданою висотою, та шириною. У нашому випадку ширина 49,29 мм, та висотою 28,74 мм. Закінчуємо ескіз та витягуємо його на відстань 18 мм. На вже створеному прямокутнику потрібно накреслити прямокутник висотою 13,58 мм, та шириною 26,65 мм. Закінчуємо ескіз. Витягуємо його на відстань 2 мм. Закругляємо кути радіусом 6,79 мм. На більшому із прямокутників робимо два отвори діаметром 7,85 мм. Та віднімаємо їх із основної деталі.

Готова 3D – модель деталі «Пуансон ФГ-309» у програмі Unigraphics представлена на рисунку 3.12

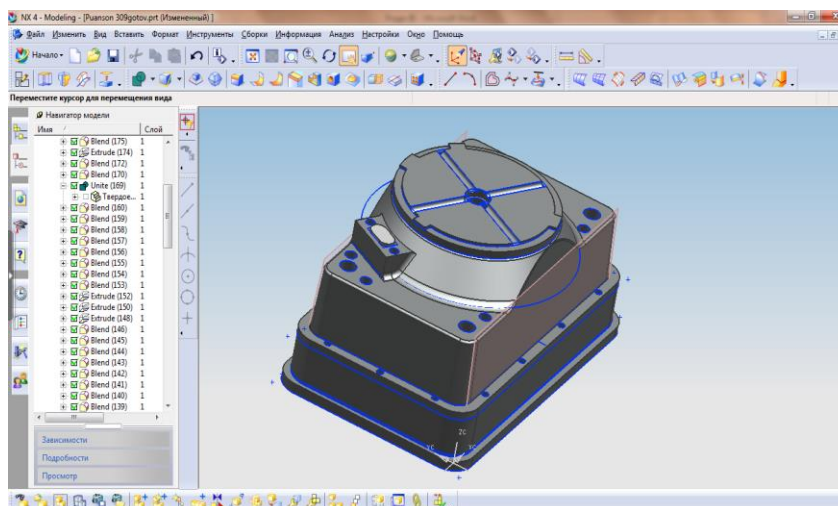


Рисунок 3.12 – Готова 3D – модель деталі «Пуансон ФГ-309» у програмі Unigraphics

Зберігаємо готову модель деталі «Пуансон ФГ-309».

Створення креслення деталі пуансон у програмі Unigraphics.

Програма Unigraphics дозволяє створювати креслення за допомогою вже готової 3D – моделі деталі. Тому створимо креслення у програмі Unigraphics.

Для цього потрібно ЛКМ натиснути кнопку «Початок» та обираємо пункт «Креслення» (рисунок 3.13).

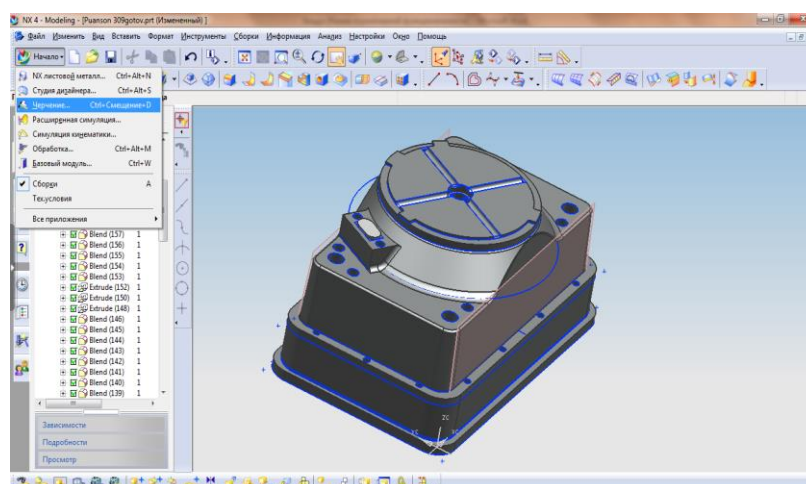


Рисунок 3.13 – Створення креслення з моделі

У вікні, що випало вказуємо розмір листа, а нашому випадку вказуємо лист формату A1, також можна вказати масштаб, у нашому випадку для того щоб зручно було бачити розміри, залишаємо масштаб 1:1. Вибираємо одиниці виміру, та натискаємо кнопку «ОК» (рисунок 3.14).

Вставляємо створену 3D – модель. Для цього на панелі обираємо Вставити / Вид / Базовий вид. Модель що з'явилася розміщуємо на листі згідно ДСТУ. Розставляємо необхідні розміри. За допомогою властивостей ліній робимо потрібну товщину.

Вставлений вид зверху 3D – моделі зображений на рисунку 3.14.

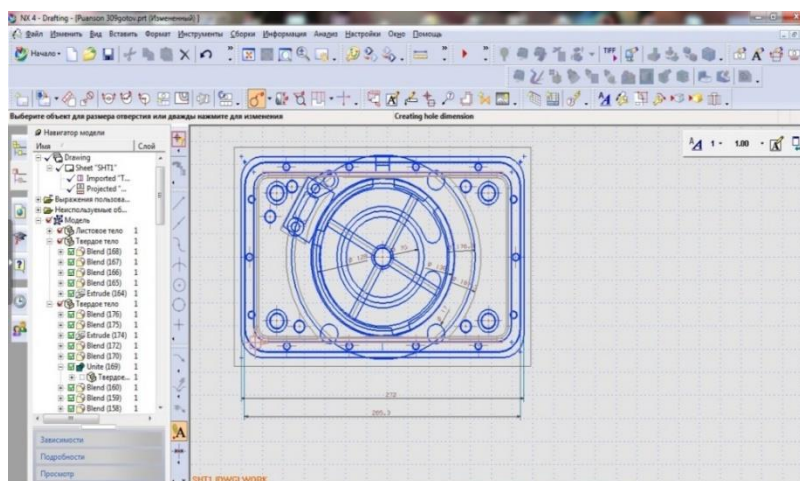


Рисунок 3.14 – Вид зверху вставлений з 3D – моделі

Далі потрібно вказати технічні вимоги, не вказану шорсткість та заповнюємо основний надпис. На креслені ми представили вид знизу, зверху та зробили розрізи. За допомогою інструментів, які знаходяться на панелі інструментів, можна зробити будь який розріз. На рисунку 3.15 представлено готове креслення у програмі Unigraphics.

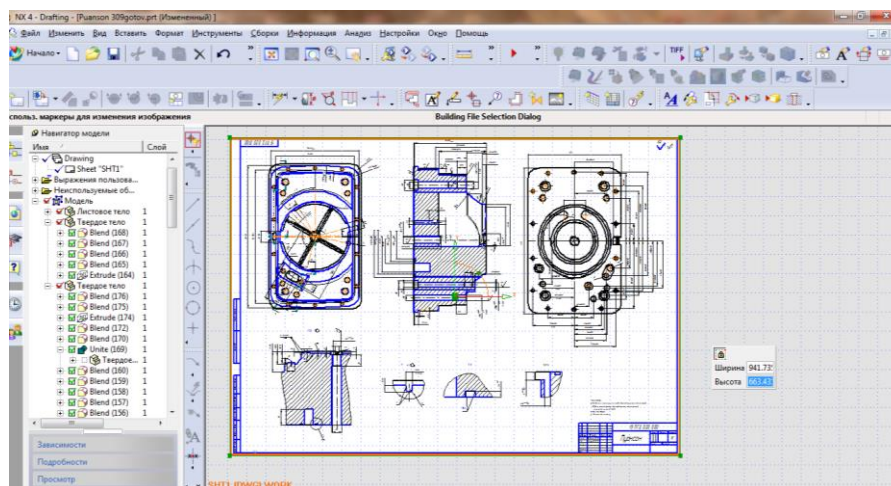


Рисунок 3.15 – Готове креслення деталі «Пуансон ФГ-309»

Зберігаємо готове креслення, ім'я пишемо латинськими літерами, або цифрами. Вказуємо шлях до потрібної папки.

Після того, як ми створили креслення у дереві побудови автоматично з'явилося вкладка «Drawing» зі створеним кресленням. Це дуже зручно у процесі роботи.

Детальна побудова 3D – моделі та креслення деталі представлена на диску, у вигляді відео уроку (диск додається).

### 3.5 Обґрунтування вибору автоматизованої системи інженерних розрахунків

Пакет Unigraphics являє собою універсальну середу автоматизованого проектування та виробництва для промислових підприємств різних галузей економіки. Підхід до розробки виробу в системі Unigraphics відображає ітераційний процес, що дозволяє конструювати та аналізувати повністю електронну модель до тих пір, поки вона не буде відповідати необхідним технічним вимогам. Цьому сприяє потужне ядро гібридного моделювання, завдяки чому конструктор має вибір між технологіями параметричного моделювання з використанням твердих тіл,

параметризованих типових елементів, поверхонь і дрітної геометрії. Можна поєднувати параметричні або варіаційні моделі з не параметризованими даними при будь-якому поданні виробу.

Пакет Unigraphics займає ринок CAD/CAM/CAE систем. Він дозволяє проводити:

- автоматизоване проектування (CAD);
- механообробка (CAM);
- інженерний аналіз (CAE);
- конструювання і обробка виробів з листового металу (Sheet Metal).

В системі Unigraphics реалізована можливість створення та аналіз складних механічних систем з великими відносними переміщеннями. Наявні засоби дозволяють здійснювати статичний, кінематичний і динамічний аналіз механічних систем. Імітація руху механізму дозволяє безпосередньо побачити рух його частин. Це важливо, але часто цього буває недостатньо. Unigraphics надає в розпорядження інженера інструмент постановки задач аналізу перетинів, мінімальних зазорів і трасування деталей, що рухаються. При подальшій імітації руху можна поставити різні умови: зупинити рух при зіткненні або зменшенні зазору між деталями, створити тіло в перетині зазначених ланок, дати повідомлення про порушення умови і продовжити рух.

В системі Unigraphics існує можливість оперативного проведення статичного розрахунку на міцність і температурного аналізу методом кінцевих елементів. Підтримується автоматична генерація плоских і тривимірних сіток кінцевих елементів різних типів на побудованій моделі. Накладення граничних умов полегшено завдяки тому, що користувач може вказувати силові фактори різних типів безпосередньо на геометричній, а не конечно елементній моделі. Розвинений постпроцесор надає можливість побудувати картину напружень, деформацій і температури різними способами. В системі Unigraphics передбачені спеціальні засоби, що

дозволяють побудувати сітку кінцевих елементів на основі існуючої геометрії. Підтримуються такі елементи, як оболонки (трикутники і чотирикутники) для листових виробів, тетраедри для твердих тіл, а також різні лінійні елементи, включаючи балки, гнучкі зв'язку, пружини. Результати аналізу напружено-деформівного стану виробу подаються в інтуїтивно зрозумілому кольоровому графічному вигляді, що полегшує їх інтерпретацію. Вони можуть бути показані у вигляді мультиплікації, а дані різних «сценаріїв» (випадків навантаження) можна порівнювати в одному і тому ж вікні результатів. Такий підхід, заснований на призначення та аналізі «сценаріїв», дозволяє ще на ранніх стадіях проекту маніпулювати різними варіантами виробу і знаходити оптимальне конструкторське рішення.

Для моделювання лиття пластмас створений спеціальний модуль, що має препроцесор, засоби аналізу як такого і постпроцесор. Задавши розрахункову модель, асоціативно пов'язану з геометрією деталі, можна проаналізувати процес лиття за часом заливки, за ймовірністю утворення пухирців повітря, ліній спаю потоків та ймовірності отримання повної виливки. При розрахунку використовується бібліотека типових матеріалів. Є засоби наочної емуляції процесу на зафарбованій або каркасній геометрії. Результати аналізу включають анімацію руху фронту виливки, час заповнення, розташування ліній стику, ступінь заповнення та зміна температур в процесі відливання.

Все це дозволяє оцінити придатність створеної моделі і при необхідності внести в неї зміни. Unigraphics підтримує інтерфейс з більш спеціалізованими системами аналізу NASTRAN і SOLIDWORKS Simulation. Для тривимірного динамічного аналізу процесів лиття система дозволяє передати побудовану модель ливарної форми в систему Moldflow (лиття з пластмас) або Magma (металеве лиття).

У підрозділі 3.1 представлена таблиця 3.1, яка містить порівняльну характеристику за однаковими критеріями для обраних систем таблиця. За критерієм «Проведення інженерних розрахунків» переважає Unigraphics. А

у підрозділі 3.2 за допомогою МАІ представлений розрахунок вибору CAD – систем. Так як Unigraphics представляє собою CAD/CAM/CAE системи, то для збереження цілісності даних у якості автоматизованої системи для інженерних розрахунків ми пропонуємо також обрати цей програмний продукт.

### 3.6 Розрахунки на міцність деталі «Пуансон ФГ-309»

Звертаючи увагу на те, що деталь являється прес-формою для виготовлення виробу, то потрібно провести аналіз силових та температурних розрахунків. [17]

#### 1) Випробування деталі на міцність.

Проведемо силові розрахунки. Для цього потрібно спочатку перейти у режим «Симуляція проектування». Натискаємо ЛКМ на Початок/ Всі додатки/ Симуляція проектування. Після цього з'являється вікно, де потрібно обрати модель для симуляції. Також можна обрати мову вирішувача. У нашому випадку буде «Проектування NX NASTRAN», потім обираємо тип аналізу, структурний або тепловий. У нашому випадку для аналізу силових розрахунків будемо застосовувати «Структурний» аналіз. Також можна додати опис деталі, але можна і не додавати. Діалогове вікно створення нової симуляції представлено на рисунку 3.16. Далі натискаємо кнопку «ОК». [17]

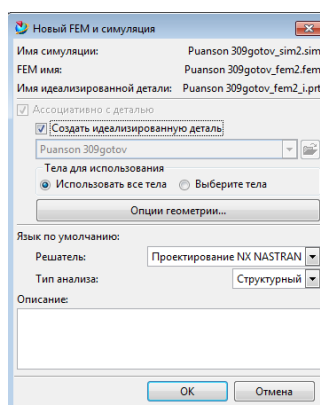


Рисунок 3.16 – Діалогове вікно створення нової симуляції

Наступним кроком потрібно створити рішення. Після того як ми створили нову симуляцію автоматично з'являється нове вікно, яке пропонує створити тип рішення. Все залишаємо без змін, ставимо галочку у графі «Ітераціональний вирішувач для NX Nastran 2.0 і вище».

Також можна задати своє ім'я рішення, або залишити без змін. Воно не буде ні нащо впливати.

Після обраних дій натискаємо кнопку «ОК».

Для початку симуляції потрібно обрати матеріал із якого буде створена деталь. Враховуючи те, що деталь пуансон буде виготовлятися зі сталі обираємо її із бібліотеки матеріалів. На панелі інструментів натискаємо ЛКМ на кнопку  та обираємо потрібний метал (рисунок 3.17).

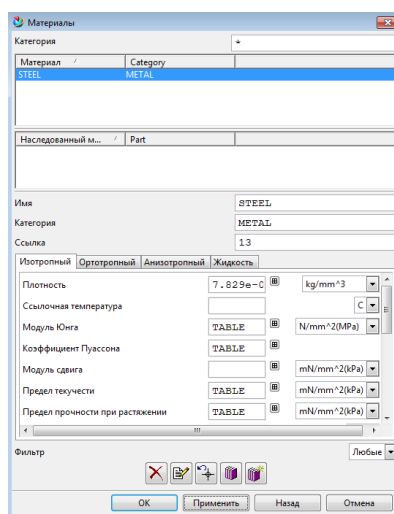


Рисунок 3.17 – Вибір матеріалу із бібліотеки програми

Одночасно можна подивитися властивості обраного матеріалу. Натискаємо кнопку «ОК». Обраний матеріал застосувався до нашої деталі. Тепер можна приступати до створення навантажень, ставити обмеження та накладати сітку. Для цього спочатку натискаємо ЛКМ на кнопку та  у вікні, що з'явилося вказуємо потрібну силу, у нашому випадку сила дорівнює 100000 N. [17] Також вказуємо «Тип поширення» для нашої деталі

«Геометричне поширення». Та вказуємо куди потрібно прикладати силу. Так як дана деталь являється прес-формою то подаємо силу на верхню частину деталі, яка саме і створює виріб (рисунок 3.18).

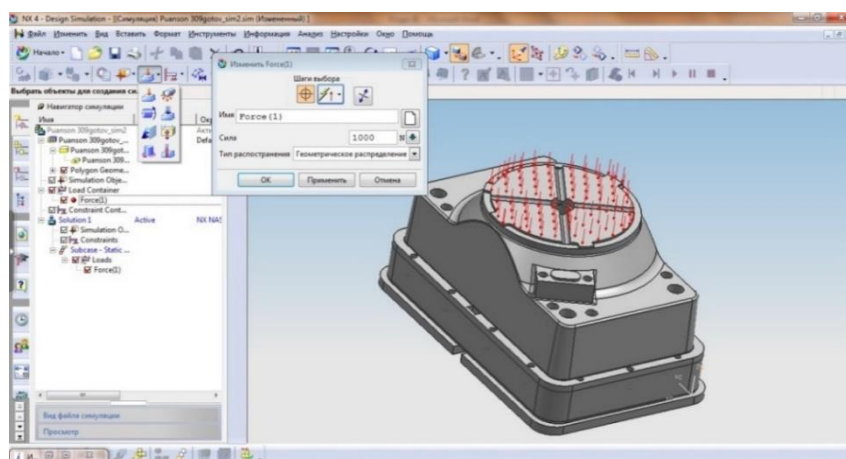


Рисунок 3.18 – Вікно створення нагрздки на деталь

Наступним кроком буде встановлення обмежень. ЛКМ натискаємо на кнопку , та обираємо яку частину прес-форми потрібно зафіксувати, натискаємо «ОК», встановлення обмежень закінчено (рисунок 3.19).

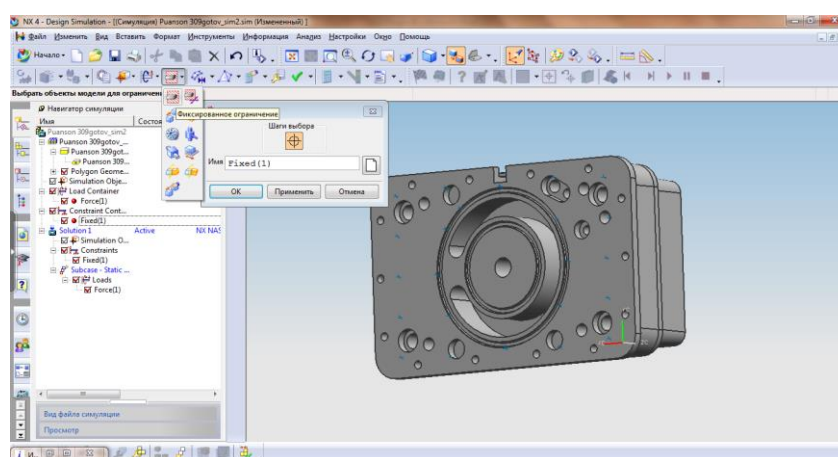


Рисунок 3.19 – Вікно створення обмежень для деталі

Завершальним етапом є створення «3D тетраедральної сітки».

Натискаємо ЛКМ на кнопці  у діалоговому вікні обираємо деталь та натискаємо на кнопку , яка автоматично розраховує припущений розмір елемента. Більше нічого не змінюючи натискаємо кнопку «ОК» (рисунок 3.20).

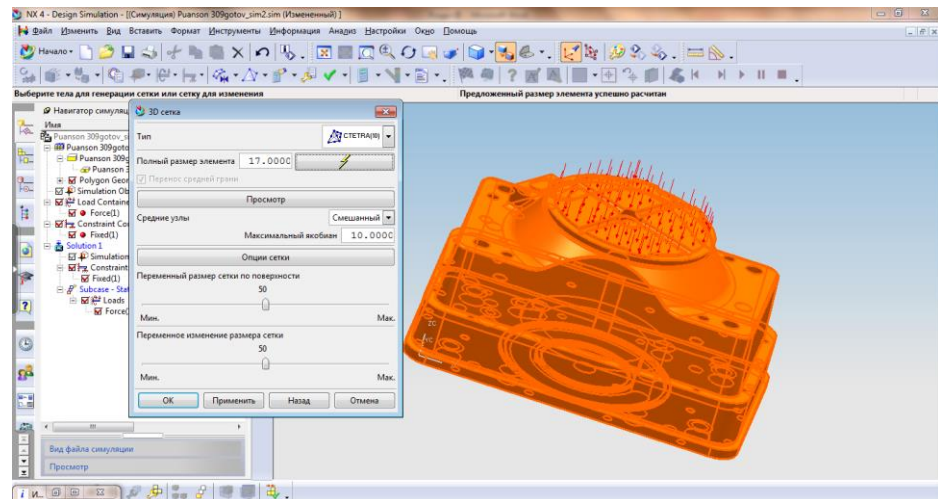


Рисунок 3.20 – Вікно створення «3D тетраедральної сітки»

Далі потрібно розрахувати, для цього натискаємо ЛКМ на кнопку



. У діалоговому вікні натискаємо кнопку «ОК» і програма проводить аналіз та вказує місця де більш за все буде деформуватися деталь. Готовий аналіз деталі пуансон на силові навантаження (напругою) представлений на рисунку 3.21.

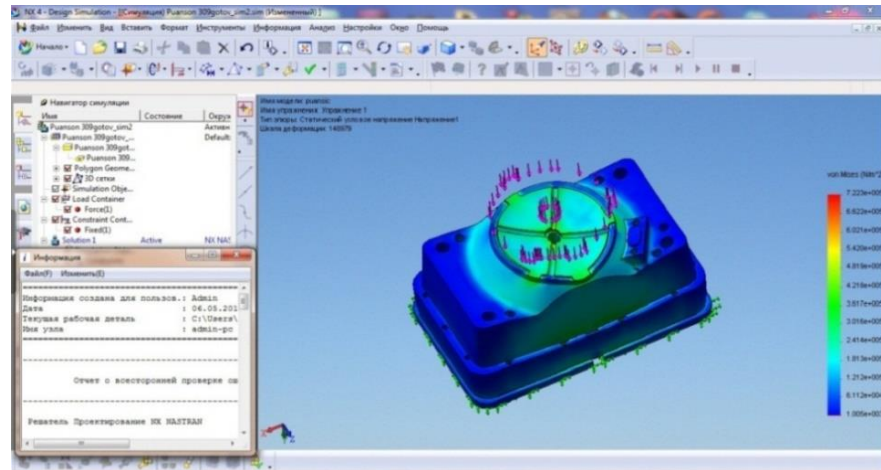


Рисунок 3.21 – Готовий аналіз деталі «Пуансон ФГ-309»  
навантаження напругою

На рисунку 3.22 зображений готовий аналіз деталі на силіві навантаження (деформація).

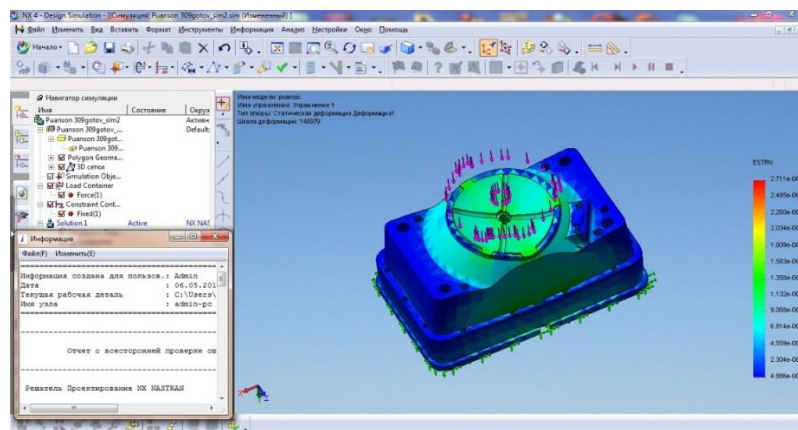


Рисунок 3.22 – Готовий аналіз деталі на силіві навантаження  
(деформація)

## 2) Випробування деталі на температурні навантаження.

Зважаючи на те, що деталь являється прес-формою для виготовлення певного виробу, вона буде взаємодіяти із пластмасою, тому доцільно буде провести аналіз температурних навантажень та перевірити деталь на температуростійкість. Властивості сталі 40X зазначені у ДСТУ 7806-2015.

Для аналізу температурних навантажень по-перше потрібно перейти у режим «Симуляція проектування».

Для цього натискаємо Початок / Всі додатки / Симуляція проектування. У вікні «Новий FEM і симуляція» обираємо вирішувач «Проектування NX NASTRAN» і тип аналізу обираємо тепловий. Натискаємо кнопку «ОК»

Після натискання кнопки «ОК» автоматично з'являється нове вікно, нічого не змінюючи натискаємо кнопку «ОК» (рисунок 3.23)

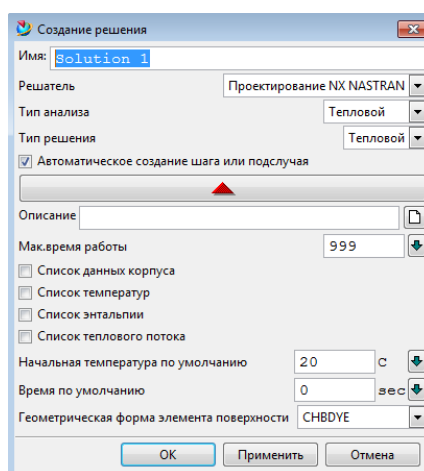


Рисунок 3.23 – Вікно створення вирішувача

Як і у попередньому випробуванні потрібно обрати матеріал для деталі (вікно вибору матеріалу представлений на рисунку 3.17. Також обираємо сталь, обираємо деталь, та натискаємо кнопку «ОК».

Наступним кроком випробовування деталі потрібно визначитися на яке місце будуть діяти температурні навантаження. У нашому випадку температура буде діяти на верхню частину деталі.

Натискаючи ЛКМ на кнопку  потрібно обрати температуру вказуємо температуру 350° C (рисунок 3.24).

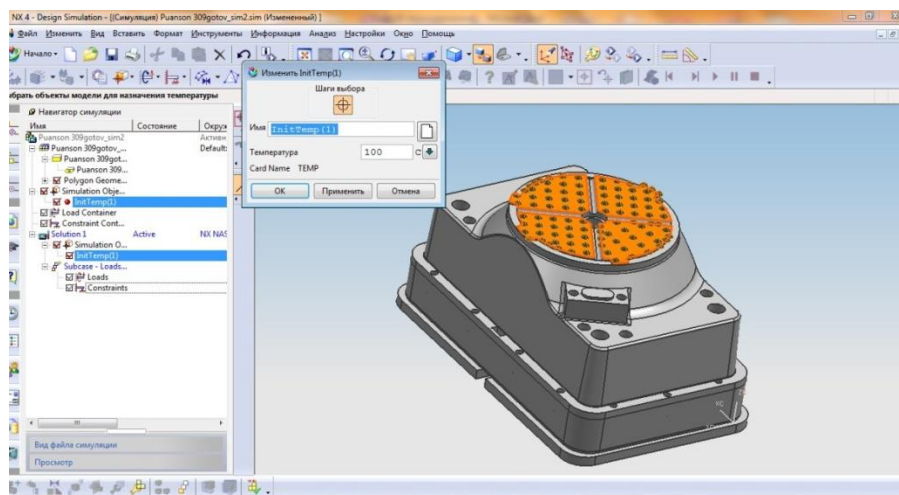


Рисунок 3.24 – Вікно вибору температурних навантажень

Наступним кроком потрібно обрати обмеження. Для цього натискаємо кнопку  «Теплові обмеження» і у вікні, що з'явилося потрібно вказати температуру вищу ніж 100° C (у нашому випадку 500° C). Обираємо потрібні обмеження на деталі та натискаємо кнопку «ОК». Далі натискаємо ЛКМ на кнопку  обираємо деталь та натискаємо кнопку , яка автоматично розраховує розмір елементів сітки. Натискаємо кнопку «ОК» та сітка автоматично натягується на деталь. Останнім кроком потрібно розрахувати створені температурні навантаження.

Готовий аналіз теплових навантажень представлений на рисунку 3.25.

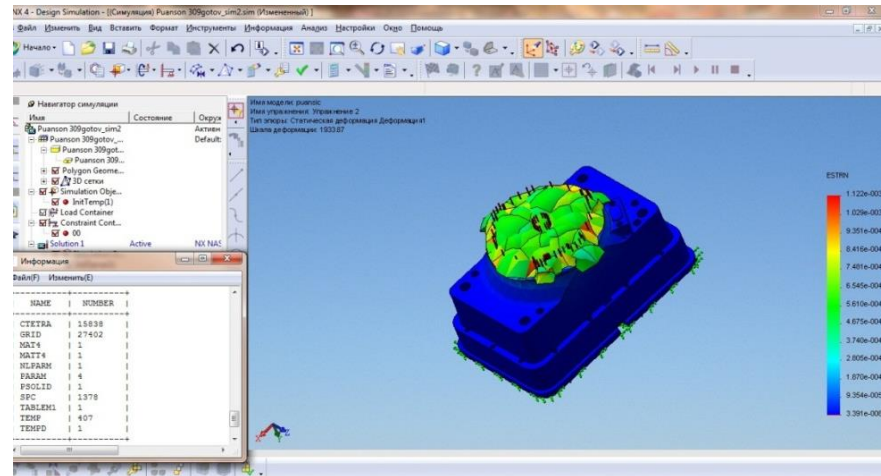


Рисунок 3.25 – Готовий аналіз температурних розрахунків деталі

Після проведених розрахунків потрібно зберегти отримані результати у вигляді звіту, а також зберегти створений проект.

### 3.7 Створення програми проектування деталі із застосуванням API – технологій

Більшість застосовуваних в промисловості тривимірних САПР можуть бути використані як основа для побудови спеціалізованої САПР, яка вирішує завдання розрахунку і проектування певного класу виробів. При цьому необхідно об'єднати розрахунковий модуль, який визначає розмірні та інші параметри об'єкту, що проектується з вже наявними в САПР тривимірним геометричним ядром (рисунок 3.26).

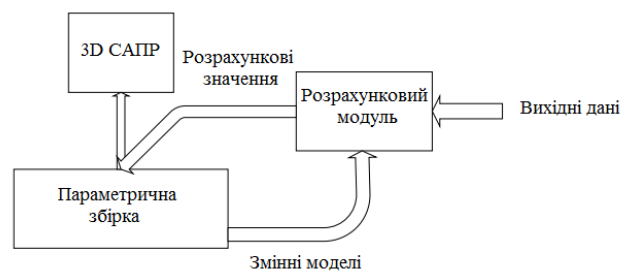


Рисунок 3.26 – Структура спеціалізованої САПР

Solidworks дозволяє створювати безліч конфігурацій і накладити їх на вже існуючу 3D – модель та кресленик без зайвих проблем. В конфігураціях Solidworks можна змінювати розміри, додавати або видаляти деталі та/або їх конструктивні елементи в одному файлі. Тобто описувана спеціалізована САПР повністю виконує завдання автоматизації конструкторської праці, виконуючи і розрахунок, і побудову моделі.

Створимо спеціалізовану САПР яка буде розраховувати параметри деталі пуансон і будувати його 3D – модель. У нашому випадку потрібно згідно креслення створити деталь у програмі Solidworks, для того, щоб можна було вказати параметри. Після того, як 3D – модель деталі буде створена можна приступати до параметризації.

Основні етапи створення параметризації моделі.

#### Етап 1

Відкриваємо створену деталь. Файл/ Відкрити/ PUANSON.sldprt. Після того, як деталь відкрилася у вікні дерева побудови натискаємо на кнопку "Конфігурація" . В цьому дереві побудови з'являється вже існуюча (за замовчуванням) конфігурація – незмінна 3D – модель.

#### Етап 2

У вікні «Конфігурації» натискаємо на праву кнопку миші, в модальному вікні натискаємо на кнопку «Додати нову конфігурацію». Назначаємо ім'я для нової конфігурації. Щоб не плутатися в створених нових конфігураціях бажано називати їх параметрами що змінюються. Наприклад «Отвори 10/20 × 5/10».

### Етап 3

Наступним кроком потрібно відкрити створені ескізи, та встановити основні розміри, які повинні будуть змінюватися, атоматично у вікні «Розмір» з'являється зазначений розмір. Виходимо з ескізу та подібним способом розставляємо розміри на потрібних ескізах та операціях. Щоб розмір зберігся в потрібній конфігурації потрібно в параметрах розміру вказати «Для цієї конфігурації» (рисунок 3.27)

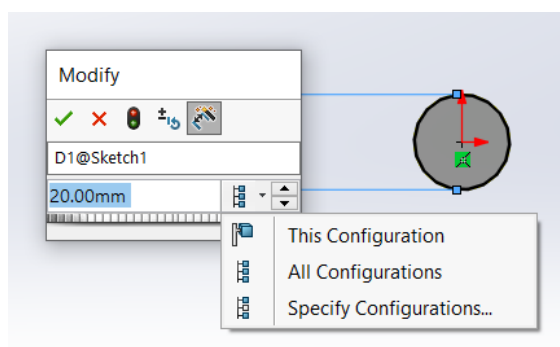


Рисунок 3.27 – Вікно вибору зміни параметрів в конфігурації

Якщо результат Вас задовольняє можна зберігати проект та переходити до наступного етапу. Встановлені конфігурації деталі Пуансон нас влаштовують тоді переходимо до наступного етапу .

### Етап 5

Кожну конфігурацію за потреби можна представити у вигляді кресленика моделі. Файл / Створити кресленик з моделі. Кресленик буде створюватися з параметрами тої конфігурації, яка була зазначена востаннє.

## Висновки до третього розділу

Таким чином можна зробити наступні висновки:

1) Конструкторська підготовка виробництва складається з п'яти етапів, та 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.

2) Під час роботи було обґрунтовано необхідність застосування саме даного програмного продукту.

3) У результаті роботи на етапі конструкторської підготовки виробництва у програмі Unifraphics, була створена 3D – модель деталі пуансон. На основі вже створеної деталі було розроблено креслення у цій же програмі.

4) В системі Unigraphics існує можливість оперативного проведення статичного розрахунку на міцність і температурного аналізу методом кінцевих елементів. Підтримується автоматична генерація плоских і тривимірних сіток кінцевих елементів різних типів на побудованій моделі. Розвинений постпроцесор надає можливість побудувати картину напружень, деформацій і температури різними способами. У результаті розрахунків на міцність деталь «Пуансон ФГ-309» була випробувана на температурні та силові навантаження. Із отриманих результатів можна зробити висновок, що обраний матеріал для виготовлення деталі має відмінні властивості, тому змінювати матеріал не потрібно.

5) За допомогою модуля API досить швидко можна змінювати параметри створеної деталі. Цей модуль дозволяє змінювати розміри, додавати або видаляти деталі та/або їх конструктивні елементи в одному файлі.

## РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

### 4.1 Етапи технологічної підготовки виробництва

Основні етапи технологічної підготовки виробництва (ТПВ):

- 1) Розробка технологічних процесів.
- 2) Проектування технологічного оснащення і нестандартного устаткування.
- 3) Виготовлення засобів технологічного оснащення (оснащення і нестандартне устаткування).
- 4) Перевірка і налагодження запроектованої технології і виготовленого технологічного оснащення.

На першому етапі здійснюються вибір раціональних способів виготовлення деталей і складальних одиниць, розробка нових технологічних процесів. Зміст робіт з проектування технологічних процесів складається з таких елементів:

- 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 (потоківих ліній);
- формування робочої документації на технологічні процеси відповідно до ЄСТП.

На другому етапі ТПВ проектується конструкції моделей, штампів, пристроїв, спеціального інструмента і нестандартного устаткування, а також розробляється технологічний процес виготовлення технологічного оснащення, що повинне бути досить універсальним, але в той же час прогресивним, досконалим і таким, що забезпечує високу якість виготовлених деталей.

На третьому етапі ТПВ виготовляється все оснащення і нестандартне устаткування. Це найбільш трудомістка частина технологічної підготовки. Тому, як правило, ці роботи проводять поступово, обмежуючись спочатку мінімальною кількістю оснащення першої необхідності, а потім підвищуючи ступінь оснащеності і механізації виробничого процесу до максимальних економічно виправданих меж. На цьому етапі здійснюють перепланування, якщо це необхідно, діючого устаткування, монтаж і випробовування нового і нестандартного устаткування й оснащення, поточкових ліній і ділянок обробки і складання виробів.

На четвертому етапі ТПВ вивіряється і налагоджується запроєктована технологія; остаточно відпрацьовуються деталі і вузли (блоки) на технологічність: вивіряється придатність і раціональність спроектованого оснащення і нестандартного устаткування, зручність розбирання і складання виробу; встановлюється правильна послідовність виконання цих робіт; проводиться хронометраж механообробних і складальних операцій і остаточно оформляється вся технологічна документація.

#### 4.2 Обґрунтування вибору САМ-системи для проектування технологічного процесу

SOLIDWORKS CAM — на базі CAMWorks — використовує технологію, засновану на правилах, яка дозволяє інтегрувати проектування

та виробництво в одній програмі, об'єднуючи команди проектування та виробництва за допомогою загального програмного засобу та 3D – моделі.

У системі SOLIDWORKS CAM реалізовані наступні методи проектування технологічного процесу:

- проектування на основі технологічного процесу – аналогу;
- проектування з використанням бібліотеки найчастіше повторюваних технологічних рішень;
- проектування з використанням бібліотеки запозичення технологічних рішень;
- з раніше розроблених технологій діалоговий режим проектування з використанням баз даних системи.

Система SOLIDWORKS CAM це:

- конструкторська і технологічна інформація - у вікні однієї програми;
- використання бібліотеки найчастіше повторюваних технологічних рішень;
- автоматизоване проектування технологічних процесів з використанням бібліотеки конструкторсько – технологічних елементів (КТЕ);
- швидкий пошук необхідної інформації, автоматичний підбір даних при проектуванні ТП.

Враховуючи ті задачі, які необхідно вирішити, програма «SOLIDWORKS CAM» відповідає усім потребам які були висунуті під час роботи.

#### 4.3 Основні етапи проектування технологічного процесу

Технологічне проектування представляє собою комплекс проектно-розрахункових робіт, в який входить проектування власне технологічного

процесу, пристроїв, різального, вимірювального і допоміжного інструменту, іноді нестандартного обладнання, різних стендів тощо.

Всі види проектно-розрахункових робіт можуть бути умовно поділені на декілька етапів. Зміст етапів проектування технологічного процесу значно відрізняється в залежності від того, буде він здійснюватися на існуючому обладнанні чи припускається все обладнання замовляти спеціально для виготовлення даної деталі.

Етапи розробки технологічного процесу виготовлення деталі:

I етап – підготовка і вивчення вихідних даних;

II етап – формулювання основних технологічних задач та прийняття попередніх технологічних рішень;

III етап – логічна оцінка варіантів технологічних процесів та вибір найбільш прийняттого;

IV етап – розмірний аналіз прийнятого варіанта технологічного процесу та його уточнення;

V етап – вибір обладнання, технологічного оснащення та виконання нормативно-розрахункових робіт;

VI етап – розробка технічних завдань на проектування спеціального обладнання, пристроїв, інструменту, розробка норм витрат матеріалу;

VII етап – визначення економічної ефективності технологічного процесу;

VIII етап – впровадження технологічного процесу у виробництво.

Розроблені технологічні процеси оформляються на відповідних технологічних документах.

#### 4.4 Проектування технологічного процесу для виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309»

Послідовність проектування технологічного процесу виготовлення деталі у програмі «SOLIDWORKS CAM».

### Етап 1

Для початку потрібно запустити програму «SOLIDWORKS». Під панеллю інструментів обираємо вкладку SOLIDWORKS CAM. Після запуску програми потрібно створити новий технологічний процес. Для цього натискаємо Файл / Створити / ТП на деталь. Натискаємо кнопку «ОК». Задаємо ім'я створеного технологічного процесу за допомогою меню редагування

### Етап 2

SOLIDWORKS CAM я містить свою інформаційну базу, за допомогою якої далі потрібно наповнити технологічний процес необхідними операціями та переходами. Для цього ПКМ на назву деталі та вибираємо «Добавить» та у модальному вікні обираємо потрібні для обробки даної деталі операції. Для того, щоб додати допоміжний перехід, та наповнити його операціями, приладами вибираємо «Додати» тільки «Допоміжний перехід». Також можна додати СОЖ, верстати, вимірювальний інструмент, допоміжний матеріал і т.п.

### Етап 3

Наступним етапом потрібно додати ріжучий інструмент. Для того, щоб додати новий ріжучий інструмент потрібно ПКМ на перехід та «Додати» / «Ріжучий інструмент» та у вікні, що з'явилося обираємо необхідні параметри інструменту (рисунок 4.2).

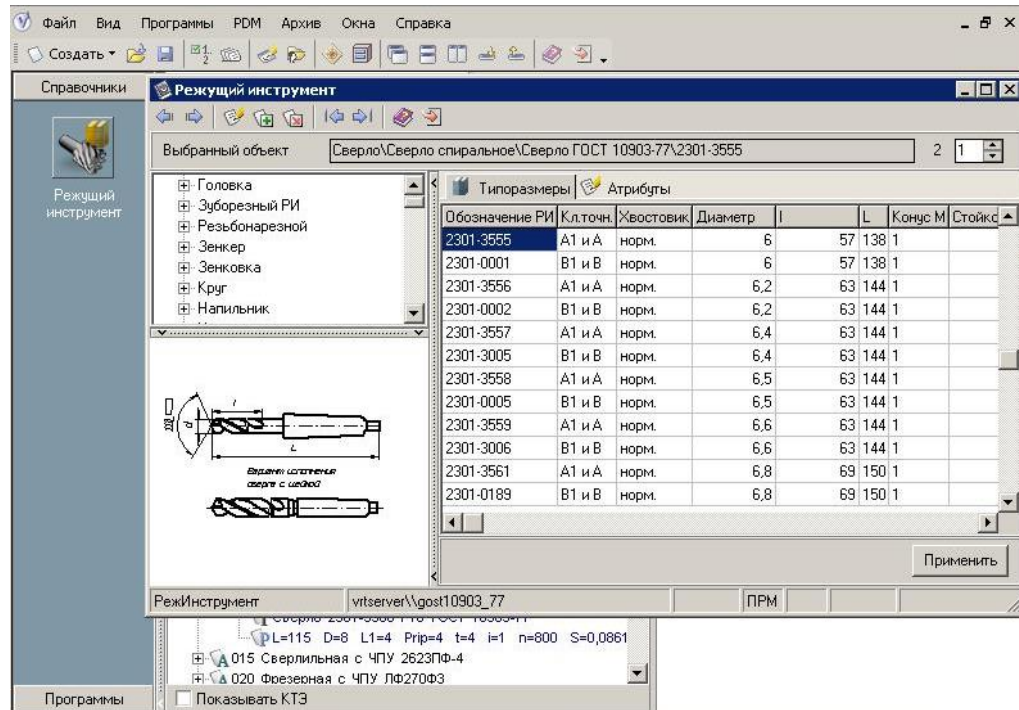


Рисунок 4.2 – Вікно вибору ріжучого інструменту.

#### Етап 4

На цьому етапі потрібно провести необхідні розрахунки режимів різання. Розрахунки проводяться за алгоритмом, який визначається значенням коду блоку розрахунку для поточного основного переходу. При цьому автоматично виконуються наступні операції:

- 1) Зчитуються параметри, введені користувачем в параметрах основного переходу і в головному діалоговому вікні додатку;
- 2) Завантажуються дані за матеріалом деталі, обладнанням, різального інструменту і виду матеріалу ріжучої частини інструменту;
- 3) Завантажуються дані за додатковими умовами, що впливає на розрахунок параметрів;
- 4) Визначається припуск, товщина шару, що зрізується і кількість проходів. Якщо в налаштуваннях програми заданий автоматичний розрахунок цих параметрів («Прапорці» в стовбці «Не розраховувати» не встановлені), то у вікні програми вони недоступні для редагування;

5) На підставі отриманих даних розраховуються режими різання відповідно до алгоритму, визначеними в налаштуваннях програми для вибраного блоку розрахунку. Алгоритми можуть містити операції, що коректують розрахункові значення режимів (в тому числі і за паспортними даними обладнання).

Розраховані значення відображаються в таблиці результатів головного вікна додатку.

В деяких випадках значення подачі і частоти обертання шпинделя можуть вибиратися технологом безпосередньо (минаючи розрахунок) з паспортних даних верстата.

Для того, щоб розрахувати режими різання спочатку потрібно додати «Код блок розрахунку». ПКМ на допоміжному переході, де буде проведений розрахунок, та натискаємо кнопку «Код блока розрахунку» та вибираємо тип обробки.

Як тільки буде додано код блоку розрахунку можна розраховувати режими різання, за допомогою меню допоміжного переходу «Додати», далі потрібно обрати «Розрахунок режимів різання», та необхідно вказати потрібні параметри, після цього натискаємо кнопку «Розрахувати» (рисунк 4.3).

Рисунок 4.3 – Вікно розрахунку режимів різання.

Для того, щоб отримати спроектований технологічний процес, потрібно сформулювати комплект необхідних карт. Для цього потрібно натиснути на кнопку «Програми» та обрати «Оформити карту». Обираємо необхідні карти згідно ДСТУ та можна роздрукувати їх на папір, для зручнішого використання. Готовий технологічний процес на виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309» у програмі «SOLIDWORKS CAM» представлений на рисунку 4.4.

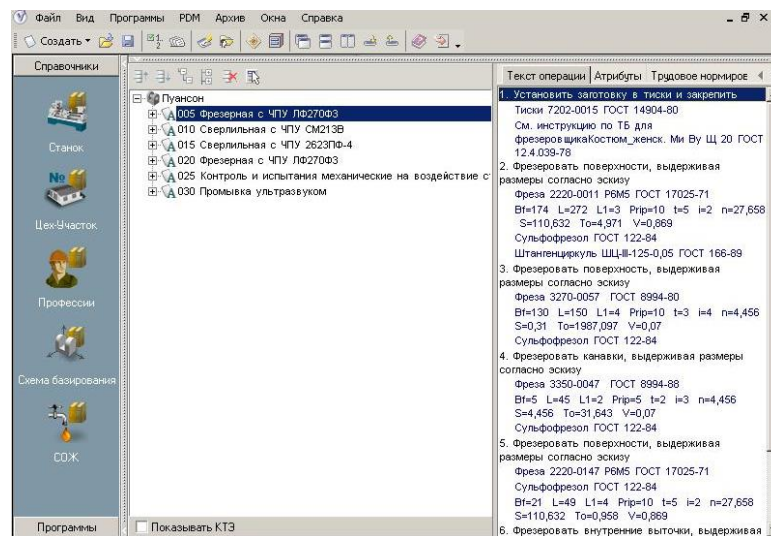


Рисунок 4.4 – Готовий технологічний процес у програмі «SOLIDWORKS CAM»

Сформовані карти представлені у додатку Б, та на диску, що додається.

#### 4.5. Обґрунтування вибору CAM-системи для проектування керуючих програм для станків з ЧПК

Для проектування керуючої програми для станка з ЧПК була обрана програма Unigraphics, яка повністю може розв'язати поставлені нами задачі. Враховуючи те, що 3D – модель деталі також була створена у цій програмі, тому створювати керуючу програму пропонуємо в цій програмі. Також

програма Unigraphics має певні переваги, перед іншими програмними продуктами.

CAM (Computer Aided Manufacturing) модулі системи Unigraphics є одними з кращих в світі. Генератор ЧПК програм виконаний на основі добре себе зарекомендованих процесів обробки. Він включає правила обробки, призначені для створення програм при мінімальній участі інженера. Розподіл даних між модулем проектування і рештою модулями Unigraphics (у тому числі і модулями CAM) будується на основі концепції майстер-моделі. Набір операцій, за допомогою яких був змодельований об'єкт, гарантує, що конструкція, яку вдалося спроектувати, може бути виготовлена. Асоціативний зв'язок між вихідною параметричною моделлю і сформованою траєкторією інструменту робить процес оновлення останньої швидким і легким.

Спеціальна функція дозволяє спостерігати за інструментом під час його руху по деталі, що обробляється. Доступні три різних режими перегляду: відтворення, динамічне видалення матеріалу і статичне видалення. Отриману траєкторію інструменту можна відредагувати в графічному або текстовому режимі, після чого переглянути зміни в обробній програмі на всій траєкторії або тільки на обраній ділянці, змінюючи швидкість і напрям руху. Є функції, що дозволяють виконувати подовження або обрізання траєкторії до певних меж (струбцина, затискні пристрої або виїмка на самій деталі).

На етапі чорнової обробки є можливість створити необхідну траєкторію на елементах самої складної форми. Якщо оброблювана геометрія була створена в інших системах і після передачі виявилось безліч розривів між поверхнями, інструмент системи дозволить або їх скорегувати, або обробити із заданою точністю. Таким чином процес чорнової обробки практично повністю автоматизований.

На етапі чистової обробки інженеру пропонується великий вибір засобів отримання траєкторій інструменту як для трьох - осевої обробки, так

і для п'яти - осевої, коли забезпечується повна свобода просторової орієнтації осі фрези.

Система має інтелектуальні функції вибору області обробки, забезпечує використання безлічі методів і шаблонів обробки, включаючи обробку по межах, радіальну, по концентричних колах, зигзагоподібному уздовж заданої траєкторії, спіральну і довільну обробку. Крім того, є методи контролю режимів різання при переміщенні інструменту вгору і вниз, а також по спіралі. Можна визначити і зберегти кордону необроблених областей. При п'яти координатній обробці передбачена можливість завдання осі інструменту з використанням параметрів поверхні, додаткової геометрії, а також геометрії, що задає траєкторію різання. Забезпечується висока якість обробки поверхні деталі.

#### 4.6 Розробка керуючої програми для верстату з числовим програмним забезпеченням

Для розробки керуючої програми у середовищі Unigraphics потрібно скористатися модулем «Обробка». Для цього натискаємо Початок/ Обробка. Автоматично завантажується нові інструменти на панелі інструментів. Після цього можна приступати до обробки деталі.

Послідовність обробки деталі у програмі Unigraphics.

##### Етап 1

Для обробки деталі потрібно обрати заготовку. У якості заготовки для обробки деталі «Пуансон ФГ-309», зважаючи на те, що деталь має прямокутну форму, тому пропонуємо обрати заготовку у вигляді прямокутника.

##### Етап 2

Після того, як заготовка обрана потрібно створити інструмент, для чорнової обробки згідно технологічного процесу обираємо потрібні інструменти. Для цього потрібно натиснути ЛКМ на кнопці  у вікні,

що з'явилося потрібно обрати тип необхідного інструменту. Обираємо перший тип, також можна задати ім'я інструменту. Натискаємо кнопку «ОК». У наступному вікні у вкладці «Інструмент» потрібно вказати діаметр, довжину та інші необхідні параметри. Переходимо на вкладку «Держатель» заповнюємо його необхідними даними зазначаємо діаметр, довжину та інші потрібні параметри. Заповнюємо ці данні згідно розробленого раніше технологічного процесу. Вікно із створенням інструменту зображено на рисунку 4.5. Аналогічним способом обираємо наступні інструменти для обробки деталі. Тільки обираємо необхідний інструмент.

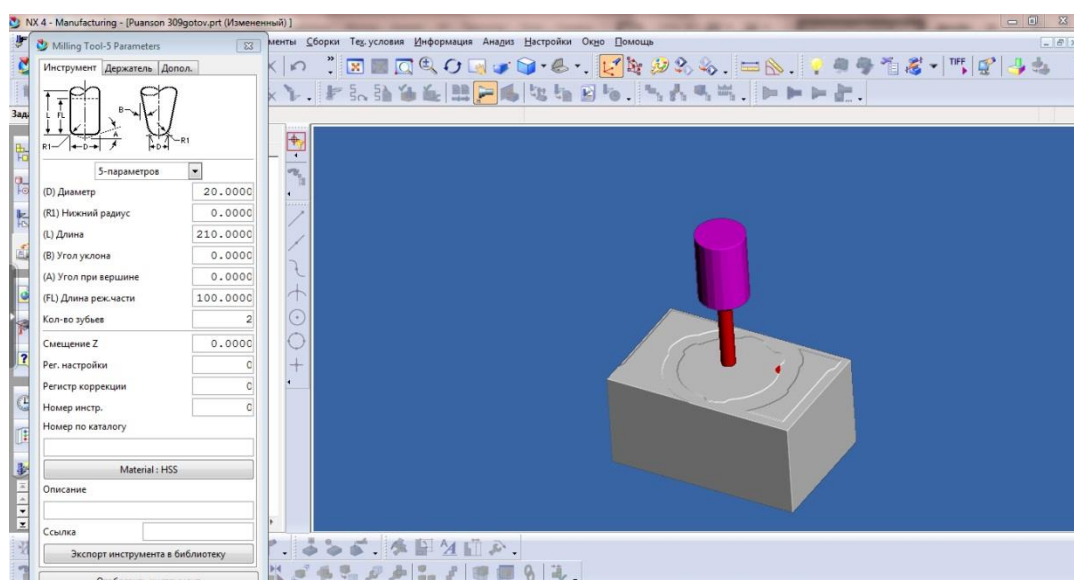


Рисунок 4.5 – Вікно вибору ріжучого інструменту

### Етап 3

На цьому етапі потрібно створити операції. Для цього натискаємо ЛКМ на кнопку  та у вікні, що з'явилося потрібно обрати тип операції, обираємо тип.

Натискаємо кнопку «ОК» і у новому вікні у вкладці «Головна» потрібно заповнити всі необхідні значення. Натиснувши на кнопку «Подача» потрібно вказати швидкість подачі. Після заповнення необхідних

параметрів натискаємо кнопку «ОК». Операція створена. Аналогічним способом потрібно створити операції для наступних траєкторій.

#### Етап 4

На цьому етапі потрібно створити траєкторію, яку потрібно обробити. Для цього потрібно натиснути ЛКМ на кнопку «Згенерувати траєкторію». Потім обираємо потрібну траєкторію, та виконуємо команду «Виконати». Вказуємо потрібну траєкторію, яка буде оброблятися. Після виконання вказаних дій потрібно виконати лістинг траєкторії. Для цього поряд із кнопкою «Генерувати траєкторію» натискаємо на кнопку «Лістинг траєкторії». Аналогічним способом потрібно створити наступні траєкторії, де потрібно буде обробити деталь.

#### Етап 5

Далі потрібно вказати метод обробки. Для цього натискаємо ЛКМ на кнопку та створюємо метод. Обираємо тип методу, також можна задати ім'я методу. Та натискаємо кнопку «ОК». У новому вікні потрібно вказати припуск на деталі. Тому у графі «Припуск на деталь» ставимо значення, та обираємо метод різання (рисунок 4.6).

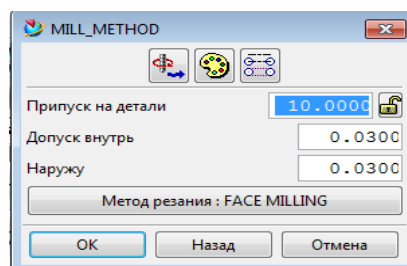


Рисунок 4.6 – Вікно створення методу обробки

Після внесення необхідних значень натискаємо кнопку «ОК».

Для перевірки створеного інструменту, траєкторії, меж обробки потрібно зробити візуалізацію обробки деталі. Обравши певну траєкторію натискаємо на кнопку «Програти». Результат чорнової обробки представлений на рисунку 4.7.

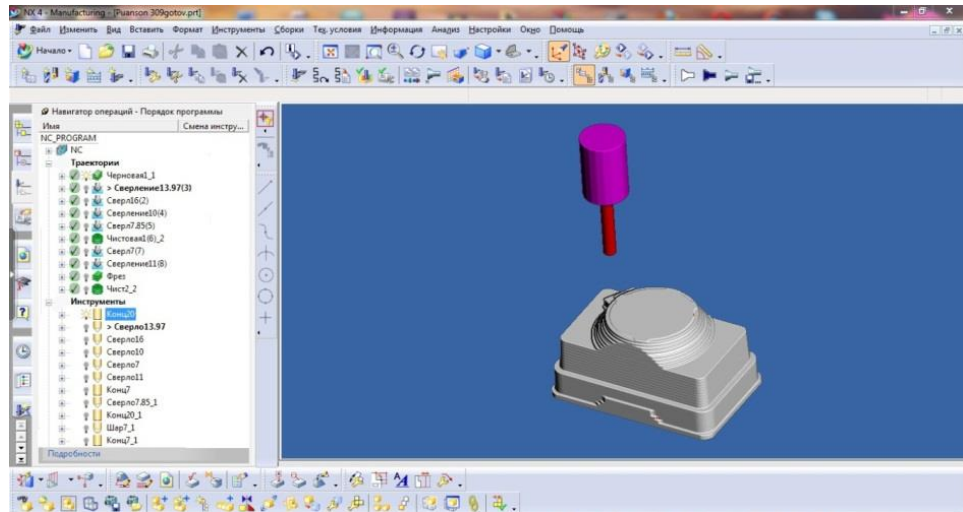


Рисунок 4.7 – Вікно результату чорнової обробки деталі

Зважаючи на те, що деталь обробляється з двох сторін, тому потрібно буде у процесі роботи перевернути деталь та обробляти другу сторону, створюючи необхідні інструменти та траєкторії.

#### Етап 6

Завершальним етапом розроблення керуючої програми є створення файлу програми (NC файлу), який представлений у вигляді машинних кодів для певного верстату.

Усього у результаті роботи було створено 10 траєкторій, 11 інструментів, 10 операцій. Розроблена керуюча програма представлена у додатку В.

### 4.7 Проектування та виготовлення технологічного оснащення

Для обробки деталі на станку з ЧПК у процесі роботи було проєктовано технологічне оснащення за допомогою програми Solidworks. Технологічне оснащення було створено для того, щоб скоротити час на перестановку та пере прив'язку деталі до станку з ЧПК. А також щоб обробляти деталь за одну установку.

Принцип роботи технологічного оснащення наступний:

– встановлюється деталь у технологічне оснащення (рисунк 4.9);

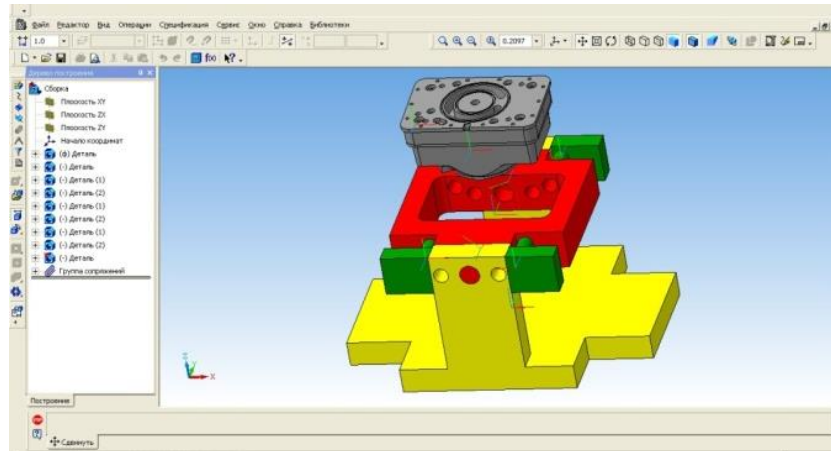


Рисунок 4.9 – Початок роботи

– встановлена деталь фіксується двома затискачами з обох сторін (рисунк 4.10);

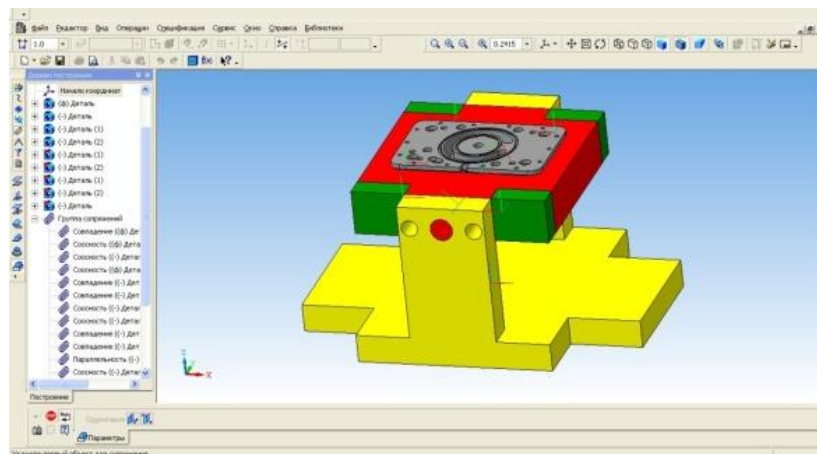


Рисунок 4.10 – Установка деталі у пристрій

– обробка нижньої сторони деталі;  
 – після обробки затискачі визволяють деталь;  
 – деталь перевертається, для обробки верхньої сторони (рисунк 4.11);

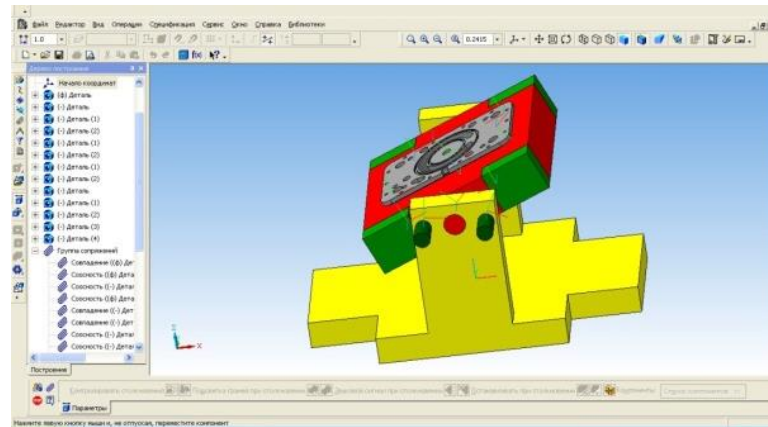


Рисунок 4.11 – Перевертання деталі

– обробка верхньої сторони деталі (рисунок 4.12);

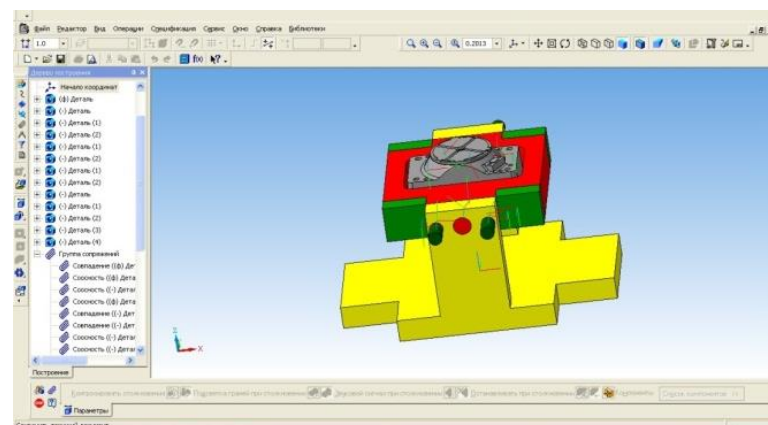


Рисунок 4.12 – Закріплення деталі для обробки верхньої сторони деталі

– закінчення роботи та визволення деталі із оснащення.

В ході роботи для більшої уявності роботи пристрою за допомоги програми Solidworks було створено комп'ютерне моделювання роботи пристрою.

Основні етапи створення комп'ютерного моделювання роботи пристрою у програмі Solidworks.

За допомоги інструментів у програмі Solidworks окремо створюємо складові технологічного оснащення. У нашому випадку окремо було створено 6 складових оснащення;

1. Зберігаємо кожен з складових;
2. Створюємо збірку та додаємо раніше створені компоненти;
3. Зберігаємо збірку з певним ім'ям;

Для створення комп'ютерного моделювання було застосовано спеціальний модуль програми Solidworks.

## Висновки до четвертого розділу

Сучасні CAD/CAM/CAE-системи не тільки дають можливість скоротити строк впровадження нових виробів, але й здійснюють істотний вплив на технологію виробництва, дозволяючи підвищити якість і надійність продукції, що випускається (підвищуючи тим самим її конкурентоздатність).

У результаті роботи було виконані наступні задачі:

- був обґрунтований вибір програми Unigraphics;
- за допомогою програми «SOLIDWORKS CAM» був розроблений технологічний процес на виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309». Сформовано комплект необхідних документів на виготовлення деталі.
- за допомогою модуля програми Unigraphics була розроблена управляюча програма для обробки деталі.
- для обробки деталі на станку з ЧПК окремо було спроектовано спеціальне технологічне оснащення для обробки деталі, яке дозволяє обробляти деталь з обох сторін за одну установку.

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Вирішення питань безпеки життєдіяльності при впровадженні нового технологічного процесу

Охорона праці – система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Науково-технічний прогрес зробив серйозні зміни в умови виробничої діяльності працівників розумової праці. Їх праця стала інтенсивнішою, напруженою, тою, яка вимагає значних витрат розумової, емоційної і фізичної енергії. Це зажадало комплексного рішення проблем ергономіки, гігієни і організації праці, регламентації режимів праці і відпочинку.

Охорона здоров'я працюючих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання і виробничий травматизм.

### 5.2 Організація робочого місця

Робоче місце – це частина простору, в якому інженер здійснює трудову діяльність, і проводить велику частину робочого часу. Робоче місце, добре пристосоване до трудової діяльності інженера, правильно і доцільно організоване, відносно простору, форми, розміру забезпечує йому

зручне положення при роботі і високу продуктивність праці при найменшій фізичній і психічній напрузі.

Головними елементами робочого місця програміста є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт в положенні сидячи організовується відповідно до ДСТУ 8604:2015.

При роботі в положенні сидячи рекомендується конструювати робоче місце з забезпеченням виконання трудових операцій у межах зони досяжності моторного поля у вертикальній і горизонтальній площинах (рисунок 5.1, 5.2).

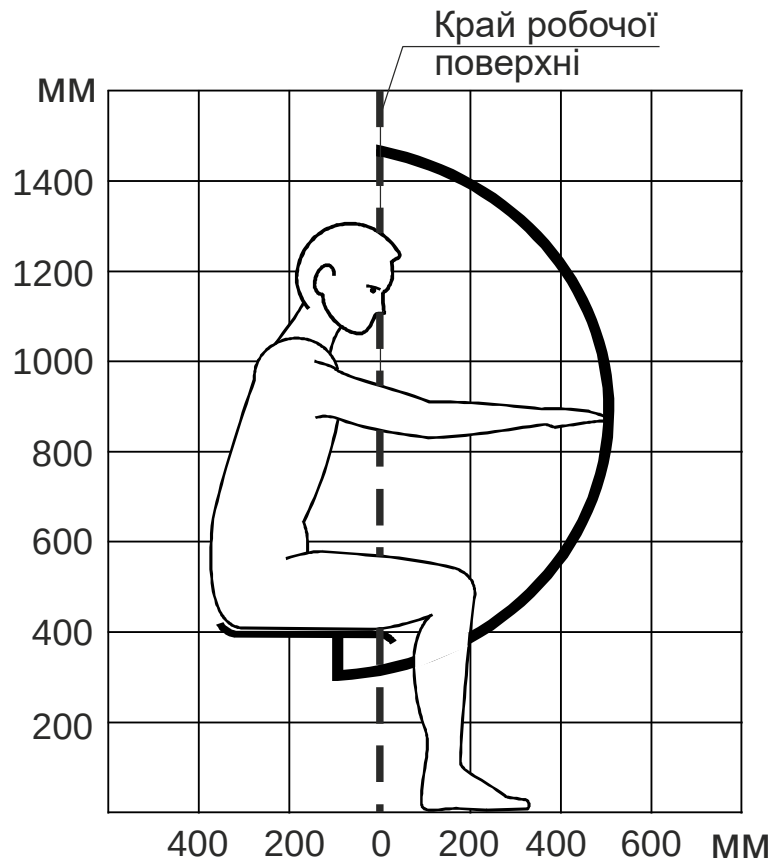


Рисунок 5.1 – Зона досяжності моторного поля у вертикальній площині

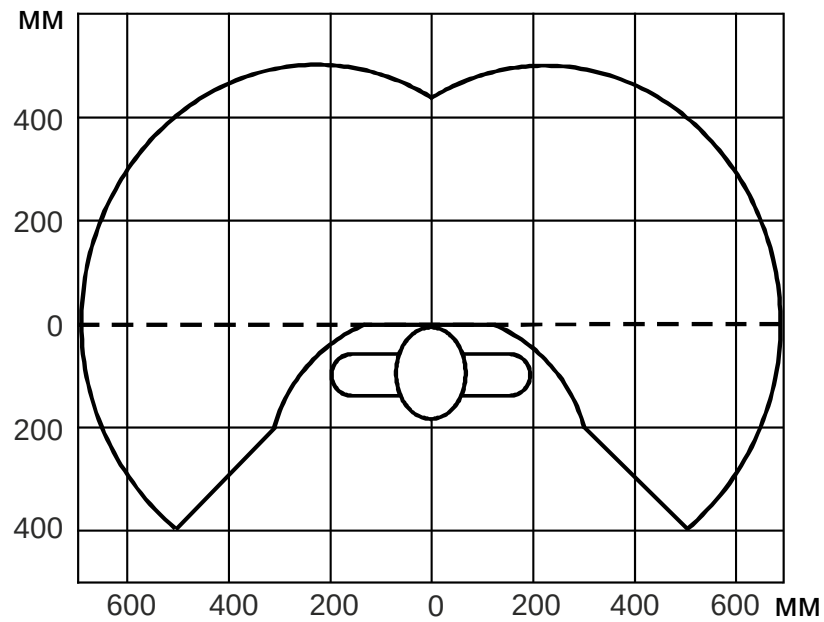


Рисунок 5.2 – Зона досяжності моторного поля у горизонтальній площині

При роботі в положенні сидючи рекомендуються наступні параметри робочого простору :

- ширина не менше 700 мм;
- глибина не менше 400 мм;
- висота робочої поверхні столу над підлогою 700-750 мм.

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм.

За цими параметрами був розроблений місткий та органічний стіл-конструктор інженера ( рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – Робоче місце інженера

Колір стін на робочому місці на підприємстві ТОВ «Руслан – Комплект» має нейтральний тон. При розробці оптимальних умов праці програміста необхідно враховувати освітленість, шум і мікроклімат.

### 5.3 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Шкідливі речовини – речовини, які при контакті з організмом людини внаслідок порушення технологічного процесу викликають професійні захворювання, виробничі травми або відхилення стану здоров'я. Шкідливі речовини у повітря робочої зони поступають у вигляді пару, газів та пилу. Вплив на організм людини залежить від хімічного складу, розміру (дисперсності), форми часток та їх кількості у одиниці об'єму. Найбільш небезпечний високодисперсний пил (розміром  $< 5$  мкм), а також гостро-

крайовий пил. Високодисперсний пил найбільш глибоко проникає та затримується у легенях.

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 – нормується гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони. ГДК у повітрі робочої зони – така кількість шкідливих речовин, яка при щоденній роботі протягом 8 г або іншої тривалості (40 годин у тиждень) протягом всього робочого стажу не може викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я та не надає вплив на здоров'я майбутніх поколінь.

На підприємстві ТОВ «Руслан – Комплект» також у повітрі містяться шкідливі речовини, такі як виробничий пил, які впливають на органи дихання працюючих.

#### 5.4 Освітлення

Для нормальної зорової роботи необхідно створювати такі умови, щоб не виникали професійні захворювання або виробничий травматизм. Освітлення має відповідати встановленим нормативам та характеру зорової виробничої діяльності:

- забезпечувати достатню рівнозміненість та постійність освітлення;
- відсутність умов переадаптації органів зору;
- не створювати сліпучої дії від джерела світла і предметів, що знаходяться в полі зору;
- не створювати на робочих поверхнях різких та глибоких тіней, бути рівномірним на площині, що освітлюється.

На підприємстві ТОВ «Руслан – Комплект» у кабінеті програміста – технолога велика кількість вікон, тому природнього освітлення вистачає. Що стосується штучного освітлення, то у кабінеті містяться великі лампи денного освітлення, які значно підвищують продуктивність праці.

## 5.5 Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук

### Шум

Виробничий шум – це сукупність звуків різної інтенсивності та частоти, які безладно змінюються в часі і викликають у працівників неприємні відчуття. Звукові хвилі визначають частоту коливань відображену у герцах. Людина сприймає діапазон коливань від 16-20000 Гц.

Види шуму:

- за походженням (ударний, механічний, гідро-, газодинамічний);
- за часом (постійний, непостійний).

Постійним шумом вважається, шум рівень, якого за 8 годин роботи змінюється на 5 дБ, непостійним шумом вважається, шум рівень, якого за 8 годин роботи змінюється більш ніж на 5 дБ.

На підприємстві ТОВ «Руслан-Комплект» у кабінеті програміста – технолога постійно присутній шум, від компонентів частин станків, які рухаються. Цей шум значною мірою впливає на продуктивність праці, та значно відволікає програміста – технолога від роботи.

### Вібрація

Вібрація машин може приводити до порушення функціонування техніки і викликати серйозні аварії. Встановлено, що вібрація є причиною 80% аварій у машинах, зокрема, вона приводить до нагромадження втомлюючих ефектів у металах, появі тріщин.

Для тіла людини в положенні сидячи резонанс настає при частоті 4...6 Гц, для голови 20...30 Гц, для очних яблук 60...90 Гц. При цих частотах інтенсивна вібрація може привести до травми хребта і кісткової тканини, порушення зору, та інше.

На підприємстві кабінет програміста – технолога знаходиться на другому поверсі, під ним знаходиться інструментальний цех, у якому стоїть велика кількість станків. Тому під час роботи обладнання у приміщенні також відбувається вібрація, яка значної мірою впливає на самопочуття

працівників. Тому доцільним буде створити шумоізоляцію у кабінеті програміста – технолога, щоб не відволікати його від роботи.

### Ультразвук

Ультразвуковий діапазон частот поділяють на низькочастотні коливання ( $1,12 \cdot 10^4$  —  $1,0 \cdot 10^5$  Гц), які поширюються через повітря і контактено, і високочастотні ( $1,0 \cdot 10^5$  —  $1,0 \cdot 10^9$  Гц), які поширюються тільки контактено.

На підприємстві є обладнання, які у своїй роботі використовують ультразвук, який також негативно впливає на роботу працівників.

### Інфразвук

Інфразвук — пружні хвилі, аналогічні звуковим, але з частотами нижче рівня сприйняття людського вуха (від 0,001 Гц до 16 Гц). Інфразвукові хвилі характеризуються можливістю долати великі відстані та оминати об'єкти з малим поглинанням. Найбільшу інтенсивність інфразвукових коливань створюють машини і механізми, що мають поверхні великих розмірів, що роблять низькочастотні механічні коливання (інфразвук механічного походження) чи турбулентні потоки газів і рідин (інфразвук аеродинамічного гідродинамічного походження).

## 5.6 Виробничі випромінювання

Електромагнітні випромінювання здійснюють шкідливий вплив на організм людини, що проявляється у функціональних порушеннях нервової, ендокринної і серцево-судинної систем, а при великих рівнях опромінення можливі і незворотні органічні зміни, наприклад катаракта очей.

За характером дії на організм людини весь спектр радіохвильового діапазону поділяється на піддіапазони: високих частот (ВЧ), ультрависоких (УВЧ), надвисоких (НВЧ) і дуже високих частот (ДВЧ) з довжиною хвиль відповідно 1...10 км, 1...100 м, 1...100 см та 1...10 мм. Для випромінювань піддіапазонів ВЧ та УВЧ нормуються електрична (В/м) і магнітна (А/м)

складові поля, а, у піддіапазонах НВЧ і ДВЧ – густина потоку енергії (Вт/м<sup>2</sup>).

## Висновки до п'ятого розділу

Як і на більшості підприємств на ТОВ «Руслан – Комплект» є певні небезпечні чинники. До основних шкідливих впливів можна віднести шум від частин машин, які рухаються. На підприємстві ТОВ «Руслан – Комплект» також у повітрі містяться шкідливі речовини, такі як виробничий пил, які впливають на органи дихання працюючих. На підприємстві кабінет програміста – технолога знаходиться на другому поверсі, під ним знаходиться інструментальний цех, у якому стоїть велика кількість станків. Тому під час роботи обладнання у приміщенні також відбувається вібрація, яка значної мірою впливає на самопочуття працівників. Тому доцільним буде створити шумоізоляцію у кабінеті програміста – технолога, щоб не відволікати його від роботи.

На підприємстві ТОВ «Руслан – Комплект» у кабінеті програміста – технолога велика кількість вікон, тому природнього освітлення вистачає. Що стосується штучного освітлення, то у кабінеті містяться великі лампи денного освітлення, які значно підвищують продуктивність праці.

## РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕНІ НОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок економічної ефективності

#### Розрахунок норми часу

Трудомісткість обробки за існуючою технологією надає підприємство.

Нормою часу називається час, необхідний для виконання заданої роботи (операції) при визначених організаційно-технічних умовах. Відомо, що норма часу при існуючому ТП становить 35,94 хв. Собівартість механічної обробки становить 62,50 грн.

Аналітично норма часу розраховується:

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

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

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

$T_{\text{дод}}$  – додатковий час.

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

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

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

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

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

$$T_{\text{доп}} = 8,2 + 5,12 = 13,32 \quad \text{хв.}$$

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

$$T_{\partial\partial\partial} = \frac{\alpha}{100} \cdot (T_o + T_{\partial\partial n}),_{\text{хв}} \quad (5.3)$$

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

$$T_{\partial\partial\partial} = \frac{7}{100} \cdot (15,46 + 13,32) = 2,01_{\text{хв}}$$

Розрахуємо норму часу по формулі 4.1:

$$T_{\text{шт}} = 15,46 + 13,32 + 2,01 = 30,79_{\text{хв.}}$$

Розрахуємо річну економію норми часу:

$$T_{\text{шт}}^e = (33,79 - 30,79) \times 12000 = 36000_{\text{хв}} = 600_{\text{год.}}$$

## 6.2 Техніко-економічні показники

Коефіцієнт використання матеріалу

$$\eta_m = \frac{\sigma_{\partial}}{\sigma_3}, \quad (5.4)$$

де:  $\sigma_{\partial}$  - маса деталі;

$\sigma_3$  - маса заготовки.

$$\eta_m = \frac{510}{1220} = 0,42$$

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

Коефіцієнт використання верстата за потужністю.

$$\eta = \frac{N_e}{N_{\partial\partial} \cdot \eta_{\text{вер}}}, \quad (5.5)$$

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

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

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

$$\eta = \frac{7,22}{11 \cdot 0,79} = 0,83$$

Коефіцієнт використання верстата за часом

$$\eta_{\text{ч}} = \sum \frac{T_o}{T_{\text{шт.}}}, \quad (5.6)$$

$$\eta_{\text{ч}} = \frac{15,46}{30,79} = 0,51$$

Собівартість механічної обробки деталі

$$C = S \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right), \quad (5.7)$$

де  $H$  – відсоток накладних витрат;

$H = 75 \%$ ;

$S$  - заробітна плата робітника.

$$S = S_i \cdot K \cdot \frac{T_{\text{шт.к.}}}{60}, \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де  $S_i$  - годинна тарифна ставка робітника 2 розряду;

$S_i = 8,10$  грн.

$K$  – тарифний коефіцієнт (вибирається по таблиці 5.1);

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

Робимо розрахунки за формулами 5.7 та 5.8:

$$S = 8,1 \cdot 1,1 \cdot \frac{30,76}{60} = 4,56 \text{ грн.}$$

$$C = 4,56 \cdot \left(1 + \frac{75}{100}\right) = 7,98 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1 - Діючі тарифні коефіцієнти для верстатників з погодинною оплатою

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

Розрахуємо річний економічний ефект:

$$E_{річ} = (C_1 - C_2) \times A_2, \quad (5.9)$$

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

$A_2$  – річна програма випуску продукції, складає 200 шт.

$$E_{річ} = (10,5 - 7,98) \times 200 = 504 \text{ грн.}$$

## Висновки до шостого розділу

У результаті розрахунків був проведений аналіз до модернізації, та після модернізації. У результаті підрахунків річна економія часу складає: 180 хвилин. Річна економія грошових засобів 756 грн. Собівартість деталі складає – 62,50 грн. Норма часу складає – 350 хвилин. Тому можна зробити висновок, що впровадження нового технологічного процесу на виготовлення деталі значно вигідніше.

## ВИСНОВКИ

У процесі передпроектного обстеження підприємства ТОВ «Руслан – Комплект» була розглянута його організаційна структура, сфера діяльності, технічна база підприємства та процес обміну інформації між технічними підрозділами.

Підприємство мало досить розвинену обчислювальну техніку та забезпечувало технічним устаткуванням всіх працівників, які її потребують, крім того на підприємстві ТОВ «Руслан – Комплект» була комп'ютерна мережа, яка дозволяє швидко обмінюватись інформацією між технічними підрозділами та контролювати процес виробництва на всіх його етапах.

Були зроблені наступні висновки, що на підприємстві діяла досить ефективна організаційна структура, а також виробництво було оснащено новітніми верстатами. Все це об'єднувало різні ланки одного виробничо-технологічного ланцюга, що в майбутньому може стати базою для відновлення виробництва.

Основним завданням САПР у технологічній підготовці підприємства є скорочення терміну конструкторської та технологічної підготовки підприємства.

Технічна підготовка виробництва складається з двох етапів: конструкторська підготовка та технологічна підготовка. Конструкторська підготовка виробництва складається з п'яти етапів та передбачає виконання сукупності робіт від розгляду заявки чи затвердження технічного завдання до перевірки дослідної партії (зразка) запроєктованих показників техніко-економічного рівня і якості з розробкою технічної документації для випуску. У результаті конструкторської підготовки виробництва було розроблено 3D – модель деталі та креслення за допомогою програми Unigraphics. Також був розроблений розрахунковий модуль із застосуванням технології API.

Модернізована деталь була досліджена на міцність за допомогою модулю симуляції програми Unigraphics. У результаті розрахунків на міцність деталь «Пуансон ФГ-309» була випробувана на температурні та силові навантаження. Із отриманих результатів можна зробити висновок, що обраний матеріал для виготовлення деталі має відмінні властивості, тому змінювати матеріал не потрібно.

На етапі технологічної підготовки виробництва був розроблений технологічний процес на виготовлення деталі «Пуансон ФГ-309» за допомогою програми «SOLIDWORKS CAM» яка повністю задовольнила поставлені цілі. Також були сформовані технологічні карти для зручнішого користування були роздруковані та представлені у додатку Б.

Під час роботи була розроблена управляюча програма для обробки деталі «Пуансон ФГ-309» на верстаті з ЧПК, за допомогою модулю обробки програми Unigraphics. Враховуючи те, що деталь пуансон обробляється з двох сторін, тому доцільним було розробити, та спроектувати спеціальне технологічне оснащення обробки деталі. Принцип роботи даного пристрою представлений на відео. За допомогою віртуальної інженерії було створено комп'ютерне моделювання роботи пристрою. Робота пристрою була розроблена у програмі Solidworks.

Підрахувавши економічну ефективність впровадження нового технологічного процесу можна зробити висновок, що новий технологічний процес значно знизить грошові витрати на виготовлення деталі, а також витрати на час підготовки виробництва.

Поставлена мета кваліфікаційної роботи була досягнута.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Освітлення промислових об'єктів: Навч. посібник / Укл. Говоров П.П., Пилипчук Р.В., Токань А.І. та ін.— Тернопіль: Джура, 2008. – 388 с.
2. Електропостачання промислових підприємств: посібник до курсового та дипломного проектування/ Шестеренко В.Є., Шестеренок О.В. – Київ, 2013. – 424 с.: іл., табл.
3. Павлище, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст]: підручник / В. Т. Павлище. К. : Вища школа, 1993. - 556 с.
4. Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності/ Я.І. Бедрій // К.: Кондор, 2004.
5. Козлов А.П., Кринецький М.І. Основи систем автоматизованого проектування: конспект лекцій
6. Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель: Навч.посіб. – К.: Кондор, 2009. – 210 с.
7. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с.
8. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - Київ, 2000.
9. ДНАОП 003-3.06-80 Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень №2152-80 - К., 2009.
10. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Київ, 2000.
11. Краснов М.А., Чигишев Ю.Д. Unigraphics для професіоналів: Львів.: Поліграф LTD, 2004-320с.
12. Ніколайчук В.М., Стрілець В.М. – Теорія механізмів і машин та деталі машин. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2012. – 277 с.
13. Чумак М.Г. – Матеріали та технології машинобудування: Підручник. – К.: Либідь, 2000. – 368 с.

14. Вісловух А.М. Охорона праці користувачів персональних комп'ютерів (ПК): Навчальний посібник. – К.: ІПК ДСЗУ, 2007. – 55с.
15. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСан Пін 3.3.2.007-98). – К., 1998.
16. Валієва К.М. Концептуальна модель використання підсистеми проектування технологічного оснащення. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 76-77
17. Валієва К.М. Розрахунок на міцність корпусної деталі за допомогою програмного модулю «Проектування NXNASTRAN». Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 106-107
18. Валієва К.М. Обґрунтування вибору автоматизованої системи проектування конструкторської документації для виготовлення корпусної деталі на машинобудівному підприємстві. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 87-88
19. Валієва К.М., Дуков В.О., Мацулевич О.Є., Щербина В.М. Проектування прес-форми для виготовлення повітряного гвинта авіамоделі /Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. (Мелітополь, 07-25 грудня 2020

р.) / ред. кол.: В.М. Кюрчев, В.Т. Надикто, І.П. Назаренко, О.В. Строкань та ін. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С.24-28.

20. NX CAD software for mechanical design <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/cad-online/mcad-software/>

21. NX Design Blog <https://blogs.sw.siemens.com/nx-design/>

22. NX-12-for-Engineering-Design  
<https://me5763.github.io/lab/assets/books/NX-12-for-Engineering-Design.pdf>

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

Програмний код модуля розрахунку у програмі Delphi.

```
unit uMain;
```

```
interface
```

```
uses
```

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

```
const
```

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

```
type
```

```
TVal = class(TForm)
```

```
OpenDialog1: TOpenDialog;
```

```
StringGrid1: TStringGrid;
```

```
BitBtn1: TBitBtn;
```

```
img1: TImage;
```

```
LError: TLabel;
```

```
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
```

```
procedure FormShow(Sender: TObject);
```

```
procedure FormCreate(Sender: TObject);
```

```
procedure StringGrid1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;  
const Value: String);
```

```
procedure StringGrid1DrawCell(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;  
Rect: TRect; State: TGridDrawState);
```

```
procedure StringGrid1Click(Sender: TObject);
```

```

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

```

```

TPartVar=RECORD

```

```

  VarName:STRING; // имя переменной
  VarValue:REAL; // значение переменной
  VarNote:STRING; // комментарий к переменной

```

```

END;

```

```

TPartVars=ARRAY OF TPartVar;

```

```

var

```

```

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

```

```

implementation

```

```

{$R *.dfm}

```

```

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

```

```

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

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

function StartKompas(filename:string):boolean;
const ka='Kompas.Application.5';

```

```

begin
// подключение к КОМПАС 3D
Result:=true;
try
    Kompas:=KompasObject(GetActiveOleObject(ka)); // если уже запущен
except
    try
        Kompas:=KompasObject(CreateOleObject(ka)); // если не запущен
    except
        result:=false;
        exit;
    end;
end;

// получение ссылки на окно КОМПАС
KompasHandle := Kompas.KsGetHWindow;
// делаем окно КОМПАСа видимым
Kompas.Visible:=true;
// получение ссылки на текущий документ КОМПАСа
Doc := ksDocument3D(Kompas.ActiveDocument3D);
// если такой документ есть...
if Assigned(Doc) then
    // то закрываем его
    Doc.close;
    // создаем новый документ...
    Doc := ksDocument3D(Kompas.Document3D);
    // и загружаем в него сборку с именем filename
    Doc.Open(Trim(filename), False);
    // активируем API
    Kompas.ActivateControllerAPI();
end;

```

```

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

PROCEDURE ChangeVar(partname, varname: STRING; value_:REAL);
VAR vr:ksVariableCollection;
parts:ksPartCollection;
part:ksPart;
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 TVal.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var i: integer;
    part: string;
begin
    for i := 0 to StringGrid1.RowCount-1 do
        begin
            if (StringGrid1.Cells[1, i] = "") then part := StringGrid1.Cells[0, i] else
                ChangeVar(part, StringGrid1.Cells[0, i], StrToFloat(StringGrid1.Cells[1, i]));
        end;
    Doc.Save;

```

```

s.Free;
end;

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

procedure TVal.FormShow(Sender: TObject);

```

```

var i,j: integer;
    c: integer;
begin
    c := 1;
    StringGrid1.RowCount := c;

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

            StartKompas({HAPBAHIEFIJLA}{'C:\Temp\Бап
            пухсон\Пухсон.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;
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;
  end;

```

```
if (z = 0) then
begin
  BitBtn1.Enabled := TRUE;
  LError.Visible := FALSE;
end else
begin
  BitBtn1.Enabled := FALSE;
  LError.Visible := TRUE;
end;
end;

end.
```

## ДОДАТОК Б

Фрагмент NC коду керуючої програми розробленої у програмі Unigraphics

%

:0001

N10( NC FILE : 1 )

N20( DATE : 04.04.12 & TIME - 15:46:15 )

N30( PMPPost 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\_1 )

N140( STRATEGY USED : Offset\_area\_clear )

N150( TOOLPATH WP : World )

N160( ===== )

N170( TOOL TYPE : ENDMILL )

N180( TOOL NAME : Конц20 )

N190( TOOL DIA.: 20 & TIP RAD.: 0 & LENGTH : 210 )

N200T1M6

N210G54G90

N220S1500M3

N230M8

N240G0X.322Y0

N250G43Z10.H1

N260X-146.178Y-47.472  
N270Z5.  
N280G1Z-.9F500  
N290X-145.678F1000  
N300G2G17X-143.178Y-48.507I0J-3.535  
N310G3X-140.678Y-47.472I1.035J1.035  
N320G1Y87.  
N330G2X-135.678Y92.I5.J0  
N340G1X-8.173  
N350X-7.852Y83.553  
N360X-12.223Y83.047  
N370X-12.597Y82.989  
N380X-12.965Y82.903  
N390X-14.96Y82.359  
N400X-15.43Y82.205  
N410X-15.883Y82.006  
N420X-17.878Y81.006  
N430X-18.366Y80.726  
N440X-18.819Y80.393  
N450X-20.91Y78.669  
N460X-21.344Y78.266  
N470X-21.727Y77.814  
N480X-23.225Y75.819  
N490X-23.442Y75.506  
N500X-23.635Y75.177  
N510X-24.036Y74.428  
N520X-24.148Y74.205  
N530X-24.249Y73.977  
N540X-24.425Y73.552  
N550X-25.149Y73.32

N560X-25.285Y73.273  
N570X-25.42Y73.223  
N580X-29.892Y71.495  
N590X-30.066Y71.424  
N600X-30.237Y71.347  
N610X-35.74Y68.729  
N620X-35.905Y68.647  
N630X-36.067Y68.559  
N640X-40.056Y66.288  
N650X-40.207Y66.199  
N660X-40.355Y66.104  
N670X-44.995Y63.013  
N680X-45.135Y62.917  
N690X-45.271Y62.816  
N700X-48.61Y60.248  
N710X-48.744Y60.142  
N720X-48.873Y60.032  
N730X-52.863Y56.506  
N740X-52.952Y56.426  
N750X-53.039Y56.344  
N760X-54.979Y54.456  
N770X-55.054Y54.382  
N780X-55.127Y54.306  
N790X-57.177Y52.138  
N800X-57.256Y52.052  
N810X-57.333Y51.964  
N820X-59.328Y49.646  
N830X-59.401Y49.559  
N840X-59.471Y49.471  
N850X-62.212Y45.978

N860X-62.323Y45.832  
N870X-62.428Y45.681  
N880X-65.109Y41.691  
N890X-65.362Y41.273  
N900X-65.572Y40.832  
N910X-66.092Y39.59  
N920X-66.524Y39.52  
N930X-66.949Y39.413  
N940X-68.944Y38.814  
N950X-69.418Y38.646  
N960X-69.873Y38.43  
N970X-71.936Y37.322  
N980X-72.451Y37.004  
N990X-72.924Y36.626  
N1000X-75.13Y34.631  
N1010X-75.558Y34.193  
N1020X-75.93Y33.707  
N1030X-77.268Y31.712  
N1040X-77.527Y31.28  
N1050X-77.741Y30.824  
N1060X-78.559Y28.829  
N1070X-78.618Y28.678  
N1080X-78.673Y28.524  
N1090X-80.013Y24.535  
N1100X-80.065Y24.37  
N1110X-80.111Y24.205  
N1120X-81.673Y18.22  
N1130X-81.711Y18.064  
N1140X-81.744Y17.907  
N1150X-82.516Y13.917

N1160X-82.564Y13.619  
N1170X-82.594Y13.318  
N1180X-82.735Y11.323  
N1190X-82.746Y10.846  
N1200X-82.711Y10.37  
N1210X-82.446Y8.189  
N1220X-82.368Y7.73  
N1230X-82.248Y7.279  
N1240X-81.674Y5.47  
N1250X-81.51Y5.026  
N1260X-81.304Y4.599  
N1270X-80.222Y2.604  
N1280X-80.058Y2.324  
N1290X-79.877Y2.056  
N1300X-79.538Y1.587  
N1310X-79.353Y1.347  
N1320X-79.154Y1.119  
N1330X-77.739Y-.407  
N1340X-77.52Y-.628  
N1350X-77.289Y-.835  
N1360X-77.29Y-.907  
N1370Y-1.09  
N1380X-77.283Y-1.273  
N1390X-76.953Y-7.258  
N1400X-76.941Y-7.426  
N1410X-76.923Y-7.593  
N1420X-76.46Y-11.354  
N1430X-76.44Y-11.497  
N1440X-76.416Y-11.64  
N1450X-75.647Y-15.859

N1460X-75.622Y-15.989  
N1470X-75.593Y-16.117  
N1480X-74.645Y-20.107  
N1490X-74.609Y-20.252  
N1500X-74.568Y-20.396  
N1510X-73.364Y-24.386  
N1520X-73.318Y-24.53  
N1530X-73.268Y-24.673  
N1540X-71.796Y-28.663  
N1550X-71.746Y-28.792  
N1560X-71.693Y-28.92  
N1570X-69.964Y-32.91  
N1580X-69.902Y-33.048  
N1590X-69.836Y-33.184  
N1600X-67.812Y-37.174  
N1610X-67.737Y-37.315  
N1620X-67.659Y-37.453  
N1630X-65.304Y-41.443  
N1640X-65.218Y-41.584  
N1650X-65.127Y-41.723  
N1660X-62.4Y-45.713  
N1670X-62.303Y-45.85  
N1680X-62.201Y-45.985  
N1690X-59.06Y-49.975  
N1700X-58.947Y-50.113  
N1710X-58.829Y-50.247  
N1720X-55.198Y-54.237  
N1730X-55.101Y-54.341  
N1740X-55.001Y-54.442  
N1750X-52.966Y-56.437

N1760X-52.865Y-56.534  
N1770X-52.76Y-56.627  
N1780X-48.858Y-60.047  
N1790X-48.724Y-60.16  
N1800X-48.587Y-60.268  
N1810X-44.597Y-63.299  
N1820X-44.49Y-63.378  
N1830X-44.38Y-63.455  
N1840X-42.125Y-64.984  
N1850X-41.886Y-65.137  
N1860X-41.638Y-65.276  
N1870X-39.903Y-66.185  
N1880X-39.497Y-66.375  
N1890X-39.076Y-66.527  
N1900X-38.278Y-66.777  
N1910X-36.742Y-68.022  
N1920X-36.428Y-68.257  
N1930X-36.097Y-68.467  
N1940X-34.891Y-69.164  
N1950X-34.686Y-69.277  
N1960X-34.476Y-69.379  
N1970X-29.697Y-71.577  
N1980X-29.534Y-71.649  
N1990X-29.368Y-71.714  
N2000X-24.602Y-73.507  
N2010X-24.431Y-73.568  
N2020X-24.257Y-73.622  
N2030X-19.048Y-75.159  
N2040X-18.885Y-75.204  
N2050X-18.721Y-75.244

N2060X-14.731Y-76.133

N2070X-14.57Y-76.166

N2080X-14.409Y-76.194

N2090X-8.424Y-77.121

N2100X-8.206Y-77.15

N2110X-7.987Y-77.17

N2120X-2.817Y-77.511