

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»  
Кафедра (Машинобудування, транспорту і зварювання)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

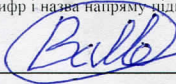
на тему

Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ СН0177.

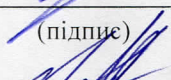
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ-ПОМ24мг  
спеціальності: 015.34 Професійна освіта  
(Машинобудування)


(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

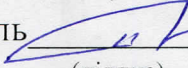
 / Іван МОЛЧАН  
(підпис) (ім'я та прізвище)


Керівник  / Олег КОНДРАТЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент  / Артем ЧЕРНЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

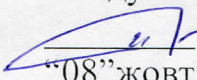
Завідувач кафедри  / Олег ПОДОЛЯК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль  / Олег ПОДОЛЯК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК  / Валентина СКОРКІНА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В.Н. КАРАЗІНА  
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»  
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання  
Спеціальність A5.34 Професійна освіта (Машинобудування)  
Освітньо-професійна програма Професійна освіта (Машинобудування)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри МТіЗ  
 О.Л. Подоляк  
“08” жовтня 2025 р..

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
студенту (ці) Івану МОЛЧАНУ  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ СН0177.

затверджена наказом 4801-5/3664 від 06.10.2025 р.

2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи “9” грудня 2025 р.


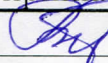
3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі типу «Вал» і механізмів металообробного центра моделі СН0177 із системою автоматичного керування, нормативні документи, паспортні дані обладнання, каталоги, стандарти на засоби технічного оснащення..

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Конструкторсько-технологічний аналіз системи виготовлення деталі «вал» на оброблювальних центрах в умовах дрібносерійного виробництва. Розробка групового технологічного процесу одержання деталі «вал». Розробка керуючої програми отримання деталі «вал» на оброблюваному центрі СН0177. Розробка технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «вал» Імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «вал». Розробка імітаційної моделі ГВМ СН0177. Дослідження функціональних характеристик ГВМ СН0177 при обробці деталі «вал». Методичний розділ.. Висновки. Список джерел інформації. Додатки..

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів: 1. Аналіз проблем. 2. Постановка задач. 3. Загальний вид станка мод. РТ705Ф3 на базі ГВМ СН0177. 4. Конструкція накопичувального магазину мод.СН2009. 5. Конструкція модуля каретки ПР з дворукиком виконанням маніпулятора. 6.Вибір основного й допоміжного інструмента. 7. Визначення режимів різання. 8.Розробка керуючої програми. 9. ГВМ СН0177. 10.

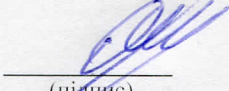
Розробка імітаційної моделі. 11. Аналіз точності і податливості шпindelного вузла верстата.

6. Консультант:

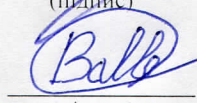
| Розділ       | Консультант     | Підпис, дата  |   | Оцінка (бали) |
|--------------|-----------------|---|---|---------------|
|              |                 | Завдання видав  | Завдання прийняв  |               |
| педагогічний | Бакатанова В.Б. |  |  |               |

7. Дата видачі завдання «09» жовтня 2025 р.

Керівник

  
(підпис) Олег КОНДРАТЮК  
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

  
(підпис) Іван МОЛЧАН  
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК  
виконання кваліфікаційної роботи

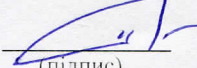
| № з/п | Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання                | Термін виконання | Позначки керівника про виконання завдань |
|-------|--|------------------|--|
| 1.    | Вибір теми й обґрунтування проблеми дослідження. Визначення об'єкта, предмета, мети й завдань. |                  |  |
| 2.    | Складання плану роботи. Підбор літератури й інших джерел                                       |                  |  |
| 3.    | Оформлення завдання проектування для затвердження теми кваліфікаційної роботи                  |                  |  |
| 4.    | Підготовка аналітичної частини   |                  |  |
| 5.    | Підготовка теоретичної частини   |                  |  |
| 6.    | Розробка дослідницької частини   |                  |  |
| 7.    | Розробка методичного розділу   |                  |  |
| 8.    | Підготовка графічного матеріалу  |                  |  |
| 9.    | Доробка проекту по зауваженнях наукового керівника   |                  |  |
| 10.   | Доробка проекту по зауваженнях консультантів   |                  |  |
| 11.   | Оформлення кваліфікаційної роботи. Підготовка до захисту.                                      |                  |  |
| 12.   | Захист кваліфікаційної роботи  |                  |  |

Здобувач вищої освіти

  
(підпис)

Іван МОЛЧАН  
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Олег ПОДОЛЯК  
(ім'я, прізвище)

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

год. – години;

грн. – гривні;

рис. – рисунок;

од. – одиниці;

п/п – по порядку;

табл. – таблиця;

тис. – тисяча;

об – оберти;

хв. – хвилина;

мм – міліметр;

ЧПК – числове програмне керування;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ТП – технологічний процес;

ГТП – груповий технологічний процес;

ГВМ – гнучкий виробничий модуль;

ПР – промисловий робот;

УЗП – універсально-збірні пристосування.

## РЕФЕРАТ

У роботі проведено дослідження технологічності обробки деталі типу «Вал» у гнучкому виробничому модулі (ГВМ) на базі верстата з ЧПК моделі СН0177. Визначено мету дослідження, сформульовано та виконано основні завдання, що включали аналіз конструктивних особливостей деталі, перевірку її технологічності та обґрунтування можливості обробки в умовах ГВМ.

На основі проведеного аналізу розроблено груповий маршрут обробки та сформовано групові технологічні операції. Визначено раціональні припуски, режими різання та інші параметри, що забезпечують досягнення необхідної точності і якості поверхонь. При створенні технологічної документації враховано габаритні та конструктивні особливості деталей, що дозволило обґрунтувати вибір обладнання, оснащення, способів транспортування та застосування роботизованих засобів.

За допомогою імітаційного моделювання оптимізовано просторове розташування обладнання й елементів технологічної системи, а також оцінено тривалість допоміжних операцій. Отримані результати підтверджують підвищення ефективності обробки валів у складі ГВМ, скорочення виробничого циклу та покращення завантаження устаткування.

Розроблений технологічний процес може бути впроваджений у серійному та дрібносерійному машинобудівному виробництві, зокрема під час виготовлення валів редукторів, приводів, насосів, компресорів та іншої техніки. Також створено дидактичний проєкт факультативного заняття «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу “Вал” на ГВМ СН0177», що сприяє формуванню професійних компетентностей у майбутніх фахівців.

Ключові слова: ВИРОБНИЦТВО, ПРОЕКТУВАННЯ, , ТОКАРНИЙ ПАТРОНО-ЦЕНТРОВИЙ ВЕРСТАТ, ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ, АВТОМАТИЗОВАНИЙ НАКОПИЧУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ЖОРСТКІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, ІМІТАЦІЯ, ПРОГРАМУВАННЯ,

## THE ABSTRACT

The work conducted a study of the manufacturability of processing a part of the "Shaft" type in a flexible manufacturing module (FMM) based on a CNC machine tool model CH0177. The purpose of the study was determined, the main tasks were formulated and performed, which included the analysis of the design features of the part, checking its manufacturability and substantiation of the possibility of processing in FMM conditions.

Based on the analysis, a group processing route was developed and group technological operations were formed. Rational allowances, cutting modes and other parameters were determined that ensure the achievement of the required accuracy and surface quality. When creating technological documentation, the overall and structural features of the parts were taken into account, which allowed to substantiate the choice of equipment, equipment, transportation methods and the use of robotic means.

Using simulation modeling, the spatial arrangement of equipment and elements of the technological system was optimized, and the duration of auxiliary operations was estimated. The results obtained confirm the increase in the efficiency of processing shafts in the FMM, the reduction of the production cycle and the improvement of equipment loading.

The developed technological process can be implemented in serial and small-scale machine-building production, in particular during the manufacture of gearbox shafts, drives, pumps, compressors and other equipment. A didactic project for an optional lesson "Research on the productivity and reliability of machining of "Shaft" type parts on the GVM CH0177" has also been created, which contributes to the formation of professional competencies in future specialists.

Keywords: PRODUCTION, DESIGN, , LATHE, INDUSTRIAL ROBOT, AUTOMATED STORAGE DEVICE, RIGIDITY, MODELING, IMITATION, PROGRAMMING,

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| Перелік позначень і скорочень .....   | 4  |
| ВСТУП.....  | 11 |
| 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ<br>МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ З ДОСЛІДЖЕННЯ<br>ПРОДУКТИВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ<br>«ВАЛ» НА ГВМ СН0177 ..... | 16 |
| 1.1 Потреба у вдосконаленні професійної підготовки фахівців для<br>роботи з ГВМ СН0177 .....  | 18 |
| 1.2 Вплив сучасних освітніх технологій на ефективність підготовки<br>фахівця .....  | 22 |
| 1.3 Формулювання теоретичних передумов для розробки сучасної<br>методики підготовки фахівців .....  | 26 |
| 1.4 Висновки .....  | 30 |
| 2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ<br>ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ<br>ЦЕНТРАХ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО<br>ВИРОБНИЦТВА.....                      | 32 |
| 2.1 Аналіз ефективності обробки деталей типу «Вал» на оброблювальних<br>центрах в умовах одиничного й дрібносерійного виробництва .....                                     | 32 |
| 2.2 Аналіз технологічності виготовлення деталі «Вал» на оброблювальних<br>центрах .....   | 34 |
| 2.2.1 Оцінка технологічності. Якісний аналіз .....  | 36 |
| 2.2.2 Аналіз точності й шорсткості .....  | 37 |
| 2.2.3 Аналіз методів базування виробу .....   | 38 |
| 2.2.4 Аналіз оброблюваності .....   | 38 |
| 2.3 Мета і завдання технологічної частини кваліфікаційної<br>роботи.....  | 39 |
| 2.4 Висновки .....  | 40 |
| 3. РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ<br>ОДЕРЖАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ».....   | 41 |
| 3.1 Аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці<br>виробу на оброблювальних центрах в умовах дрібносерійного  |    |

|   |    |
|---|----|
| виробництва .....   | 41 |
| 3.2 Розробка групового маршруту одержання деталі «Вал» у системі MasterCam.....   | 42 |
| 3.3 Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів отримання деталі «Вал» .....  | 48 |
| 3.4 Визначення припусків на операціях виготовлення деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177 .....                      | 51 |
| 3.5 Визначення режимів різання при виготовленні деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177 .....                         | 54 |
| 3.6 Висновки .....  | 60 |
| 4. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ОБРОБЛЮВАНОМУ ЦЕНТРІ СН0177 .....   | 61 |
| 4.1 Розробка циклограми виготовлення деталі «Вал» на оброблювальному центрі СН0177 .....  | 61 |
| 4.2 Автоматизована розробка керуючої програми оброблювальним центром СН0177 у системі MasterCAM-2007 для виготовлення деталі «Вал» .....  | 62 |
| 4.3 Висновки .....  | 66 |
| 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» .....  | 67 |
| 5.1 Конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, використовуваного при обробці на верстатах із ЧПК .....                               | 67 |
| 5.2 Розробка групового пристосування для установки й базування заготовки деталі «Вал» на оброблювальному центрі СН0177.....               | 68 |
| 5.3 Розробка конструкції загарбного пристрою маніпулятора для переміщення виробу «Вал» у робочій зоні оброблювального центра СН0177 ..... | 69 |
| 5.4 Вибір основного й допоміжного інструмента для виготовлення деталі «Вал» на оброблювальному центрі СН0177 .....                        | 70 |
| 5.4.1 Вибір інструменту для чорнового точіння .....   | 70 |
| 5.4.2 Вибір інструменту для чистового та тонкого точіння .....  | 75 |
| 5.4.3 Вибір інструменту для точіння фасок та канавки .....  | 76 |
| 5.5 Висновки .....  | 79 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 6.  | ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» .....  | 80  |
| 6.1 | Розробка організаційно-технологічної структури системи виготовлення деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177 .....   | 80  |
| 6.2 | Розробка імітаційної моделі вертикального оброблювального центра СН0177 .....   | 82  |
| 6.3 | Розробка імітаційної моделі накопичувача деталей типу «Вал» .....   | 85  |
| 6.4 | Розробка імітаційної моделі маніпулятора для транспортування виробу «Вал» у зоні обробки й складування оброблювального центра СН0177 .....  | 89  |
| 6.5 | Розробка імітаційної моделі обробки виробу «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177 .....   | 90  |
| 6.6 | Нормування процесу обробки виробу «Вал» на оброблювальному центрі СН0177 .....  | 92  |
| 6.7 | Висновки .....  | 93  |
| 7.  | РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ГПМ СН0177 .....  | 94  |
| 7.1 | Розробка імітаційної моделі ГПМ СН0177 .....  | 94  |
| 7.2 | Розробка імітаційної моделі верстата СН0177 .....   | 95  |
| 7.3 | Розробка імітаційної моделі транспортного робота моделі СН3308 .....  | 97  |
| 7.4 | Розробка імітаційної моделі накопичувача деталей типу «Вал» .....   | 100 |
| 7.5 | Висновки .....  | 103 |
| 8.  | ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГВМ СН0177 ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛІ «ВАЛ» .....  | 104 |
| 8.1 | Аналіз характеристик програми COSMOS .....  | 104 |
| 8.2 | Аналіз точності і податливості шпиндельного вузла верстата .....  | 106 |
| 8.3 | Висновки .....  | 108 |
| 9.  | РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» НА ГВМ СН0177» ДЛЯ ФАХІВЦЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ..... | 109 |
| 9.1 | Постановка цілей факультативного заняття з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» .....  | 109 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 9.2  | Перелік літературних джерел з теми .....  | 110 |
| 9.3  | Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» .....  | 111 |
| 9.4  | Аналіз базових умов навчання з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» .....  | 115 |
| 9.5  | Проектування мотиваційних технологій навчання з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» .....   | 117 |
| 9.6  | Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» ..... | 118 |
| 9.7  | 9.7 Проектування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» .....            | 119 |
| 9.8  | Проектування контрольних дій з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» .....  | 120 |
| 9.9  | Розробка сценарію факультативного заняття з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» .....   | 122 |
| 9.10 | Висновки .....  | 123 |
|      | ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....   | 125 |
|      | СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ .....  | 126 |
|      | ДОДАТОК_А.(Комплект документів на технологічний процес).....  | 131 |
|      | ДОДАТОК_Б (ПРЕЗЕНТАЦІЯ) .....   | 146 |

## ВСТУП

Машинобудування це база промисловості будь-якої держави. У свою чергу процеси механічної обробки й устаткування на який вони реалізуються є основою машинобудування. Створення ефективних способів механічної обробки зв'язано з рішенням задач автоматизації.

Автоматизація виробничих процесів - це комплекс заходів щодо розробки нових прогресивних технологічних процесів і проектування на їхній основі високо продуктивного технологічного устаткування здійснюючого робочі і допоміжні процеси обробки без особистої участі людини.

Також сучасне машинобудування зорієнтоване на створення «безлюдних виробництв» («Lights-Out» Manufacturing) на основі неперервної інформаційної підтримки життєвого циклу виробу [2]. В основу цієї концепції покладено ідею організації і управління наскрізними матеріальними потоками.

Можливість збільшення виробничих потужностей без додаткового залучення робочих дефіцитних спеціальностей і використання додаткових площ без застосування ручної праці робить створення автоматизованих виробництв і в їхньому складі автоматизованих цехів і ділянок перспективним і економічно доцільним.

В даний час автоматизація основних технологічних процесів у промисловості, особливо в умовах масового і серійного виробництва, досягла досить високого рівня. Проте в дрібносерійному й одиничному виробництві використовується значна частка ручної праці. Ріст продуктивності праці в умовах дрібносерійного й одиничного виробництва може бути забезпечений в основному шляхом упровадження групових методів обробки і створення на цій основі автоматизованих ділянок, пристосованих до випуску широкої номенклатури виробів завдяки швидкому переналагодженню устаткування.

Одиничне виробництво — відзначається виготовленням широкої номенклатури виробів в одиничних кількостях, що повторюється через невизначені проміжки часу або взагалі не повторюються. Робочі місця при

цьому не мають визначеної спеціалізації. Значний процент технологічних операцій виконують вручну.

Однією з ознак виробництва є коефіцієнт закріплення операцій, під яким розуміють відношення кількості всіх операцій, що виконуються протягом одиниці часу, до кількості робочих місць. [48]

Підстави для включення якого-небудь виробництва в перелік об'єктів автоматизації наступні:

- недостатня забезпеченість виробництва необхідною виробничою потужністю для реалізації перспективної програми випуску виробів;
- недостатня забезпеченість виробництва необхідною чисельністю працюючих;
- необхідність створення металозберігаючого і енергозберігаючого виробництва;
- необхідність підвищення якості продукції;
- наявність трудомістких процесів, ручної праці, важких і шкідливих для здоров'я робочих умов праці;
- наявність умов для автоматизації: можливість автоматизації технологічного процесу;
- можливість одержання необхідного технологічного устаткування, обчислювальної техніки, засобів автоматизації, програмного забезпечення в планований період; наявність кваліфікованих кадрів;
- наявність підрозділів, що займаються автоматизацією виробництва; наявність зв'язків з науково-дослідними і конструкторськими організаціями, зайнятими питаннями розробки засобів автоматизації.

У зв'язку з задачею комплексної автоматизації виробництва виникає необхідність удосконалювання процесів проектування. Ця проблема особливо актуальна при створенні автоматизованих виробничих систем, тому що існуюча структура системи проектування не забезпечує оперативного

одержання ряду параметрів для обґрунтованого вибору сукупності об'єктів і характеристик цих систем [39].

Отже перед нами стоїть величезне завдання, а саме: розробити типовий технологічний процес, який у майбутньому можна буде застосовувати до деталей даного типу, але іншої конфігурації, тож важлива його гнучкість. Використання імітаційного моделювання, необхідно для зниження витрат на освоєння типу оснащення та інструменту, який слід застосовувати при тому чи іншому типорозмірі деталі. І найголовніше, доцільність використання даного устаткування, у виробництві даного типу деталей.

У даній випускній роботі на підставі креслення деталі типу «Вал» та маршруту обробки на ЧП було проведено:

- Конструкторсько-технологічний аналіз системи виготовлення деталі «Вал» на обробних центрах в умовах дрібносерійного виробництва;
- Розробка групового технологічного процесу отримання деталі «Вал»;
- Розробка керуючої програми обробки деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177;
- Розробка технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «Вал»;
- Імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Вал»;

У результаті, була розроблена повна технологічна документація по обробці деталі типу «Вал» у дрібносерійному виробництві на обробному центрі СН0177.

На підставі вищесказаного сформулюємо мету дослідження

*Мета дослідження* - Розробка типового гнучкого технологічного процесу виготовлення деталей типу «Вал» у дрібносерійному виробництві з використанням обробного центру СН0177 та методів імітаційного моделювання, що забезпечить зниження витрат на освоєння виробництва, підвищення ефективності використання устаткування та оптимізацію технологічного оснащення.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Провести конструкторсько-технологічний аналіз деталі типу «Вал» та умов її виготовлення в дрібносерійному виробництві.
2. Розробити груповий технологічний процес виготовлення деталей типу «Вал» із можливістю адаптації до різних конфігурацій.
3. Створити керуючу програму для обробки деталі на вертикальному оброблювальному центрі SN0177.
4. Спроекувати технологічне оснащення, необхідне для реалізації процесу.
5. Розробити імітаційну модель системи виготовлення, що дозволить оцінити ефективність процесу та обґрунтувати доцільність використання устаткування.

Виконати розрахунок та аналіз статичної деформації, статичного переміщення та навантаження технологічної системи «верстат–інструмент–деталь–оснащення»; побудувати епюри напружень і переміщень та зробити висновки щодо їх впливу на точність і якість обробки деталі.

*Об'єкт дослідження* - Процес виготовлення деталей типу «Вал» у дрібносерійному машинобудівному виробництві на обробних центрах з числовим програмним керуванням (ЧПК).

*Предмет дослідження* - Методи, засоби та технологічні рішення розробки й оптимізації типового групового технологічного процесу виготовлення деталей типу «Вал» із використанням імітаційного моделювання та верстатів із ЧПК.

У процесі виконання роботи були застосовані такі методи дослідження:

- Аналітичні методи — для вивчення літературних джерел, нормативно-технічної документації, аналізу існуючих технологічних процесів обробки деталей типу «Вал» та вибору оптимальних параметрів технологічного маршруту.
- Методи конструкторсько-технологічного аналізу — для оцінювання конструктивних особливостей деталі, вибору баз, способів

установлення, визначення технологічності конструкції та побудови маршруту обробки.

– Методи комп'ютерного моделювання — для створення тривимірної моделі деталі та технологічного оснащення, а також розроблення керуючої програми обробки на обробному центрі CH0177 із використанням систем автоматизованого проектування (CAD/CAM).

– Методи імітаційного моделювання — для дослідження функціонування системи виготовлення деталі типу «Вал» у дрібносерійному виробництві, оцінки завантаження устаткування, виявлення "вузьких місць" та оптимізації технологічного процесу.

– Методи механічного розрахунку та теорії пружності — для визначення статичних деформацій, напружень та переміщень елементів технологічної системи «верстат–інструмент–деталь–оснащення» під дією робочих навантажень.

– Методи чисельного моделювання (метод скінченних елементів) — для побудови епюр напружень і переміщень, а також для аналізу впливу деформацій на точність і якість обробки деталі.

# 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ З ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» НА ГВМ СН0177

Актуальність теми зумовлена також тим, що деталі типу «Вал» займають провідне місце у номенклатурі машинобудівного виробництва та характеризуються підвищеними вимогами до точності геометричних параметрів і якості поверхонь. Порушення технологічної дисципліни або нераціональний вибір режимів різання може призвести до зниження ресурсу деталей, збільшення собівартості або зупинки виробничих процесів. Тому підготовка фахівця має включати не лише опанування практичних навичок керування обладнанням, а і формування аналітичної здатності оцінювати надійність операцій, прогнозувати технологічні ризики та оптимізувати режими обробки [50].

Не менш важливим аспектом є необхідність інтеграції у навчальний процес інструментів комп'ютерного моделювання, які дають змогу досліджувати вплив різних технологічних параметрів на продуктивність і якість обробки без ризику для обладнання та із суттєвим скороченням навчального часу. Такий підхід відповідає тенденціям розвитку індустрії 4.0 та забезпечує підготовку фахівців, здатних ефективно працювати у цифровому виробничому середовищі.

Отже, дослідження професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств з акцентом на продуктивність і надійність обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177 є надзвичайно важливим як для модернізації освітніх програм, так і для підвищення конкурентоспроможності машинобудівних підприємств. Розробка сучасних методичних рішень у цій сфері сприятиме формуванню висококваліфікованих кадрів, здатних забезпечити ефективність, технологічну стабільність і інноваційність виробничих процесів [47,48].

*Об'єкт дослідження у методичній частині* кваліфікаційної роботи – процес професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств у сфері

застосування високотехнологічного устаткування для комплексної механічної обробки деталей типу «Вал» на гнучкому виробничому модулі (ГВМ) CH0177.

*Предмет дослідження у методичній частині* кваліфікаційної роботи – професійна підготовка фахівців машинобудівних підприємств із забезпечення високої продуктивності, стабільної точності та підвищеної надійності процесів обробки деталей «Вал» на верстатах ГВМ CH0177.

Мета дослідження – обґрунтувати та розробити дидактичний проєкт професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств, що забезпечить ефективне опанування технологій обробки деталей типу «Вал» на ГВМ CH0177, а також сприятиме підвищенню продуктивності, надійності та технологічної якості виробничих процесів.

Завдання дослідження

1. Здійснити аналіз сучасних освітніх і технологічних підходів до підготовки фахівців машинобудівної галузі з урахуванням тенденцій цифровізації та автоматизації обробних процесів.

2. Сформулювати дидактичний проєкт професійної підготовки, який інтегрує теоретичні знання, цифрові технології та практико-орієнтоване навчання на сучасному обладнанні.

Методи дослідження: системний та порівняльний аналіз технічної, науково-педагогічної та методичної літератури; педагогічне проєктування, моделювання освітніх процесів та розробка практичних навчальних ситуацій.

Наукова новизна полягає у створенні дидактичної системи, яка одночасно враховує сучасні технологічні можливості автоматизованих модулів і потреби у підготовці персоналу для високоточних та високопродуктивних процесів механічної обробки.

Практичне значення дослідження. Результати дослідження можуть бути використані: під час організації навчання у професійно-технічних навчальних закладах, центрах підготовки та підвищення кваліфікації кадрів машинобудівної галузі; для створення навчально-виробничих програм, що

забезпечують підготовку операторів, наладчиків та інженерів для роботи з ГВМ СН0177.

Впровадження запропонованих методичних рішень сприятиме формуванню фахівців, здатних ефективно використовувати гнучкі виробничі комплекси та сучасні цифрові інструменти оптимізації обробки.

### **1.1. Потреба у вдосконаленні професійної підготовки фахівців для роботи з ГВМ СН0177**

Стрімкі зміни, що відбуваються у машинобудівній галузі під впливом цифровізації, автоматизації та впровадження інтелектуальних виробничих систем, обумовлюють необхідність перегляду підходів до професійної підготовки операторів, технологів і інженерів. Традиційні освітні моделі, які ґрунтувалися на механічному відтворенні виробничих операцій, дедалі менше відповідають вимогам сучасних гнучких виробничих модулів (ГВМ), зокрема модулю СН0177, що відзначається високим рівнем інтеграції токарно-фрезерних процесів, цифрових систем керування та діагностики.

Сучасне високотехнологічне обладнання вимагає від фахівця здатності не лише якісно виконувати робочі операції, а і активно аналізувати стан виробничої системи, оптимізувати технологічні режими, прогнозувати ризики, оцінювати можливі відхилення та приймати рішення на основі комплексного аналізу даних. З огляду на це професійна підготовка кадрів повинна охоплювати не тільки навчання принципам керування ГВМ СН0177, але і формування широких компетентностей, необхідних у цифровому виробничому середовищі.

Традиційна система підготовки операторів верстатів, що довгий час ґрунтувалася на вивченні окремих операцій та покроковому відтворенні типових технологічних процесів, демонструє низку обмежень у контексті сучасних вимог машинобудівного виробництва.

По-перше, така система орієнтована на запам'ятовування фіксованих алгоритмів, що стає недостатнім в умовах роботи з ГВМ СН0177, де технологічні задачі часто мають варіативний характер. Оператор повинен вміти

швидко адаптуватися до змін конфігурації деталі, матеріалу, вимог до точності або шляхів обробки. Відсутність здатності до аналітичного мислення та гнучкого налаштування режимів знижує ефективність використання обладнання.

По-друге, традиційні навчальні програми недостатньо враховують складність інтегрованого токарно-фрезерного оброблення, характерного для ГВМ CH0177. Таке обладнання поєднує функції кількох верстатів, що вимагає від фахівця знання особливостей як токарних, так і фрезерних процесів, уміння працювати зі складними траєкторіями руху інструменту, корекціями та кінематикою багатовісних систем. У більшості традиційних навчальних моделей ці процеси розглядаються окремо, що не формує у слухачів цілісного розуміння технологічного циклу [37].

По-третє, у старих підходах часто бракує навчання роботі з цифровими системами керування, програмуванням, інтерпретацією діагностичних даних та використанням CAD/CAM технологій. На практиці оператор ГВМ CH0177 стикається з необхідністю аналізувати інформацію з датчиків, інтерпретувати сигнали контролю ходу обробки та розуміти логіку роботи автоматизованих систем. Відсутність таких навичок призводить до помилок, простоїв, зниження продуктивності та ризику браку.

По-четверте, традиційні методики мало уваги приділяють питанням оцінювання продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал». У реальних виробничих умовах технолог і оператор мають уміти контролювати стабільність процесу, запобігати вібраціям, тепловим деформаціям, перевантаженню інструменту, а також планувати обслуговування та корекції процесу. Без відповідної теоретичної та практичної підготовки фахівці не можуть забезпечити сталу якість обробки.

Таким чином, традиційна модель підготовки кадрів не формує комплексних компетентностей, необхідних для роботи на високотехнологічному обладнанні, що обумовлює потребу в системному оновленні освітніх програм.

Цифрова трансформація машинобудування зумовлює появу нового набору компетентностей, без яких робота на ГВМ СН0177 стає неефективною. Фахівець повинен мати не лише практичні навички механічної обробки, але і широкий спектр цифрових, аналітичних і управлінських здібностей.

До ключових компетентностей належать:

1. Цифрова грамотність на рівні оператора та технолога. Фахівець має вміти працювати з системами числового програмного керування, САМ-програмами, цифровими вимірювальними приладами та системами збору даних. Він повинен розуміти структуру програм, логіку корекцій, принципи оптимізації траєкторій та управління інструментом.

2. Аналітичне мислення та здатність до прийняття рішень. Сучасне виробництво генерує значну кількість інформації, яку потрібно аналізувати для оцінки продуктивності, розрахунку навантажень, прогнозування зношення інструменту та своєчасного реагування на відхилення. Це вимагає розвитку логіко-аналітичних навичок і системного мислення.

3. Компетентності у сфері математичного та комп'ютерного моделювання. Моделювання дає змогу передбачити поведінку системи, оцінити параметри обробки, підібрати оптимальні режими та мінімізувати ризики. Сучасний фахівець повинен уміти працювати з відповідними програмними інструментами, аналізувати результати симуляцій і застосовувати їх на практиці.

4. Розуміння принципів надійності та якості технологічних процесів. Для деталей типу «Вал» важливими є контроль геометрії, стабільність різання, уникнення дефектів поверхні та точність позиціонування. Оператор має знати, як кожен технологічний параметр впливає на надійність та якість обробки, і вміти своєчасно вносити корективи.

5. Готовність до роботи у змінному цифровому середовищі. З розвитком виробництва змінюються не лише технології, а і вимоги до організації робочого місця, використання даних, дистанційного моніторингу процесів. Важливо,

щоб фахівець був готовий постійно оновлювати знання та адаптуватися до нових виробничих систем.

Усе це вимагає системного перегляду підходів до навчання, формування сучасних модульних програм і залучення цифрових технологій у навчальний процес [46,47].

Однією з ключових передумов якісної підготовки фахівців є використання комп'ютерного моделювання, цифрових двійників та спеціалізованих програмних засобів для аналізу технологічних процесів. Цей підхід забезпечує можливість:

- прогнозувати поведінку заготовки та інструменту при різних режимах обробки;
- запобігати аваріям, перегріву, вібраціям, дефектам поверхні;
- оптимізувати параметри обробки для досягнення максимальної продуктивності;
- досліджувати вплив корекцій, зміни інструменту та траєкторій;
- формувати навички роботи з високоточними цифровими системами.

Моделювання є важливим інструментом для підготовки операторів ГВМ СН0177, оскільки дає можливість провести тестування технологічного процесу без ризику пошкодження обладнання або заготовок. У навчальному процесі моделювання відіграє роль цифрового тренажера, який дозволяє багаторазово повторювати операції, експериментувати з параметрами та відпрацьовувати складні технологічні випадки [25].

Оптимізація режимів різання також є критично важливою. У традиційній системі оператори часто покладаються на довідкові дані або інструкції, тоді як сучасний підхід передбачає використання алгоритмів оптимізації, що забезпечують мінімізацію часу циклу, зниження зношення інструменту та стабільність обробки. Такий підхід повинен бути інтегрований у навчання, щоб фахівець мислив як технолог, а не лише як виконавець.

Окрему роль відіграє аналіз технологічних параметрів, який дозволяє встановити взаємозв'язки між подачею, швидкістю різання, глибиною різання, жорсткістю системи та якістю обробки. Без глибокого розуміння цих процесів неможливо гарантувати надійність або стабільність виготовлення деталей типу «Вал». Тому навчальні програми мають включати практику роботи з вимірювальними комплексами, системами збору даних, засобами діагностики та контролю точності.

Таким чином, використання моделювання, оптимізації та аналізу параметрів не лише підвищує якість навчання, а і дає змогу формувати висококваліфікованого фахівця, здатного працювати з ГВМ СН0177 на рівні сучасних виробничих стандартів [40].

## **1.2. Вплив сучасних освітніх технологій на ефективність підготовки фахівця**

Розвиток високотехнологічного машинобудівного виробництва ставить перед системою професійної освіти завдання створення нових моделей навчання, що максимально наближені до реальних умов функціонування сучасних технологічних комплексів. Для роботи з гнучкими виробничими модулями, такими як ГВМ СН0177, фахівець повинен володіти не лише традиційними практичними навичками, але і комплексом цифрових компетентностей, які забезпечують здатність аналізувати технологічні процеси, прогнозувати результати обробки, оптимізувати режими та працювати з інтегрованими системами керування. У зв'язку з цим сучасні освітні технології стають ключовим інструментом підготовки висококваліфікованих кадрів.

Серед найбільш ефективних технологій професійної освіти вирізняються комп'ютерне моделювання, системи CAD/CAM/CAE та інтегровані навчальні середовища, які дозволяють імітувати реальні виробничі процеси, безпечно відпрацьовувати навички та формувати системне мислення майбутніх операторів і технологів. Використання цих технологій забезпечує підвищення

якості підготовки, зменшує час на отримання практичного досвіду та мінімізує ризики, пов'язані з роботою на високовартісному обладнанні [44, 53].

Можливості комп'ютерного моделювання у навчальному процесі. Комп'ютерне моделювання відіграє ключову роль у підготовці фахівців для роботи з ГВМ СН0177, оскільки дозволяє відтворювати технологічні процеси обробки деталей типу «Вал» у цифровому середовищі. Студент або оператор отримує можливість досліджувати поведінку інструменту, заготовки та рухомих елементів верстата, не ризикуючи пошкодити обладнання чи зіпсувати матеріал.

Однією з основних переваг моделювання є можливість багаторазового виконання операцій з різними параметрами, що сприяє глибокому розумінню впливу режимів різання на точність, якість поверхні та продуктивність. Навчальні симулятори дозволяють відтворювати типові та нестандартні виробничі ситуації, що формує у майбутніх фахівців уміння знаходити оптимальні рішення в умовах обмежень або відхилень.

Особливо важливою є здатність моделювання відтворювати взаємодію між кінематикою ГВМ СН0177 та характеристиками інструменту. Завдяки віртуальним тренажерам можна визначати вплив жорсткості системи, вібрацій, теплових деформацій та інших фізичних факторів на якість обробки. Такий підхід істотно розширює пізнавальні можливості студента, оскільки у реальних умовах такі дослідження потребують значних ресурсів або можуть бути небезпечними.

Комп'ютерне моделювання також є основою для формування компетентності у сфері прогнозування. У процесі симуляції майбутній оператор навчається встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між технологічними параметрами та характеристиками результату, що дозволяє йому приймати більш обґрунтовані рішення при роботі на реальному обладнанні.

Використання CAD/CAM/CAE-систем для формування професійних компетентностей. CAD/CAM/CAE-системи є невід'ємною складовою сучасного машинобудівного виробництва та забезпечують повний цикл

підготовки, аналізу і реалізації технологічних процесів. Для роботи з ГВМ СН0177 володіння цими системами стає ключовою компетентністю, оскільки саме вони забезпечують зв'язок між конструкторською документацією, програмами управління та аналітичними моделями [3].

CAD-системи дозволяють студентам працювати з тривимірними моделями деталей типу «Вал», досліджувати їх геометрію, визначати критичні зони та формувати уявлення про можливі технологічні траєкторії. Це формує системне технічне мислення та здатність розуміти технологічні обмеження конструкції.

CAM-системи є особливо важливими для підготовки операторів ГВМ СН0177, оскільки дають можливість створювати програми керування, виконувати симуляцію руху інструменту, прогнозувати можливі зіткнення, аналізувати завантаження шпинделя та оцінювати тривалість циклу. У процесі навчання студент формує компетентності програмування, вибору інструменту, оптимізації режимів різання та корекції траєкторій.

CAE-системи забезпечують інженерний аналіз технологічних процесів. Вони дозволяють оцінювати напруження у заготовці, теплові впливи, вібрації та інші параметри, критичні для надійності процесу обробки валів. Такий аналіз дає змогу визначити оптимальні режими роботи, уникнути дефектів та забезпечити стабільність процесу.

Комплексне використання CAD/CAM/CAE-технологій у навчальному процесі значно підвищує якість професійної підготовки, роблячи її більш системною та орієнтованою на сучасні виробничі стандарти. Фахівець, який володіє цими системами, здатний швидко адаптуватися до технологічних змін, ефективно планувати операції та забезпечувати необхідний рівень якості обробки.

Інтегровані навчальні середовища об'єднують різні цифрові та інформаційні технології в єдину освітню платформу, яка забезпечує поєднання теоретичних знань, практичних навичок і симуляцій технологічних процесів. Такі середовища дозволяють моделювати повний цикл виготовлення деталей

типу «Вал» — від створення цифрової моделі до аналізу результатів обробки на ГВМ СН0177.

Однією з ключових переваг інтегрованих середовищ є можливість організації поетапного навчання. Студент отримує доступ до послідовних модулів — від основ програмування верстатів до аналізу якості поверхні, оцінки надійності технологічних процесів та роботи з цифровими двійниками виробничих систем. Така логічна структура дозволяє сформувати цілісне уявлення про виробничий процес.

Інтегровані середовища також дають змогу організувати адаптивне навчання. Система може підбирати завдання відповідно до рівня підготовки студента, дозволяючи поступово підвищувати складність. Це особливо важливо для підготовки операторів ГВМ СН0177, оскільки різні студенти можуть мати відмінні навички у сфері механіки, програмування чи аналізу процесів.

Ще однією перевагою таких середовищ є наявність інструментів зворотного зв'язку. Студент може аналізувати свої помилки, відстежувати прогрес, оцінювати ефективність власних рішень та порівнювати результати симуляцій з бажаними характеристиками процесу. Це сприяє розвитку критичного мислення та технологічної відповідальності.

Інтегровані середовища сприяють також організації командної роботи та проєктного навчання. Майбутні фахівці можуть працювати над спільними проєктами, які імітують реальні виробничі задачі. Це формує компетентності комунікації, планування, кооперації та прийняття рішень у складних виробничих умовах.

Загалом інтегровані навчальні середовища стають фундаментом для підготовки фахівців нового покоління, здатних до системного аналізу, ефективного використання цифрових технологій і роботи з високотехнологічним обладнанням, таким як ГВМ СН0177.

### **1.3. Формулювання теоретичних передумов для розробки сучасної методики підготовки фахівців.**

Сучасний етап розвитку машинобудівної галузі характеризується глибокою трансформацією технологічних процесів, зумовленою цифровізацією виробництва, автоматизацією операцій і широким впровадженням гнучких виробничих модулів. Одним із ключових елементів такої трансформації є експлуатація високотехнологічних систем, зокрема гнучких виробничих модулів ГВМ СН0177, що забезпечують автоматизовану обробку деталей типу «Вал» з високими вимогами до точності та надійності. Це створює нові запити до рівня професійної підготовки фахівців, які мають працювати з цим обладнанням.

У зв'язку з цим виникає потреба у формуванні сучасної методики підготовки операторів і технологів, здатної забезпечити відповідність освітнього процесу реальним умовам функціонування виробничих систем. Така методика повинна ґрунтуватися на низці об'єктивних передумов, які відображають тенденції розвитку машинобудування, вимоги до компетентностей фахівця, особливості організації цифрового виробництва та можливості використання сучасних освітніх технологій. Нижче наведено основні з них.

1. Необхідність інтеграції цифрових технологій у систему професійної освіти. Перша суттєва передумова полягає у тому, що сучасне виробництво базується на цифрових моделях, автоматизованому проектуванні і програмуванні, симуляції технологічних процесів та цифрових двійниках. Це означає, що підготовка фахівця повинна включати не лише роботу з реальним обладнанням, але і опанування сучасних ІТ-інструментів, серед яких CAD/CAM/CAE-системи, системи моніторингу виробництва та програмного керування верстатами [18].

Традиційна підготовка, що спирається переважно на практику на верстатах і теоретичні дисципліни, не відповідає потребам сучасного виробництва, де ключове значення має здатність працювати з цифровими

моделями виробу та процесу, розуміти взаємозв'язки між етапами виробництва та прогнозувати результати. Отже, інтеграція цифрових технологій у навчальний процес є необхідною умовою створення ефективної методики підготовки.

2. Ускладнення технологічних процесів і зростання вимог до точності та надійності. Обробка деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177 передбачає виконання операцій із високими вимогами до точності, стабільності процесу та продуктивності. У таких умовах фахівець повинен розуміти вплив технологічних параметрів — режимів різання, стійкості інструменту, жорсткості системи «верстат–інструмент–заготовка», теплових деформацій тощо. Невміння врахувати ці чинники може призвести до дефектів обробки, зниження продуктивності або навіть аварійних ситуацій [8].

Це формує потребу в новій навчальній методиці, яка дозволить майбутнім фахівцям експериментувати з параметрами в умовах моделювання, вивчати вплив різних режимів на результат обробки та розуміти причини виникнення похибок. Без поєднання теорії, практики та симуляції неможливо сформувати глибоке технологічне мислення, необхідне для роботи з сучасними ГВМ.

3. Потреба у підготовці фахівців, здатних до аналітичного мислення і прийняття рішень. Сучасний оператор або технолог не може діяти суто за інструкціями. Автоматизовані системи генерують значні масиви даних — про навантаження на шпиндель, температуру, вібрації, траєкторії руху інструмента, відхилення параметрів процесу. Фахівцю необхідно не лише інтерпретувати ці дані, але і на їх основі приймати рішення щодо коригування режимів роботи, вибору інструменту, оптимізації траєкторій.

Це означає, що традиційні програми професійного навчання, орієнтовані лише на репродуктивні дії, вже не відповідають потребам виробництва. Натомість необхідна методика, яка розвиває аналітичні навички, вміння працювати з цифровими інструментами аналізу, логічне мислення та здатність швидко оцінювати ситуацію. Сучасні освітні технології, такі як симулятори,

цифрові лабораторії і інтерактивні середовища, створюють для цього реальні можливості.

4. Впровадження компетентнісного підходу в професійну освіту. Перехід до компетентнісної моделі освіти визначає нову логіку розробки навчальних програм. Підготовка фахівця повинна бути спрямована не лише на передачу знань, але і на формування умінь, практичних навичок, ціннісних орієнтацій та поведінкових моделей. Для роботи з ГВМ СН0177 важливими стають компетентності в галузі:

- технічного та програмного забезпечення верстатів;
- аналізу технологічних процесів;
- прийняття рішень у нестандартних ситуаціях;
- використання цифрових інженерних систем;
- командної взаємодії в умовах інтегрованого виробництва.

Розробка сучасної навчальної методики повинна враховувати цю зміну парадигми та орієнтуватися на результат діяльності, а не лише на засвоєння теорії.

5. Фізична та економічна обмеженість реального виробничого обладнання. ГВМ СН0177 є складною і дорогою системою з високими вимогами до безпеки. Використання його виключно для навчальних цілей обмежене як з точки зору вартості експлуатації, так і через ризики помилок студентів. Також існують часові обмеження, пов'язані з необхідністю забезпечення виробничих процесів на підприємстві.

У таких умовах ефективне навчання потребує включення альтернативних форм, таких як:

- віртуальні тренажери;
- цифрові двійники модулів;
- симулятори верстатів;
- інтерактивні навчальні середовища.

Це дозволяє відтворити повний спектр виробничих ситуацій без ризику пошкодження обладнання та без зайвих витрат. Отже, об'єктивною

передумовою створення сучасної методики є необхідність оптимізації ресурсів та безпечної організації навчальної діяльності.

6. Вимога до гнучкості та адаптивності підготовки. Виробничі процеси постійно змінюються: оновлюється інструментальна база, змінюються стандарти, з'являються нові матеріали та технології. Система підготовки повинна бути здатною швидко адаптуватися до цих змін, забезпечуючи можливість оперативного оновлення змісту і методів навчання.

Сучасна методика має враховувати:

- можливість швидкого оновлення навчальних модулів;
- включення актуальних виробничих кейсів;
- застосування платформи змішаного навчання;
- онлайн-доступ до симуляцій, відеоматеріалів, електронних бібліотек.

Без гнучкості і адаптивності освіта не зможе відповідати вимогам сучасного машинобудування.

7. Потреба у формуванні комплексної взаємодії між освітою та виробництвом. Розробка сучасної методики підготовки неможлива без тісної співпраці з підприємствами, які експлуатують ГВМ СН0177. Саме виробництво формує реальні вимоги до компетентностей, визначає проблеми, з якими стикаються фахівці, і створює практичний контекст для застосування отриманих знань.

Співпраця між навчальними закладами та підприємствами забезпечує:

- спільну розробку навчальних програм;
- стажування на виробництві;
- доступ до реальних технологічних процесів;
- перевірку ефективності методики в умовах практичної діяльності.

Це є важливою об'єктивною передумовою, яка визначає практичну спрямованість методики та її відповідність реальним умовам.

Наведені передумови свідчать про необхідність розробки сучасної методики підготовки фахівців для роботи з ГВМ СН0177, яка відповідатиме вимогам цифрового виробництва та сучасної технологічної практики. Така методика має поєднувати:

- цифрові освітні технології;
- інтегровані навчальні середовища;
- моделювання та симуляцію процесів;
- компетентнісний підхід;
- тісну взаємодію з виробництвом.

Тільки за умови врахування цих передумов можна забезпечити підготовку фахівців, здатних ефективно працювати в умовах сучасних гнучких виробничих систем і забезпечувати високу продуктивність та надійність технологічних процесів.

#### **1.4 Висновки**

Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі набуває вирішального значення в умовах стрімкого технологічного оновлення виробництва та впровадження високотехнологічного обладнання, зокрема гнучких виробничих модулів ГВМ СН0177. Сучасні тенденції розвитку машинобудування засвідчують зростання вимог до точності, стабільності та продуктивності обробки деталей типу «Вал», що потребує оновлення змісту, форм і методів професійного навчання.

У ході дослідження встановлено, що традиційні підходи до підготовки операторів і технологів вже не забезпечують формування компетентностей, необхідних для роботи з комплексними цифровими виробничими системами. Недостатній рівень інтеграції цифрових технологій, обмеженість практичного доступу до високотехнологічного обладнання, а також слабка орієнтація на аналітичне та інженерне мислення суттєво ускладнюють процес підготовки кадрів, здатних ефективно працювати з ГВМ СН0177.

Визначено, що ключовими факторами актуалізації проблеми професійної підготовки є:

- цифровізація виробничих процесів і впровадження CAD/CAM/CAE-систем;
- потреба у глибокому розумінні технологічних закономірностей обробки деталей типу «Вал»;
- необхідність прогнозування продуктивності та надійності процесів на основі моделювання і аналізу даних;
- підвищення ролі інтерактивних освітніх інструментів та віртуальних симуляцій;
- зростання значення компетентнісного підходу у професійній підготовці.

Окремо підкреслено, що обробка деталей типу «Вал» на ГВМ SN0177 вимагає від фахівця не лише технічних навичок, але і здатності працювати з цифровими моделями, оптимізувати режими обробки, проводити аналітичні дослідження, оцінювати надійність технологічних операцій та приймати обґрунтовані інженерні рішення. Це формує потребу у створенні сучасної методики навчання, що поєднує практичну, теоретичну та цифрову складову.

Таким чином, актуальність професійної підготовки фахівців для роботи з ГВМ SN0177 зумовлена комплексом взаємопов'язаних чинників технологічного, освітнього і організаційного характеру. Узагальнення отриманих результатів підтверджує необхідність розробки інноваційного дидактичного підходу, який би забезпечував формування повного спектра компетентностей, необхідних для дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на сучасному високотехнологічному обладнанні.

## 2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ ЦЕНТРАХ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

### **2.1 Аналіз ефективності обробки деталей типу «Вал» на оброблювальних центрах в умовах одиничного й дрібносерійного виробництва**

Автоматизація повсюдно рахується головним, найбільш перспективним напрямком в розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва.

Автоматизація промислових виробництв неоднакова. Вона дає найбільший ефект в виробництвах з одиничним випуском продукції і порівняно праце місткими технологічними процесами.

Тому в останні роки більша увага надається “гнучкості” автоматичного обладнання, досягненої шляхом широкого використання принципів агрегування і програмного управління, що веде за собою поступове ускладнення конструкції.

Числове програмне керування (ЧПК) стало універсальним засобом управління верстатами. Його застосовують для всіх груп і типів верстатів.

Застосування верстатів з ЧПК дозволило якісно змінити металообробку, дістати більший економічний ефект. Обробка на верстатах з ЧПК характеризується: ростом виробництва праці оператора-верстатника завдяки скороченню основного і додаткового часу (переналадки); можливістю застосування багатOVERстатного обслуговування; підвищеною точністю; зниженням затрат на спеціальне устаткування; скороченням або повною ліквідацією розміточних і слюсарних робіт [44,48].

Велика перевага обробки на верстатах з ЧПК полягає також в тому, що значно зменшується доля важкої ручної праці робітників, зменшується

необхідність в кваліфікованих верстатниках -універсалах, змінюється склад робітників металообробних цехів.

Намагання збільшити кількість продукції, що випускається з допомогою верстатів з ЧПК, прискорити зміну виробів в машинобудуванні і запобігти дефіциту операторів верстатів привело до появи гнучких виробничих модулів (ГВМ) і гнучких виробничих систем (ГПС), що являють собою сукупність багатоопераційних (багатоцільових) верстатів з ЧПК, роботизованих транспортних засобів і мікроелектронних систем управління, що мають галузеву гнучку структуру. Завдяки застосуванню ГВМ і ГПС вирішується проблема цілодобового використання обладнання, відкриваються можливості практичної реалізації “безлюдної технології”, при якій виробничий персонал працює головним чином в першу, найбільш продуктивну зміну.

Через це автоматизація завантажувально-розвантажувальних, транспортних операцій, а також цілого ряду технологічних операцій досягається в цих типах виробництва за рахунок обладнання з програмним управлінням, і дуже швидкою переналадкою [39].

На сьогоднішній день промислові роботи з програмним управлінням і подібні їм обладнання являються практично єдиним засобом автоматизації серійного і дрібносерійного виробництва. В області масового виробництва використання робототехніки, економічно виправдані в результаті значного скорочення часу проектування виготовлення і залучення автоматичних ліній оскільки появляється можливість замінити спеціалізовані, транспортні, орієнтуєчі та інше допоміжне обладнання та типові робототехнічні прилади.

Застосування ЧПК не тільки змінило характер організації виробництва в металообробних цехах, але і корінним чином вплинуло на конструкцію самих верстатів.

По принципу зміни заготовок верстати з ЧПК поділяються на верстати з ручною і автоматичною зміною заготовок.

Верстати з автоматичною зміною заготовок оснащені автоматичними накопичувачами заготовок можуть працювати довгий час без участі оператора.

Такі верстати дістали назву гнучких виробничих модулів (ГВМ).

Верстати з ЧПК для гнучкого механообробного виробництва краще створювати на базі уніфікованих компонентів, використовуючи принцип агрегатно-модульного будування.

Ряд уніфікованих конструктивних компонентів верстатів, визначений виконуючими в процесі обробки функціями, включає в себе:

- несучі елементи конструкції (станини, стойки, портали тощо);
- шпindelльні коробки з проводами, що забезпечують потрібні швидкості і сили різання;
- столи з прямолінійними і круговими рухами разом з приводами подачі, що забезпечують взаємний простір переміщення інструмента і оброблювального виробу;
- допоміжні прилади для накопичення і заміни ріжучих інструментів на верстаті (магазини, автооператори з приводами і оснасткою);
- пристрої для автоматичної заміни заготовок (накопичувачі і завантажувально-розвантажувальні механізми, маніпулятори або промислові роботи), що забезпечують роботу верстата в складі РТК і ГВМ [53].

Основною особливістю уніфікованих конструкційних компонентів верстатів є можливість управління їх роботою пристроєм ЧПК, що забезпечує швидко і автоматичну переналадку на обробку різноманітних виробів. Для можливості управління пристроєм ЧПК окремі модулі і їх компоненти оснащуються регулюючими або слідкуючи-регулюючими електроприводами, а також датчиками зворотного зв'язку по положенню рухомих елементів або по параметрах технологічного процесу для реалізації адаптивних функцій.

## **2.2 Аналіз технологічності виготовлення деталі «Вал» на оброблювальних центрах**

Оцінка технологічності конструкції деталі є важливим етапом технологічної підготовки виробництва. Конструкція деталі є технологічною,

якщо при її виготовленні та експлуатації витрати матеріалу, часу та коштів мінімальні. Якісна оцінка, «добре», «погано», передує кількісної.

Оцінювати деталь ми будемо тільки з боку якісної оцінки і стосовно до нашого верстата входить до складу ГВМ. У всіх випадках аналіз технологічності завершується розрахунком техніко-економічних показників, що підтверджують доцільність запропонованих заходів.

До загальних вимог технологічності відносяться:

- Вибір матеріалу деталі й ув'язування вимог якості поверхневого шару. Деталь «Вал» виготовлена із сталі 45 ДСТУ 7809, EN 10083-2 C45, C45E;
- Забезпечення достатньої жорсткості конструкції;
- Наявність або створення штучних технологічних баз, використовуваних при обробці та закріплення заготовки;
  - Скорочення кількості встановивши заготовки при обробці. Основні оброблювані поверхні, що мають найбільш жорсткі вимоги до якості виготовлення, обробляються за один установ - зовнішні циліндричні поверхні, ребра за другий установ, внутрішні циліндричні обробляються за третій установ;
  - Наявність елементів, зручних для закріплення заготовки в пристосуванні;
  - Можливість обробки максимального числа поверхонь з одного установка;
  - Відсутність або зведення до мінімуму глухих отворів і отворів, розташованих не під прямим кутом до основних координатним осям деталі;
  - Максимальна можлива уніфікація форми і розмірів оброблюваних елементів;
  - Завдання координат оброблюваних елементів з урахуванням можливостей пристрою ЧПК верстатом;
  - Форма деталі, зручна для автоматичного контролю та забезпечення умови легкого видалення стружки: конструкція деталі дозволяє використовувати пристрій активного контролю.

Виходячи з ДСТУ 7809 технологічність ділять на дві групи:

1. загальна технологічність деталі, як фізичного тіла;
2. технологічність оброблюваних поверхонь.

У першу групу технологічності виробу [38] входять наступні параметри: вимоги до характеристик поверхневого шару - найбільш часто застосовувана шорсткість, твердість більшості поверхонь, особливі вимоги до характеристик поверхонь (фізико-хімічні або електрохімічні); фізико-механічні властивості виробу, що впливають на його жорсткість і оброблюваність (межі міцності різного виду, коефіцієнт оброблюваності); ступінь точності отримання заготовки, як наслідок, можливість отримання поверхонь деталі в якості настановних баз без механічної обробки; географічна конфігурація виробу (наявність на деталі типових поверхонь, що забезпечують установку і затиск виробу);

Друга група технологічності виробів включає в себе:

- оцінку можливості отримання поверхонь на основі стандартної обробки цього виробу;
- фізико-механічні властивості до і після обробки;
- розташування поверхонь на деталі і зручність доступу до них у процесі обробки;
- точність отримання лінійних та кутових розмірів поверхні, абсолютні значення розмірів поверхонь.

### 2.2.1 Оцінка технологічності. Якісний аналіз

Аналіз оброблюваності деталі різанням на верстаті з ЧПК моделі РТ705Ф3. Деталь «Вал» виготовляється з нелегованої сталі 45 ДСТУ 7809-2015.

Однією з найбільш стійких конструкційних вуглецевих якісних сталей, вважається сталь 45, так як вона забезпечує нормалізацію, поліпшення і схильність до поверхневої термічної обробки виробу зі сталі 45. У виробництві шестерень, бандажів, вал, шестерень, колінчатих валів, розподільчих валів, шпинделів, фрикційних дисків, зубчастих рейок, прокатних валків, і багатьох інших не відповідальних деталей сталь 45 вважається кращим вихідним

матеріалом. Широко застосовується сталь 45 в виробництві ріжучих інструментів.

Зміст вуглецю  $C \approx 0.45\%$  у сталі збільшує міцність сталі і знижує її оброблюваність, а також дає високу чистоту поверхні при обробці різанням, але при збільшенні кількості вуглецю утрудняє обробка при збільшенні сили різання. Крайньою точкою збереження міцності сталі 45 є температура 200 градусів, при нагріванні вироби зі сталі 45 вище цього показника воно втрачає міцність.

Вміст хрому  $Cr \approx 0.25\%$  дозволяє отримати рівномірну твердість на всій поверхні деталі, що знижує похибка від пружних деформацій. Вміст марганцю  $Mn \approx 0.5-0.8\%$  підвищує оброблюваність сталі.

Межа міцності 1470 МПа, межа текучості 1250 МПа, твердість у стані поставки  $\approx 234$  НВ. Підвищена міцність сталі 45 досягається за допомогою різних прийомів термічної обробки. Наприклад, до сталі 45 застосовують подвійну термообробку з високо температурним відпусткою, в результаті чого забезпечується її стійкість до водневого розтіканню. Її недоліком є відпускна крихкість, тендітність. Можливість заміни на сталь 40, сталь 40Х, сталь 50.

### 2.2.2 Аналіз точності і шорсткості

Деталь «Вал» має велику кількість оброблених поверхонь більшість яких має невисоку точність обробки 14 квалітет точності і шорсткість Rz40 (3,2 Ra). Це обумовлено тим, що ці поверхні не виконують важливих функцій, де необхідно мати високу точність і шорсткість поверхні.

Поверхні  $\varnothing 72h6$  мають точність 6-го квалітету і шорсткість 1,25 Ra. Це посадочні місця для напресування підшипників на вал, а також є базовими поверхнями.

Поверхня  $\varnothing 40h7$  має точність 7-го квалітету і шорсткість 2,0 Ra. Ця поверхня можливо буде з'єднаються з іншими поверхнями і тому має підвищену точність.

Поверхні  $\varnothing 73h9$  і  $\varnothing 70h9$  мають точність 9-го квалітету і шорсткість 2,5 Ra. Поверхня  $\varnothing 73h9$  - є попередньої отримання на її основі більш точних

поверхонь, тому має таку точність. А поверхня  $\varnothing 70h9$  - є установчою базою для обробки точних поверхонь, відповідно має таку точність.

Поверхні  $\varnothing 114$ -є циліндричною поверхнею, яка виконується з мінімальною точністю 14-го квалітету, оскільки не буде сполучатися з іншими поверхнями або бути базою.

Решта поверхні деталі виконані з точністю 14-го квалітету і шорсткістю Rz40 (3,2 Ra). До цих поверхнях відносяться циліндричні поверхні, центрові отвори, канавка і фаски.

Таким чином, можна зробити висновок, що призначаються правильно високі квалітету точності і шорсткість для відповідальних поверхонь, і низькі для поверхонь які не беруть участі важливого при контакті з іншими поверхнями [23,27].

### 2.2.3 Аналіз методів базування виробу

Вибір схем базування проводимо відповідно з технологічним процесом, що виконується, притримуючись принципів єдності та постійності баз. При виборі теоретичних схем базування керуємося вимогами ГОСТ 21495-76 “Бази та базування в машинобудуванні”, а також ГОСТ 3.12.07-81 “Умовні позначення опор, затисків та установочних пристроїв ”

В умовах проектування ГАП необхідно вибрати обмежене число установок. Аналіз робочого креслення деталі показує, що обробити поверхню деталі типу “Вал ” потрібно при базуванні двома установками.

Попередньо умовно поділивши деталь на праву та ліву сторони, оброблюємо з одного установу з однієї сторони, перевстановлюємо та проводимо обробку з іншої сторони.

Закріплюємо по циліндричній поверхні у 3-кулачковому патроні, а потім піджимаємо центром з протилежного боку.

### 2.2.4 Аналіз оброблюваності

З точки зору зручності обробки на верстаті з ЧПК моделі РТ705Ф3 деталь технологічна, тому що має більшість поверхонь, які обробляються при простих

взаємних переміщеннях заготовки та ріжучих інструментів (циліндричні поверхні).

Ряд поверхонь представляють собою уніфіковані поверхні, такі як: канавки, фаски, округлення, що дозволяє обробляти їх стандартним різальним інструментом.

Оброблювані поверхні чітко розмежовані і легкодоступні для ріжучого інструменту; мають вільний підвід і відвід різального інструменту.

Деталь не мають складних конструктивних елементів, завищених вимог до оброблюваних поверхонь.

Єдиним мінусом, і не технологічним елементом для нашого верстата, є центрові отвори, які вимагають додаткової попередньої обробки на іншому обладнанні. У свою чергу є важливим елементом, для точного встановлення і закріплення деталі на верстаті [44].

### **2.3 Мета і завдання технологічної частини кваліфікаційної роботи**

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, що випускається, багато в чому залежать від розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів і апаратів, від усіякого впровадження методів техніко-економічного аналізу, що забезпечує рішення технічних питань й економічну ефективність технологічних і конструкторських розробок.

Значення постановки всіх цих питань при підготовці кваліфікованих кадрів фахівців виробництва, які повністю опанували інженерні методи проектування виробничих процесів, очевидно. У зв'язку із цим під час виконання випускної роботи закріплюються, заглиблюються і узагальнюються знання, отримані студентами під час лекційних і практичних занять.

Основною метою випускної роботи є підвищення продуктивності ділянки механічної обробки різанням деталей типу «Вал» на основі застосування групових методів обробки в умовах дрібносерійного автоматизованого виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- виконати аналіз літературних даних по даній тематиці;
- розробити технологічну документацію для обробки деталей типу «Вал» в умовах дрібносерійного автоматизованого виробництва;
- підібрати технологічне оснащення для базування і транспортування об'єкта обробки;
- вибрати основне та допоміжне технологічне устаткування;
- виконати моделювання системи виготовлення деталі «Вал»;
- виконати нормування процесу обробки виробу «Вал» на обробному центрі SN0177.

## **2.4 Висновки**

У розділі була визначена ціль дослідження, та визначені задачі, які треба вирішити для досягнення поставленої цілі. Проведений аналіз деталі «Вал».

Деталь «Вал» була проаналізована на технологічність для обробки в умовах ГВМ і є повністю технологічною для обробки у ГВМ моделі SN0177.

При розробці технологічної документації необхідно скласти груповий маршрут обробки деталей, далі на його підставі розробити групові технологічні операції. Для складання повного технологічного процесу необхідно визначити припуски на операціях і режими різання для обробки деталі «Вал».

Необхідно враховувати особливості конструкції, габарити оброблюваних деталей для підбора основного й допоміжного устаткування, пристрою, а також для вибору способу транспортування й робота, що буде виконувати перенос деталей і заготовок.

За допомогою імітаційного моделювання необхідно визначити взаємне розташування всіх елементів технологічного процесу, а також час, що буде витрачатися на допоміжні дії.

### 3. РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

#### **3.1 Аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці виробу на оброблювальних центрах в умовах дрібносерійного виробництва**

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) - сукупність заходів, що забезпечують технологічну готовність виробництва. Остання визначається наявністю на підприємстві повних комплектів конструкторської і технологічної документації і СТО, необхідних для здійснення заданого обсягу випуску продукції із установленими техніко-економічними показниками [48].

Одиничне виробництво характеризується широким асортиментом продукції і невеликим обсягом випуску однакових виробів. При цьому зразки ніколи не повторюються або повторюються нерегулярно. За кожним робочим місцем не закріплені певні операції, тобто відсутня глибока спеціалізація. Як правило, обладнання унікальне, універсальне та розміщене за однорідними групами. При одиничному типі виробництва застосовується послідовний вид пересування предметів праці та існує відносно велика питома вага ручної праці.

Одиничне виробництво характеризується наявністю значного незавершеного виробництва та відсутністю закріплення операцій за робочими місцями. Характеризується одиничне виробництво високою собівартістю продукції, що випускається, і тривалим виробничим циклом.

Різноманітна номенклатура робить одиничне виробництво більш мобільним та швидко пристосованим до умов сучасного ринку.

В одиничному і дрібносерійному виробництвах продовжують експлуатувати досить прості по конструкції універсальні верстати з ручним керуванням. Підвищення продуктивності на цих верстатах досягається шляхом оснащення верстатів спеціальними пристосуваннями і інструментом, частковою автоматизацією деяких переходів. При обслуговуванні верстатів оператор є активною ланкою в технологічному ланцюжку. Він визначає послідовність ходів, здійснює вибір і перемикає частот обертавання шпинделя й деякою мірою є розроблювачем процесу [52].

Розрізняють п'ять основних джерел підвищення ефективності виробництва:

- застосування верстатів із ЧПК;
- застосування прогресивних технологічних процесів;
- збільшення продуктивності встаткування; зниження трудових витрат;
- економія, одержувана від проведення організаційно-технічних заходів;
- поліпшення якості виробів, що випускаються.

Застосування верстатів із ЧПК, що забезпечують автоматичне виконання обробки металів різанням, деталей будь-якої складної форми, при використанні автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП) дозволяє здійснити комплексну автоматизацію машинобудівного виробництва.

Найбільш складною проблемою, від рішення якої залежить ефективно використання верстатів із ЧПК, є швидка і якісна підготовка керуючих програм (КП). Зі збільшенням масштабів застосування верстатів із ЧПК, розширенням їхніх технологічних можливостей у напрямку багато інструментальної об'ємної обробки і створенням на їхній базі гнучких виробничих систем (ГВС) підготовка КП стала неможливою без автоматизації цього процесу за допомогою ЕОМ.

Застосування верстатів із ЧПК дозволяє також забезпечити скорочення термінів підготовки виробництва при зміні продукції, що особливо важливо в умовах прискорення науково-технічного прогресу, для швидкого освоєння нових виробів [44].

### **3.2 Розробка групового маршруту одержання деталі «Вал» у системі MasterCam**

Вихідну інформацію для розробки ТП підрозділяють на базову, керівну і довідкову.

При розробці ТП для нових виробництв базовими вихідними даними є: робочий креслення, на якому зазначені матеріали, конструктивні форми і

розміри деталі; технічні умови і вимоги на виготовлення деталі, що визначають точність і якість оброблюваних поверхонь; особливі вимоги, що обмовляють, наприклад, твердість окремих поверхонь деталі, структуру матеріалу деяких ділянок виробу, види термічної обробки, необхідність балансування; обсяг випуску виробів, який включає кількість необхідних для збірки виробу деталей і запасних частин; планований інтервал часу випуску виробів і запасних частин. Якщо випуск в часі нерівномірний, то його вказують по роках або іншим періодами часу.

При розробці ТП для діючих або реконструюються заводів у додаток до вищевказаних базовим даними необхідно також мати у своєму розпорядженні відомостями про наявність устаткування, СТО, виробничих площах та інших місцевих умов. При цьому можливості технолога можуть бути обмежені, зокрема, які існують на підприємстві технологічними методами отримання заготовки і механічної обробки [53].

Для опису вихідних даних проектування технологічного процесу необхідно визначити суть поставленого завдання, тобто проектування. Проектування технологічного процесу відбувається в автоматичному режимі за допомогою програми MasterCam\_CNC Software, Inc.

Вихідними даними для проектування технологічного процесу обробки деталі є графічна документація-Операційно-технологічна карта обробки типовий заготовки типу «Вал» [3,22 ].

Після того, як введені всі дані щодо кодованих поверхонь (рис.3.3) за допомогою кнопки «Assign» внизу на панелі інструментів призначаємо для нашого конкретного технологічного процес загальний технологічний процес.

Потім натискаючи кнопку «ToolPaths» на панелі інструментів (рис.3.4) і одержуємо конкретний технологічний процес з текстами переходів і порохованих режимами і нормами часу (див. рис. 3.4).



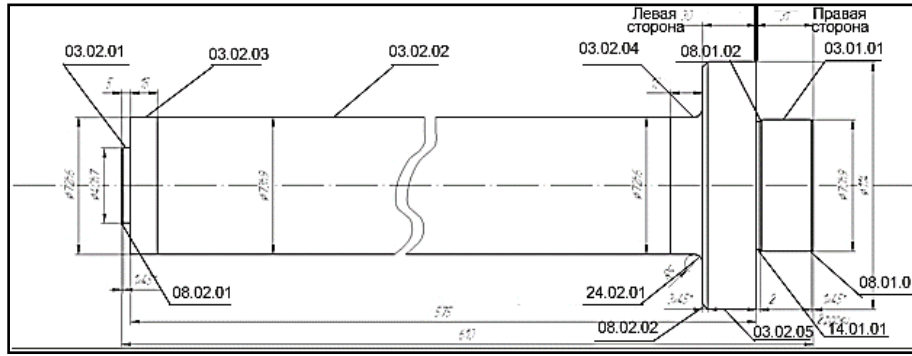


Рисунок 3.2 - Кодування поверхонь



Рисунок 3.3 - Перелік кодів елементів деталі «Вал»

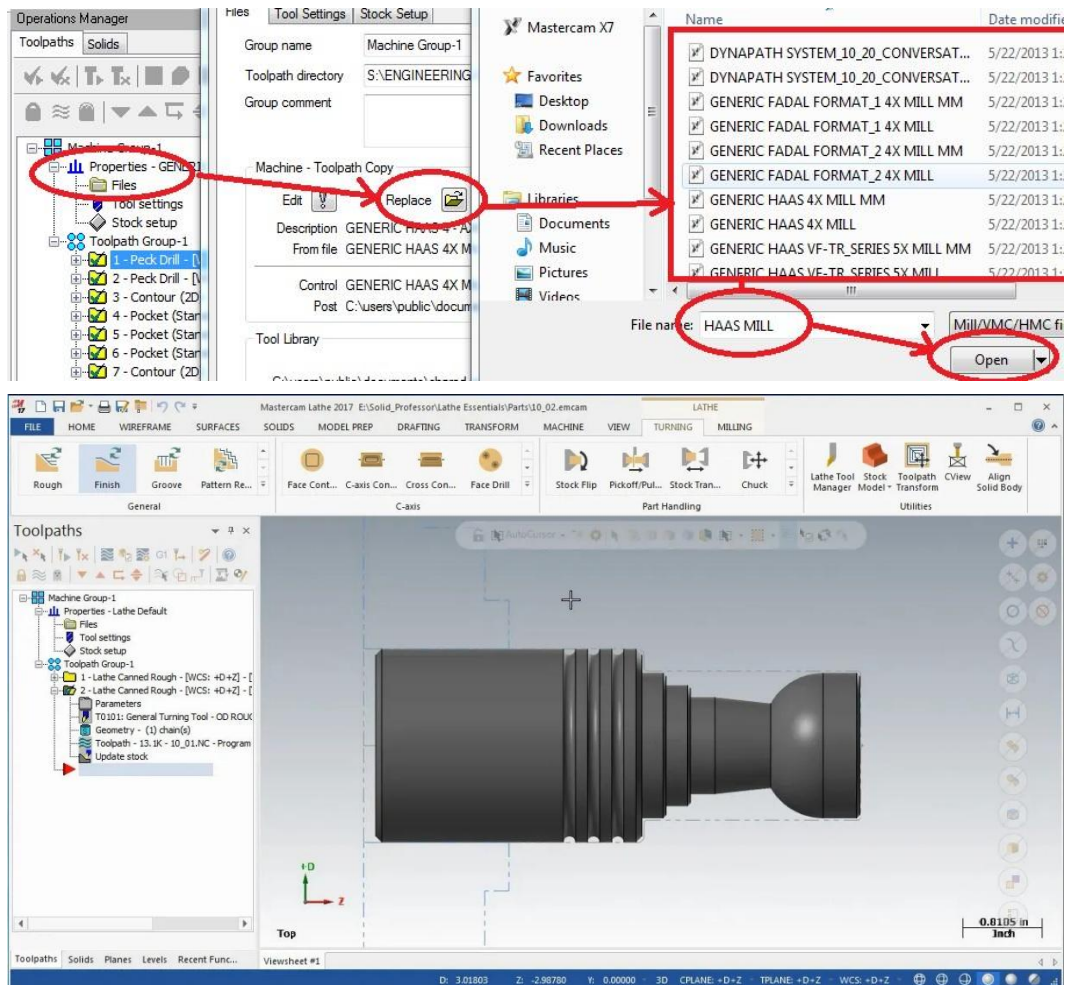


Рисунок 3.4 - Панель інструментів

На підставі всіх зроблених дій та даної операційно-технологічної карти обробки спроектований технологічний процес обробки деталі «Вал» у системі MasterCam.

| Tool Nu... | Name                           | Diameter | Cutting Depth | Overall Length | Corner Radius | Radius   |
|------------|--------------------------------|----------|---------------|----------------|---------------|----------|
| 612        | 25. BULL ENDMILL 4. RAD        | 25       | 50            | 75             | 4             | Corner   |
| 513        | 25 / 45 CHAMFER MILL           | 25       | 25            | 50             | 0             | None     |
| 510        | 25. BALL ENDMILL               | 25       | 50            | 75             | 12.5          | Full Rac |
| 632        | 25. MM 120 DEGREE ENGRAVE T... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 633        | 25. MM 60 DEGREE ENGRAVE TO... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 613        | 25. BULL ENDMILL 2. RAD        | 25       | 50            | 75             | 2             | Corner   |
| 634        | 25. MM 30 DEGREE ENGRAVE TO... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 635        | 25. MM 90 DEGREE ENGRAVE TO... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 485        | 25. FLAT ENDMILL               | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 614        | 25. BULL ENDMILL 1. RAD        | 25       | 50            | 75             | 1             | Corner   |
| 615        | 25. BULL ENDMILL 3. RAD        | 25       | 50            | 75             | 3             | Corner   |

Рисунок 3.5 - Технологічний процес

На підставі відомостей журналу формування конкретного технологічного процесу в системі MasterCam можна сказати, що розроблений технологічний процес правильний і коректуванню не підлягає, а значить, ми розробили технологічний процес обробки деталі «Вал» в умовах одиничного (дрібносерійного) неавтоматизованого виробництва. Текстові документи маршрутних, операційних карт і карт ескізів можна переглянути і роздрукувати на закладці «Документи» на панелі вихідних даних конкретного технологічного процесу (див. рис.3.6).



Рисунок 3.6 – Вкладка «Документи»

В операції 005 обробляються базова циліндрична поверхня, канавка і фаски, з одного боку деталі. Далі деталь перестановлюємо і в операції 010 обробляються всі поверхні розташовані з іншого боку деталі. А саме циліндричні поверхні з різною точністю, фаски та радіусну поверхню, яка отримується автоматично.

### **3.3 Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів отримання деталі «Вал»**

Розмірна схема технологічного процесу складається й оформляється наступним чином. Викреслюється ескіз деталі в одній або двох проекціях, залежно від її конфігурації. Для тіл обертання досить однієї проекції, при цьому можна викреслити тільки половину деталі по осі симетрії. Для корпусних деталей може знадобитися дві або навіть три проекції залежно від розташування розмірів довжин [23].

Над деталлю вказуються розміри довжин з допусками, задані конструктором. Для зручності складання розмірних ланцюгів, конструкторські розміри позначаються буквою  $A_i$ , де  $i$  - порядковий номер конструкторського розміру. На ескіз деталі умовно наносяться припуски  $Z_m$  де  $m$  - номер поверхні, до якої ставиться припуск. Всі поверхні деталі нумеруються по порядку зліва на право. Якщо в завдання технолога не входить визначення розмірів заготовки і загальних припусків і він має справу вже з готовими розмірами заготовки, то нумеруються тільки ті поверхні, які утворюються після виконання кожного технологічного переходу, а з необроблених нумеруються тільки ті поверхні, які використовуються як технологічні бази на перших операціях. Через нумеровані поверхні проводяться вертикальні лінії. Між вертикальними лініями, знизу вгору, вказуються технологічні розміри, отримані в результаті виконання кожного технологічного переходу. Технологічні розміри позначаються буквою  $S_k$ , де  $k$  - порядковий номер переходу. Розміри заготовки позначаються буквою  $Z_r$ , де  $r$  - порядковий номер поверхні заготовки. Праворуч від розмірної схеми для кожної операції складаються схеми технологічних розмірних ланцюгів.

Якщо технологічний розмір збігається з конструкторським, то одержуємо дволанковий розмірний ланцюг. Замикаючі ланки на всіх схемах розмірних

ланцюгів містять у квадратні дужки. Виявлення розмірних ланцюгів за розмірною схемою починається з останньої операції, тобто за схемою зверху вниз. У такій же послідовності виробляється й розрахунок розмірних ланцюгів. При цьому необхідно, щоб у кожному новому ланцюзі був невідомий тільки один розмір.

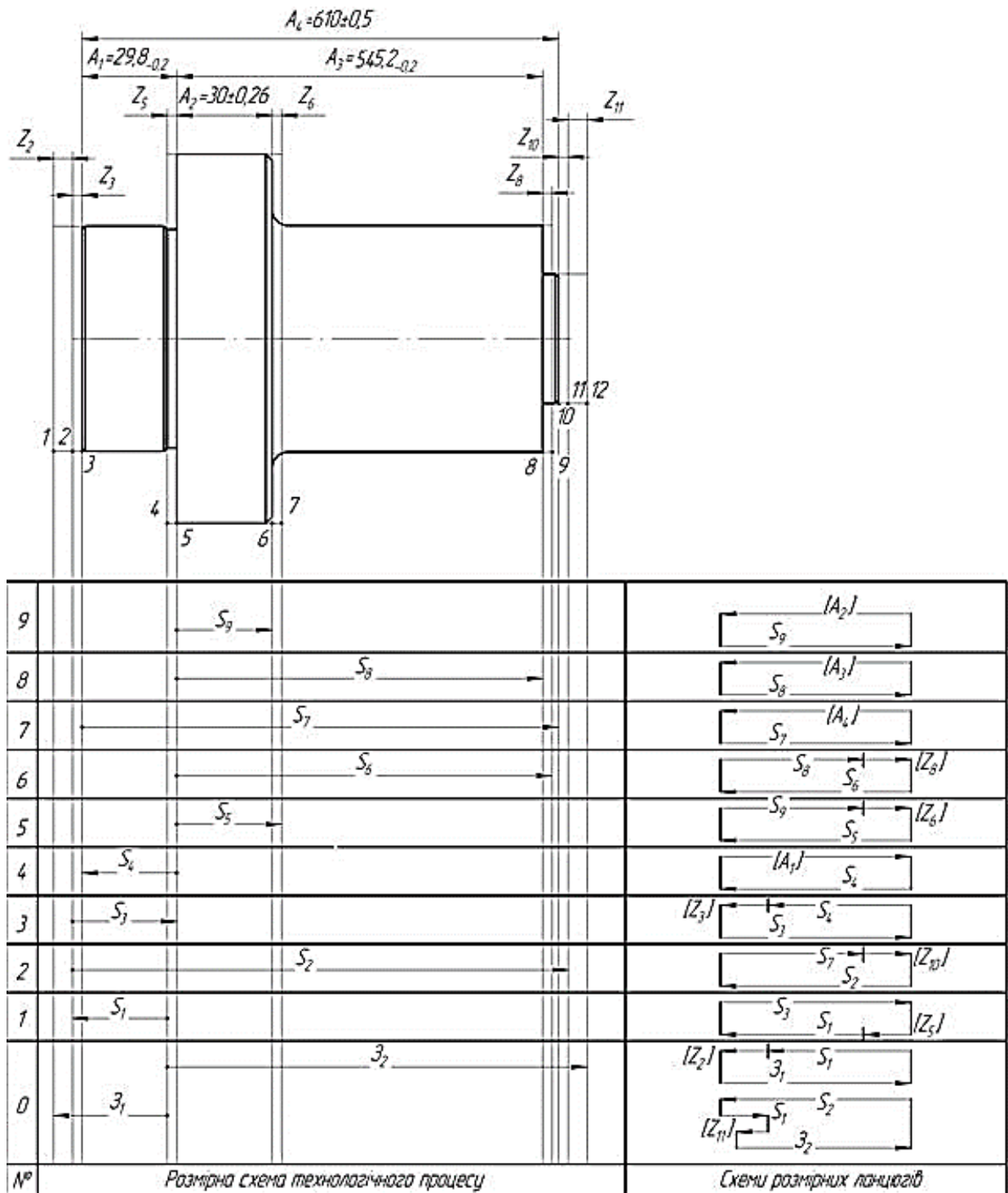


Рисунок 3.7 - Розмірний аналіз технологічного процесу обробки ступінчатого валу

На першій операції (рис. 3.7) виконується розмір  $S_9$ , що збігається з конструкторським розміром  $A_2$ , тому для його визначення складений дволанковий розмірний ланцюг. А також технологічні розміри  $S_8$ ,  $S_7$  і  $S_4$ , збігаються з конструкторськими розмірами  $A_3$ ,  $A_4$  і  $A_1$  відповідно, тому для них також складені дволанкові розмірні ланцюги. Розмір  $S_6$  визначиться з технологічного розмірного ланцюга, що складається з розмірів  $S_6$ ,  $S_8$  й  $Z_8$ . Замикаючою ланкою цього ланцюга є припуск  $Z_8$ . Для визначення розміру  $S_5$  складений розмірний ланцюг з розмірів  $S_5$ ,  $S_9$ , й  $Z_6$ . Замикаючою ланкою цього ланцюга буде припуск  $Z_6$ . Розміри  $S_3$  і  $S_2$  визначиться з технологічних розмірних ланцюгів, що складається з розмірів  $S_3$ ,  $S_4$  й  $Z_3$  і  $S_2$ ,  $S_7$  й  $Z_{10}$  відповідно. Замикаючими ланками цих ланцюгів є припуски  $Z_3$  і  $Z_{10}$ . Аналогічно виявляються розмірні ланцюги й складаються схеми для визначення розмірів заготовки  $Z_1$  і  $Z_3$ .

На підставі складених схем розмірних ланцюгів виконується визначення типів складових ланок і складання вихідних рівнянь, а потім їхній розрахунок. Для розглянутого прикладу вихідні рівняння в послідовності їхнього розрахунку приведені нижче:

1.  $A_2 = S_9$  визначається розмір  $S_9$ .
3.  $A_3 = S_8$  .....  $S_8$ .
3.  $A_4 = S_7$  .....  $S_7$ .
4.  $Z_8 = S_6 - S_8$  .....  $S_6$ .
5.  $Z_6 = S_5 - S_9$  .....  $S_5$ .
6.  $A_1 = S_4$  .....  $S_4$ .
7.  $Z_3 = S_3 - S_4$  .....  $S_3$ .
8.  $Z_{10} = S_2 - S_7$  .....  $S_3$ .
9.  $Z_5 = S_1 - S_3$  .....  $S_1$ .
10.  $Z_2 = Z_1 - S_1$  .....  $Z_1$ .
11.  $Z_{11} = S_1 - S_2 + Z_2$  .....  $Z_3$ .

Виявлення розмірних ланцюгів безпосередньо за розмірною схемою технологічного процесу в ряді випадків може виявитися досить трудомістким

завданням, тому що технологічні розмірні ланцюги часто є зв'язаними розмірними ланцюгами. Тому необхідно, щоб у кожному розмірному ланцюзі був тільки один конструкторський розмір або один розмір припуску, які є замикаючими ланками технологічних розмірних ланцюгів. Прикладом такої важкої для виявлення розмірного ланцюга служить ланцюг із замикаючою ланкою  $Z_{11}$ . Труднощі виявлення технологічних розмірних ланцюгів безпосередньо за розмірною схемою пояснюються тим, що вони виступають на схемах не явно, а в схованому виді. Тому виявлення їх носить чисто умоглядний характер [27].

### **3.4 Визначення припусків на операціях виготовлення деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177**

Метод одержання заготовок, а як наслідок і визначення величин припусків, значною мірою визначається розмірами програмного завдання й технічних можливостей заготовочних цехів підприємства або можливостями одержання прогресивних заготовок від спеціалізованих підприємств, матеріалом деталі, її призначенням і технічними вимогами на виготовлення, формою поверхні та розмірами [31-33].

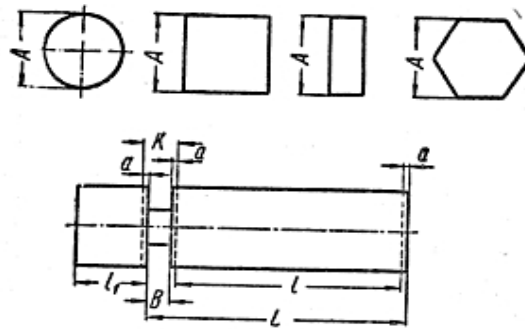
Деталь «Вал», для якої проектується технологічний процес у даному дипломному проекті, виготовляється з нелегованої сталі 45 ГОСТ 1050-2015. Однією з найбільш стійких конструкційних вуглецевих якісних сталей, вважається сталь 45, так як вона забезпечує нормалізоване, поліпшення і схильність до поверхневої термічної обробки.

Враховуючи матеріал, з якого будуть виконуватися деталі, а також тип виробництва (дрібносерійний), вибираємо спосіб одержання заготовки – нарізка прутка. Табличним методом на основі цих даних, а також найбільшого габаритного розміру заготовки, по табл. 3.1 визначається характеристика методів виконання виливків [52].

Підставляючи необхідні дані та враховуючи примітку, визначаємо довжину одержуваної заготовки після відрізки за формулою [35]:

$$L = c(l + K) - B = 626, \quad \text{де} \quad K = 2a + B = 22,5,$$

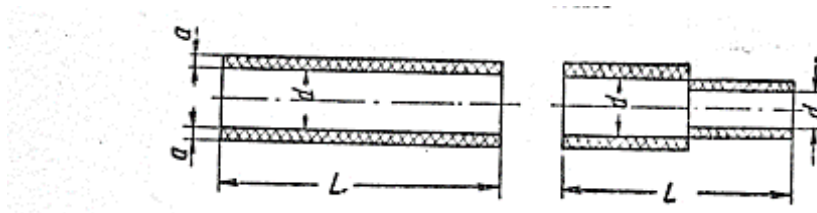
Таблиця 3.1 - Характеристика методів виконання нарізки прутка.



| Допуски розмірів<br>випівка | Основний припуск для рядів, не більше (мм) |         |         |          |         |         |
|-----------------------------|--|---------|---------|----------|---------|---------|
|                             | 1  | 2       | 3       | 4        | 5       | 6       |
| До 0,12                     | 0,2-0,4                                    | –       | –       | –        | –       | –       |
| Понад 0,12 до 0,16          | 0,3-0,5                                    | 0,6-0,8 | –       | –        | –       | –       |
| Понад 0,16 до 0,20          | 0,4-0,6                                    | 0,7-1,0 | 1,0-1,4 | –        | –       | –       |
| Понад 0,20 до 0,24          | 0,5-0,7                                    | 0,8-1,1 | 1,1-1,5 | –        | –       | –       |
| Понад 0,24 до 0,3           | 0,6-0,8                                    | 0,9-1,2 | 1,2-1,6 | 1,8-2,2  | 2,6-3,0 | –       |
| Понад 0,3 до 0,4            | 0,7-0,9                                    | 1,0-1,3 | 1,4-1,8 | 1,9-2,4  | 2,8-3,2 | –       |
| Понад 0,4 до 0,5            | 0,8-1,0                                    | 1,1-1,4 | 1,5-2,0 | 2,0-2,6  | 3,0-3,4 | –       |
| Понад 0,5 до 0,6            | 0,9-1,2                                    | 1,2-1,6 | 1,6-2,2 | 2,2-2,8  | 3,2-3,6 | –       |
| Понад 0,6 до 0,8            | 1,0-1,4                                    | 1,3-1,8 | 1,8-2,4 | 2,4-3,0  | 3,4-3,8 | 4,4-5,0 |
| Понад 0,80 до 1,0           | 1,1-1,6                                    | 1,4-2,0 | 2,0-2,8 | 2,6-3,2  | 3,6-4,0 | 4,6-5,5 |
| Понад 1,0 до 1,2            | 1,2-2,0                                    | 1,6-2,4 | 2,2-3,0 | 2,8-3,4  | 3,8-4,2 | 4,8-6,0 |
| Понад 1,2 до 1,6            | 1,6-2,4                                    | 2,0-2,8 | 2,4-3,2 | 3,0-3,8  | 4,0-4,6 | 5,0-6,5 |
| Понад 1,6 до 2,0            | 2,0-2,8                                    | 2,4-3,2 | 2,8-3,6 | 3,4-4,2  | 4,2-5,0 | 5,5-7,0 |
| Понад 2,0 до 2,4            | 2,4-3,2                                    | 2,8-3,6 | 3,2-4,0 | 3,8-4,6  | 4,6-5,5 | 6,0-7,5 |
| Понад 2,4 до 3              | 2,8-3,6                                    | 3,2-4,0 | 3,6-4,5 | 4,2-5,0  | 5,0-6,5 | 6,5-8   |
| Понад 3 до 4                | 3,4-4,5                                    | 3,8-5,0 | 4,2-5,5 | 5,0-6,5  | 5,5-7,0 | 7-9     |
| Понад 4 до 5                | 4,0-5,5                                    | 4,4-6,0 | 5-6,5   | 5,5-7,5  | 6,0-8,0 | 8-10    |
| Понад 5 до 6                | 5,0-7,0                                    | 5,5-7,5 | 6-8     | 6,5-8,5  | 7,0-9,5 | 9-11    |
| Понад 6 до 8                | –  | 6,5-9,5 | 7-10    | 7,5-11,0 | 8,5-12  | 10-3    |
| Понад 8 до 10               | –  | –       | 9-12    | 10-13    | 11-14   | 12-15   |
| Понад 10 до 12              | –  | –       | 10-13   | 11-14    | 12-15   | 13-16   |
| Понад 12 до 16              | –  | –       | 13-15   | 14-16    | 15-17   | 16-19   |
| Понад 16 до 20              | –  | –       | –       | 17-20    | 18-21   | 19-22   |
| Понад 20 до 24              | –  | –       | –       | 20-23    | 21-24   | 22-25   |
| Понад 24 до 30              | –  | –       | –       | –        | 26-29   | 27-30   |
| Понад 30 до 40              | –  | –       | –       | –        | –       | 34-37   |
| Понад 40 до 50              | –  | –       | –       | –        | –       | 42      |
| Понад 50 до 60              | –  | –       | –       | –        | –       | 50      |

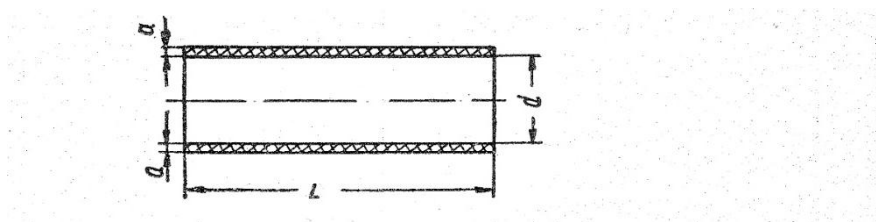
Використовуючи дані табл. 3.1, визначаємо по табл. 3.2 основні припуски на чистову обробку.

Таблиця 3.2 - Припуски на чистове точіння



| diameter of part | Part length |          |          |          |            | Tolerance of rough turning outer circle |
|------------------|-------------|----------|----------|----------|------------|---|
|                  | ≤100        | >100~250 | >250~500 | >500~800 | >800~1 200 |   |
| <10              | 0.8         | 0.9      | 1.0      |          |            |   |
| >10~18           | 0.9         | 1.0      | 1.1      | 1.4      |            | 0.24                                    |
| >18~30           | 0.9         | 1.0      | 1.3      | 1.4      |            | 0.28                                    |
| >30~50           | 1.0         | 1.0      | 1.1      | 1.3      | 1.5        | 0.34                                    |
| >50~80           | 1.1         | 1.1      | 1.2      | 1.4      | 1.6        | 0.40                                    |
| >80~120          | 1.1         | 1.2      | 1.2      | 1.4      | 1.6        | 0.46                                    |
| >120~180         | 1.2         | 1.2      | 1.3      | 1.5      | 1.7        | 0.53                                    |
| >180~260         | 1.3         | 1.3      | 1.4      | 1.6      | 1.8        | 0.60                                    |
| >260~360         | 1.3         | 1.4      | 1.5      | 1.7      | 1.9        | 0.60                                    |

Таблиця 3.3 - Припуски на тонке точіння



| shaft diameter | Grinding process | properties of shaft | shaft length |          |          |            |              |
|----------------|------------------|---------------------|--------------|----------|----------|------------|--------------|
|                |                  |                     | 100~250      | >250~500 | >500~800 | >800~1 200 | >1 200~2 000 |
| ≤10            | Center grinding  | Not hardened        | 0.2          | 0.3      |          |            |              |
| >10~18         | Center grinding  | Not hardened        | 0.3          | 0.3      | 0.3      |            |              |
| >18~30         | Center grinding  | Not hardened        | 0.3          | 0.3      | 0.4      | 0.4        |              |
| >30~50         | Center grinding  | Not hardened        | 0.3          | 0.4      | 0.5      | 0.6        | 0.6          |
| >50~80         | Center grinding  | Not hardened        | 0.4          | 0.4      | 0.5      | 0.6        | 0.7          |
| >80~120        | Center grinding  | Not hardened        | 0.4          | 0.5      | 0.5      | 0.6        | 0.7          |
| >120~180       | Center grinding  | Not hardened        | 0.5          | 0.6      | 0.6      | 0.7        | 0.8          |
| >180~260       | Center grinding  | Not hardened        | 0.6          | 0.6      | 0.7      | 0.8        | 0.9          |
| >260~360       | Center grinding  | Not hardened        | 0.6          | 0.7      | 0.7      | 0.8        | 0.9          |
| >360~500       | Center grinding  | Not hardened        | 0.7          | 0.8      | 0.8      | 0.9        | 1.0          |

Заготовка, яка призначена для обробки на верстатах із ЧПК, повинна мати допуски й припуски не менш ніж на 20-40% менше (приймаємо 40%), чим для

обробки на верстатах з ручним керуванням. Тоді для деталі «Вал» з габаритами 610×115 мм:

- на розмір  $\varnothing 114$  мм припуск - 1мм;
- на розмір  $\varnothing 73h9$  мм припуск -  $6,5+1,4 \cdot 1,3=8,32$  мм;
- на розмір  $\varnothing 70h9$  мм припуск -  $6,5+1,4 \cdot 1,3=8,4$  мм.
- на розмір  $\varnothing 40h7$  мм припуск -  $6,5+1,0 \cdot 1,3+0,1=7,9$  мм;
- на розмір  $\varnothing 72h6$  мм припуск -  $6,5+1,4 \cdot 1,3+0,2=8,52$  мм;
- на розмір  $1 \times 45^\circ$  мм припуск - 1мм;

### 3.5 Визначення режимів різання при виготовленні деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі SN0177

Визначення режимів різання робимо на основі переходів кожної операції технологічного процесу, розроблених раніше. Вибір режимів виконуємо за даними програми CoroGuide, наданою компанією «Sandvik Coromant», оскільки використовувати різальний інструмент будемо цієї ж фірми. Відповідно різальний інструмент повинен витримувати задані навантаження [25,33,34].

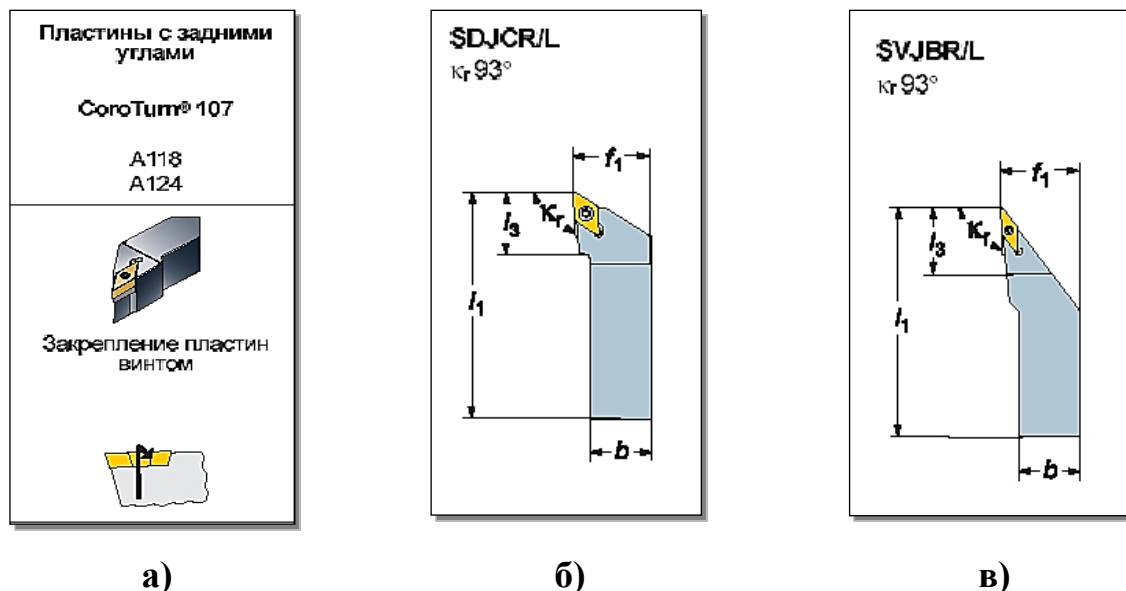


Рисунок 3.8 - Вид вибраного інструменту: а)вибраний тип; б) для точіння циліндричних поверхонь; в)для точіння фасок;

Розрахунок режимів різання будемо проводити за допомогою все тієї ж програми CoroGuide, наданою компанією «Sandvik Coromant», оскільки використовувати різальний інструмент будемо цієї ж фірми.

Різальний інструмент вже вибрано також маємо вибрані за таблицями виробника рекомендовані вхідні данні: глибину різання та подачу [14, 34].

Також для розрахунку вихідними даними будуть розміри оброблюваних поверхонь, матеріали які оброблюються та матеріали ріжучих пластин.

### Операція 005, 2 перехід

На цьому переході на чорновим точінням оброблюємо заготовку з правого боку на діаметр  $\varnothing 74$  і на довжину 29мм

| Материал детали                         |                         | Рекомендации по режимам резания           |                    |
|---|-------------------------|---|--------------------|
| Национальный стандарт: GOST             | CMC No.: 01.2           | Скорость резания (vc):                    | 368 m/min          |
| Обозначение: 40Cr13                     | Твердость: 200 HB       |   |                    |
| Сплав/геометрия пластины                |                         | Оценка результата                         |                    |
| Сплав: 515                              | Геометрия: Conventional | Скорость резания (vc):                    | 368 m/min          |
| Параметры (выбрать либо fп, fвх или fм) |                         | Обороты шпинделя (n):                     | 1010 - 1570 об/мин |
| Угол в плане (K <sub>r</sub> ):         | 93 °                    | Скорость съема металла (Q):               | 19 cm³/min         |
| Радиус пластины (re):                   | 0,4 mm                  | Время на проход (Tc):                     | 0,26 min           |
| Подача (fп):                            | 0,10 mm/л               | Мощность (Pc):                            | 1,0 kW             |
| Максимальная толщина стружки (fм):      | 0,10 mm                 | Макс. Высота профиля (Rt):                | 31 μm              |
| Средняя толщина стружки (fм):           | 0,06 mm                 | Шероховатость (Ra):                       | 0,62 μm            |
| Глубина резания (ap):                   | 0,4 mm                  | Среднеквадратическая шероховатость (RMS): | 0,63 μm            |
| Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2):     | 115 / 74 mm             |   |                    |
| Осевая глубина резания (lz):            | 29 mm                   |   |                    |
| Макс. Обороты:                          | 10000 об/мин            | Стойкость:                                | 15,0 min           |
|   |                         | Количество проходов (nпр):                | 52                 |

### Операція 005, 3 перехід

Оброблюємо ту ж саму поверхню, але чистовим точінням до  $\varnothing 70h9$  і на довжину 29,8мм

| Материал детали                         |                         | Рекомендации по режимам резания           |                    |
|---|-------------------------|---|--------------------|
| Национальный стандарт: GOST             | CMC No.: 01.2           | Скорость резания (vc):                    | 368 m/min          |
| Обозначение: 40Cr13                     | Твердость: 200 HB       |   |                    |
| Сплав/геометрия пластины                |                         | Оценка результата                         |                    |
| Сплав: 515                              | Геометрия: Conventional | Скорость резания (vc):                    | 368 m/min          |
| Параметры (выбрать либо fп, fвх или fм) |                         | Обороты шпинделя (n):                     | 1570 - 1668 об/мин |
| Угол в плане (K <sub>r</sub> ):         | 93 °                    | Скорость съема металла (Q):               | 19 cm³/min         |
| Радиус пластины (re):                   | 0,4 mm                  | Время на проход (Tc):                     | 0,19 min           |
| Подача (fп):                            | 0,10 mm/л               | Мощность (Pc):                            | 1,0 kW             |
| Максимальная толщина стружки (fм):      | 0,10 mm                 | Макс. Высота профиля (Rt):                | 31 μm              |
| Средняя толщина стружки (fм):           | 0,06 mm                 | Шероховатость (Ra):                       | 0,62 μm            |
| Глубина резания (ap):                   | 0,4 mm                  | Среднеквадратическая шероховатость (RMS): | 0,63 μm            |
| Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2):     | 74 / 70 mm              |   |                    |
| Осевая глубина резания (lz):            | 29,8 mm                 |   |                    |
| Макс. Обороты:                          | 10000 об/мин            | Стойкость:                                | 15,0 min           |
|   |                         | Количество проходов (nпр):                | 8                  |

## Операция 005, 4-5 переход

Обработка фаски  $1 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 70$  мм и канавка 2 мм

Токарная обработка

Файл Опции Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Точение форма пластины: C, D, S, T, V, W

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <b>Материал детали</b><br>(выберите Стандарт и Обозначение или СМС) |   | <b>Рекомендации по режимам резания</b>                |  |
| Национальный стандарт<br>GOST                                       | СМС No:<br>01.2                         | Скорость резания (vc)<br>255 m/min                    |  |
| Обозначение<br>40Ch13   | Твердость<br>200 HB                     |   |  |
| <b>Сплав/геометрия пластины</b><br>4025 Conventional                |   | <b>Оценка результата</b>                              |  |
| <b>Параметры (выбрать либо fn, hex или hm)</b>                      |   | Скорость резания (vc)<br>255 m/min                    |  |
| Угол в плане ( $\kappa_r$ )<br>93 °                                 | Максимальная толщина стружки<br>0,25 mm | Обороты шпинделя (n)<br>1131 1160 об/мин              |  |
| Радиус пластины (re)<br>0,8 mm                                      | Средняя толщина стружки (hm)<br>0,17 mm | Скорость съема металла (Q)<br>64 cm <sup>3</sup> /min |  |
| Подача (fn)<br>0,25 mm/л  | Глубина резания (ap)<br>1 mm            | Время на проход (Tc)<br>0,01 min                      |  |
| Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2)<br>68 70 mm                      | Осевая глубина резания (lz)<br>2 mm     | Мощность (Pc)<br>3,1 kW                               |  |
| Макс. Обороты<br>10000 об/мин                                       | Стойкость<br>15,0 min                   | Макс. Высота профиля (Rt)<br>9,8 μm                   |  |
|   | Количество проходов (пар)<br>7          | Шероховатость (Ra)<br>1,25 μm                         |  |
|   |   | Среднеквадратическая шероховатость (RMS)<br>1,25 μm   |  |

Рассчитать << Назад

## Операция 005, 6 переход

Обработка фаски  $1 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 70$  мм

Токарная обработка

Файл Опции Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Точение форма пластины: C, D, S, T, V, W

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <b>Материал детали</b><br>(выберите Стандарт и Обозначение или СМС) |   | <b>Рекомендации по режимам резания</b>                |  |
| Национальный стандарт<br>GOST                                       | СМС No:<br>01.2                         | Скорость резания (vc)<br>255 m/min                    |  |
| Обозначение<br>40Ch13   | Твердость<br>200 HB                     |   |  |
| <b>Сплав/геометрия пластины</b><br>4025 Conventional                |   | <b>Оценка результата</b>                              |  |
| <b>Параметры (выбрать либо fn, hex или hm)</b>                      |   | Скорость резания (vc)<br>255 m/min                    |  |
| Угол в плане ( $\kappa_r$ )<br>93 °                                 | Максимальная толщина стружки<br>0,25 mm | Обороты шпинделя (n)<br>1131 1160 об/мин              |  |
| Радиус пластины (re)<br>0,8 mm                                      | Средняя толщина стружки (hm)<br>0,17 mm | Скорость съема металла (Q)<br>64 cm <sup>3</sup> /min |  |
| Подача (fn)<br>0,25 mm/л  | Глубина резания (ap)<br>1 mm            | Время на проход (Tc)<br>0,01 min                      |  |
| Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2)<br>68 70 mm                      | Осевая глубина резания (lz)<br>1,0 mm   | Мощность (Pc)<br>3,1 kW                               |  |
| Макс. Обороты<br>10000 об/мин                                       | Стойкость<br>15,0 min                   | Макс. Высота профиля (Rt)<br>2,8 μm                   |  |
|   | Количество проходов (пар)<br>6          | Шероховатость (Ra)<br>1,25 μm                         |  |
|   |   | Среднеквадратическая шероховатость (RMS)<br>1,25 μm   |  |

Рассчитать << Назад

## Операція 010, 2 перехід

Чорним точінням оброблюємо заготовку з лівого боку на діаметр  $\varnothing 114$  і на прохід на довжину 580мм

## Операція 010, 3 перехід

Чорним точінням, а потім і начисто за 1 прохід оброблюємо заготовку з лівого боку на діаметр  $\varnothing 73h9$  і на прохід на довжину 550мм

## Операція 010, перехід 4

Чорним точінням, а потім і начисто-за 1 прохід оброблюємо заготовку з лівого боку на діаметр  $\varnothing 40h9$  і на довжину 5мм

## Операція 010, перехід 5

Тонким точінням оброблюємо шийки під підшипники на  $\varnothing 72h6$  і на 15мм

## Операция 010, переход 6

Тонким точением обрабатываем шейки под подшипники на  $\varnothing 72\text{h6}$  и на длину 18 мм

Токарная обработка

Файл Опции Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Точение форма пластины: C, D, S, T, V, W

|   |                     |  |                         |
|---|---------------------|--|-------------------------|
| <b>Материал детали</b><br>(выберите Стандарт и Обозначение или CMC) |                     | <b>Рекомендации по режимам резания</b>   |                         |
| Национальный стандарт<br>GOST                                       | CMC No:<br>01.2     | Скорость резания (vc)                    | 365 m/min               |
| Обозначение<br>40Ch13   | Твердость<br>200 HB |  |                         |
| <b>Сплав/геометрия пластины</b><br>515 Conventional                 |                     | <b>Оценка результата</b>                 |                         |
| <b>Параметры (выбрать либо fn, hex или hm)</b>                      |                     | Скорость резания (vc)                    | 365 m/min               |
| Угол в плане ( $\alpha_p$ )   | 93 °                | Обороты шпинделя (n)                     | 1592 1614 об/мин        |
| Радиус пластины (re)  | 0,4 mm              | Скорость съема металла (Q)               | 15 cm <sup>3</sup> /min |
| Подача (fn)   | 0,10 mm/rev         | Время на проход (Tc)                     | 0,14 min                |
| Максимальная толщина стружки  | 0,10 mm             | Мощность (Pc)                            | 1,0 kW                  |
| Средняя толщина стружки (hm)  | 0,06 mm             | Макс. Высота профиля (Rt)                | 3,4 μm                  |
| Глубина резания (ap)  | 0,4 mm              | Шероховатость (Ra)                       | 0,62 μm                 |
| Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2)                                  | 73 72 mm            | Среднеквадратическая шероховатость (RMS) | 0,63 μm                 |
| Осевая глубина резания (lz)   | 18 mm               |  |                         |
| Макс. Обороты   | 10000 об/мин        | Стойкость                                | 15,0 min                |
| Стойкость   | 15,0 min            | Количество проходов (npr)                | 133                     |
| Количество проходов (npr)   | 133                 |  |                         |

Рассчитать << Назад

## Операция 010, переход 7

Обработка фаски  $3 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 114\text{mm}$

Токарная обработка

Файл Опции Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Точение форма пластины: C, D, S, T, V, W

|   |                     |  |                          |
|---|---------------------|--|--------------------------|
| <b>Материал детали</b><br>(выберите Стандарт и Обозначение или CMC) |                     | <b>Рекомендации по режимам резания</b>   |                          |
| Национальный стандарт<br>GOST                                       | CMC No:<br>01.2     | Скорость резания (vc)                    | 210 m/min                |
| Обозначение<br>40Ch13   | Твердость<br>250 HB |  |                          |
| <b>Сплав/геометрия пластины</b><br>4025 Conventional                |                     | <b>Оценка результата</b>                 |                          |
| <b>Параметры (выбрать либо fn, hex или hm)</b>                      |                     | Скорость резания (vc)                    | 210 m/min                |
| Угол в плане ( $\alpha_p$ )   | 93 °                | Обороты шпинделя (n)                     | 1670 1750 об/мин         |
| Радиус пластины (re)  | 0,8 mm              | Скорость съема металла (Q)               | 5,1 cm <sup>3</sup> /min |
| Подача (fn)   | 0,25 mm/rev         | Время на проход (Tc)                     | 0,06 min                 |
| Максимальная толщина стружки  | 0,25 mm             | Мощность (Pc)                            | 2,6 kW                   |
| Средняя толщина стружки (hm)  | 0,17 mm             | Макс. Высота профиля (Rt)                | 9,8 μm                   |
| Глубина резания (ap)  | 3 mm                | Шероховатость (Ra)                       | 1,93 μm                  |
| Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2)                                  | 114 108 mm          | Среднеквадратическая шероховатость (RMS) | 2,15 μm                  |
| Осевая глубина резания (lz)   | 1 mm                |  |                          |
| Макс. Обороты   | 10000 об/мин        | Стойкость                                | 15,0 min                 |
| Стойкость   | 15,0 min            | Количество проходов (npr)                | 15                       |
| Количество проходов (npr)   | 15                  |  |                          |

Рассчитать << Назад

## Операція 010, перехід 8

Обробка фаски  $1 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 40h9$  мм

### 3.6 Висновки

У другому розділі випускної роботи була виконана розробка групового технологічного процесу одержання деталі «Вал» в умовах дрібносерійного виробництва.

Спочатку був складений загальний маршрут одержання, у якому задавалася послідовність обробки кожної поверхні деталі. Далі, у відповідності від виду поверхні, вибирався спосіб їх обробки, і, як наслідок, було обрано металорізальне устаткування.

Результатом стало формування групових операцій, які характеризуються спільністю устаткування, пристосування, а також застосування однієї номенклатури різальних інструментів на різних операціях для деталей групи. Крім оснащення були визначені необхідні для обробки значення припусків і режимів різання, відповідно вимогам до деталей по точності й шорсткості.

## 4. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ОБРОБЛЮВАНОМУ ЦЕНТРІ СН0177

### 4.1 Розробка циклограми виготовлення деталі «Вал» на оброблювальному центрі СН0177

Циклограма виготовлення деталі «Вал» представлена у вигляді програми імітаційного моделювання виготовлення даної деталі в системі «ГВМ 3D редактор» (рис. 4.1). Циклограма представлена у вигляді послідовності операцій і часу виконання дій елементами системи (рис. 4.2).

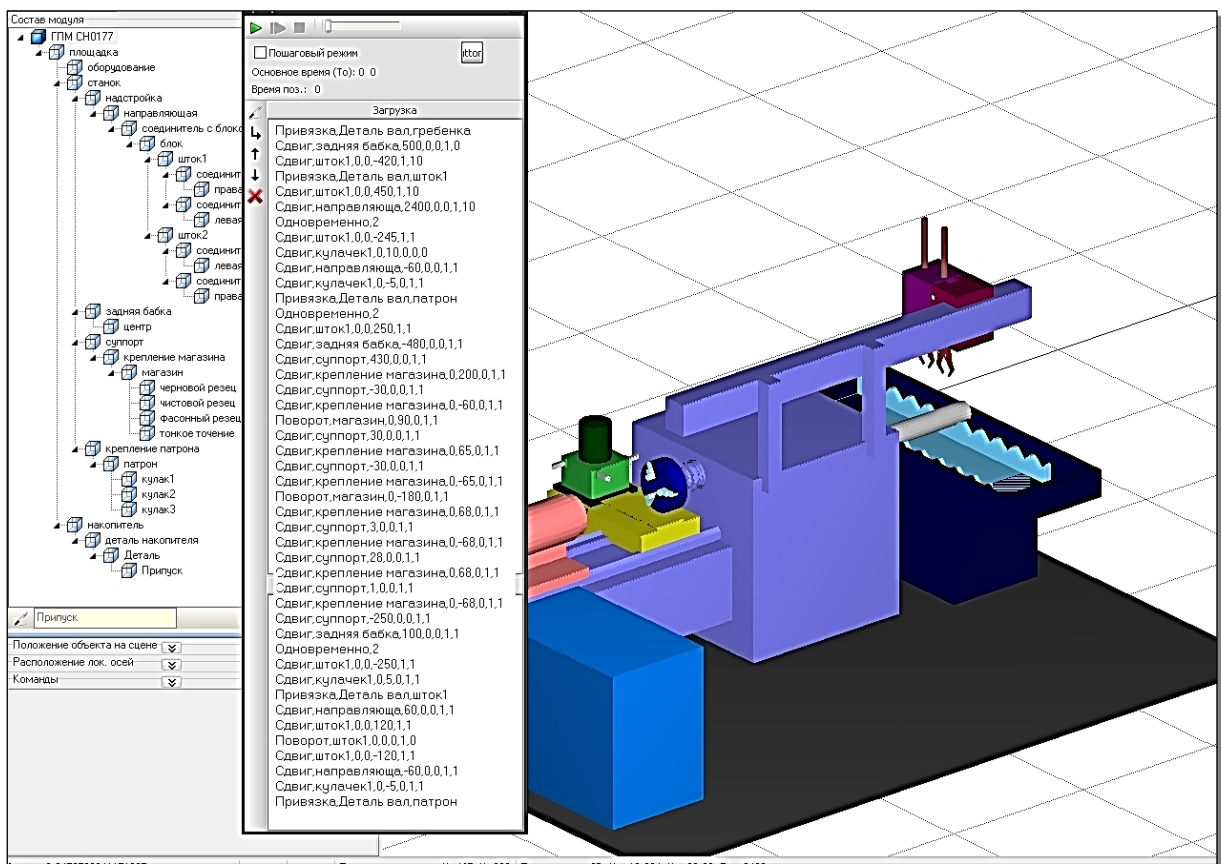


Рисунок 4.1 - Імітаційне моделювання обробки деталі типу «Вал» на оброблювальному центрі СН0177

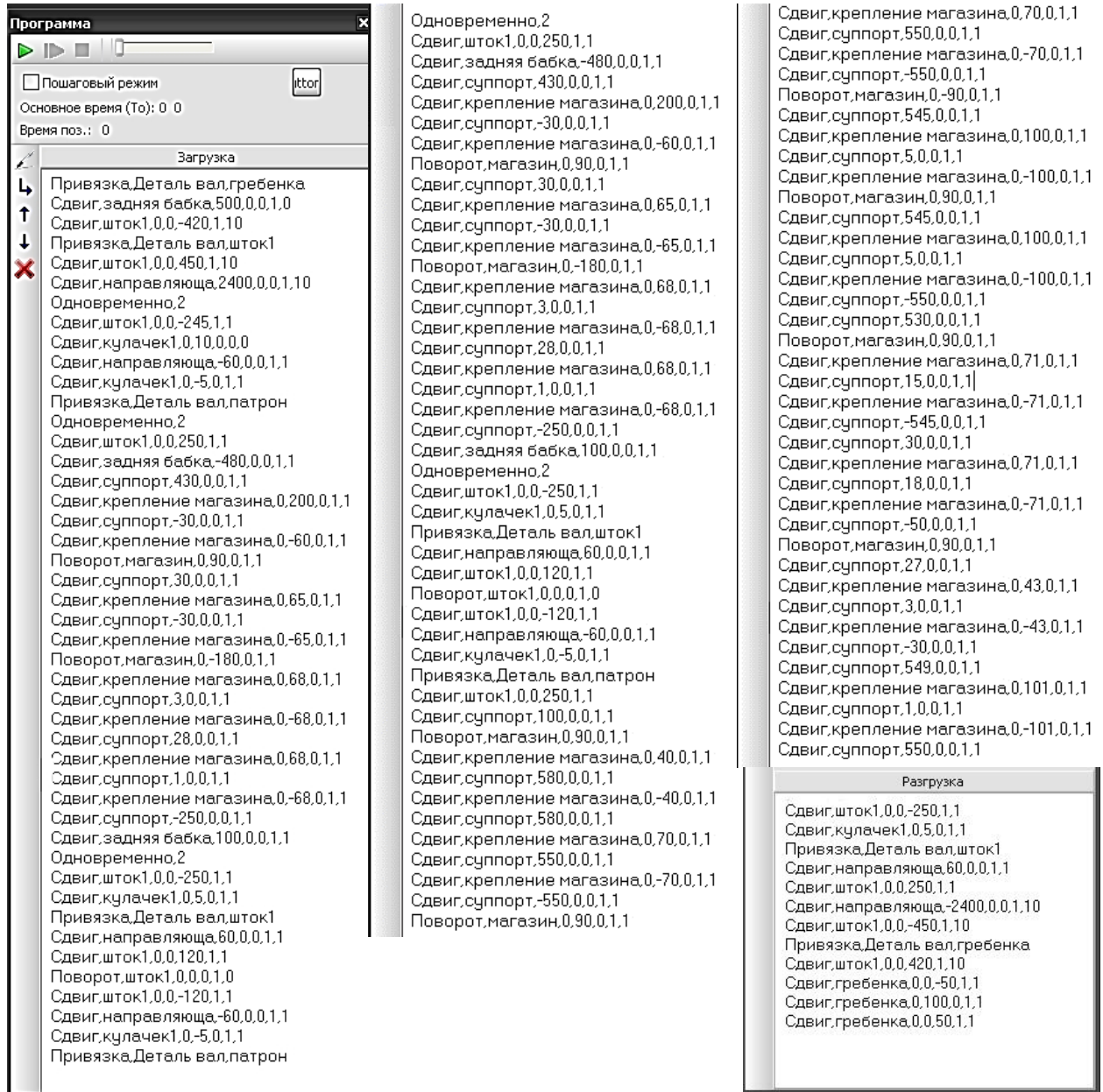


Рисунок 4.2 - Циклограмма виготовлення деталі «Вал».

## 4.2 Автоматизована розробка керуючої програми оброблювальним центром CN0177 у системі MasterCam-2017 для виготовлення деталі «Вал»

Mastercam – це потужна CAD/CAM система, яка використовується для розробки технологічних процесів та генерації керуючих програм (КП) для верстатів з ЧПК.

MasterCam пропонує конкретні стратегії для токарної обробки валів:

Чорнова обробка (Roughing):

Цикл поздовжнього точіння: Це основний цикл для зняття основного обсягу металу. Ви визначаєте межі обробки, глибину різання за прохід (Stepover) та припуски на чистову обробку.

G-код приклади: Ці цикли часто трансформуються в стандартні G71 (цикл чорнової обробки контуру) або G72 (цикл чорнової обробки торця) у фінальній програмі [2,15].

Чистова обробка (Finishing):

Цикл чистового точіння: Використовується для досягнення необхідної точності та якості поверхні. Він проходить по контуру один раз, знімаючи мінімальний припуск.

Керуюча програма циклу обробки в Mastercam — це, по суті, файл інструкцій (G-код та M-код), який точно описує, як верстат має обробити деталь.

Для того, щоб розробити керуючу програму для обробки якої-небудь деталі, необхідно спершу змоделювати в системі MasterCam цю обробку. Для цього необхідно створити креслення в програмі SolidWorks, потім у програмі завдати форму заготовки (див. рис 4.3)

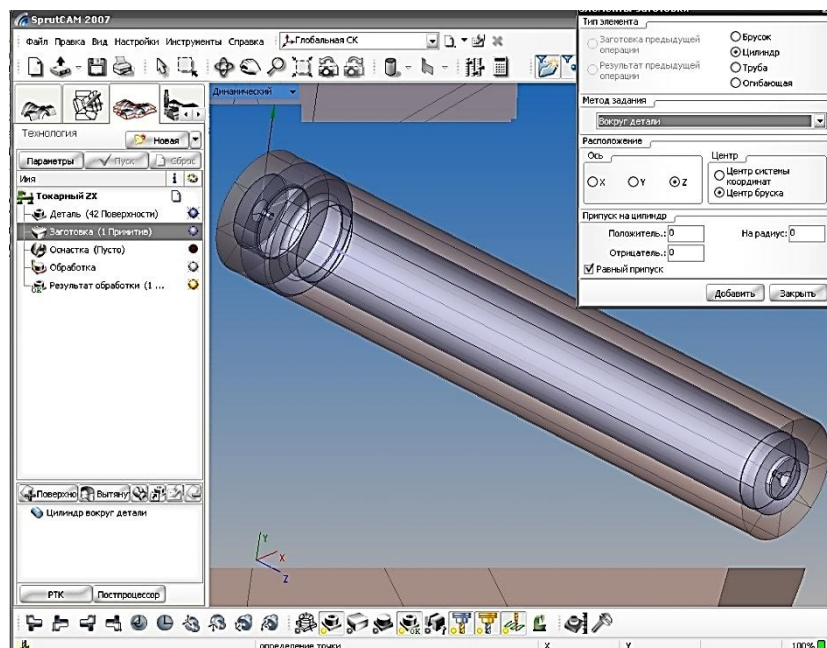


Рисунок 4.3 - Завдання форми заготовки

На підставі цього креслення створюємо потрібну операцію (рис. 4.4) у програмі MasterCam. Далі послідовно необхідно внести всі дані про операцію(перехід): положення нуля деталі, систему ЧПК (рис 4.5), умови, при яких буде виконуватися обробка, а також указати заготовку й деталь, отриману після операції. Також вибирається інструмент і режими обробки (рис 4.6), після чого виконується розрахунок і збереження необхідної програми і даних в цілому. [15]

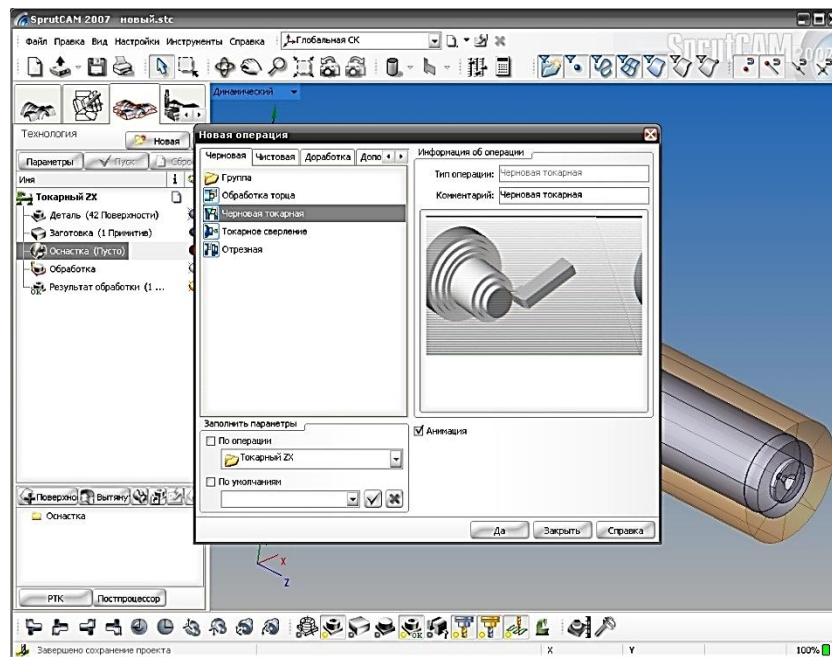


Рисунок 4.4 - Створення нової операції в програмі MasterCam

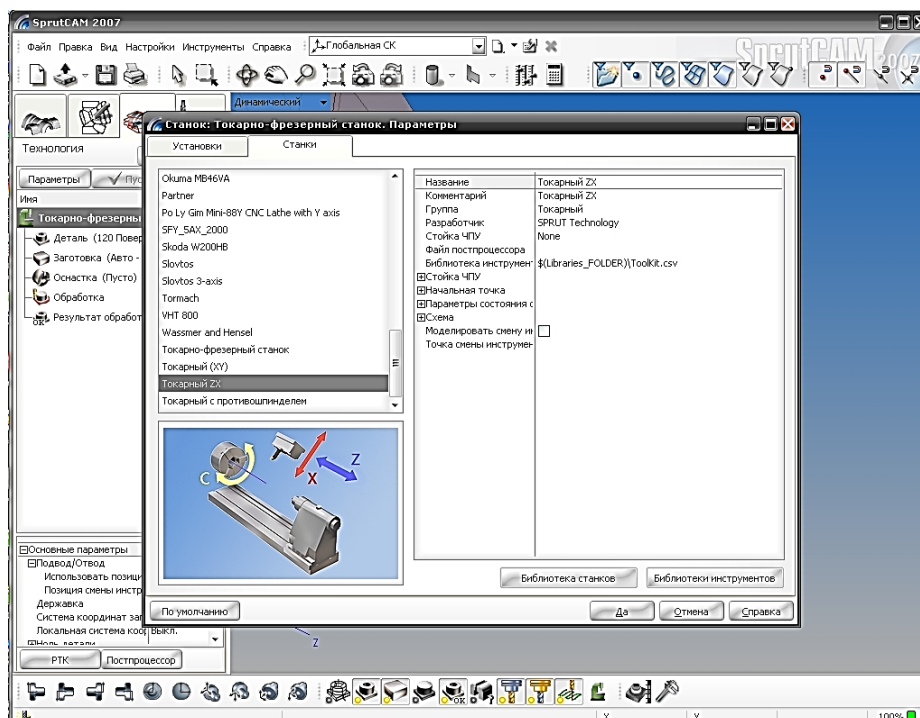


Рисунок 4.5 - Дані про верстат та систему ЧПК

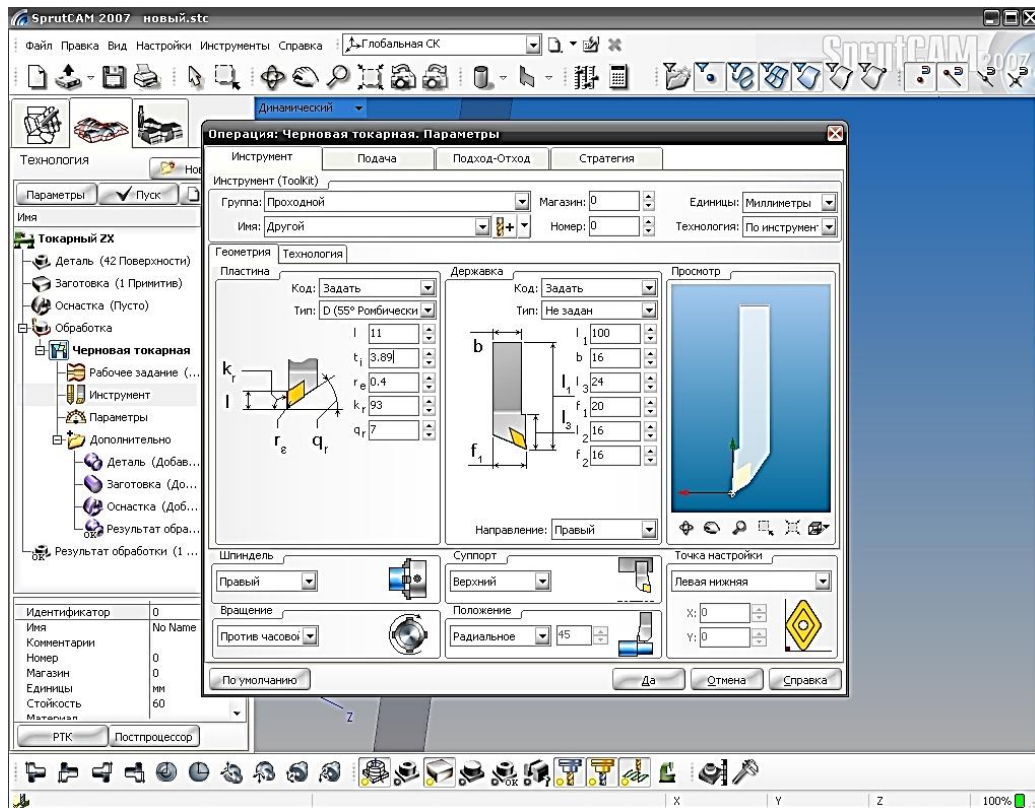


Рисунок 4.6 - Задання параметрів та вибір інструменту

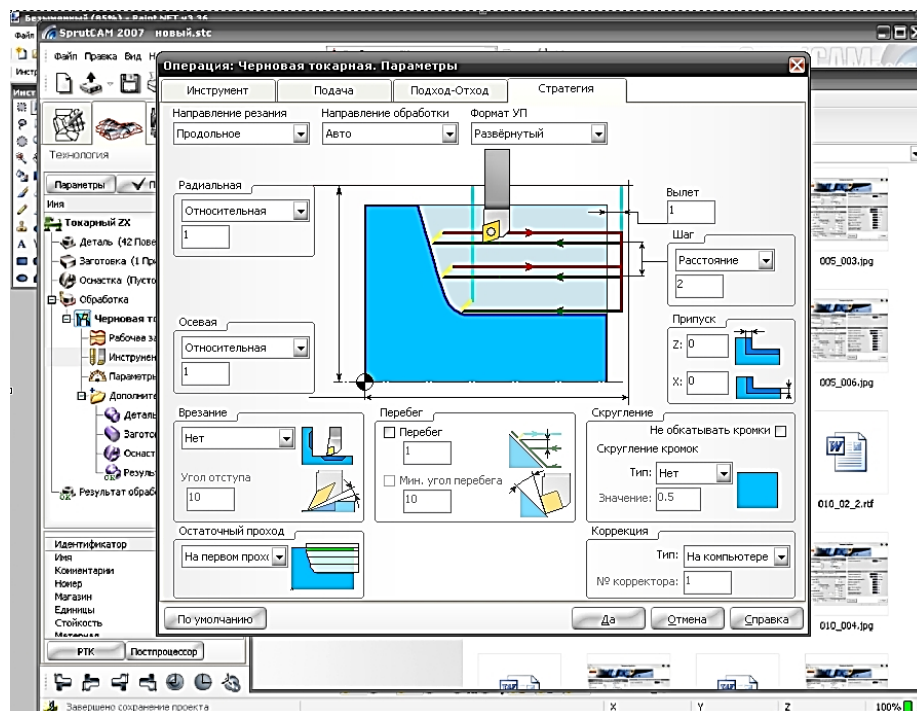


Рисунок 4.7 - Вибір режимів та параметрів обробки

Для того, щоб змоделювати та переглянути змодельовану операцію або перехід необхідно натиснути кнопку «Start», а далі вибрати спосіб візуалізації. А для того, щоб переглянути програму обробки деталі, необхідно натиснути кнопку «Постпроцесор», - керуюча програма.

Вищевказаним способом моделюється повна обробка всієї деталі, а отримана програма відправляється на ЕОМ верстата.

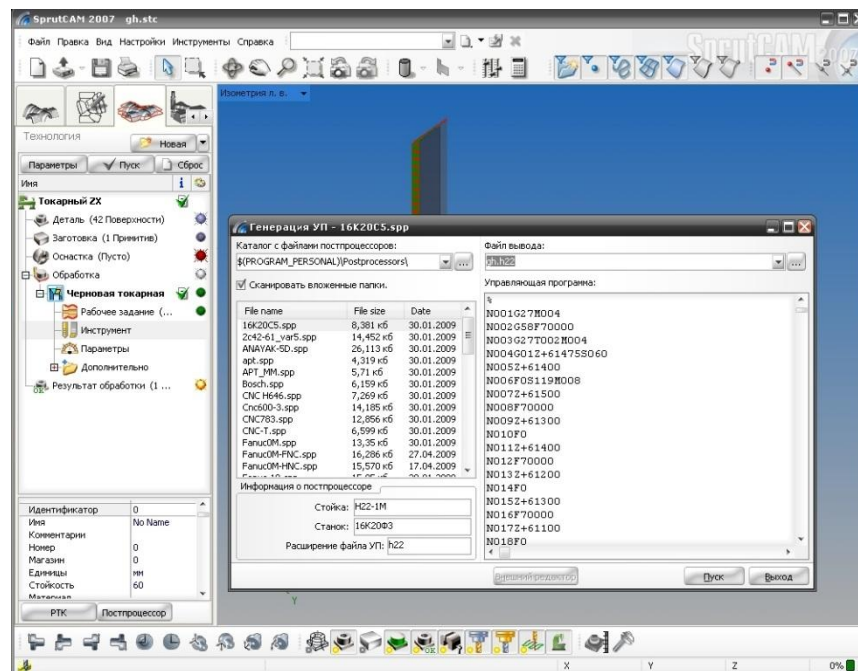


Рисунок 4.8 - Приклад отриманої програми керування за допомогою системи

### 4.3 Висновки

У даному розділі були розроблені циклограма виготовлення деталі «Вал», а також керуюча програма оброблювальним центром СН0177.

Циклограма була складена у вигляді програми імітаційного моделювання, де послідовно вказувалася дія й час її виконання елементами системи виготовлення деталі.

Керуюча програма оброблювальним центром СН0177 була розроблена автоматично, за допомогою системи MasterCam-2017. Для імітаційного моделювання були задані параметри обробки, після чого система склала керуючу програму.

## 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

### 5.1 Конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, використовуваного при обробці на верстатах із ЧПК

До пристосувань для верстатів із ЧПК пред'являється ряд специфічних вимог, обумовлених особливістю цих верстатів, недотримання яких значно знижує ефективність застосування верстатів із ЧПК.

Пристосування повинні мати підвищену розмірну точність. Погрішності базування й закріплення, що виникають при установці заготовок у пристосування, повинні бути зведені до мінімуму. Для можливості використання повної потужності верстата на чорнових операціях пристосування повинні мати підвищену жорсткість. У той же час конструкція пристосування повинна забезпечити отримання високої точності на чистових операціях [27,28].

При розробці технологічного процесу механічної обробки важливим є правильне базування заготовки. Закріплення заготовки між трехкулачковим самоцентруючому патроном і рухомим центром - найбільш простий і розповсюджений спосіб [41].

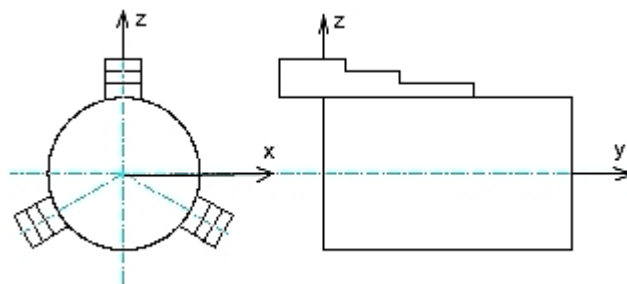


Рисунок 5.1 - Установка вала в трехкулачковом самоцентруючому патроні.

**1, 2, 3, 4** - обертання та переміщення вздовж осі **YZ**

**5** - переміщення вздовж осі **X**

**6** - нам не заважатиме обертання навколо осі **X**, але ми використаємо підтискний центр.

## 5.2 Розробка групового пристосування для установки й базування заготовки деталі «Вал» на оброблювальному центрі СН0177

Патрон токарний трикулачковий, призначений для установки на токарних універсальних і спеціальних верстатах. Конструкція патрона забезпечує передачу більших зусиль затиску при значно меншому крутному моменті на затискному ключі в порівнянні зі спіральними патронами. Клино-рейкові патрони мають високу зносостійкість і тривалістю терміну служби, стабільністю отримання високої точності центрування деталей. Патрони виконані на базі сталевого загартованого корпусу, включають комплект загартованих кулачків.

На вимогу замовника патрони комплектуються додатковим комплектом загартованих кулачків і проміжних кулачків для встановлення на них спеціальних наладок. Загартовані кулачки виконують функцію прямих і зворотних кулачків при переустановленні.

Особливість обробки заготовок у таких патронах полягає в необхідності суміщення осі оброблюваної поверхні з віссю патрона (шпинделя). Це здійснюється вивірки заготовок за крейдяний ризик або по розмітці .

Як було вже сказано для позбавлення від обертання навколо осі X, ми використовуємо підтискний центр.

Задню бабу зміщують до правого торця заготовки, фіксують на станині і невеликим ходом пінолі і обертовим центром підтискають заготовку.

Підтискання не повинно бути сильним, і, якщо в процесі роботи затиск ослабне, його відновлюють подачею підтискного центру. Після доведення конуса центру до упору, піноль задньої бабки фіксують затискачем .



Рисунок 5.2 - Вид використаного патрону

### 5.3 Розробка конструкції загарбного пристрою маніпулятора для переміщення виробу «Вал» у робочій зоні оброблювального центра СН0177

Корпус 1 каретки встановлений на шарнірі 2 що до плити 3, яка переміщується на роликах 4 по напрямних 5 траверси 6. У корпусі встановлені дві руки 7 і 8 маніпулятора. На каретці закріплені кронштейни, за допомогою яких вона з'єднана з ланцюгом механізму приводу поздовжнього переміщення по траверсі (на аркуші 54 привід не показаний). На кронштейні 9, прикріпленому до корпусу 1, встановлена гідро панель 10 керування маніпулятором. Гойдальний рух рук у вертикальній площині здійснюється кулачком, який обертається зубчасто-рейковою передачею 12 при висуненні «руки» 7. При цьому кулачок 11, встановлений на осі в корпусі каретки, спирається на ролик 13, який закріплений на плиті 3.

Кожна рука маніпулятора рис 5.3 (рис. 2) виконана у вигляді гідроциліндра, на кінці штока 2 якого встановлено захватний пристрій 3. Корпус захватного пристрою з'єднаний зі стійкою 4, забезпечує жорсткість конструкції і підтримує руку від обертання навколо штока 2 головного циліндра. У поршні 5 циліндра мається гідро замок 6, який фіксує руку у верхньому положенні.

Захватний пристрій складається з двох пар схопивши 7, які мають незалежні руху для можливості затиску східчастих валів без зміщення їх осі. Привід схопивши здійснюється за допомогою зубчастих секторів 8 і рейок 9, які наводяться гідроциліндрами 10 (при розтиску) і тарілчасті пружинами 11 (при затиску) [44].

Контроль переміщення каретки, висунення кожної руки маніпулятора і хитання корпусу каретки у вертикальній площині здійснюється за допомогою безконтактних кінцевих вимикачів (поз. 14, 15 і 16 – рисунок 5.3)

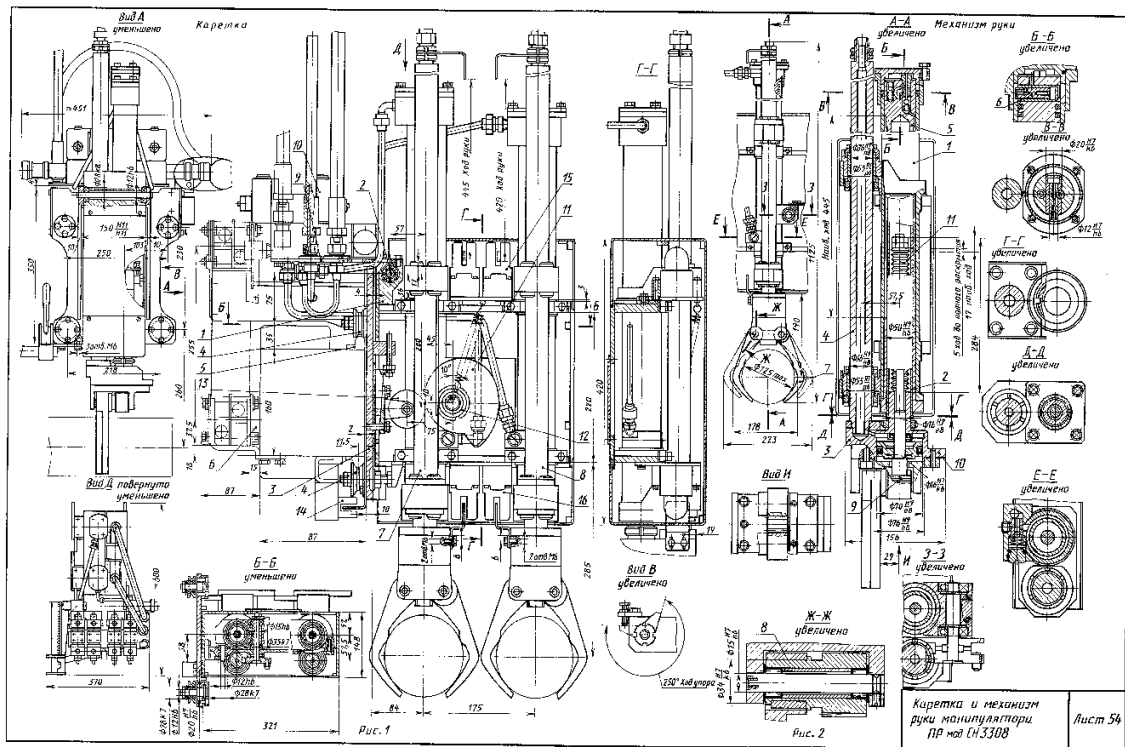


Рисунок 5.3 - Конструкція модуля каретки ПР з дворуком виконанням маніпулятора

## 5.4 Вибір основного і допоміжного інструмента для виготовлення деталі «Вал» на оброблювальному центрі СН0177

### 5.4.1 Вибір інструменту для чорнового точіння

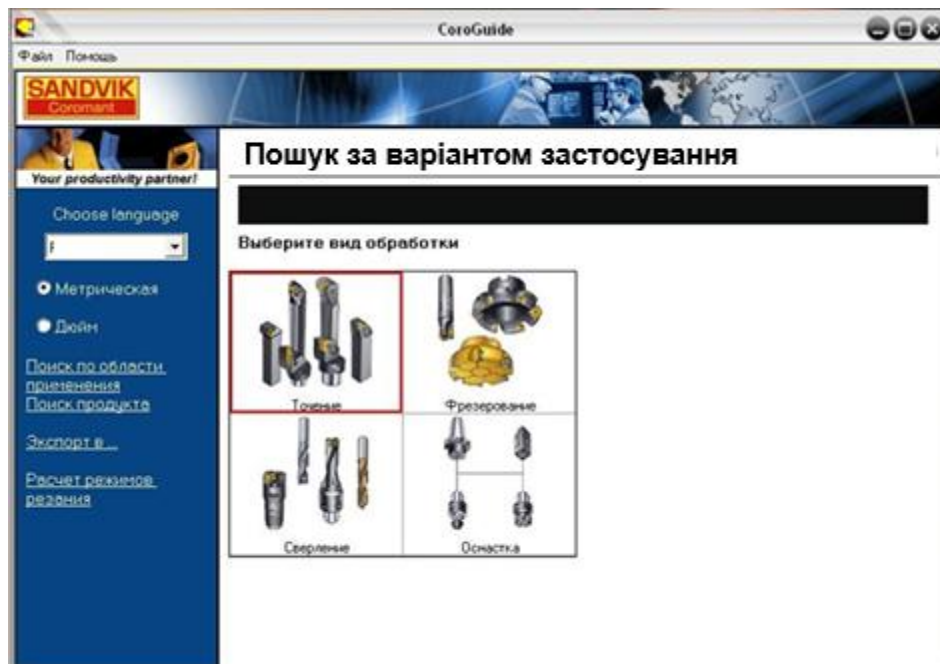


Рисунок 5.4 - Вибір типу обробки «точіння»

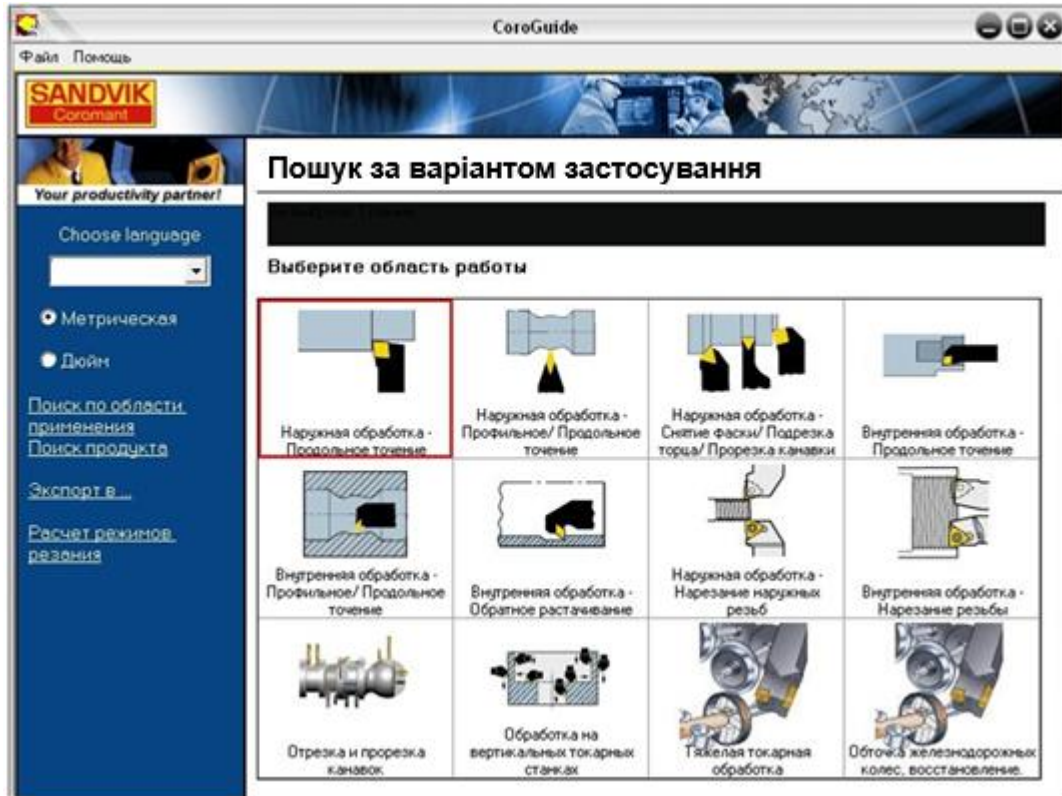


Рисунок 5.5 - Вибір області використання «Зовнішня обробка-Поздовжнє точіння»

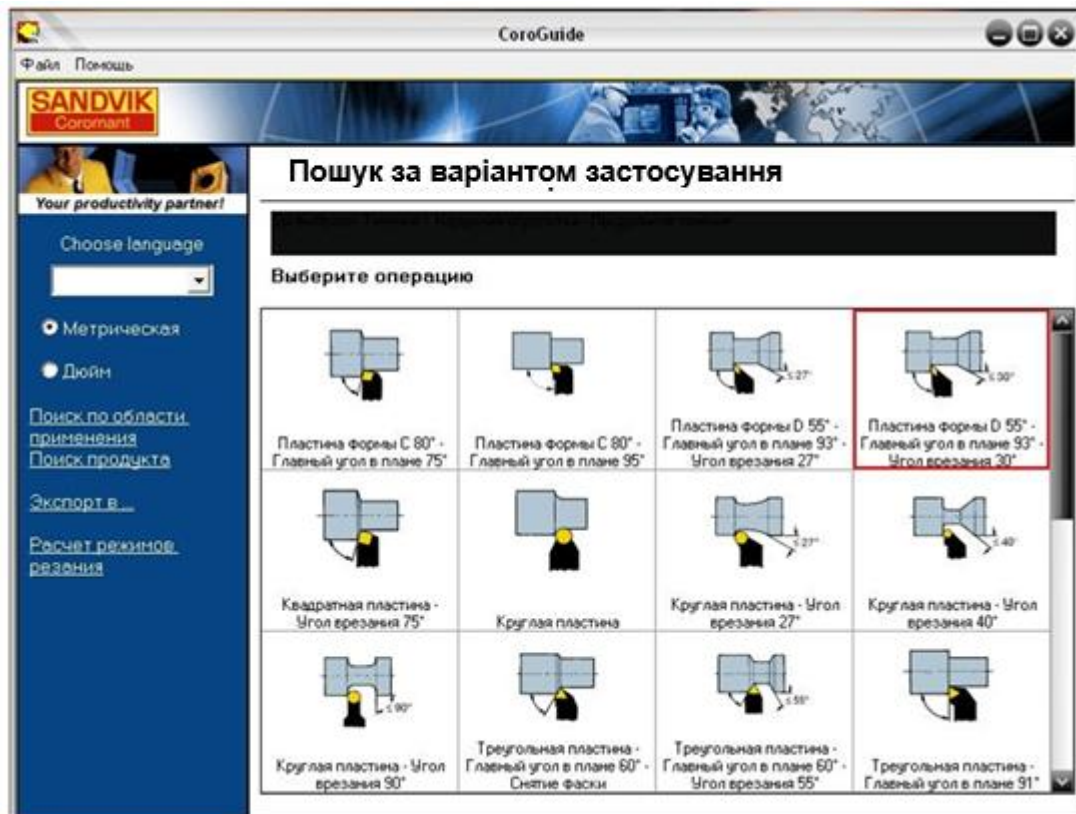


Рисунок 5.6 - Вибір операції

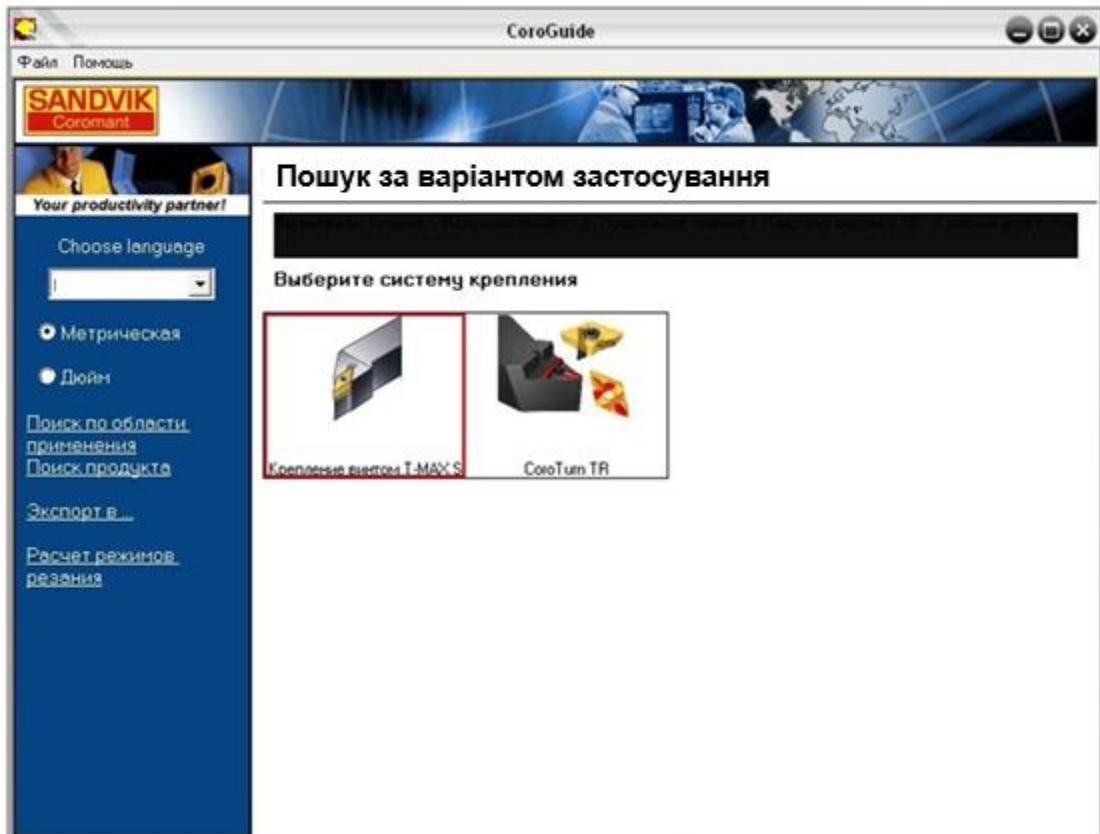


Рисунок 5.7 - Вибір системи закріплення ріжучої пластини

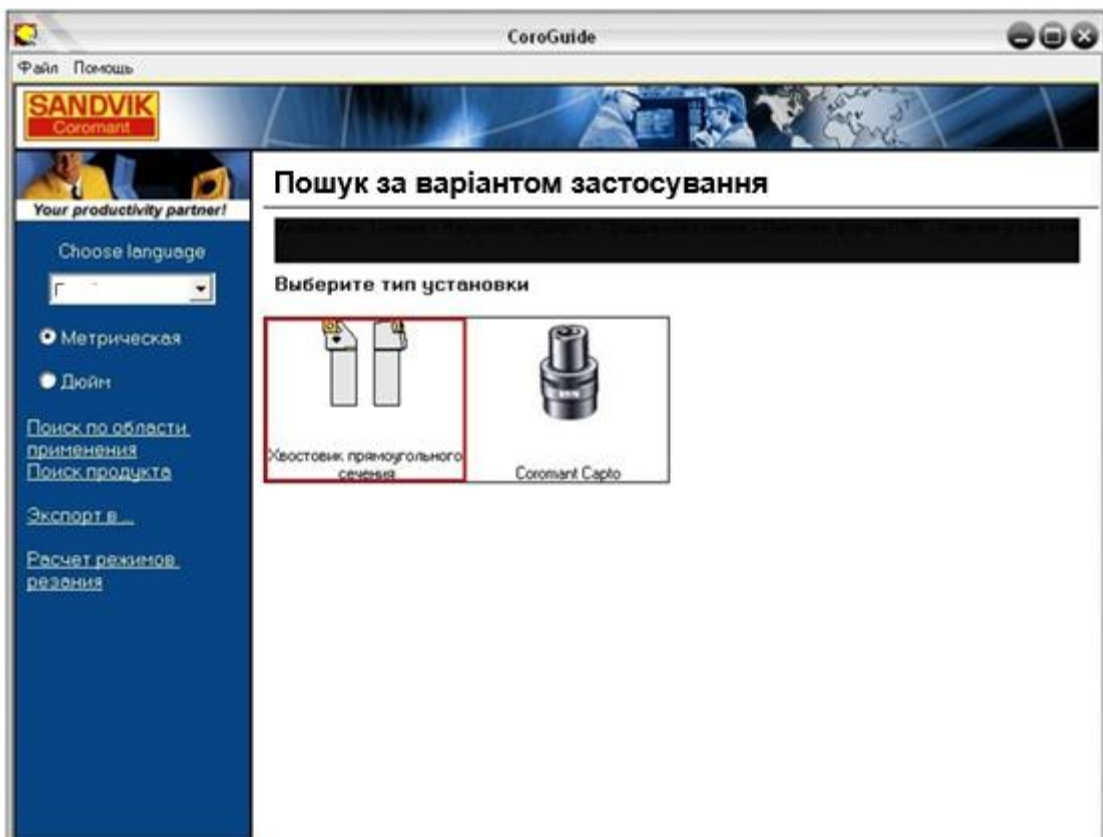


Рисунок 5.8 - Вибір типу установки у інструментальному магазині

**Пошук за варіантом застосування**  
 Вы выбрали: Точение > Наружная обработка - Продольное точение > Пластина формы D 55° - Главный угол в плане 93° - Угол резания 30° > Крепление винтом T-MAX S > Хвостовик прямоугольного сечения

Показать державки    Показать пластины    fx    Выберите

**Выбранные оправки**

| Код заказа            | Направление                        | Weight      | b         | Dm | Dm_min | f1        | gamma_n  | Gaugelinsert      |
|-----------------------|------------------------------------|-------------|-----------|----|--------|-----------|----------|-------------------|
| QS-SDJCR0808C07       | Державка, правое исполнение        | 0,045       | 8         |    |        | 8         | 0        | DCMT 07 02        |
| QS-SDJCR1010E07       | Державка, правое исполнение        | 0,07        | 10        |    |        | 10        | 0        | DCMT 07 02        |
| QS-SDJCR1212E07       | Державка, правое исполнение        | 0,096       | 12        |    |        | 12        | 0        | DCMT 07 02        |
| QS-SDJCR1212E11       | Державка, правое исполнение        | 0,097       | 12        |    |        | 12        | 0        | DCMT 11 T3        |
| QS-SDJCR1616E07       | Державка, правое исполнение        | 0,1485      | 16        |    |        | 16        | 0        | DCMT 07 02        |
| QS-SDJCR1616E11       | Державка, правое исполнение        | 0,152       | 16        |    |        | 16        | 0        | DCMT 11 T3        |
| SDJCR 0808K 07-S      | Державка, правое исполнение        | 0,08        | 8         |    |        | 8         | 0        | DCMT 07 02        |
| SDJCR 1010E 07        | Державка, правое исполнение        | 0,1         | 10        |    |        | 12        | 0        | DCMT 07 02        |
| SDJCR 1010K 07-S      | Державка, правое исполнение        | 0,1         | 10        |    |        | 10        | 0        | DCMT 07 02        |
| SDJCR 1212F 07        | Державка, правое исполнение        | 0,1         | 12        |    |        | 16        | 0        | DCMT 07 02        |
| SDJCR 1212K 07-S      | Державка, правое исполнение        | 0,155       | 12        |    |        | 12        | 0        | DCMT 07 02        |
| SDJCR 1212K 11-S      | Державка, правое исполнение        | 0,16        | 12        |    |        | 12        | 0        | DCMT 11 T3        |
| SDJCR 1616H 07        | Державка, правое исполнение        | 0,213       | 16        |    |        | 20        | 0        | DCMT 07 02        |
| <b>SDJCR 1616H 11</b> | <b>Державка, правое исполнение</b> | <b>0,22</b> | <b>16</b> |    |        | <b>20</b> | <b>0</b> | <b>DCMT 11 T3</b> |
| SDJCR 1616K 07-S      | Державка, правое исполнение        | 0,2583      | 16        |    |        | 16        | 0        | DCMT 07 02        |
| SDJCR 1616K 11-S      | Державка, правое исполнение        | 0,24        | 16        |    |        | 16        | 0        | DCMT 11 T3        |
| SDJCR 2020K 07        | Державка, правое исполнение        | 0,402       | 20        |    |        | 25        | 0        | DCMT 07 02        |
| SDJCR 2020K 11        | Державка, правое исполнение        | 0,409       | 20        |    |        | 25        | 0        | DCMT 11 T3        |
| SDJCR 2525M 11        | Державка, правое исполнение        | 0,74        | 25        |    |        | 32        | 0        | DCMT 11 T3        |
| SDJCR 0808K 07-S      | Державка, правое исполнение        | 0,12        | 8         |    |        | 8         | 0        | DCMT 07 02        |

Рисунок 5.9 - Вибір оправки

**Пошук за варіантом застосування**  
 Вы выбрали: Точение > Наружная обработка - Продольное точение > Пластина формы D 55° - Главный угол в плане 93° - Угол резания 30° > Крепление винтом T-MAX S > Хвостовик прямоугольного сечения

Показать державки    Показать пластины    fx    Выберите

**Выбранные оправки**

| f1        | gamma_n  | Gaugelinsert         | h         | h1        | Insert_Size | Kappa_f   | П          | β         | Lambda_s | te       | Torque |
|-----------|----------|----------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|----------|----------|--------|
| 8         | 0        | DCMT 07 02 04        | 8         | 8         | 7           | 93        | 50         | 12,7      | 0        | 0,9      |        |
| 10        | 0        | DCMT 07 02 04        | 10        | 10        | 7           | 93        | 70         | 15        | 0        | 0,9      |        |
| 12        | 0        | DCMT 07 02 04        | 12        | 12        | 7           | 93        | 70         | 15        | 0        | 0,9      |        |
| 12        | 0        | DCMT 11 T3 08        | 12        | 12        | 11          | 93        | 70         | 18        | 0        | 3        |        |
| 16        | 0        | DCMT 07 02 04        | 16        | 16        | 7           | 93        | 70         | 16        | 0        | 0,9      |        |
| 16        | 0        | DCMT 11 T3 08        | 16        | 16        | 11          | 93        | 70         | 20        | 0        | 3        |        |
| 8         | 0        | DCMT 07 02 04        | 8         | 8         | 7           | 93        | 125        | 12,7      | 0        | 0,9      |        |
| 12        | 0        | DCMT 07 02 04        | 10        | 10        | 7           | 93        | 70         | 17        | 0        | 0,9      |        |
| 10        | 0        | DCMT 07 02 04        | 10        | 10        | 7           | 93        | 125        | 15        | 0        | 0,9      |        |
| 16        | 0        | DCMT 07 02 04        | 12        | 12        | 7           | 93        | 80         | 19        | 0        | 0,9      |        |
| 12        | 0        | DCMT 07 02 04        | 12        | 12        | 7           | 93        | 125        | 15        | 0        | 0,9      |        |
| 12        | 0        | DCMT 11 T3 08        | 12        | 12        | 11          | 93        | 125        | 18        | 0        | 3        |        |
| 20        | 0        | DCMT 07 02 04        | 16        | 16        | 7           | 93        | 100        | 19        | 0        | 0,9      |        |
| <b>20</b> | <b>0</b> | <b>DCMT 11 T3 08</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>11</b>   | <b>93</b> | <b>100</b> | <b>24</b> | <b>0</b> | <b>3</b> |        |
| 16        | 0        | DCMT 07 02 04        | 16        | 16        | 7           | 93        | 125        | 16        | 0        | 0,9      |        |
| 16        | 0        | DCMT 11 T3 08        | 16        | 16        | 11          | 93        | 125        | 20        | 0        | 3        |        |
| 25        | 0        | DCMT 07 02 04        | 20        | 20        | 7           | 93        | 125        | 22        | 0        | 0,9      |        |
| 25        | 0        | DCMT 11 T3 08        | 20        | 20        | 11          | 93        | 125        | 24        | 0        | 3        |        |
| 32        | 0        | DCMT 11 T3 08        | 25        | 25        | 11          | 93        | 150        | 28        | 0        | 3        |        |
| 8         | 0        | DCMT 07 02 04        | 8         | 8         | 7           | 93        | 125        | 12,7      | 0        | 0,9      |        |

Рисунок 5.10 - Вибір оправки (продовження)

CoroGuide

Файл Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Your productivity partner!

Choose language

Метрическая

Дюйм

Поиск по области применения

Поиск продукта

Экспорт в...

Расчет режимов резания

### Пошук за варіантом застосування

Вы выбрали: Точение > Наружная обработка - Продольное точение > Пластина формы D 55° - Главный угол в плане 93° - Угол врезания 30° > Крепление винтом T-MAX S > Хвостовик прямоугольного сечения

Показать державки Показать пластины

**Выбранные пластины**

Области ISO: P=Сталь, M=Нержавеющая сталь, S=Жаропрочная сталь и титан, K=Чугун

| Область ISO | Код заказа            | Weight | IC    | Insert_Size | l   | re      | s |
|-------------|-----------------------|--------|-------|-------------|-----|---------|---|
| P           | DCMT 07 02 02-UF 5015 | 0.0007 | 6.35  | 7 7         | 0.2 | 2.38125 |   |
| P           | DCMT 07 02 04-PF 5015 | 0.0006 | 6.35  | 7 7         | 0.4 | 2.38125 |   |
| P           | DCMT 07 02 04-PM 5015 | 0.0006 | 6.35  | 7 7         | 0.4 | 2.38125 |   |
| P           | DCMT 07 02 08-PM 5015 | 0.0007 | 6.35  | 7 7         | 0.8 | 2.38125 |   |
| P           | DCMT 11 T3 02-PF 5015 | 0.0025 | 9.525 | 11 11       | 0.2 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 04-PF 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.4 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 04-PM 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.4 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 04-UF 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.4 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 04-UM 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.4 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 08-PF 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.8 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 08-PM 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.8 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 12-PM 5015 | 0.0023 | 9.525 | 11 11       | 1.2 | 3.96875 |   |
| P           | DCMX 07 02 04-WF 5015 | 0.0006 | 6.35  | 7 7         | 0.4 | 2.38125 |   |
| P           | DCMX 11 T3 04-WF 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.4 | 3.96875 |   |
| P           | DCMX 11 T3 08-WF 5015 | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.8 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 07 02 04-UF 515  | 0.0006 | 6.35  | 7 7         | 0.4 | 2.38125 |   |
| P           | DCMT 11 T3 04-UF 515  | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.4 | 3.96875 |   |
| P           | DCMT 11 T3 08-UF 515  | 0.0045 | 9.525 | 11 11       | 0.8 | 3.96875 |   |
| P           | DCGT 07 02 04-UM 525  | 0.0007 | 6.35  | 7 7         | 0.4 | 2.38125 |   |
| P           | DCGT 11 T3 04-UM 525  | 0.0022 | 9.525 | 11 11       | 0.4 | 3.96875 |   |

CoroGuide

Файл Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Your productivity partner!

Choose language

Метрическая

Дюйм

Поиск по области применения

Поиск продукта

Экспорт в...

Расчет режимов резания

### Продукт: DCMT 11 T3 04-UF 515

Выбрать тип информации

Рекомендации по режимам резания

Рисунок из каталога

| Параметр    | Величина |
|-------------|----------|
| Weight      | 0.0022   |
| Insert_Size | 11       |
| l           | 11       |
| s           | 3.96875  |
| IC          | 9.525    |
| re          | 0.4      |

Рисунок 5.11 - Вибір ріжучої пластини- чорнове точіння

## 5.4.2 Вибір інструменту для чистового та тонкого точіння

Покажемо вибір пластин для чистового та тонкого точіння обмежимося вибором відмінної від попереднього вибору ріжучої пластини. Тому що форма оброблюваної поверхні чорновим, чистовим та тонким інструментом - не буде відрізнятися, таким чином вже вибрана нами оправка нас задовольняє. Отже переходячи до вибору ріжучої пластини ми опустимо з 1-ого по 7-ий кроки [34].

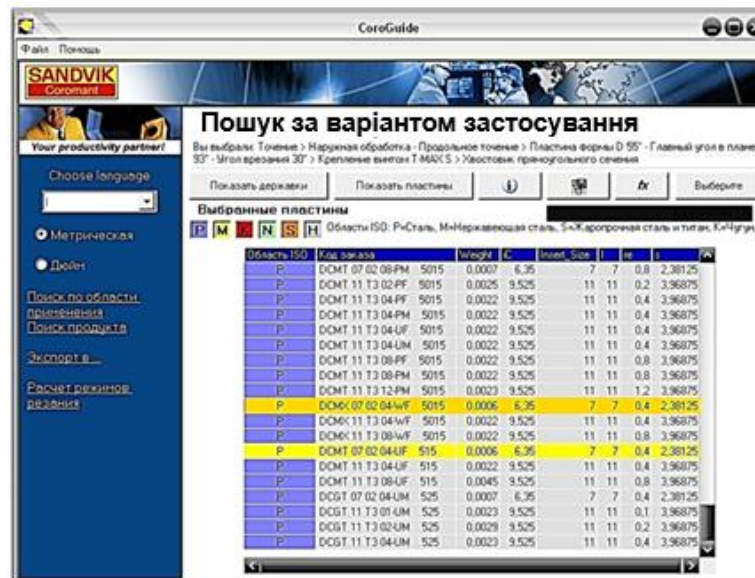


Рисунок 5.12 - Вибір ріжучої пластини на чистове та тонке точіння

Зміниться зовнішній вид і розмір ріжучої пластини, тому що пластини для чистового та тонкого точіння, виробляються трохи меншими та мають більш точні характеристики.

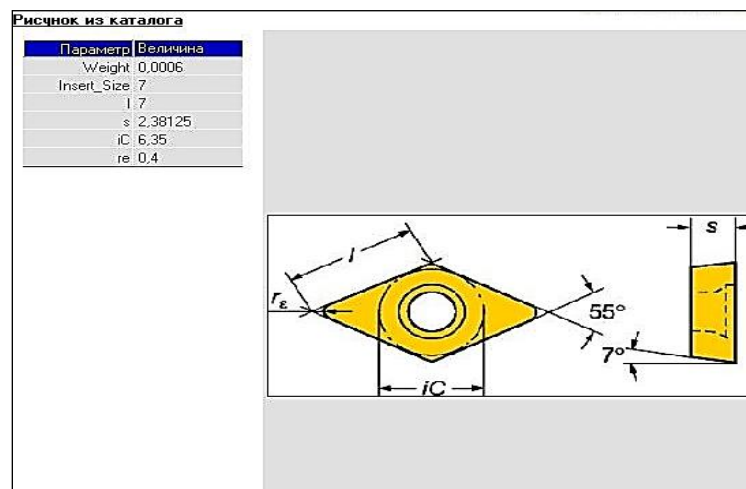


Рисунок 5.13 - Вибір ріжучої пластини на чистове та тонке точіння (продовження)

### 5.4.3 Вибір інструменту для точіння фасок та канавки

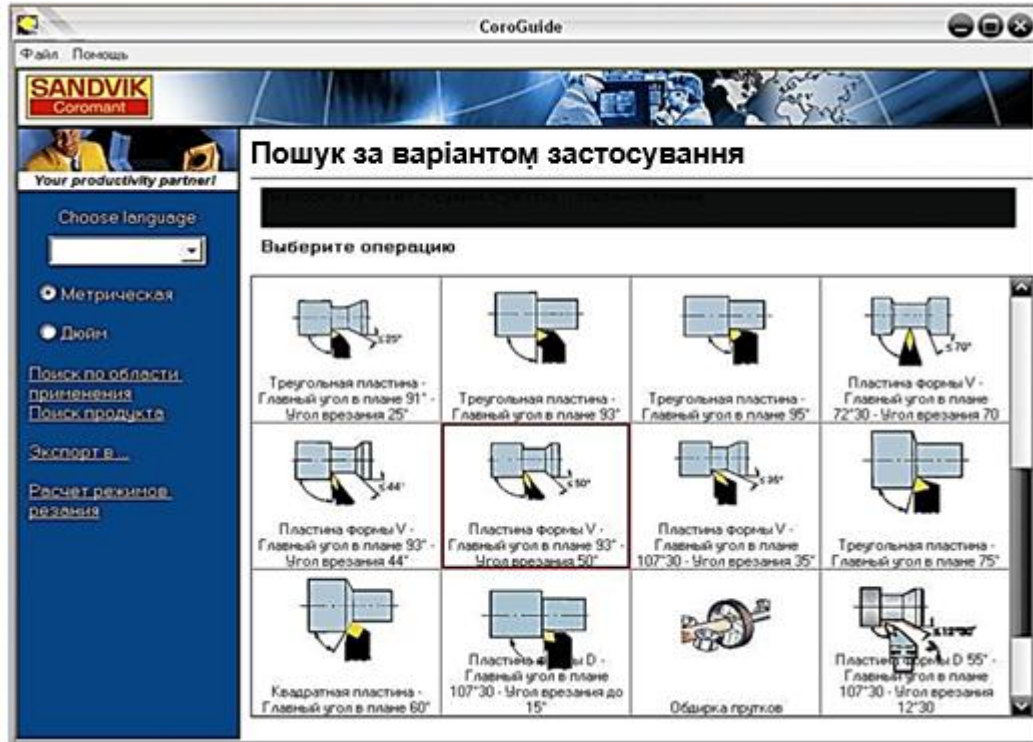


Рисунок 5.14 - Вибір операції

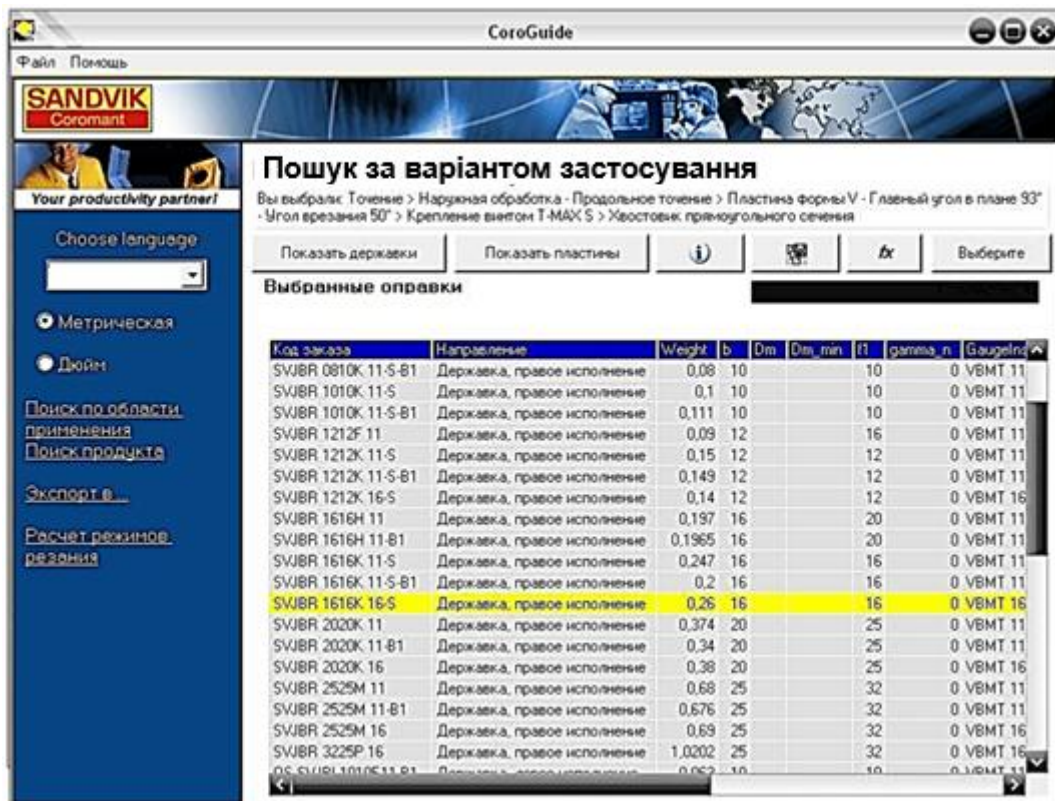


Рисунок 5.15 - Вибір оправки

CoroGuide

Файл Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Your productivity partner!

Choose language

Метрическая

Дюйм

Поиск по области применения

Поиск продукта

Экспорт в...

Расчет режимов резания

### Пошук за варіантом застосування

Вы выбрали: Точение > Наружная обработка - Продольное точение > Пластина формы V - Главный угол в плане 93° - Угол врезания 50° > Крепление винтом T-MAX S > Хвостовик: прямоугольного сечения

Показать державки Показать пластины

Выборные оправки

| П  | gamma_n | Gaugelinsert  | h  | h1 | Insert_Size | Kappa_1 | П   | В    | Lambda_s | re  | Torque |
|----|---------|---------------|----|----|-------------|---------|-----|------|----------|-----|--------|
| 10 | 0       | VBMT 11 03 04 | 8  | 8  | 11          | 93      | 125 | 26   | 0        | 0,9 |        |
| 10 | 0       | VBMT 11 02 04 | 10 | 10 | 11          | 93      | 125 | 26   | 0        | 0,9 |        |
| 10 | 0       | VBMT 11 03 04 | 10 | 10 | 11          | 93      | 125 | 26   | 0        | 0,9 |        |
| 16 | 0       | VBMT 11 02 04 | 12 | 12 | 11          | 93      | 80  | 27   | 0        | 0,9 |        |
| 12 | 0       | VBMT 11 02 04 | 12 | 12 | 11          | 93      | 125 | 26   | 0        | 0,9 |        |
| 12 | 0       | VBMT 11 03 04 | 12 | 12 | 11          | 93      | 125 | 26   | 0        | 0,9 |        |
| 12 | 0       | VBMT 16 04 08 | 12 | 12 | 16          | 93      | 125 | 30   | 0        | 3   |        |
| 20 | 0       | VBMT 11 02 04 | 16 | 16 | 11          | 93      | 100 | 27   | 0        | 0,9 |        |
| 20 | 0       | VBMT 11 03 04 | 16 | 16 | 11          | 93      | 100 | 27   | 0        | 0,9 |        |
| 16 | 0       | VBMT 11 02 04 | 16 | 16 | 11          | 93      | 125 | 26   | 0        | 0,9 |        |
| 16 | 0       | VBMT 11 03 04 | 16 | 16 | 11          | 93      | 125 | 26   | 0        | 0,9 |        |
| 16 | 0       | VBMT 16 04 08 | 16 | 16 | 16          | 93      | 125 | 40   | 0        | 3   |        |
| 25 | 0       | VBMT 11 02 04 | 20 | 20 | 11          | 93      | 125 | 27   | 0        | 0,9 |        |
| 25 | 0       | VBMT 11 03 04 | 20 | 20 | 11          | 93      | 125 | 27   | 0        | 0,9 |        |
| 25 | 0       | VBMT 16 04 08 | 20 | 20 | 16          | 93      | 125 | 31,5 | 0        | 3   |        |
| 32 | 0       | VBMT 11 02 04 | 25 | 25 | 11          | 93      | 150 | 27   | 0        | 0,9 |        |
| 32 | 0       | VBMT 11 03 04 | 25 | 25 | 11          | 93      | 150 | 27   | 0        | 0,9 |        |
| 32 | 0       | VBMT 16 04 08 | 25 | 25 | 16          | 93      | 150 | 31,5 | 0        | 3   |        |
| 32 | 0       | VBMT 16 04 08 | 32 | 32 | 16          | 93      | 170 | 31,5 | 0        | 3   |        |
| 10 | 0       | VBMT 11 02 04 | 10 | 10 | 11          | 93      | 70  | 26   | 0        | 0,9 |        |

CoroGuide

Файл Помощь

**SANDVIK**  
Coromant

Your productivity partner!

Choose language

Метрическая

Дюйм

Поиск по области применения

Поиск продукта

Экспорт в...

Расчет режимов резания

### Пошук за варіантом застосування

Вы выбрали: Точение > Наружная обработка - Продольное точение > Пластина формы V - Главный угол в плане 93° - Угол врезания 50° > Крепление винтом T-MAX S > Хвостовик: прямоугольного сечения

Показать державки Показать пластины

Выборные пластины

P M K N S H Области ISO: P=Сталь, M=Нержавеющая сталь, S=Жаропрочная сталь и титан, K=Чугун.

| Область ISO | Код заказа       | Weight | bc     | IC    | Insert_Size | l  | re  | s      |
|-------------|------------------|--------|--------|-------|-------------|----|-----|--------|
| P           | VBMT 16 04 08-PR | 4005   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 0,8 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 12-PR | 4005   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 1,2 | 4,7625 |
| P           | VBMT 11 03 04-PF | 4015   | 0,0028 | 6,35  | 11          | 11 | 0,4 | 3,175  |
| P           | VBMT 11 03 08-PF | 4015   | 0,0027 | 6,35  | 11          | 11 | 0,8 | 3,175  |
| P           | VBMT 11 03 12-PF | 4015   | 0,0025 | 6,35  | 11          | 11 | 1,2 | 3,175  |
| P           | VBMT 16 04 04-PF | 4015   | 0,0094 | 9,525 | 16          | 16 | 0,4 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 04-PM | 4015   | 0,0094 | 9,525 | 16          | 16 | 0,4 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 04-UM | 4015   | 0,0094 | 9,525 | 16          | 16 | 0,4 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 04-UR | 4015   | 0,0094 | 9,525 | 16          | 16 | 0,4 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 08-PF | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 0,8 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 08-PM | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 0,8 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 08-PR | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 0,8 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 08-UM | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 0,8 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 08-UR | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 0,8 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 12-PF | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 1,2 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 12-PM | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 1,2 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 12-PR | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 1,2 | 4,7625 |
| P           | VBMT 16 04 12-UR | 4015   | 0,0087 | 9,525 | 16          | 16 | 1,2 | 4,7625 |
| P           | VBMT 11 03 04-PF | 4015   | 0,0026 | 6,35  | 11          | 11 | 0,4 | 3,175  |
| P           | VBMT 11 02 04-PM | 4015   | 0,0026 | 6,35  | 11          | 11 | 0,4 | 3,175  |

Рисунок 5.16 - Вибір оправки

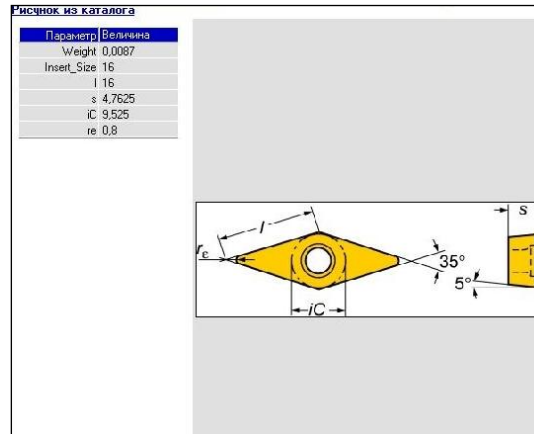


Рисунок 5.17 - Вибір ріжучої пластини для точіння фасок

Потім шукаємо рекомендації по режимам різання для операцій точіння. Вибираються так: по типу пластин, застосованих у розточувальному інструменті, визначаємо глибину різання і подачу [14].

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| VBMT160408-KR | 1.80 | 0.90 | 3.60 | 0.25 | 0.11 | 0.32 |
| VBMT160412-KR | 1.80 | 1.10 | 3.60 | 0.27 | 0.13 | 0.38 |
| CCMT060202-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| CCMT060204-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| CCMT060208-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| CCMT09T302-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| CCMT09T304-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| CCMT120404-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| DCMT070202-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| DCMT070204-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| DCMT11T304-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT06T102-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| TCMT06T104-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT0902C2-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| TCMT0902C4-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT110202-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| TCMT110204-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT110208-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| TCMT16T304-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT16T308-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| VBMT110202-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| VBMT110204-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| VBMT110208-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| CCMT060204-UM | 0.20 | 0.10 | 1.50 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| VBMT160412-KR | 1.80 | 1.10 | 3.60 | 0.27 | 0.13 | 0.38 |
| CCMT060202-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| CCMT060204-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| CCMT060208-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| CCMT09T302-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| CCMT09T304-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| CCMT120404-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| DCMT070202-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| DCMT070204-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| DCMT11T304-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT06T102-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| TCMT06T104-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT0902C2-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| TCMT0902C4-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT110202-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| TCMT110204-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT110208-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| TCMT16T304-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| TCMT16T308-UF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| VBMT110202-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| VBMT110204-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.20 |
| VBMT110208-UF | 0.40 | 0.20 | 1.50 | 0.10 | 0.05 | 0.25 |
| CCGT060201-UM | 0.30 | 0.10 | 1.00 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |

а)

б)

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| VBMT160412-PR | 1.80 | 1.10 | 3.60 | 0.27 | 0.13 | 0.38 |
| CCMT060202-MF | 0.30 | 0.05 | 1.70 | 0.06 | 0.03 | 0.11 |
| CCMT060204-MF | 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.08 | 0.05 | 0.17 |
| CCMT09T302-MF | 0.40 | 0.08 | 2.00 | 0.08 | 0.04 | 0.15 |
| CCMT09T304-MF | 0.40 | 0.10 | 2.00 | 0.11 | 0.06 | 0.23 |
| CCMT09T308-MF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.15 | 0.08 | 0.30 |
| CCMT120404-MF | 0.40 | 0.10 | 2.40 | 0.14 | 0.07 | 0.27 |
| DCMT070202-MF | 0.30 | 0.05 | 1.50 | 0.06 | 0.03 | 0.11 |
| DCMT070204-MF | 0.30 | 0.08 | 1.50 | 0.08 | 0.05 | 0.17 |
| DCMT11T302-MF | 0.40 | 0.08 | 2.00 | 0.08 | 0.04 | 0.15 |
| DCMT11T304-MF | 0.40 | 0.10 | 2.00 | 0.11 | 0.06 | 0.23 |
| DCMT11T308-MF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.15 | 0.08 | 0.30 |
| SCMT09T304-MF | 0.40 | 0.10 | 2.00 | 0.11 | 0.06 | 0.23 |
| SCMT09T308-MF | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.15 | 0.08 | 0.30 |
| TCMT06T102-MF | 0.30 | 0.05 | 1.50 | 0.06 | 0.03 | 0.11 |
| TCMT06T104-MF | 0.30 | 0.08 | 1.50 | 0.08 | 0.05 | 0.17 |
| TCMT06T108-MF | 0.30 | 0.10 | 1.50 | 0.11 | 0.06 | 0.23 |
| TCMT090202-MF | 0.30 | 0.05 | 1.70 | 0.06 | 0.03 | 0.13 |
| TCMT090204-MF | 0.30 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 0.05 | 0.19 |

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| CCMT060204-UR | 1.50 | 1.00 | 2.50 | 0.25 | 0.15 | 0.30 |
| CCMT060208-UR | 1.50 | 1.00 | 2.50 | 0.30 | 0.15 | 0.40 |
| CCMT09T304-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.25 | 0.15 | 0.30 |
| CCMT09T308-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| CCMT120408-UR | 2.50 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| DCMT11T304-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.25 | 0.15 | 0.30 |
| DCMT11T308-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| DCMT11T312-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.20 | 0.50 |
| SCMT09T308-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| SCMT120408-UR | 2.50 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| TCMT110204-UR | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 0.25 | 0.15 | 0.30 |
| TCMT110208-UR | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 0.30 | 0.15 | 0.40 |
| TCMT16T304-UR | 2.50 | 1.00 | 4.00 | 0.25 | 0.15 | 0.30 |
| TCMT16T308-UR | 2.50 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| TCMT16T312-UR | 2.50 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.20 | 0.50 |
| VBMT160404-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.25 | 0.15 | 0.30 |
| VBMT160408-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| VBMT160412-UR | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 0.30 | 0.20 | 0.50 |

в)

г)

Рисунок 5.18 - Значення глибин різання й подач при: а) чорновій обробці; б) чистовій обробці; в) тонкій обробці; г) обробці фасок точінням.

## 5.5 Висновки

У даному розділі виконувалася розробка технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «Вал», при якій був проведений аналіз технічного оснащення, яке застосовується на верстатах із ЧПК в цілому. У якості оснащення були розроблені групове пристосування, що використовується при обробці на оброблювальному центрі СН0177 для всіх деталей типу «Вал», для яких складався ГТП; конструкція загарбного пристрою маніпулятора, що переміщає заготовки й деталі на місце робочої зони верстата із ЧПК, далі базує в патроні верстата і т.д.; а також обрані основний і допоміжний інструменти для обробки деталей на оброблювальному центрі.

Перераховане вище оснащення було розроблено для групового технологічного процесу, з метою збільшення якості виробництва і зниження собівартості виробу за рахунок зменшення номенклатури застосовуваних інструментів і пристосувань, а також за рахунок автоматизації допоміжних дій.

## 6. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

### 6.1 Розробка організаційно-технологічної структури системи виготовлення деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177

До складу організаційно-технологічної системи виготовлення деталі «Вал» входять: токарний верстат с ЧПК мод. РТ705Ф3, магазин мод. СН2009, призначеного для накопичення та подачі заготовок типу валів у зоні захоплення їх автоматичним маніпулятором порталного робота, а також порталний робот мод. СН3308 (рис. 6.1) [18,39].

Для розміщення на ділянці обробки деталі типу «Вал» заготовок, а також готових деталей необхідна наявність накопичувального магазину. Конструктивно магазин виконаний у вигляді тумби з приварені до її верхній частині рамою, на якій закріплені дві нерухомі гребінки з призматичними базовими поверхнями. Гребінки, що мають крок 65 мм, які призначені для укладання заготовок і деталей типу валів. Точне позиціонування в цьому випадку необхідно для точного захвату маніпулятором заготовки із пристосуванням.

Особливістю конструкції ПР є наявність у модулі каретки двох рук із захватами, спеціально призначеними для деталей типу валів.

Токарний верстат с ЧПК мод. РТ705Ф3, що безпосередньо здійснює обробку деталі типу «Вал».

За допомогою програми SolidWorks була змодельована імітаційна модель системи виготовлення деталі «Вал», у яку ввійшли перераховані вище елементи.

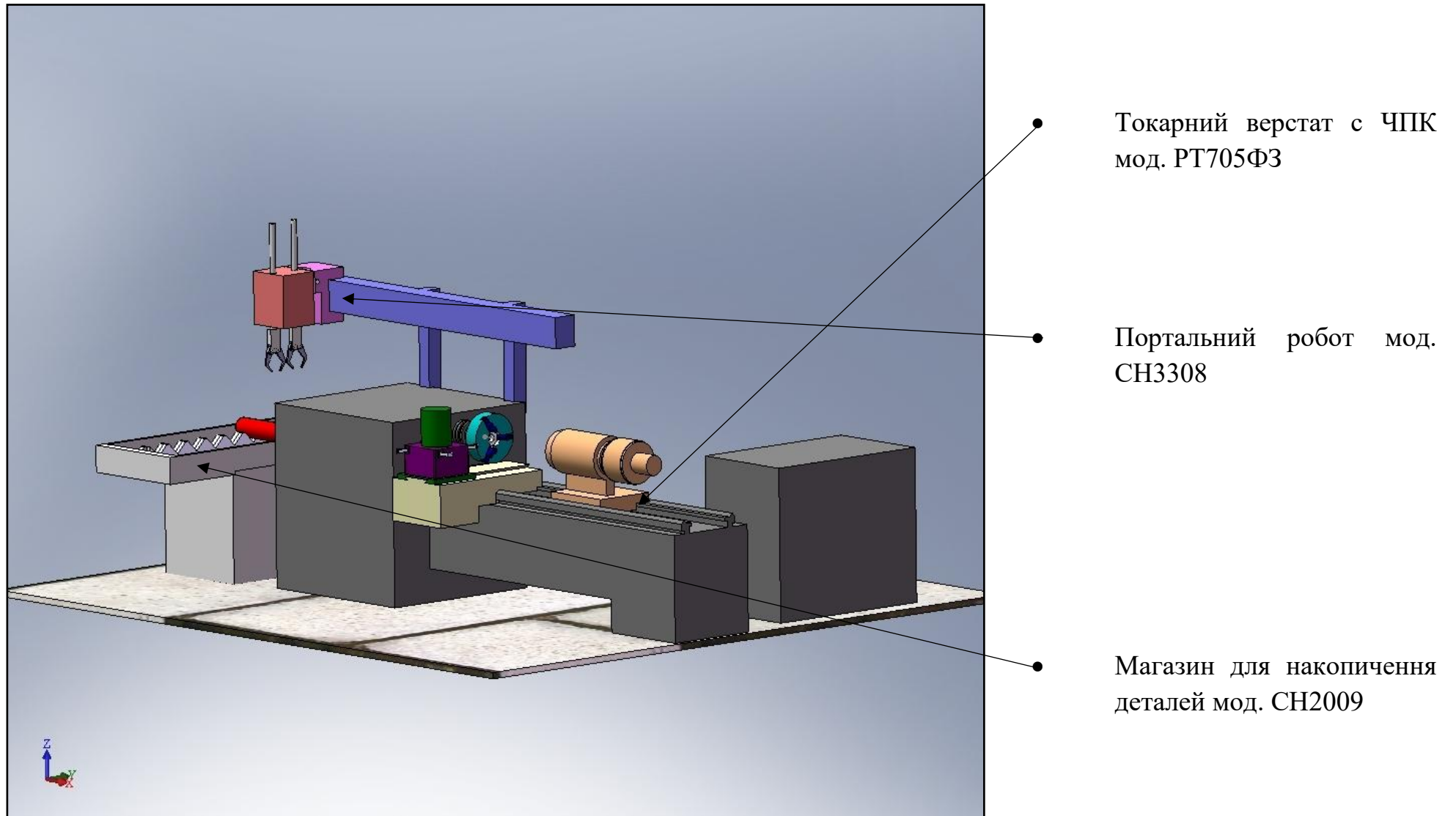


Рисунок 6.1 - Організаційно-технічне компонування ГВМ СН0177.



Основними вузлами даного верстата, проєктованими за допомогою 3D графіки, є:

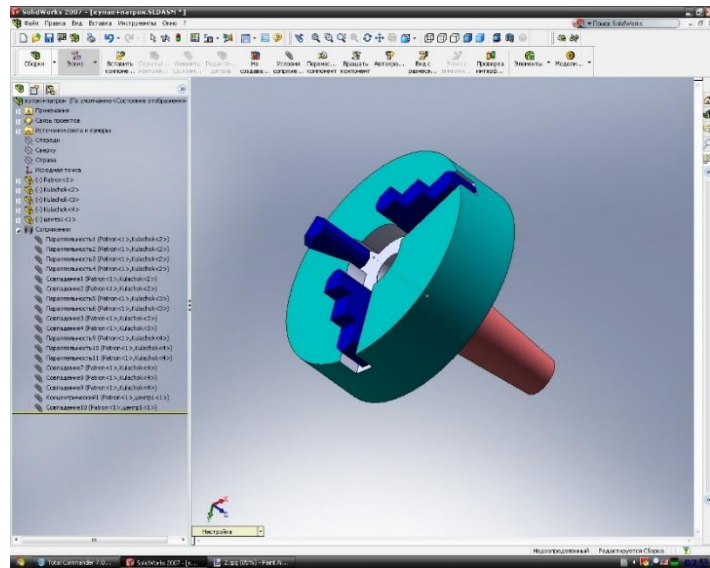


Рисунок 6.3 - Патрон токарний 3-х кулачковий діаметр патрона - 160 мм

Затискні пристрої даного типу, є достатньо простим і універсальним затискним пристосуванням для затиску деталей типу «Вал». Патрон призначений для затиску штучних заготовок, які обробляються на верстатах токарної групи класу точності "Н" і "П" в умовах серійного і масового виробництва і є зручним пристроєм. Швидке орієнтування і центрування, є особливими его перевагами.

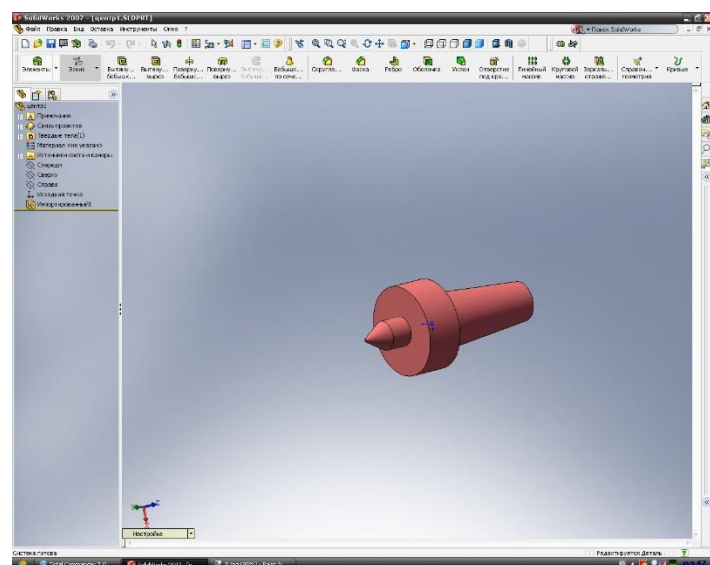


Рисунок 6.4 - Центр верстатний упорний

Задня бабка призначена для точної підтримки та переміщення оброблюваної на верстаті деталі відносно різального інструмента або оброблюваної поверхні. Вона розташовується та закріплюється на станині верстата. У корпусі задньої бабки є конічний отвір для встановлення центра, який підтримує заготовку під час обробки.

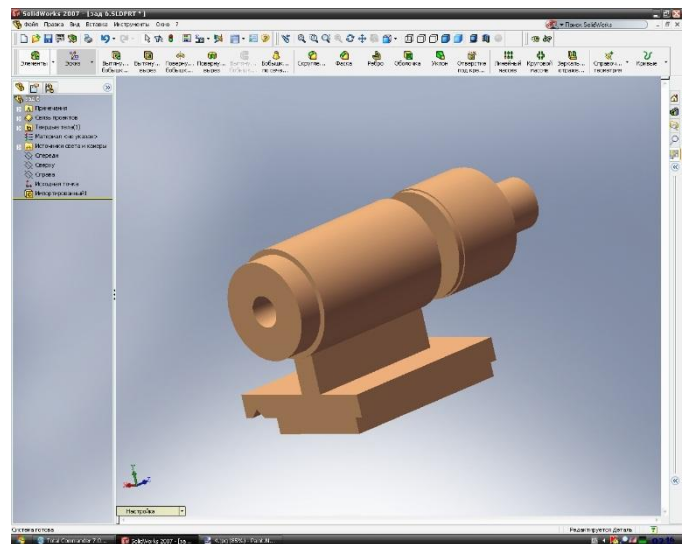


Рисунок 6.5 - Задня бабка

Крім того, задня бабка використовується для закріплення інструментів — таких як свердла, зенкери, розгортки — при виконанні операцій, що здійснюються по осі деталі з зовнішнього боку.

Задню бабку можна переміщати вздовж напрямних станини, встановлюючи її на потрібну відстань залежно від довжини оброблюваної деталі. У робочому положенні вона надійно фіксується.

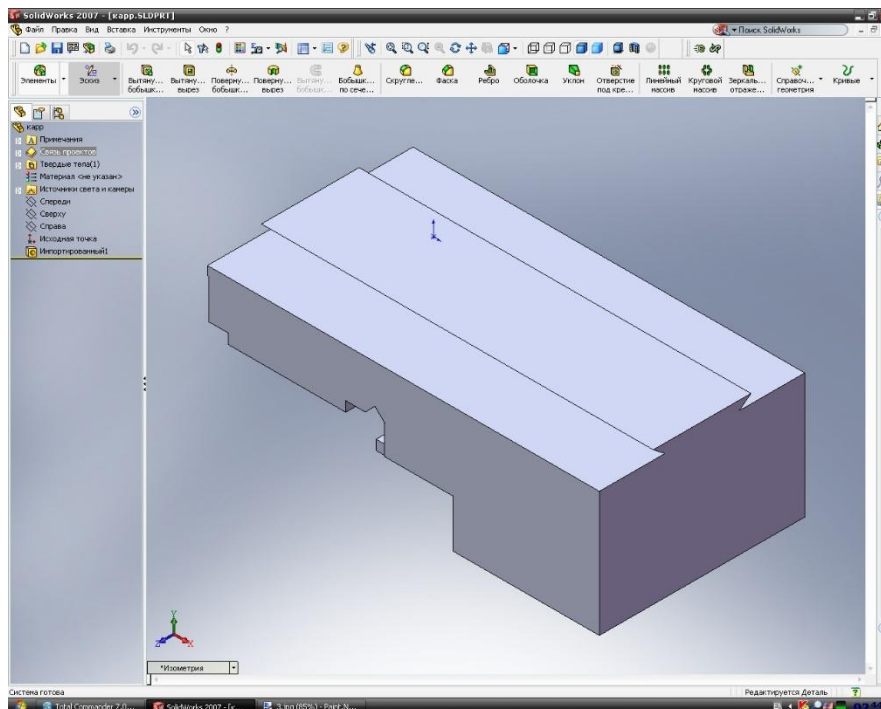


Рисунок 6.6 - Супорт верстата

Супорт служить для закріплення різального інструменту та повідомлення йому руху подачі.

Супорт призначений для переміщення під час обробки різального інструменту (магазину з інструментом), закріпленого у різцетримачі (в магазині). Він складається з нижніх санчат які переміщуються по напрямних станини і забезпечують переміщення різця вздовж заготовки.

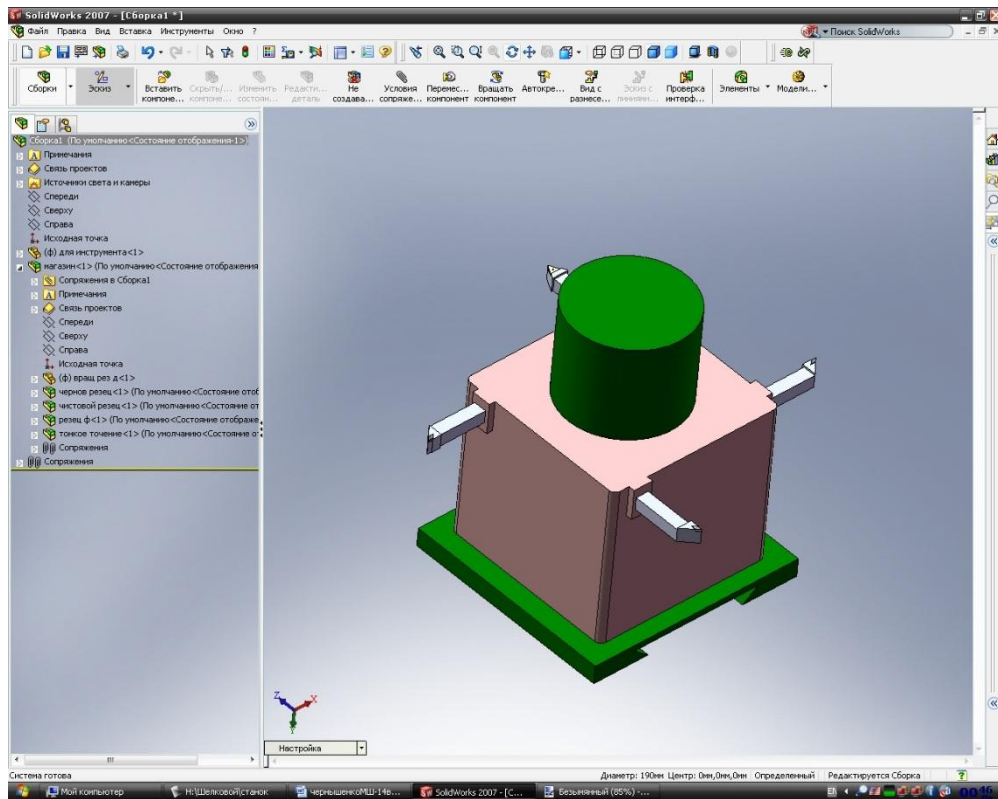


Рисунок 6.7 - Магазин з різальним інструментом

Ріжучий інструмент - переміщається разом з санчатами супорта від ходового валу або ходового гвинта, що одержують обертання від механізму подачі.

Супорт зазвичай складається з різцетримача і проміжних деталей типу санчат, що забезпечують заданий напрямок руху інструменту.

Можливість зміни інструментального магазину, встановлюваного на супорті верстата, дає можливість виробляти абсолютно різну обробку деталей. Від чорновий, до тонкого точіння, отримання різьбових поверхонь, в залежності від номенклатури наявного інструменту та поставленої задачі.

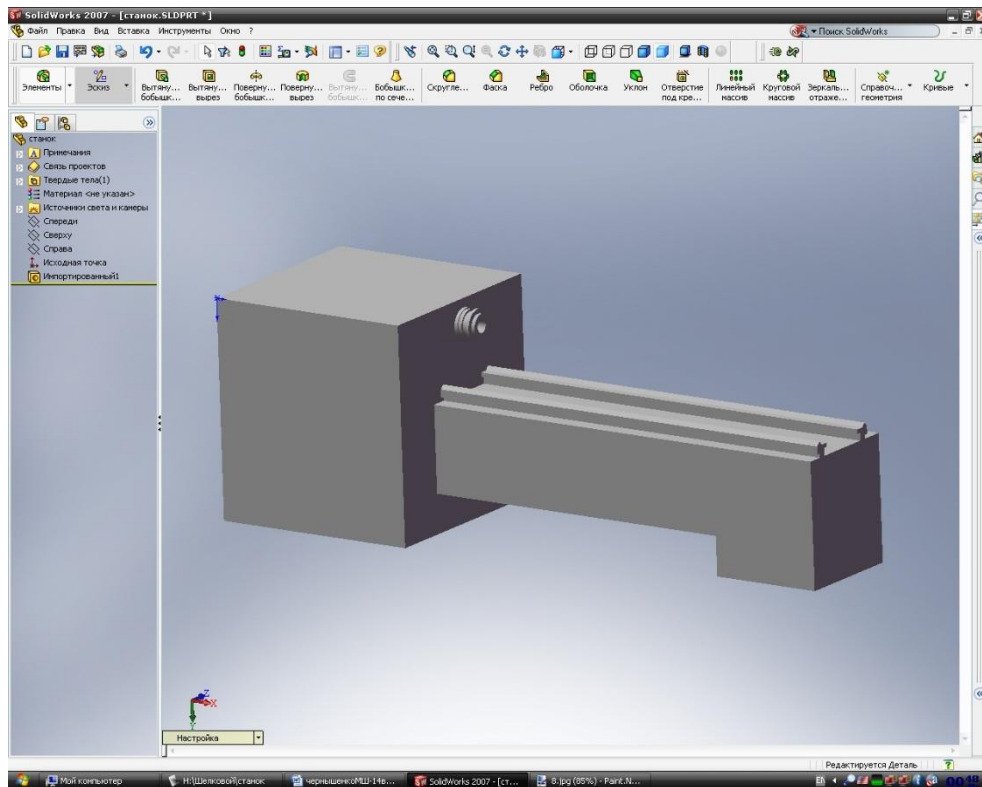


Рисунок 6.8 - Станина верстата

Станина - частина, яка призначена для зв'язку вузлів верстата, на якій монтується всі механізми верстата. Головною складовою частиною цього вузла є головний привід верстата. Головний привід верстата. У передній бабці, розміщені коробка швидкостей і шпиндель, які приводять до обертання оброблювану деталь - при вибраних глибині різання і подачі.

Різець - ріжучий інструмент, який переміщається разом з санчатами супорта від ходового валу або ходового гвинта, що одержують обертання від механізму подачі.

### 6.3 Розробка імітаційної моделі накопичувача деталей типу «Вал»

Конструкція магазину СН2009, призначеного для накопичення та подачі заготовок типу валів у зоні захоплення їх автоматичним маніпулятором МА80Ц або ПР НЦ3380, показана на рис 6.9. Магазины даного типу можуть вбудовуватися до складу будь-яких роботизованих комплексів, технологічних ліній і ділянок для обробки валів [44,53].

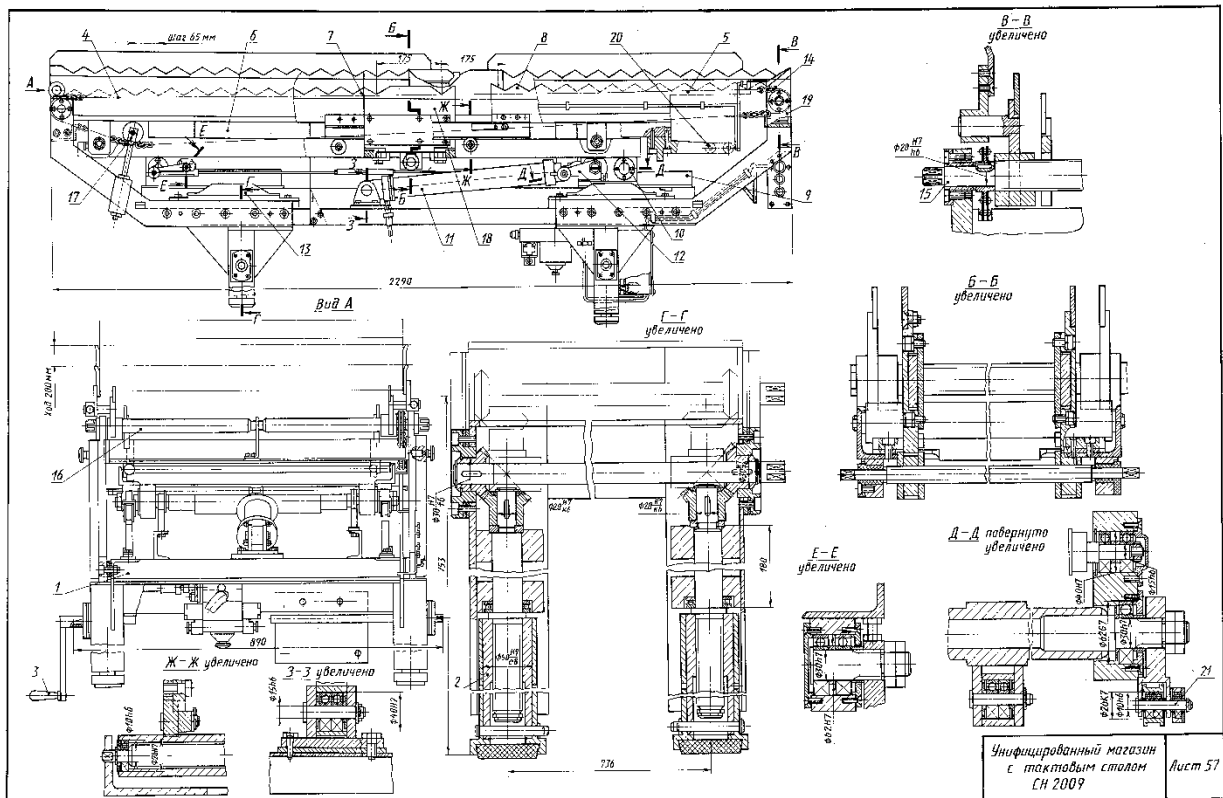


Рисунок 6.9 - Конструкція накопичувального магазину мод.СН2009

Для можливості використання уніфікованого магазину з різними моделями верстатів, роботів і маніпуляторів передбачено регулювання висоти положення його рами 1 за допомогою гвинтових домкратів 2 з приводом рукояткою 3. Додатково вручну регулюється взаємне положення базуються гребінок 4 і 5 при зміні довжини оброблюваних виробів.

Конструктивно магазин виконаний у вигляді тумби з приварені до її верхній частині рамою 1, на якій закріплені дві нерухомі гребінки 4 і 5 з призматичними базовими поверхнями. Гребінки, що мають крок 65 мм, призначені для укладання заготовок і деталей типу валів. Рухома рама 6 з гребінками 7 і 5 може переміщатися по напрямних планок 9 на чотирьох роликах 10. Переміщення рами здійснюється хитним гідроциліндром 11, шток якого з'єднаний з рамою з допомогою важільного пристрою 12. При зворотному поступальному горизонтальному переміщенні рама 6 одночасно робить хід вгору-вниз за рахунок кулачків 13, закріплених на нерухомій рамі 1. Таким

чином, здійснюється періодичне переміщення заготовок, встановлених на призмах гребінки 4 і 5, на один крок вперед або назад (в залежності від налаштування механізму приводу магазину).

Ланцюговий механізм 14 - служить для передачі обертання з валу 15, на вал 16. При регулюванні взаємного положення нерухомих гребінок 4 і 5 залежно від довжини заготовок. Натяг ланцюга здійснюється роликом 17 за допомогою гвинта і гайки.

Середня (робоча) позиція на нерухомих гребінках 4 і 5, з котрою заготовки захоплюються роботом або автоматичними маніпуляторами, з метою вільного проходження губок схопивши віддалений від двох сусідніх (праворуч і ліворуч) позицій на відстань збільшеного кроку ( 175 мм).

Щоб забезпечити подачу заготовок у робочу, а оброблених деталей – в наступну позицію, в середній частині рухливих гребінок 7 і 8 є вставки 18 з двома гніздами, відстань між якими також рівне збільшеному кроку. Вставки 19,18 жорстко пов'язані з рухомою рамою і вільно переміщуються щодо рухомих гребінок 7 і 5 в поздовжньому напрямку.

Після того, як заготовки піднімаються вгору і переміщуються на крок вперед, рухомі гребінки зупиняються, впираючись у поперечину 19, закріплену на рамі 1. При цьому рухома рама 6-разом зі вставками 18, продовжуючи переміщуватися, переносить чергову заготовку і оброблену деталь на збільшений крок. При опусканні гребінок упор своїм роликом 20 з'їжджає з поперечки 19, а вставки 19,18 одночасно впираються в рухомі гребінки: починається спільне переміщення вперед рами 6 і рухомих гребінок 7, 8 при одночасному їх опусканні за профілем кулачків 13.

У цей час здійснюється перекидка чергової заготовки та обробленої деталі у відповідних гніздах нерухомих гребінок 4 і 6. Опускання триває до контакту роликів 10 рухомої рами 6 з напрямними планками 9.

При зворотному ході рухомих гребінок ролики 21 шарнірно- важільного механізму піднімаються вгору і проходять над кулачками 13. Тому рухомі

гребінки 7 і 8 в опущеному стані обертаються в початковий стан, не торкаючись заготовок.

Контроль рухів в автоматичному циклі роботи магазину виконується кінцевими вимикачами.

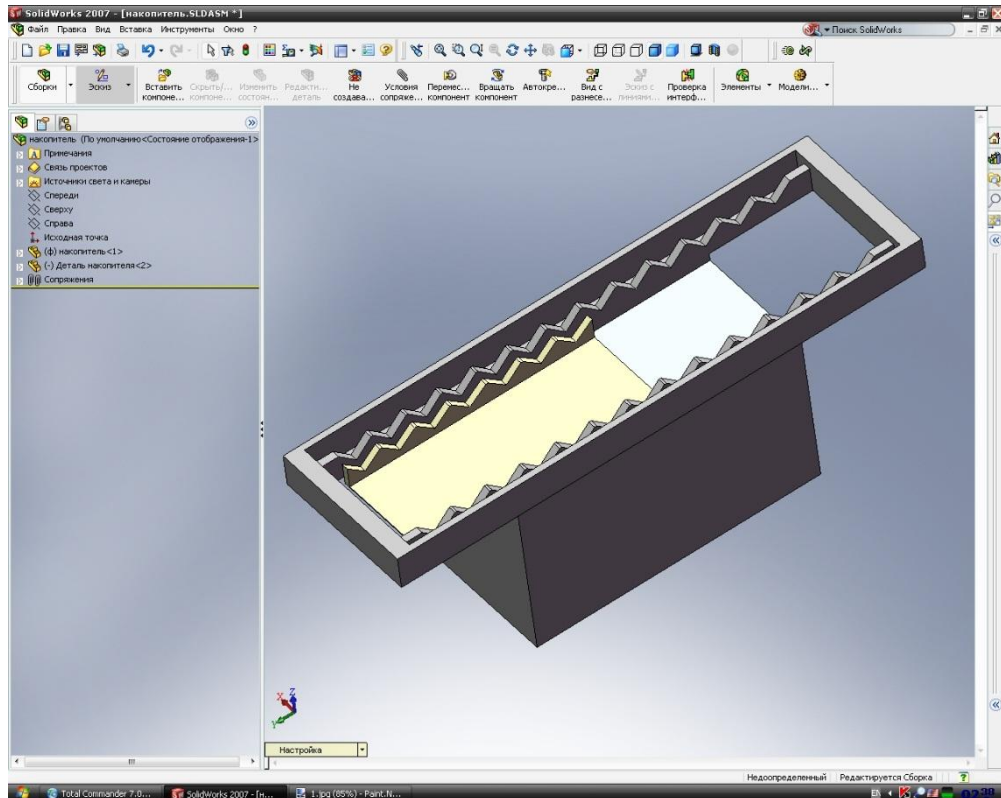


Рисунок 6.10 - 3Dмодель накопичувача

#### **6.4 Розробка імітаційної моделі маніпулятора для транспортування виробу «Вал» у зоні обробки й складування оброблювального центра СН0177**

Використовуючи креслення ПР моделі СН3308 (рис 4.3) розробляємо 3D креслення.

Здійснює захват і переміщення заготовки (деталі) по направляючій, яка кріпиться нагорі станини (див. рис 6.1).

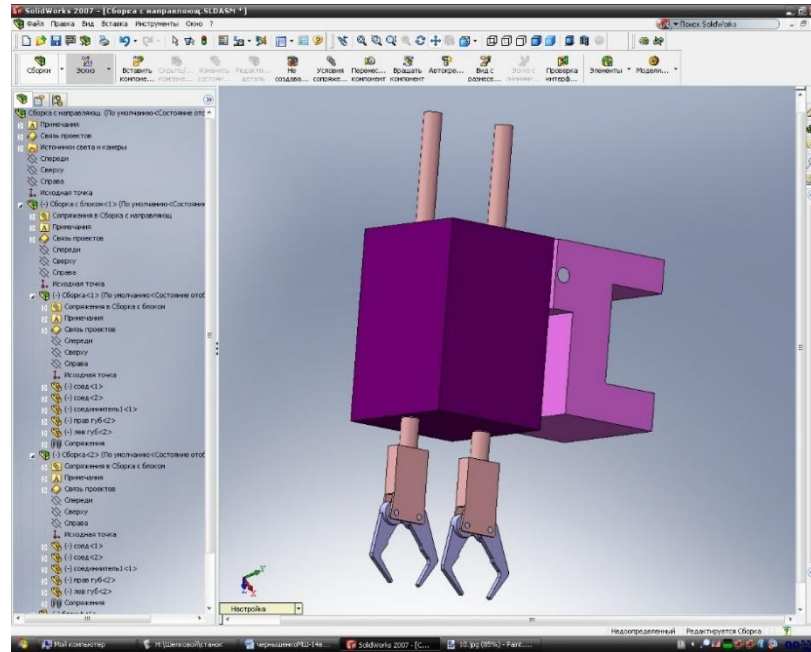


Рисунок 6.11 - Маніпулятор із захватами

Особливістю конструкції ПР є наявність в модулі каретки двох рук з захватами, спеціально призначеними для кращого орієнтування деталей типу валів.

## 6.5 Розробка імітаційної моделі обробки виробу «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі SN0177

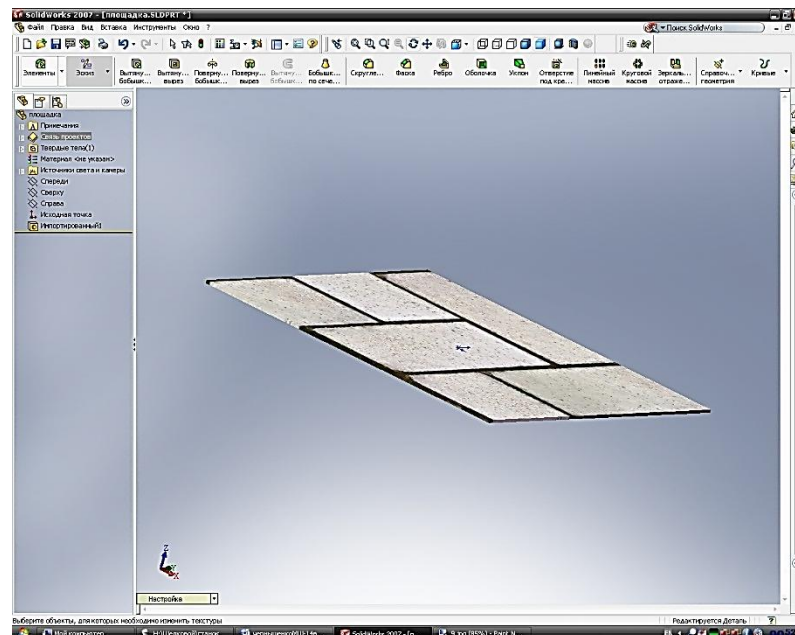


Рисунок 6.12 - Покриття цеху

Ділянка, що відводиться під наш обробний комплекс. Найчастіше саме бетонна основа забезпечує функціональність інших різновидів покриттів підлоги. Бетонні підлоги - є одним з найбільш поширеним видів промислових підлог. Міцність, надійність і рівність бетонних підлог визначає експлуатаційні характеристики майбутніх покриттів виконаних на їх основі.

Поверхневий шар наповнюється складами, які оберігають бетон від пилу. Крім того, ця технологія підвищує вологостійкість, стійкість при впливі агресивних хімічних середовищ, атмосферних явищ (наприклад, різкого перепаду температур) і біологічних факторів.

Всі елементи і вузли верстата встановлюються і сполучаються один з одним на ділянці(покритті цеху) рис 6.12. і представляють ГВМ моделі СН0177, зображений на рис 6.13.

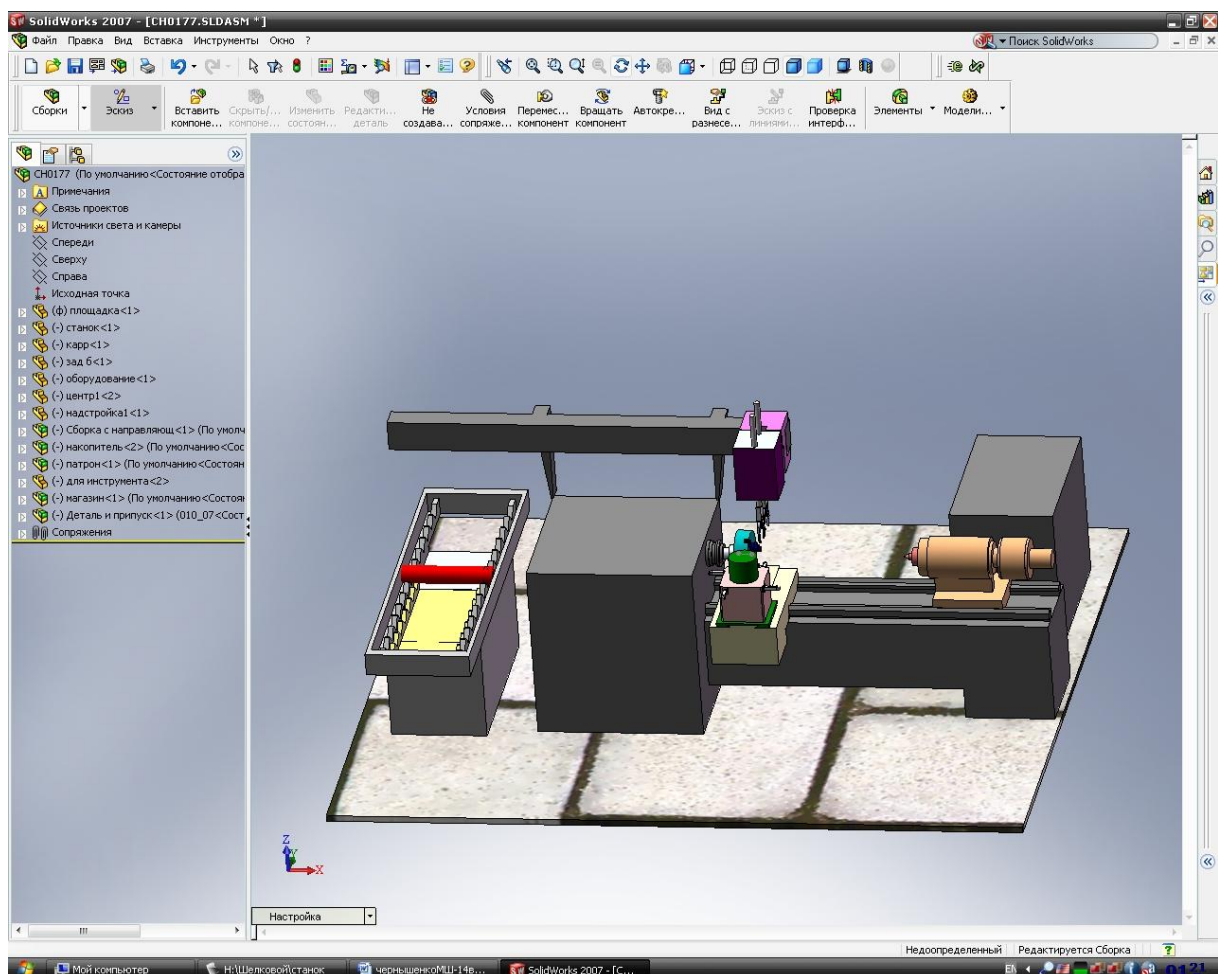


Рисунок 6.13 - ГВМ моделі СН0177 3D

## 6.6 Нормування процесу обробки виробу «Вал» на оброблювальному центрі СН0177

Оскільки обробка деталі виконується на ГВМ, відповідно всі допоміжні дії будуть виконуватися автоматично, без участі людини. Відповідно, норма часу буде складатися тільки зі штучного часу, оскільки відсутні витрати в часі на налагодження верстата. А штучний час буде складатися тільки з основного й допоміжного часу - буде відсутній час організаційного обслуговування, на технічне обслуговування й час на відпочинок для робітника, оскільки при виконанні операцій на ГВМ усе виконується автоматично [6,13].

У системі «ГВМ 3D редактор» була розроблена імітаційна модель обробки виробу «Вал» на оброблювальному центрі СН0177, у якій складалася програма по переміщенню всіх вузлів системи в заданий термін на необхідні відстані. За допомогою цієї програми можна визначити загальний допоміжний час (рис. 6.14), що буде витрачатися на зняття заготовки з накопичувача, переміщення заготовки за допомогою маніпулятора, базування пристосування із заготовкою в робочій зоні верстата і т.д.

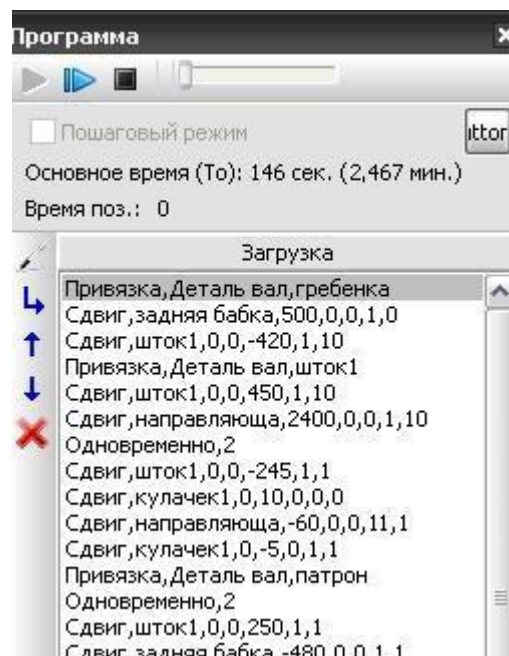


Рисунок 6.14 - Загальний допоміжний час для обробки деталі «Вал» на оброблювальному центрі СН0177.

## **6.7 Висновки**

У даному розділі було виконано імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177. Елементами системи є устаткування, оснащення, які беруть участь у процесі обробки деталі: безпосередньо верстат СН0177, промисловий робот порталного типу СН3308, а також стіл-накопичувач. Кожний з компонентів системи був окремо змодельований у програмі SolidWorks, а далі вони були об'єднані в систему.

Далі, за допомогою програми «ГВМ 3D редактор», була розроблена імітаційна модель обробки деталі «Вал». На підставі розробленого циклу програми було проведене нормування обробки однієї з деталей.

## 7. РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ГВМ СН0177

### 7.1 Розробка імітаційної моделі ГВМ СН0177

Ми вдаємося і вивчаємо використання імітаційних моделей і надалі просувати їх використання в тих випадках коли:

- дорого або неможливо проводити експерименти і дослідження на реальному об'єкті;
- неможливо побудувати й проаналізувати задану модель, без наочної демонстрації її роботи;
- необхідно зімітувати поведінку системи в часі або щодо інших характеристик, які модель дозволить нам отримати.

Імітаційна модель-повинна коректно працювати і показувати нам можливі «+» і «-» даного способу обробки деталі, використовуючи типовий технологічний процес і доцільність застосування даного типу обладнання.

Наш спосіб, наочно демонструє використання 3х мірного моделювання досліджуваного об'єкта, для більшої наочності побудованого в графічному редакторі "Solid Works".

За допомогою розробленої 3D моделі належного класу обладнання, можна наочно оцінити який саме тип оснащення та інструменту слід застосовувати при тому чи іншому типорозмірі деталі [6].

Також використовуючи різні програмне забезпечення та програмні додатки, ми можемо відстежувати, що цікавлять нас основні характеристики досліджуваного нами обладнання, тобто конкретної моделі верстата, моделі ГВМ або ДПС.

Можливе проведення випробувань на такі характеристики обладнання, як:

- розрахунки характеристик часу
- розрахунки по точності
- розрахунок на міцність

За поставленої конкретної мети, можливо, досліджувати пристосованість того чи іншого типу оснащення, вже наявної на підприємстві, для вибраної моделі обладнання, що говорить про економічну доцільність застосування цього обладнання до його придбання.

Використовуючи 3х мірне моделювання, є можливість підбору та аналізу, різних видів оснащення та інструменту в каталогах існуючих фірм виробників.

Перебравши існуючий асортимент, ми можемо вибрати саме те, що нам підходить найкраще.

## 7.2 Розробка імітаційної моделі верстата СН0177

Згідно з функціональними властивостями обраної нами моделі верстата РТ707Ф3, рухомими його частинами будуть:

- Задня баба
- Супорт
- Інструментальний магазин
- Шпиндель

Для коректної роботи цих частин, вони повинні приєднуватися до однієї не рухомої деталі, якою у нас є станина. З'єднання повинно проходити по простих поверхнях, по яких буде легко та точно переміщувати елементи.

Супорт та задня бабка, переміщуються по профільній частині столу верстата, по напрямних. Переміщення елементів буде проходити по одній координатній осі [16].

Інструментальний магазин – переміщується відносно супорта, на який він встановлений. Магазин буде робити переміщення по напрямних супорта по одній координатній осі та обертання навколо власної осі.

Обертання шпинделя буде виконувати функціональна частина – Патрон.

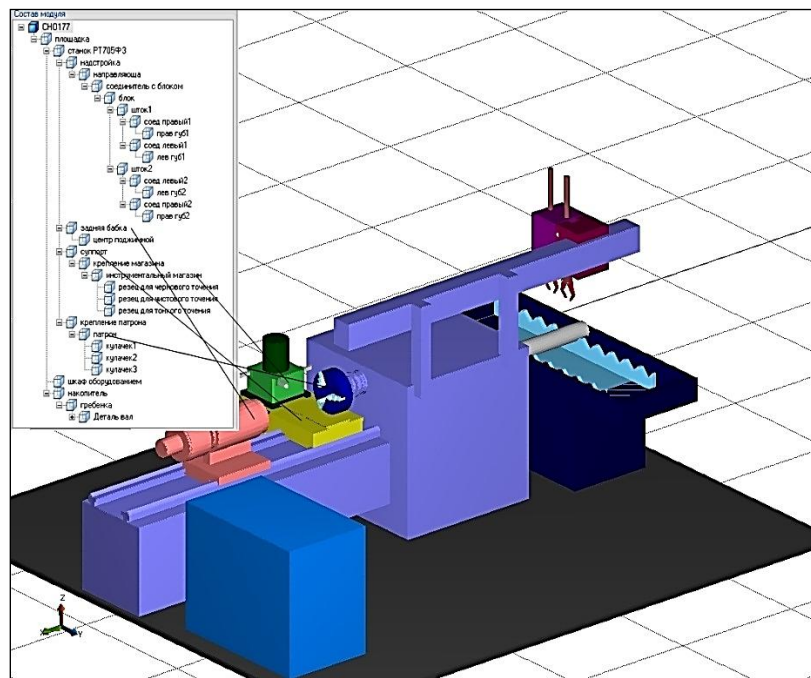


Рисунок 7.1 - Функціональні елементи імітаційної моделі верстата

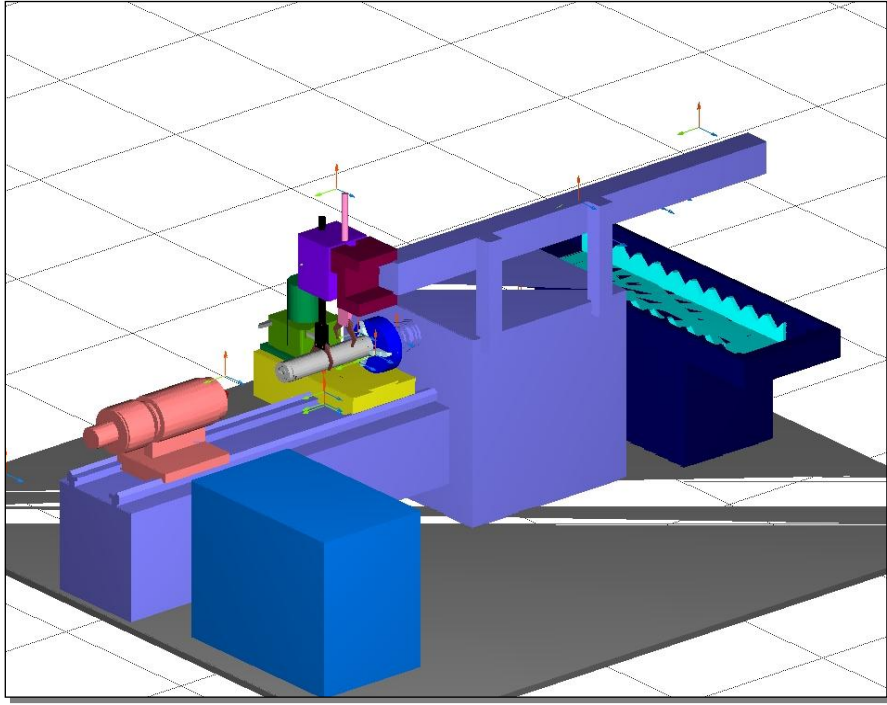


Рисунок 7.2 - Імітаційна модель ГВМ до переміщення елементів верстата

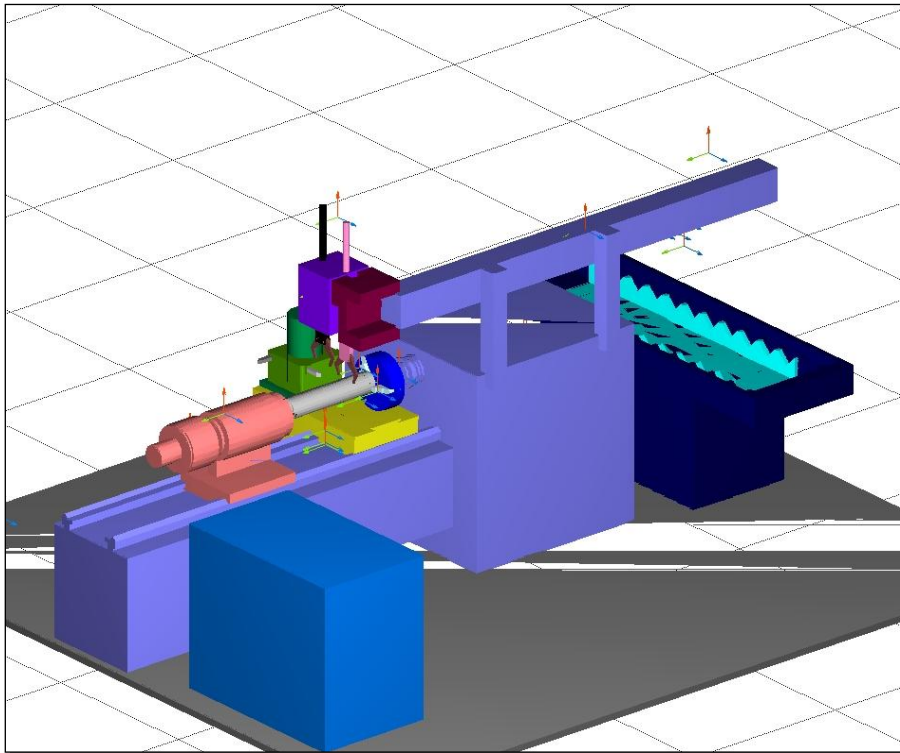


Рисунок 7.3 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення задньої баби.

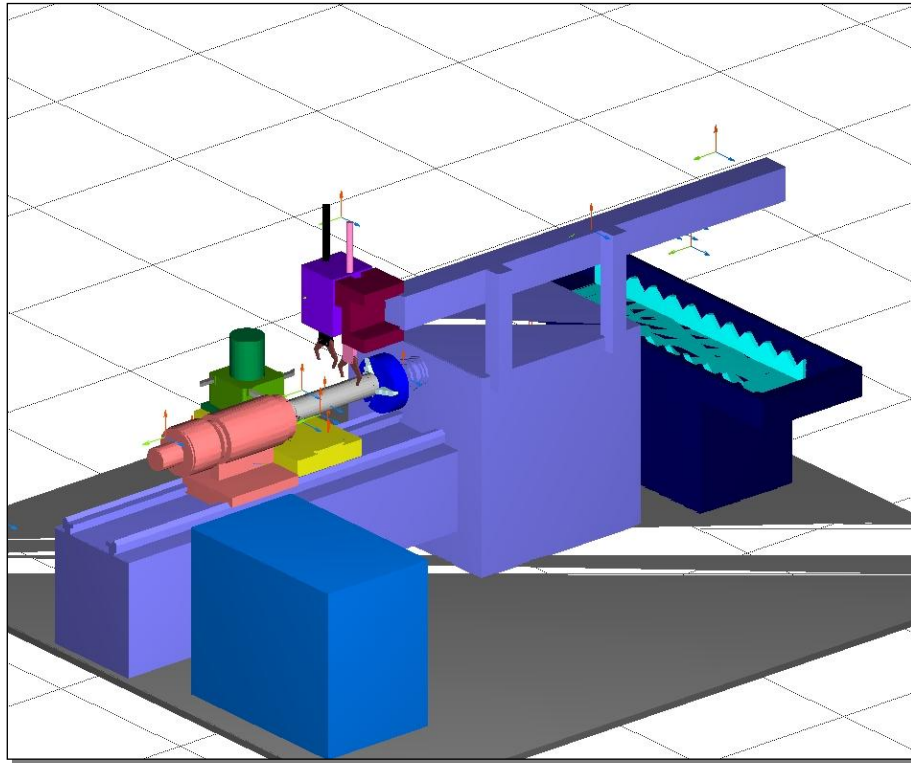


Рисунок 7.4 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення супорта

### 7.3 Розробка імітаційної моделі транспортного робота моделі СН3308

Робот розміщений на надбудови, яка прикріплена у верхній частині верстату. Функціональними елементами робота є:

- Напрямна
- “Руки” робота
- Губки “рук”

Переміщення прямої, буде проходити по одній координатній осі-вздовж надбудови.

“Руки” робота будуть робити переміщення у отворах блоку, з’єднаного з напрямною - по одній координатній осі та обертання навколо власної осі.

Губки “рук” будуть розкриватись та закриватись під час захвату деталі.

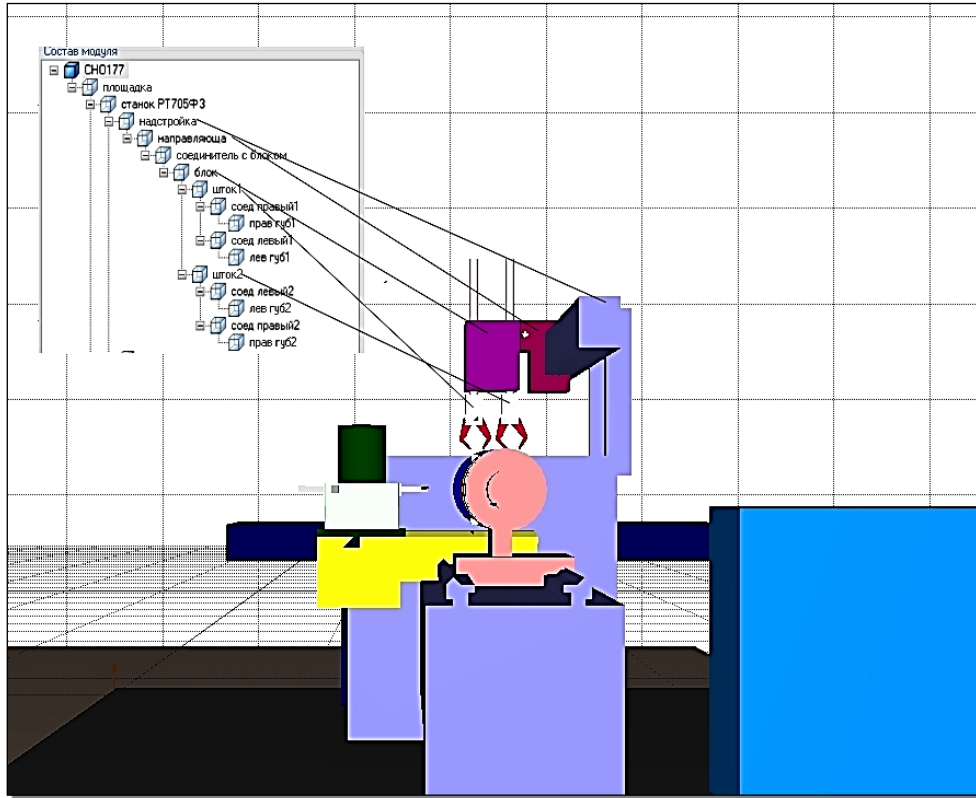


Рисунок 7.5 - Функціональні елементи імітаційної моделі робота

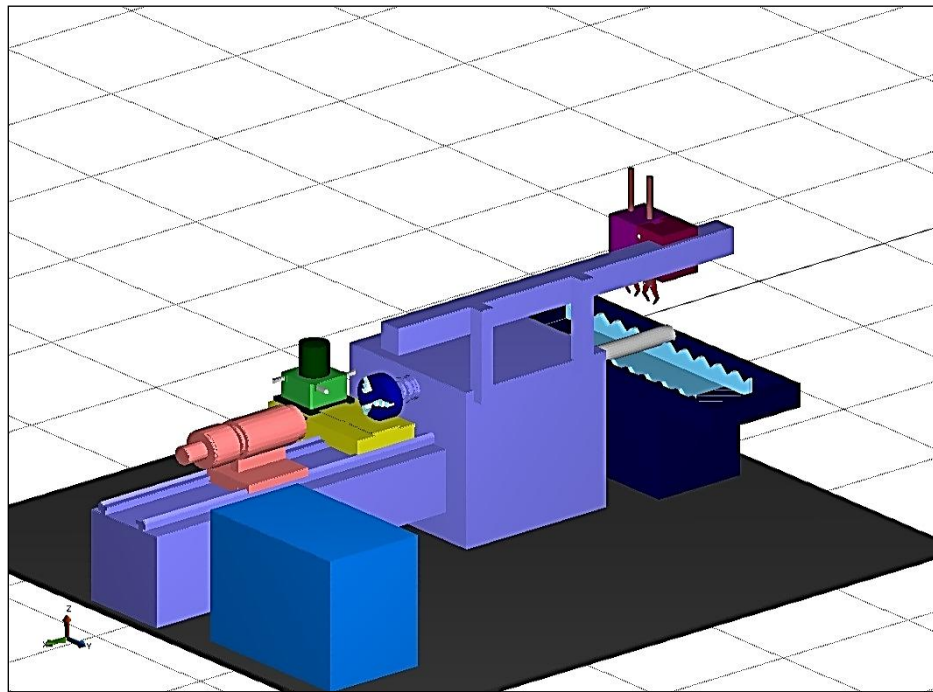


Рисунок 7.6 - Імітаційна модель ГВМ до переміщення елементів робота

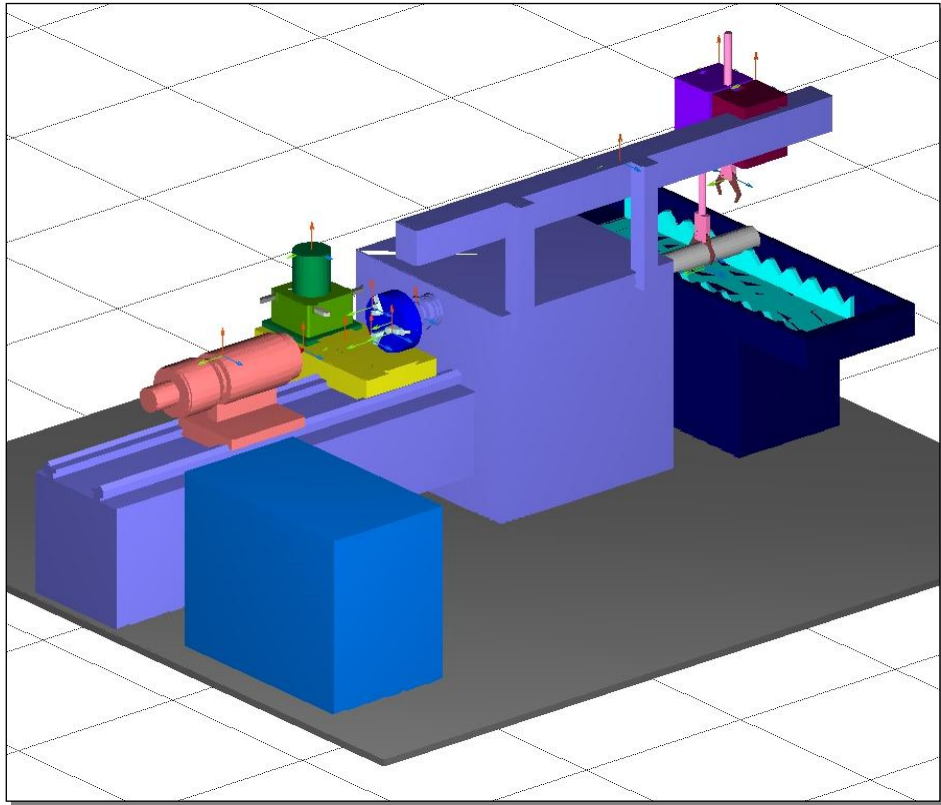


Рисунок 7.7 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення та захват заготовки

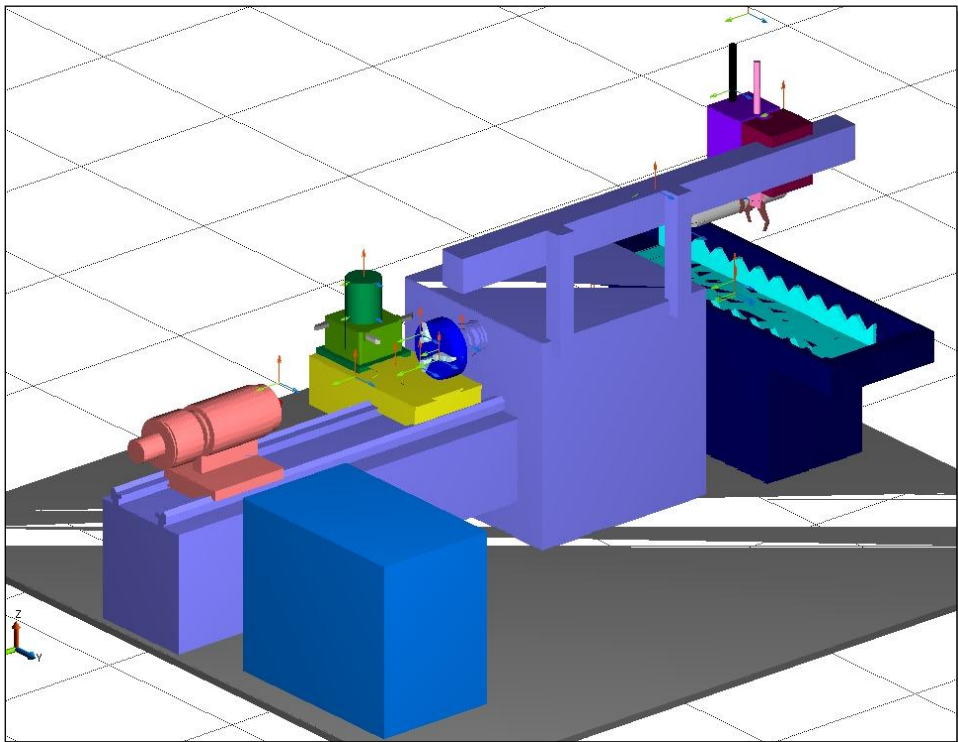


Рисунок 7.8 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення “руки” разом із заготовкою

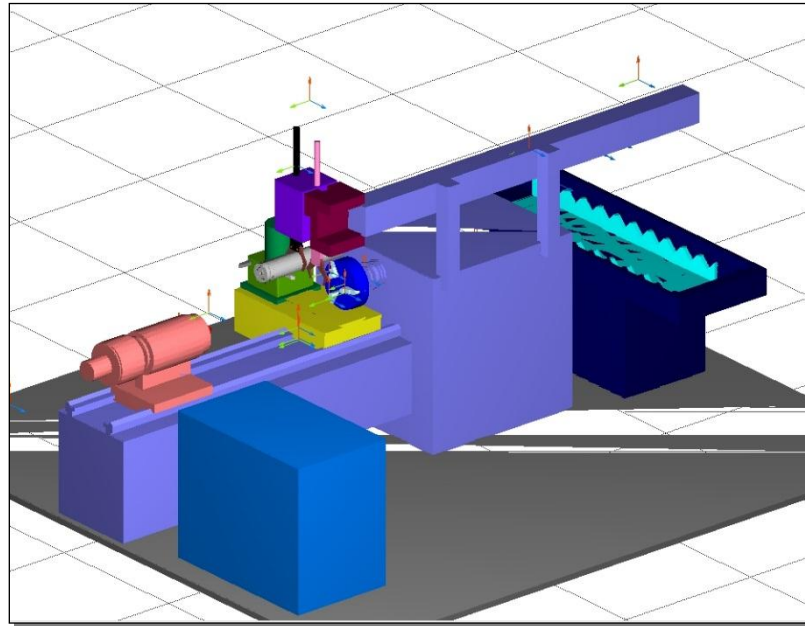


Рисунок 7.9 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення напрямної

#### 7.4 Розробка імітаційної моделі накопичувача деталей типу «Вал»

Імітаційна модель накопичувача моделі СН2009 взагалі складається з 2 елементів, а саме накопичувача та стола з двома паралельними гребінками. Стіл з гребінками буде переміщуватися по двом координатним осям.

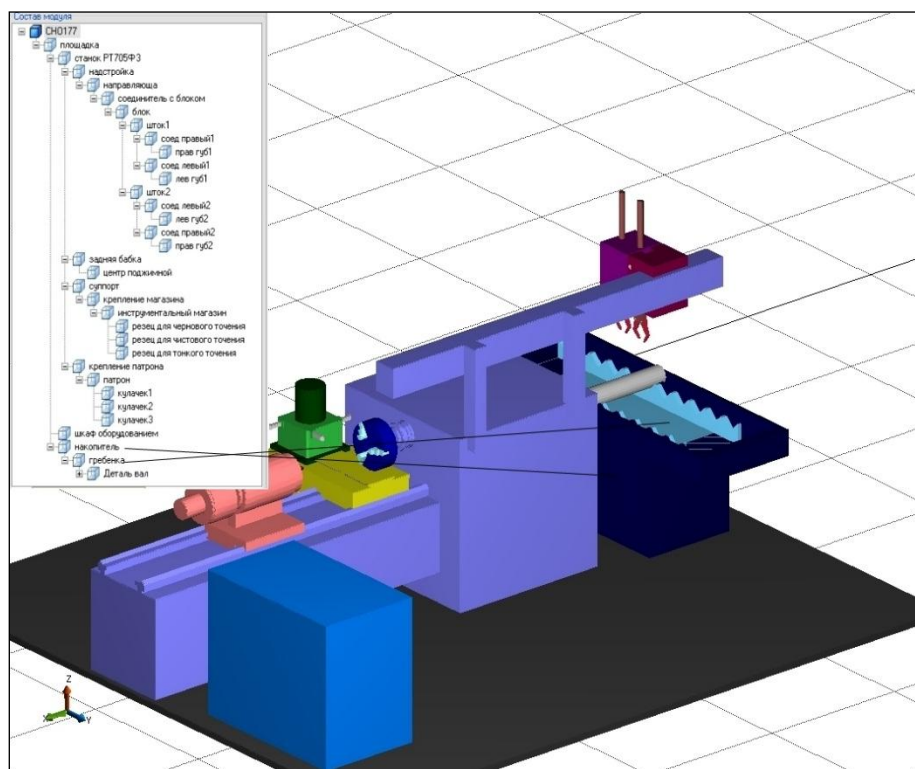


Рисунок 7.10 - Функціональні елементи імітаційної моделі накопичувача

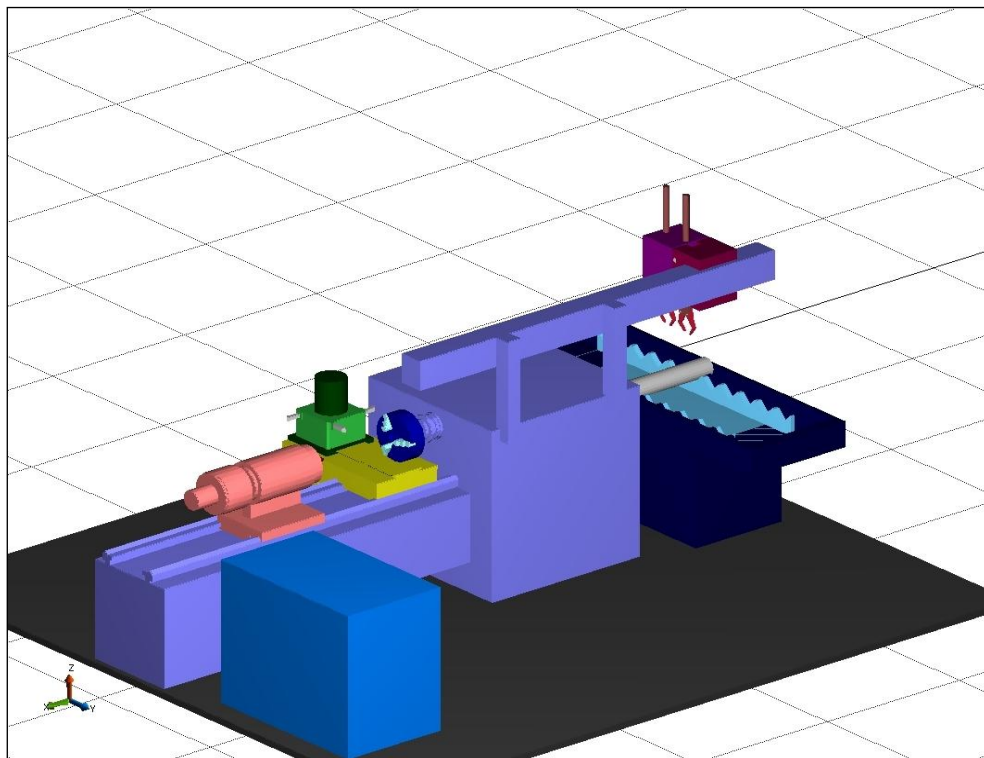


Рисунок 7.11 - Імітаційна модель ГВМ до переміщення стола накопичувача

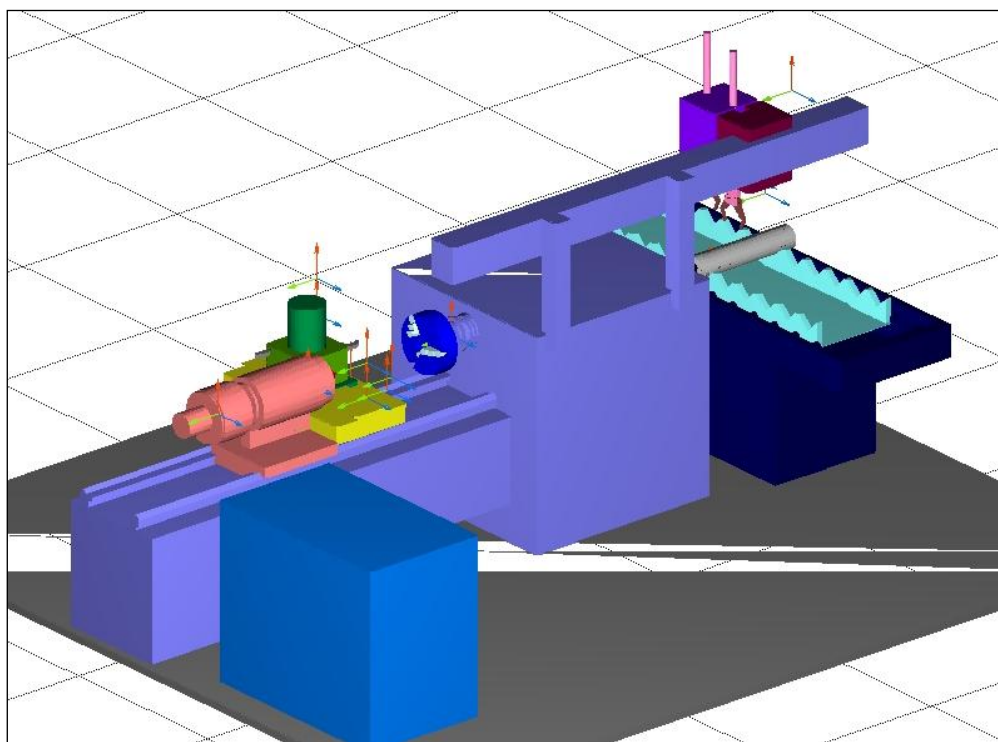


Рисунок 7.12 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення стола вгору

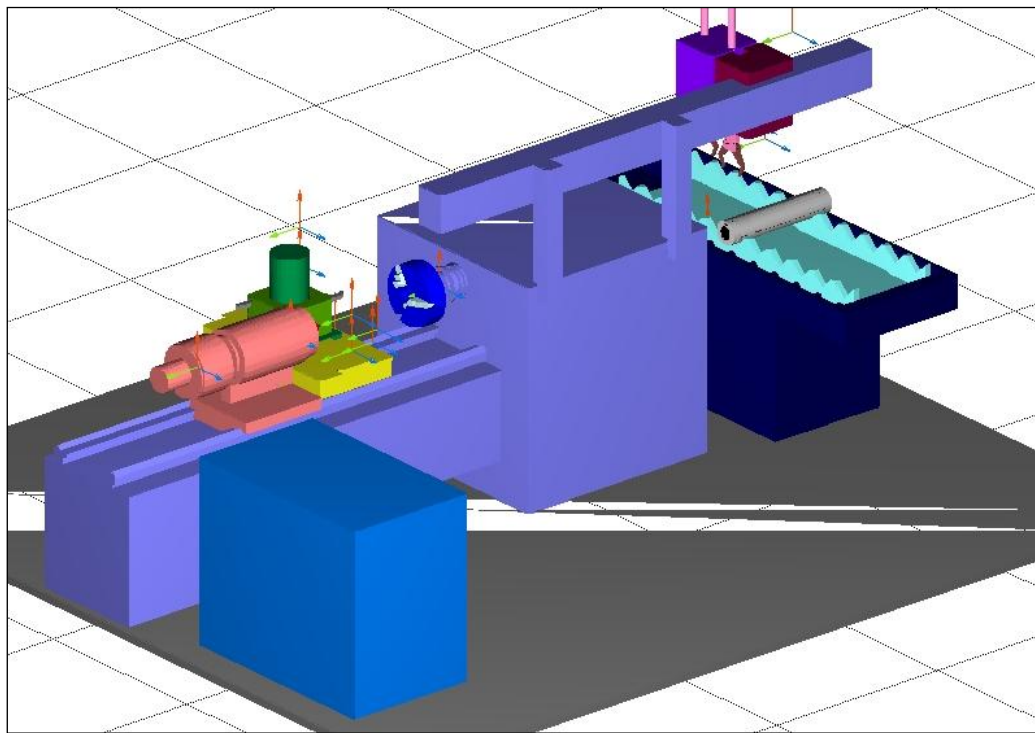


Рисунок 7.13 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення стола на шаг вправо

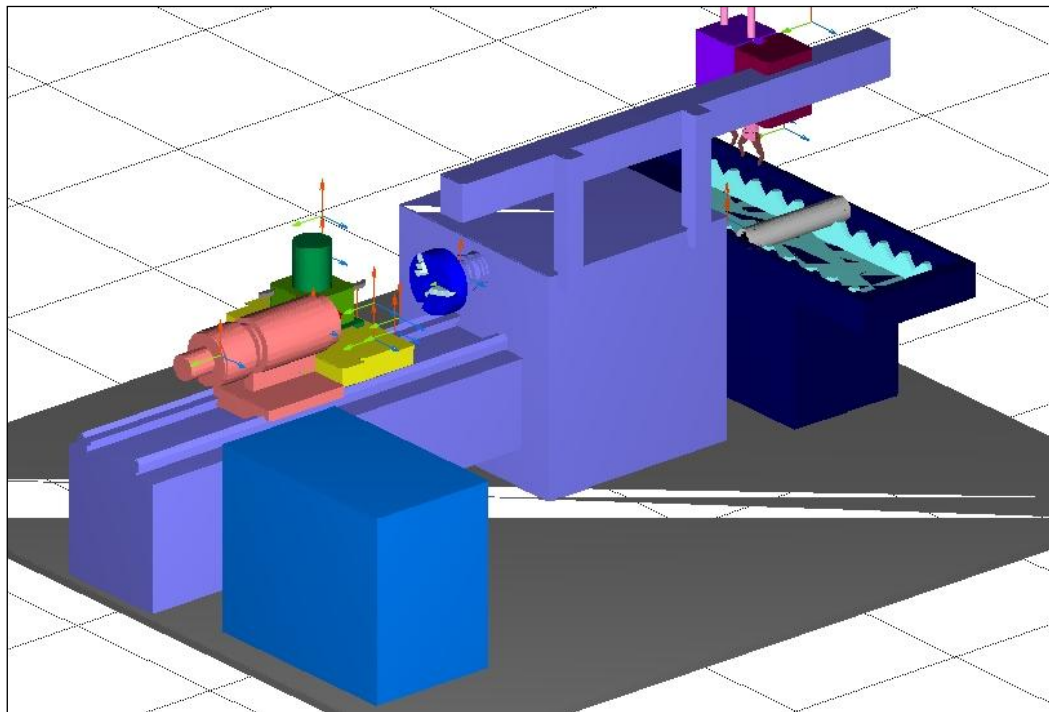


Рисунок 7.14 - Імітаційна модель ГВМ. Переміщення стола вниз укладка заготовки у іншу позицію у накопичувачі

## **7.5 Висновки**

У даному розділі було виконано імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Вал» на вертикальному оброблювальному центрі СН0177. Елементами системи є устаткування, оснащення, які беруть участь у процесі обробки деталі: безпосередньо верстат СН0177, промисловий робот портального типу СН3308, а також накопичувач СН2009.

За допомогою програми «ГВМ 3D редактор», була розроблена імітаційна модель обробки деталі «Вал». Змодельована ,наочно показана робота та функціональні можливості кожного елемента та роботи ГВМ в цілому.

## 8. ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГВМ СН0177 ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

### 8.1 Аналіз характеристик програми COSMOS

Створений для потреб аерокосмічної промисловості, COSMOS/Works дозволяє вирішувати будь-які інженерні завдання. COSMOS/orks є партнером SolidWorks, тому ми просто підключаємо модуль і проводимо розрахунок. Використовуючи інтегроване рішення SolidWorks і COSMOS / Works, користувачі мають ефективне недороге рішення своїх завдань. COSMOS / Works повністю інтегрований в SolidWorks.

Використовуючи масштабовані підхід, можна вибрати тільки необхідні інструменти.

COSMOS / Works має широкий спектр спеціалізованих вирішувачів, що дозволяють Вам провести аналіз більшості зустрічаються завдань для деталей і зборок [6,7]:

- Лінійний статичний аналіз
- Визначення власних форм і частот
- Розрахунок критичних сил і форм втрати стійкості
- Тепловий аналіз
- Спільний термостатичний аналіз
- Розрахунок збірок з використанням контактних елементів
- Нелінійні розрахунки
- Оптимізація конструкції
- Розрахунок електромагнітних завдань
- Визначення довговічності конструкції
- Розрахунок течії рідин і газів

#### **Інструменти автоматичного аналізу**

Використовуючи перевірену техніку генерації звичайно-елементної сітки, COSMOS / Works дозволяє:

Швидко і якісно проводити аналіз конструкцій будь-якої складності, включаючи збирання, вироби з листового металу і т.д.

Проведення оптимізації геометричних параметрів моделі.

Аналіз оболонок з використанням даних SolidWorks, включаючи аналіз з використанням серединних поверхонь. Використання P-адаптації сітки.

#### **Аналіз збірок:**

- Автоматична генерація сітки з об'єднанням різних компонентів в одну модель.
- Аналіз збірок з урахуванням роз'єднання і тертя.
- Аналіз збірок з урахуванням великих нелінійних деформацій при контакті поверхонь і терті.
- Аналіз інтерференції компонентів.

#### **Навантаження і граничні умови**

Навантаження і граничні умови можуть бути включені в глобальній або локальній системі координат. COSMOS / Works підтримує ортогональну, циліндричну та сферичну системи координат. Навантаження і граничні умови включають:

- примусові переміщення вузлів;
- постійні та змінні сили і моменти;
- постійний і змінний тиск;
- підшипникові навантаження;
- віддалені навантаження і закріплення;
- абсолютно жорстке поєднання компонентів в збірці;
- прискорення та гравітацію;
- теплові навантаження;

#### **Результати і візуалізація**

Для візуалізації результатів COSMOS / Works підтримує тривимірну графіку. Постпроцесор дозволяє переглядати такі дані, отримані при розрахунку конструкції:

- напруги, відносні і абсолютні деформації, деформований стан, енергія деформації, сили реакції;
- власні форми і частоти коливань;
- температура, градієнти температури, теплові потоки;
- динамічне відображення перетинів і висновки ізоповітряних;
- майстер перевірки конструкції дозволяє визначити коефіцієнт безпеки;
- історію оптимізації конструкції;
- графічною відображення зміни параметрів при Р-метод.

## 8.2 Аналіз точності і податливості шпиндельного вузла верстата

На рис.8.1 показано встановлення опори та діючої сили на шпиндельний вузол, на рис.8.2 показано встановлення діючої сили на вузол та сітку твердого тіла. Розгляданню підлягають навантаження на першому етапі обробки.

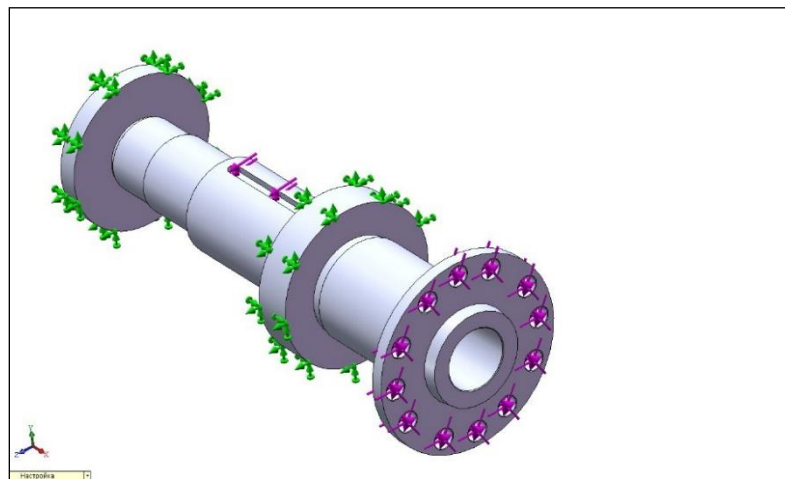


Рисунок 8.1 – Шпиндельний вузол та прикладені до нього сили

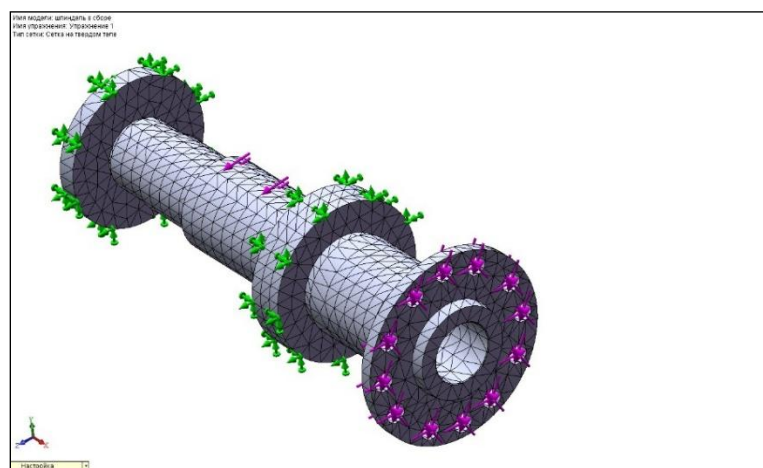


Рисунок 8.2 – Шпиндельний вузол з сіткою на твердому тілі

Після встановлення всіх вихідних даних, треба запустити структурний аналіз на виконання. Результатом аналізу будуть діаграми розподілення навантаження на тримірній моделі.

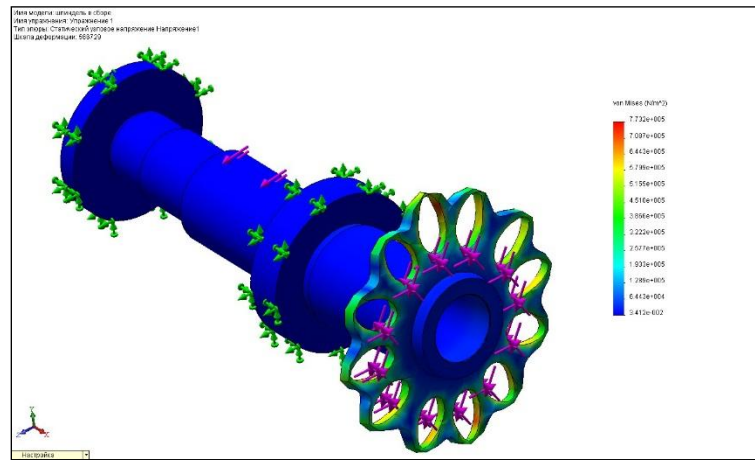


Рисунок 8.3 – Шпindelьний вузол та результат статичного навантаження

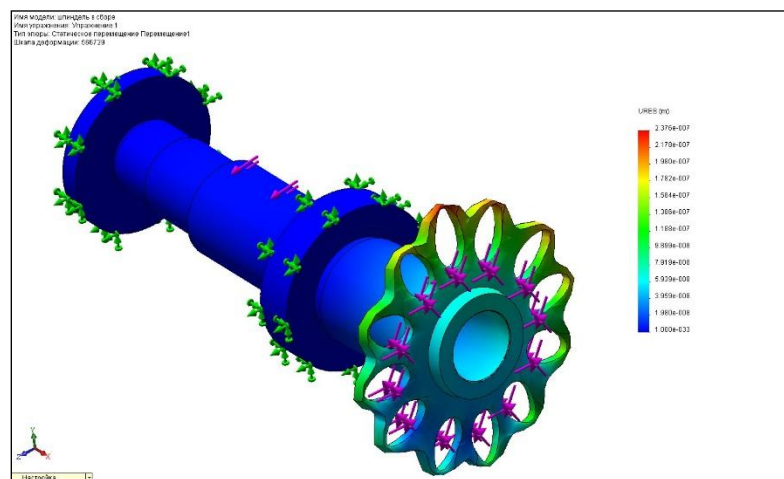


Рисунок 8.4 – Шпindelьний вузол та результат статичного переміщення

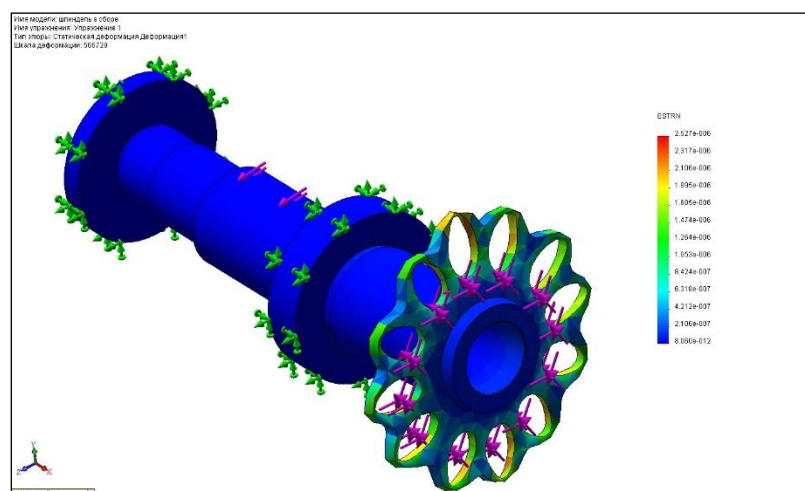


Рисунок 8.5 – Шпindelьний вузол та результат статичної деформації

На рис.8.3, 8.4 та 8.5 зображені результати структурного аналізу САПР COSMOS, по яким можна зробити висновок, щодо перевірконого розрахунку шпіндельного вузла на витримку [41]. Аналізуючи графічну інформацію, представлену на рис. 8.3, робимо остаточний висновок: пристосування цілком робоче і підходить для такого навантаження тому, що максимально допустимого навантаження на цю конструкцію –  $4.342 \times 10^7$  –  $4.737 \times 10^7$  Н на моделі не показано. Аналізуючи зображення зони навантаження – рис. 8.4, видно, що ця зона зосереджена тільки в зоні обробки і не поширюється на пристосування, що підтверджує попередній висновок з рис. 8.5.

Виконаний структурний аналіз повністю відповідає методиці розрахунку на сили затиснення та зсуву шпінделя під дією сили різання при обробці деталі “Вал”.

### **8.3 Висновки**

В даному розділі був виконаний розрахунок та аналіз статичної деформації, статичного переміщення та навантаження. Були побудовані епюри та зроблені висновки, що до впливу на обробку деталі. \

Проведений структурний аналіз статичної деформації, переміщень та навантажень підтверджує працездатність та надійність конструкції шпіндельного вузла при обробці деталі типу «Вал». Значення напруг, що виникають, не досягають максимально допустимих для даної конструкції, а зона концентрації навантажень локалізується виключно в області обробки і не надає критичного впливу на елементи пристосування. Це свідчить про правильність обраної методики розрахунку сил затиску та стійкості шпінделя до впливу сили різання. Таким чином, конструкція відповідає експлуатаційним вимогам та забезпечує необхідну жорсткість та надійність при заданих режимах роботи.

## 9. РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» НА ГВМ СН0177» ДЛЯ ФАХІВЦЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

### 9.1. Постановка цілей факультативного заняття з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»

В таблиці 9.1 наведено оперативні цілі з теми.

Таблиця 9.1 - Постановка цілей факультативного заняття

| Цілі факультативного заняття  | Цілі формування різних рівнів засвоєння навчального матеріалу   | Умови досягнення цілей  | Результат у вигляді дій здобувачів освіти  |
|---|---|---|--|
| 1   | 2   | 3   | 4  |
| 1. Сформувати уявлення про технологічні можливості ГВМ СН0177                   | <i>Репродуктивний рівень:</i> засвоєння основних конструктивних характеристик і принципів роботи ГВМ.         | Демонстрація моделі ГВМ; огляд технічної документації; пояснення викладача. | Описують призначення основних вузлів ГВМ; пояснюють принцип його роботи.             |
| 2. Ознайомити з особливостями обробки деталей типу «Вал»                        | <i>Репродуктивно-орієнтаційний рівень:</i> розпізнавання технологічних операцій і послідовності їх виконання. | Візуальні матеріали, технологічні карти, обговорення прикладів.             | Надають характеристику обробки валів; відтворюють типову технологічну послідовність. |
| 3. Розвинути вміння аналізувати режими обробки та їх вплив на продуктивність    | <i>Аналітичний рівень:</i> визначення взаємозв'язків між режимами різання і продуктивністю.                   | Використання графічних схем, таблиць режимів, міні-розрахунків.             | Порівнюють режими обробки; обґрунтовують вибір оптимальних параметрів.               |
| 9. Навчити оцінювати надійність обробки на основі технологічних параметрів      | <i>Аналітико-дослідницький рівень:</i> оцінювання можливих відхилень, визначення ризиків.                     | Практичні приклади, аналіз помилок, розбір типових збоїв обробки.           | Пояснюють вплив параметрів на точність; визначають чинники ризику.                   |
| 5. Сформувати навички роботи з елементами цифрового моделювання процесу обробки | <i>Практично-діяльнісний рівень:</i> виконання простих моделювань.  | Використання навчальних симуляторів, 3D-моделей, програмних модулів.        | Обирають параметри в симуляції; аналізують отримані результати.                      |

| Цілі факультативного заняття   | Цілі формування різних рівнів засвоєння навчального матеріалу  | Умови досягнення цілей   | Результат у вигляді дій здобувачів освіти   |
|--|--|--|---|
| 1  | 2  | 3  | 4   |
| 6. Закріпити вміння оптимізувати технологічні режими для заданої деталі «Вал»                      | Творчо-продуктивний рівень: створення власного варіанта оптимізації.                                 | Практичне завдання, робота в групах, доступ до CAD/CAM-інтерфейсу.                   | Самостійно пропонують оптимізований режим; аргументують вибір.  |
| 7. Розвинути здатність до інженерного мислення та прийняття рішень під час технологічного аналізу  | Творчий рівень: формування умінь застосовувати знання у нових виробничих ситуаціях.                  | Проблемні завдання, кейс-метод, міні-проекти.  | Прогнозують наслідки зміни параметрів; пропонують рішення для підвищення продуктивності і надійності. |
| 8. Виховати відповідальне ставлення до роботи з високотехнологічним обладнанням                    | Ціннісно-мотиваційний рівень: формування професійної культури та усвідомлення ризиків.               | Роз'яснення вимог безпеки, перегляд відеоінструкцій, обговорення аварійних ситуацій. | Дотримуються правил безпеки; демонструють усвідомлене ставлення до роботи з обладнанням.              |
| 9. Стимулювати інтерес до подальших досліджень продуктивності та надійності технологічних процесів | Мотиваційно-дослідницький рівень: формування потреби у подальшому самостійно-пізнавальному розвитку. | Підсумкове обговорення, аналіз перспектив, презентація новітніх технологій.          | Формулюють власні ідеї щодо покращення технологій; проявляють інтерес до досліджень.                  |

## 9.2. Перелік літературних джерел з теми

1. Болнох, М. О., Мельник, В. І. Технологія машинобудування: підручник. – Київ: Ліра-К, 2020. – 432 с.
2. Соколов, В. Г., Прокопенко, Л. М. Металообробні верстати з числовим програмним керуванням: конструкція, програмування, експлуатація. – Харків: НТМТ, 2019. – 376 с.
3. Kalpakjian, S., Schmid, S. R. Manufacturing Engineering and Technology. – 8th ed. – New York: Pearson, 2022. – 1184 p.

4. Groover, M. P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. – 5th ed. – Upper Saddle River: Pearson, 2021. – 840 p.

### **9.3. Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»**

Конструювання дидактичних матеріалів для підготовки фахівців машинобудівних підприємств потребує врахування технологічної складності сучасних виробничих систем, швидкої еволюції цифрових технологій та високих вимог до точності і надійності обробки. У контексті роботи з гнучким виробничим модулем ГВМ СН0177 особливо важливо створити такі навчальні матеріали, які забезпечують цілісне розуміння структури, можливостей та режимів функціонування обладнання, сприяючи формуванню інженерного, аналітичного та технологічного мислення.

Дидактичні матеріали з цієї теми мають поєднувати інформаційний, практичний, аналітичний та моделювальний компоненти. На відміну від традиційних підручників, у яких переважає текстовий виклад, сучасні навчальні матеріали повинні інтегрувати цифрові інструменти, візуалізацію процесів, симуляції та інструктивно-методичні алгоритми.

Дидактичний пакет, розроблений для теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177», має охоплювати такі змістові блоки:

1. Теоретичний блок
  - характеристика деталей типу «Вал»;
  - конструктивні властивості ГВМ СН0177;
  - особливості виконання токарних, фрезерних і комбінованих операцій;
  - параметри, що впливають на продуктивність та надійність обробки.
2. Аналітичний блок.
  - типові моделі режимів різання;
  - залежність продуктивності від технологічних параметрів;
  - аналіз помилок та відхилень у процесі обробки.

### 3. Практико-орієнтований блок.

- покрокові інструкції з налаштування обладнання;
- алгоритми вибору інструменту, швидкості та подачі;
- міні-лабораторії для розрахунку продуктивності.

### 4. Моделювально-симуляційний блок.

- завдання для роботи в CAD/CAM-середовищах;
- віртуальні моделі обладнання;
- цифрові симулятори процесу обробки валів.

### 5. Контрольно-оцінювальний блок.

- тестові завдання різних рівнів складності;
- контрольні задачі на оптимізацію режимів;
- ситуаційні кейси на оцінку надійності технологічного процесу.

Такий підхід забезпечує багатовимірне засвоєння матеріалу, поєднуючи знання, уміння, практику і дослідницькі здібності.

## 2. Принципи конструювання дидактичних матеріалів

Розробка дидактичних матеріалів ґрунтується на кількох ключових педагогічних і технологічних принципах:

1. Науковість і технологічна достовірність. Усі пояснення мають базуватися на реальних технічних характеристиках ГВМ СН0177 та принципах інженерної механіки.

2. Візуалізація та мультимедійність. Використання схем, 3D-моделей, анімацій траєкторій різця дозволяє краще зрозуміти процеси.

3. Модульність. Матеріали повинні легко комбінуватися для різних форм навчання – лекцій, лабораторних робіт, самостійних досліджень.

4. Практична спрямованість. Усі теоретичні положення супроводжуються прикладами реальних технологічних ситуацій.

5. Інтерактивність. Використання симуляторів, цифрових лабораторій та середовищ САМ сприяє активній участі здобувачів освіти.

6. Компетентнісний підхід. Матеріали мають формувати не лише знання, а і уміння: аналізувати процеси, приймати рішення, оптимізувати режими.

Для повноцінного опрацювання теми доцільно створити такий набір дидактичних засобів:

### 3.1. Текстові матеріали:

- конспекти теми;
- структуровані опорні схеми;
- технологічні інструкції;
- таблиці режимів обробки;
- алгоритми оцінки продуктивності.

### 3.2. Графічно-візуальні матеріали:

- 3D-схеми ГВМ СН0177;
- анімації роботи шпиндельного вузла та інструментальних блоків;
- діаграми впливу технологічних параметрів на якість обробки.

### 3.3. Інтерактивно-цифрові матеріали:

- САМ-моделі траєкторій інструмента;
- віртуальні тренажери;
- цифрові двійники процесу обробки.

### 3.9. Практичні завдання і лабораторії:

- розрахунок продуктивності за різних режимів;
- визначення стійкості інструмента;
- аналіз дефектів при відхиленні параметрів;
- оптимізація набору технологічних режимів.

### 3.5. Контрольні матеріали:

- тести на володіння основними поняттями;
- задачі на застосування формул і моделей;
- кейс-завдання з виробничими ситуаціями;
- проєктні міні-роботи на самостійне моделювання.

При конструюванні матеріалів важливо передбачити логіку їх використання на занятті:

1. Пояснювально-демонстраційний етап:
  - використання цифрових моделей ГВМ;
  - демонстрація принципу виконання операцій.
2. Аналітичний етап:
  - розгляд прикладів зміни продуктивності;
  - аналіз впливу параметрів на точність деталі.
3. Практичний етап:
  - виконання моделювання;
  - розрахунок режимів різання;
  - аналіз надійності технологічного процесу.
4. Контрольно-оцінювальний етап:
  - тестування;
  - виконання міні-проєкту;
  - інтерпретація результатів моделювання.

Використання комплексно розроблених дидактичних матеріалів забезпечує:

- підвищення рівня усвідомленого розуміння технологічних процесів;
- формування навичок оптимізації та інженерного аналізу;
- розвиток технологічної культури та відповідальності;
- покращення якості професійної підготовки для роботи з ГВМ СН0177;
- можливість інтеграції цифрових компетентностей у практику навчання.

Матеріали, що поєднують моделювання, візуалізацію, лабораторні завдання та кейсовий підхід, дають змогу навчати майбутніх фахівців не лише відтворювати дії, а і досліджувати, оцінювати та приймати технологічно обґрунтовані рішення.

## 9.4 Аналіз базових умов навчання з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»

В таблиці 9.2 приведено вибір базових понять, визначення способів перевірки та формування базових знань.

Таблиця 9.2 - Вибір базових понять, визначення способів перевірки та формування базових знань

| Перелік базових понять, законів, способів дії  | Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій  | Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій   |
|--|---|--|
| 1  | 2   | 3  |
| Теоретична механіка та опір матеріалів         | <p>Метод – усне опитування.<br/>           Форма – фронтальна.<br/>           Засіб – контрольні питання.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назвіть основні типи напружень, що діють на вал під час роботи.</li> <li>2. Як розраховують максимальне згинальне навантаження для валу заданих розмірів?</li> <li>3. Поясніть вплив крутного моменту на надійність обробки валів.</li> <li>4. Які деформації можуть виникати під час обробки на ГВМ СН0177 і як їх враховують при виборі режимів?</li> </ol> | <p>Для актуалізації базових знань доцільно застосовувати методи, які стимулюють згадування раніше вивченого матеріалу.<br/>           Серед таких способів: повторення ключових понять: основні терміни, характеристики валів, принципи роботи верстатів; тематичні опорні схеми і таблиці: наприклад, таблиці режимів різання, параметрів шпинделя та інструменту; міні-тести на запам'ятовування: дозволяють перевірити рівень засвоєння термінології та технологічних правил.</p> |
| Матеріалознавство та технологія матеріалів     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які властивості металів найбільш критичні для обробки валів?</li> <li>2. Поясніть, як твердість матеріалу впливає на вибір інструменту і швидкість різання.</li> <li>3. Які методи термообробки підвищують зносостійкість валів?</li> <li>4. Визначте фактори, що впливають на точність обробки металу.</li> </ol>  |  |
| Технологія обробки матеріалів на верстатах     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назвіть основні операції токарної та фрезерної обробки валів.</li> <li>2. Як обирають режими різання для валів різного діаметра і довжини?</li> <li>3. Яким чином технологія обробки впливає на продуктивність і надійність?</li> <li>4. Опишіть методи контролю дефектів під час обробки валів.</li> </ol>   |  |
| Верстатні системи та автоматизація виробництва | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які конструктивні особливості ГВМ СН0177 забезпечують високоточну обробку валів?</li> </ol>   |  |

| Перелік базових понять, законів, способів дії   | Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій  | Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій |
|---|---|--|
| 1   | 2   | 3  |
|   | <p>2. Поясніть принцип роботи шпindelного вузла і системи подач.</p> <p>3. Які переваги використання гнучких виробничих модулів порівняно з традиційними верстатами?</p> <p>4. Як програмування верстатів з ЧПУ впливає на продуктивність процесу?</p>  |  |
| Інженерна графіка та комп'ютерне моделювання    | <p>1. Які основні елементи технічного креслення валу слід враховувати при проектуванні процесу обробки?</p> <p>2. Поясніть, як CAD/CAM-системи допомагають у плануванні обробки.</p> <p>3. Які переваги цифрового моделювання для підвищення надійності виробництва?</p> <p>4. Опишіть порядок створення віртуальної моделі обробки валу.</p>               |  |
| Метрологія та контроль якості                   | <p>1. Які параметри поверхні валу контролюються під час обробки?</p> <p>2. Поясніть, як проводять вимірювання точності і шорсткості поверхні.</p> <p>3. Які методи контролю використовують для оцінки надійності процесу обробки?</p> <p>4. Як статистичний аналіз допомагає оцінити стабільність технологічного процесу?</p>                               |  |
| Проектування технологічних процесів             | <p>1. Які етапи включає розробка технологічного процесу обробки валу на ГВМ СН0177?</p> <p>2. Як визначають оптимальну послідовність операцій для підвищення продуктивності?</p> <p>3. Поясніть роль аналітичних методів у виборі режимів різання.</p> <p>4. Наведіть приклад прийняття рішення щодо зміни параметрів обробки для покращення якості.</p>    |  |
| Основи автоматизованого управління виробництвом | <p>1. Що таке інтегровані виробничі системи і яку роль вони виконують на ГВМ СН0177?</p> <p>2. Як здійснюється моніторинг продуктивності верстата у реальному часі?</p> <p>3. Поясніть, як цифрові системи управління допомагають підвищити надійність обробки.</p> <p>4. Наведіть приклад впливу автоматизації на ефективність технологічного процесу.</p> |  |

## 9.5. Проектування мотиваційних технологій навчання з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»

На рис. 9.3 представимо характеристику мотиваційних технологій навчання.

Таблиця 9.3- Визначення способів реалізації мотивації

| Способи реалізації мотивації | Внутрішня мотивація  |
|------------------------------|--|
| 1                            | 2  |
| Вступна мотивація            | <p>Доброго дня, шановні здобувачі освіти! Сучасне машинобудівне виробництво характеризується високою динамікою розвитку технологій, широким впровадженням цифрових та автоматизованих систем і зростаючими вимогами до точності та надійності продукції. В таких умовах обробка деталей типу «Вал» на високотехнологічних верстатах, зокрема на ГВМ СН0177, стає складним і відповідальним процесом, що вимагає не лише знань про конструкцію обладнання та матеріали, а і умінь аналізувати продуктивність, прогнозувати надійність технологічних операцій та оптимізувати режими обробки.</p> <p>Вивчення цієї теми мотивує здобувачів освіти до розвитку професійної компетентності у кількох напрямках. По-перше, вони здобувають глибоке розуміння механічних і технологічних закономірностей обробки валів, що дозволяє ефективно планувати виробничий процес та уникати дефектів. По-друге, робота з ГВМ СН0177 стимулює освоєння цифрових інструментів моделювання, CAD/CAM/CAE-систем, що забезпечує сучасний підхід до оптимізації технологій і підвищення продуктивності. По-третє, дослідження надійності обробки формує аналітичне мислення, критичну оцінку процесів та здатність приймати обґрунтовані інженерні рішення.</p> <p>Мотивація також ґрунтується на практичній значущості теми: правильний вибір режимів різання, оптимізація технологічного процесу та контроль якості безпосередньо впливають на економічну ефективність підприємства, зниження браку та підвищення довговічності обладнання і деталей. Для здобувачів освіти це створює відчуття відповідальності та стимулює досягати високих професійних результатів.</p> <p>Крім того, робота з сучасними технологіями та моделюванням процесів сприяє формуванню самостійності, творчого підходу та готовності до інновацій, що є невід'ємною складовою підготовки висококваліфікованого фахівця машинобудівної галузі. Усвідомлення важливості дослідження продуктивності і надійності обробки деталей мотивує здобувачів до постійного удосконалення знань, розвитку практичних умінь та підвищення професійної майстерності.</p> <p>Таким чином, тема «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» поєднує теоретичні знання, практичні навички та цифрові компетентності, що робить її надзвичайно актуальною та мотивуючою для підготовки сучасного інженера-машинобудівника.</p> |

**9.6. Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»**

Вибір методів, форм та засобів формування ООД наведено в таблиці 9.4

Таблиця 9.4- Способи формування ООД на факультативному занятті

| Рівень засвоєння  | Форми організації навчання  | Методи навчання  | Засоби навчання  |
|---|---|--|--|
| 1   | 2   | 3  | 4  |
| Репродуктивний (базове знання понять і термінів)                      | Лекція, семінар, оглядове заняття                                 | Пояснення, бесіда, демонстрація прикладів, опорні схеми                              | Підручники, конспекти, плакати, презентації, навчальні відео   |
| Розуміння і застосування (здатність відтворювати алгоритми обробки)   | Лабораторна робота, практикум, робота в групах                    | Порівняльний аналіз, виконання практичних завдань, моделювання процесів              | Технологічні карти, інструментальні макети, ГВМ СН0177, цифрові симулятори   |
| Аналітичний (оцінка продуктивності та надійності процесу)             | Дискусія, кейс-метод, проблемне заняття                           | Аналіз прикладів, розбір помилок, розрахунки режимів різання, дослідження надійності | CAD/CAM/CAE-системи, таблиці режимів різання, графіки продуктивності, електронні довідники                         |
| Творчий (оптимізація технологічних процесів)                          | Проектне або індивідуальне заняття, групові проекти               | Проектування процесів, моделювання, синтез нових рішень, самостійна робота           | Віртуальні моделі верстатів, інтерактивні тренажери, цифрові лабораторії, програмні модулі для оптимізації режимів |
| Самостійний та дослідницький (формування професійних компетентностей) | Самостійна робота, науково-дослідна робота, факультативні заняття | Дослідження, експеримент, моделювання, контроль та аналіз процесу                    | ГВМ СН0177, цифрові симулятори, лабораторне обладнання, програмні засоби моделювання, спеціалізовані бази даних    |

## 9.7 Проектування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»

Вибір методів, форм та засобів формування виконавчих дій наведено в таблиці 9.5.

Таблиця 9.5 - Способи формування виконавчих дій з теми

| Рівні засвоєння навчального матеріалу | Форми, методи, засоби  |
|---------------------------------------|--|
| 1                                     | 2  |
| I, II, III, IV                        | <p>Вправа 1. Аналіз конструктивних особливостей валу<br/>           Мета: ознайомлення з конструктивними параметрами валу та визначення критичних зон для обробки.<br/>           Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розглянути креслення деталі «Вал».</li> <li>2. Визначити діаметри, довжину, шліци та інші конструктивні елементи.</li> <li>3. Позначити місця, де можливе виникнення напружень та де необхідно забезпечити максимальну точність.</li> </ol> <p>Очікуваний результат: студенти можуть ідентифікувати критичні зони валу та аргументовано пояснити вибір послідовності обробки.</p>              |
|                                       | <p>Вправа 2. Вибір режимів обробки для підвищення продуктивності<br/>           Мета: навчитися підбирати оптимальні режими різання для деталей типу «Вал».<br/>           Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ознайомитися з матеріалом валу і характеристиками інструменту.</li> <li>2. Розрахувати швидкість різання, подачу та глибину обробки за даними технологічної карти.</li> <li>3. Порівняти розрахункові значення з рекомендаціями виробника інструменту.</li> </ol> <p>Очікуваний результат: студенти обирають оптимальні режими, пояснюють їх вплив на продуктивність і довговічність інструменту.</p> |
|                                       | <p>Вправа 3. Моделювання технологічного процесу у CAD/CAM<br/>           Мета: навчитися створювати віртуальну модель обробки та аналізувати траєкторію інструмента.<br/>           Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Створити цифрову модель валу у CAD-системі.</li> <li>2. Запрограмувати траєкторію різця у CAM-середовищі для токарної або фрезерної операції.</li> <li>3. Проаналізувати потенційні проблемні місця (перевищення подачі, можливе колювання деталі).</li> </ol> <p>Очікуваний результат: студенти демонструють вміння моделювати процес і визначати ризики для надійності обробки.</p>        |
|                                       | <p>Вправа 4. Оцінка надійності обробки за експериментальними даними</p>  |

| Рівні засвоєння навчального матеріалу | Форми, методи, засоби   |
|---------------------------------------|---|
|                                       | <p>Мета: розвинути навички аналізу точності та стабільності технологічного процесу.</p> <p>Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести вимірювання геометричних параметрів обробленого валу (діаметри, шорсткість).</li> <li>2. Порівняти результати з розрахунковими значеннями та допустимими відхиленнями.</li> <li>3. Визначити причини можливих відхилень і запропонувати корекцію режимів.</li> </ol> <p>Очікуваний результат: студенти аналізують надійність обробки і роблять висновки щодо стабільності процесу.</p>  |
|                                       | <p>Вправа 5. Оптимізація циклу обробки валу</p> <p>Мета: навчитися покращувати продуктивність та якість обробки за допомогою зміни режимів і послідовності операцій.</p> <p>Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. На основі попередніх розрахунків і моделювання запропонувати альтернативний варіант технологічного процесу.</li> <li>2. Розрахувати очікувану продуктивність та економічний ефект.</li> <li>3. Оцінити вплив змін на надійність обробки.</li> </ol> <p>Очікуваний результат: студенти формують навички оптимізації технології, оцінюють її ефективність та обґрунтовують вибір режимів.</p> |

## 9.8 Проектування контрольних дій з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»

Вибір методів, форм та засобів формування контрольних дій наведено в таблиці 9.6.

Таблиця 9.6 - Засоби контролю з теми факультативного заняття

| Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття | Форми, методи, засоби   |
|--|---|
| 1  | 2   |
| ІІІ рівень   | <p>Контрольні питання.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які основні фактори визначають продуктивність обробки деталей типу «Вал»?</li> <li>2. Що розуміють під надійністю технологічного процесу обробки валів?</li> <li>3. Назвіть основні види валів і їх конструктивні особливості, що впливають на обробку.</li> <li>4. Які критерії оцінки ефективності обробки на верстатах ГВМ СН0177?</li> <li>5. Які конструктивні елементи ГВМ СН0177 забезпечують універсальність обробки валів?</li> </ol> |

| Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття | Форми, методи, засоби   |
|--|---|
| 1  | 2   |
|  | <p>6. Як налаштовуються режими різання на ГВМ СН0177 для забезпечення високої точності?</p> <p>7. Назвіть переваги використання горизонтально-вертикального універсального верстата при обробці валів.</p> <p>8. Як відбувається контроль точності та шорсткості поверхні на цьому обладнанні?</p> <p>9. Які параметри режимів різання впливають на продуктивність і надійність обробки?</p> <p>10. Поясніть, як зміна подачі і швидкості різання може вплинути на довговічність інструменту.</p> <p>11. Як визначають оптимальні режими обробки для конкретного матеріалу валу?</p> <p>12. Наведіть приклад методики розрахунку продуктивності технологічного процесу.</p> <p>13. Які можливості CAD/CAM/CAE-систем використовують для моделювання обробки валів?</p> <p>19. Як цифрове моделювання допомагає передбачити дефекти та покращити точність обробки?</p> <p>15. Поясніть роль віртуальних тренажерів у підготовці фахівців для роботи з ГВМ СН0177.</p> <p>16. Які переваги інтегрованого моделювання технологічного процесу над класичними методами навчання?</p> <p>17. Як проводиться аналіз продуктивності на основі технологічних параметрів обробки?</p> <p>18. Назвіть методи оцінки надійності обробки та контролю якості валів.</p> <p>19. Як статистичні дані використовується для прогнозування стабільності технологічного процесу?</p> <p>20. Поясніть, як результати досліджень продуктивності і надійності можуть впливати на оптимізацію виробничого циклу.</p> <p>21. Як правильно вибрати інструмент для токарної або фрезерної обробки валу на ГВМ СН0177?</p> <p>22. Які дії слід виконати при відхиленні параметрів обробки від допустимих норм?</p> <p>23. Як розробити технологічну карту обробки валу з урахуванням продуктивності та надійності?</p> <p>29. Наведіть приклад комплексного підходу до оптимізації обробки деталі «Вал» на універсальному верстаті.</p> |

## 9.9 Розробка сценарію факультативного заняття з теми «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»

Сценарій заняття, його структура і зміст структурних елементів представлені у вигляді табл. 9.7.

Таблиця 9.7- Сценарій заняття з теми заняття

| № з/п | Структурні елементи заняття                 | Зміст структурних елементів  |
|-------|---|--|
| 1     | 2   | 3  |
| 1     | Організаційний момент                       | Привітання студентів, перевірка присутніх. Налаштування на робочу атмосферу та концентрацію на темі заняття. Пояснення важливості безпечної та відповідальної роботи на ГВМ СН0177.  |
| 2     | Повідомлення теми і мети заняття            | Тема: «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177». Мета: сформувати у студентів теоретичні знання та практичні навички оцінки продуктивності і надійності обробки валів, освоєння цифрового моделювання та оптимізації режимів різання.   |
| 3     | Мотивація навчальної діяльності             | Обговорення актуальності теми: підвищення ефективності виробництва, зменшення браку та витрат матеріалів, підвищення надійності технологічного процесу. Демонстрація прикладів використання ГВМ СН0177 у сучасному машинобудуванні.  |
| 4     | Актуалізація базових знань                  | Усне опитування студентів щодо: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Властивостей матеріалів валів;</li> <li>• Основних принципів роботи ГВМ СН0177;</li> <li>• Режимів різання та їх впливу на продуктивність і точність;</li> <li>• Основ цифрового моделювання технологічних процесів.</li> </ul> Методи: усне опитування, дискусія. Форма: фронтальна. Засоби: креслення, схеми, контрольні питання. |
| 5     | Формування нового навчального досвіду (ООД) | Демонстрація прикладу дослідження продуктивності та надійності обробки валу на ГВМ СН0177. Студенти аналізують запропонований процес, обговорюють можливі проблеми та пропонують шляхи оптимізації. Методи: пояснення, демонстрація, лекція-дискусія, мозковий штурм.  |
| 6     | Формування вмінь та дій (ВД)                | Практичні вправи: 1. Аналіз креслення валу та визначення критичних зон обробки; 2. Розробка технологічної послідовності операцій на верстаті; 3. Моделювання процесу обробки у CAD/CAM-системі; 9. Розрахунок та оптимізація режимів різання; 5. Підготовка рекомендацій щодо підвищення продуктивності та надійності обробки.   |

| № з/п | Структурні елементи заняття                    | Зміст структурних елементів   |
|-------|--|---|
| 1     | 2  | 3   |
| 7     | Формування компетентності (КД)                 | Контрольні питання та обговорення: • Вплив режимів різання на продуктивність і точність; • Методи підвищення надійності обробки валів; • Використання цифрового моделювання для оптимізації процесів; • Оцінка результатів експериментів та практичних розрахунків.                         |
| 8     | Підбиття підсумків, видача домашнього завдання | Підсумок заняття: важливість аналізу продуктивності та надійності обробки, роль оптимізації режимів різання та цифрового моделювання. Домашнє завдання: підготувати звіт з моделювання технологічного процесу обробки валу, з аналізом можливостей підвищення продуктивності та надійності. |

### 9.10 Висновки

Розробка дидактичного проєкту факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177» для фахівців машинобудівних підприємств має високу актуальність, оскільки спрямована на підготовку сучасних інженерно-технічних кадрів, здатних ефективно працювати на високотехнологічному обладнанні та оптимізувати технологічні процеси обробки.

Проведений аналіз показав, що підвищення продуктивності і надійності обробки безпосередньо впливає на економічну ефективність виробництва, скорочує витрати матеріалів і часу, а також забезпечує високу точність і якість деталей. Дидактичний проєкт забезпечує системний підхід до навчального процесу, поєднуючи актуалізацію базових знань, формування теоретичних уявлень та розвиток практичних умінь і компетентностей. Запропоновані методи та форми роботи, включаючи практичні вправи, моделювання технологічних процесів та використання цифрових інструментів CAD/CAM/CAE, дозволяють студентам набути досвіду планування, аналізу та оптимізації обробки валів на ГВМ СН0177.

Реалізація факультативного заняття сприяє розвитку ключових професійних компетентностей, таких як аналітичне мислення при оцінці

продуктивності процесу, здатність прогнозувати надійність обробки, уміння підбирати та оптимізувати режими різання, а також навички моделювання технологічних процесів у цифровому середовищі. Практична значущість проєкту полягає у можливості безпосереднього застосування отриманих знань на навчальних та виробничих стендах, що дозволяє студентам експериментувати з режимами обробки без ризику пошкодження обладнання та формує у них відповідальність і творчий підхід. Використання цифрових технологій у процесі навчання підвищує ефективність засвоєння матеріалу, сприяє активній участі студентів у навчальному процесі та розвитку самостійності у прийнятті інженерних рішень.

Таким чином, розроблений дидактичний проєкт є ефективним засобом формування комплексних знань, практичних умінь та цифрових компетентностей, необхідних для сучасного машинобудівного виробництва, забезпечує підготовку висококваліфікованих фахівців, здатних підвищувати продуктивність і надійність технологічних процесів обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177 та ефективно застосовувати отримані знання на практиці.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було визначено мету дослідження та сформульовано основні завдання, необхідні для її досягнення. Проведено аналіз деталі «Вал» на технологічність обробки в умовах гнучкої виробничої системи (ГВМ). За результатами аналізу встановлено, що деталь є повністю технологічною для обробки на верстаті моделі СН0177.

На основі проведених досліджень розроблено груповий маршрут обробки деталей, який став основою для створення групових технологічних операцій. Для формування повного технологічного процесу визначено необхідні припуски на кожній операції та встановлено режими різання, що забезпечують необхідну точність і якість поверхні деталі «Вал».

Під час розроблення технологічної документації враховано особливості конструкції та габарити оброблюваних деталей, що дозволило обґрунтовано підібрати основне й допоміжне устаткування, оснастку, а також визначити спосіб транспортування та вибір робота для перенесення заготовок і деталей.

За допомогою імітаційного моделювання визначено раціональне взаємне розташування всіх елементів технологічного процесу, а також оцінено час, який витрачається на допоміжні операції. Отримані результати дозволяють підвищити ефективність обробки деталі «Вал» у складі ГВМ, оптимізувати завантаження обладнання та скоротити загальний цикл виготовлення.

Розроблений технологічний процес може бути впроваджений у серійному та дрібносерійному виробництві, де застосовуються гнучкі виробничі модулі (ГВМ) і верстати з ЧПК типу СН0177. Особливо доцільним є використання даної технології на підприємствах машинобудівної галузі — при виготовленні валів редукторів, приводів, насосів, компресорів, а також у транспортному, енергетичному та сільськогосподарському машинобудуванні.

Розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ СН0177»

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>
2. Altintas, Y. *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design*. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2012. — 366 p.
3. Autodesk Fusion 360 Help. *Toolpath Simulation and G-Code Verification*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://help.autodesk.com>
4. Boothroyd, G., Knight, W. A. *Fundamentals of Machining and Machine Tools*. — 3rd ed. — CRC Press, 2019. — 615 p.
5. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>
6. FlexSim Simulation Software. *Discrete Event Modeling for Manufacturing Systems*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.flexsim.com>
7. Ghosh, S., Mallik, S. *Finite Element Analysis of Machining Processes*. — Springer, 2015. — 284 p.
8. Groover, M. P. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. — 7th ed. — Hoboken, NJ: Wiley, 2020. — 1048 p.
9. ISCAR Tools. *Product Catalog and Technical Data for Metalworking*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.iscar.com>
10. ISO 10791-2:2023. Test conditions for machining centres — Part 2: Geometric tests for machines with vertical spindle (Z-axis vertical). — Geneva: ISO, 2023. — 56 p.
11. ISO 1832:2017. Indexable inserts — Designation system. — Geneva: ISO, 2017. — 21 p.

12. ISO 230-1:2012. Test code for machine tools — Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or quasi-static conditions. — Geneva: ISO, 2012. — 42 p.
13. Kalpakjian, S., Schmid, S. R. Manufacturing Processes for Engineering Materials. — 7th ed. — Pearson Education, 2021. — 984 p.
14. Sandvik Coromant Knowledge Center. *Metal Cutting Data Handbook*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.sandvik.coromant.com>
15. Shixin Xu, Nabil Anwer, Sylvain Lavernhe. Conversion of G-Code Programs for Milling into STEP-NC. // *arXiv preprint arXiv:1412.5496*, 2014.
16. Siemens NX CAM Documentation. *Programming and Simulation for CNC Machining Centers*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://support.sw.siemens.com>
17. Teti, R., Jemielniak, K., O'Donnell, G., Dornfeld, D. Advanced Monitoring of Machining Operations. // *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. — Vol. 59, No. 2, 2010. — P. 717–739.
18. Tlusty, J. Manufacturing Processes and Equipment. — Prentice Hall, 2000. — 989 p.
19. Tönshoff, H. K., Denkena, B. Basics of Cutting and Abrasive Processes. — Springer, 2013. — 410 p.
20. Weck, M. Handbook of Machine Tools. Vol. 4: Metrology, Control, Inspection, and Test. — Wiley, 2003. — 455 p.
21. Xometry Europe. *Standard Tolerances in Manufacturing: ISO 2768 & ISO 286*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://xometry.pro/en-eu/articles/standard-tolerances-manufacturing>
22. Xu, X., Newman, S. T. Making CNC Machining More Intelligent and Adaptive. // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. — 2019. — Vol. 104. — P. 1409–1423.
23. Бабій, В. І., Головка, Л. В. Основи технології машинобудування. — К.: Вища школа, 2019. — 376 с.

24. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>
25. Герасимчук, М. П., Кравець, О. В. Механічна обробка деталей. Основи розрахунків режимів різання. — Вінниця: ВНТУ, 2019. — 142 с.
26. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс] : підруч. / В. П. Головенкін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: [http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna\\_pedagogika.pdf](http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf)
27. Довідник технолога-машинобудівника. / За ред. Кузнецова В. М. — К.: Техніка, 2012. — 816 с.
28. ДСТУ 3981-2000. Оснащення технологічне. Терміни та визначення. — Київ: Держстандарт України, 2000. — 20 с.
29. ДСТУ EN 12417:2018. Безпечність верстатів. Оброблювальні центри. — [Чинний від 2018-09-01]. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. — 45 с.
30. ДСТУ EN ISO 9001:2018. Системи управління якістю. Вимоги. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. — 33 с.
31. ДСТУ ISO 2768-1:2006. Допуски загальні. Частина 1. Допуски лінійних та кутових розмірів без індивідуальних допусків. — Київ: Держспоживстандарт України, 2006. — 18 с.
32. ДСТУ ISO 286-2:2016. Допуски та посадки. Частина 2. Стандартні допуски і посадки для валів та отворів. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 32 с.
33. Каталог ISCAR. *Metalworking Tools for Turning, Milling, Drilling*. — ISCAR Ltd., 2022. — 608 p.
34. Каталог фірми Sandvik Coromant. *Металообробка. Інструментальні рішення для токарних і фрезерних операцій*. — Sandvik AB, 2023. — 540 с.
35. Климчук, А. А. Технологія машинобудування: Підручник. — Львів: Новий Світ – 2000, 2020. — 420 с.

36. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: дидактичне проектування: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 204 с.
37. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: основні технології навчання: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 174 с.
38. Козак, Л. І., Лісовий, В. В. Автоматизоване проектування технологічних процесів обробки деталей. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. — 265 с.
39. Костюк, О. В. Моделювання та оптимізація технологічних процесів у машинобудуванні. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2021. — 184 с.
40. Лебедик Л.В., Стрельников В.Ю., Стрельников М.В. Сучасні технології навчання і методики викладання дисциплін: Навчально-методичний посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників закладів середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти / Л. В. Лебедик, В. Ю. Стрельников, М. В. Стрельников. – Полтава: АСМІ, 2020. – 303 с.
41. Левченко, В. С., Черненко, С. М. Розрахунок технологічних систем на жорсткість та точність. — К.: Політехніка, 2018. — 228 с.
42. Методика професійної освіти : навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ : Компринт, 2029. – 224 с.
43. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2029. – 82 с.

44. Нестеренко, А. І. Металорізальні верстати і автоматизовані комплекси. — К.: Вища школа, 2015. — 340 с.
45. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>
46. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» першого (бакалаврського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.
47. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» другого (магістерського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.
48. Рудь, Ю. А., Поліщук, О. В. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. — К.: НАУ, 2017. — 318 с.
49. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>
50. Семенова А.В. Професійна педагогіка: Підручник. / Авт. : О.В. Грабовський, Л.В. Коломієць, О.С. Савельєва, А.В. Семенова, В.Ф. Яні; за заг. ред. А.В. Семенової. – Одеса: Бондаренко М.О., 2020. – 575 с.
51. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>
52. Фесенко А. В. «Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування». Харків: НТУ «ХПІ», 2022. — 421 с
53. Шевченко, В. М., Трохимчук, В. М. Технологічні процеси обробки деталей на верстатах з ЧПК. — Харків: ХНУРЕ, 2018. — 252 с.

ДОДАТОК А  
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ  
на технологічний процес

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Підл. |  |  |  |

вал

1

ВЕКТОР №1

вал типовий

ПОГОДЖЕНО ЗАТВЕРДЖУЮ

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ  
на технологічний процес  
вал типовий

Розробив Мовчанья І. К.

Перевірів Кондратюк О.Л.





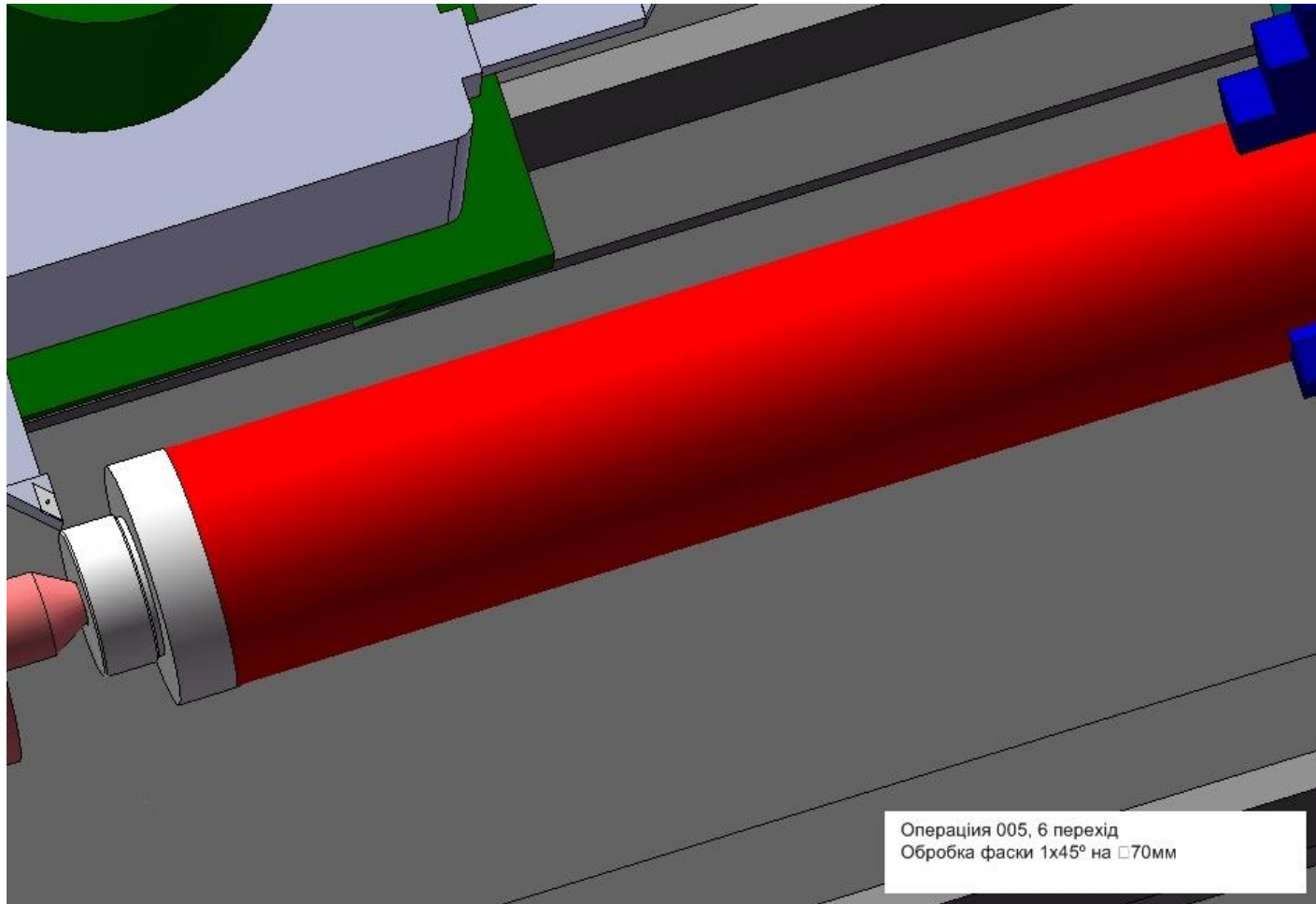








|                           |                         |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
|---------------------------|-------------------------|--|--|---------|--|--|---|---|---|-----|--|--|--|--|
| Дубл.                     |                         |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| Взам.                     |                         |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| Підл.                     |                         |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| ТехноПро вал              |                         |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| Розроб.                   | Молчан І. К.            |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| Перевірив                 | Кондратюк О.Л.. УІПА №1 |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| Нормір.                   |                         |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| Затвердив Цех УЧ РМ Опер. |                         |  |  |         |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
| Н.контр.                  | вал                     |  |  | ТИПОВИЙ |  |  |   |   |   |     |  |  |  |  |
|                           |                         |  |  |         |  |  | 1 | 1 | 1 | 005 |  |  |  |  |



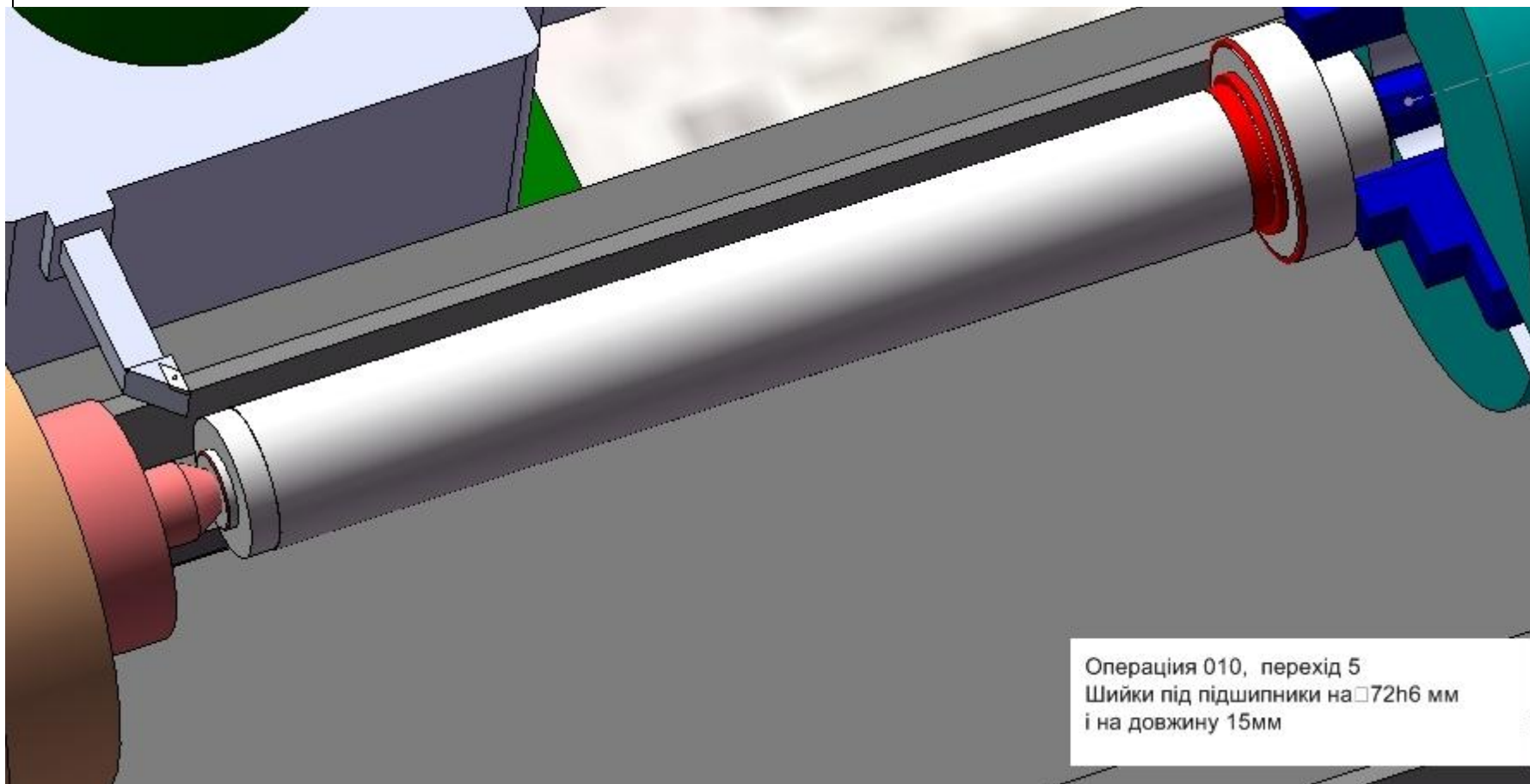
Операція 005, 6 перехід  
Обробка фаски 1x45° на □70мм





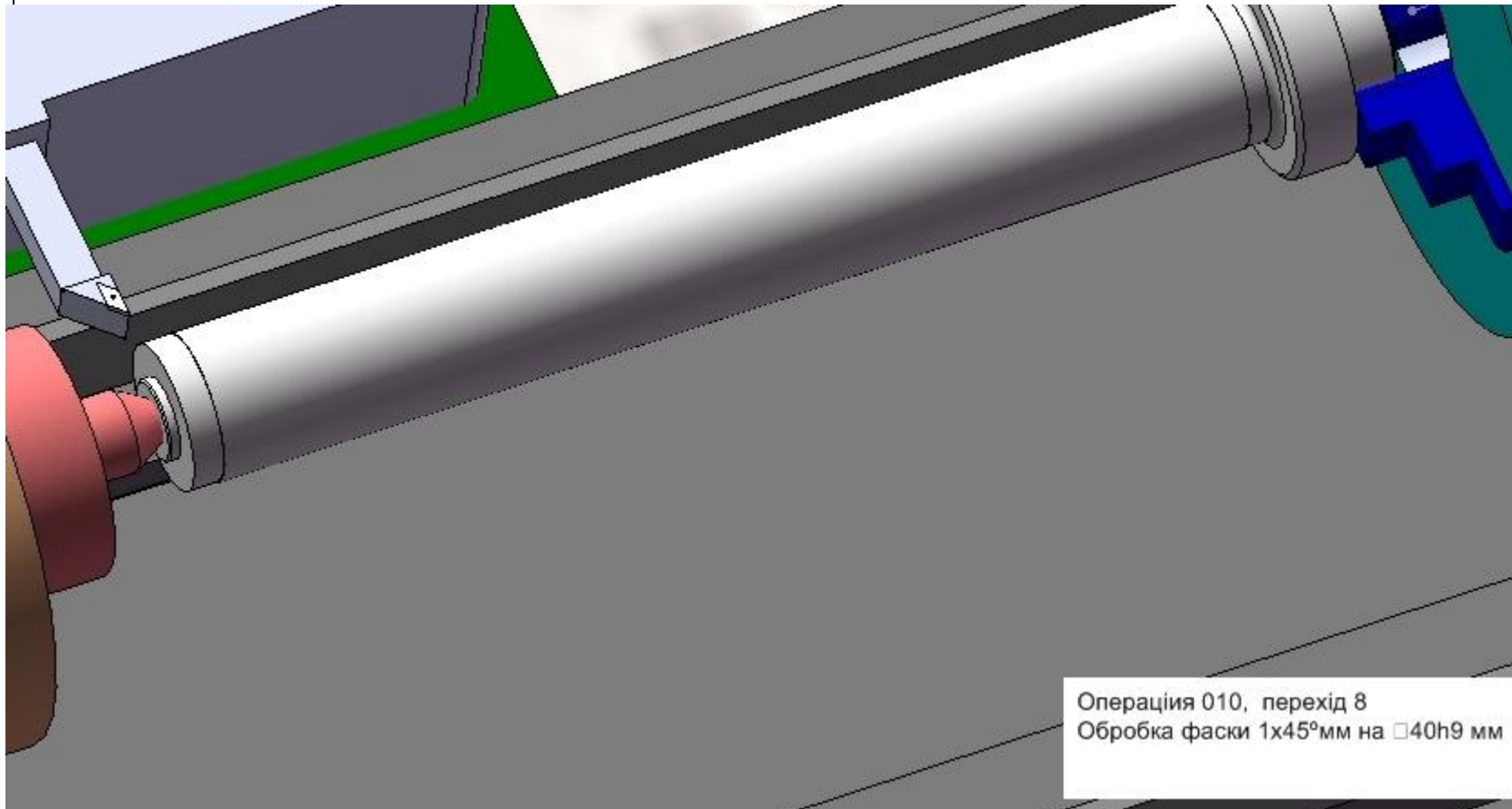


|              |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
|--------------|-----------------|--|---------|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|-----|--|--|
| Дубл.        |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| Взам.        |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| Підл.        |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| ТехноПро вал |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| Розроб.      | Молчан І. К.    |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| Перевірив    | Кондратюк О.Л.  |  | УІПА №1 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| Нормір.      |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| Затвердив    | Цех УЧ РМ Oper. |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |  |  |
| Н.контр.     |                 |  | вал     | ТИПОВИЙ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 010 |  |  |



Операція 010, перехід 5  
Шийки під підшипники на  $\square 72h6$  мм  
і на довжину 15мм

|              |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
|--------------|-----------------|--|---------|---------|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|-----|
| Дубл.        |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| Взам.        |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| Підл.        |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| ТехноПро вал |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| Розроб.      | Молчан І. К.    |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| Перевірів    | Кондратюк О.Л.  |  | УІПА №1 |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| Нормір.      |                 |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| Затвердив    | Цех УЧ РМ Oper. |  |         |         |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |     |
| Н.контр.     |                 |  | вал     | ТИПОВИЙ |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 010 |



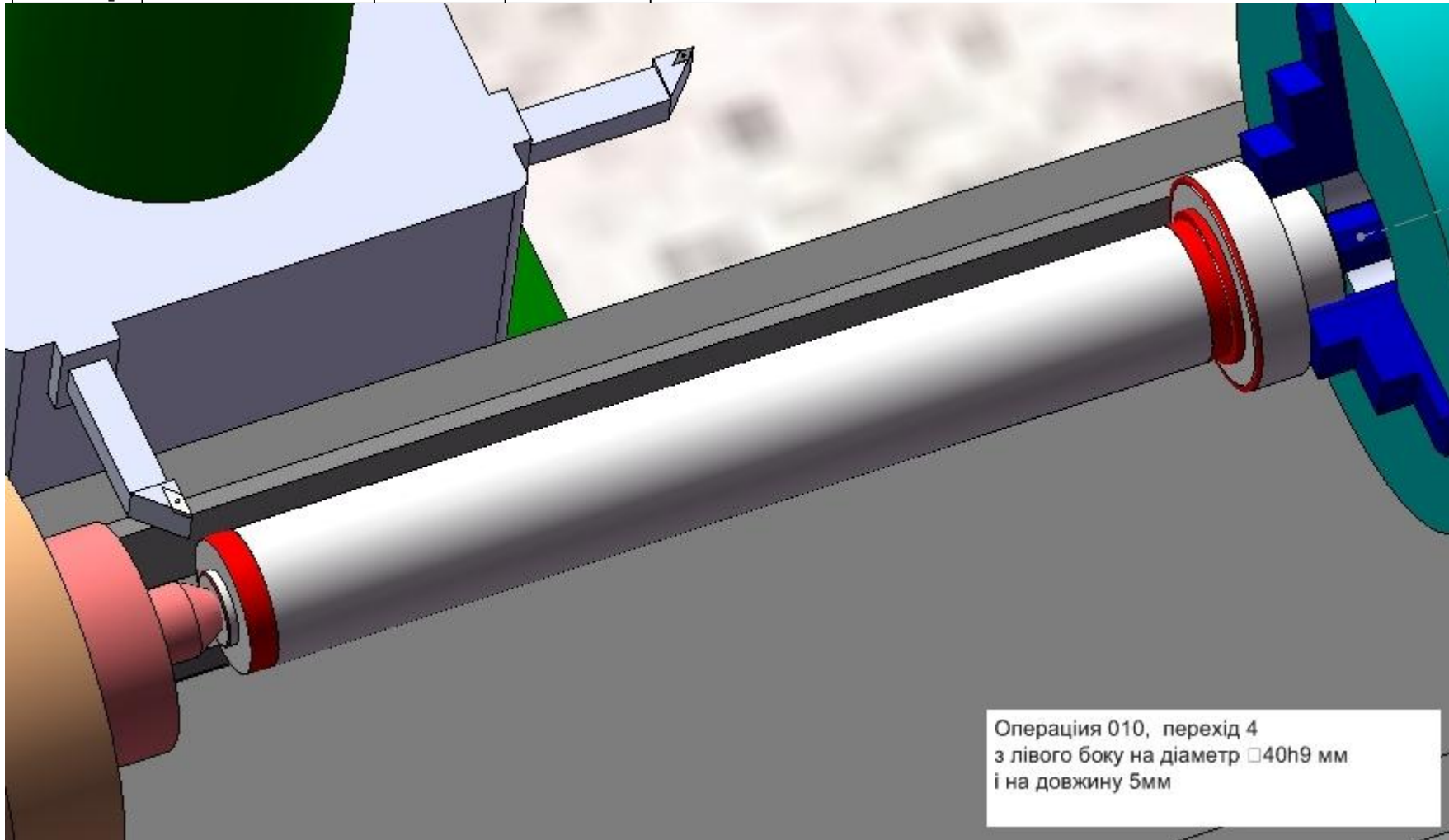
Операція 010, перехід 8  
Обробка фаски 1x45°мм на □40h9 мм

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Підл. |  |  |  |

|              |                 |         |  |
|--------------|-----------------|---------|--|
| ТехноПро вал |                 |         |  |
| Розроб.      | Молчан І. К.    |         |  |
| Перевірів    | Кондратюк О.Л.  | УІПА №1 |  |
| Нормір.      |                 |         |  |
| Затвердив    | Цех УЧ РМ Oper. |         |  |
| Н.контр.     |                 | . вал   |  |

ТИПОВИЙ

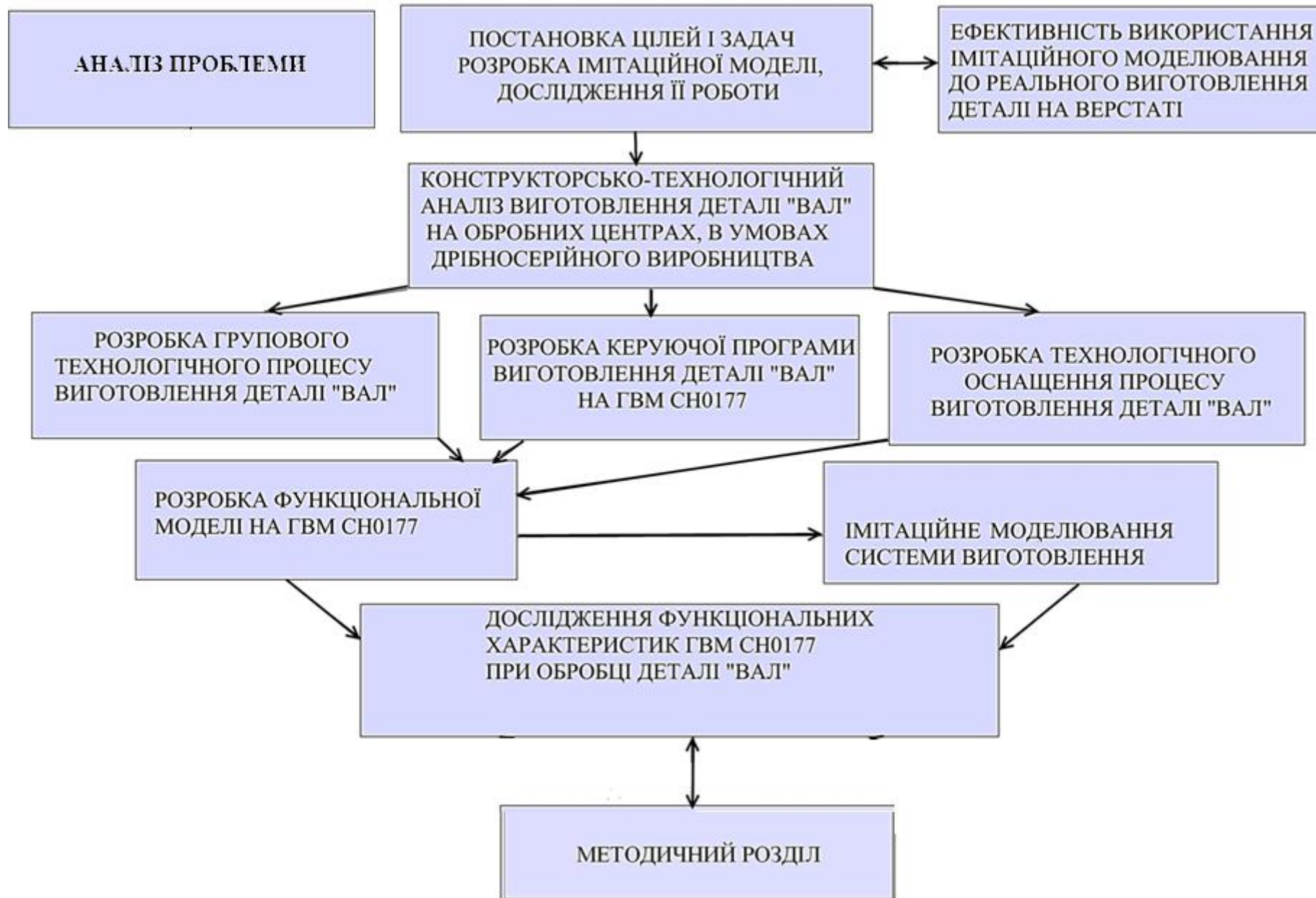
010



Операція 010, перехід 4  
з лівого боку на діаметр  $\square 40h9$  мм  
і на довжину 5мм

ДОДАТОК Б  
(ПРЕЗЕНТАЦІЯ)





**Мета дослідження** - Розробка типового гнучкого технологічного процесу виготовлення деталей типу «Вал» у дрібносерійному виробництві з використанням обробного центру SN0177 та методів імітаційного моделювання, що забезпечить зниження витрат на освоєння виробництва, підвищення ефективності використання устаткування та оптимізацію технологічного оснащення.

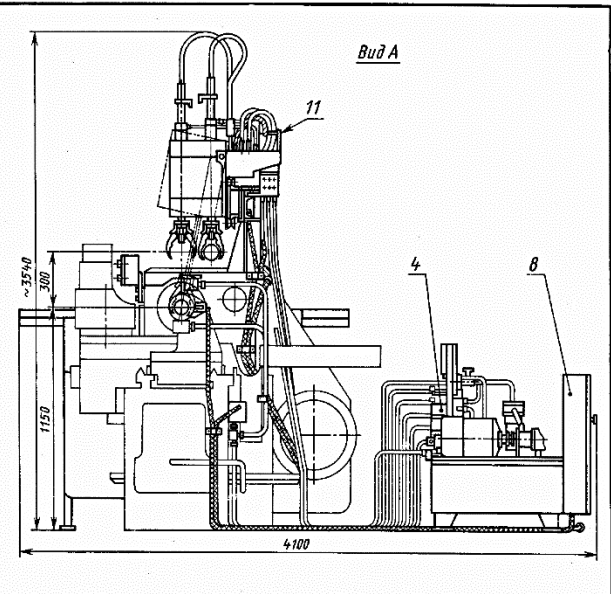
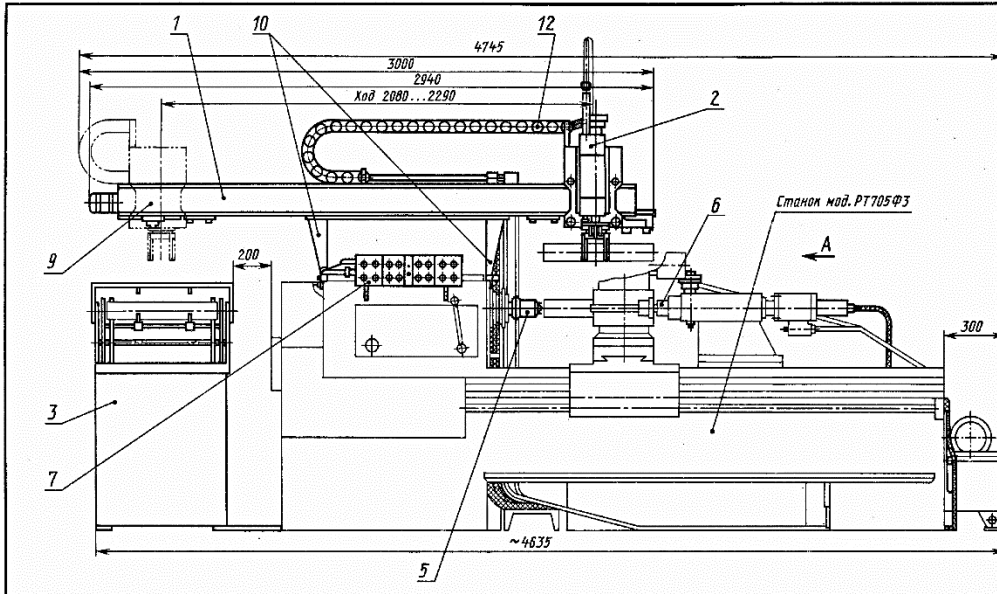
Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

- Провести конструкторсько-технологічний аналіз деталі типу «Вал» та умов її виготовлення в дрібносерійному виробництві.
- Розробити груповий технологічний процес виготовлення деталей типу «Вал» із можливістю адаптації до різних конфігурацій.
- Створити керуючу програму для обробки деталі на вертикальному оброблювальному центрі SN0177.
- Спроекувати технологічне оснащення, необхідне для реалізації процесу.
- Розробити імітаційну модель системи виготовлення, що дозволить оцінити ефективність процесу та обґрунтувати доцільність використання устаткування.
- Виконати розрахунок та аналіз статичної деформації, статичного переміщення та навантаження технологічної системи «верстат–інструмент–деталь–оснащення»; побудувати епюри напружень і переміщень та зробити висновки щодо їх впливу на точність і якість обробки деталі.

**Об'єкт дослідження** - Процес виготовлення деталей типу «Вал» у дрібносерійному машинобудівному виробництві на обробних центрах з числовим програмним керуванням (ЧПК).

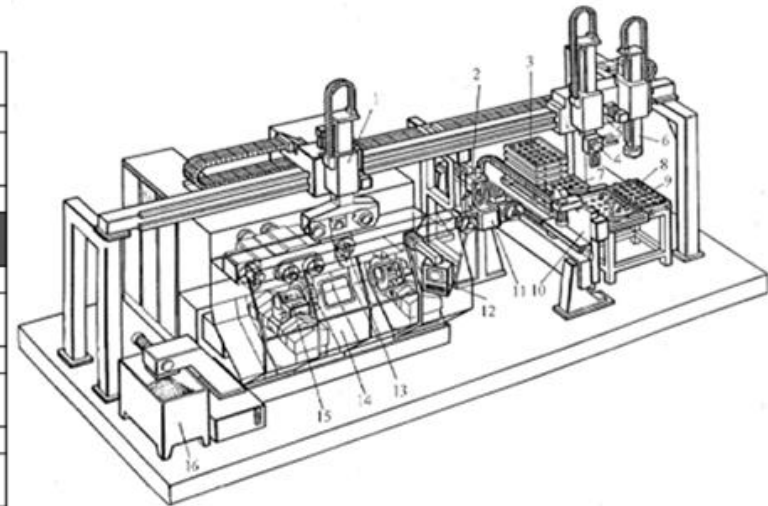
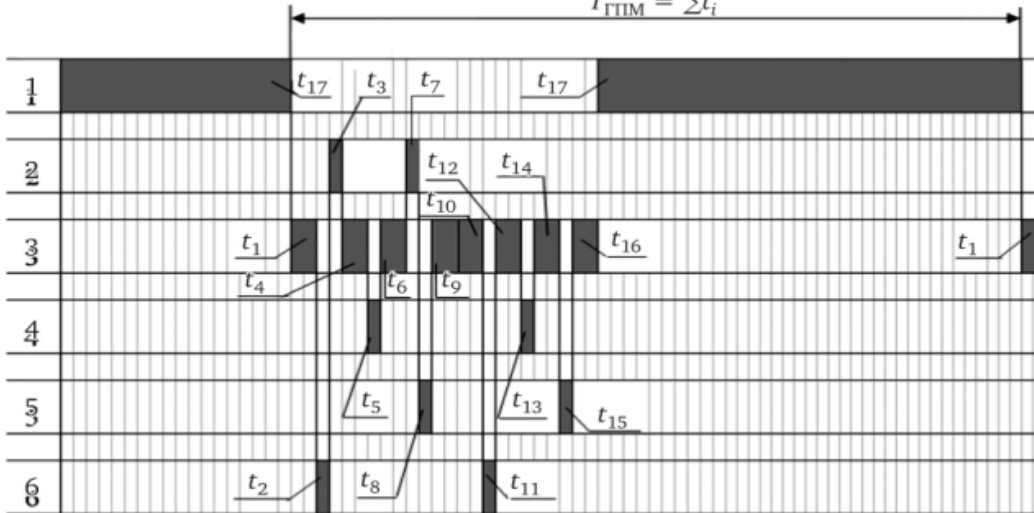
**Предмет дослідження** - Методи, засоби та технологічні рішення розробки й оптимізації типового групового технологічного процесу виготовлення деталей типу «Вал» із використанням імітаційного моделювання та верстатів із ЧПК.

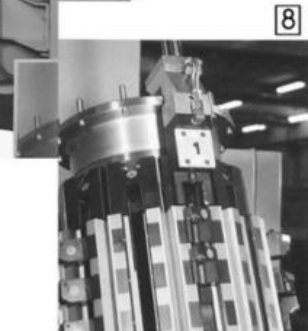
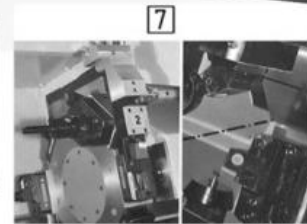
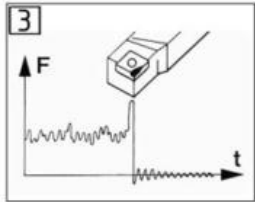
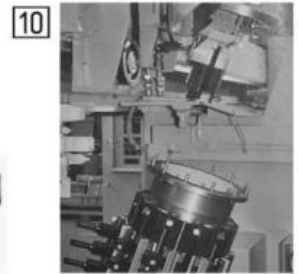
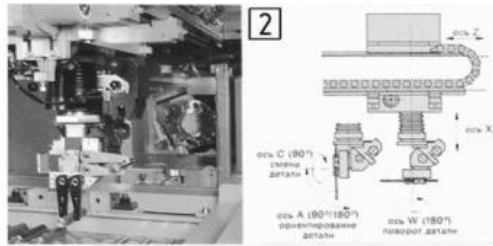
# ГВМ СН0177 НА БАЗІ ВЕРСТАТА З ЧПК МОДЕЛІ РТ705Ф3 ТА ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА МОДЕЛІ СН3308



## Циклограма роботи

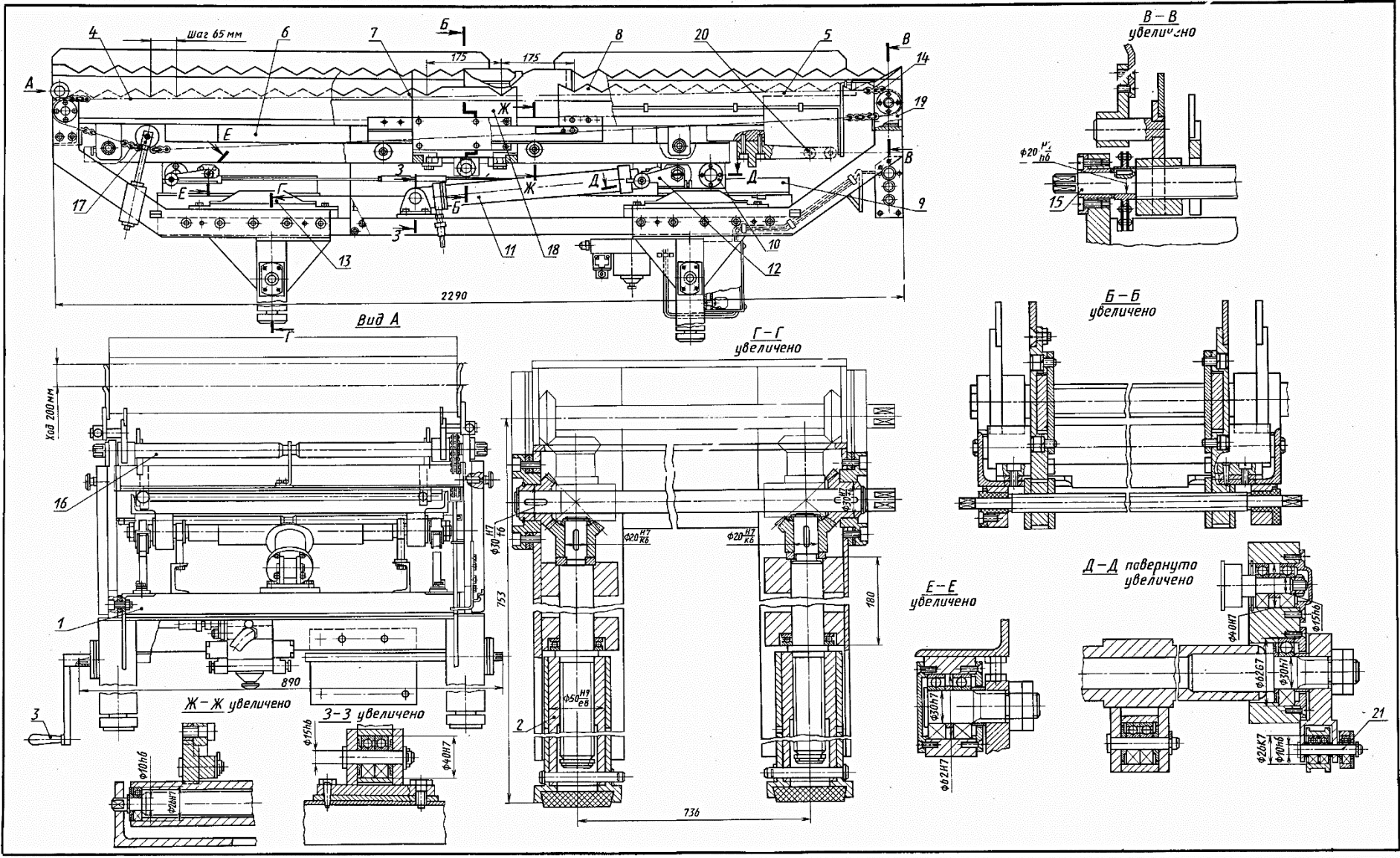
$$T_{\text{ГПМ}} = \sum t_i$$





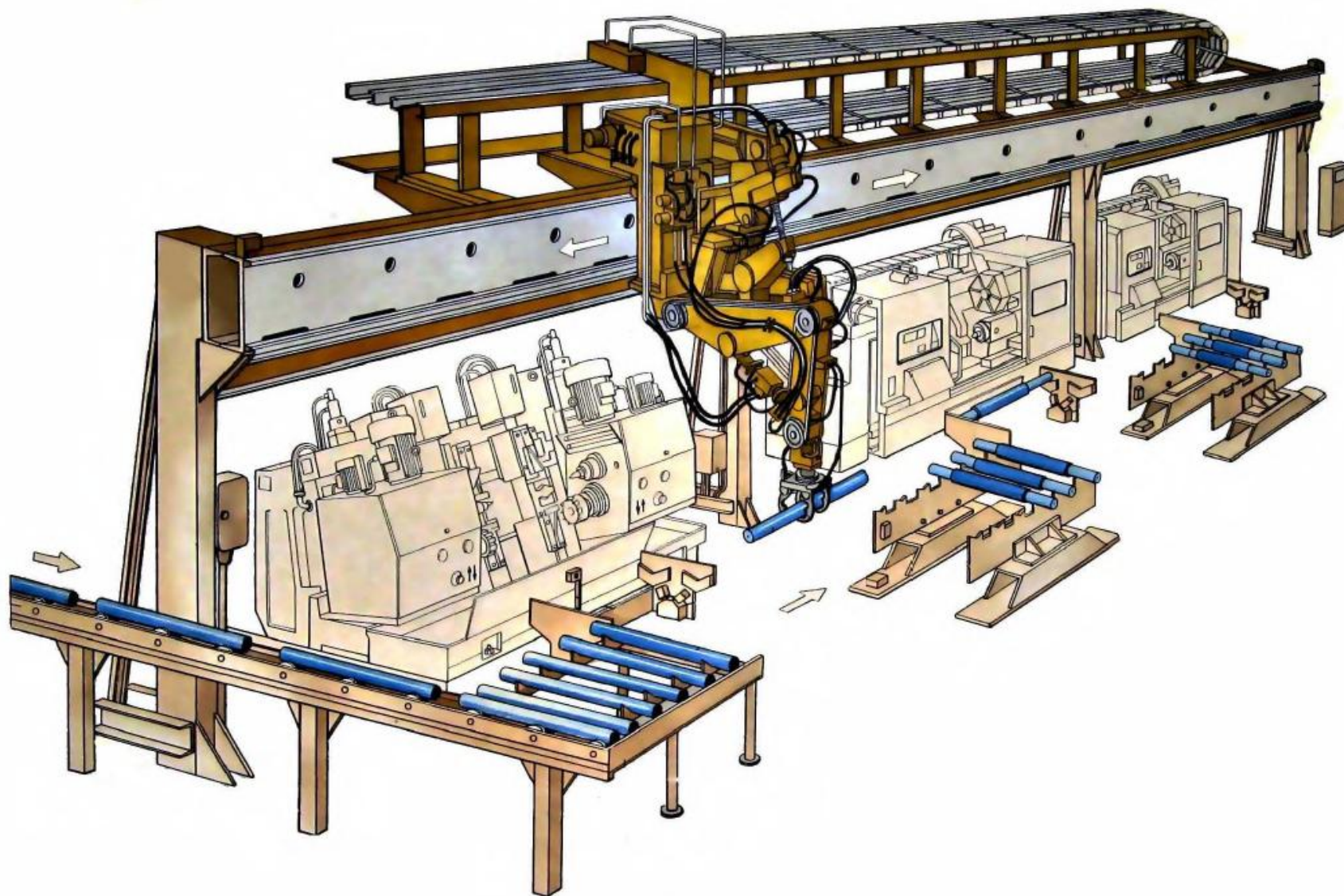
До складу ГВМ входить токарний верстат 1 (PT705Ф3) з ЧПК; портальний завантажувач 2 (CH3308) із програмним управлінням; пристрій контролю інструментів 3; сортувальний бункер 4; система завантаження заготовок на піддонах 5 (CPS – Computerized Pallet System); вимірвальна система 6 із зворотним зв'язком; інструментальний блок 7; барабанний інструментальний магазин 8 (120 інструментів); пристрій керування 9 з барабанним магазином та зміною інструментів; візок пристрою зміни інструментів 10.

# МАГАЗИН ДЛЯ НАКОПИЧУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ТАКТИВМ СТОЛОМ МОДЕЛІ СН 2009

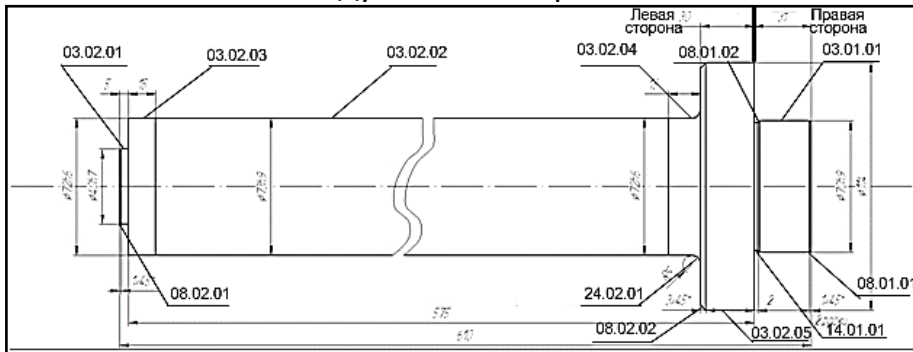




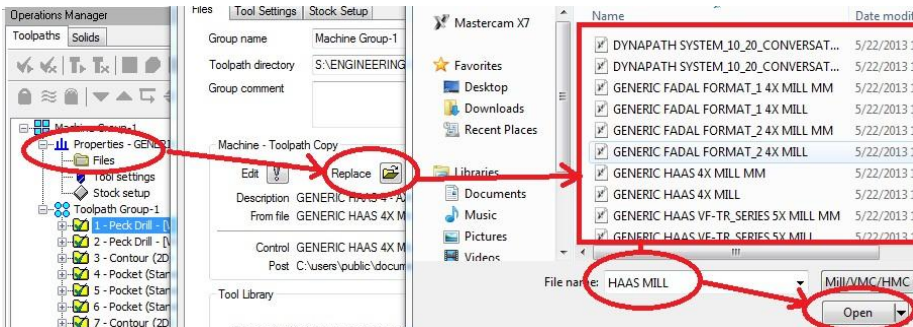
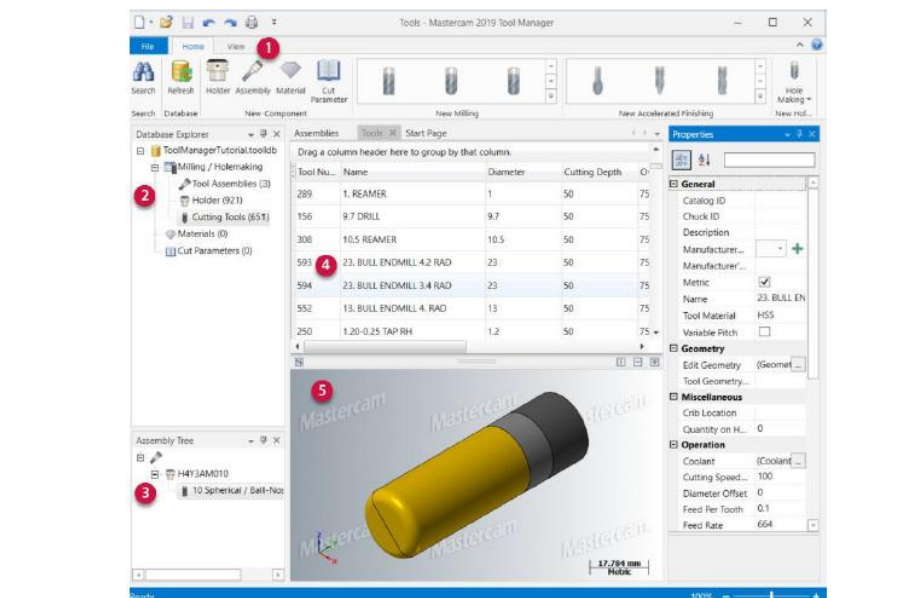
# Перспективне використання ГВМ для кількох верстатів







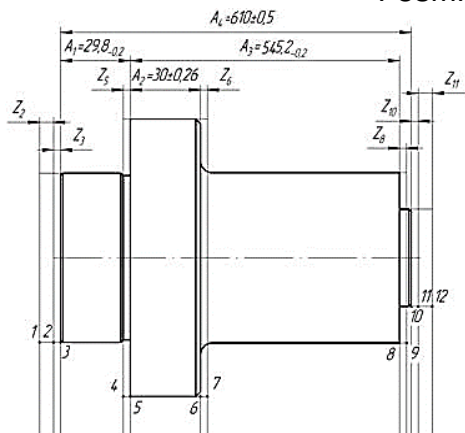
## Панель інструментів MasterCam



| Tool No... | Name                           | Diameter | Cutting Depth | Overall Length | Corner Radius | Radius   |
|------------|--------------------------------|----------|---------------|----------------|---------------|----------|
| 612        | 25. BULL ENDMILL 4. RAD        | 25       | 50            | 75             | 4             | Corner   |
| 513        | 25 / 45 CHAMFER MILL           | 25       | 25            | 50             | 0             | None     |
| 510        | 25. BALL ENDMILL               | 25       | 50            | 75             | 12.5          | Full Rac |
| 632        | 25. MM 120 DEGREE ENGRAVE T... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 633        | 25. MM 60 DEGREE ENGRAVE TO... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 613        | 25. BULL ENDMILL 2. RAD        | 25       | 50            | 75             | 2             | Corner   |
| 634        | 25. MM 30 DEGREE ENGRAVE TO... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 635        | 25. MM 90 DEGREE ENGRAVE TO... | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 485        | 25. FLAT ENDMILL               | 25       | 50            | 75             | 0             | None     |
| 614        | 25. BULL ENDMILL 1. RAD        | 25       | 50            | 75             | 1             | Corner   |
| 615        | 25. BULL ENDMILL 3. RAD        | 25       | 50            | 75             | 3             | Corner   |

1. Вкладки на стрічці команд є подібнію до діалогових вікон, проте зовні виглядають як панелі завдань. Стрічка команд не можна редагувати, можливість додавати або видаляти кнопки на вкладках відсутня.
2. Провідник Баз Даних (Database Explorer): Ця функціональна панель служить для навігації по базі даних (TOOLDB). Щоб звернутися до набору об'єктів у дереві бази даних (наприклад, розкрити список інструментів, патронів, складання, матеріалів, режимів різання) необхідно виконати подвійний клік на відповідному рядку в дереві.
3. Дерево складання (Assembly Tree): За допомогою цієї панелі можна створювати та редагувати складання інструменту в поточній базі. У складання інструменту повинен входити один інструмент і один або кілька компонентів державки. Для навігації призначене Дерево збирання (Assembly Tree). Mastercam Tool Manager за подвійним кліканням у рядку Складання Інструментів (Tool Assemblies) у Провіднику бази даних (Database Explorer), а також якщо натиснути кнопку Складання (Assembly) на вкладці Головна (Home) у вікні програми нижче панелі провідника з'явиться панель Дерево збирання (Assembly Tree), в якій відобразиться вибраний об'єкт збирання.
4. Таблиця документів: Tool Manager використовує "документи" для сортування інструментів, патронів та збірок. Відображення наборів цих об'єктів виконано у табличній формі.
5. Графічна область: графічне відображення є частиною об'єкта бази даних. Зображення у графічній області відповідає обраному табличному елементу. Наприклад, якщо в таблиці вибрано складання, у графічній частині буде представлена відповідна модель.
6. Панель властивостей: Панель Властивості (Properties) служить для відображення параметрів інструмента, збірок, патронів, подовжувачів, матеріалів та режимів обробки. Вміст панелі залежить від типу відкритого документа та вибраного об'єкта.

Розмірний аналіз технологічного процесу обробки ступінчатого валу



| № | Розмірна схема технологічного процесу |                | Схеми розмірних пацієдів |                |
|---|---------------------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| 9 | S <sub>9</sub>                        | A <sub>2</sub> | S <sub>9</sub>           | A <sub>2</sub> |
| 8 | S <sub>8</sub>                        | A <sub>1</sub> | S <sub>8</sub>           | A <sub>1</sub> |
| 7 | S <sub>7</sub>                        | A <sub>1</sub> | S <sub>7</sub>           | A <sub>1</sub> |
| 6 | S <sub>6</sub>                        | Z <sub>2</sub> | S <sub>6</sub>           | Z <sub>2</sub> |
| 5 | S <sub>5</sub>                        | Z <sub>4</sub> | S <sub>5</sub>           | Z <sub>4</sub> |
| 4 | S <sub>4</sub>                        | A <sub>1</sub> | S <sub>4</sub>           | A <sub>1</sub> |
| 3 | S <sub>3</sub>                        | Z <sub>2</sub> | S <sub>3</sub>           | Z <sub>2</sub> |
| 2 | S <sub>2</sub>                        | Z <sub>1</sub> | S <sub>2</sub>           | Z <sub>1</sub> |
| 1 | S <sub>1</sub>                        | Z <sub>1</sub> | S <sub>1</sub>           | Z <sub>1</sub> |
| 0 | Z <sub>1</sub>                        | Z <sub>1</sub> | Z <sub>1</sub>           | Z <sub>1</sub> |

Операция 005, Ф74 L 29мм

Операция 005, Ф70h9 L 29,8мм

Операция 005, Обработка фаски 1x45° Ф70 2мм

Операция 010, Ф114 L 580мм

Операция 010, Ф73h9 L 550мм

Операция 010, Ф40h9 L 5мм

Операция 010, Обработка фаски 3x45° Ф114мм

# ВИБІР ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЧОРНОВОЇ ТА ЧИСТОВОЇ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ "ВАЛ"

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Выбор вида обработки

Токарные  
Фрезерные  
Сверление  
Обточка

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Выбор области работы

Наружная обработка - Прямые токарные  
Наружная обработка - Профильные/Продольные токарные  
Наружная обработка - Сложные фаски/Подрезка торцов/Прорезка канавки  
Внутренняя обработка - Продольные токарные  
Внутренняя обработка - Обработка расточки  
Наружная обработка - Нарезание наружных резьб  
Внутренняя обработка - Нарезание резьбы  
Обточка и обработка канавок  
Обработка на вертикальных токарных станках  
Гибкая токарная обработка  
Обточка и каналообразование

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Выбор операции

Пластина формы С 80° - Главный угол в плече 75°  
Пластина формы С 80° - Главный угол в плече 90°  
Пластина формы Д 85° - Главный угол в плече 90° - Угол среза 27°  
Пластина формы Д 95° - Главный угол в плече 90° - Угол среза 30°  
Квадратная пластина - Угол среза 75°  
Круглая пластина  
Круглая пластина - Угол среза 27°  
Круглая пластина - Угол среза 40°  
Круглая пластина - Угол среза 90°  
Треугольная пластина - Главный угол в плече 60° - Угол среза 90°  
Треугольная пластина - Главный угол в плече 80° - Угол среза 90°  
Треугольная пластина - Главный угол в плече 90°

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Выбор систем крепления

Система расточки TAPERLOCK  
DiaFun TR

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Выбор типа установки

Горизонтальная установка  
Система DiaFun

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Показать детали Показать пластины

Выборные операции

| Код детали        | Назначение                  | Материал | Внеш. диаметр | Внутр. диаметр | Длина     | Скоростной диапазон |
|-------------------|-----------------------------|----------|---------------|----------------|-----------|---------------------|
| DS-SOICR0868307   | Державка, прямое исполнение | 0.045    | 8             | 0              | DMT 07 02 |                     |
| DS-SOICR1018207   | Державка, прямое исполнение | 0.07     | 10            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| DS-SOICR1212207   | Державка, прямое исполнение | 0.096    | 12            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| DS-SOICR1212E11   | Державка, прямое исполнение | 0.097    | 12            | 0              | DMT 11 T3 |                     |
| DS-SOICR1618207   | Державка, прямое исполнение | 0.145    | 16            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| DS-SOICR1618E11   | Державка, прямое исполнение | 0.152    | 16            | 0              | DMT 11 T3 |                     |
| SOICR 0808 07 05  | Державка, прямое исполнение | 0.08     | 8             | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 1010 07     | Державка, прямое исполнение | 0.1      | 10            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 1010K 07 05 | Державка, прямое исполнение | 0.1      | 10            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 1212 07     | Державка, прямое исполнение | 0.11     | 12            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 1212K 07 05 | Державка, прямое исполнение | 0.115    | 12            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 1212K 11 05 | Державка, прямое исполнение | 0.115    | 12            | 0              | DMT 11 T3 |                     |
| SOICR 1616 07     | Державка, прямое исполнение | 0.213    | 16            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 1616H 11    | Державка, прямое исполнение | 0.22     | 16            | 0              | DMT 11 T3 |                     |
| SOICR 1616K 07 05 | Державка, прямое исполнение | 0.293    | 16            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 1616K 11 05 | Державка, прямое исполнение | 0.24     | 16            | 0              | DMT 11 T3 |                     |
| SOICR 2008 07     | Державка, прямое исполнение | 0.4      | 20            | 0              | DMT 07 02 |                     |
| SOICR 2008 11     | Державка, прямое исполнение | 0.409    | 20            | 0              | DMT 11 T3 |                     |
| SOICR 2008H 11    | Державка, прямое исполнение | 0.74     | 25            | 32             | DMT 11 T3 |                     |
| SOICR 2008K 07 05 | Державка, прямое исполнение | 0.13     | 4             | 4              | DMT 07 02 |                     |

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Показать детали Показать пластины

Выборные операции

| №  | Область ISO  | Область ISO | Материал | Внеш. диаметр | Внутр. диаметр | Длина       | Скоростной диапазон |
|----|--------------|-------------|----------|---------------|----------------|-------------|---------------------|
| 8  | DMT 07 02 04 | 8           | 8        | 0             | 35             | 50 12,7     | 0,8                 |
| 10 | DMT 07 02 04 | 10          | 10       | 0             | 7              | 93 70 15    | 0,8                 |
| 12 | DMT 07 02 04 | 12          | 12       | 0             | 7              | 93 70 15    | 0,8                 |
| 12 | DMT 11 T3 08 | 12          | 12       | 0             | 11             | 93 70 18    | 0,8                 |
| 16 | DMT 07 02 04 | 16          | 16       | 0             | 7              | 93 70 15    | 0,8                 |
| 16 | DMT 11 T3 08 | 16          | 16       | 0             | 11             | 93 70 20    | 0,8                 |
| 8  | DMT 07 02 04 | 8           | 8        | 0             | 7              | 93 125 12,7 | 0,8                 |
| 12 | DMT 07 02 04 | 12          | 12       | 0             | 7              | 93 70 17    | 0,8                 |
| 10 | DMT 07 02 04 | 10          | 10       | 0             | 7              | 93 125 15   | 0,8                 |
| 16 | DMT 07 02 04 | 12          | 12       | 7             | 93 125 19      | 0,8         |                     |
| 12 | DMT 07 02 04 | 12          | 12       | 7             | 93 125 15      | 0,8         |                     |
| 12 | DMT 11 T3 08 | 12          | 12       | 11            | 93 125 18      | 0,8         |                     |
| 20 | DMT 07 02 04 | 16          | 16       | 7             | 93 100 24      | 0,8         |                     |
| 16 | DMT 07 02 04 | 16          | 16       | 7             | 93 125 15      | 0,8         |                     |
| 16 | DMT 11 T3 08 | 16          | 16       | 11            | 93 125 20      | 0,8         |                     |
| 25 | DMT 07 02 04 | 20          | 20       | 7             | 93 125 22      | 0,8         |                     |
| 25 | DMT 11 T3 08 | 20          | 20       | 11            | 93 125 24      | 0,8         |                     |
| 32 | DMT 11 T3 08 | 25          | 25       | 11            | 93 150 28      | 0,8         |                     |
| 40 | DMT 11 T3 08 | 25          | 25       | 11            | 93 150 32      | 0,8         |                     |

**Продукт: SOICR 1616H 11**

Выборить тип информации

Рисунки на каталогах

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Показать детали Показать пластины

Выборные пластины

| Область ISO | Область ISO      | Материал | Внеш. диаметр | Внутр. диаметр | Длина | Скоростной диапазон |
|-------------|------------------|----------|---------------|----------------|-------|---------------------|
| P           | DCMT 07 02 04 UF | 5015     | 0.0007        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 07 02 04 PF | 5015     | 0.0008        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 07 02 04 FM | 5015     | 0.0006        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 07 02 08 FM | 5015     | 0.0007        | 6,35           | 7     | 7 0,8 2.36125       |
| P           | DCMT 11 T3 02 PF | 5015     | 0.0025        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 FM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 PM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 UF | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 LM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 06 PF | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 08 PM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 12 PM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 1,2 3.96875      |
| P           | DCMK 07 02 04 UF | 5015     | 0.0008        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 11 T3 04 UF | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 07 02 04 UF | 515      | 0.0008        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 11 T3 04 UF | 515      | 0.0045        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |
| P           | DCMT 07 02 04 UM | 525      | 0.0007        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 11 T3 04 UM | 525      | 0.0025        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |

**Продукт: DCMT 11 T3 04-UF 515**

Выборить тип информации

Рисунки на каталогах

**Поиск по области применения** [всплывающая страница](#)

Показать детали Показать пластины

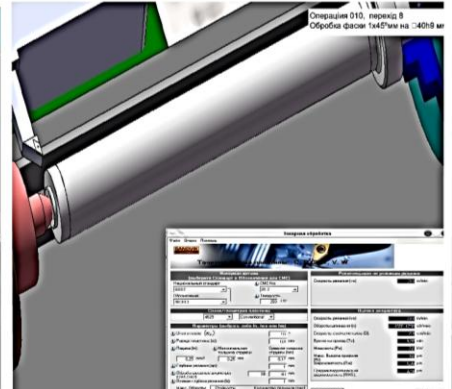
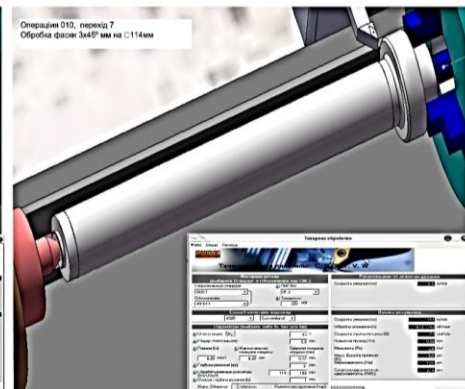
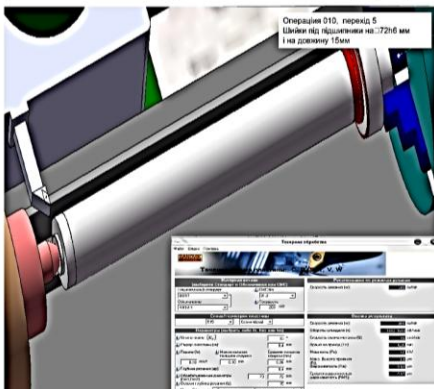
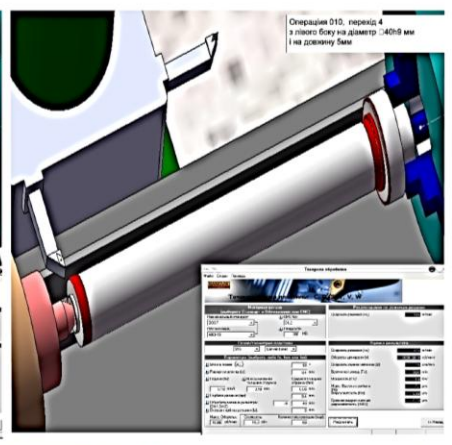
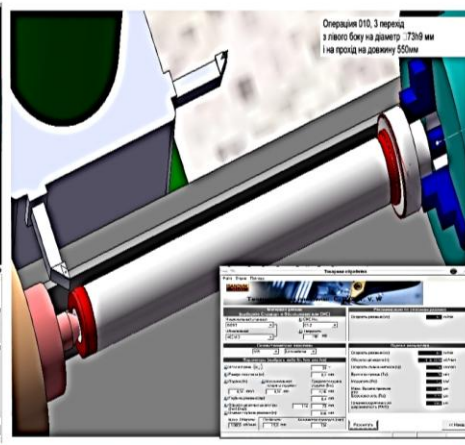
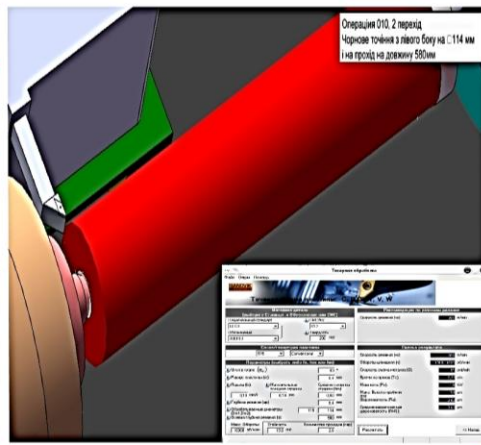
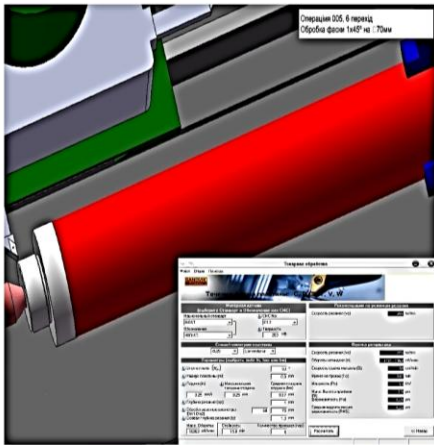
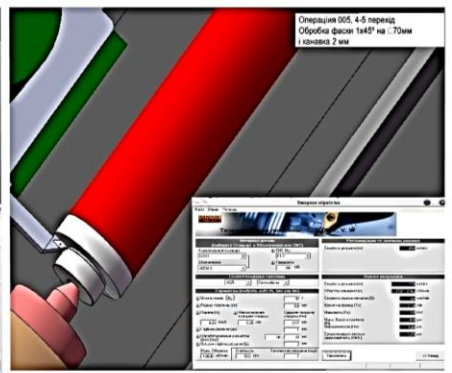
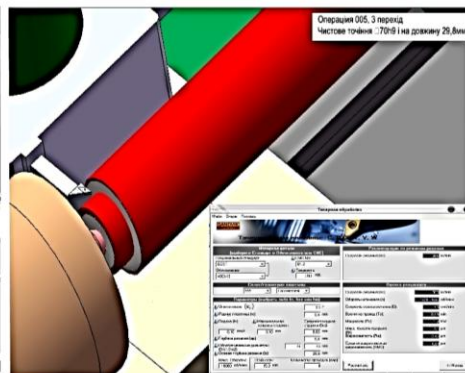
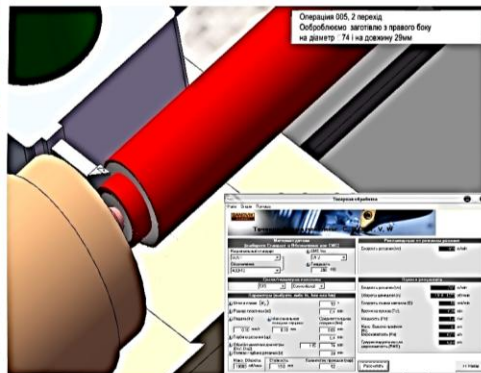
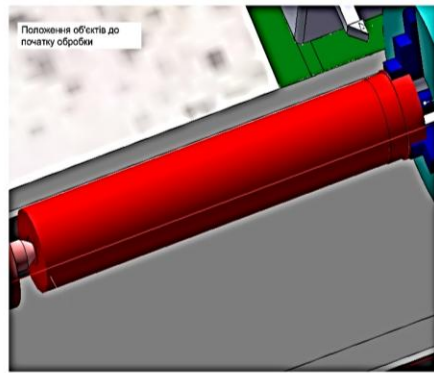
Выборные пластины

| Область ISO | Область ISO      | Материал | Внеш. диаметр | Внутр. диаметр | Длина | Скоростной диапазон |
|-------------|------------------|----------|---------------|----------------|-------|---------------------|
| P           | DCMT 07 02 04 PF | 5015     | 0.0007        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 11 T3 02 PF | 5015     | 0.0025        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 PF | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 PM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 UF | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 LM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 06 PM | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 12 PM | 5015     | 0.0023        | 9,525          | 11    | 11 1,2 3.96875      |
| P           | DCMK 07 02 04 UF | 5015     | 0.0008        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 11 T3 04 UF | 5015     | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 UF | 515      | 0.0045        | 9,525          | 11    | 11 0,8 3.96875      |
| P           | DCMT 07 02 04 UM | 525      | 0.0007        | 6,35           | 7     | 7 0,4 2.36125       |
| P           | DCMT 11 T3 04 UM | 525      | 0.0023        | 9,525          | 11    | 11 0,1 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 02 UM | 525      | 0.0029        | 9,525          | 11    | 11 0,2 3.96875      |
| P           | DCMT 11 T3 04 UM | 525      | 0.0022        | 9,525          | 11    | 11 0,4 3.96875      |

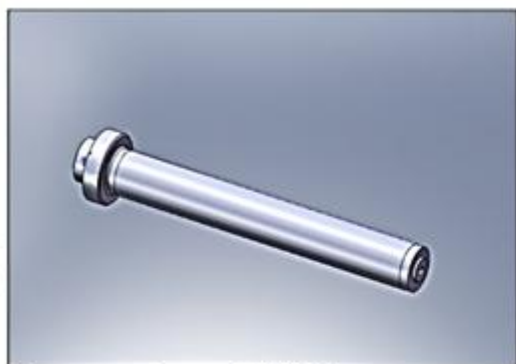
**Продукт: DCMT 07 02 04-UF 515**

Выборить тип информации

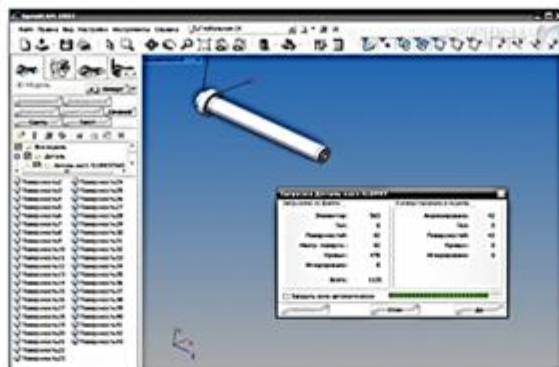
Рисунки на каталогах



# РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ" НА ГВМ CH0177



Креслення деталі у програмі Solid Works



Адаптування креслення деталі у програмі Solid Works



Задання форми заготовки до деталі у програмі Solid Works



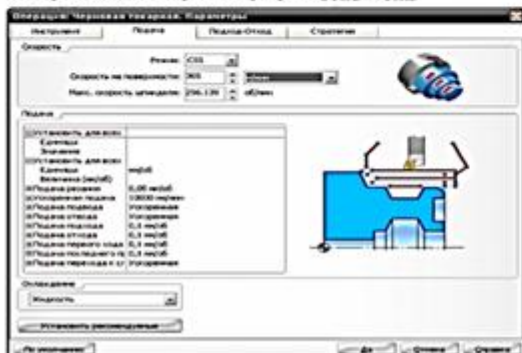
Створення нової операції в програмі Solid Works



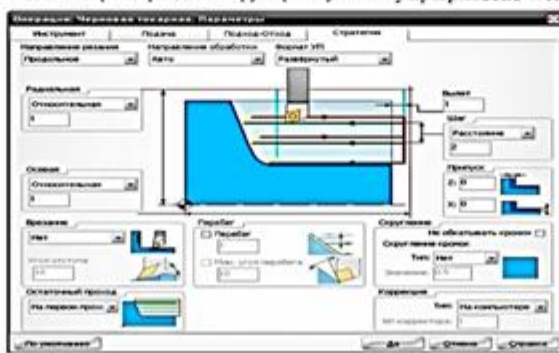
Задання параметрів до вибору верстату з ЧПК у програмі Solid Works



Задання параметрів та вибір інструменту у програмі Solid Works



Вибір режимів режимів різання в програмі Solid Works



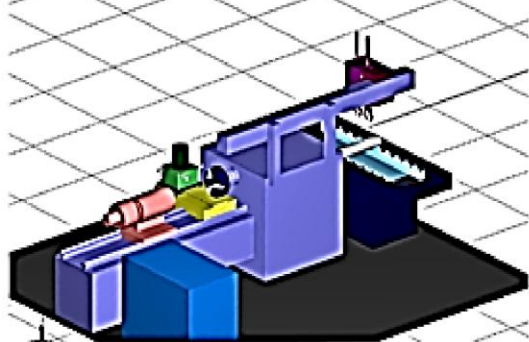
Задання параметрів до траєкторії руху інструмента в програмі Solid Works



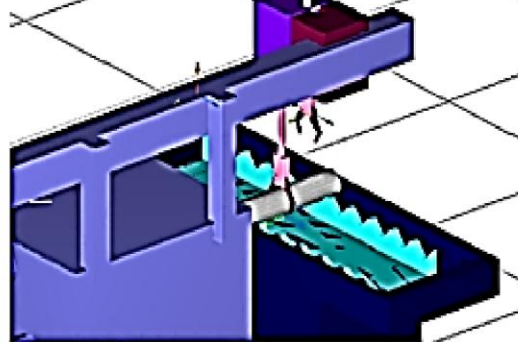
Приклад отриманої керуючої програми за допомогою системи Solid Works



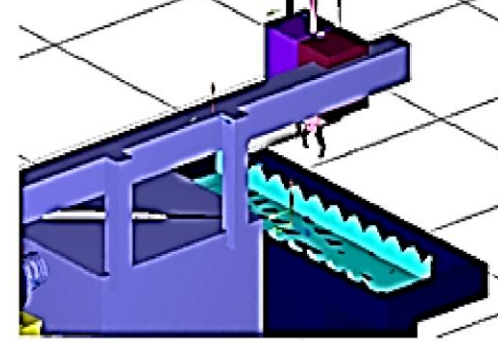
ВИХІДНЕ ПОЛОЖЕННЯ МОДЕЛІ ДО ПОЧАТКУ РОБОТИ



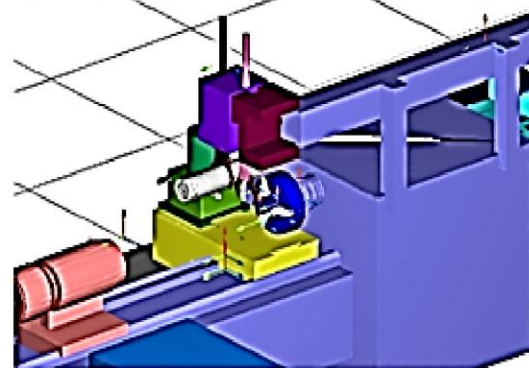
ЗАХВАТ ЗАГОТОВКИ РУКОЮ РОБОТА



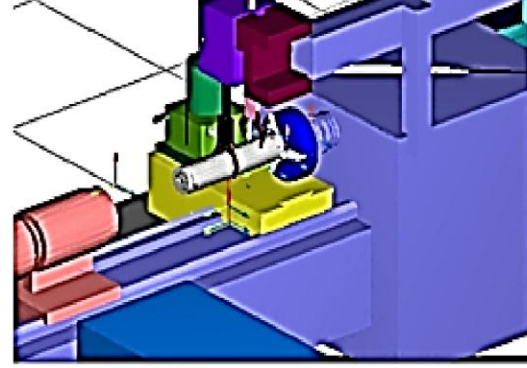
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗАГОТОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ РУКИ РОБОТА



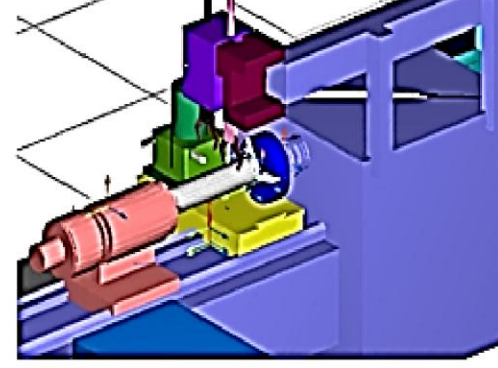
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗАГОТОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ НАПРЯМНОЇ



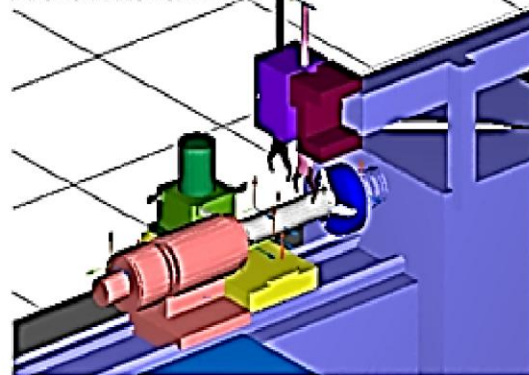
УСТАНОВКА ЗАГОТОВКИ У ПАТРОНІ РОБОТОМ



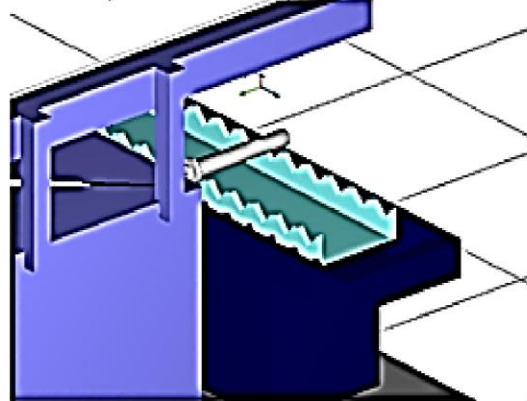
ПІДЖИМ ЗАГОТОВКИ ЗАДНЕЮ БАБКОЮ НА ВЕРСТАТІ



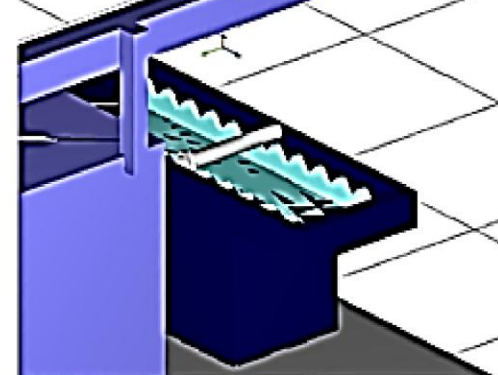
ПЕРЕМІЩЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНУ У РОБОЧЕ ПОЛОЖЕННЯ



ПЕРЕМІЩЕННЯ ГОТОВОЇ ДЕТАЛІ У НАКОПИЧУВАЧІ

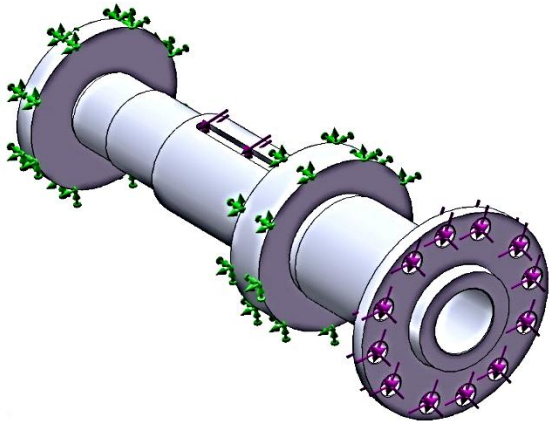


ПЕРЕМІЩЕННЯ ДЕТАЛІ У КІНЦЕВУ ПОЗИЦІЮ У НАКОПИЧУВАЧІ

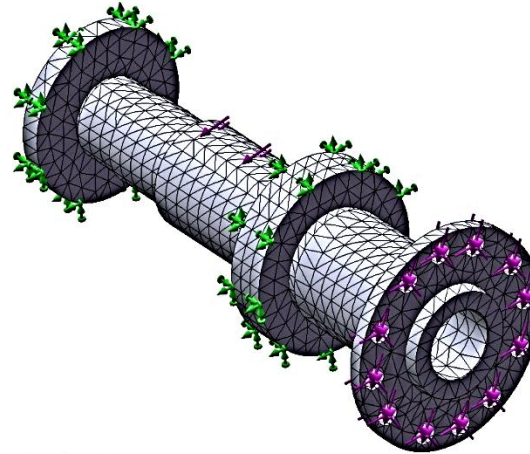


# АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ І ПОДАТЛИВОСТІ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ВЕРСТАТА

ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ ТА ПРИКЛАПДЕНІ ДО НЬОГО СИЛИ



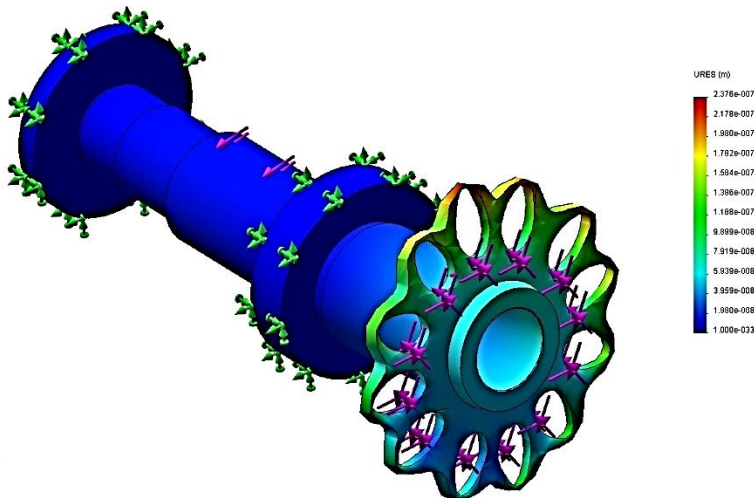
ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ ТА ЗОБРАЖЕНА НА НЬОМУ СІТКА НА ТВЕРДОМУ ТІЛІ



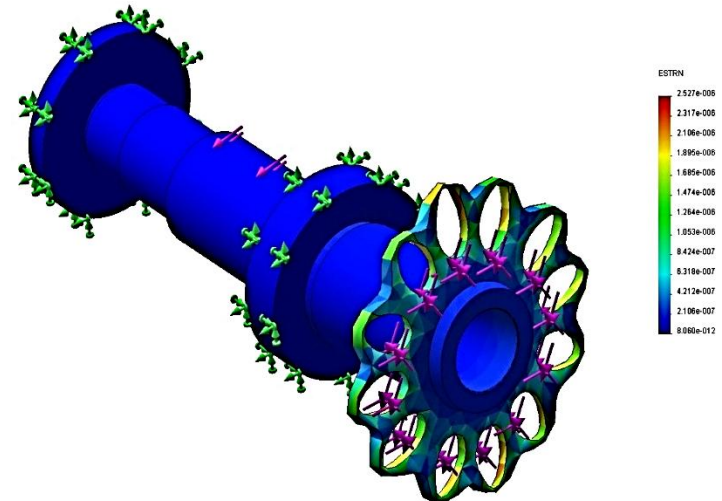
ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ ТА ЗОБРАЖЕНИЙ НА НЬОМУ РЕЗУЛЬТАТ СТАТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ



ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ НА ЗОБРАЖЕНИЙ НА НЬОМУ РЕЗУЛЬТАТ СТАТИЧНОГО ПЕРЕМЫЩЕННЯ



ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ ТА ЗОБРАЖЕНИЙ НА НЬОМУ РЕЗУЛЬТАТ СТАТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ



У ході виконання роботи було визначено мету дослідження та сформульовано основні завдання, необхідні для її досягнення. Проведено аналіз деталі «Вал» на технологічність обробки в умовах гнучкої виробничої системи (ГВМ). За результатами аналізу встановлено, що деталь є повністю технологічною для обробки на верстаті моделі CH0177.

На основі проведених досліджень розроблено груповий маршрут обробки деталей, який став основою для створення групових технологічних операцій. Для формування повного технологічного процесу визначено необхідні припуски на кожній операції та встановлено режими різання, що забезпечують необхідну точність і якість поверхні деталі «Вал».

Під час розробки технологічної документації враховано особливості конструкції та габарити оброблюваних деталей, що дозволило обґрунтовано підібрати основне й допоміжне устаткування, оснастку, а також визначити спосіб транспортування та вибір робота для перенесення заготовок і деталей.

За допомогою імітаційного моделювання визначено раціональне взаємне розташування всіх елементів технологічного процесу, а також оцінено час, який витрачається на допоміжні операції. Отримані результати дозволяють підвищити ефективність обробки деталі «Вал» у складі ГВМ, оптимізувати завантаження обладнання та скоротити загальний цикл виготовлення.

Розроблений технологічний процес може бути впроваджений у серійному та дрібносерійному виробництві, де застосовуються гнучкі виробничі модулі (ГВМ) і верстати з ЧПК типу CH0177. Особливо доцільним є використання даної технології на підприємствах машинобудівної галузі — при виготовленні валів редукторів, приводів, насосів, компресорів, а також у транспортному, енергетичному та сільськогосподарському машинобудуванні.

У методичній частині було розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ CH0177»

Розроблений дидактичний проєкт є ефективним засобом формування комплексних знань, практичних умінь та цифрових компетентностей, необхідних для сучасного машинобудівного виробництва, забезпечує підготовку висококваліфікованих фахівців, здатних підвищувати продуктивність і надійність технологічних процесів обробки деталей типу «Вал» на ГВМ CH0177 та ефективно застосовувати отримані знання на практиці.