

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

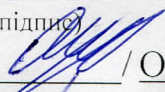
Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з дослідження
продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК

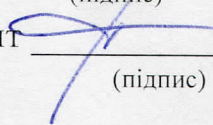
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ-ПОМ24мг
спеціальності: A5.34 Професійна освіта
(Машинобудування)

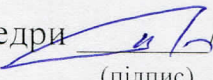
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

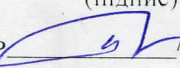
 / Микола ЯКИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Рецензент  / Наталія АНТОНЕНКО
(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)

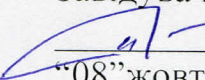
Секретар ЕК  / Валентина СКОРКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

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) Миколи ЯКИМЕНКО
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК

затверджена наказом 4801-5/3664 від 06.10.2025 р.

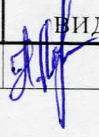
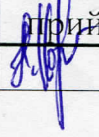
2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи "09" грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі, нормативні документи, паспортні дані обладнання, каталоги на різальний інструмент, стандарти на засоби технічного оснащення, норми часу.

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 виготовлення деталі «вал» на оброблювальному центрі ЛАС-ЧПК. Розробка технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «вал». Функціональне моделювання системи виготовлення деталі «вал». Розробка імітаційної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК. Дослідження функціональних характеристик ГВМ ЛАС-ЧПК 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 дослідження. 3. Загальний вигляд спеціального токарно-багатоцільового патронного напівавтомата ЛАС-ЧПК 4. Розробка технологічного процесу. 5. Вибір різального інструменту та визначення режимів різання. 6. Автоматизована розробка керуючої програми оброблювальним центром ЛАС-ЧПК. 7. Організаційно-технічне компонування ГВМ на базі верстата ЛАС-ЧПК. 8. Моделювання деформацій шпинделя верстата з ЧПК 1740РФ3 ЛАС-ЧПК від сил різання. 9. Загальні висновки.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
педагогічний	Корольова Н.В.			

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

Керівник

(підпис)

Олег КОНДРАТЮК

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Микола ЯКИМЕНКО

(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)

Микола ЯКИМЕНКО

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Олег ПОДОЛЯК

(ім'я, прізвище)

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

год. – години;

рис. – рисунок

од. – одиниці

п/п – по порядку

табл. – таблиця

тис. – тисяча

об – оберти

хв. – хвилина

мм – міліметр

ГВМ – гнучкий виробничий модуль

ГВС – гнучка виробнича система

КП – керуюча програма

ЧПК – числове програмне керування

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ТП – технологічний процес

ГТП – груповий технологічний процес

ЗТП – загальні технологічні процеси

ПР – промисловий робот

ЗП – захватний пристрій

М – маніпулятор

ЗОТС – змащувально-охолоджувальні технологічні середовища

НДР – науково-дослідна робота

САПР – системи автоматизованого проектування

АСТПВ – автоматизовані системи технологічної підготовки
виробництва

ГАЛ – гнучка автоматизована лінія

ГАД – гнучка автоматизована ділянка

ГАЦ – гнучкий автоматизований цех

ГАЗ – гнучкий автоматизований завод

ВПІД – верстат – пристосування – інструмент – деталь

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота містить: 154 сторінки машинного тексту, 67 рисунка 43 таблиць, 57 джерел інформації, 3 додатка на 20 сторінках.

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

Дана робота розглядає питання, які пов'язані з проектуванням імітаційної моделі обробки деталі типу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПУ в умовах дрібносерійного виробництва.

Проведений конструкторсько-технологічний аналіз системи виготовлення деталі «Вал» на обробних центрах в умовах дрібносерійного виробництва. Розроблений груповий технологічний процес одержання деталі «Вал». Розроблена керуюча програма виготовлення деталі «Вал».

Виконаний аналіз технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «Вал» та розраховані режими різання у програмному пакеті CoroGuide 2007.1. Також розроблена функціональна модель ГВМ ЛАС-ЧПУ у програмному пакеті Solid Works 2007 та створена імітаційна модель обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПУ за допомогою програми 3D GPM.

Також виконаний аналіз технологічних характеристик ГВМ ЛАС-ЧПУ в системі COSMOS Works.

Розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК», що дозволяє комплексно поєднати теоретичні знання та практичні навички студентів, спрямовані на підвищення професійної компетентності в умовах сучасного машинобудівного виробництва. Такий підхід забезпечує ефективне засвоєння навчального матеріалу, формує вміння аналізувати технологічні процеси, оцінювати продуктивність та надійність обробки валів, а також застосовувати цифрові технології для оптимізації режимів різання.

ABSTRACT

Completion of the diploma project contains 154 pages of text engine, 67 Figure 43 tables, 57 sources of information, 3 applications on page 20.

Keywords: PRODUCTION, INFLEXIBILITY, DESIGN, CARTRIDGE-CENTRAL LATHE, INDUSTRIAL ROBOT, AUTOMATED STORY DEVICE, IMITATION, PROGRAMING, PLANNING.

The given diploma project examines questions which are related to planning of simulation model of treatment of detail of type «Val» on GPM LAS-CHPU in the conditions of finely serial production.

The designer-technological analysis of the system of making of the detail «Billow» on processing centers in the conditions of finely serial production is conducted. The group technological process of receipt of the detail «Billow» is developed. The control program of making of the detail «Billow» is developed

The analysis of technological equipment of process of making of the detail «Billow» is executed and the modes of cutting in the program package CoroGuide 2007.1 are expected. The functional model GPM LAS-CHPU is also developed in the program package Solid Works 2007 and the simulation model of treatment of the detail «Billow» is created on GPM LAS-CHPU by the program 3D GPM.

The analysis of the technological descriptions GPM LAS-CHPU in the COSMOS Works system is also executed.

A didactic project for an optional lesson on the topic "Research on the productivity and reliability of machining of "shaft" type parts on the LAS-CHPK CNC machine tool" has been developed, which allows for a comprehensive combination of theoretical knowledge and practical skills of students aimed at improving professional competence in the conditions of modern machine-building production. This approach ensures effective mastery of educational material, forms the ability to analyze technological processes, assess the productivity and reliability of shaft machining, and apply digital technologies to optimize cutting modes.

ЗМІСТ

Перелік позначень і скорочень	4
ВСТУП.....	11
1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ З ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» НА ГПМ ЛАС-ЧПК	18
1.1 Потреба у висококваліфікованих фахівцях для роботи з ГПМ ЛАС-ЧПК	18
1.2 Вимоги до професійної підготовки фахівців у контексті сучасних технологій обробки	20
1.3 Проблеми та суперечності сучасної системи професійної підготовки	22
1.4 Практична значущість оновлення професійної підготовки фахівців	24
1.5 Висновки	25
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ОБРОБНИХ ЦЕНТРАХ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	27
2.1 Аналіз ефективності обробки деталі «Вал» на обробних центрах в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва	27
2.2 Аналіз технологічності виготовлення деталі «Вал» на обробляючих центрах	35
2.3 Цілі та завдання технологічної частини випускної роботи	42
2.4 Висновки	43
3. РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»	44
3.1 Аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці виробів на ГВС в умовах дрібносерійного виробництва	44
3.2 Розробка групового маршруту обробки деталі «Вал» на ГВС у	

системі SolidCAM	50
3.2.1 Формування макета маршрутної технології обробки деталі «Вал»	51
3.3.2 Формування макетів операційних технологій обробки деталі «Вал»	57
3.3 Розробка групових технологічних переходів обробки деталі «Вал»	59
3.4 Розробка ескізів обробки деталі «Вал» по переходах у ГВС	62
3.5 Розробка конкретного технологічного процесу обробки деталі «Вал» на ГВС у системі SolidCAM.....	64
3.6 Формування технологічної документації по обробці деталі «Вал»	68
3.7 Висновки	69
4. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ОДЕРЖАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ГВМ ЛАС-ЧПК	70
4.1 Розробка циклограми виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК	70
4.2 Автоматизована розробка керуючої програми ГВМ ЛАС-ЧПК в системі SolidCAMдля виготовлення деталі «Вал»	71
4.3 Висновки	75
5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»	76
5.1 Конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, яке використовується при обробці на верстатах із ЧПК	76
5.2 Розробка конструкції захватного пристрою маніпулятора для переміщення виробу «Вал» у робочій зоні ГВМ ЛАС-ЧПК	85
5.3 Вибір основного та допоміжного інструмента для виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК та розрахунок режимів різання ..	89
5.3.1 Вибір основного та допоміжного інструмента	89
5.3.2 Розрахунок режимів різання у програмному пакеті CoroGuide	101
5.4 Висновки	107
6. РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ГВМ ЛАС-ЧПК	108

6.1	Розробка функціональної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК	108
6.2	Розробка функціональної моделі верстата ЛАС-ЧПК	112
6.3	Розробка функціональної моделі накопичувача деталей типу «Вал»	118
6.4	Розробка функціональної моделі транспортного робота мод.СМ160Ф3.06.01	123
6.5	Висновки	125
7.	ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»	126
7.1	Розробка організаційно-технологічної структури системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК	126
7.2	Розробка імітаційної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК	128
7.3	Розробка імітаційної моделі накопичувача деталей типу «Вал»	129
7.4	Розробка імітаційної моделі маніпулятора для транспортування виробу «Вал» у зоні обробки й складування ГВМ ЛАС-ЧПК	131
7.5	Розробка імітаційної моделі обробки виробу «Вал» ГВМ ЛАС-ЧПК	133
7.6	Нормування процесу обробки виробу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК ...	136
7.7	Висновки	137
8.	ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГВМ ЛАС-ЧПК ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛІ «ВАЛ»	138
8.1	Аналіз технологічних характеристик ГВМ ЛАС-ЧПК	138
8.2	Аналіз точності та піддатливості основних вузлів верстата	140
8.3	Висновки	144
9.	РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» НА ГВМ ЛАС- ЧПК	145
9.1	Постановка цілей факультативного заняття з теми	145
9.2	Перелік літературних джерел з теми	146
9.3	Конструювання дидактичних матеріалів з теми	146
9.4	Аналіз базових умов навчання з теми	148

9.5	Проектування мотиваційних технологій навчання з теми	150
9.6	Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті	151
9.7	Проектування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті	152
9.8	Проектування контрольних дій	153
9.9	Розробка сценарію факультативного заняття	154
9.10	Висновки	155
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	157
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	160
	ДОДАТКИ	165
А	ДОДАТОК А (Технологічний процес обробки деталі «Вал»)	166
Б	ДОДАТОК Б (Такти роботи імітаційної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК) ...	177
В	ДОДАТОК В (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)	181

ВСТУП

1. Технологічна частина кваліфікаційної випускної роботи

Верстати із числовим програмним керуванням (ЧПК) і гнучкі виробничі системи на їхній основі (ГВС) є прогресивною формою організації виробництва, що забезпечує ефективну роботу при обмеженій кількості виробничого персоналу.

Сукупність у різних сполученнях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів (РТК), гнучких виробничих модулів (ГВМ), окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їхнього функціонування в автоматичному режимі протягом заданого часу має властивість автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених межах їхніх характеристик.

У систему забезпечення функціонування технологічного обладнання зі ЧПК входять:

- а) транспортна і транспортно-складська система, що складається із взаємозалежних автоматизованих транспортних і складських пристроїв, нагромадження, розвантаження і доставки предметів праці і технологічного оснащення;
- б) система інструментального забезпечення (СІЗ), що включає в себе ділянки підготовки інструмента, його транспортування, нагромадження, пристрою зміни і контролю якості інструмента, що забезпечує його підготовку, зберігання, автоматичну установку і заміну;
- в) автоматизована система керування технологічними процесами (АСК ТП);
- г) система автоматизованого проектування (САПР);
- д) автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) і т.д.

Виробнича структура ділянки з верстатів з ЧПК містить у собі, як правило, два комплекси: виробничий і керуючий обчислювальний.

Виробничий комплекс складається з виробничої системи і системи забезпечення функціонування технологічного обладнання. Керуючий

обчислювальний комплекс містить у собі технічні засоби, програмне забезпечення, необхідне для керування технологічними процесами, і відповідні бази даних.

Можливості верстатів з ЧПК як високопродуктивного обладнання дотепер використовують не повністю. Значний резерв підвищення ефективності лежить у більш раціональній побудові кожного верстатного переходу і у правильному виборі інструментального оснащення.

Впровадження верстатів з ЧПК супроводжується істотним розширенням завдань, що коштують перед технологами, що проектують технологічні процеси операцій. Якщо раніше операційну технологію детально розробляли тільки для верстатів-автоматів і напіваавтоматів, що експлуатуються в умовах масового і крупносерійного виробництва, то із впровадженням верстатів з ЧПК з'явилася необхідність у створенні операційної технології для дрібносерійного і серійного виробництва.

Вимога ринку сполучати високу продуктивність, характерну для масового виробництва, з високою гнучкістю, що відрізняє дрібносерійне і одиничне виробництво, відкрило шлях впровадженню верстатів з ЧПК в галузі, де основними видами обладнання завжди були автоматичні лінії, спеціальні верстати і верстати-автомати. Використання традиційних методичних підходів до розробки технологічних процесів і до умов інструментообслуговування спеціального устаткування (автоматичних ліній, верстатів-автоматів) приводить до зниження ефективності використання верстатів з ЧПК в таких галузях промисловості, як автомобілебудування, тракторобудування і т.п.

Принципи формування номенклатури інструмента можуть бути використані при розробці комплектів ріжучого і допоміжного інструмента, необхідних для поставки з верстатами, а також при мінімізації номенклатури застосовуваного на заводі інструмента.

Принципи формалізації операційної технології можуть бути використані в системах автоматизованого проектування інструментального оснащення для верстатів з ЧПК. Технологічні цикли, що втримуються в типізованих операційних технологіях обробки деталей загальмашинобудівного

застосування, дозволяють спростити створення керуючих програм, особливо при використанні діалогових систем машинної підготовки складних програм.

Інструмент є основною складовою технологічного оснащення, використовуваного в машинобудівному виробництві. З ростом рівня автоматизації машинобудування роль інструмента значно зростає. Інструмент повинен відповідати вимогам до заданої точності обробки і продуктивності і умовам, його експлуатації в автоматичному циклі, таким як автоматична зміна інструмента, діагностика, оперативна інформація про стан ріжучої частини, розмірне підналагодження, регулювання і ін. Найважливіше значення для автоматизованого виробництва має надійність інструмента. Цій вимозі, у першу чергу, відповідає збірний інструмент із механічним кріпленням ріжучих пластин. Заміна напайного інструмента збірним і цільним твердосплавним є головним завданням машинобудівного виробництва.

У технологічній частині кваліфікаційної роботи розроблена імітаційна модель ділянки виробництва на прикладі виготовлення деталі типу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК із заміною стандартного інструменту на новий, запропонований фірмою SANDVIK Coromant. При розробці використовувались програми проектування, такі як: Solid Works, CoroGuide, SolidCAM, 3D GPM. Розраховані режими різання, виконаний аналіз технологічних характеристик та аналіз точності і піддатливості основних вузлів верстата.

Мета технологічної частини кваліфікаційної роботи - Оптимізація технологічного процесу обробки на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) шляхом впровадження нових стандартних інструментів та імітаційного моделювання системи виготовлення деталі на ГВМ ЛАС-ЧПК для підвищення продуктивності, точності та надійності обробки.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати сучасний стан верстатів з ЧПК та гнучких виробничих систем у машинобудівному виробництві.
2. Дослідити структуру та функціональні складові систем забезпечення функціонування технологічного обладнання зі ЧПК, зокрема

транспортної, інструментальної та автоматизованої систем керування технологічними процесами.

3. Розробити імітаційну модель системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК із заміною стандартного інструменту на новий SANDVIK Coromant.

4. Виконати розрахунок режимів різання та аналіз технологічних характеристик обробки.

5. Оцінити точність і піддатливість основних вузлів верстата при використанні нового інструментального оснащення.

6. Запропонувати рекомендації щодо підвищення ефективності роботи верстатів з ЧПК і гнучких виробничих систем.

Об'єкт дослідження - Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) та гнучкі виробничі системи на їх основі.

Предмет дослідження - Технологічний процес обробки деталі типу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК із використанням нового стандартного інструменту та систем автоматизованого керування технологічними процесами, з імітаційним моделюванням системи виготовлення деталі.

Наукова новизна:

1. Розроблено імітаційну модель системи виготовлення деталі з урахуванням заміни інструменту на новий стандарт SANDVIK Coromant, що дозволяє підвищити продуктивність та точність обробки.

2. Виконано комплексний аналіз технологічних характеристик та піддатливості основних вузлів верстата, що підвищує надійність автоматизованого виробництва.

3. Запропоновано підхід до оптимізації використання інструментального оснащення на ГВС, що сприяє зниженню номенклатури інструментів та підвищенню ефективності виробничого процесу.

Методи дослідження:

1. Аналіз літературних джерел та нормативних документів з автоматизованого машинобудування.

2. Імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Вал» з використанням програм Solid Works , CoroGuide 2007.1, SolidCAM, 3D GPM.

3. Розрахунок режимів різання та аналіз технологічних параметрів обробки.
4. Оцінка точності та піддатливості основних вузлів верстата.
5. Системний підхід до оптимізації інструментального забезпечення та технологічного процесу.

2. Методична частина кваліфікаційної випускної роботи

Актуальність теми обумовлена також гострою потребою у висококваліфікованих фахівцях, здатних ефективно працювати з сучасними автоматизованими виробничими комплексами. Сучасний інженер чи оператор повинен володіти не лише знаннями про механічну обробку деталей, а й аналітичними навичками оцінки продуктивності та надійності технологічних процесів, здатністю використовувати цифрові моделі для оптимізації режимів різання, а також умінням прогнозувати результати виробничих операцій і контролювати ключові параметри процесу. Формування таких компетентностей у процесі професійної підготовки забезпечує можливість швидкого освоєння сучасних технологій, підвищує ефективність роботи на підприємствах машинобудівної галузі та сприяє розвитку інноваційного підходу до виробництва.

Крім того, підготовка фахівців у сфері дослідження продуктивності та надійності обробки валів має велике наукове значення, оскільки дозволяє розробляти та апробувати нові методики цифрового моделювання технологічних процесів, оцінки їх ефективності та прогнозування результатів. Це сприяє створенню комплексних дидактичних систем підготовки, які поєднують теоретичні знання, практичні навички та аналітичні компетентності, необхідні для роботи в умовах цифрового виробництва. Впровадження таких систем у навчальні програми та навчально-виробничі центри дозволяє підвищити рівень професійної підготовки операторів, наладчиків і інженерів, забезпечуючи відповідність підготовки кадрів сучасним вимогам промисловості та інноваційним технологіям.

Таким чином, дослідження продуктивності та надійності обробки валів на ГПМ ЛАС-ЧПК є надзвичайно актуальним як з наукової, так і з практичної

точки зору. Воно дозволяє забезпечити підготовку висококваліфікованих фахівців, здатних оптимізувати технологічні процеси, підвищувати точність і надійність деталей, а також впроваджувати інноваційні цифрові технології у виробництво. Реалізація такого підходу сприяє підвищенню ефективності роботи машинобудівних підприємств, мінімізації виробничих втрат та формуванню компетентностей, необхідних для роботи у високотехнологічному цифровому середовищі сучасного виробництва.

Об'єкт дослідження методичної частини кваліфікаційної випускної роботи – процес професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств у сфері використання цифрових технологій для забезпечення високої продуктивності та надійності механічної обробки деталей типу «Вал» на верстаті ГПМ ЛАС-ЧПК.

Предмет дослідження методичної частини кваліфікаційної випускної роботи – професійна підготовка фахівців машинобудівних підприємств, спрямована на набуття знань і практичних навичок щодо оптимізації технологічних параметрів обробки валів за допомогою імітаційного моделювання та цифрових інструментів для підвищення продуктивності, точності та надійності процесів.

Мета дослідження – розробити та обґрунтувати дидактичний проєкт професійної підготовки фахівців, який забезпечить ефективне освоєння методів цифрового моделювання та дослідження продуктивності і надійності обробки валів на ГПМ ЛАС-ЧПК, а також сприятиме підвищенню якості, точності та стабільності виробничих процесів.

Завдання дослідження методичної частини кваліфікаційної випускної роботи:

1. Проаналізувати сучасний стан професійної підготовки операторів і інженерів машинобудівних підприємств із використанням цифрових технологій та імітаційного моделювання при обробці валів.
2. Визначити вимоги до професійних компетентностей фахівців, що працюють на ГПМ ЛАС-ЧПК, зокрема у сфері оптимізації режимів різання та контролю технологічних параметрів.

3. Розробити дидактичний проєкт заняття «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК».

Методи дослідження: системний та порівняльний аналіз науково-технічної та методичної літератури; розробка практичних завдань і дидактичних матеріалів для підготовки фахівців; експериментальна перевірка технологічних режимів обробки валів на ГПМ ЛАС-ЧПК; використання методів імітаційного моделювання для оптимізації процесів.

Наукова новизна дослідження полягає у створенні комплексної дидактичної системи підготовки фахівців машинобудівних підприємств, яка інтегрує знання про сучасні технології обробки валів із застосуванням цифрового моделювання, що дозволяє підвищувати продуктивність, точність і надійність обробки на верстаті ГПМ ЛАС-ЧПК. Такий підхід формує практичні та аналітичні компетентності, необхідні для ефективної роботи у цифровому виробничому середовищі.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання розроблених методичних матеріалів у навчально-виробничих центрах, на факультативних курсах та підвищенні кваліфікації операторів і інженерів. Запропоновані дидактичні рішення сприяють формуванню фахівців, здатних ефективно застосовувати цифрове моделювання для оптимізації технологічних процесів, підвищення надійності обробки та забезпечення стабільності виробничих показників.

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ З ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» НА ГПМ ЛАС-ЧПК

1.1 Потреба у висококваліфікованих фахівцях для роботи з ГПМ ЛАС-ЧПК

Сучасне машинобудівне виробництво все більше орієнтується на використання високоточних верстатів із числовим програмним керуванням, зокрема верстатів серії ГПМ ЛАС-ЧПК. Ці верстати відрізняються значною технологічною гнучкістю, високою продуктивністю та можливістю обробки деталей складної конфігурації, що робить їх ключовими елементами виробничих комплексів сучасних машинобудівних підприємств. Конструктивно ГПМ ЛАС-ЧПК включає багатофункціональну обробну головку, систему автоматизованого керування, датчики контролю технологічних параметрів і механізми точного позиціонування інструментів та заготовок. Завдяки такій конфігурації верстат здатний виконувати комплекс операцій обробки валів, включаючи точне шліфування, токарну обробку, свердління та нарізання різьби, при цьому забезпечуючи високу стабільність геометричних та якісних характеристик виробів [55,56].

Ефективне використання ГПМ ЛАС-ЧПК у виробничому процесі можливе лише за умови наявності висококваліфікованих фахівців, які володіють комплексними знаннями з механіки, матеріалознавства, технології обробки металів та цифрових систем керування. Такий фахівець повинен мати глибоке розуміння принципів автоматизованого налаштування режимів різання, підбору швидкості обертання шпинделя, подачі інструмента та контролю температурних і силових параметрів процесу. Недостатній рівень підготовки персоналу може призводити до помилок у налаштуванні верстата, зниження точності обробки, підвищення зносу інструменту та, як наслідок, збільшення виробничих втрат.

Значну роль у підготовці фахівців відіграє також здатність проводити дослідження продуктивності та надійності обробки валів. Аналіз технологічних режимів дозволяє оцінити вплив різних параметрів на швидкість виробництва, точність обробки та довговічність виробів. В умовах високотехнологічного виробництва критично важливо мати спеціалістів, які можуть проводити експериментальні та цифрові моделювання процесів, прогнозувати результати обробки та пропонувати шляхи оптимізації. Такі навички дозволяють не лише підвищити продуктивність, але й забезпечити стабільність технологічних процесів, знизити кількість браку та уникнути аварійних ситуацій на підприємстві.

Проблема нестачі кваліфікованих кадрів для роботи з ГПМ ЛАС-ЧПК залишається актуальною. За даними сучасних досліджень, на багатьох машинобудівних підприємствах спостерігається дефіцит операторів та інженерів, здатних поєднувати знання з механічної обробки та цифрового моделювання. Традиційна система підготовки кадрів часто не забезпечує достатньої практичної підготовки на сучасних автоматизованих комплексах та обмежується виключно теоретичними знаннями або простими практичними вправами на старих верстатах. Це призводить до того, що випускники навчальних закладів не завжди готові до роботи в умовах високотехнологічного виробництва, де потрібна здатність самостійно аналізувати процеси обробки, швидко приймати рішення щодо оптимізації режимів та забезпечувати високу якість продукції [55,56] .

Таким чином, підготовка висококваліфікованих фахівців для роботи з ГПМ ЛАС-ЧПК є ключовим фактором підвищення ефективності та конкурентоспроможності машинобудівних підприємств. Вона включає формування комплексних компетентностей, що поєднують знання з теоретичної механіки, матеріалознавства, цифрових технологій та практичні навички налаштування та контролю верстатів. Лише системна та сучасна професійна підготовка дозволяє забезпечити стабільність виробничих

процесів, високу продуктивність та надійність обробки валів, що, у свою чергу, сприяє зростанню якості продукції та зниженню виробничих втрат.

Особливу увагу необхідно приділяти формуванню у майбутніх фахівців аналітичних здібностей, здатності до цифрового моделювання технологічних процесів та оцінки результатів обробки. Це дозволяє створювати умови для оптимізації процесів у реальному часі, планувати виробничі цикли та підвищувати ефективність експлуатації верстатного обладнання. Наявність таких компетентностей у фахівців сприяє підвищенню загальної технологічної культури підприємства, зменшенню аварійності, підвищенню точності та довговічності деталей, а також забезпечує основу для впровадження інноваційних підходів у виробництво [51].

Отже, потреба у висококваліфікованих фахівцях для роботи з ГПМ ЛАС-ЧПК є надзвичайно актуальною. Вона обумовлена складністю сучасного обладнання, необхідністю високоточної обробки валів, підвищеними вимогами до продуктивності та надійності виробничих процесів, а також дефіцитом кадрів, здатних ефективно поєднувати практичні навички, теоретичні знання та цифрові технології для забезпечення стабільності та ефективності сучасного машинобудівного виробництва [46,47].

1.2 Вимоги до професійної підготовки фахівців у контексті сучасних технологій обробки

Сучасне машинобудівне виробництво характеризується високим рівнем автоматизації, широким застосуванням цифрових технологій та інтеграцією складних верстатних комплексів. У зв'язку з цим підготовка фахівців потребує не лише традиційних знань із механічної обробки та матеріалознавства, а й комплексного володіння цифровими технологіями, програмним забезпеченням для моделювання технологічних процесів і методами аналізу даних.

Інтеграція цифрових технологій та імітаційного моделювання у навчальний процес є однією з ключових вимог до підготовки сучасних спеціалістів. Це дозволяє відпрацьовувати практичні навички на віртуальних

моделях, прогнозувати результати обробки, оцінювати продуктивність та надійність технологічних процесів без необхідності використання реального обладнання на початкових етапах навчання. Застосування таких методів сприяє зменшенню навчальних помилок, підвищенню ефективності засвоєння знань і формуванню системного мислення у студентів та операторів. Цифрове моделювання дозволяє також вивчати взаємозв'язок різних параметрів обробки, оцінювати вплив матеріалу заготовки та режимів різання на якість обробки та довговічність деталей.

Не менш важливим аспектом є формування компетентностей з аналізу технологічних даних, прогнозування результатів обробки та оцінювання надійності процесів. Сучасний фахівець повинен уміти збирати інформацію про параметри обробки, оцінювати точність та стабільність процесів, визначати критичні ділянки деталей та приймати рішення щодо оптимізації технології. Ці навички дозволяють підвищити ефективність виробництва, знизити кількість браку, уникнути простоїв устаткування та забезпечити стабільність роботи підприємства. Формування таких компетентностей включає вивчення статистичних методів аналізу даних, принципів цифрового прогнозування, технік верифікації результатів імітаційного моделювання, а також методів контролю якості продукції.

Особлива увага приділяється опануванню методів оптимізації та системного контролю параметрів обробки на ГПМ. Фахівець повинен уміти визначати оптимальні режими різання з урахуванням матеріалу заготовки, інструменту, геометрії деталі та технологічних можливостей верстата. Системний контроль параметрів дозволяє оперативно реагувати на зміни у процесі обробки, запобігати дефектам, регулювати точність та забезпечувати стабільну продуктивність. У сучасних умовах цифрових виробничих комплексів важливо поєднувати практичні навички роботи на верстатах із ЧПК та здатність аналізувати результати процесу за допомогою програмного забезпечення, що дозволяє інтегрувати знання, практику та аналітичне мислення у професійну діяльність.

Таким чином, підготовка фахівців у контексті сучасних технологій обробки повинна базуватися на комплексному поєднанні теоретичних знань, практичних навичок і цифрових компетентностей. Лише така інтегрована підготовка дозволяє формувати фахівців, здатних ефективно працювати на сучасних верстатних комплексах, проводити дослідження продуктивності та надійності процесів обробки валів, оптимізувати режими різання та забезпечувати високу якість і довговічність виробів. У результаті підготовка спеціалістів стає не лише навчальним процесом, а й системою формування професійних компетентностей, необхідних для роботи в умовах високотехнологічного машинобудівного виробництва [35].

1.3 Проблеми та суперечності сучасної системи професійної підготовки

Сучасне машинобудівне виробництво стрімко розвивається завдяки впровадженню високотехнологічних верстатів із числовим програмним керуванням, автоматизованих виробничих комплексів та цифрових технологій моделювання. Проте існуюча система професійної підготовки фахівців часто не відповідає вимогам, що висуває сучасне виробництво. Традиційні навчальні програми здебільшого орієнтовані на теоретичне засвоєння знань з механіки, матеріалознавства та технології обробки металів, при цьому обмежено увагу приділено практичним навичкам роботи на сучасних автоматизованих комплексах та цифровому моделюванню технологічних процесів.

Невідповідність навчальних програм вимогам високотехнологічного виробництва проявляється у низькому рівні підготовки спеціалістів до роботи з сучасним обладнанням, таким як ГПМ ЛАС-ЧПК. Багато навчальних закладів не мають у достатній кількості високотехнологічних верстатів для практичних занять, а матеріально-технічне забезпечення застаріле та не дозволяє повною мірою відтворювати реальні виробничі процеси. Як наслідок, випускники не завжди здатні самостійно налаштовувати сучасні верстати, проводити цифрове моделювання та аналізувати параметри технологічних процесів, що

призводить до зниження продуктивності та підвищення ризику браку на виробництві.

Обмеженість практичної підготовки на сучасних автоматизованих комплексах є ще однією важливою проблемою. Практичні навички формуються на застарілому обладнанні або у штучно створених лабораторних умовах, що не повністю відтворює реальні виробничі ситуації. Це ускладнює адаптацію фахівців до роботи на реальних верстатах і комплексах, де критично важливо швидко реагувати на зміни технологічних параметрів та приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації процесів обробки. Крім того, обмежена кількість практичних вправ не дозволяє відпрацювати повний спектр професійних дій, необхідних для забезпечення високої продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал».

Потреба в оновленні дидактичних підходів та технічного забезпечення підготовки кадрів стає очевидною. Необхідно впроваджувати інтерактивні методи навчання, цифрові моделі технологічних процесів, системи імітаційного моделювання та програмне забезпечення для аналізу продуктивності та надійності обробки. Такі підходи дозволяють поєднувати теоретичні знання з практичними навичками та аналітичними компетентностями, забезпечуючи формування у студентів здатності до самостійного прийняття рішень та оптимізації процесів у реальному виробництві [35].

Таким чином, сучасна система професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств має низку проблем і суперечностей, які пов'язані з невідповідністю навчальних програм сучасним технологічним вимогам, обмеженістю практичної підготовки на автоматизованих комплексах та потребою у впровадженні сучасних дидактичних і технологічних інструментів. Усунення цих проблем можливе шляхом модернізації навчальних програм, інтеграції цифрових технологій та імітаційного моделювання, а також підвищення матеріально-технічного рівня навчальних закладів і виробничих центрів, що дозволить підготувати висококваліфікованих фахівців, здатних

ефективно працювати на сучасних верстатах і забезпечувати високу продуктивність та надійність обробки деталей.

1.4 Практична значущість оновлення професійної підготовки фахівців

Сучасне машинобудівне виробництво висуває підвищені вимоги до точності, продуктивності та надійності обробки деталей, особливо таких ключових елементів, як вали. У зв'язку з цим практична значущість оновлення професійної підготовки фахівців стає надзвичайно актуальною. Підготовка спеціалістів повинна забезпечувати формування здатності до високоточної роботи з автоматизованими виробничими комплексами, зокрема ГПМ ЛАС-ЧПК. Це передбачає не лише освоєння стандартних режимів обробки, а й уміння проводити технологічні дослідження, аналізувати продуктивність процесів, оцінювати стабільність параметрів обробки та оптимізувати режими різання для забезпечення максимальної якості продукції [29].

Важливо, що сучасна професійна підготовка спрямована на формування інженерів нового покоління, які володіють комплексом компетентностей: цифровими, аналітичними та експериментальними. Цифрові компетентності включають навички роботи з програмним забезпеченням для моделювання технологічних процесів, аналізу даних та прогнозування результатів обробки. Аналітичні компетентності дозволяють студентам та фахівцям оцінювати ефективність виробничих операцій, визначати критичні ділянки деталей та приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації процесів. Експериментальні компетентності формуються через роботу на сучасних автоматизованих комплексах, проведення лабораторних та виробничих досліджень, що дає змогу практично перевіряти теоретичні знання та цифрові моделі. Поєднання цих трьох напрямів забезпечує всебічну підготовку спеціалістів, готових до роботи в умовах високотехнологічного виробництва.

Оновлення професійної підготовки має також безпосереднє економічне та соціальне значення для підприємств. Підготовлені фахівці, здатні проводити

аналіз технологічних процесів, оптимізувати режими обробки та підвищувати надійність деталей, сприяють зменшенню виробничих втрат, скороченню часу простоїв обладнання та підвищенню продуктивності. Це, у свою чергу, підвищує конкурентоспроможність підприємств на ринку, дозволяє випускати продукцію високої якості та підтримувати стабільність виробничих процесів у умовах зростаючого технологічного тиску.

Практична значущість оновлення підготовки фахівців проявляється також у можливості впровадження інноваційних технологій на виробництві. Фахівці, які володіють сучасними цифровими та аналітичними інструментами, можуть ефективно застосовувати методи імітаційного моделювання, контролю параметрів обробки та прогнозування результатів. Це забезпечує не лише високу продуктивність і точність, але й підвищує надійність деталей та довговічність виробів, що виготовляються на ГПМ ЛАС-ЧПК.

Отже, практична значущість оновлення професійної підготовки фахівців полягає у забезпеченні комплексного формування навичок і компетентностей, які дозволяють ефективно працювати на сучасних автоматизованих комплексах, проводити технологічні дослідження, оптимізувати виробничі процеси та підвищувати якість і надійність продукції. Це є важливим фактором не лише для розвитку професійних якостей спеціалістів, а й для зміцнення конкурентних позицій машинобудівних підприємств у сучасних умовах інтенсивного технологічного розвитку [8,12].

1.5 Висновки

Проведений аналіз сучасного стану професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств свідчить про високу актуальність формування компетентностей, що забезпечують ефективну роботу з високотехнологічним обладнанням, зокрема верстатами ГПМ ЛАС-ЧПК. Складність конструкції та багатофункціональні можливості цих верстатів зумовлюють потребу у висококваліфікованих спеціалістах, здатних налаштовувати режими обробки,

контролювати технологічні параметри та проводити дослідження продуктивності і надійності обробки валів.

Сучасне виробництво вимагає від фахівців інтеграції цифрових технологій, імітаційного моделювання та аналітичних навичок. Формування таких компетентностей дозволяє ефективно оцінювати результати обробки, прогнозувати поведінку деталей у виробничому циклі та оптимізувати параметри технологічних процесів для підвищення їх стабільності та довговічності. Аналіз практичної підготовки показує, що традиційні навчальні програми часто не відповідають вимогам високотехнологічного виробництва, що призводить до дефіциту фахівців, готових самостійно управляти сучасними верстатами та проводити експериментальні дослідження.

Оновлення системи підготовки фахівців має стратегічне значення, оскільки дозволяє поєднувати теоретичні знання, практичні навички та цифрові компетентності. Впровадження сучасних дидактичних підходів, інтерактивних методів навчання, імітаційного моделювання та практичних завдань на базі ГПМ ЛАС-ЧПК забезпечує формування висококваліфікованих спеціалістів, здатних підвищувати продуктивність, точність та надійність обробки валів, а також оптимізувати виробничі процеси на підприємствах машинобудівної галузі.

Таким чином, актуальність професійної підготовки фахівців визначається необхідністю створення комплексної системи навчання, що поєднує сучасні технології обробки, цифрові інструменти моделювання та практичну підготовку. Розвиток таких компетентностей сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств, зменшенню виробничих втрат та забезпечує стабільність і надійність обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК.

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

2.1 Аналіз ефективності обробки деталі «Вал» на обробних центрах в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва

Вали класифікують по службовому призначенню, конструктивній формі, розмірам і матеріалу [34, 49]. Незважаючи на велику розмаїтість валів, існують типові технологічні процеси їхнього виготовлення в різних умовах виробництва. Заготівки валів одержують, як правило, з гарячекатаного прокату. Залежно від типу виробництва заготівельні операції та виконують у заготівельному відділенні при складі матеріалів у заготівельному цеху. Прокат у вигляді прутків правлять і розрізають. Потім залежно від конфігурації та технічних вимог до виробу заготівки у вигляді розрізаного прокату або штампування обдирають, попередньо розточують, фрезерують торці, центрують. В умовах дрібносерійного виробництва заготівки валів розрізають, як правило, на стрічковій або дисковій сегментній пилках (рис. 2.1). Для розрізання прокату використовують також приводні ножівки, фрикційні пилки, абразивно-відрізні верстати, токарно-відрізні верстати та інше обладнання.

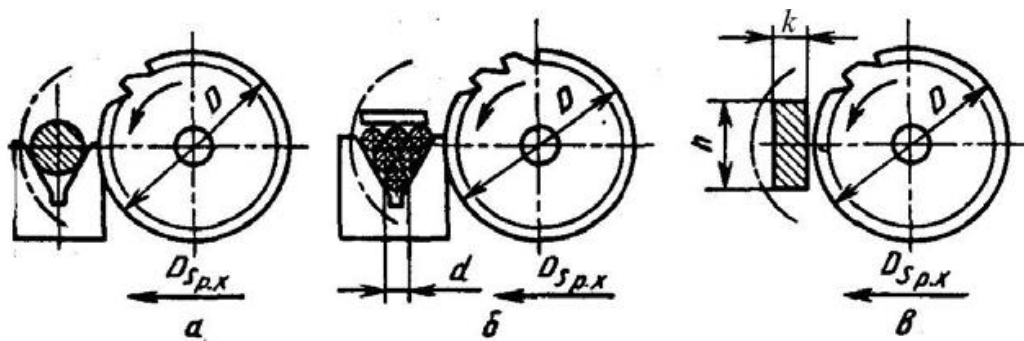


Рисунок 2.1 – Розрізування дисковою пилкою: *a, б* – круглого прокату, *в* – прокату прямокутного перетину

Центрові отвори у валах є базовими для виконання основних операцій механічної обробки (токарної, шліфувальної та ін.). Центрові отвори обробляють особливо ретельно, добиваючись високої точності розмірів і форми. У серійному виробництві центрові отвори обробляють на фрезерно-центрувальних автоматах або напівавтоматах, як правило, комбінованими centruвальними свердлами, що утворюють робочі та допоміжні поверхні центрального отвору (рис. 2.2, а, б). Потім після термічної обробки або операції з більшими навантаженнями базові поверхні центрових отворів доводять (правлять) [49].

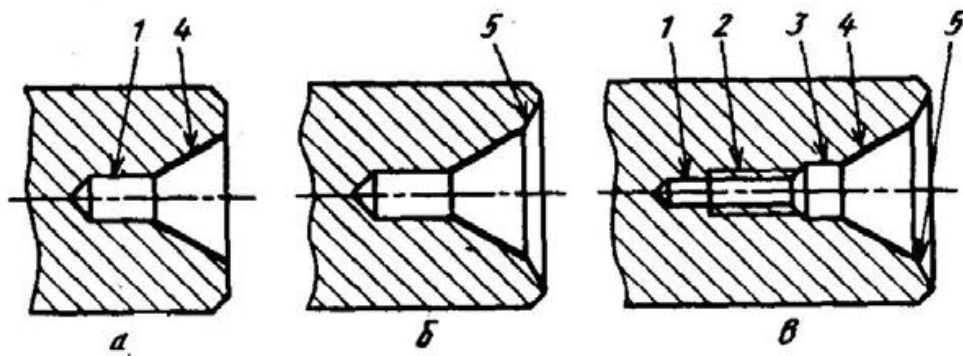


Рисунок 2.2 – Форма центрових отворів:

а – без запобіжного конуса; *б* – із запобіжним конусом; *в* – із запобіжним конусом і різьбою; 1, 2, 3, 5 – допоміжні поверхні; 4 – робоча поверхня

Фрезерно-центрувальні верстати працюють за наступною схемою (рис. 2.3):

- на позиції «завантаження-вивантаження» заготовку встановлюють у лещата із призматичними губками, що самоцентрують;
- на першій робочій позиції фрезерують одночасно обидва торці заготовки;
- на другій робочій позиції свердлять центрові отвори (і, якщо необхідно, обточують крайні шийки валу).

Основною достоїнстю фрезерно-центрувальних верстатів цього типу є можливість обробки торців і центрів з одного установу заготовки та створення, таким чином, основних технологічних баз із мінімальними похибками. Для

одержання більш складних центрових отворів (див. рис. 2.2, в) використовують фрезерно-центрувальні верстати з автоматичною зміною інструмента. Послідовність обробки центрального отвору на токарському верстаті (див. рис. 2.2, в) включає свердління та зенкування фаски, а складних центрових отворів - свердління, зенкування поверхні, що центрує, зенкування фаски, нарізання різьби.

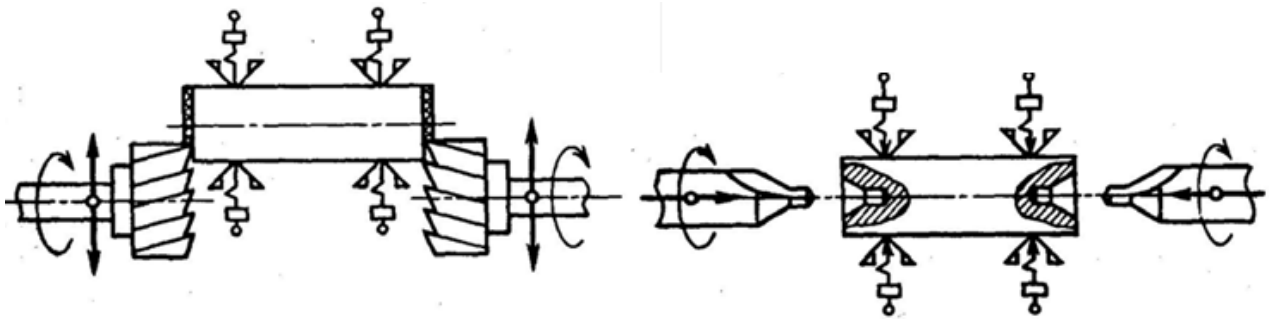


Рисунок 2.3 – Схема роботи фрезерно-центрувального верстата

Операції токарної обробки валів в умовах серійного виробництва доцільно виконувати на верстатах з ЧПК. Ці верстати забезпечують ефективне зняття стружки на чорнових і чистових переходах, допускають практично необмежену концентрацію в одному установі різних видів робіт. На верстатах з ЧПК забезпечується максимальна автоматизація процесу обробки при мінімальному обсязі ручних робіт. Робочі та допоміжні рухи різального інструменту, зміна режимів різання, подача охолоджувальної рідини, зміна ріжучих інструментів і т.п. виконуються автоматично. Для скорочення часу зняття та установки заготовки верстати оснащують автоматичними патронами, механізують або автоматизують переміщення задньої бабки та пінолі. Для скорочення витрат часу на переналагодження та підналагодження на деяких верстатах можлива заміна інструмента без переривання автоматичного циклу. Істотно скорочуються також простой верстата, пов'язані з вимірюваннями деталей, за рахунок застосування вимірювальних щупів і введення корекцій у процес обробки. Висока концентрація обробки на одному верстаті дозволяє довести до мінімуму число установов і переустановов заготовок, пов'язаних з участю робітника. Заготовки, деформація яких при знятті більших припусків не

виходить за межі, передбачені технічними вимогами до операції, необхідно обробляти, як правило, за один-два установи. Заготівки для центрових робіт, що надходять на верстати з ЧПК, повинні мати центрові отвори та хоча б один оброблений торець [37]. Якщо потрібне вдосконалення заготівки, то термічну операцію доцільно проводити перед обробкою на токарному верстаті з ЧПК, якщо це не позначається на точності та працездатності виробу. При обробці вдосконаленої заготівки штучний час збільшується приблизно на 10-15 %, а з розподілом операцій (до та після обробки) - на 75-80%. Обробка поковок і штамповок на токарних верстатах вимагає інформації про фактичні розміри цих заготівок (мінімальні та максимальні діаметри, довжини, биття окремих поверхонь у партії), оскільки з урахуванням граничних розмірів проектується технологічний процес і розробляють керуючу програму.

У дрібносерійному виробництві токарні верстати з ЧПК можна ефективно використовувати не тільки для повної токарної обробки, але та у технологічному процесі поряд з токарними верстатами з ручним керуванням, револьверними верстатами, копіювальними та іншими напівавтоматами. При цьому на верстатах з ЧПК доцільно обробляти точні та взаємозалежні поверхні, поверхні складної форми, наприклад конуси, сфери, канавки. На верстатах з ручним керуванням виконують попередню підготовку центральних отворів, центрових гнізд і торців валів, поверхонь під затиск і установку заготівок у люнети, обробку на шліцевих і циліндричних оправках та інших спеціальних пристосуваннях без точної орієнтації вздовж осі обробки, нарізання різьби, накатку рифлень, зняття фасок напилком і полірування, а також поверхонь, які роблять по місцю або по попередніх вимірах [30,31].

Число інструментів, їхнє призначення та послідовність роботи визначаються характером основних і додаткових форм поверхонь, з яких утворений контур виробу після відповідної операції, розмірами та необхідністю обробки отворів, а також числом робочих позицій інструментального магазину (револьверної головки). Операційний технологічний процес розглядається окремо для виробів, які оброблюються у

патроні, і для виробів, які оброблюються у центрах. Використовують номенклатуру різального інструменту, обраного на підставі розроблених технологій та аналізу повної номенклатури виробів, що проходять токарну обробку. Схеми переміщення інструмента призначають так, щоб мінімізувати число необхідних типорозмірів інструмента в основній номенклатурі, забезпечивши високу продуктивність при обробці всього різноманіття виробів. Кожен інструмент основної номенклатури постачають вказівками про рекомендовані режими (глибина різання, подача, швидкість) і схему переміщення. Умови закріплення або жорсткості заготовки враховують введенням поправочних коефіцієнтів. Аналогічно враховують характеристику оброблюваного матеріалу.

Обробка в центрах. Операції, які виконуються в центрах, розділяють на групи, що відрізняються засобами кріплення та характером обробки (в одну або обидві сторони), а також числом додаткових форм поверхні. Індекс обробки визначається типом кріплення та характером обробки. Для операцій, які виконуються при встановленні заготовки в центрах з торцевим повідцем і при поздовжньому точінні тільки в напрямку передньої бабки, схемі присвоюють індекс А. Для операцій, які виконуються при встановленні заготівлі в центрах із зовнішнім повідцем і точінні в напрямку до передньої бабки, схемі привласнюють індекс А. Для операцій, які виконуються при встановленні заготовки в трьохкулачковому патроні з підтиском і при точінні до передньої бабки, індекс схеми також А. Для операцій, які виконуються при встановленні заготовки в центрах з торцевим повідцем і при поздовжньому точінні як убік передньої бабки, так та убік задньої бабки, індекс схеми Б. Порядок обробки деталей у центрах наступний:

2. Чорнова обробка основних форм зовнішньої поверхні. У першу чергу виконують обробку, що вимагає переміщення в напрямку до передньої бабки.

2. Чорнова та чистова обробка додаткових форм поверхні (якщо є додаткові форми поверхонь, що вимагають чорнової обробки). Обробляють всі

додаткові поверхні, крім канавок для виходу різьбоутворюючого інструменту та шліфувального круга, а також дрібних виточок.

3. Чистова обробка основних форм поверхні: підрізання торця (тільки на першому встановленні), чистова обробка основних форм зовнішньої поверхні.

4. Обробка додаткових форм поверхні, що не вимагає чорнової обробки.

Номенклатуру інструмента та оснащення встановлюють на підставі аналізу форм і розмірів виробів і заготовок та прийомів роботи, які використовуються на відповідних верстатах [14,15,33].

При обробці валів у кулачках самоцентруючого патрона виконується 21 % операцій, за допомогою повідкового патрона із самозахоплюючими кулачками - 38 %, за допомогою планшайби з хомутиком або торцевими повідцями - 16 %. Токарні верстати з ЧПК оснащують, як правило, автоматично діючими патронами: пневматичними, гідравлічними, електромеханічними та ін. Використання багатоступінчастих кулачків для патронів, що самоцентрують, при яких змінюється положення поверхні, що базує заготівлю в осьовому напрямку, приводить до певних труднощів при підготовці програм. Для базування валів на токарських верстатах використовують нерухомі та обертові центри та люнети різних конструкцій. Нерухомі центри встановлюють у передній бабці верстата, що обертаються - у задній. Торцеві повідці доцільно застосовувати при діаметрі опорного торця більше 45 мм. Для обробки валів діаметром 45-100 мм досить двох розмірів повідців діаметром 40 та 60 мм. Торець вала, що стикається із твердим (несамоустановлювальним) торцевим повідцем, повинен бути попередньо проточений при встановленні заготівки в центрах (биття торця діаметром 40 мм не повинне перевищувати 0,03 мм). Основні вимоги до патронів для верстатів з ЧПК наступні: надійність закріплення заготівки, зручність зміни та перестановка кулачків (повідців), точність центрування (при закріпленні за оброблену поверхню), радіальне биття.

Технологічну документацію розробляють для виробничої ділянки, на котрій обробляють вироби на верстатах з ЧПК, і для підрозділу підготовки

керуючих програм. Для обробки конкретного виробу на верстаті з ЧПК із програмоносієм у вигляді перфострічки на виробничу ділянку необхідно передати наступні документи: маршрутну карту; операційну карту; карту наладки із зазначенням розміру заготівки або додатком ескізу; операційне креслення виробу або його документ, що замінює; перфострічку; роздруківку програми. У маршрутній карті для токарної операції вказаний номер операції, число установов, модель верстата, описаний спосіб закріплення заготівки, наведені розміри оброблюваних у даній операції поверхонь, норма часу на операцію та т.п. Операційна карта поряд з іншими документами дає можливість забезпечити виконання операції по заданих умовах обробки. Операційну карту оформляють залежно від способу підготовки керуючої програми. Карта наладки містить відомості про елементи наладки верстата, різальний інструмент, який застосовується в операції, і про його розміщення в револьверній головці. Одночасно для виробничої дільниці розробляють карту настройки інструмента, яку використовують при встановленні інструмента в різцетримачах відповідно до вказаних в карті відстанями від вершин ріжучих лез до базових поверхонь. До складу технологічної документації, необхідної для розробки керуючої програми, входять як вихідні документи маршрутна карта та креслення оброблюваного виробу. Додатково використовують операційне креслення виробу та операційну карту, якщо цього вимагає прийнята система підготовки керуючої програми. Крім того, розробляють наступні технологічні документи, пов'язані із застосуванням на верстатах з ЧПК ріжучих і допоміжних інструментів і кріпильного оснащення: карти кріпильного оснащення; схему суміщення координат; анкету інструмента [34].

Карти кріпильного оснащення містять універсальні схеми закріплення заготівки, затискні елементи з їхніми розмірами. Схему сполучення координат використовують для розрахунків траєкторій переміщення інструментів при програмуванні. В анкеті інструмента вказують відомості про розміри інструмента, координатах вершин ріжучих лез, геометрії ріжучої частини, режимах різання стосовно до конкретних моделей верстатів. Токарні операції

обробки валів можуть досить ефективно виконуватися в умовах крупносерійного та масового виробництва на багаторізцевих гідрокопіювальних автоматах, багатошпиндельних токарних автоматах. При обробці на багаторізцевих і гідрокопіювальних автоматах для забезпечення лінійних розмірів від постійної бази рекомендується застосовувати плаваючі передні центри з упором заготовки в торець. Однопрохідна копіювальна та однопрохідна багаторізцева обробка жорстких валів (відношення довжини до діаметра найбільшого ступеня дорівнює 10-15) може забезпечити точність по 10-12-му квалітетах, багатопрохідна гідрокопіювальна обробка - по 9-10-му квалітетах, обробка на верстатах з ЧПК з вимірюванням - по 6-9-му квалітетах. На токарно-копіювальних верстатах новітньої конструкції можна робити чорнову обробку багаторізцевими супортами, а чистове обточування - однорізцевим копіювальним супортом, причому при закріпленні валу торцевим повідцем всі його поверхні можна обробляти при одному встановленні. Деякі токарно-копіювальні верстати мають декілька (до п'яти) копіювальних супортів, що переміщаються незалежно один від одного. Іноді токарні верстати з ЧПК для обробки валів мають декілька незалежно працюючих супортів, кожний з яких оснащений тримачем інструментів на 6-12 позицій. багаторізцеву обробку можна виконувати по трьох основних схемах: обточування з повздовжньою подачею, обточування із врізанням і наступною повздовжньою подачею (для відносно довгих виступів), обточування з поперечною подачею (для коротких поверхонь). Верстат і схему обробки вибирають у результаті розрахунку необхідної точності та економічності обробки. При дрібносерійному виробництві валів економічно доцільно використати універсальні токарно-гвинторізні верстати або програмні токарні верстати з оперативними системами числового керування. У тих випадках, коли токарну обробку валів виконують на багаторізцевих або гідрокопіювальних верстатах, для утворення гвинтових поверхонь і різьб використовують спеціальні різьбооброблюючі верстати (різьбофрезерні,

різьбонакатні). Для токарної обробки нежорстких валів використовують нерухомі та переміщувані люнети різних конструкцій.

2.2 Аналіз технологічності виготовлення деталі «Вал» на обробляючих центрах

Оцінка технологічності конструкції деталі – це важливий етап технологічної підготовки виробництва. Конструкція деталі є технологічною, якщо при її виготовленні та експлуатації витрати матеріалу, часу та засобів мінімальні. Оцінка технологічності проводиться якісно та кількісно з розрахунком показників технологічності за ДСТУ EN ISO 9001:2018. Якісна оцінка («добре», «погано») передуює кількісній.

Якісний аналіз технологічності. Комплекс критеріїв технологічності деталі, оброблюваної на верстатах із ЧПК, умовно можна розділити на дві групи. Перша група критеріїв визначає загальні вимоги до деталі; у другу групу входять критерії технологічності, що належать до оброблюваної поверхні. До загальних вимог належать: обґрунтований вибір матеріалу деталі та ув'язування вимог якості поверхневого шару (шорсткості поверхні, зміцнення, залишкових напруг у поверхневому шарі та т.д.) з маркою матеріалу деталі; забезпечення достатньої жорсткості конструкції; наявність або створення штучних технологічних баз, які використовуються при обробці; скорочення до мінімального числа установок заготівлі при обробці; наявність елементів, зручних для закріплення заготівлі в пристосуванні, причому затискні елементи повинні забезпечувати доступ для обробки всіх поверхонь деталі та високу жорсткість системи заготівля — пристосування; можливість обробки максимального числа поверхонь із однієї установки з використанням в основному консольно закріпленого інструмента; відсутність або зведення до мінімуму глухих отворів та отворів, розташованих не під прямим кутом до основних координатних осей деталі (взаємне кутове розташування оброблюваних поверхонь повинне враховувати дискретність кутів повороту стола верстата та можливість використання стандартних кутових фрез);

максимальна можлива уніфікація форми та розмірів оброблюваних елементів, що забезпечить їх обробку мінімальним числом інструментів і використання типових підпрограм, тобто скоротить витрати на підготовку програми; завдання координат оброблюваних елементів з урахуванням можливостей пристрою ЧПК верстата; форма деталі, зручна для автоматичного контролю.

Деталь, дана в завданні випускної роботи, виготовляються із Сталі 45 ДСТУ 1050-2015 (рис. 2.1).

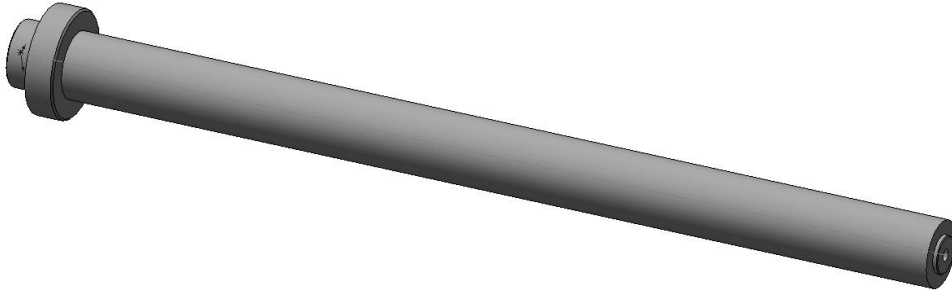


Рисунок 2.4 – Деталь типу «Вал».

Однією із самих стійких конструкційних вуглецевих якісних сталей, вважається сталь 45, тому що вона забезпечує нормалізацію, поліпшення та підвергається поверхневій термічній обробці виробів. У виробництві шестірень, бандажів, валів, колінчатих валів, розподільних валів, шпинделів, фрикційних дисків, зубчастих рейок, прокатних валків, і багатьох інших не відповідальних деталей сталь 45 вважається кращим вихідним матеріалом. Широко застосовується сталь 45 у виробництві різальних інструментів.

Вміст вуглецю $C \approx 0,45 \%$ у сталі збільшує міцність сталі та з її оброблюваність, а також дає високу чистоту поверхні при обробці різанням, але при збільшенні кількості вуглецю утрудняється обробка при збільшенні сили різання. Крайньою точкою збереження міцності сталі 45 є температура 200 градусів, при нагріванні виробу зі сталі 45 вище цього показника він втрачає міцність [40].

Вміст хрому $Cr \approx 0,25 \%$ дозволяє одержати рівномірну твердість на всій поверхні деталі, що знижує похибку від пружних деформацій. Вміст марганцю $Mn \approx 0,5 - 0,8 \%$ підвищує оброблюваність сталі.

Межа міцності 800 МПа, границя текучості 560 МПа, твердість у стані поставки $\approx 179 \dots 229$ НВ.

Підвищена міцність сталі 45 досягається за допомогою різних прийомів термічної обробки. Наприклад, до сталі 45 застосовують подвійну термообробку з високо температурним відпуском, у результаті чого забезпечується її стійкість до водневого розтікання.

Її недоліком є відпускна крихкість, дендритна ліквіація та флокнети. Можливість заміни на сталь 40, сталь 40Х, сталь 50.

Аналіз точності та шорсткості. Вал має три із чотирьох діаметральних поверхонь 7 квалітету точності і має шорсткість поверхонь Rz20, а саме це поверхні $\varnothing 40h7$, $\varnothing 69,5_{-0,03}$ і $\varnothing 69,95_{-0,03}$ (рис. 2.5), це свідчить про те, що деталь відповідає і в подальшому буде сполучатися із іншими елементами деталей вузла до, якого входить.

Точність 12 квалітету мають лінійні розміри $29,8_{-0,2}$ та $115,2_{-0,2}$ і шорсткість поверхонь Rz20. У даному випадку чисто поверхонь обумовлюється тим, що вони безпосередньо будуть прилягати до поверхонь деталей із якими сполучатимуться.

Фаски і канавка виконані по 14 квалітету точності і шорсткістю Rz40.

Поверхня $\varnothing 114$, а також інші граничні відхилення виконані по 14 квалітету точності із шорсткістю Rz20.

Коефіцієнт оброблюваності

$$K_{on} = 1 - \frac{P_o}{P}; \quad (2.2)$$

де P_o – кількість оброблювальних поверхонь,

P – загальна кількість поверхонь;

$$K_{on} = 1 - \frac{17}{17}.$$

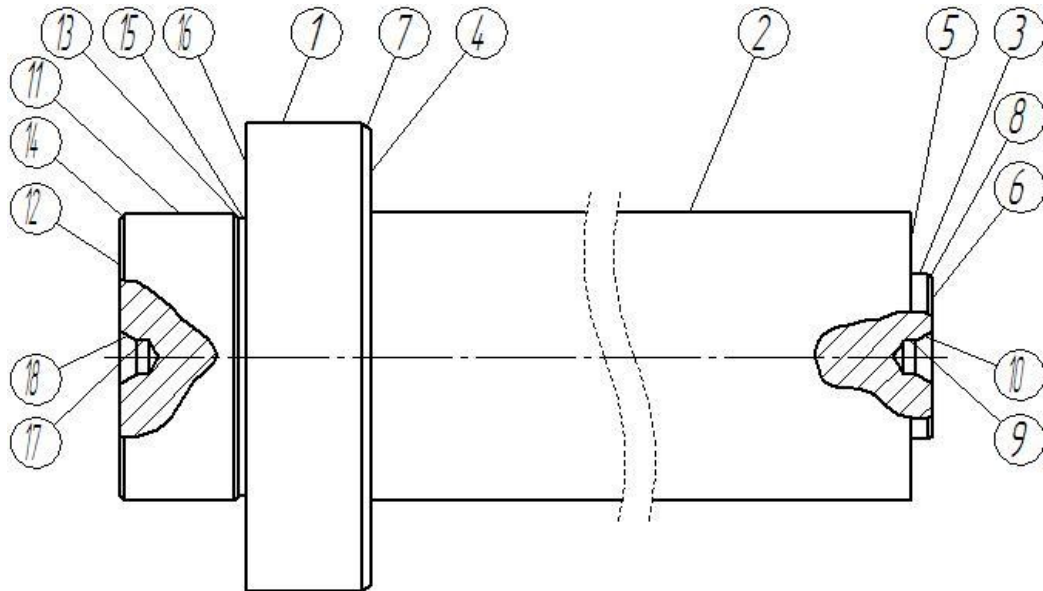


Рисунок 2.5 – Вал

Таблиця 2.1 – Зведена таблиця поверхонь деталі

Номер п/п	Номінальний розмір	Шорсткість	Точність	Співвідношення	Уніфікація
1	2	3	4	5	6
1	Ø114h14	Rz20	14	1	0
2	Ø69.95h7	Rz20	7	1	0
3	Ø40h7	Rz20	7	1	0
4	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	Rz20	14	1	0
5	976.6H12	Rz20	14	1	0
6	$1010 \pm \frac{IT14}{2}$	Rz20	14	1	1
7	2×45	Rz40	14	1	1
8	1×45	Rz40	14	1	1
9	Ø6.3H14	Rz20	14	1	1
10	Ø13.2H11	Rz20	11	1	1
11	Ø69.5h7	Rz20	7	1	0
12	29.8H12	Rz20	14	1	0
13	1×45	Rz40	14	0	1
14	Ø68.5h7	Rz20	7	0	0
15	975.5H12	Rz20	14	0	0
16	Ø6.3H14	Rz20	14	1	1
17	Ø13.2H11	Rz20	11	1	1

Коефіцієнт уніфікації оброблювальних поверхонь деталі:

$$K_{yn} = \frac{\Pi_{yn}}{\Pi_o}; \quad (2.3)$$

де P_{yn} – кількість оброблюваних уніфікованих поверхонь;

P_o – загальна кількість оброблювальних поверхонь;

$$K_{yn} = \frac{7}{18} = 0.39;$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}}; \quad (2.4)$$

$$\text{де } T_{cp} = \frac{1}{P_o} \cdot \sum_{k=1}^n T_k \cdot P_{ок}; \quad (2.5)$$

де T_k – квалітет точності,

$P_{ок}$ – кількість поверхонь заданого квалітету.

$$T_{cp} = \frac{1}{17} \cdot ((14 \cdot 8) + (12 \cdot 3) + (11 \cdot 2) + (7 \cdot 4)) = 55.65$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{55.65} = 0.98$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{сер}}; \quad (2.6)$$

де $Ш_{сер}$ – середньо визначений квалітет точності обробки поверхонь;

$$Ш_{сер} = \frac{1}{P_o} \cdot \sum_{k=1}^n Ш_k \cdot P_{ок}; \quad (2.7)$$

де $Ш_k$ – клас шорсткості;

$P_{ок}$ – кількість поверхонь заданого класу;

$$Ш_{сер} = \frac{1}{17} \cdot ((4 \cdot 3) + (5 \cdot 14)) = 4.82;$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{4.82} = 0.79;$$

Коефіцієнт співвідношення точність-шорсткість:

$$K_{чис} = \frac{C_f}{P_o}; \quad (2.8)$$

де C_f – кількість співвідношень задовольняючих допустимим;

$$K_{чис} = \frac{12}{17} = 0.71.$$

В цілому деталь технологічна, оскільки вона має досить уніфікованих поверхонь, для того щоб назвати її технологічною.

Таким чином можна зробити висновок, що конструктор назначив правильно високі квалітети точності і шорсткість під важливі поверхні і низькі для поверхонь, які не приймають важливої участі в контакті з іншими поверхнями [38].

Аналіз методів базування виробу. Заготовка встановлюється роботом у трьохкулачковий патрон і базується в ньому по зовнішньому діаметру $\varnothing 42$ із упором в торець заготовки. Після обробки першої сторони деталі робот перевстановлює деталь начисто обробленим $\varnothing 69,95_{-0,03}$ у той же трьохкулачковий патрон і оброблюється інша сторона деталі. [30,31, 34]

За рахунок того, що за весь час обробки деталі робиться лише два установи, досягається висока точність і мала погрішність оброблюваних поверхонь.

Вимоги до технологічності конструкції деталей типу тіл обертання з урахуванням особливостей їхньої обробки на верстатах із ЧПК зводяться до наступного:

2. Деталь повинна бути утворена по можливості з поверхонь, конфігурація яких допускає їхнє утворення при обертанні заготовки щодо осі. Кожна з поверхонь повинна бути відкрита з однієї зі сторін для підведення різального інструменту і його переміщень, що забезпечує утворення поверхні. Поверхні, що складають виріб, можуть бути будь-якою досяжною з погляду обробки форми. Для обробки на традиційних токарних верстатах найбільше технологічною вважалася форма виробу, що складає з можливо меншого числа циліндричних ділянок і прямих торців. Для верстатів із ЧПК утворення великого числа циліндричних і конічних сходинок, сферичних та інших фасонних поверхонь не пов'язане з нездоланими труднощами та лише незначно збільшує трудомісткість програмування. Застосування токарських верстатів із ЧПК відкриває можливості поліпшення функціональних властивостей виробів за рахунок конструювання виробів складної форми, але

більше відповідають своєму призначенню по конфігурації. Ці можливості використовують ще недостатньо. У міру розширення застосовування верстатів із ЧПК можна чекати істотного збільшення використання виробів складної форми.

2. Конфігурація виробу повинна по можливості дозволяти її повну (чорнову та чистову) обробку в одному установі. Для цього заготівка (виріб) повинна бути досить жорсткою, не деформуватися при знятті великого припуску або від сил затиску, мати розвинену поверхню під затискні кулачки при обробці в патроні, місце для кулачків або повідців при обробці в центрах. Заготівка, крім того, не повинна мати потребу в термічній обробці між чорновими і чистовими операціями.

3. Оброблювані поверхні виробів не повинні перериватися виступаючими поверхнями, які не можуть бути утворені при обертанні. Наявність таких поверхонь заважає підходу звичайного інструмента, супортів, дуже часто вимагає застосування спеціального інструмента з більшими вильотами.

4. Всі взаємозв'язані технічними вимогами поверхні виробів повинні бути доступні для обробки в одному установі. При цьому в заготовок, оброблюваних у патроні, розміри зовнішніх поверхонь повинні збільшуватися в міру наближення до патрона, а розміри внутрішніх поверхонь - зменшуватися.

5. Місця сполучення циліндричних, конічних, криволінійних поверхонь із торцевими поверхнями повинні по можливості бути одного радіуса, якщо в цих місцях немає канавок, виточень або інших елементів.

6. Канавки, виточки, заглиблення на зовнішній і на внутрішній поверхнях бажано відповідно уніфікувати, забезпечивши можливість їхнього утворення одним різцем для зовнішньої обробки та одним – для внутрішньої.

Різке скорочення витрат по обробці виробів на верстатах з ЧПК, як показали розрахунки, може бути досягнуте за рахунок широкого використання типізованих технологічних рішень, перевірених у конкретних виробничих

умовах. З метою типізації операційної технології все різноманіття зроблених поверхонь виробів може бути представлене у вигляді «основних» та «додаткових» форм поверхонь. Як основна форма поверхні розглядають таку поверхню, що може бути виконана різцями з $\varphi = 95^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$, прохідним – при обробці поверхонь зовнішніх і торцевих і розточувальним – при обробці внутрішніх. Основні форми поверхонь: циліндричної та конічні, поверхні з радіусної та криволінійної утворюючими, поверхні неглибоких (до 1,5 мм) канавок (наприклад, для виходу шліфувального круга) і інші, які можуть бути оброблені зазначеними вище різцями [2]. Число форм додаткових поверхонь досягає 40. У токарних операціях по обробці конкретних виробів число додаткових форм поверхонь не перевищує двох-трьох типів.

Аналіз технологічності конструктивних елементів деталі «Вал». З точки зору зручності обробки на металорізальних верстатах деталей повністю технологічна, так, як вона має поверхні, котрі обробляються при простих взаємних переміщеннях заготовки і різальних інструментів (циліндричні і торцеві поверхні). Ряд поверхонь уявляють собою уніфіковані поверхні, такі як: канавки, фаски, що дозволяє обробляти їх використовуючи стандартний різальний інструмент.

Після повного якісного аналізу можна сказати, що деталь є технологічною.

2.3 Цілі та завдання технологічної частини випускної роботи

Метою технологічної частини випускної роботи є дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК в умовах дрібносерійного виробництва.

Завданням роботи є:

- Конструкторсько-технологічний аналіз системи виготовлення деталі «Вал» на обробних центрах в умовах дрібносерійного виробництва.
- Розробка групового технологічного процесу одержання деталі «Вал».

- Розробка керуючої програми одержання деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК.
- Розробка технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «Вал».
- Імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Вал».
- Розробка імітаційної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК
- Дослідження функціональних характеристик ГВМ ЛАС-ЧПК при обробці деталі «Вал».

2.4 Висновки

У даному розділі був проведений аналіз ефективності обробки деталі «Вал» на обробних центрах в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, в результаті якого можна сказати, що при обробці деталі типу «Вал» доцільно використовувати верстати з ЧПК токарної групи. У даному проекті взятий за основу токарний патрно-центровий верстат мод. 1740РФ3 з ЧПК. Також проведений аналіз технологічності виготовлення деталі «Вал» на обробних центрах, по закінченню якого можна зробити висновок, що деталь є технологічною, забезпечена достатня жорсткість конструкції, скорочено до мінімального числа установка заготовки при обробці, забезпечується висока жорсткість системи заготовка — пристосування; можлива обробка максимального числа поверхонь із однієї установки з використанням в основному консольно закріпленого інструмента, відсутні глухі отвори, розташовані не під прямим кутом до основних координатних осей деталі, забезпечена максимальна можлива уніфікація форми та розмірів оброблюваних елементів, що дозволяє їх обробку мінімальним числом інструментів і використання типових підпрограм, форма деталі, зручна для автоматичного контролю. Визначені цілі та завдання випускної роботи.

3. РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛЬ»

3.1 Аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці виробів на ГВС в умовах дрібносерійного виробництва

ГВС, відповідно до термінології ГОСТ 26228-88, представляє сукупність у різних сполученнях устаткування з ЧПК, роботизованих технологічних комплектів (РТК), гнучких виробничих модулів (ГВМ), окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їхнього функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу. У ГВС передбачене автоматизоване переналагодження при виготовленні виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їхніх характеристик [15,44,52,56].

У ГВС допускається кілька рівнів механізації і автоматизації:

- нульовий - використовується основне технологічне обладнання з ЧПК, об'єднане в ділянки і кероване робітниками в режимі багатостанкового обслуговування;
- перший - керування ходом виробництва здійснюється з використанням ЕОМ, наприклад, що входять до складу АСУП;
- другий - для керування використовується мережа термінальних пристроїв (інтегрована АСУП);
- третій - вводиться дистанційне керування транспортно-складським обладнанням;
- четвертий - для керування транспортно-складським обладнанням і контролю виробничих процесів використовується ЕОМ з периферійними пристроями;
- п'ятий - передбачається переважне використання автоматичного обладнання контрольних засобів із пристроями завантаження-вивантаження об'єктів виготовлення, робота обладнання погоджена з комбінованою

транспортно-складською системою, робітники використовуються тільки для налагодження обладнання і контролю його роботи.

– Різниця в принципах автоматизації масового і дрібносерійного виробництва ілюструють структурні схеми автоматизації, наведені на рис. 3.1,б.

Визначення доцільного рівня розвиненості структури ГВС проводиться на підставі аналізу технологічних факторів: номенклатури деталей, часу виготовлення, маршруту виготовлення і ін. По розвиненості структури виділяють п'ять рівнів ГВС:

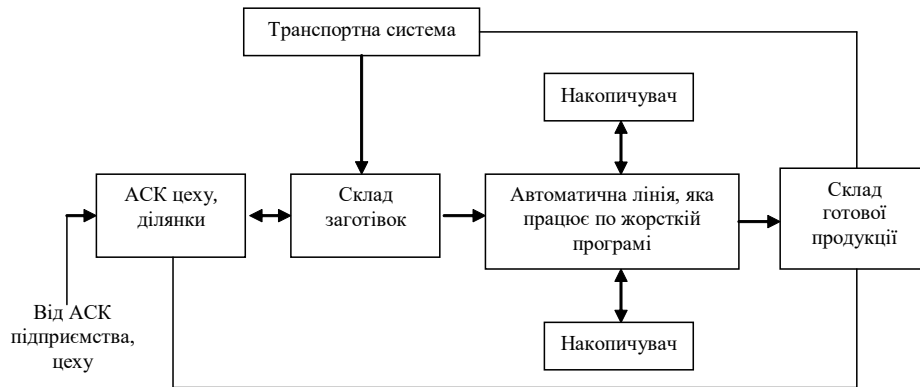
– *гнучкий виробничий модуль (ГВМ)* - переналагоджувана на задану номенклатуру виробів одиниця основного технологічного обладнання, оснащення пристроями програмного керування, зміни інструмента, виробів, наприклад, автооператором або промисловим роботом (ПР), накопичувачами вихідного матеріалу і напівфабрикатів, пристроями видалення відходів, контролю і підналагодження технологічного процесу, а також корекції якості виробу. Модуль здійснює багаторазові автоматичні цикли, призначений для автономної роботи і може бути вбудований у систему більш високого рангу;

– *гнучка автоматизована лінія (ГАЛ)* - сукупність двох або більше одиниць основного технологічного встаткування або гнучких виробничих модулів, об'єднаних автоматизованими системами керування і транспортно-накопичувальних систем; лінія переналагоджується на вироби заданої номенклатури в межах технічних можливостей устаткування, характеризується організацією матеріальних потоків за схемою одиниця технологічного встаткування - одиниця технологічного встаткування;

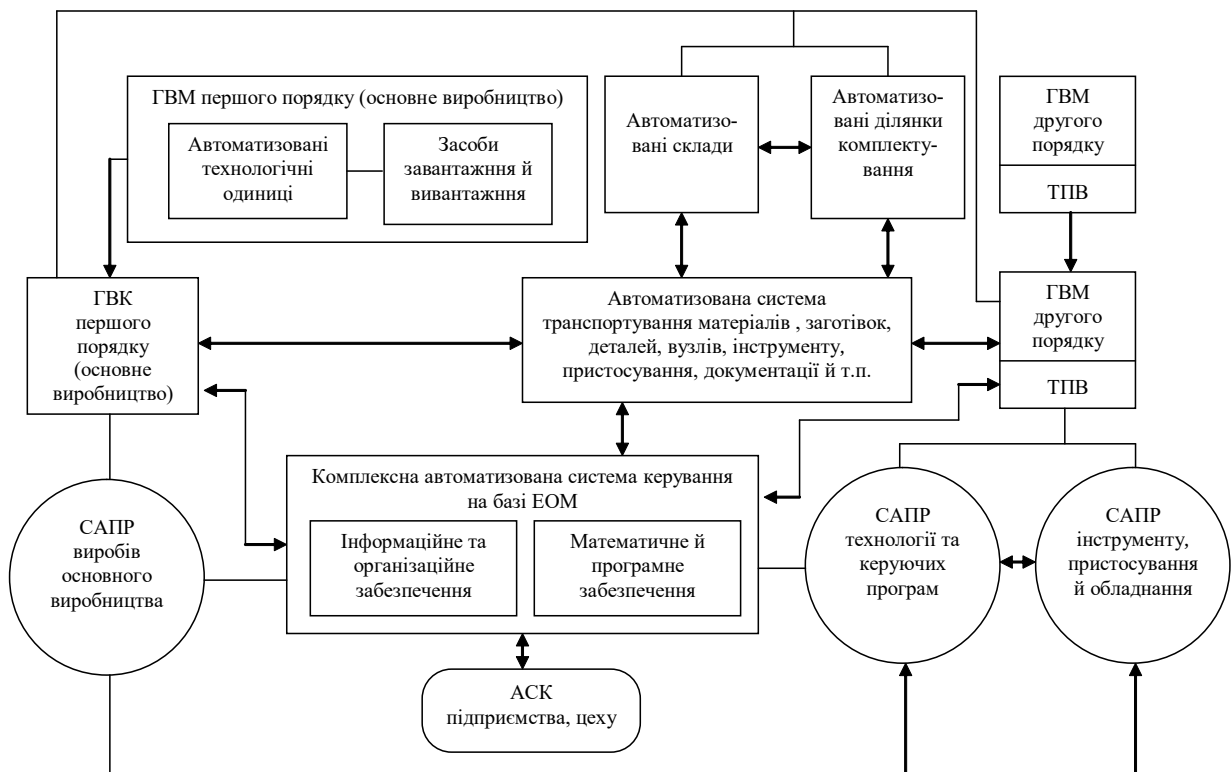
– *гнучка виробнича ділянка (ГАД)* - те ж, що і ГАЛ, але матеріальний потік ділянки організований незалежно по кожній одиниці технологічного встаткування;

– *гнучкий виробничий цех (ГАЦ)* - комплекс ГАД, ГАЛ, ГВМ, призначений для послідовного виконання технологічного процесу; переналагоджується на виготовлення виробів заданої номенклатури;

– *гнучкий переналагоджуваний завод (ГАЗ)* - це комплекс ГАЦ, ГАД, ГАЛ, ГВМ, наприклад ливарних, ковальсько-пресових, металорізальних, термічних, мийних, сушильних, контрольних, збірних, консерваційних, пакувальних та інших типів основного встаткування, переналагоджуваний на виконання технологічного процесу виготовлення різних виробів.



а)



б)

Рисунок 3.1 – Структурні схеми автоматизації промислового виробництва:

а – автоматизація із цикловим керуванням крупносерійного і масового виробництва;

б – програмувальна автоматизація серійного і дрібносерійного виробництва за принципом гнучко переналагоджуваної технології.

Аналіз цільових функцій оптимального керування процесами металообробки дозволяє класифікувати їх по реалізованому показнику оптимальності, числу змінних параметрів і характеру обмежень, що накладаються.

Склад, структура і функції ГВС визначаються рівнем її організаційної структури (ГАЦ, ГАЛ, ГАД, ГВМ), ступенем автоматизації і спеціалізації технологічних завдань, типів виробів, серійністю їхнього виготовлення, частотою зміни продукції і ін. Значною мірою вони залежать від складу і структури виробничої системи, у якій створюється ГВС. І навпаки, створення ГВС не може не робити впливу і не змінювати структуру і якісний склад виробничої системи більше високого рівня. Інакше кажучи, створення ГВС неможливо без обліку виробничих умов і часткової реорганізації виробничої системи більш високого рівня, що включає ГВС [56,57].

На рис. 3.2 показані приклади функціональної структури ГВС на рівнях лінії, ділянки (а), цеху (б), що розкривають розмаїтість зв'язків між підсистемами.

Функціональна структура є базою для формування елементної структури ГВС, тобто визначення складу технічних засобів, програмного і інформаційного забезпечення, а також людських ресурсів, що виконують у сукупності функції підсистем ГВС у цілому. Приклад елементної структури ГАД наведений на рис. 3.3.

При розробці елементної структури розглядають різні варіанти конструкцій технічних засобів, можливості розробки або застосування інформаційного забезпечення і програмних засобів, що забезпечують розв'язання завдань, які стоять перед ГВС. У ході роботи вибирається найбільш раціональний варіант елементної структури, а також можливий і доцільний рівні автоматизації. Елементну структуру ГВС можна представити більш детально, розбивши кожен пристрій на окремі елементи – систему керування, програмне забезпечення, виконавчі механізми, датчики і ін.

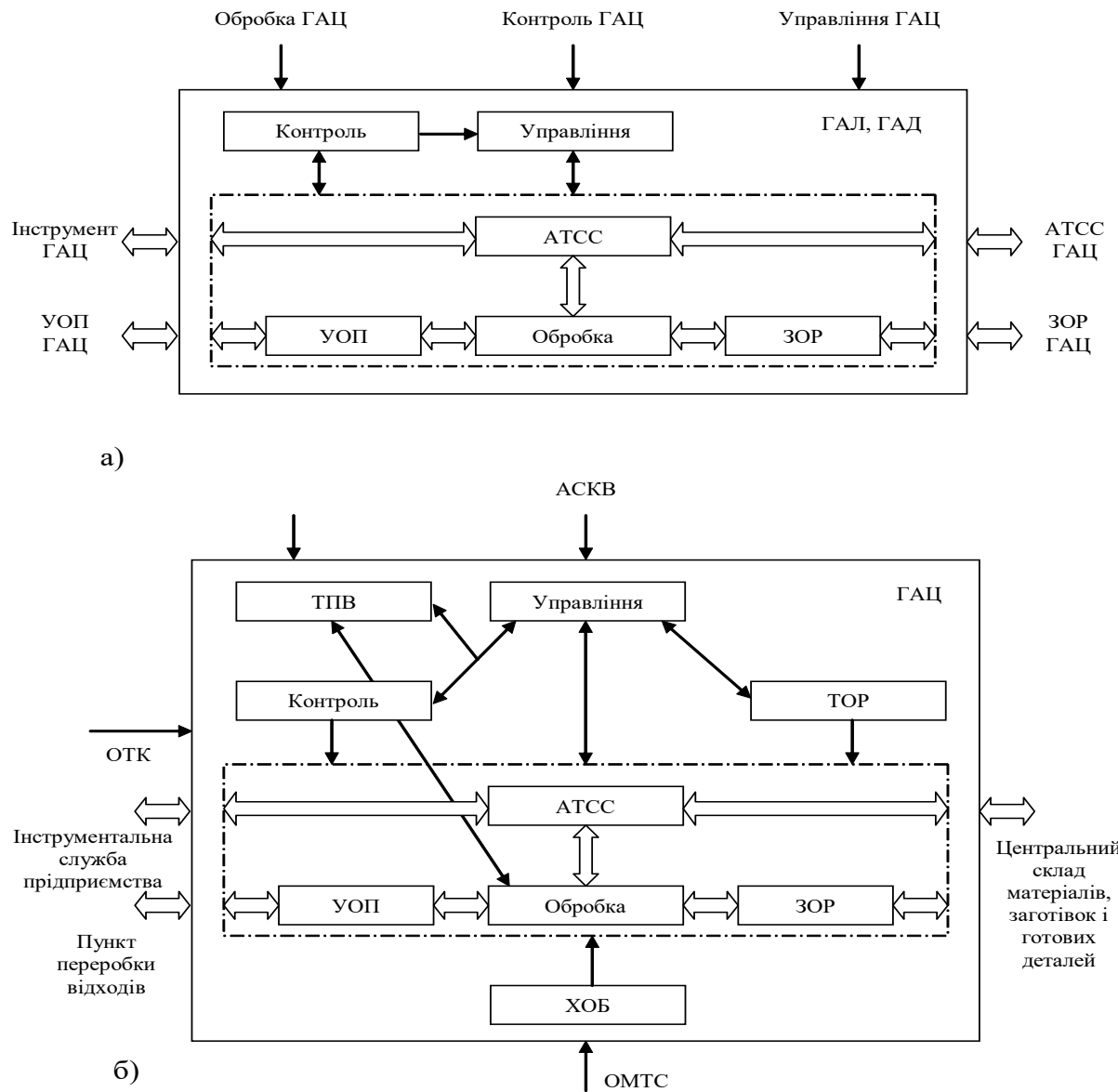


Рисунок 3.2 – Функціональні структури виробничих підрозділів ГВС:

а) ГАД, ГАД; б) ГАЦ.

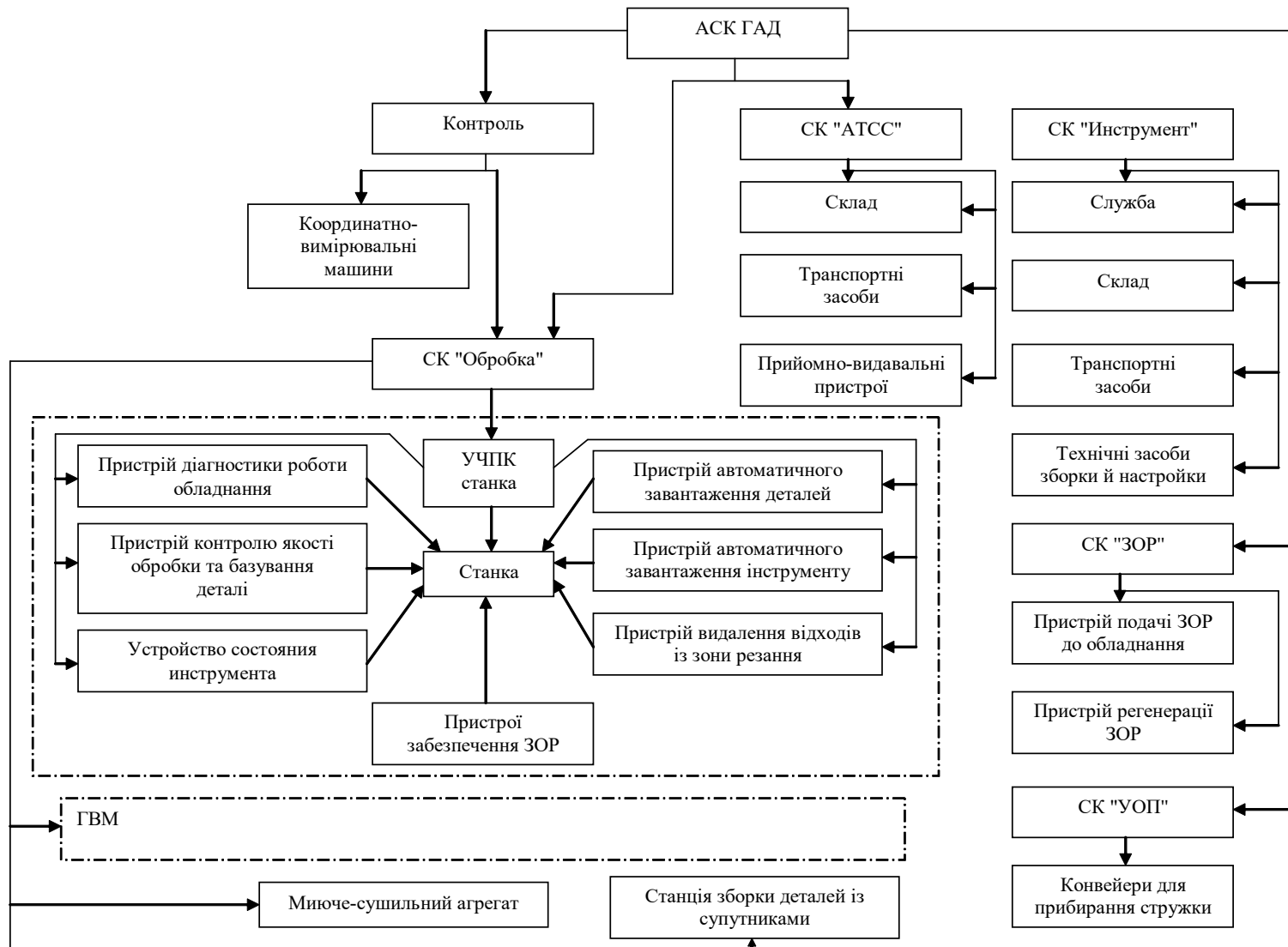


Рисунок 3.3. Елементна структура ГАД.

3.2 Розробка групового маршруту обробки деталі «Вал» на ГВС у системі SolidCAM

ЗТП наповнюється всіма операціями, застосовуваними при виготовленні деталей певної групи. Наповнення ведеться по технологічних процесах, уже налагодженим у виробництві, або новим, впроваджуваним у виробництво [13,19,21].

Рекомендується наступна послідовність створення ЗТП:

1. Визначається група деталей, проектування технології виготовлення якої необхідно автоматизувати.

3. ТП виготовлення однієї зі складних деталей групи вибирається за базовий. Операції і переходи базового ТП вводяться в ЗТП вищеописаними прийомами.

3. Інші ТП порівнюються з базовим і в ЗТП додаються операції і переходи, яких немає в базовому.

Таким чином, ЗТП наповнюється всіма операціями і переходами обробки всіх поверхонь (елементів конструкцій) деталей певної групи. Операції і переходи вносяться в ЗТП у порядку їхнього виконання.

На підставі креслення деталі із закодованими поверхнями і розробленою таблицею точності приступаємо до проектування узагальненого маршруту обробки деталі «Вал» у системі SolidCAM (рис. 3.1).

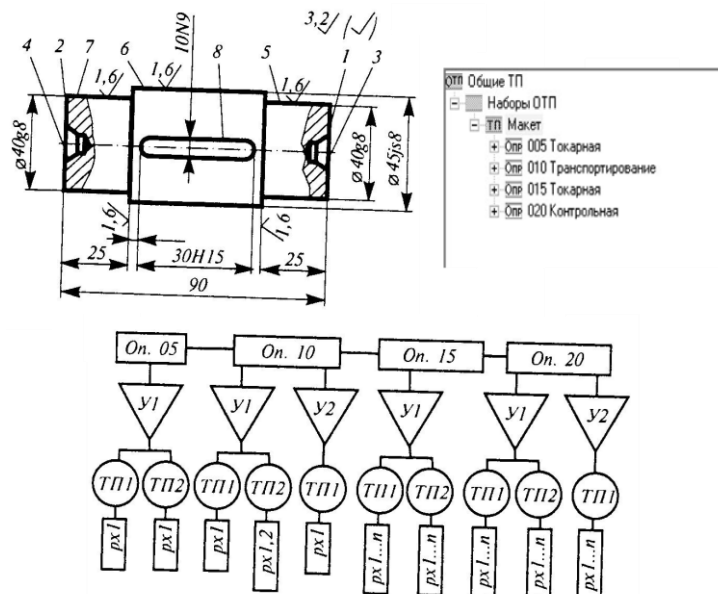


Рисунок 3.1 – Структура ЗТП

3.2.1 Формування макета маршрутної технології обробки деталі «Вал»

При формуванні ЗТП у кожен перехід обробки елемента вноситься його код. Якщо код указується перший раз, то система запитує підтвердження на внесення його [2,4,9].

При відповіді «Так» код елемента вноситься як у перехід, так і у список елементів у Макеті ЗТП (рис. 3.2).

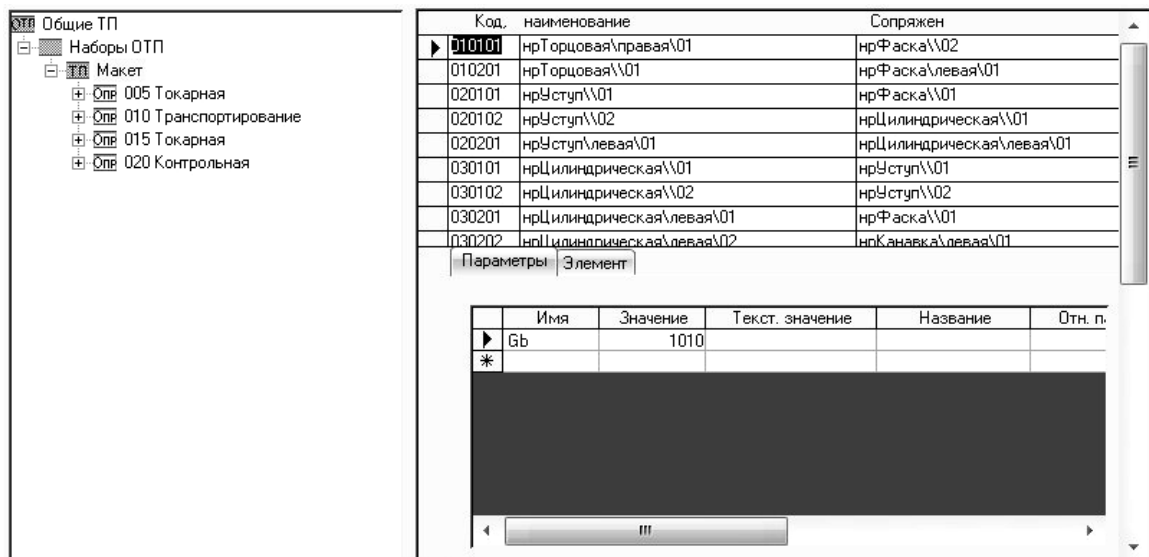


Рисунок 3.2 – Внесення коду елемента 010101 у Макет ЗТП

Заповнення цього списку і введення параметрів кожного з елементів має важливе значення. При створенні нової деталі в КТП, після вибору кнопки [Призначити] і зазначення ЗТП, цей список елементів і їхніх параметрів копіюються з Макета ЗТП у список елементів і параметрів Деталі КТП.

Так як список елементів у Макеті ЗТП містить елементи, обробка яких внесена в переходи ЗТП, те після копіювання цього списку в Деталь КТП із нього можна видалити елементи, яких немає на кресленні конкретної деталі. Для елементів, що залишилися, заповнюються значення розмірів і параметрів якості. Це значно прискорює створення опису конкретної деталі і проектування ТП її виготовлення.

Для кожного елемента в Макеті ЗТП можна внести перелік параметрів, що описують його. Кількість параметрів і їхні імена нічим не обмежені.

Кожному параметру можна задати найменування, а також задати як числове значення, так і список текстових значень.

Перед введенням специфічних параметрів елемента можна одержати список стандартних параметрів. Для цього треба вибрати закладку «Елемент», а потім вибрати закладку «Параметри» (рис. 3.3).

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	DD	112			
	D	69,95			
	V	30			
*					

Рисунок 3.3 – Внесення параметрів елемента 010101 у Макет ЗТП

Перелік стандартних параметрів для елемента кожного Виду можна перевизначити в довіднику «Конкретні параметри».

Стандартна назва параметра, на якому стоїть курсор, висвітлюється в нижньому лівому куті вікна SolidCAM.

Кожному стандартному параметру можна привласнити нестандартне найменування і задати як числові, так і текстові значення.

Нестандартні параметри можна вводити із клавіатури в нижній, порожній рядок списку. До параметра можна додати найменування, числове і текстове значення [15,19].

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	DD	112			
*					

Рисунок 3.4 – Внесення коду і параметрів елемента 010201 у Макет ЗТП

Параметры | Элемент

Код: 020101

Вид: нрУступ

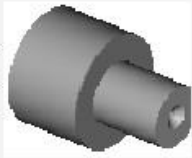
Тип: правая

Номер: 01

Название: нрУступ\01

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 080101 нрФаска\01



Параметры | Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	DD	112			
	D	69,95			
	V	30			
*					

Рисунок 3.5 – Внесения коду і параметрів елемента 020101 у Макет ЗТП

Параметры | Элемент

Код: 020102

Вид: нрУступ

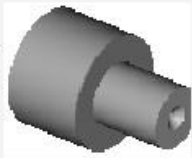
Тип: правая

Номер: 02

Название: нрУступ\02

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 030101 нрЦилиндрическая\01



Параметры | Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	DD	69,95			
	D	40			
	L	5			
*					

Рисунок 3.6 – Внесения коду і параметрів елемента 020102 у Макет ЗТП

Параметры | Элемент

Код: 020201

Вид: нрУступ

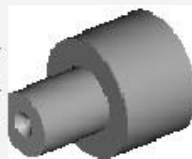
Тип: левая

Номер: 01

Название: нрУступ\левая\01

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 030201 нрЦилиндрическая\левая\01



Параметры | Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	D	40			
	DD	69,95			
	V	976,6			
*					

Рисунок 3.7 – Внесения коду і параметрів елемента 020201 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 030101

Вид: нрЦилиндрическая

Тип: правая

Номер: 01

Название: нрЦилиндрическая\01

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 020101 нрУступ\01



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	!	946,6			
	D	69,95			
*					

Рисунок 3.8 – Внесения коду і параметрів елемента 030101 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 030102

Вид: нрЦилиндрическая

Тип: правая

Номер: 02

Название: нрЦилиндрическая\02

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 020102 нрУступ\02



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	!	5			
	D	40			
*					

Рисунок 3.9 – Внесения коду і параметрів елемента 030102 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 030201

Вид: нрЦилиндрическая

Тип: левая

Номер: 01

Название: нрЦилиндрическая\левая\01

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 080101 нрФаска\01



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	!	30			
	D	114			
*					

Рисунок 3.10 – Внесения коду і параметрів елемента 030201 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 030202

Вид: нрЦилиндрическая

Тип: левая

Номер: 02

Название: нрЦилиндрическая\левая\02

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 140201 нрКанавка\левая\01



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	Ø	69,5			
	L	27,8			
*					

Рисунок 3.11 – Внесения коду і параметрів елемента 030202 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 080101

Вид: нрФаска

Тип: правая

Номер: 01

Название: нрФаска\01

Шерохов-сть: Rz40 4 Класс шероховатости

Сопряжен: 030201 нрЦилиндрическая\левая\01



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	Ø	114			
	L	2			
	F	45			
*					

Рисунок 3.12 – Внесения коду і параметрів елемента 080101 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 080102

Вид: нрФаска

Тип: правая

Номер: 02

Название: нрФаска\02

Шерохов-сть: Rz40 4 Класс шероховатости

Сопряжен: 030102 нрЦилиндрическая\02



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	Ø	1			
	D	40			
	F	45			
*					

Рисунок 3.13 – Внесения коду і параметрів елемента 080102 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 080201

Вид: нрФаска

Тип: левая

Номер: 01

Название: нрФаска\левая\01

Шерохов-сть: Rz40 4 Класс шероховатости

Сопряжен: 030202 нрЦилиндрическая\левая\02



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	Ø	69,5			
	L	1			
	F	45			
*					

Рисунок 3.14 – Внесення коду і параметрів елемента 080201 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 140201

Вид: нрКанавка

Тип: левая

Номер: 01

Название: нрКанавка\левая\01

Шерохов-сть: Rz40 4 Класс шероховатости

Сопряжен: 020201 нрУступ\левая\01



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	Ø	29,8			
	B	2			
	G	2			
	D	67,5			
*					

Рисунок 3.15 – Внесення коду і параметрів елемента 140201 у Макет ЗТП

Параметры Элемент

Код: 710101

Вид: внЦентр

Тип: правая

Номер: 01

Название: внЦентр\01

Шерохов-сть: Rz20 5 Класс шероховатости

Сопряжен: 010101 нрТорцовая\правая\01



Параметры Элемент

	Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
▶	Ø	6,3			
	L	10			
*					

Рисунок 3.16 – Внесення коду і параметрів елемента 710101 у Макет ЗТП

Имя	Значение	Текст. значение	Название	Отн. п.
И	6,3			
L	10			
*				

Рисунок 3.17 – Внесення коду і параметрів елемента 710201 у Макет ЗТП

3.3.2 Формування макетів операційних технологій обробки деталі «Вал»

У вікні дерева класифікації операції мають іконку - **ОПР**, а переходи іконку - **ПЕР**. Іконки відкритих операцій і переходів висвітлюється зеленими кольорами.

Для кожної операції можна задати, у якому цеху, на ділянці і робочому місці вона виконується. Вказується обладнання, пристосування, які використовуються, допоміжні матеріали, змазуючо-охолоджуюча рідина, шифри інструкцій з техніки безпеки, засоби, інструменти, комплектуючі або тара. Вибір цих елементів операції можна ставити у відповідність із виконанням Умов, внесених у Базу умов і розрахунків, задати послідовність обробки Умов при автоматичному проектуванні. Для кожного технологічного оснащення можна вказати код підрозділу, одиницю нормування, кількість/норму витрат, одиницю величини.

Крім того, в операцію можна ввести: у закладку «Умови» - умови, при виконанні яких ця операція застосовується в проектованому ТП і коментарі до операції; у закладку «У карту» - параметри для заповнення шапок технологічних карт; у закладку «Тип карти» - тип технологічних карт, у які необхідно видавати цю операцію; у закладку «Параметри» - додаткові параметри операції для видачі в карти ТП або використання в Умовах (рис. 3.18).

Операция: Токарная

Цех 8 Участок 2 Раб. место 3 № операции 005 л

Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал, Ж сож, Ш шифр инструкции:

1	Б Токарный станок 1740РФ3 ЧПУ	Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0
2	ПР Центр А-1-3-Н ГОСТ 8742-75	Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0
3	ПР Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80	Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0
*		Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0

Текст инструкции:

0 ... Внутри

Рисунок 3.18 – Формування операції 005

Операция: Транспортирование

Цех 8 Участок 2 Раб. место 4 № операции 010 л

Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал, Ж сож, Ш шифр инструкции:

1	Б ПР мод. СМ160Ф2.05.01	Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0
*		Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0

Текст инструкции:

0 ... Внутри

Условия Параметры Нормы Работы Тип карты

Условие1 (Нет) Условие2 (Нет)

Комментарии

Рисунок 3.19 – Формування операції 010

Операция: Токарная

Цех 8 Участок 2 Раб. место 4 № операции 015 л

Б оборудование, ПР приспособление, М вспом. материал, Ж сож, Ш шифр инструкции:

1	Б Токарный станок 1740РФ3 ЧПУ	Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0
2	ПР Центр А-1-3-Н ГОСТ 8742-75	Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0
3	ПР Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80	Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0
*		Усл1	(Нет)	Усл2	(Нет)	0

Текст инструкции:

0 ... Внутри

Условия Параметры Нормы Работы Тип карты

Условие1 Выбор токарной чистовой операции Условие2 (Нет)

Комментарии

Рисунок 3.20 – Формування операції 015

The screenshot displays a software interface for configuring a manufacturing operation. On the left, a tree view under 'Общие ТП' shows 'Наборы ОТП' and 'Макет'. Under 'Макет', several operations are listed: '005 Токарная', '010 Транспортирование', '015 Токарная', and '020 Контрольная', which is currently selected. The main window is titled 'Операция: ...Контрольная'. It contains fields for 'Цех' (БЦК), 'Участок' (ОТК), 'Раб. место', and '№ операции' (020 л). Below these is a section for equipment and materials: 'Б Стол контрольный' with a value of '0'. There are also fields for 'Усл1' and 'Усл2', both set to '(Нет)'. A 'Текст инструкции:' field contains '0' and a dropdown menu set to 'Внутри'. At the bottom, there are tabs for 'Условия', 'Параметры', 'Нормы', 'Работы', and 'Тип карты'. Under 'Условия', there are fields for 'Условие1' and 'Условие2', both set to '(Нет)', and a 'Комментарии' field.

Рисунок 3.21 – Формування операції 020

3.3 Розробка групових технологічних переходів обробки деталі «Вал»

Кожна операція наповнена переходами, що описують обробку максимальної кількості елементів конструкції деталей групи.

На рисунку 3.22 показано, що в операцію 010 «Токарна» введені переходи: установки і закріплення деталі, підрізування торців, розточування отвору, контроль зовнішнього вигляду і зняття деталі.

У кожному переході обробки стоїть код оброблюваної поверхні. Наприклад, на рисунку це поверхня 710101: вид 71 – внутрішній центр, тип 01 – права, номер 01 – по порядку.

Крім коду поверхні в перехід ставиться мінімальний (кращий) квалітет точності, який можна досягти в даному переході і максимальний (кращий) клас шорсткості. Ці параметри якості встановлюються, виходячи з використовуваного в операції обладнання і зазначеного інструмента [2,3,4,6,15].

Для кожного переходу можна задати ріжучий, вимірювальний, допоміжні інструменти і матеріали, прилади, засоби, інструменти, що комплектуючі або тару. Вибір цих елементів переходу можна ставити у відповідність із виконанням Умов, внесених у Базу умов і розрахунків. Для

кожного технологічного оснащення можна вказати код підрозділу, одиницю нормування, кількість/норму витрати, одиницю величини.

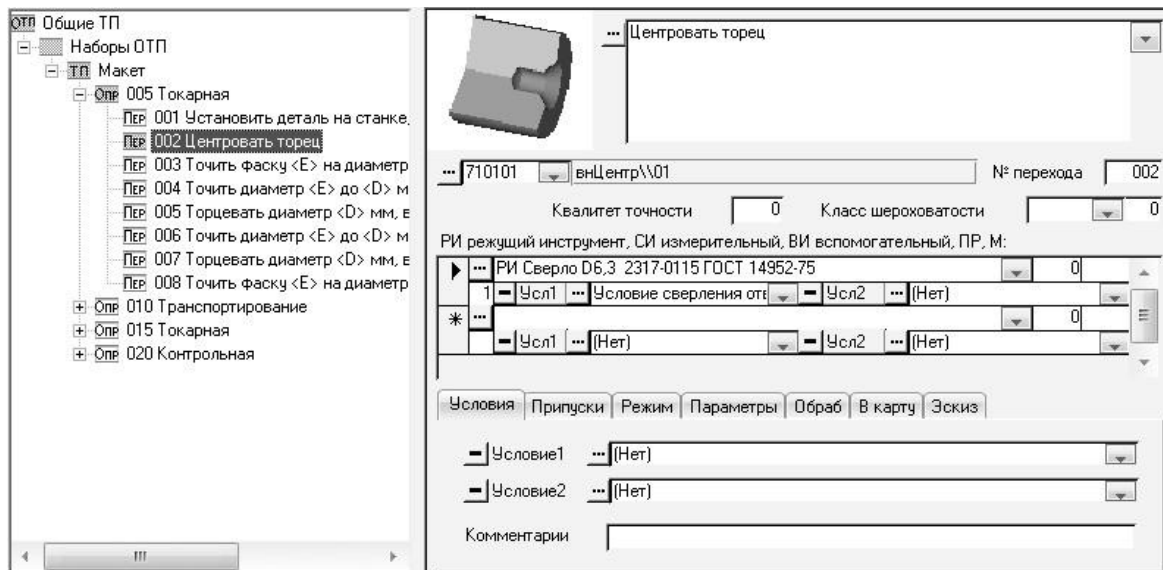


Рисунок 3.22 – Формування переходу 002 в операції 005

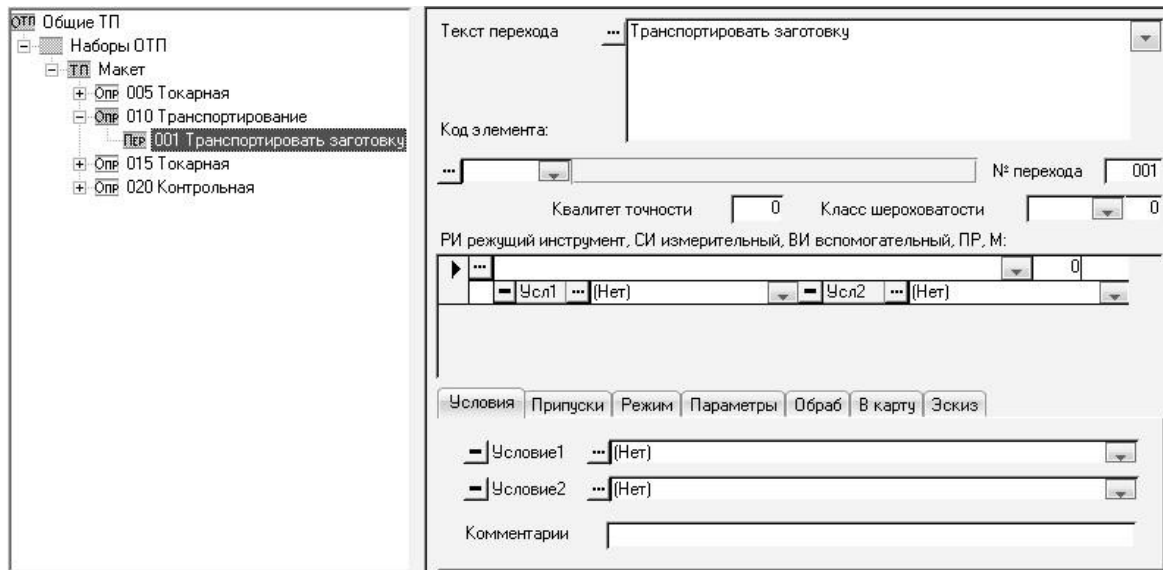


Рисунок 3.23 – Формування переходу 001 в операції 010

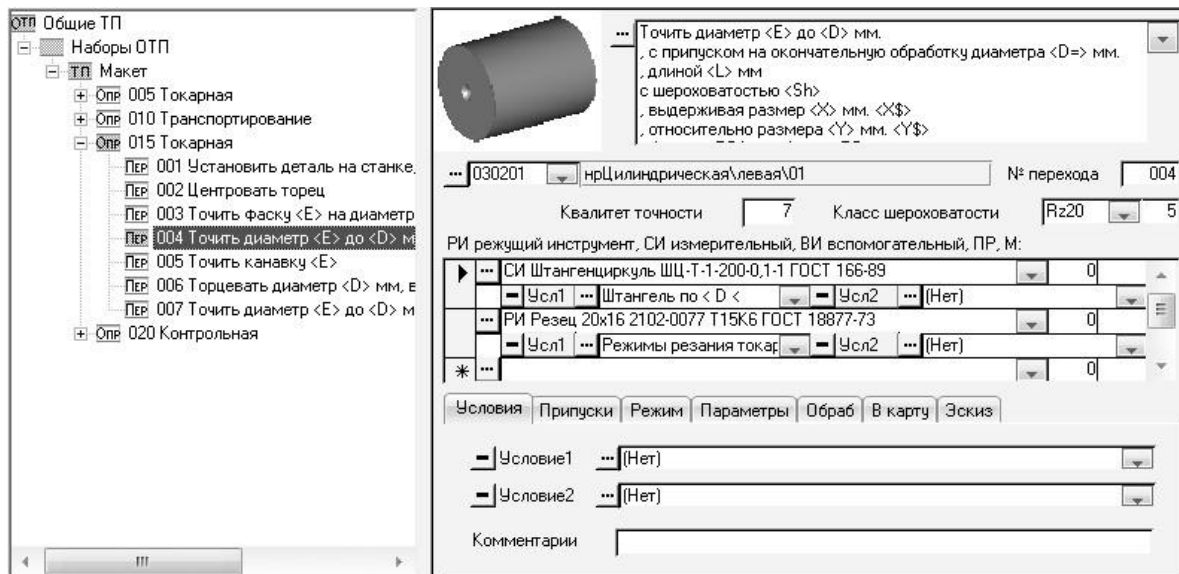


Рисунок 3.24 – Формування переходу 004 в операції 015

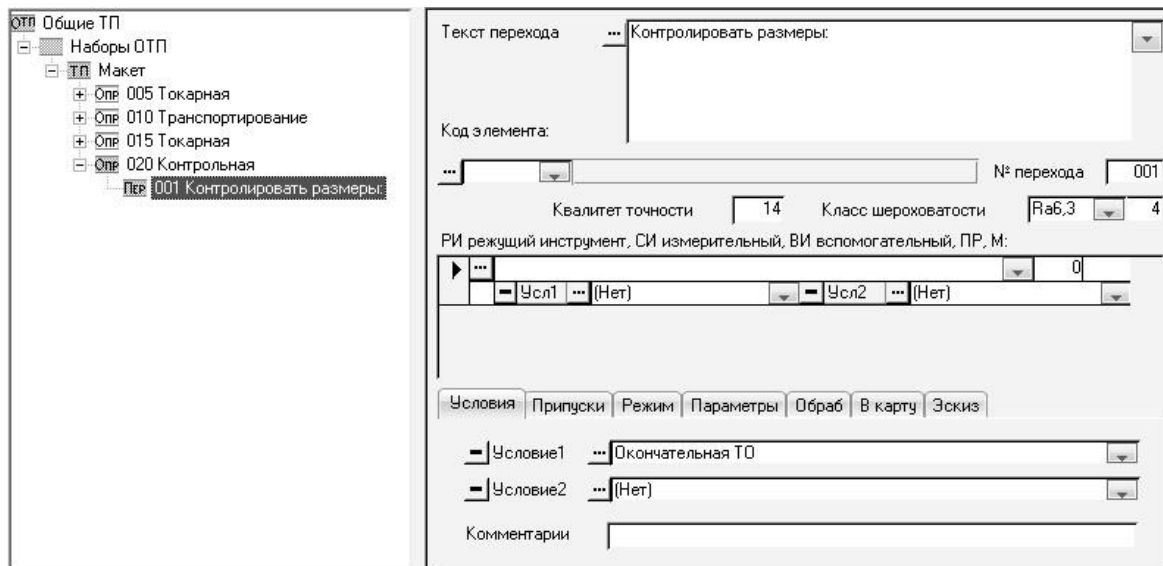


Рисунок 3.25 – Формування переходу 001 в операції 020

Крім цього, у перехід можуть вводитися: у закладку «Умови» - Умови з Бази умов і розрахунків для вибору переходу, а також коментарі; у закладку «Припуски» - значення мінімальних припусків, що знімають у переході і що забезпечують зазначену якість обробки; у закладку «Режим» вихідні параметри для розрахунків режиму; у закладку «Параметри» - додаткові параметри переходу для видачі в карти ТП або використання в Умовах.

У закладці «В карту» перебувають прапорці включення функцій видачі переходу в карту ТП. У закладці «Обработка» перебуває прапорець «Не

видавати допуски», поле для вказівки сполученої поверхні, поля для вводу норм основного T_o і допоміжного T_d часу.

У закладці «Ескіз» вказується ім'я файлу узагальненого ескізу із графічним зображенням цієї операції або установу операції, а також номер ескізу.

Так як ЗТП містить узагальнені описи операцій і переходів виготовлення групи деталей, то:

1. Розходження розмірів оброблюваних елементів різних деталей ураховуються через використання параметризованих текстів переходів. У них стоять не конкретні розміри, а тільки їх змінні. Підбір інструментів здійснюється під виконувані розміри за правилами, внесеними у Базу умов і розрахунків. Розрахунок режимів обробки і норм часу здійснюється за правилами, внесеними у Базу умов і розрахунків.

3. Розходження по кількості елементів у різних деталях ураховується введенням максимальної-можливої кількості переходів обробки елементів одного «Класу», «Виду» і «Типу» або використанням «шаблонів» кодів елементів.

3. Розходження по якості обробки елементів ураховується зазначенням в кожному переході параметрів якості, що досягаються, (точності і шорсткості). Якість обробки повинне поліпшуватися від операцій чорнової обробки (наприклад, токарні) до фінішних операцій (наприклад, шліфувальні).

4. Розходження в технології виготовлення залежно від матеріалу деталі, її твердості, типу заготівки, габаритів, масштабів виробництва і багатьох інших параметрів ураховуються через перевірку виконання Умов з Базу умов і розрахунків.

3.4 Розробка ескізів обробки деталі «Вал» по переходах у ГВС

Комплект технологічної документації на обробку деталі повинен містити ескізи обробки деталі по переходах. Тому були розроблені комплексні ескізи на обробку деталі (рис. 3.26 та 3.27).

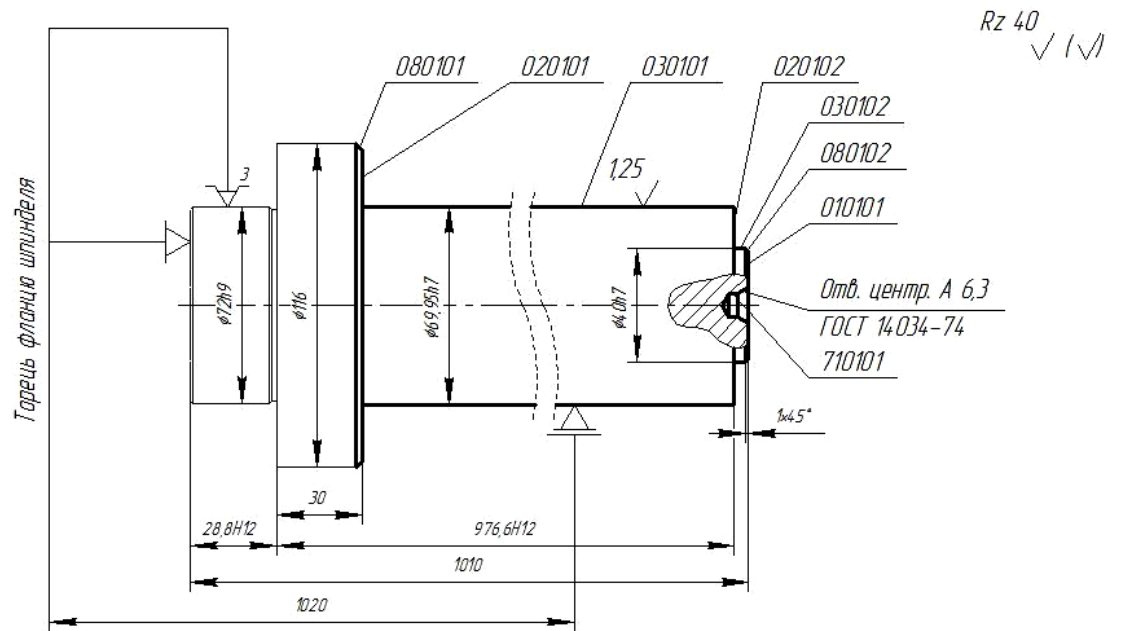


Рисунок 3.26 – Комплексний ескіз на операцію 005

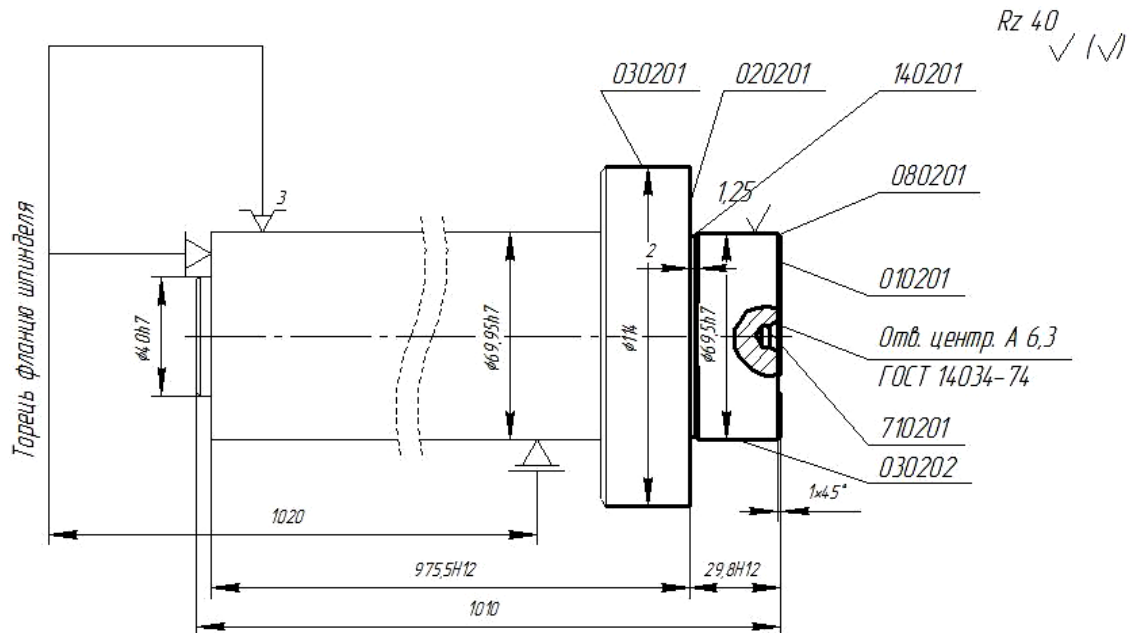


Рисунок 3.27 – Комплексний ескіз на операцію 015

До кожного переходу операції ЗТП можна підключити файл із узагальненим графічним зображенням операційного ескізу цієї операції, або установу [13].

У процесі автоматичного формування ТП, система SolidCAM копіює переходи з ЗТП у КТП, разом з переходами копіюються імена файлів ескізів.

У КТП користувач може відкрити графічний файл узагальненого ескізу, скорегувати його, привівши у відповідність оброблюваним розмірам.

Відкоректований файл потрібно зберегти з новим ім'ям, що потім вказується в переході КТП.

Створені в такий спосіб ескізи SolidCAM можуть автоматично вставлятися у формовані карти ТП [37,41].

У переходах ЗТП ім'я файлу узагальненого ескізу вказується в закладці «Ескіз». Створені комплексні ескізи підключені до останніх переходів механічної обробки (рис. 3.28).

Для введення імені файлу ескізу можна вибрати кнопку із трьома крапками [...] і у вікні, що з'явилося, необхідно вибрати ім'я графічного файлу.

Для відкриття графічного файлу необхідно вибрати кнопку [X].

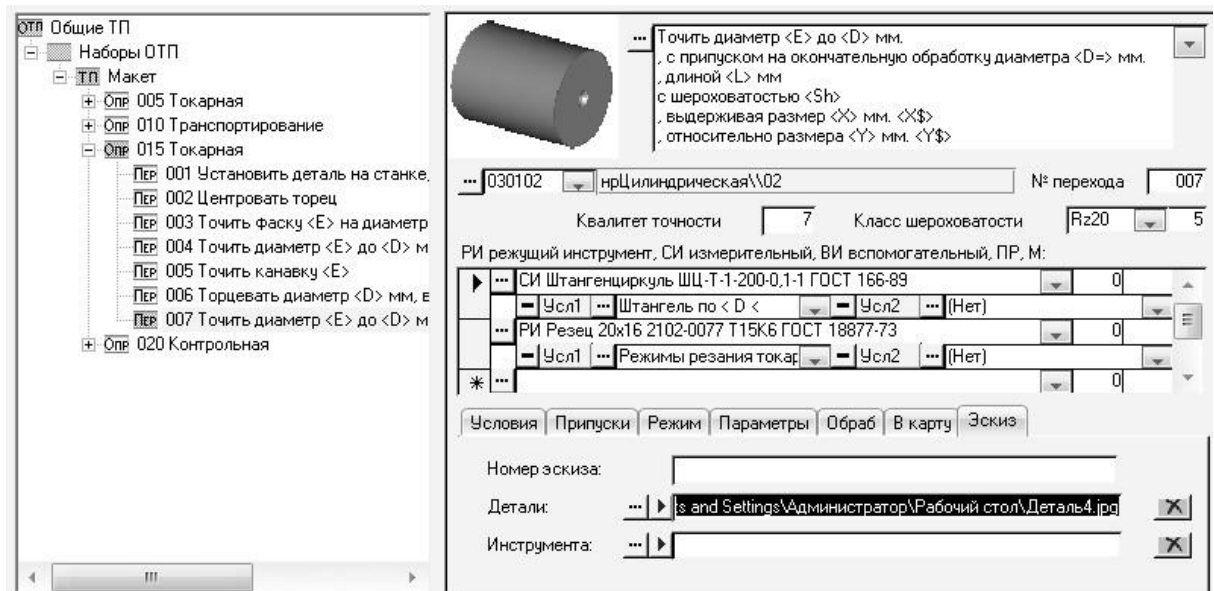


Рисунок 3.28 – Підключення ескізу до переходу

Вибір кнопки [X] видаляє найменування файлу ескізу в полі, а також викликає появу запиту, по якому можна видалити і сам файл ескізу.

3.5 Розробка конкретного технологічного процесу обробки деталі «Вал» на ГВС у системі SolidCAM

Після того, як створений загальний технологічний процес обробки деталі необхідно на його основі сформулювати конкретний технологічний процес обробки деталі.

Рисунок 3.30 – Вихідні дані в SolidCAM - Відомості2

Рисунок 3.31 - Вихідні дані в SolidCAM - Відомості3

У закладку «В карты» заноситься інформація для заповнення «шапок» технологічних карт. Прізвища для заповнення граф «Розробив», «Перевірів», «Нормував», «Метролог», «Н.Контролер», «Затвердив» заповнюються автоматично в момент проектування ТП по даним реєстрації користувача. Інші поля заповнюються із клавіатури. Після цього у вікні конкретного технологічного процесу з'явиться закладка з позначенням і найменуванням деталі. У закладку «Характеристики» заноситься інформація для формування умов [41].

Рисунок 3.32 – Вихідні дані в SolidCAM - У карти

Имя	Значение	Название
Md	1	
HB	220	
mater	Сталь	
Мдет	22	
zak	1	
zaq	1	

Рисунок 3.33 – Вихідні дані в SolidCAM - Характеристики

Останнім кроком підготовки інформації для проектування ТП у SolidCAM є зчитування інформації з файлу-носія системи CAD. Цей крок можна виконати декількома методами:

- використати активне креслення - натиснути кнопку «Взяти із креслення»;
- використати файл системи SolidWorks – натиснути кнопку «Взяти з файлу»;
- використати файл SolidWorks - натиснути кнопку «» і вибрати файл SolidWorks.txt на диску C:\.

Найбільш ефективним методом є використання файлу SolidWorks.

Ефективність цього методу полягає в тому, що немає необхідності прив'язуватися безпосередньо до креслення, що може мати більші розміри, що в деяких випадках погано. Файл SolidWorks.txt можна скопіювати в ту директорію, де зберігається вся документація на виріб або безпосередньо в директорію системи SolidCAM, а потім указати шлях до файлу і система його запам'ятає, потім при подальшому звертанні до файлу, система буде використовувати цей шлях. Достойністю цього варіанта ще є те, що ім'я файлу SolidWorks.txt.

3.6 Формування технологічної документації по обробці деталі «Вал»

Після перегляду і редагування спроектованого ТП, його можна видати на друк. Для цього треба вибрати кнопку із зображенням принтера , що перебуває праворуч унизу вікна бази КТП.

На екрані з'явиться меню доступних форм документів (рис. 3.34). Для формування документа потрібно вибрати його в списку, потім вибрати кнопку  - «Сформувати документ». SolidCAM почне формувати документ для Microsoft Word.

Якщо необхідно сформувати відразу кілька документів, то можна їх позначити прапорцями  й, вибрати кнопку  - «Формування документів по обраних шаблонах» [21,22,41].

Список документів і самі форми документів можна редагувати.

Процес формування документа може зайняти від декількох секунд до декількох хвилин. Хід процесу формування кожного документа відображається на індикаторі (рис. 3.34).

При необхідності процес формування документа можна перервати вибором кнопки [Скасування].



Рисунок 3.34 – Меню доступных форм документів для виводу на друк

По закінченні формування документа лунає короткий звуковий сигнал, і індикатор зникає з екрана. Для відкриття сформованого документа необхідно розгорнути (вибрати) значок MS Word.

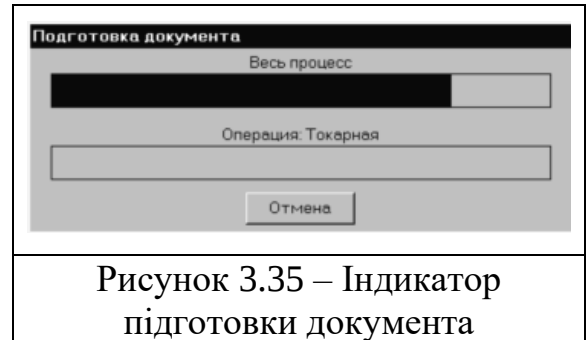


Рисунок 3.35 – Індикатор підготовки документа

Сформованому документу автоматично привласнюється ім'я файлу, і він зберігається в дереві каталогів у папці відповідно до дерева класифікації КТП.

Відомості про всі сформовані документи автоматично вносяться в закладку «Документ» загальних відомостей про варіант деталі КТП.

Це дозволяє швидко знайти, відкрити, переглянути, відредагувати, роздрукувати або видалити сформовані документи кожного ТП.

Для перегляду карт в Microsoft Word зручно користуватися кнопкою , видача документа на друк виконується вибором кнопки . Редагування і збереження документа можна робити звичайними прийомами роботи в текстовому редакторі.

3.7 Висновки

У розділі «Розробка групового технологічного процесу одержання деталі «Вал» виробництва» був проведений аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці виробів на ГВС в умовах дрібносерійного виробництва, розроблені узагальнений маршрут обробки деталі, у результаті чого, у системі SolidCAM, був створений загальний технологічний процес (ЗТП). ЗТП передбачає формування макетів операційних технологій обробки деталі, розробку макетів технологічних переходів і ескізів (комплексних) по цих переходах.

На підставі спроектованого ЗТП, був сформований конкретний технологічний процес (КТП).

У результаті була сформована технологічна документація по обробці деталі «Вал» (див. додаток А).

4. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ОДЕРЖАННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ГВМ ЛАС-ЧПК

4.1 Розробка циклограми виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК

Для виготовлення деталі «Вал» розроблена циклограма обробки з траєкторією руху інструменту та зміни його під час обробки. На рис. 4.1 зображена циклограма обробки правої сторони деталі з початковими розмірами заготовки та кінцевими розмірами деталі, яку одержуємо для наступної операції технологічного процесу. У даній операції виконується свердління центрального отвору, чорнова, чистова обробка та контроль між переходами [16-18].

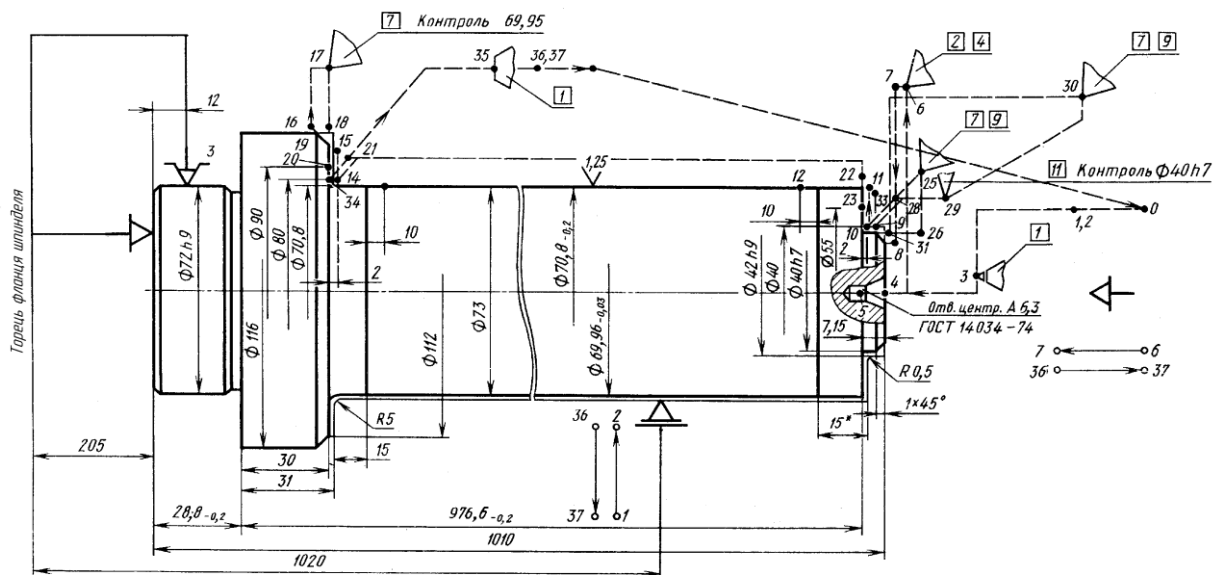


Рисунок 4.1 – Циклограма обробки правої сторони деталі «Вал»

На рис. 4.2 зображена циклограма обробки лівої сторони деталі з остаточними розмірами. У даній операції також виконується свердління центрального отвору, чорнова, чистова обробка та контроль між переходами.

Розроблену циклограму обробки деталі будемо використовувати в подальшому при моделюванні обробки та при створенні керуючої програми на обробку деталі «Вал».

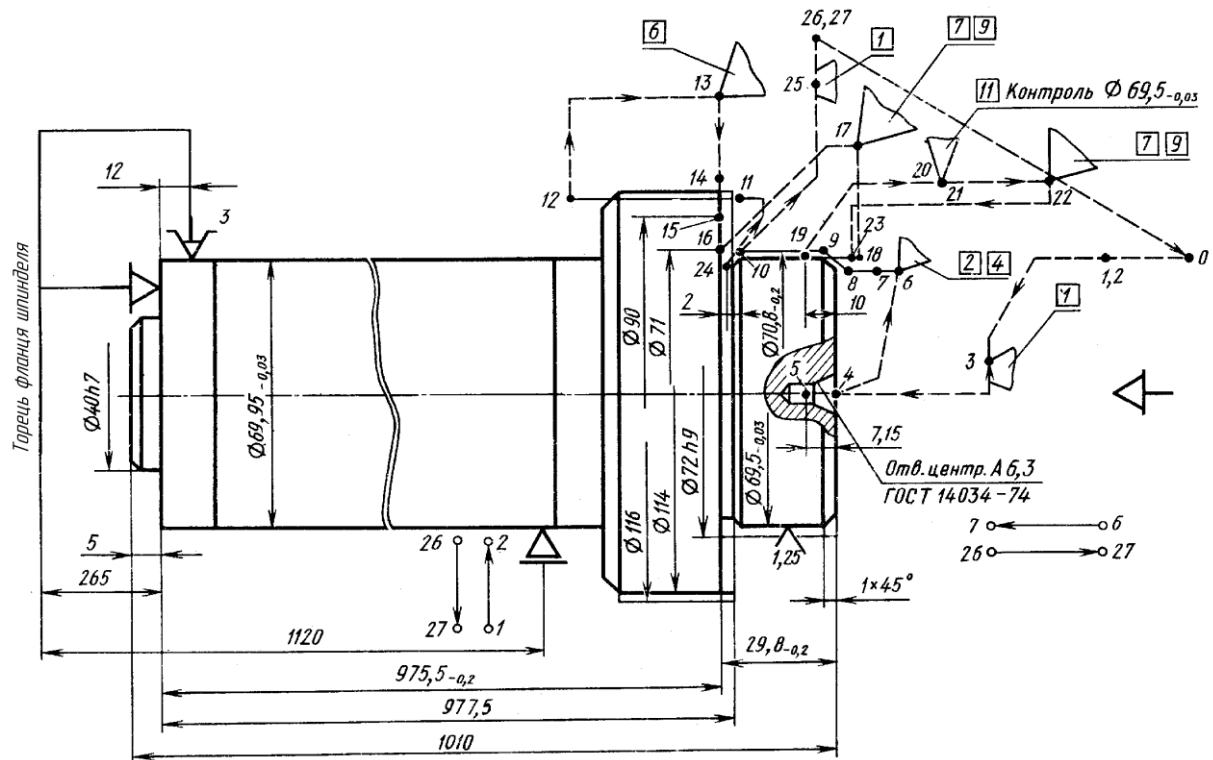


Рисунок 4.2 – Циклограма обробки лівої сторони деталі «Вал»

4.2 Автоматизована розробка керуючої програми ГВМ ЛАС-ЧПК в системі SolidCAM для виготовлення деталі «Вал»

Модернізація ТП обробки деталі «Вал» пов'язана з введенням верстатів нового покоління з ЧПК, які більш мобільні у переналадці, та дозволяють приєднуватись до загальної ЕОМ і обмінюватись інформацією. Тому, ці верстати можна об'єднати у мережу типу DNC, яка дозволяє на одній ЕОМ розробити керуючу програму для верстату з ЧПК та завантажити її на окремий верстат не зважаючи на те що кожен різновид верстату має свій постпроцесор, який несумісний з іншими верстатами [3,4]. Це питання розв'язане фірмою „Sandvik Coromant”, яка розробляє системи поєднання робіт конструкторів, технологів, програмістів та верстатів у єдину електронну мережу DNC. З ціллю автоматизації та скорочення часу на підготовку керуючих програм для верстатів з ЧПК використовуються САПР типу CAM, які можуть працювати безпосередньо з конструкторськими САПР типу CAD, так і окремо від них. Найбільш сучасною та розвиненою системою

автоматизації підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК є САПР SolidCAM, яка працює безпосередньо із САПР SolidWorks та використовує тримірну модель побудовану у цій системі типу CAD. Така автоматизація дозволяє скоротити час на підготовку та випробування керуючої програми, адже у цій системі можна випробувати програму руху технологічних частин верстату та виявити ймовірні зіткнення цих частин. Окрім виявлення зіткнень, ця САПР дозволяє простежити якість поверхневого слою деталі після обробки та може рекомендувати режими різання, відповідно до поставлених завдань – якості поверхні деталі. Таким чином, робота з САПР SolidCAM починається з введення вихідних даних [19,20]:

- матеріал об'єкту обробки;
- початкові координати та напрямки осей координат;
- встановлення 3D моделі заготовки;
- встановлення 3D моделі деталі;
- параметри інструменту (площа безпеки та зміни інструменту).

Наступним кроком є встановлення руху обробки. На рис. 4.3 зображений рух інструменту при обробці правої сторони деталі «Вал» на токарному верстаті. На моделі деталі зображений ескіз руху інструменту, за яким рухається інструмент. Попередньо треба встановити межі заготовки (рис. 4.5), що дає змогу обчислити глибину різання інструменту та виконати обчислення припуску на обробку деталі для чорнової та чистової операцій.

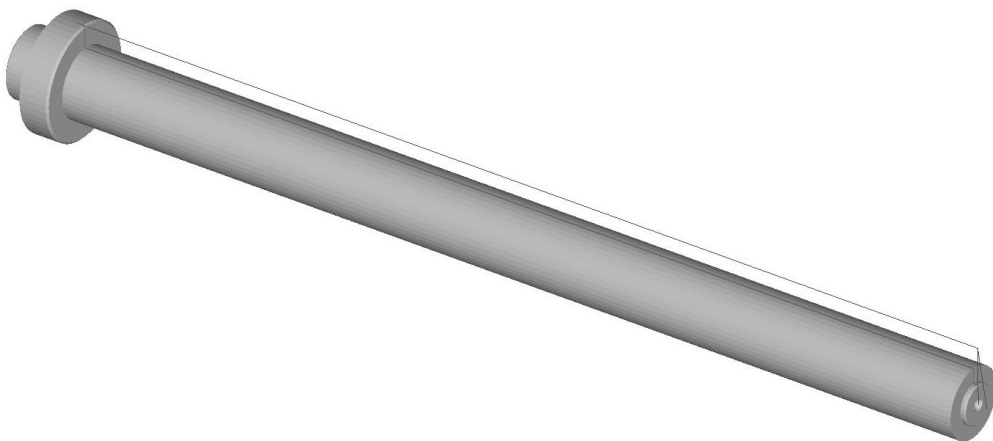


Рисунок 4.3 – Рух інструменту при обробці правої сторони деталі «Вал»

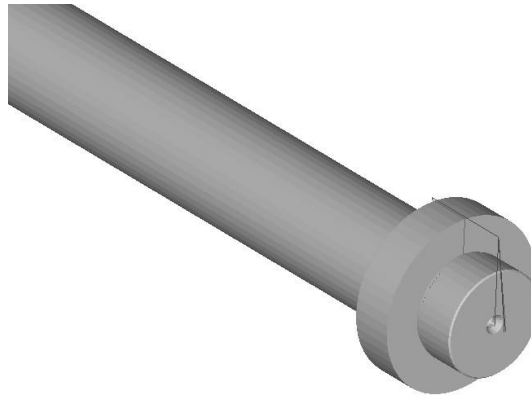


Рисунок 4.4 – Рух інструменту при обробці лівої сторони деталі «Вал»

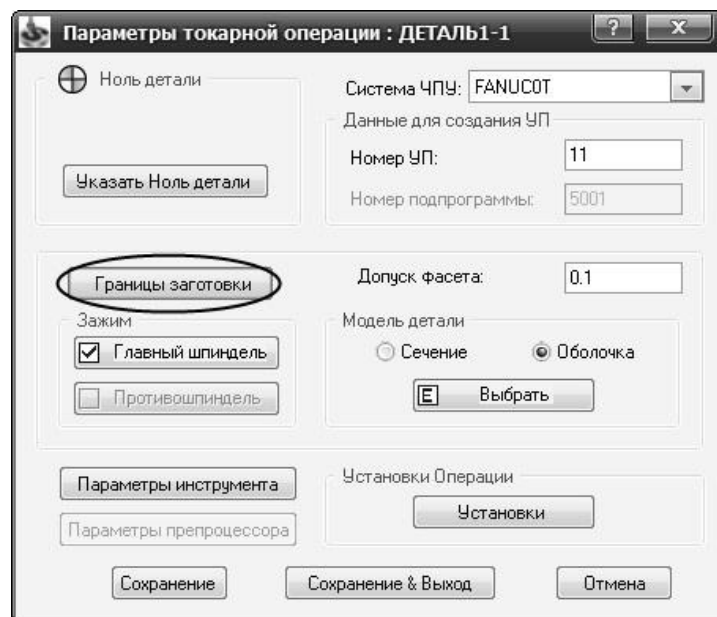


Рисунок 4.5 – Встановлення меж заготовки

Після встановлення рухів обробки, треба встановити ріжучий інструмент, яким виконується обробка. Для обробки використаний різець 20×20 з твердосплавною пластиною NCMG120408-WL фірми SANDVIK Coromant. Схематичний вигляд інструменту зображений на рис. 4.6.

САПР SolidCAM дає можливість синхронізувати роботу магазину верстата із таблицею інструментів у системі, тобто номер інструменту у таблиці інструментів САПР SolidCAM відповідає номеру інструменту у магазині верстату, треба тільки встановити потрібний інструмент у відповідне місце магазину інструментів верстату – рис. 4.7.

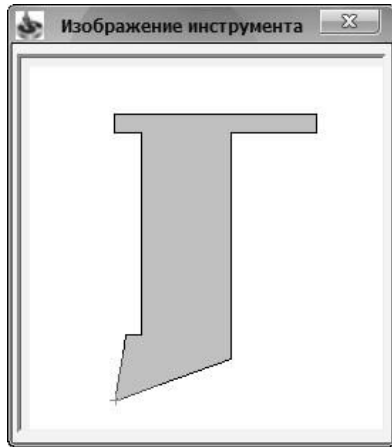


Рисунок 4.6 –
Схематичне зображення
інструменту

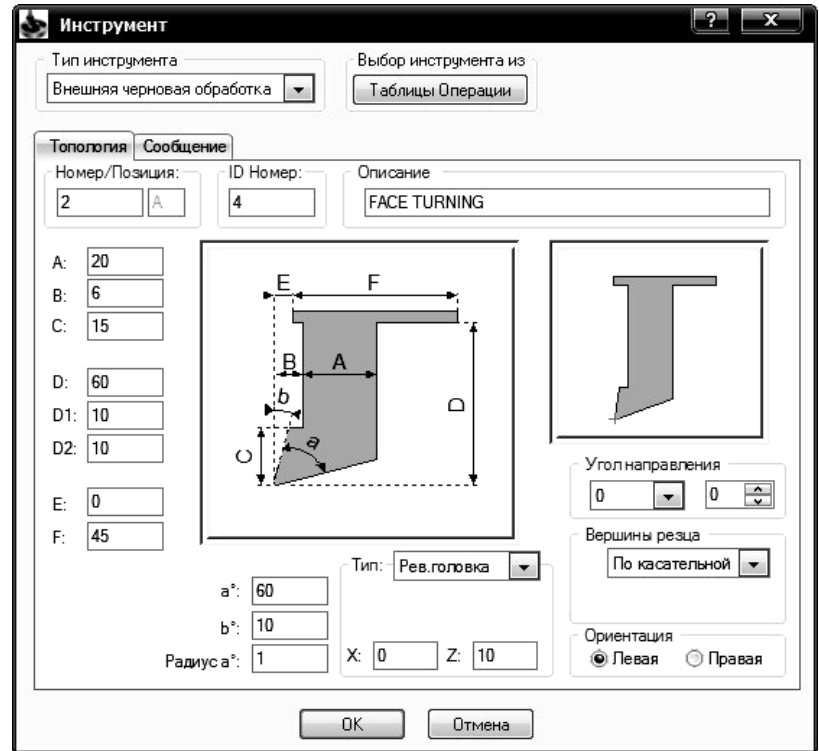


Рис. 4.7 – Таблица инструментов САПР
SolidCAM

Після встановлення всіх параметрів можна виконати візуалізацію обробки та згенерувати керуючу програму (керуюча програма знаходиться у додатку Б). Під час візуалізації обробки, виконується аналіз обробки – аналіз поверхні деталі після обробки на заданих режимах. На рис. 4.8 представлено зображення обробки деталі у кінцевому положенні інструменту. На рис. 4.9 показаний остатній матеріал – матеріал що знаходиться в межах допуску і не перевищив границі деталі. На рис. 4.11 показаний поверхневий графік розподілу матеріалу у межах „плюс/мінус”, який можна проаналізувати за допомогою рис. 4.10 – таблиця порівняння.



Рисунок 4.8 – Обробка деталі при кінцевому положенні інструменту

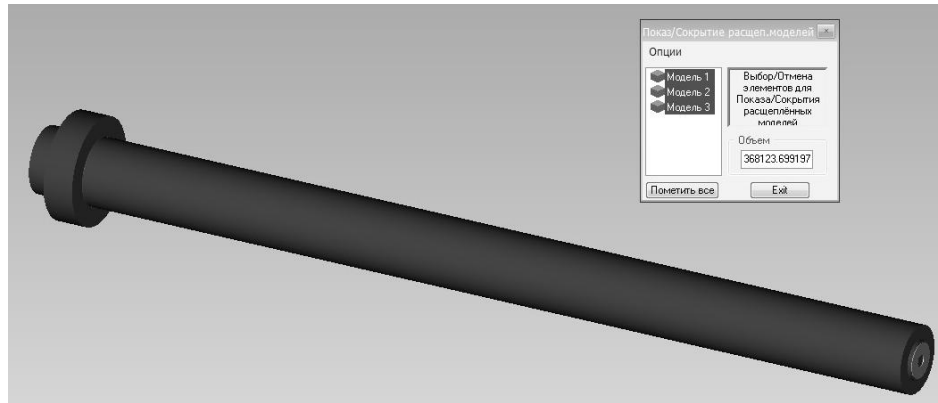


Рисунок 4.9 – Остатний матеріал при обробці дугових пазів

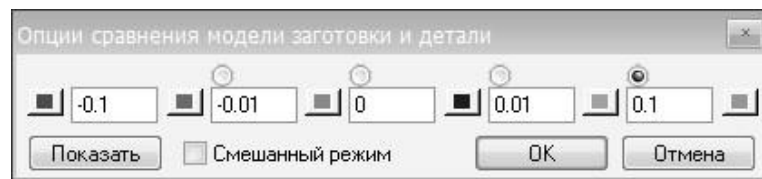


Рисунок 4.10 – Таблиця порівняння

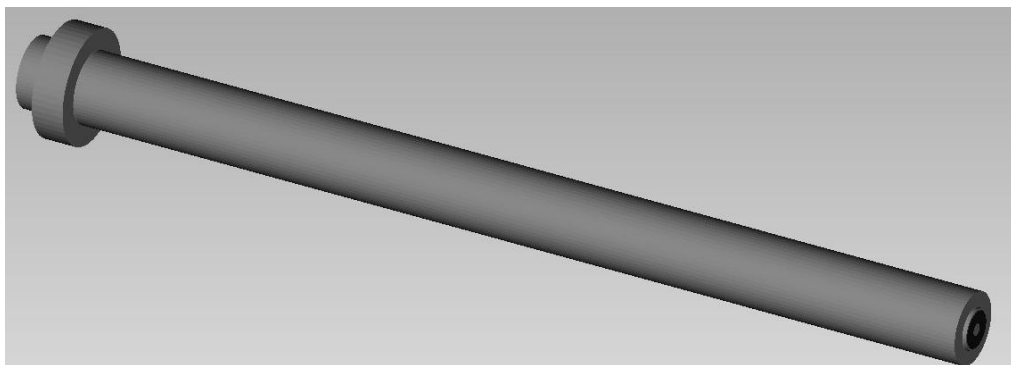


Рисунок 4.11 – Поверхневий графік розподілу матеріалу після обробки

4.3 Висновки

У даному розділі була розроблена циклограма обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК. Також розроблена керуюча програма на обробку деталі у програмному пакеті SolidCAM, в результаті отриманий текст керуючої програми, який наведений у додатку Б, отримана візуалізація обробки деталі «Вал», що дозволяє простежити за процесом обробки та визначити усі необхідні параметри щодо виготовлення виробу.

5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

5.1 Конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, яке використовується при обробці на верстатах із ЧПК

Основну групу технологічного оснащення становлять пристосування механоскладального виробництва.

Застосування пристосувань дозволяє: усунути розмітку заготовок перед обробкою, підвищити точність обробки, збільшити продуктивність праці на операції, знизити собівартість продукції, полегшити умови роботи і забезпечити її безпеку, розширити технологічні можливості обладнання, організувати багатOVERстатне обслуговування, застосувати технічно обґрунтовані норми часу, скоротити число робітників [4].

Класифікацію пристосувань проводять по кількох ознаках.

По цільовому призначенню пристосування поділяють на:

- Верстатні – використовують для установки і закріплення заготовок на верстатах;
- Для закріплення робочих інструментів – характеризуються більшим числом нормалізованих конструкцій, що пояснюється нормалізацією і стандартизацією самих робочих інструментів;
- Збірні – використовують для з'єднання деталей, що сполучаються, і складальних одиниць, кріплення базових деталей виробу, що збираються, і т.д.;
- Контрольні – застосовують для контролю заготовок, проміжного і остаточного контролю оброблюваних деталей, а також для вивірки зібраних елементів;
- Для захвата, переміщення і перевертання оброблюваних заготовок (автоматизоване виробництво).

По типу верстатів пристосування ділять на токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні і заточувальні.

По ступеню спеціалізації пристосування ділять на універсальні, спеціалізовані і спеціальні. Універсальні виготовляють на заводах технологічного оснащення або поставляють разом з верстатами. До них відносять різного роду лещата, токарні патрони, магнітні плити та магнітні і електромагнітні патрони, оправки, центри, ділильні голівки, поворотні столи та ін. Спеціалізовані і спеціальні проектують спеціально для обробки або контролю певного інструмента. Їх звичайно виготовляють в інструментальному цеху даного заводу.

Автоматично переналагоджувані патрони до токарних верстатів ГВС. Для підвищення ступеня автоматизації і гнучкості ГВС до патронів для токарних верстатів ГВС пред'являються наступні основні вимоги:

- наявність зазору між заготівкою і кулачками патрона в 2-3 рази перевищує погрішність позиціювання захвату робота;
- автоматичний затиск-розтиск заготівки в патроні;
- надійне закріплення заготівлі в патроні навіть у випадку аварійного падіння тиску робітничого середовища;
- щільний контакт торця заготівлі з опорами патрона;

Для підвищення гнучкості ГВС пристосування для токарних верстатів повинні забезпечувати:

- автоматичну по програмі переналагодження або зміну кулачків при переході на обробку нової партії заготовок;
- автоматичне переналагодження верстата з патронних на центрові роботи.

На токарних верстатах ГВС обробляють заготівки деталей - тіл обертання. Оскільки базові поверхні заготовок (зовнішні циліндричні поверхні) будуть однакові для всіх деталей, установлюваних у патронах, то для виробництва комплектів найбільше доцільно застосовувати автоматично переналагоджувані патрони. При цьому вартість застосування патронів, включаючи вартість пристроїв зміни кулачків, буде менше, ніж вартість

використання автоматично замінних патронів, з огляду на їхню велику кількість, необхідне для обробки заготовок за безлюдною технологією.

Застосовують наступні види автоматичних переналагоджуваних патронів: з автоматичним регулюванням положення кулачків, з автоматичною перестановкою кулачків на необхідний діаметр; з автоматичною послідовною зміною кулачків і з автоматичною зміною комплекту кулачків. Патрони з автоматичним регулюванням положення кулачків і автоматичною перестановкою кулачків призначені лише для чорнової обробки заготовок із двох сторін на одному верстаті. Чистова обробка з установкою заготовки в сирих кулачках здійснюється на другому верстаті ГВС.

Патрони з автоматичним регулюванням положення кулачків забезпечують автоматичне переналагодження патронів по команді ЧПК ЕОМ при зміні об'єкта обробки. Такі патрони можуть бути виконані клиноресчними, клиноресчними із двома рейками і важільними із гвинтовими механізмами.

На рис. 5.1 показаний клиноресчний патрон із програмним управлінням фірми FlexSim [7].

Положення кулачків по діаметрі регулюється по команді ЧПК. На бічних поверхнях основ 4 кулачків нарізані косі зубці, що зачіпаються із зубцями рейок 3, рухливо встановлених у корпусі патрона, з'єднаних фланцем 2 з тягою 1 механізованого приводу. На протилежній бічній поверхні основи 4 кулачків виконані поздовжні пази, у які входять обмежувальні штифти. Оброблювана заготовка 8 центрується і затискається

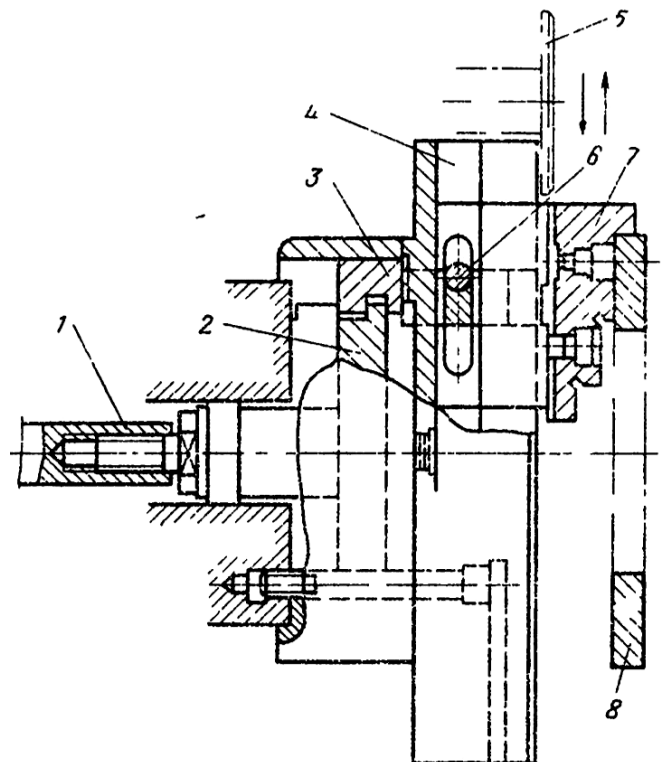


Рисунок 5.1 – Патрон з автоматичним перепозиціюванням кулачків

обмежувальні штифти. Оброблювана заготовка 8 центрується і затискається

кулачками 7 при переміщенні тяги 1 приводу. При цьому клинові рейки 3 рухаються вліво, переміщаючи основи кулачків 4 з кулачками 7 у радіальному напрямку до центру патрона. При розкріпленні заготовки тяга 1 переходить у крайнє праве положення. При цьому рейки також переміщаються в крайнє праве положення. Оскільки зубці клинових рейок 8 частково зрізані, рейки в цьому положенні виходять із зачеплення із зубцями основ кулачків. При включенні верстата по команді ЧПК на середніх обертах шпинделя основи 4 з кулачками 7 переміщаються під дією відцентрових сил до периферії патрона до упору в обмежувальні штифти 6. Потім верстат автоматично перемикається на малі оберти. Ролик 5 по команді ЧПК пересувається до центра патрона і переміщає кулачки до центру на необхідну відстань, у результаті чого кулачки автоматично настроюються на необхідний діаметр.

На рис. 5.2 показаний клиноресний патрон із двома рейками з автоматичним перепозиціюванням кулачків мод. 3KGVNC фірми Forkardt [4].

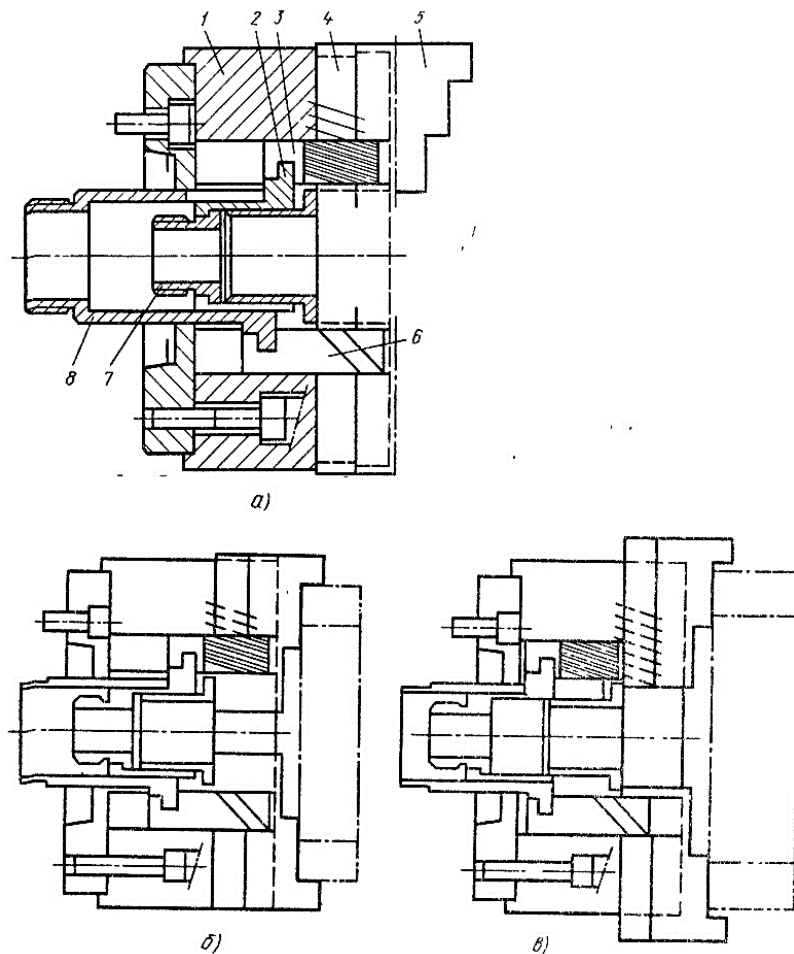


Рисунок 5.2 – Патрон з автоматичним перепозиціюванням кулачків

Патрон по команді системи ЧПК автоматично настроюється на затиск заготовки відповідного діаметра. У корпусі 1 патрона встановлені три косозубі рейки 3 з невеликим кутом нахилу зубців, призначені для переміщення кулачків 4 на 7—8 мм при закріпленні-розкріпленні заготовок кулачками 5, і три косозубі рейки 6 з кутом нахилу 45° , призначені для переміщення кулачків на 10—18 мм при перепозиціюванні кулачків. Здвоєний поршневий циліндр мод. ASK переміщає втулки 7 і 2 при затиску-розтиску заготовки і втулку 8 при перепозиціюванні кулачків. При автоматичному позиціюванні кулачків 5 їхні зубці автоматично розчіплюються із зубцями рейок 3 і зачіпаються із зубцями рейок 6. На рис. 5.2, б и в показаний патрон із затиснутою і розтиснутою заготовкою.

На рис. 5.3 показаний патрон з автоматичним регулюванням положення кулачків фірми *New Britain* (США). Зусилля затиску основним 4 і накладним 5 кулачками передається від гідроциліндра, закріпленого на задньому конусі шпинделя верстата через тягу 1, важелі 2 і основи кулачків 3. Останні опираються на підп'ятники регулювальних гвинтів 4, які вгвинчені в основні кулачки 5. Регулювання положення кулачків здійснюється валом 7 через конічне колесо 6. Поворот валу 7 обумовлює переміщення основних кулачків до центру або від центру патрона. Кулачки 9 установлені на вставках 8.

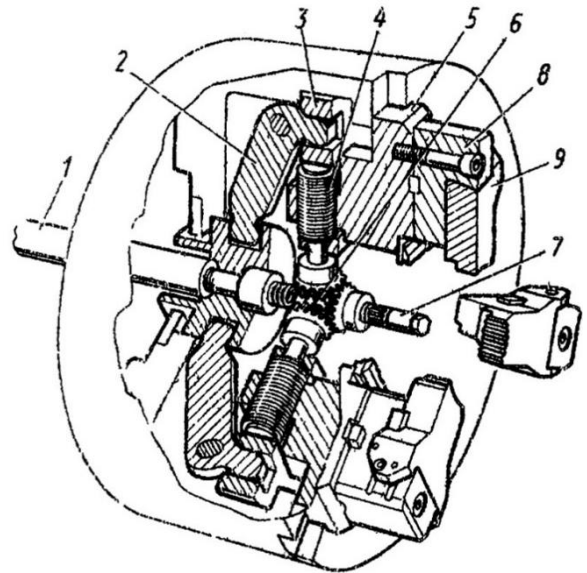


Рисунок 5.3 – Патрон з автоматичним регулюванням положення кулачків

Патрон швидкопереналагоджуємий клиновий (рис. 5.4). Для швидкої зміни кулачків необхідно вставити ключ в отвір пальця 6 і повернути його. При цьому штифт 7, що входить у паз диска 8 повертає останній у положення, при якому пази диска, установлені в корпусі, розташовуються під плунжерами

2 з торцевими зубцями, що зачіпаються із зубцями кулачків 5. Плунжери 2 переміщаються в пази диска і зубці плунжерів виходять із зачеплення із зубцями кулачків, у результаті чого вони вільно виймаються з пазів корпусу патрона. Фіксатор 3 охороняє кулачки від їхнього випадання під час заміни. Після переустановки або заміни кулачків повертають ключем палець 6 і скоси пазів диска 8 переміщують плунжери 2 вправо, уводячи їхні зубці в зачеплення із зубцями кулачків. Для зміни кулачків потрібно 30 с. Закріплення оброблюваних виробів у таких патронах здійснюється механізованим пневмо- або гідроприводом, шток поршня якого з'єднаний із клинковою втулкою 5.

Для автоматичного підтиску торця заготовки в кулачку патрона (рис. 5.5) встановлений підпружинений плунжер 2. При установці заготовки 3 остання захоплюється плунжерами 2. При закріпленні заготівлі кулачки переміщаються до центра патрона. Плунжери, стискаючи пружини, переміщаються разом із заготівлею до торця А. Після повного стиску пружин кулачки закріплюють заготівку по зовнішній циліндричній поверхні. При цьому торець заготовки щільно притискається до торця А кулачка.

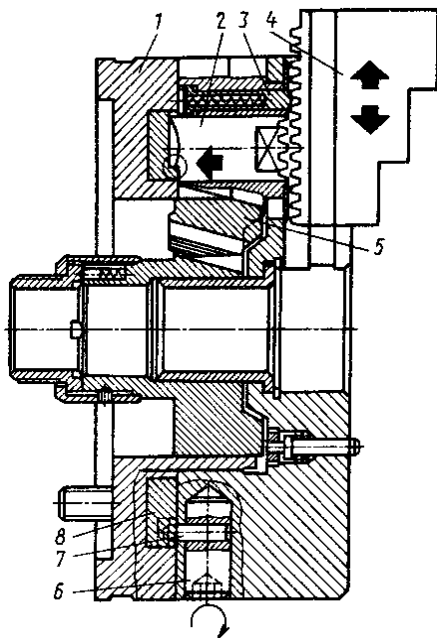


Рисунок 5.4 – Патрон швидкопереналагоджуємий клиновий

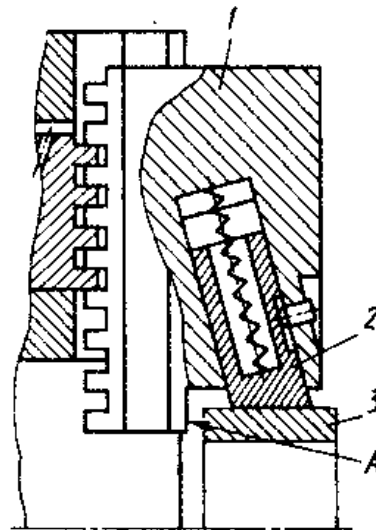


Рисунок 5.5 – Автоматичний підтиск торця заготовки

Задні центри. Як раніше згадувалося, при установці заготовки в центрах, в якості затискних пристосувань використовують передній опорний центр, що закріплює в шпинделі верстата, і задній опорний центр, що закріплює в пінолі задньої бабки. Передній центр обертається разом із заготовкою інструмента, а задній центр нерухомий.

У результаті чого, необертаючийся задній центр (рис. 5.6, а – в) внаслідок тертя між його конусною поверхнею і центровим отвором оброблюваної деталі сильно нагрівається і зношується (нерухомі задні центри використовують при порівняно невеликій швидкості обертання шпинделя верстата $n \leq 120 \text{ хв}^{-1}$).

Для зменшення зношування і збільшення стійкості центрів використовують зносостійкі центри, у яких на робочий конус наплавлений шар твердого сплаву або впаяний твердосплавний наконечник (рис. 5.6, г).

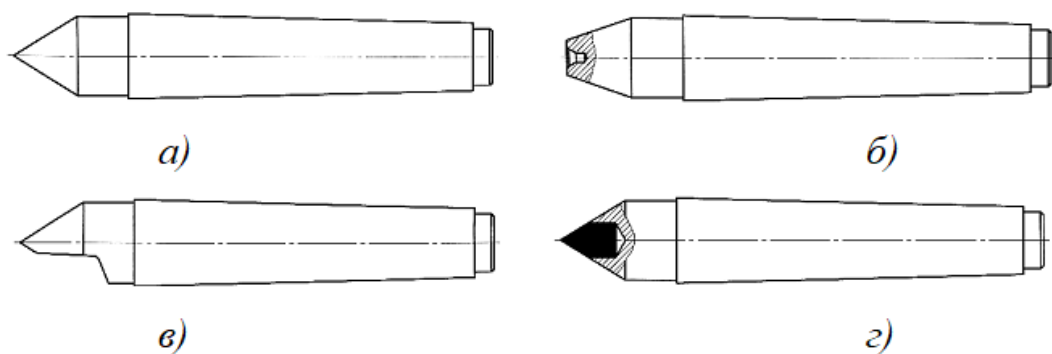


Рисунок 5.6 – Типи необертових задніх центрів: а) твердий центр; б) зворотний центр; в) напівцентр; г) твердосплавний центр.

При обробці на високих швидкостях різання застосовують обертові задні центри, які мають меншу твердість, чим необертові, але не зношуються і не псують базових поверхонь, тому що обертаються разом із заготовкою інструмента.

Так, задній центр (рис. 5.7, а) використовують для установки заготовок інструмента із центровими отворами, а задній центр, представлений на рис. 5.7, б – для обробки порожніх заготовок інструмента.

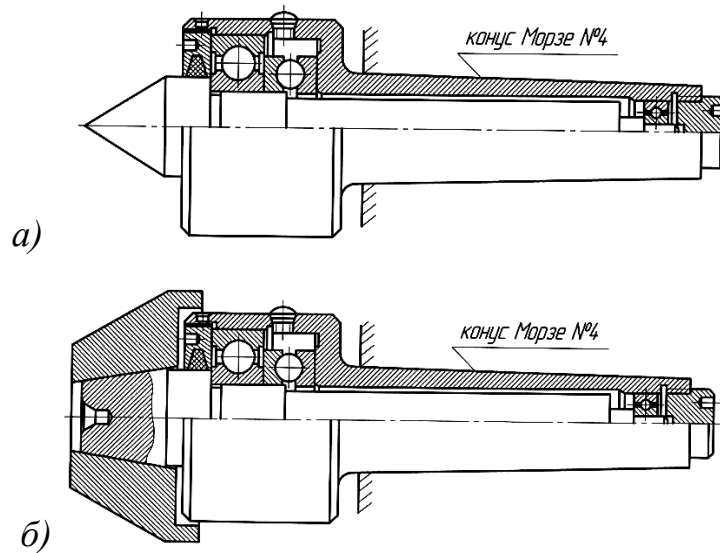


Рисунок 5.7 – Типи обертових задніх центрів:
а) прямий; б) зворотний.

Люнети. Заготівки інструмента класу «валики» і «втулки» характеризуються твердістю, що визначається відношенням деформуючої сили до величини деформації (при відношенні $l/d \leq 5$ вал вважається *твердим*, при $l/d = 5...12$ – *напівтвердим*, а при $l/d > 12$ – *нежорстким*).

Напівтверді і нежорсткі заготівки обробляють закріпленими в центрах і додаткових пристосуваннях - люнетах (рис. 5.8), для зменшення відтиску заготівки. Відтиск приводить до збільшення розміру в середній частині заготівки інструмента (бочкоподібність), викликає сильні вібрації і може привести до виривання її із центрів.

По конструкції люнети розділяють на універсальні і спеціальні, по способу установки на верстаті – нерухомі, що закріплюють на направляючі станини (рис. 5.8, а), і рухомі, що закріплюють на каретці супорта, що рухаються разом із ним (рис. 5.8, б).

Люнети мають кулачки з антифрикційного матеріалу (як правило, бронзи), які притискаються до заготівки і перешкоджають її відтиску в процесі різання. Кулачки періодично змазують.

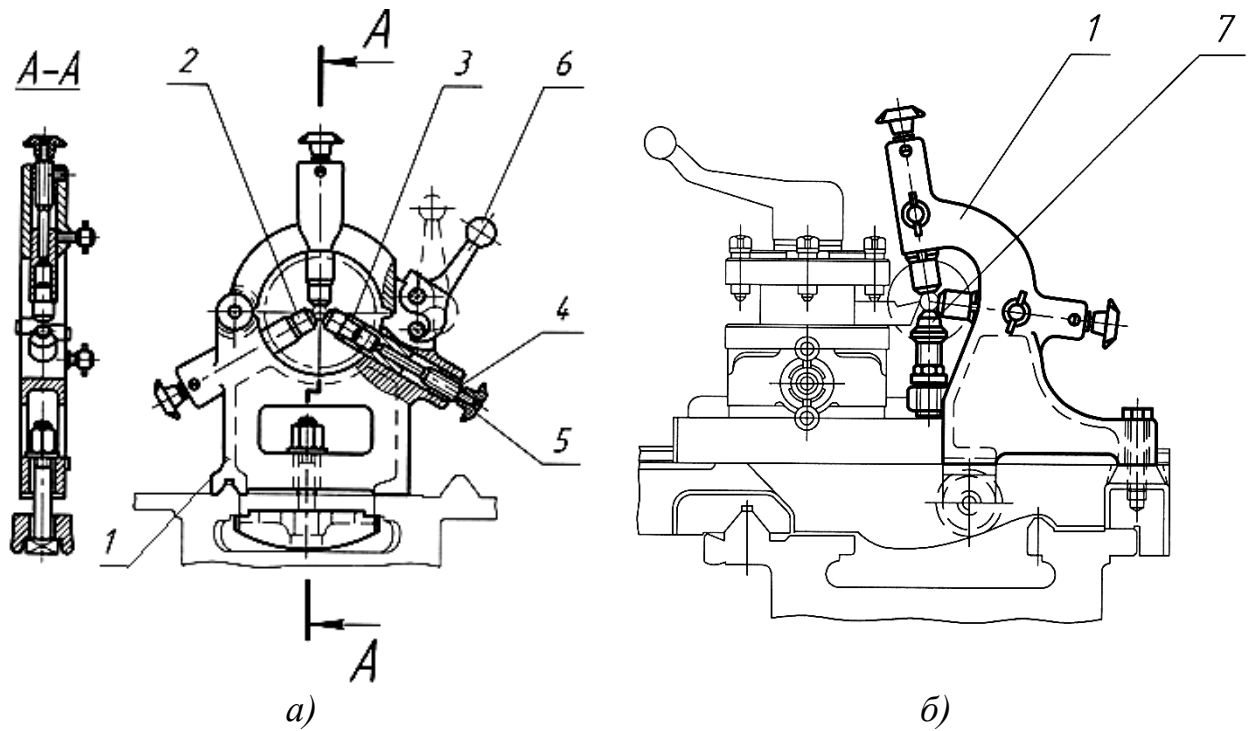


Рисунок 5.8 – Типи токарних люнетів: а) нерухомий; б) рухомий.

1 – корпус; 2 – кулачок; 3 – піноль; 4 – гвинт;
5 – рукоятка; 6 – ручка затискача; 7 – домкратик.

При обточуванні заготівок інструмента твердосплавними різцями на високих швидкостях різання бронзові кулачки швидко перегріваються і зношуються, крім того, можливе заклинювання оброблюваної заготівки. У цьому випадку, обробку твердосплавними різцями на високій швидкості ведуть у люнетах, оснащених роликовими кулачками.

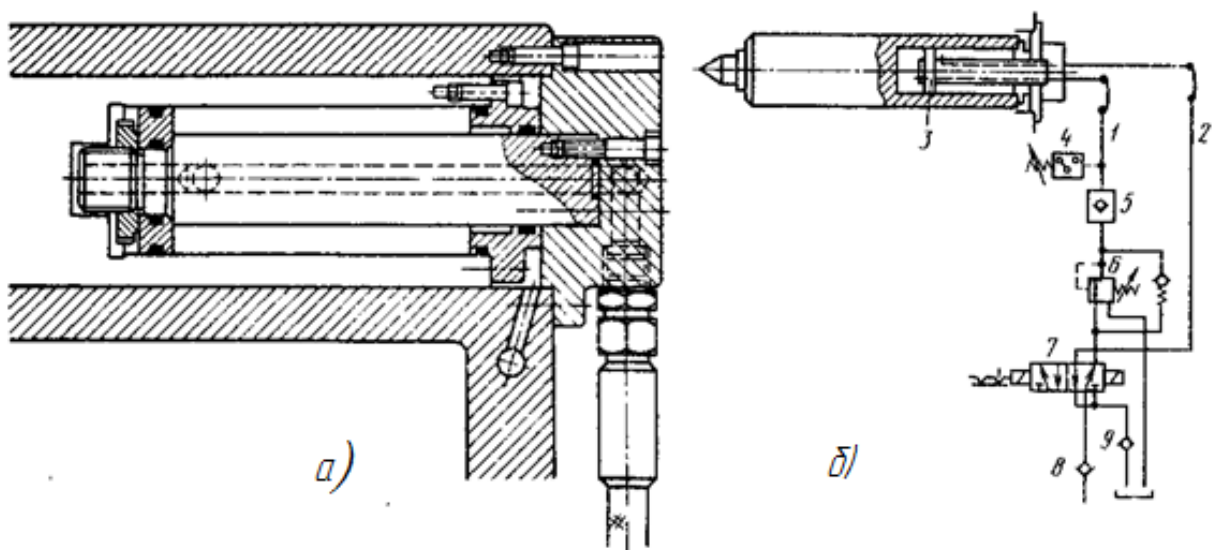


Рисунок 5.9 – Задня бабка з гідроприводом пінолі

Для підтиску валів заднім обертовим центром при застосуванні трьохкулачкових патронів застосовують убудований у піноль гідроциліндр (рис. 5.9, а). На рис. 5.9, б показана гідросхема пінолі задньої бабки із встановленим у ній обертовим центром. Масло нагнітається насосом через зворотний клапан 8, золотник 7, редукційний клапан 6, зворотний клапан 5 і трубопровід у поршневу порожнину гідроциліндра 3. При цьому піноль переміщається вліво, притискаючи обертовим центром торець заготівки до трьохкулачкового патрону. Масло зі штокової порожнини циліндра по трубопроводу 2 через золотник 7 і зворотний клапан 9 зливається в бак. Реле тиску 4 призначено для відключення головного електродвигуна верстата при падінні тиску в гідросистемі.

5.2 Розробка конструкції захватного пристрою маніпулятора для переміщення виробу «Вал» у робочій зоні ГВМ ЛАС-ЧПК

Робот звичайно складається з наступних основних елементів: маніпулятора, системи керування, чутливих елементів, засобів пересування. Маніпулятори мають, подібно рукам людини, багато ступенів рухливості (волі, від двох до дванадцяти). Отже, можливо дуже велика кількість варіантів кінематичних схем виконавчих рук роботів. Всі ступені рухливості маніпулятора повинні бути керовані. Крім розходження в розподілі ступенів рухливості уздовж руки робота істотне значення має також і розходження в співвідношенні геометричних розмірів окремих її ланок. Кінематична схема руки повинна забезпечувати захват в будь-якій точці заданої робочої зони і будь-яку необхідну орієнтацію захвата в кожній точці.

Приводні механізми робота потрібні, щоб забезпечити рух захватного механізму і руки. Розташовано такі механізми різним образом. Їх поміщають безпосередньо в шарнірах або на ланках руки біля кожного шарніра. Таке розташування вигідно для приводів малої рухливості, тобто при невеликій вантажопідйомності руки.

Застосовується компонування всіх приводів у єдиному моторному блоці на корпусі маніпулятора, біля плечового суглоба. Вона вимагає тросової, рейкової або сельсінної передачі рухів від моторного блоку до всіх шарнірів; це переважно для потужних приводів. Застосовують і комбінований варіант компонування приводів.

Переміщення в приводних механізмах робіт в основному забезпечують електродвигуни постійного струму. Їх відрізняє висока надійність у роботі, гарні регульовальні властивості із широким діапазоном швидкостей, реверсування. Створено тип електропривода у вигляді єдиного компактного модуля - електродвигуна, редуктора і частини корегувальних пристроїв. Модуль при великому передатному відношенні повинен мати мінімальні габарити, коефіцієнт тертя і люфти. Це забезпечить його "вписування" всередину шарніра.

У приводах робота знайшли застосування електромагнітні муфти і крокові двигуни різних типів. Крокові двигуни перспективні в сполученні із цифровою керуючою машиною. Часто в роботах зустрічаються поршневі (силові гідроциліндри) і лопатеві гідравлічні приводи. Вони мають малу масу на одиницю потужності, малу інерційність, високу швидкодію, можливість одержання низької швидкості руху без редуктора. Якщо більші потужності не потрібні, приводні пристрої робота постачають пневматичним приводом з електричними або пневматичними (струминними) керуючими і корегувальними пристроями [9,10].

Основні вузли і агрегати робота монтуються на спеціальній рамі або твердому кожусі. Раму кріплять до підлоги або підвісу нерухомо, але вона може і переміщатися за допомогою коліс, роликів по підлозі, по напрямних рейках або платформах. Пульт керування конструюють виносним або на роботі. Виносні пульти можуть обслуговувати відразу кілька спеціальних робіт, що працюють по твердій програмі дії.

Як силові агрегати робіт застосовують автономні або виносні гідростанції і пневмостанції. З метою безпеки при роботі від пневмостанцій

використовують тільки систему низького тиску. Звичайно пневмостанції встановлюють окремо. Для приведення механізмів робота в дію є гідро- і пневмоциліндри, а для забезпечення плавності ходу частин, що рухаються, використовують гідро- і пневмодемпфери. Величину ходу штоків контролюють упори.

Захватні пристрої (ЗП) промислових роботів (ПР) і маніпуляторів (М) слугують для захвату і утримання в певнім положенні об'єктів маніпулювання. Ці об'єкти можуть мати різні розміри, форму, масу і мати різноманітні фізичні властивості, тому ЗП відносяться до числа змінних елементів ПР. Як правило, ПР і М комплектують набором типових (для даної моделі) ЗП, які можна міняти залежно від вимог конкретного робочого завдання. Іноді на типовий захват встановлюють змінні робочі елементи (губки, присоски і т.п.). При необхідності ПР оснащують спеціальними ЗП, призначеними для виконання певних операцій. До ЗП пред'являються вимоги загального характеру і спеціальні, пов'язані з конкретними умовами роботи. До числа обов'язкових вимог відносяться надійність захоплювання і утримання об'єкта, стабільність базування, неприпустимість ушкоджень або руйнування об'єктів. Міцність ЗП повинна бути високою при малих габаритних розмірах і масі. При обслуговуванні одним ПР декількох одиниць устаткування застосування широкодіапазонних ЗП або їхня автоматична зміна може виявитися єдино можливим рішенням, якщо одночасно обробляються деталі різних конфігурацій і маси. Тому до ЗП для ПР, що працюють в умовах серійного виробництва, пред'являються додаткові вимоги: широкодіапазонність (можливість захвату і базування деталей у широкому діапазоні маси, розмірів і форми), забезпечення захоплювання близько розташованих деталей, легкість і швидкість заміни (аж до автоматичної зміни ЗП). У ряді випадків необхідно автоматична зміна зусилля втримання об'єкта залежно від маси деталі.

Останнім часом ведуться розробки конструкцій ЗП, здатних захоплювати і базувати не орієнтовано розташовані об'єкти.

Вони відрізняються по типу передавального механізму: важільно-стержневі (рис. 5.10), кулісно-стержневі, зубчасті, клинові (рис. 5.11), кулачкові, цангові, ексцентрикові. Деталі в клинових, цангових, ексцентрикових ЗП, утримувані силами тертя без приводів, мало застосовують у робототехніці через великий допуск на положення деталі в ЗП і ускладнення процесу видалення деталі із ЗП. Однак вони володіють рядом достоїнств: автоматичне регулювання утримуючої, мінімально необхідної сили захвата по реальному коефіцієнту тертя; простота і надійність, що при певній доробці ЗП, сполученого верстатного пристосування і тари гарантує перспективу використання подібних ЗП в певних випадках. По типі привода ЗП підрозділяють на конструкції із пневмо-, гідро-, магніто- і електроприводом. Пневмопривід зручний простим підведенням енергії до ЗП (один шланг), при цьому легко регулюється зусилля затиску, ЗП мають можливість працювати в агресивних середовищах і у зоні високих температур. Істотний недолік пневмоприводу - великі габаритні розміри при порівняно невеликому зусиллі захвату. Гідравлічний привід забезпечує більші зусилля захвату, він компактний і легко регулюється, що визначає широке його поширення. Електричний привід вимагає спеціальних малогабаритних двигунів постійного струму, розробка яких для робототехніки поки тільки ведеться.

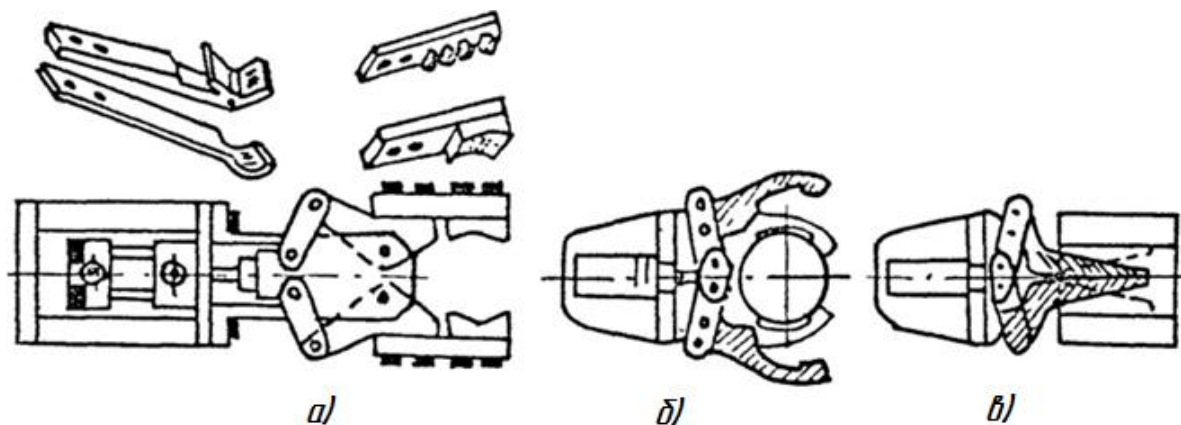


Рисунок 5.10 – Універсальні двухпальцеві ЗП зі змінними губками:
а) стандартний; б) для захвату по зовнішній поверхні; в) для захвату по внутрішній поверхні

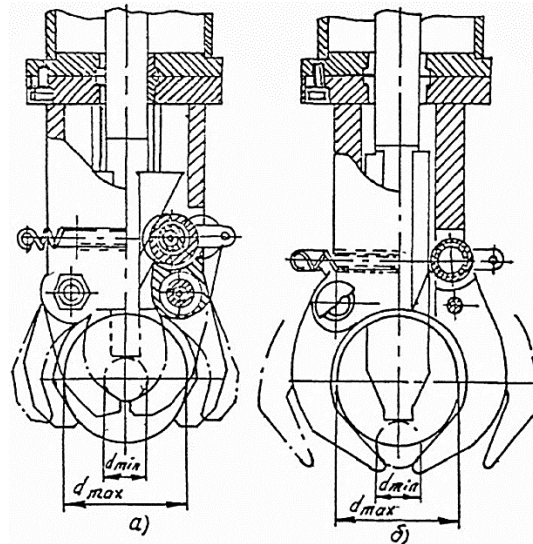


Рисунок 5.11 – ЗП для циліндричних виробів різних діаметрів із збереженням:
а) положення осі; б) поверхонь, що базуються

5.3 Вибір основного та допоміжного інструмента для виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК та розрахунок режимів різання

5.3.1 Вибір основного та допоміжного інструмента

Кріплення, зміна, зберігання, обслуговування і адміністрація інструмента – не маловажний фактор у виробничому ланцюжку [6]. Сучасна високопродуктивна твердосплавна пластина, надійно і точно встановлена в державці або корпусі фрези, не буде працювати на свої повні можливості, якщо закріплення інструмента в різцетримачі або шпинделі не має необхідної жорсткості і точності. І можливість для збільшення продуктивності буде загублена.

Усе більше і більше з'являється встаткування, для якого тип інструментального оснащення відіграє важливу роль - токарні і фрезерні верстати з ЧПК, багатофункціональні верстати і обробні центри та ін. На багатьох верстатах інструменти змінюються вручну, і час на заміну і розмірне настроювання інструмента прямо впливає на продуктивність. Інші верстати мають пристрої автоматичної заміни інструмента, але в обох випадках ефективність забезпечується типом інструментального оснащення.

Ручна зміна інструмента. На обладнанні з ручною зміною інструмента час, необхідний для цих допоміжних операцій, визначає ступінь

його використання, отже, швидкість виготовлення деталей. Якщо скоротити час на зміну інструмента, доля часу, коли верстат обробляє деталі, збільшиться, і ефективність використання обладнання зросте. Якщо переналадження подібного обладнання зі стандартним інструментом може займати години, то використання швидкозмінного оснащення скоротить цей час до хвилин.

Зупинки, пов'язані із заміною зношеного інструмента, також значно скорочуються при використанні швидкозмінного оснащення. Якщо звичайно основний час становить третину від усього фонду часу, то з швидкозмінним оснащенням його частку можна збільшити до однієї другої.

Будь який токарний верстат можна легко оснастити швидкозмінним оснащенням Coromant Capto, використовуючи стандартні базові блоки, які встановлюються на ті ж поверхні, що і звичайний інструмент.

Револьверні голівки можуть бути виготовлені з убудованими базовими тримачами Coromant Capto з використанням стандартних елементів механізму затиску.

Coromant Capto - єдина інструментальна система, придатна для всіх без винятку операцій металообробки. Вона однаково ефективна для точіння, фрезерування, свердління і розточування. Ті самі інструменти, патрони і перехідники можуть бути використані на різних операціях і навіть верстатах, що дозволяє використовувати одну інструментальну систему для всього виробництва. Можна складати різноманітні наладки, використовуючи перехідники, патрони і інструменти різних довжин у будь-яких сполученнях. Та сама система може бути використана на верстатах різних типів різними способами.

Використання інструментального оснащення Coromant Capto на фрезерних обробних центрах забезпечує виняткову технологічну гнучкість і значне скорочення номенклатури застосовуваного інструмента.

Переваги інструментального оснащення Coromant Capto, вбудованої в токарно-фрезерні обробні центри:

- єдине інструментальне оснащення на верстаті;
- жорсткість з'єднання Coromant Capto дозволяє працювати з більшими

навантаженнями і повністю використовувати потужність верстата;

- оснащення Coromant Capto порівняно невелике по розмірах і вазі.

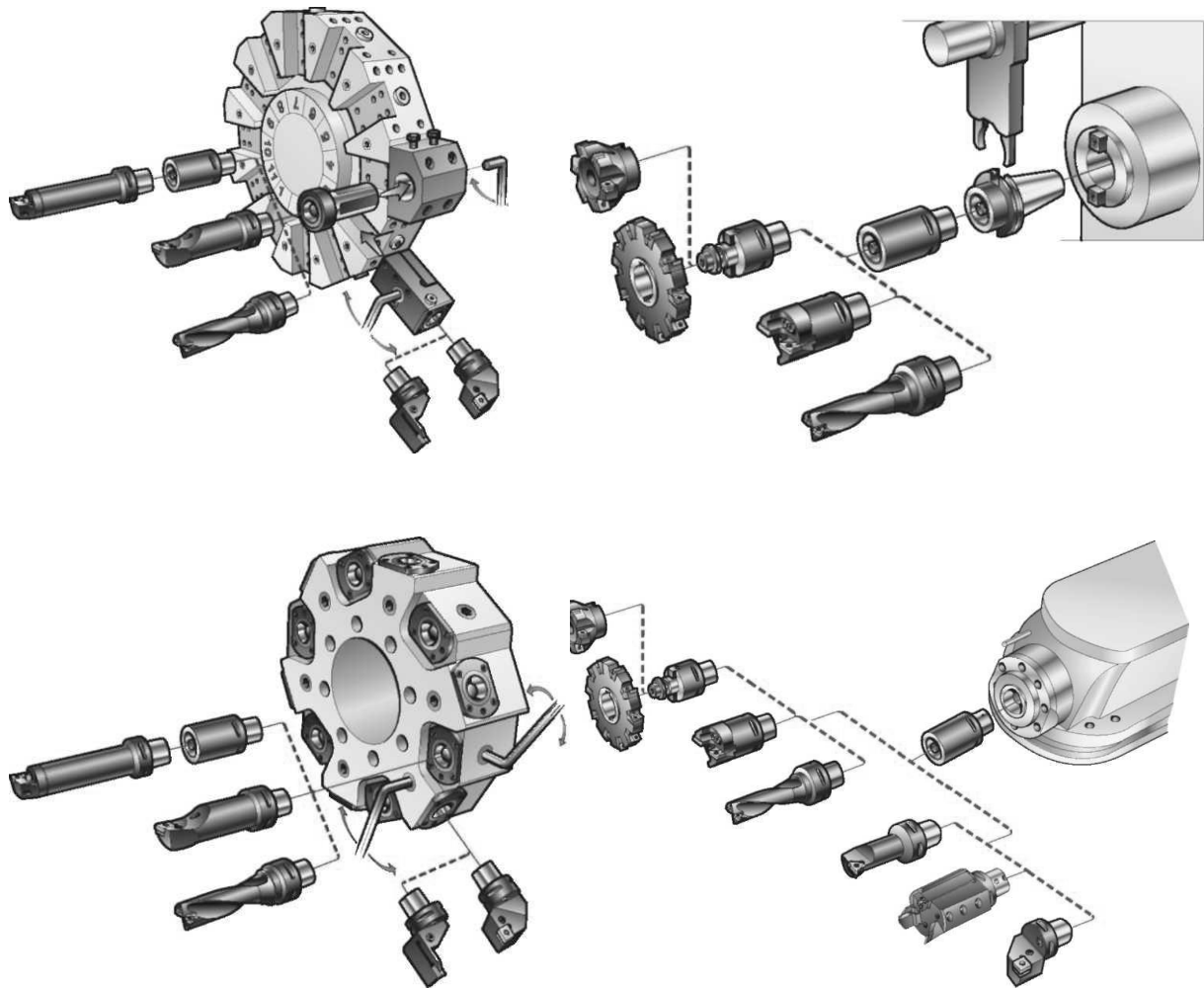


Рисунок 5.12 – Револьверні і шпиндельні голівки з наборами інструментів
Варіанти оснащення.

Револьверні голівки:

Базові тримачі Coromant Capto з ручним затиском:

с кулачковим приводом;

с гвинтовим кулачком;

с центральним болтом.

Базові тримачі із кріпленням за хвостовик.

У програмі є базові блоки Coromant Capto із круглим або призматичним хвостовиком для зовнішнього гостріння або розточення.

Базові тримачі Coromant Capto для установки в револьверні голівки із кріпленням VDI (DIN 69880).

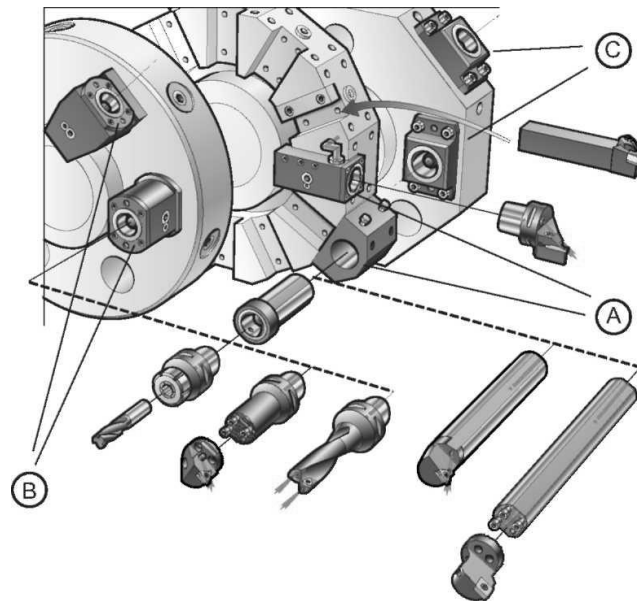


Рисунок 5.13 – Модульне швидкозмінне оснащення для токарних верстатів

Випускаються в прямому і радіальному виконанні, для зовнішньої і внутрішньої обробки (див.рисунок 5.15.)

Базові тримачі з гідромеханічним приводом механізму затиску:

- Напіваавтоматичний затиск із ручною активацією від кнопки;
- Повністю автоматичний затиск інструмента;
- Система Coromant Capto, інтегрована в багатоцільовий верстат;
- Модульне оснащення Coromant Capto;
- Повністю автоматичний цикл зміни інструмента.

Збільшення продуктивності можливо за рахунок підвищення жорсткості. Висока жорсткість з'єднання елементів оснащення системи дозволяє підвищити рівень застосовуваних подач на 0.1 мм/об, що вивільняє щорічно до 250 годин.

Висока чистота обробки і стійкість інструмента забезпечують одержання деталей більш високої якості. Ті самі елементи можуть

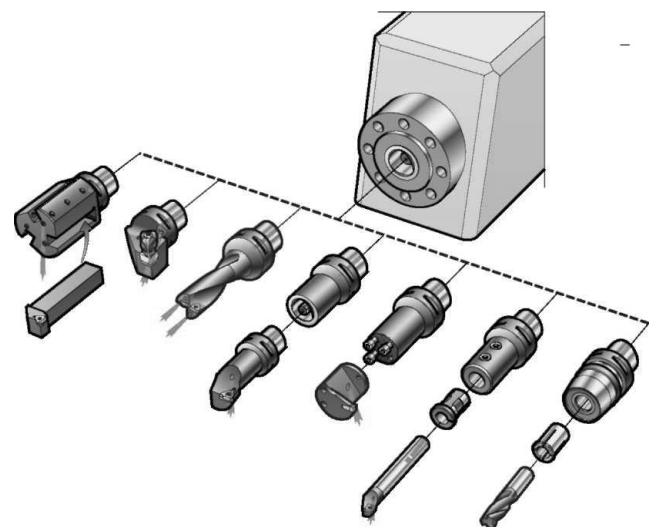


Рисунок 5.14 – Базові тримачі з гідромеханічним приводом механізму затиску

бути використані на різних типах верстатів, що розширює технологічні можливості оснащення і дозволяє зменшити кількість інструмента на складі.

Унікальний спосіб одночасного базування по тригранній конічній поверхні і торцю при закріпленні із зусиллям порядку декількох тонн забезпечує високу жорсткість і гарний опір як згинаючому, так і крутним моментам. Висока точність з'єднання гарантує, що повторюваність в осьовому і радіальному напрямку при наступних закріпленнях однієї і тієї ж різцевої голівки в одній і тій ж державці не перевищує ± 2 мкм.

Зникає необхідність у пробних проходах завдяки:

- високій точності з'єднання;
- попередньому настроюванню інструмента.

Відсутність пробних підходів дозволяє заощадити 200 годин робочого часу в рік.

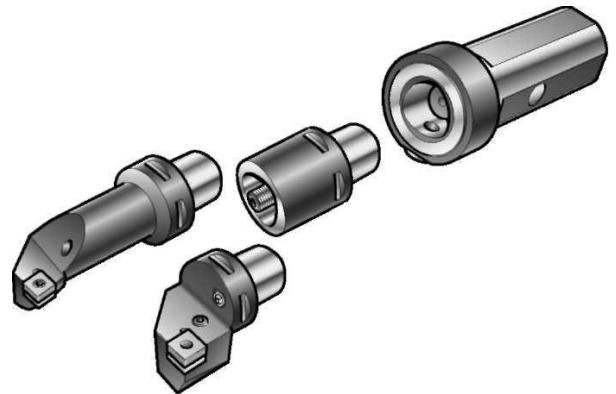


Рисунок 5.15 – Базування по тригранній конічній поверхні і торцю

Тригранне з'єднання, будучи самоцентрувальним, гарантує найменше биття обертового інструмента і установку ріжучої кромки точно по центру.

Подача ЗОТС через внутрішні отвори в інструменті усуває необхідність регулювання напрямку ЗОТС при установці оснащення, що знижує час на переналагодження. Ефективна подача ЗОТС підвищує стійкість пластин.

Принцип дії механізму закріплення. Система закріплення заснована на використанні пелюсткової цанги із сегментами, що зміщуються при русі центральної тяги. При закріпленні зовнішні частини сегментів попадають у внутрішню канавку різцевої голівки і закріплюють її на державці. У деяких конструкціях державок замість пелюсткової цанги використовується звичайний центральний болт.

Розкріплення різцевої голівки. При русі тяги вперед сегментні елементи пелюсткової цанги зміщуються до центру, при цьому їхні зовнішні частини

виходять із внутрішньої канавки на різцевій голівці, і тяга виштовхує голівку (див. рисунок 5.16,б).

Закріплення різцевої голівки. При русі тяги назад зовнішні частини сегментів пелюсткової цанги починають контактувати з конічною поверхнею тяги і зміщуються нею у внутрішню канавку голівки, закріплюючи останню в робочому положенні (див. рисунок 5.16,а).

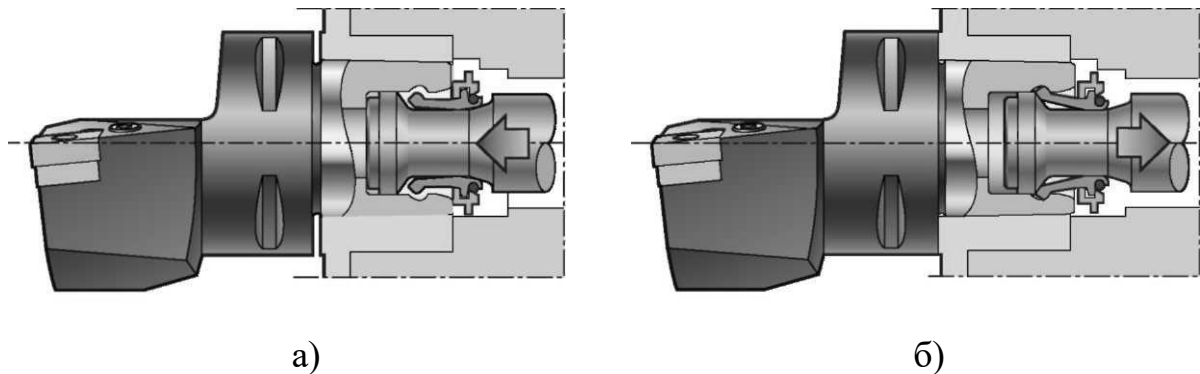


Рисунок 5.16 – Закріплення і розкріплення різцевої голівки

Базові тримачі для ручного закріплення. У базових тримачах для ручного закріплення різцевих голівок в якості затискного елемента використовуються як тяги, так і центральні болти (див.рисунок 5.17).

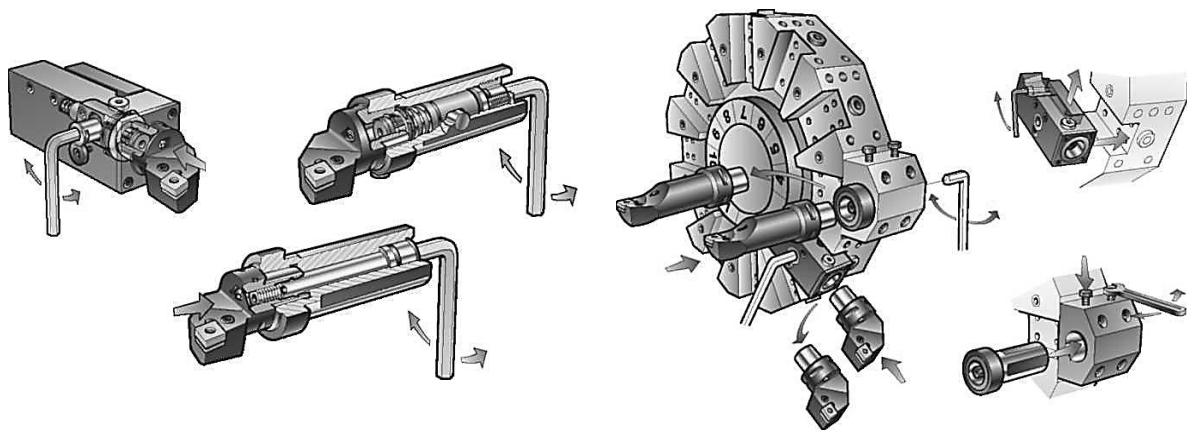


Рисунок 5.17 – Закріплення різцевої голівки вручну

Тяга, переміщувана ексцентриком. Переміщення тяги здійснюється ексцентриком, що розташовується в пазу тяги. Обертання ексцентрика при закріпленні і розкріпленні різцевої голівки виконується шестигранним ключем (потрібно менш половини оберту ексцентрика).

Тяга, переміщувана гвинтом. Тяга переміщається при обертанні гвинта, розташованого у хвостовику. Поворот гвинта здійснюється шестигранним ключем позаду базового тримача. Для закріплення різцевої голівки потрібен один оберт ключа.

Кріплення центральним болтом. Для закріплення і розкріплення різцевої голівки використовується болт, розташований по центральній осі базового тримача.

Його обертання виконується шестигранним ключем позаду. Для закріплення різцевої голівки потрібно шість обертів ключа.

Базові тримачі для універсальних револьверних голівок.

Круглого перетину для внутрішньої обробки. Особливості базових тримачів типу 2000:

Використання пелюсткової цанги із сегментами.

Тяга, переміщувана гвинтом.

Особливості базових тримачів типу 3000:

Закріплення центральним болтом (мінімум деталей).

Центральний затискний болт.

Установка:

Установка базових тримачів типу 2000 і 3000 нічим не відрізняється від закріплення звичайного розточувального оправлення.

Прямокутного перетину для зовнішньої обробки. Підходять до більшості револьверних верстатів із кріпленням клином різців квадратного перетину 20, 25 і 32 мм. Особливості базових тримачів 2085:

- Використання пелюсткової цанги із сегментами.
- Тяга, переміщувана ексцентриком.

Установка:

Із гнізда револьверної голівки потрібно видалити штатний притиск.

Базовий тримач 2085 вставляється в гніздо револьверної голівки і закріплюється убудованим клином.

Переваги оснащення:

Не потрібні зміни револьверної голівки.

Внутрішнє підведення ЗОТС.

Мінімальний виліт забезпечує максимальні технологічні можливості.

Для закріплення голівок для зовнішньої і внутрішньої обробки використовується той самий ключ.

Регулювання вильоту інструмента (при необхідності трубчасті тримачі можуть бути вкорочені).

Базові тримачі, що вбудовують, для ручного закріплення.

Базові тримачі типу 2090 можуть змінюватися під особливості верстата, для якого вони призначені.

Базові тримачі для револьверних голівок із кріпленням VDI (DIN 69880).

Особливості:

Не потрібні зміни револьверної голівки.

Внутрішнє підведення ЗОТС.

Мінімальний виліт забезпечує максимальні технологічні можливості.

Для закріплення голівок для зовнішньої і внутрішньої обробки використовується той самий ключ.

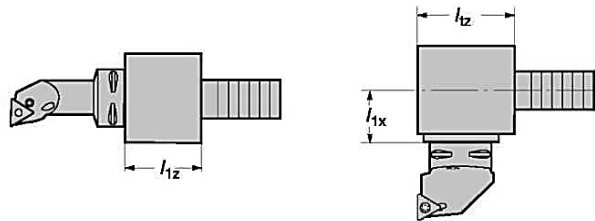


Рисунок 5.18 – Особливості базових тримачів із хвостовиками VDI для зовнішньої і внутрішньої обробки

Використання пелюсткової цанги із сегментами.

Швидкозмінність, необхідний поворот ключа всього на половину оберту для закріплення-розкріплення голівки.

Для запобігання зіткнень при обробці для прямих і кутових базових тримачів прийнятий той самий розмір по довжині від торця револьверної головки $l_{tz} = l_{1z}$.

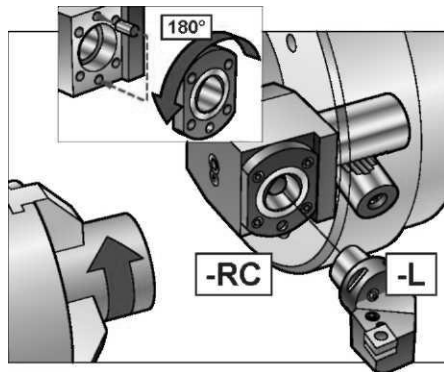
Кутові базові тримачі передбачені двох виконань по розмірі l_{1x} .

Вибір базового тримача для револьверних головок із кріпленням VDI:

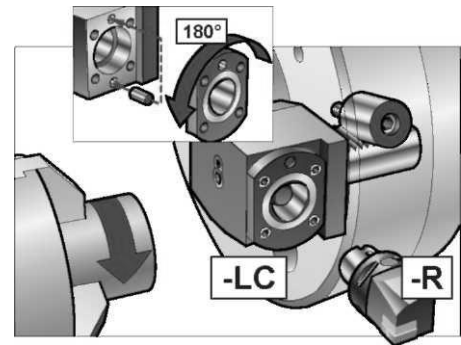
Базові тримачі приводного інструмента Coromant Capto.

Базові тримачі приводного інструмента Coromant Capto дозволяють докорінно змінити технологію обробки ряду деталей, роблячи її більш

економічною, оскільки дозволяють зробити токарну, фрезерну обробки і свердління за одну установку.

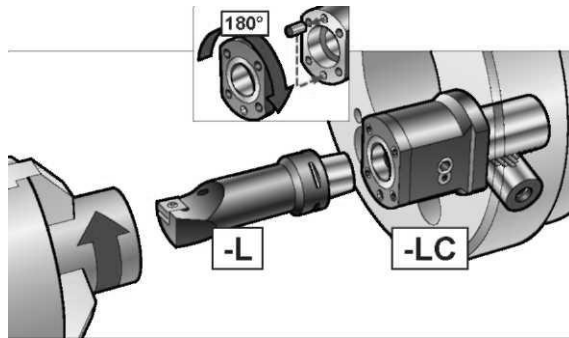


Обертання шпинделя
по годинниковій стрілці

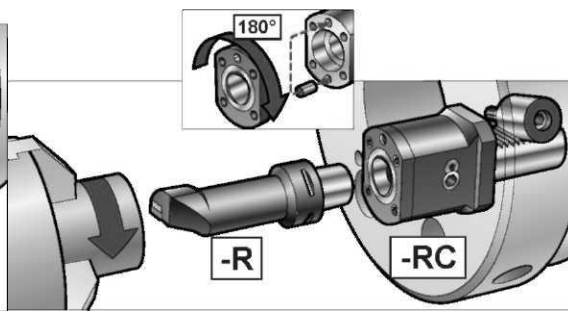


Обертання шпинделя
проти годинникової стрілки

Рисунок 5.19 – Зовнішня обробка



Обертання шпинделя
по годинниковій стрілці



Обертання шпинделя
проти годинникової стрілки

Рисунок 5.20 – Внутрішня обробка

У порівнянні із традиційними обертовими інструментами базові тримачі приводного інструмента значно скорочують час заміни інструмента, що дозволяє збільшити безпосередньо час різання і продуктивність обробки.

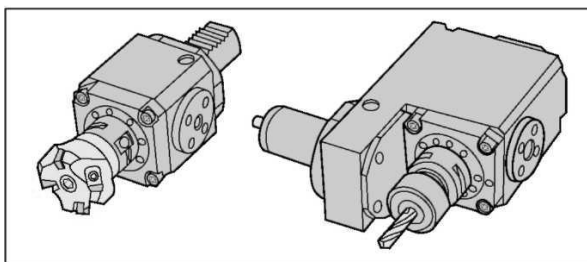


Рисунок 5.21 – Базові тримачі приводного інструмента Coromant Capto

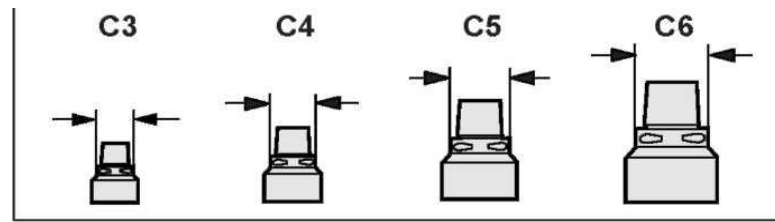
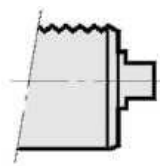
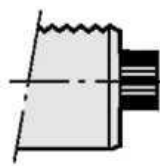


Рисунок 5.22 – Тип інструментального оснащення

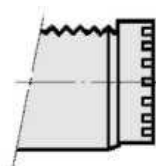
Діаметр хвостовика (рис. 5.22): 30 мм; 40 мм; 50 мм; 60 мм.



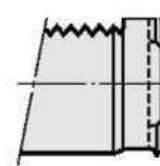
DIN 1809



DIN 5481



Спеціальний



Спеціальний DIN 5482

Рисунок 5.23 – Тип приводу

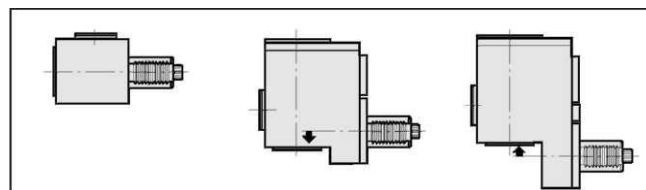
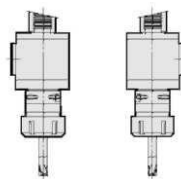
Пряма
тип 1Кутова (-)
тип 2Кутова (+)
тип 3

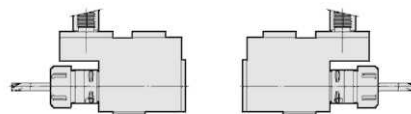
Рисунок 5.24 – Конфігурація базового тримача

Пряме

Кутове

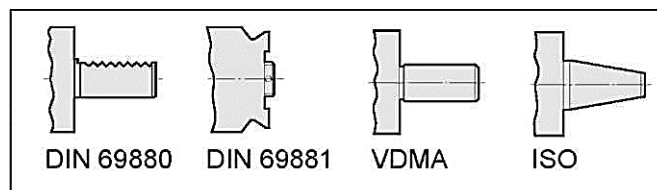


Ліве Праве



Ліве Праве

Рисунок 5.25 – Виконання тримачів приводного інструмента



DIN 69880

DIN 69881

VDMA

ISO

Рисунок 5.26 – Тип хвостовика

Система кріплення CoroTurn RC. Система CoroTurn RC призначена для закріплення односторонніх і двосторонніх пластин без задніх кутів.

Твердість і надійність кріплення - основні параметри, що характеризують даний спосіб закріплення пластин, що визначають у підсумку якісні характеристики оброблених деталей. Оскільки система CoroTurn RC забезпечує одночасний додаток до пластини сил, що притискають, і сил, спрямованих усередину гнізда для позиціонування пластини при затиску, гарантується надійність кріплення і повторюваність розмірів при заміні пластин.

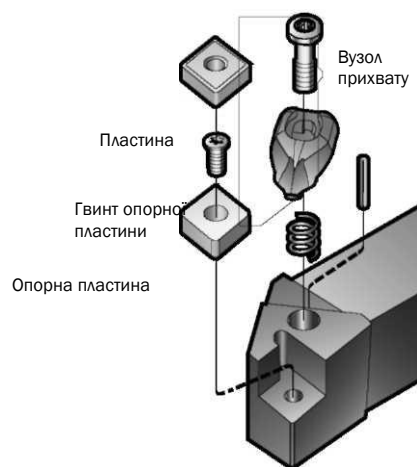


Рисунок 5.27 – Притиск зверху і підтиск за отвір

Притиск підвищеної жорсткості (RC)

Інструмент стандартної програми:

Державки

Різцеві голівки Coromant Capto для зовнішньої обробки

Розточувальні оправлення

Картриджі SL

CoroTurn 107 і CoroTurn 111 - закріплення пластин гвинтом. CoroTurn 107 і CoroTurn 111 являють собою вдалі конструктивні рішення для закріплення позитивних пластин гвинтом, переважно в малогабаритних інструментах. Ці системи кріплення перевершують по характеристиках жорсткості, надійності кріплення, компактності і наявності простору для вільного сходу стружки старі системи із кріпленням пластин притиском зверху [4-7].

Особливості:

Державки системи CoroTurn виготовляються при підвищених вимогах до точності розмірів гнізд, гвинтів і розташуванню кріпильних отворів. Пластины CoroTurn мають підвищену точність. Державки для копіювальних пластин DCMT і VBMТ мають посилену конструкцію для повного усунення ризику зсуву пластин.

Форма пластины вибирається відповідно до головного кута в плані і необхідних можливостях інструмента. Для забезпечення міцності ріжучої вершини по можливості вибираємо пластину з максимальним кутом при вершині, але в той же час, щоб забезпечувала виконання необхідних типів операцій. Універсальність інструмента визначається, у першу чергу, формою пластины (візьмемо для порівняння квадратну пластину і ромб із кутом 35°).

Великий кут при вершині пластины забезпечує її міцність, але в той же час вимагає більшої потужності обладнання і підвищує схильність до вібрацій, тому що збільшується довжина контакту інструмента із заготівкою. Маленький кут при вершині послабляє ріжучий клин, зменшує довжину контакту і погіршується відвід тепла, що може привести до перегріву ріжучої кромки. Кожна пластина має певну ефективну довжину ріжучої кромки, що визначає можливу величину глибини різання.

Пластина ромбічної форми з кутом при вершині 80° є найбільш часто вживаною завдяки її високій універсальності.

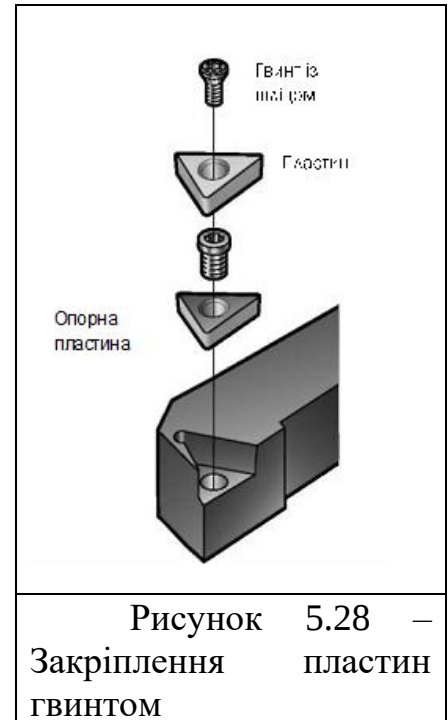


Рисунок 5.29 – Форми пластин

Таблиця 5.1 – Форми і розміри пластин

Зачисні пластини для великих подач										
										
CNMG-WF	CNMG-WM	CNMM-WR	CNGA WG	CNGQ WG	CNGA AWG CNGA AWH	DNMX-WF	DNMX-WM	TNMX-WF	TNMX-WM	TNMX-WR
12	12-16	12-19	12	12	09-12	11-15	11-15	16	16	22
										
WNMG-WF	WNMG-WM	WNGA WG	WNGA AWG WNGA AWH	CCMT-WF	CCMT-WM	DCMX-WF	DCMX-WM	TCMX-WF	TCGX-WK	TCMX-WM
06-08	06-08	08	06-08	06-09	09-12	07-11	11	09-16	06-11	11-16
										
CNMG	CNGP	CNMM	CNMA	DNMG	DNMP	DNMG RL-K	DNMM	DNMA	RCMX	RNMG
09-25	12	12-25	12-19	11-15	15	15	15	15	10-32	09-25
										
SNMG	SNMM	SNMA	TNMG	TNMG RL-K	TNMM	TNMA	VNMG	VNMP	WNMG	WNMM
09-25	12-25	09-25	11-33	16	16-27	16-27	16	16	06-08	08
										
WNMA	KNMX	KNUX	CCMT	CCGT	CCMW	DCMT	DCGT	DCMW	RCMT	SCMT
06-08	16	16	06-12	06-12	06-09	07-11	07-11	11	05-32	09-12
										
SCMW	TCMT	TCGT	TCMW	VBMT	VCEX	VBGT	VCGT	VBMW	CPMT	DPMT
09-12	06-22	06-11	11-16	11-16	11	16	11	16	06	07-11
										
TPMT	VCMT	WPMT	SPMR	TCGR	TPMR	SPGN/SPUN	TPGN/TPUN			
06-16	11	02-04	09-12	06	11-22	09-19	11-22			

5.3.2 Розрахунок режимів різання у програмному пакеті CoroGuide

Для розрахунку режимів різання використовувалась програма CoroGuide 2007.1 фірми SANDVIK Coromant. На початку розрахунку треба вибрати інструмент та вказати матеріал заготовки. Для цього обираємо пошук по області застосування у початковому вікні програми (рис 5.30) [6,14].

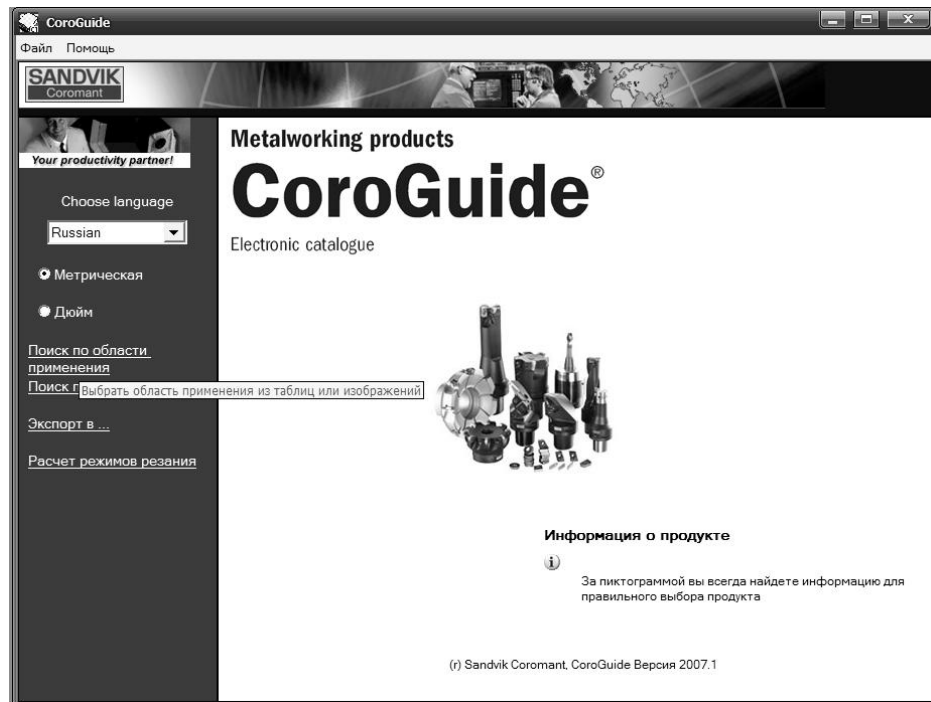


Рисунок 5.30 – Початкове вікно програми CoroGuide 2007.1

Далі обираємо вид обробки (рис. 5.31). У нашому випадку – це точіння.

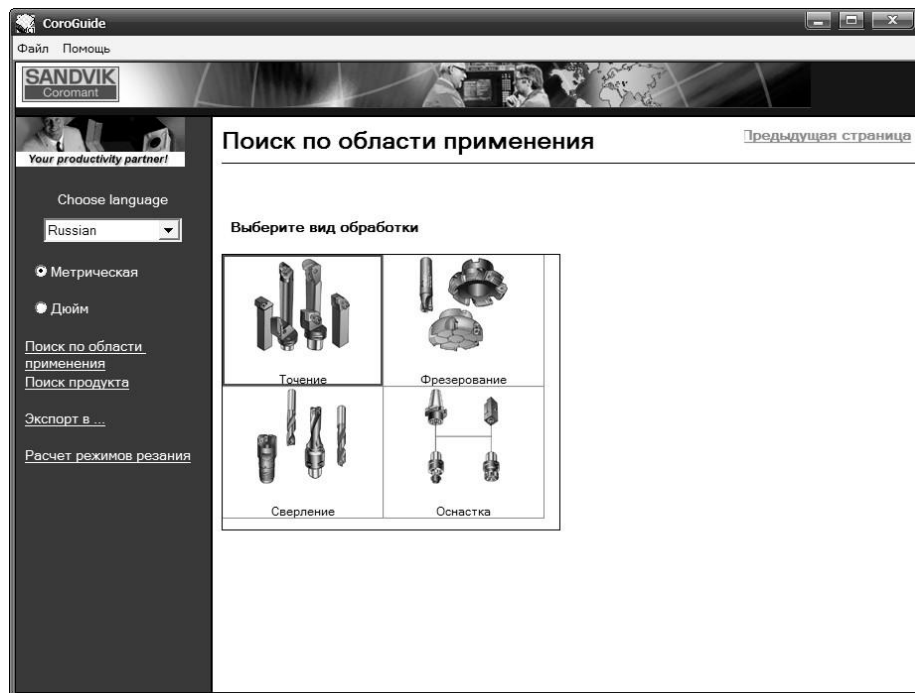


Рисунок 5.31 – Вибір виду обробки

Наступним кроком є вибір області роботи (рис. 5.32). Для нашої деталі – це зовнішня обробка – повздовжнє точіння.

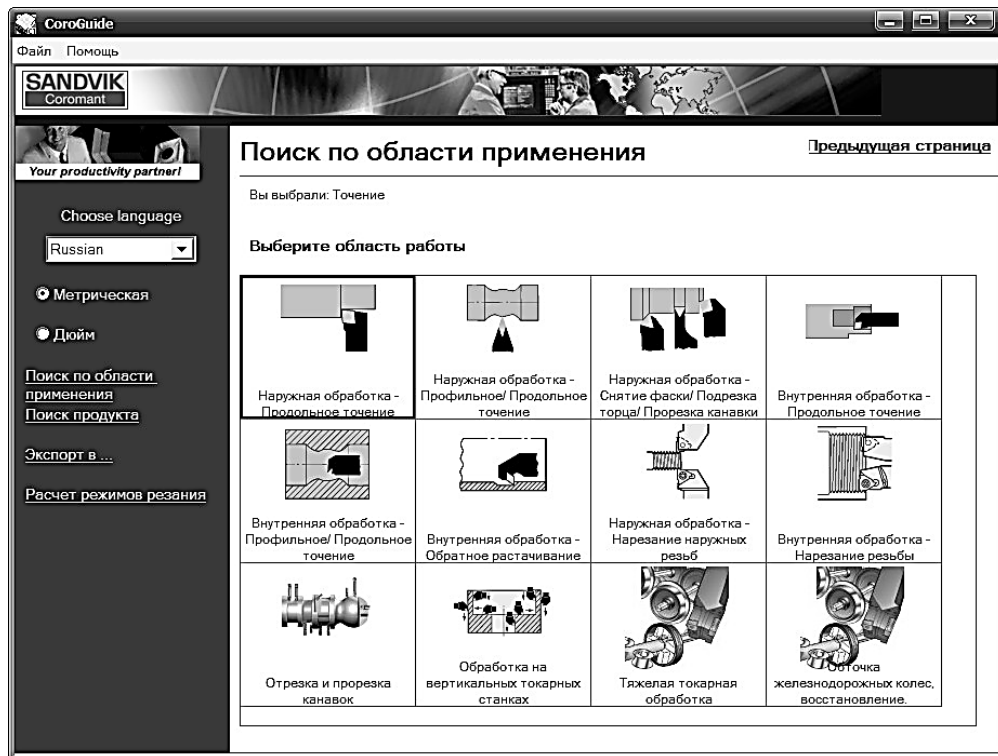


Рисунок 5.32 – Вибір області роботи

Далі обираємо операцію, для якої розраховуються режими різання (рис. 5.33).

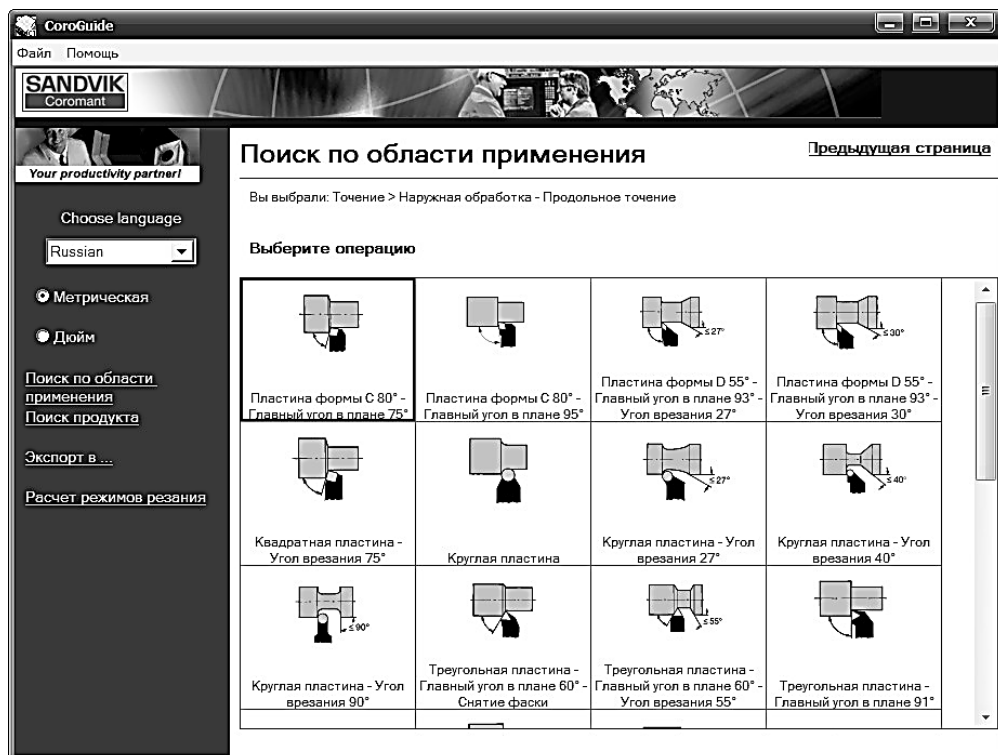


Рисунок 5.33 – Вибір операції

Наступною дією є вибір системи кріплення пластини у державці (рис. 5.34).

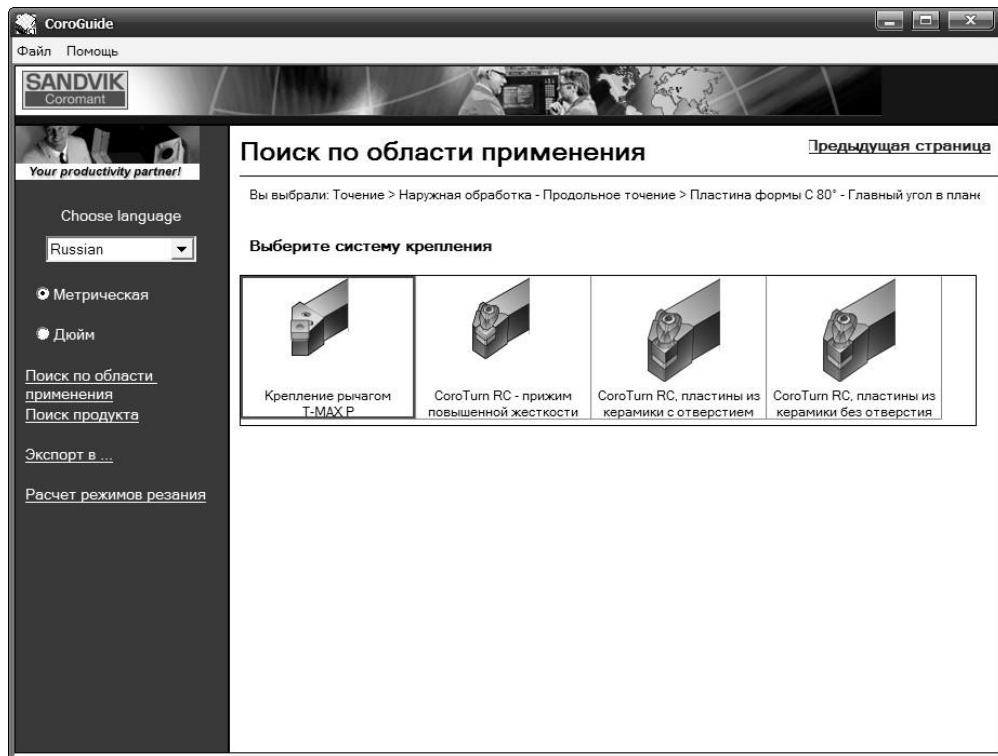


Рисунок 5.34 – Вибір системи кріплення

Наступна дія – це вибір типу установки (рис. 5.35). У нашому випадку тип установки *Coromant Capto*.

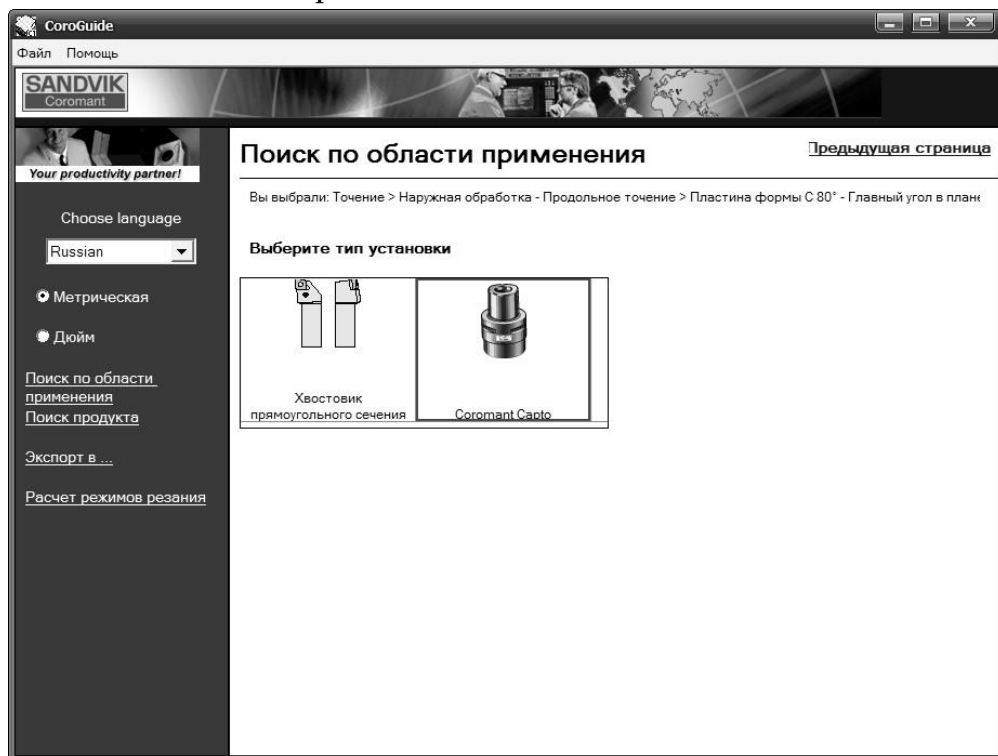


Рисунок 5.35 – Вибір типу установки

Далі ми обираємо державку та пластину із представленого каталогу (рис. 5.36). Обираємо державку C5-PCNR-3565-12 та пластину CNMG120408-WL.

The screenshot displays the CoroGuide software interface, which is used for selecting cutting tools. The interface is in Russian and shows the 'Поиск по области применения' (Search by application area) section. The selected path is: Точение > Наружная обработка - Продольное точение > Пластина формы C 80° - Главный угол в плане 75° > Крепление рычагом T-MAX P > Coromant Capto.

The 'Выбранные пластины' (Selected inserts) table lists various insert options. The selected insert is CNMG120408-WL.

Область ISO	Код заказа	Weight	ap_max	iC	Insert_Size	l	re	s
P	CNMG 12 04 04-LC	1525	0.0047		12.7	12	12	0.4
P	CNMG 12 04 04-PF	1525	0.0046		12.7	12	12	0.4
P	CNMG 12 04 04-WF	1525	0.0046		12.7	12	12	0.4
P	CNMG 12 04 04-WL	1525	0.0057		12.7	12	12	0.4
P	CNMG 12 04 08-LC	1525	0.0048		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-PF	1525	0.0046		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-PM	1525	0.0046		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-WF	1525	0.0046		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-WL	1525	0.0046		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-WM	1525	0.0046		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 12-PF	1525	0.0046		12.7	12	12	1.2
P	CNMG 12 04 12-PM	1525	0.0046		12.7	12	12	1.2
P	CNMG 12 04 12-WM	1525	0.0046		12.7	12	12	1.2
P	CNMG 12 04 04-WF	4005	0.0091		12.7	12	12	0.4
P	CNMG 12 04 08-PM	4005	0.0091		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-PR	4005	0.0091		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-QM	4005	0.0091		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-WF	4005	0.0091		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 08-WM	4005	0.0091		12.7	12	12	0.8
P	CNMG 12 04 12-PM	4005	0.0092		12.7	12	12	1.2
P	CNMG 12 04 12-PR	4005	0.0092		12.7	12	12	1.2

The 'Выбранные оправки' (Selected holders) table lists various holder options. The selected holder is C5-PCNR-35065-12.

Код заказа	Направление	Weight	D5m	Dm1_min	Dm2_min	fi	gamma_n	Gaug
C5-PCNR-27060-12	Державка, правое исполнение	0.871	50			27	-6	CNM
C5-PCNR-27060-16	Державка, правое исполнение	0.869	50			27	-6	CNM
C5-PCNR-27060-19	Державка, правое исполнение	0.878	50			27	-6	CNM
C6-PCNR-35065-12	Державка, правое исполнение	1.4859	63			35	-6	CNM
C6-PCNR-35065-16	Державка, правое исполнение	1.44	63			35	-6	CNM
C6-PCNR-35065-19	Державка, правое исполнение	1.501	63			35	-6	CNM
C5-PCRN-27060-12	Державка, левое исполнение	0.874	50			27	-6	CNM
C5-PCRN-27060-16	Державка, левое исполнение	0.869	50			27	-6	CNM
C5-PCRN-27060-19	Державка, левое исполнение	0.878	50			27	-6	CNM
C6-PCRN-35065-12	Державка, левое исполнение	1.4888	63			35	-6	CNM
C6-PCRN-35065-16	Державка, левое исполнение	1.48	63			35	-6	CNM
C6-PCRN-35065-19	Державка, левое исполнение	1.5	63			35	-6	CNM

Рисунок 5.36 – Вибір державки та ріжучої пластини

Якщо нам необхідно перевірити інформацію про державку або ріжучу пластину, необхідно натиснути на кнопку інформації  у відповідному вікні каталогу (рис. 5.37).

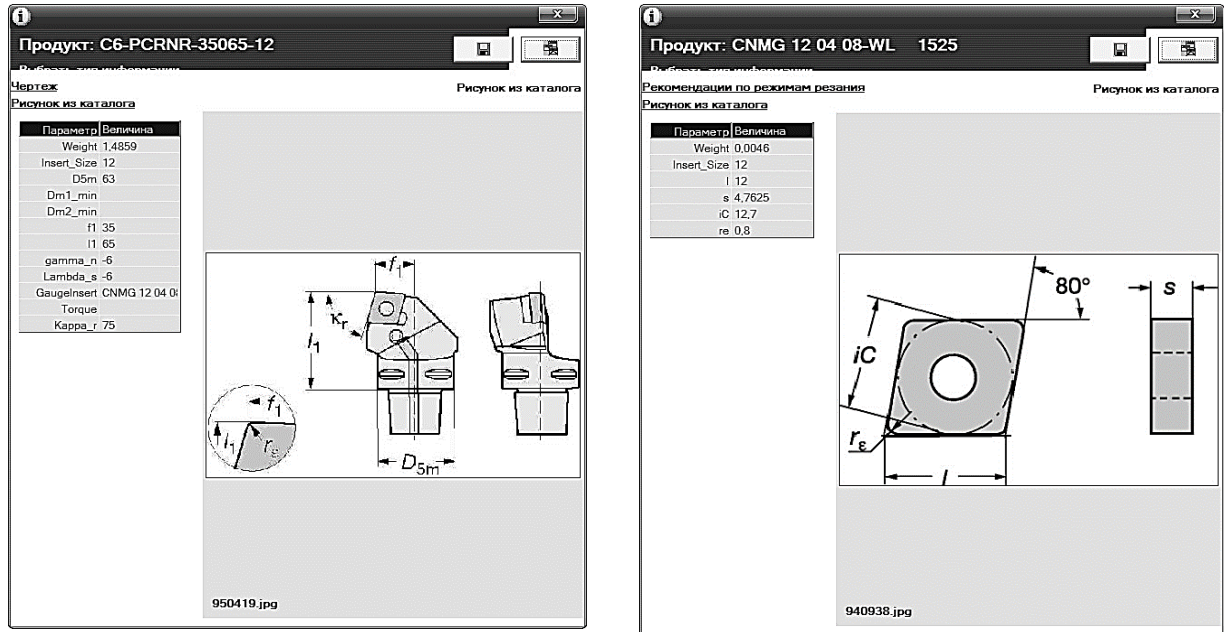


Рисунок 5.37 – Інформація про державку та ріжучу пластину

Для переходу до розрахунків режимів різання натискаємо кнопку

fx

та у вікні, що з'явилося заносимо наші початкові дані (рис. 5.38).

Материал детали
(выберите Стандарт и Обозначение или СМС)

Национальный стандарт: CMC No:

Обозначение: Твердость: HB

Параметры (выбрать либо fn, hex или hm)

Угол в плане (κ_r): °

Радиус пластины (r_e): mm

Подача (f_n): mm/r Максимальная толщина стружки: mm Средняя толщина стружки (h_m): mm

Глубина резания (a_p): mm

Обрабатываемые диаметры ($Dm1, Dm2$): mm

Осевая глубина резания (l_z): mm

Макс. Обороты: об/мин Стойкость: min Количество проходов (пар):

Рисунок 5.38 – Початкові дані на обробку

Щоб переглянути результати розрахунків натискаємо кнопку

Calculate

, після чого у правій частині вікна з'являться результати розрахунків (рис. 5.39). Для збереження результатів розрахунку та виводу їх на друк треба зберегти результати у текстовому файлі. Для цього у верхній

частині екрану на панелі властивостей обираємо Файл>Сохранить как...> та зберігаємо файл у необхідному нам каталозі у форматі *.rtf.

The screenshot shows the 'Токарная обработка' (Turning) software window. It features a menu bar (Файл, Опции, Помощь), a header with the SANDVIK logo and the text 'Точение форма пластины: C, D, S, T, V, I', and several input/output panels.

Материал детали (выберите Стандарт и Обозначение или CMC):

- Национальный стандарт: GOST
- Обозначение: 03Ch16N11
- CMC No.: 01.2
- Твердость: 229 HB

Сплав/геометрия пластины:

- Сплав: 1525
- Геометрия: Conventional

Параметры (выбрать либо fn, hex или hm):

- Угол в плане (K_r): 95°
- Радиус пластины (re): 0,8 mm
- Подача (fn): 0,27 mm/r
- Максимальная толщина стружки: 0,25 mm
- Средняя толщина стружки (hm): 0,14 mm
- Глубина резания (ap): 0,5 mm
- Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2): 73, 42 mm
- Осевая глубина резания (lz): mm
- Макс. Обороты: 1600 об/мин
- Стойкость: 15,0 min
- Количество проходов (пар): 217

Рекомендации по режимам резания:

- Скорость резания (vc): 150 m/min

Оценка результата:

- Скорость резания (vc): 150 m/min
- Обороты шпинделя (n): 654 - 1137 об/мин
- Скорость съема металла (Q): 20 cm³/min
- Время на проход (Tc): 0,07 min
- Мощность (Pc): 1,2 kW
- Макс. Высота профиля (Rt): 11,4 μm
- Шероховатость (Ra): 2,36 μm
- Среднеквадратическая шероховатость (RMS): 2,57 μm

Buttons: Рассчитать, << Назад

Рисунок 5.39 – Результаты розрахунків

5.4 Висновки

У даному розділі ми провели конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, яке використовується при обробці на верстатах із ЧПК та безпосередньо на ГВМ ЛАС-ЧПК. Була розглянута конструкція захватного пристрою маніпулятора для переміщення виробу «Вал» у робочій зоні ГВМ ЛАС-ЧПК. Також був проведений вибір основного та допоміжного інструменту для обробки деталі «Вал» та розраховані режими різання на операцію.

6. РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ГВМ ЛАС-ЧПК

6.1 Розробка функціональної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК

Роботизований комплекс типу ЛАС-ЧПК, загальний вид якого наведений на рис. 6.1, призначений для токарної обробки валів різної конфігурації в дрібносерійному та серійному виробництвах.

Комплекс звичайно використовується як роботизована технологічна лінія з послідовною обробкою заготовки на двох встановлених назустріч один одному токарних патронно-центрових верстатах з ЧПК (поз. 7 і 2) моделей 1Б732Ф3В3 або 1740РФ3. При такому розташуванні верстатів можлива двостороння обробка заготовки без необхідності повороту її на 180°. Обслуговування верстатів здійснюється спеціальними промисловими роботами 3 портального типу мод. СМ160Ф2.06.01, що мають дворуке виконання.

До складу комплексу також включені: магазини-накопичувачі заготовок 4 й оброблених деталей 5; пристрої ЧПК 6 верстатами; електрошафи 7 верстатів; пристрій ЧПК 8 промисловим роботом з електрошафою 9; пульт 10 керування комплексом; електрошафа 11 магазинів-накопичувачів; гідростанції верстатів 12 і ПР 13; стіл 14 для контролю й настроювання інструментів за допомогою оптичного приладу; огороження 15; гідро- і електрокомунікації 16, 17 й 18. Верстати, що входять у комплекс, оснащені конвеєрами для прибирання стружки.

На верстатах комплексу можна робити чорнову й чистову токарну обробку в центрах циліндричних, конічних і фасонних поверхонь, галтелей, фасок, прорізання різних канавок, нарізування різьби різцем й інші операції.

На рис. 6.2 наведена карта налагодження верстатів з ЧПК мод. 1740РФ3 й операційно-технологічні схеми обробки типової деталі типу «Вал».

Принципова гідравлічна й кінематична схеми базового патронно-центрального токарного верстата з ЧПК мод. 1740РФ3, що вбудована в РТЛ типу ЛАС-ЧПК, наведені на рис. 6.3.

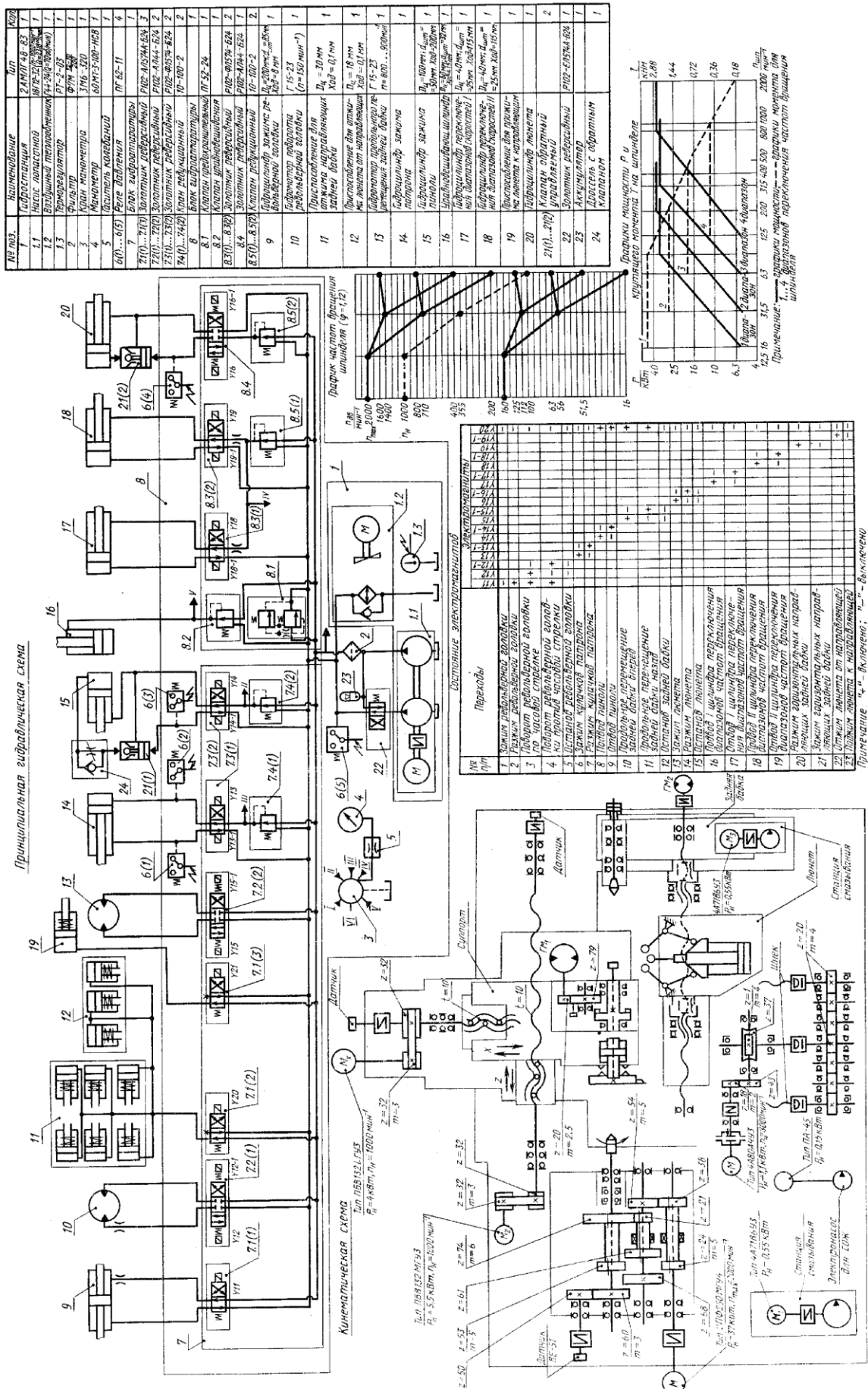


Рисунок 6.3 – Принципова гідравлічна та кінематична схеми верстата з ЧПК 1740РФЗ

6.2 Розробка функціональної моделі верстата ЛАС-ЧПК

Характерною рисою даного верстата є більша потужність електродвигуна головного руху ($P_n = 37$ кВт), що дозволяє робити як чорнову токарну обробку заготовок із більшим припуском (поковок і круглого прокату), так і чистову з високим ступенем точності й хорошими параметрами шорсткості поверхні [12].

Переміщення супорта по координатних осях X й Z здійснюється за допомогою кулькогвинтових пар, які одержують обертання від високомоментних електродвигунів постійного струму. З ходовими гвинтами з'єднані датчики переміщень типу резольверів.

Супорт оснащений 12-позиційною револьверною голівкою, яка приводиться гідромотором через понижуючу зубчасту передачу й мальтійський механізм. Затиск і розтиск револьверної голівки здійснюється гідроциліндром. На штоку гідроциліндра встановлена поворотна планшайба, що притискає при затиску до торцевої зубчастої муфти.

Задня бабка, встановлена на нижніх напрямні станини, може автоматично переміщатися від гідромотора через електромагнітну муфту й гвинтову передачу. Піноль задньої бабки переміщається в розточенні корпуса за допомогою гідроциліндра.

Люнет, призначений для підтримки обробленої заготовки, встановлений на каретці, що може переміщатися передачею гвинт - гайка через електромагнітну муфту від гідромотора. Підтримка заготовки в люнеті здійснюється трьома роликами, два з яких встановлюються на верхніх кінцях бічних важелів, а один - на нижньому центральному важелі. Висування важелів люнета здійснюється гідроциліндром.

Для видалення стружки верстат оснащений двома шнековими конвеєрами.

Централізована подача масла до вузлів верстата забезпечується двома станціями змазування. Від окремого електронасоса здійснюється подача ЗОР до кожного інструмента, встановленому в револьверній головці.

Конструкція шпindelної коробки верстата мод. 1740РФ3 показана на рис. 6.4. Шпindelна коробка — трьохвалова з литим чавунним корпусом 1. Вхідний вал 17 одержує обертання через пружну втулочно-пальцеву муфту 2 безпосередньо від електродвигуна постійного струму. На валах 17 й 18 установлені два рухливих зубчастих блоки із шестірнями 3, 4 і колесами 5, 6, комбінація включення яких дозволяє одержати на шпindelі 7 (вал 19) чотири діапазони частот обертання (див. рис. 6.3), Права опора шпинделя являє собою комбінацію дворядного радіального роликopідшипника 8 (рис. 6.4) з радіально-упорним дворядним шарикopідшипником 9, а опора виконана у вигляді дворядного радіального роликopідшипника 10. Регулювання радіального зазору лівого роликopідшипника здійснюється підгонкою компенсатора 11, а правого — гайками 12 й 13. Натяг правої опори шпинделя регулюється гайкою 14. Монтаж і демонтаж роликopідшипників 8 й 10 виконується при подачі масла під тиском у спеціальні отвори в шпindelі.

На лівому торці шпинделя через перехідний фланець кріпиться гідроциліндр 15 (див. рис. 6.3) затиску патрона.

На задньому торці шпindelної коробки встановлений датчик різьбонарізання, що забезпечує синхронізацію частоти обертання шпинделя й подачі супорта. У середині корпусу розміщений механізм 17 автоматичного перемикання діапазонів частот обертання шпинделя.

На рис. 6.5 показана конструкція 12-позиційної револьверної голівки, корпус 1 якої кріпиться на поперечній каретці 2 супорта.

На корпусі 1 і поворотній планшайбі 3 закріплені торцеві зубчасті напівмуфти 4 й 5, які при зчепленні здійснюють базування й фіксацію планшайби. На планшайбі є дванадцять осьових отворів для установки циліндричних хвостовиків різцетримачів 6 з інструментом 7. Затиск різцетримачів здійснюється клином. У кожній позиції різцетримачів є канал для підведення охолодження. Затиск і розтиск револьверної голівки виконує гідроциліндр 8, на штоку 9 якого встановлена поворотна планшайба 3.

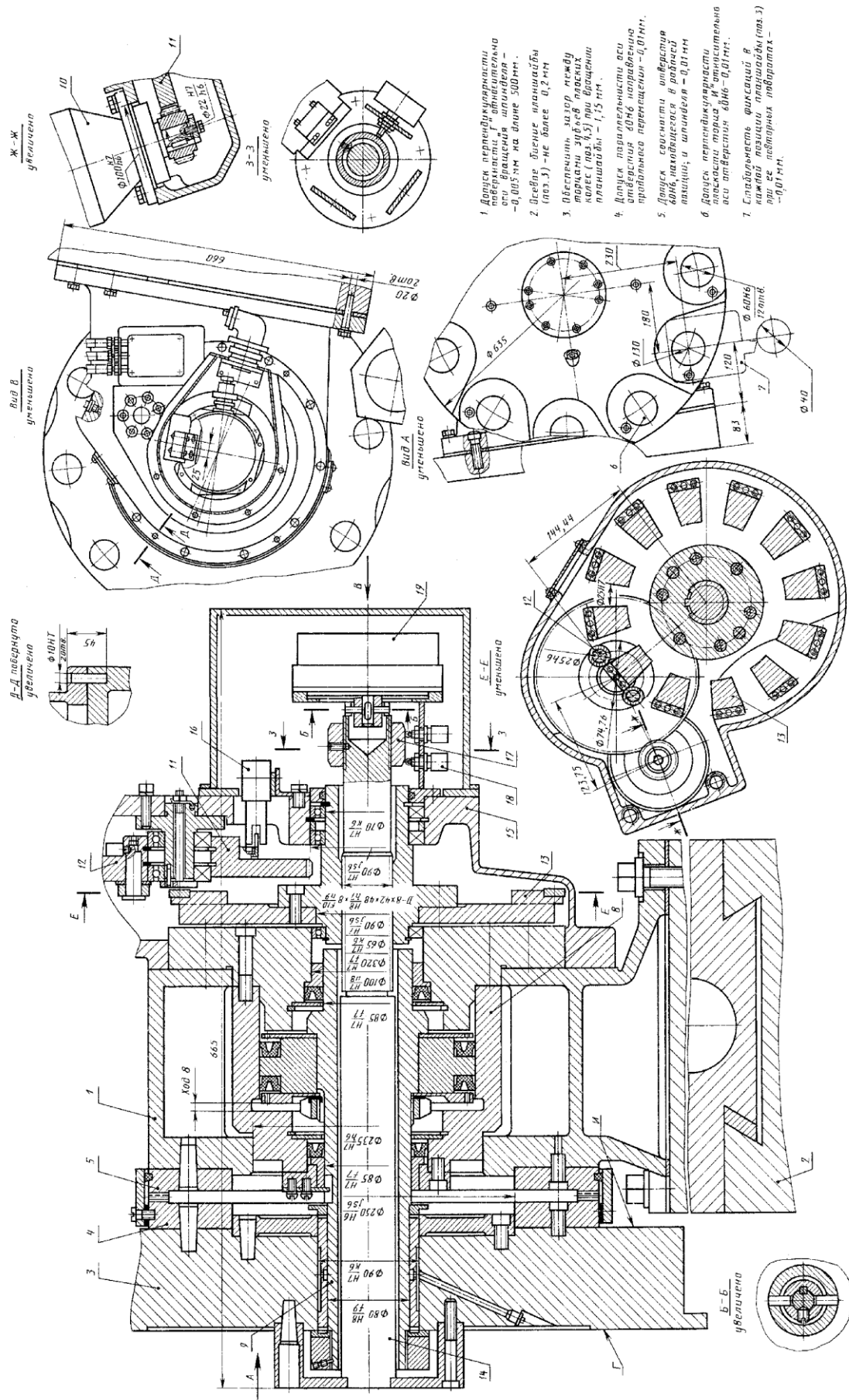


Рисунок 6.5 – Механизм револьверной головки верстака 1740РФЗ

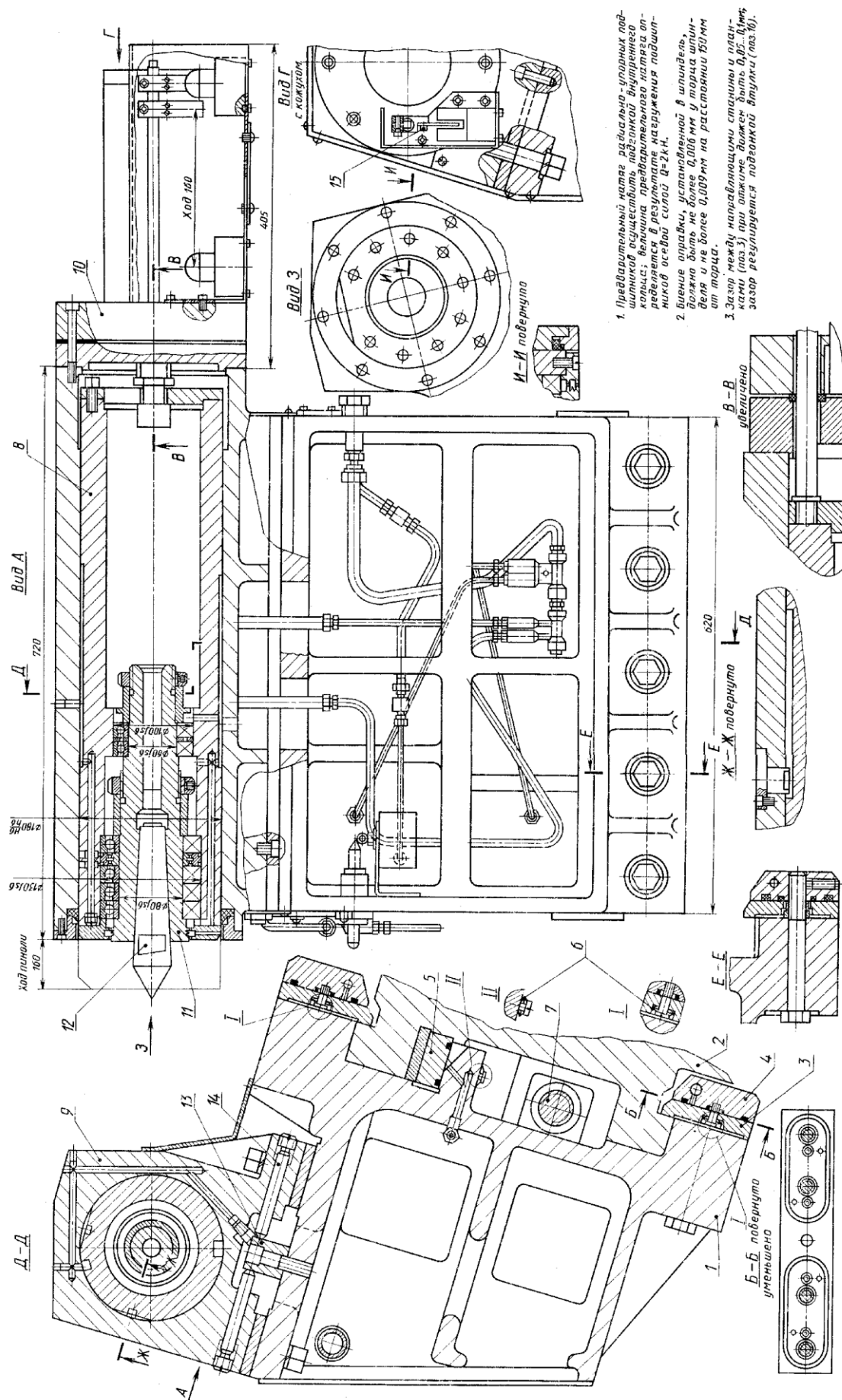


Рисунок 6.6 – Автоматизована задня бабка верста 1740РФЗ

Привод повороту револьверної голівки здійснюється від гідромотора 10 через зубчасте колесо 11 із двома водилами 12, які при обертанні входять у пази мальтійського хреста 13, жорстко з'єданого з валом 14. Мальтійський механізм повороту дозволяє здійснити обертання в обидва боки й точну зупинку планшайби 3 у заданій позиції.

На задній стінці корпусу 15 механізму повороту встановлений кінцевий вимикач 16, що контролює початкове кутове положення колеса 11 з водилами 12.

На валу 14 установлені упори, що впливають при розтиску й затиску револьверної голівки на відповідні кінцеві мікровимикачі 18. З валом 17 з'єднаний кодовий датчик 19 для можливості автоматичного вибору заданої позиції револьверної голівки.

Конструкція автоматизованої задньої бабки верстата мод. 1740РФЗ показана на рис. 6.6. Корпус 1 задньої бабки притискається до напрямних станини 2 двома планками 3, 4 і клином 5 за рахунок подачі масла під тиском у порожнині між планками, герметизованими гумовими ущільнювачами. Відтиск здійснюється під дією тарілчастих пружин 6.

Повздовжнє переміщення задньої бабки здійснюється ходовим гвинтом 7 (див. також кінематичну схему на рис. 6.3). Піноль 8 задньої бабки, установлена в розточенні корпусу 9, переміщається гідроциліндром 10. Розташований усередині пінолі шпиндель 11 установлений на підшипниках, що мають у передній частині надійне ущільнення. У конічному отворі шпинделя встановлюється центр 12 з конусом Морзе № 6. Корпус 9 пінолі виставляється щодо осі шпинделя верстата шляхом припасування планок 13 і регулювання гвинтами 14. Осьове переміщення пінолі контролюється кінцевими вимикачами 16.

Конвеєр для стружки, конструкція якого показана на рис. 6.7, установлюється в середній частині підстави перпендикулярно осі шпинделя, забезпечуючи тим самим збір стружки в тару із задньої сторони верстата. Привод конвеєра здійснюється від електродвигуна 1 через черв'ячний редуктор 2 і запобіжну муфту 3 (див. також кінематичну схему на рис. 6.3). Від редуктора рух передається (див. рис. 6.8) валом 4 із двома шарнірними муфтами 5 й 6 через розподільну коробку 7 до шнеку 8.

Шнеки розташовуються в жолобах 9 з лотками 10, у яких збирається стружка й транспортується за межі верстата. Ширина кожного із двох лотків 1000 мм, що забезпечує більшу місткість накопичувача стружки.

З усіма вище наведеними даними про верстат ми можемо створити функціональну модель у програмному пакеті Solid Works [19,20], яка в подальшому буде використовуватись для імітації обробки у реальному часі. На рис. 6.7 зображена функціональна модель верстата з ЧПК 1740РФЗ.

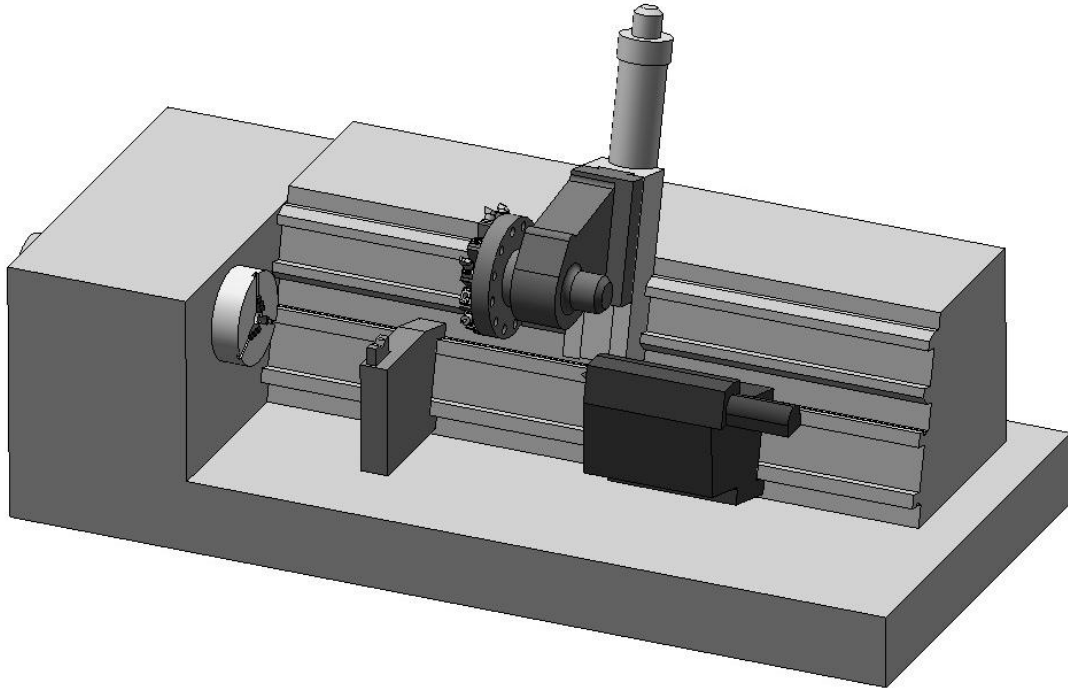


Рисунок 6.7 – Функціональна модель верстата з ЧПК 1740РФЗ

В функціональній моделі відтворені тільки ті частини обладнання, які безпосередньо беруть участь у процесі обробки. Усі основні вузли верстату створені у спрощеному вигляді з метою економії ресурсів пам'яті програми.

6.3 Розробка функціональної моделі накопичувача деталей типу «Вал»

Конструкція накопичувача магазинного типу для заготовок або оброблених на верстаті деталей показана на рис. 6.9 та 6.10. Ланцюговий накопичувач призначений для установки заготовок типу валів з найбільшим діаметром 250...400 мм. Заготовки розташовуються в орієнтованому вигляді на

призмах, які прикріплені до ланцюга. Конструктивно накопичувач являє собою дві зварені балки 1, установлені на гвинтових опорах 2, які попарно зв'язані між собою плитами 3. За допомогою пари гвинт-гайка 4 відбувається підйом й опускання балок 1 вручну таким чином, щоб вісь 1 руху заготовок при зміні їхнього діаметра залишилася в одній горизонтальній площині.

Привод переміщення ланцюгового конвеєра виконаний у вигляді зубчасто-черв'ячного редуктора 5 і гідромотора 6 типу Г15-22. З вихідним валом 7 редуктора (див. рис. 6.10) жорстко з'єднаний вал 8 із ведучою зірочкою 9 нескінченного ланцюга 10. Друга ведуча зірочка 11 пов'язана з першим валом 12 шарнірними муфтами 13. Ведені зірочки 14 установлені в підшипниках на опорах із протилежної сторони накопичувача.

Між веденими зірочками розташований механізм підйому 15, що піднімає заготовку із призм 16 ланцюгового конвеєра в позицію *Б* їхнього знімання рукою промислового робота. Привод підйому заготовки містить у собі гідроциліндр 17, зі штоком якого зв'язана платформа 18. На платформі закріплені гайки, у які ввертаються гвинти 19, необхідні для початкової установки призм по висоті.

Контроль наявності заготовки в позиції розвантаження накопичувача здійснюється кінцевим мікровимикачем 20. Мікровимикач 21 контролює підйом платформи 18 із призмою 22 у позиції *Б*.

Керування автоматичним циклом роботи накопичувача здійснює командоапарат 23, кінематично пов'язаний з ланцюгом 10 конвеєра. Налагодження накопичувача виконується оператором за допомогою пульта керування 24 (див. рис. 6.9).

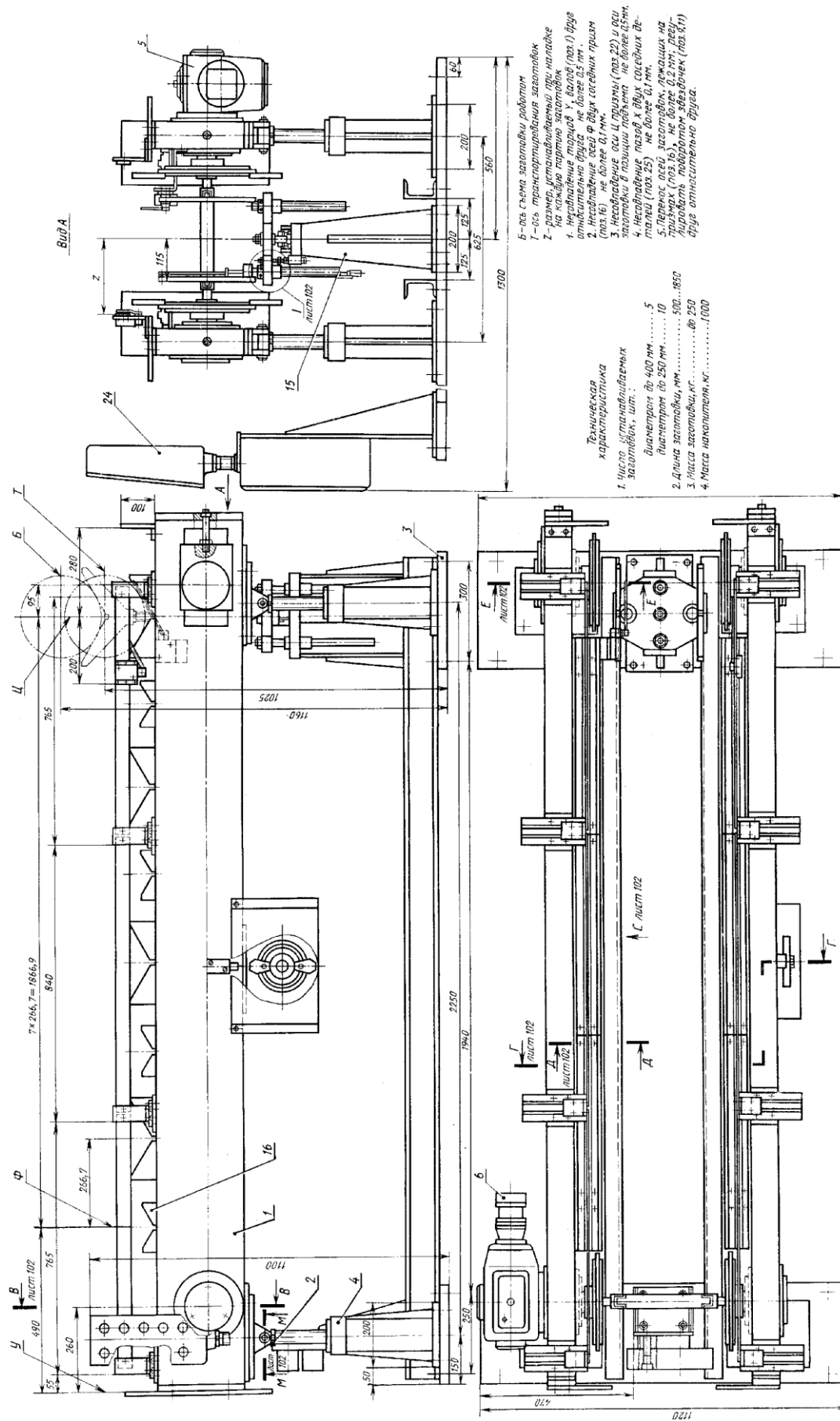


Рисунок 6.9 – Автоматизированный накопительный пристрой для заготовок (загальний вид)

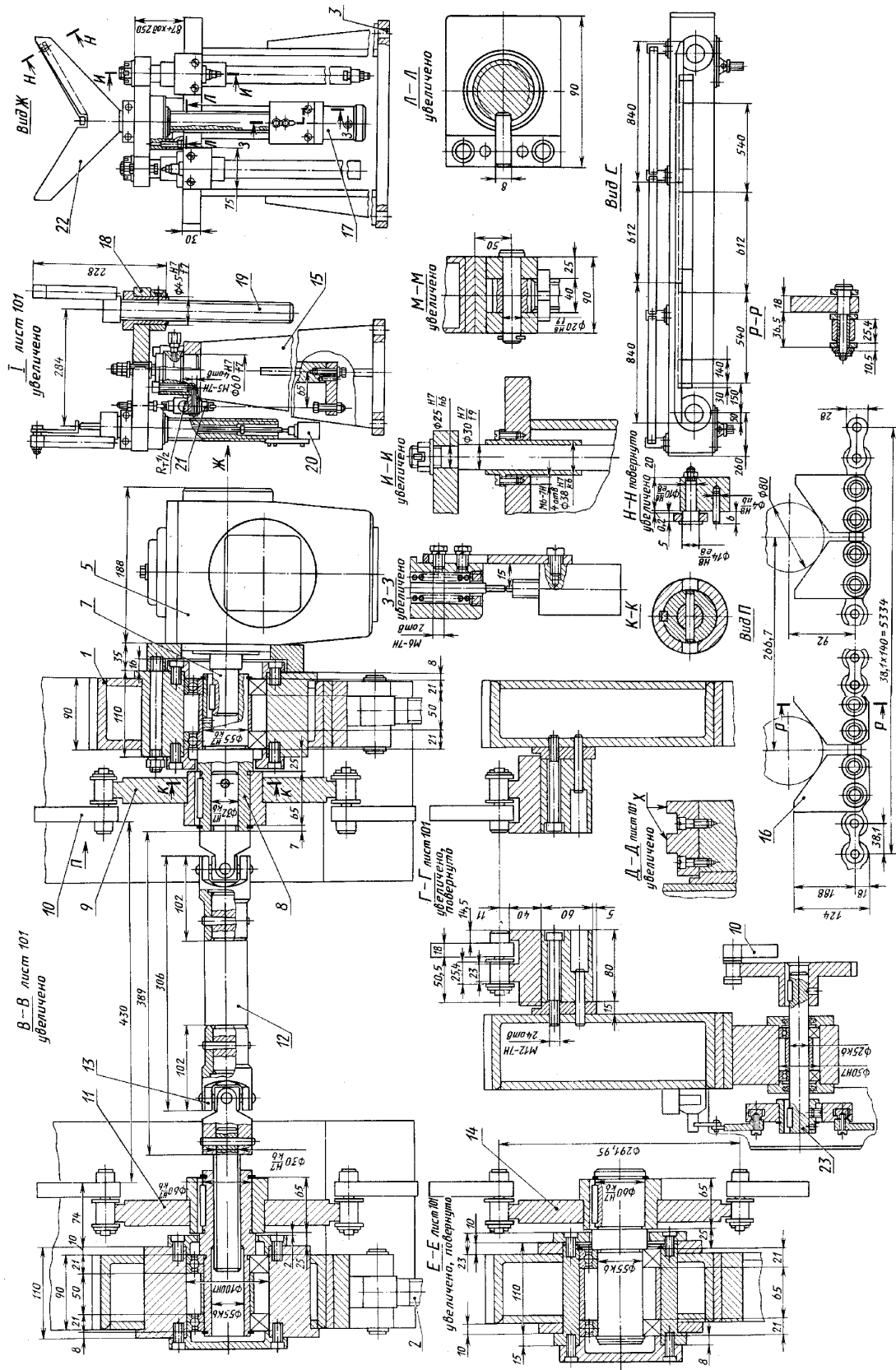


Рисунок 6.10 — Автоматизованый накопичувальний пристрій для заготовок і деталей (механізми приводів)

На рис. 6.11 приведена функціональна модель автоматизованого накопичувача заготовок та оброблених деталей, яка спроектована у програмному пакеті Solid Works .

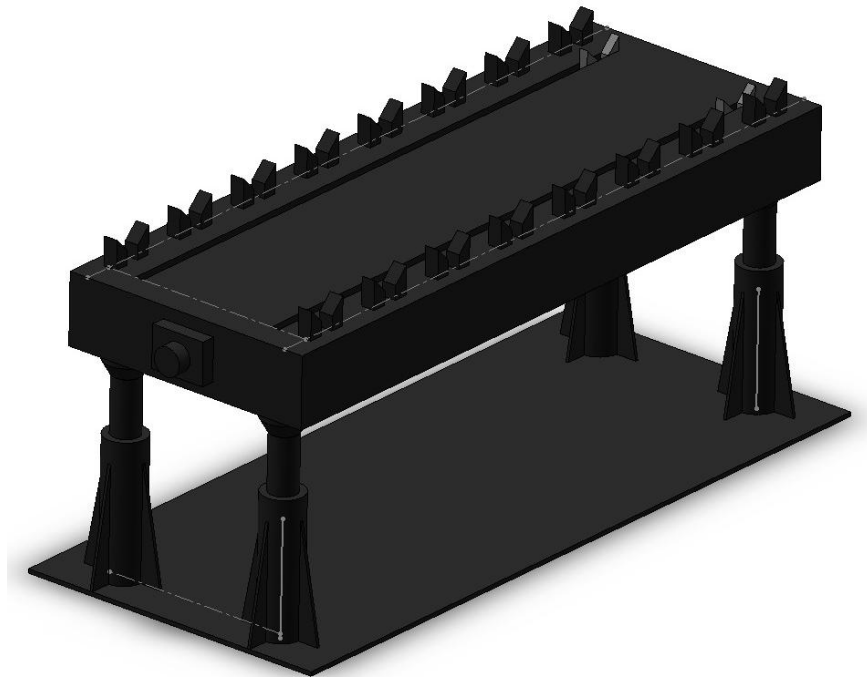


Рисунок 6.11 – Функціональна модель автоматизованого накопичувача заготовок та оброблених деталей

6.4 Розробка функціональної моделі транспортного робота мод.СМ160Ф2.06.01

ПР у складі РТК здійснює завантаження верстата заготовками, автоматично подаваними в робочу позицію за допомогою автоматизованого накопичувача, зняття з верстата й укладання оброблених деталей.

Промисловий робот складається з наступних уніфікованих вузлів (модулів): каретки; траверси; стійки (правої і лівої); з; гідро- і електрокомунікацій. Використовуючи уніфіковані модулі названих вище й інших типів, можна створювати ПР декількох виконань для обслуговування верстатів різних типорозмірів.

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

Корпус каретки встановлений на шарнірі відносно плити, що переміщається на роликах по напрямних траверси. У корпусі встановлені дві руки маніпулятора. На каретці є кронштейни, за допомогою яких вона

з'єднана з ланцюгом механізму привода повздовжнього переміщення по траверсі. На кронштейні, прикріпленому до корпусу, установлена гідропанель керування маніпулятором. Коливальний рух рук у вертикальній площині здійснюється кулачком, що повертається зубчасто-рейковою передачею при висуванні руки. При цьому кулачок, установлений на осі в корпусі каретки, опирається на ролик, що закріплений на плиті.

Кожна рука маніпулятора виконана у вигляді гідроциліндра, на кінці штока якого встановлений захватний пристрій. Корпус захватного пристрою з'єднаний зі стійкою, що забезпечує твердість конструкції й утримує руку від повороту навколо штока головного циліндра. У поршні циліндра є гідрозамок, що фіксує руку у верхньому положенні.

Захватний пристрій складається із двох пар схватів, що мають незалежні рухи для можливості затиску східчастих валів без зсуву їхньої осі. Привод схватів здійснюється за допомогою зубчастих секторів і рейок, які приводяться гідроциліндрами (при відтиску) і тарілчастими пружинами (при затиску).

Контроль переміщення каретки, висування кожної руки маніпулятора й хитання корпусу каретки у вертикальній площині здійснюється за допомогою безконтактних кінцевих вимикачів.

На рис. 6.12 приведена функціональна модель маніпулятора для транспортування виробу «Вал» у зоні обробки й складування ГВМ ЛАС-ЧПК у спрощеному вигляді.

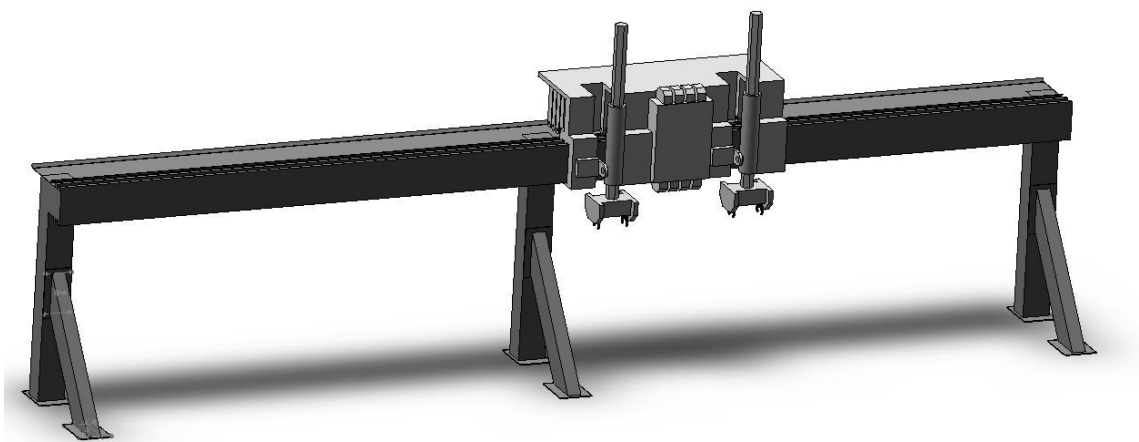


Рисунок 6.12 – Функціональна модель маніпулятора для транспортування виробу «Вал» у зоні обробки й складування ГВМ ЛАС-ЧПК

6.5 Висновки

Роботизований комплекс типу ЛАС-ЧПК призначений для токарної обробки валів різної конфігурації в дрібносерійному й серійному виробництвах. Він складається з токарних патронно-центрових верстатів з ЧПК, розташованих назустріч один одному, моделі 1740РФ3, автоматизованого накопичувача заготовок та оброблених деталей та промислового робота моделі СМ160Ф2.06.01.

У даному розділі були розглянуті усі функціональні частини ГВМ ЛАС-ЧПК, розглянуті всі складові цих частин. Ці модулі були спроектовані у програмному пакеті Solid Works для подальшого їх використання в імітаційній моделі обробки деталі у реальному часі в програмі 3D GPM.

7. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

7.1 Розробка організаційно-технологічної структури системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК

У зв'язку із завданням 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.

Для ефективного використання обробки необхідно призначати оптимальні значення параметрів обробки й структур технологічних циклів. Для цього найбільше підходить тримірне моделювання.

Тримірна модель роботизованого технологічного комплексу ЛАС-ЧПК виглядає в такий спосіб:

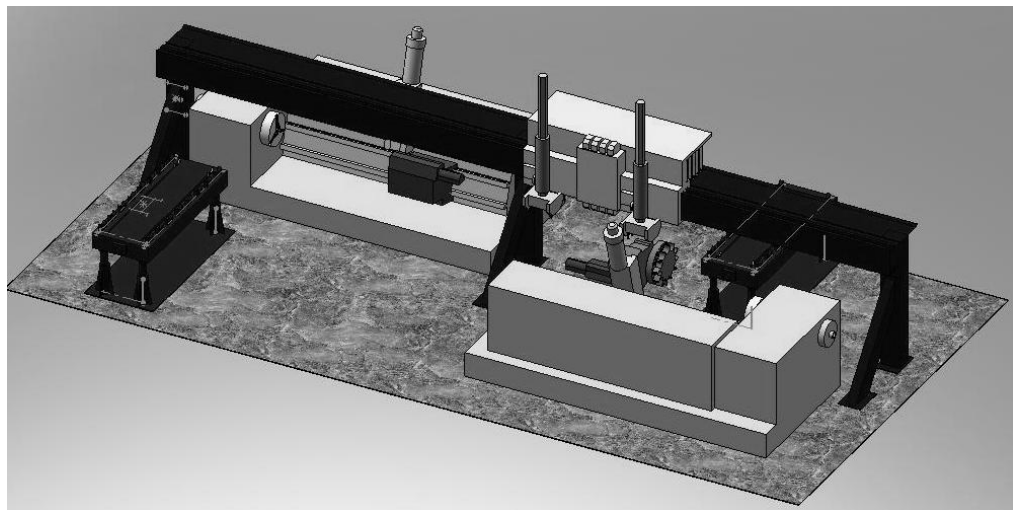


Рисунок 7.1 – Тримірна модель роботизованого технологічного комплексу ЛАС-ЧПК

Для того, щоб створити робочу імітаційну модель ГВМ ЛАС-ЧПК ми використовуємо програму 3D GPM [2], що служить для створення імітації робочого процесу виробництва деталі. Програма використовує тримірні моделі модулів обладнання, створені в програмному пакеті Solid Works . Ці

створені модулі зберігаються в зібраній одній зборці в положенні до початку обробки у форматі *.stl з налаштуваннями якості – грубо й видом кодування – ASCII. Всі частини обладнання збережуть свої координати розташування в просторі щодо абсолютного початку координат.

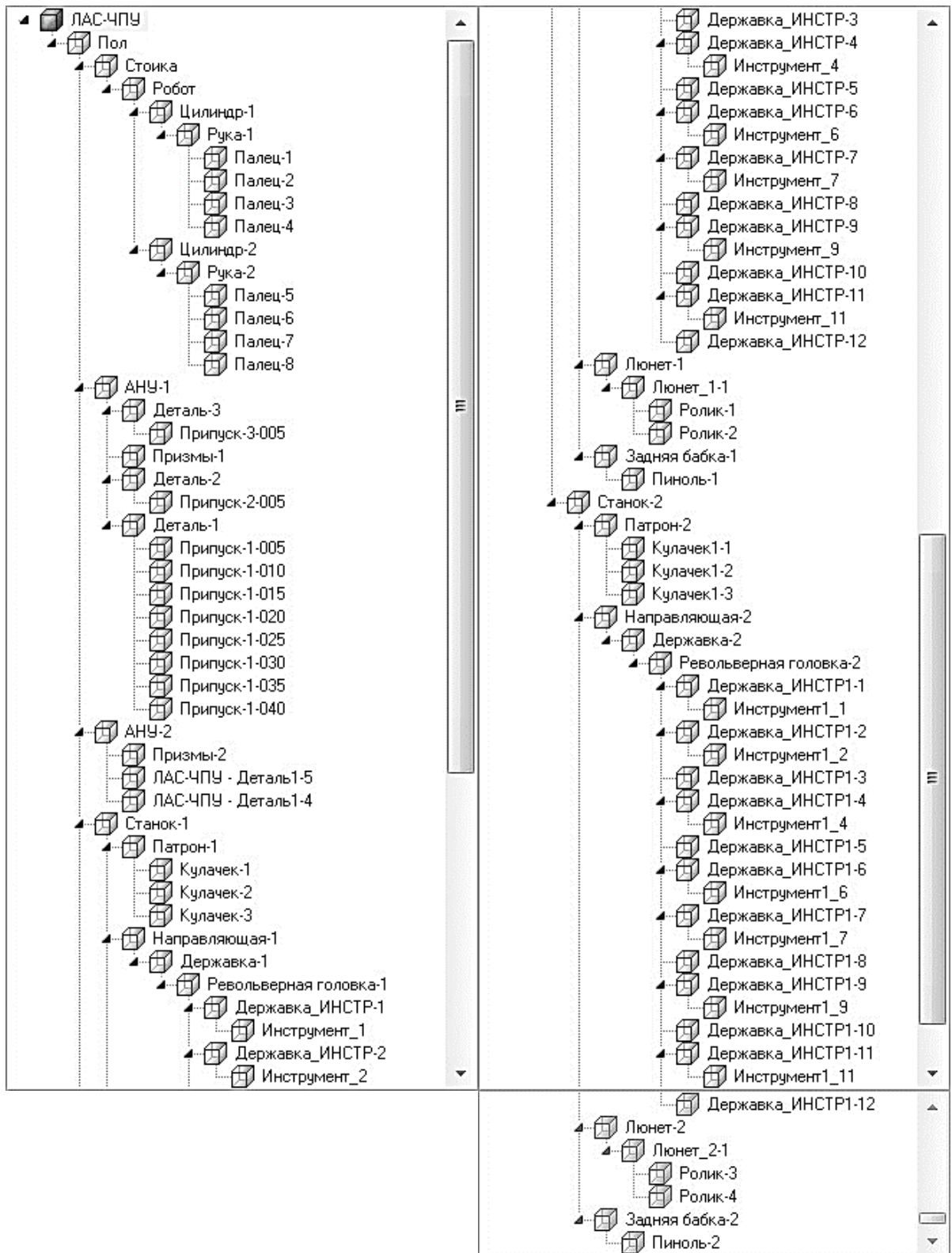


Рисунок 7.2 – Організаційно-технологічна структура системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК

При створенні нової моделі в програмі 3D GPM вибираємо «Создать новый модуль» та у вікні, що з'явилося, натискаємо кнопку «Добавить модель» . По черзі додаємо всі моделі, після чого вибудовуємо дерево прив'язок об'єктів, тобто створюємо структуру системи виготовлення деталі (рис. 7.2).

7.2 Розробка імітаційної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК

На початку моделювання об'єкти розташовані у початковому положенні (до початку роботи ГВМ) (рис. 7.3). Для того, щоб об'єкти могли рухатися у необхідному напрямку та обертатися відносно заданого положення, необхідно розставити локальні вісі цих об'єктів в заданій точці (рис. 7.4).

Далі у тому ж порядку призначаємо вісі всім об'єктам імітаційної моделі та починаємо програмувати обробку деталі «Вал»: усі рухи та команди. Для цього треба натиснути кнопку  у панелі інструментів, яка знаходиться у верхній частині екрану. У вікні, що з'явиться (рис. 7.5) починаємо програмувати обробку деталі «Вал» користуючись набором команд, які знаходяться у лівій частині вікна програми, в панелі властивостей (рис. 7.6).

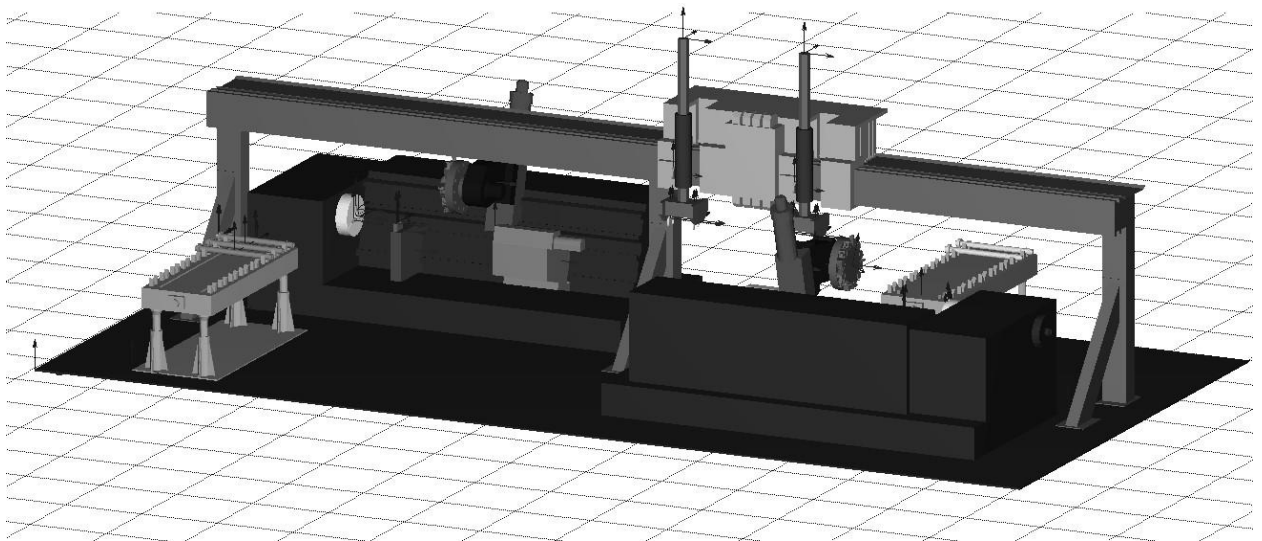


Рисунок 7.3 – Початкове положення імітаційної моделі

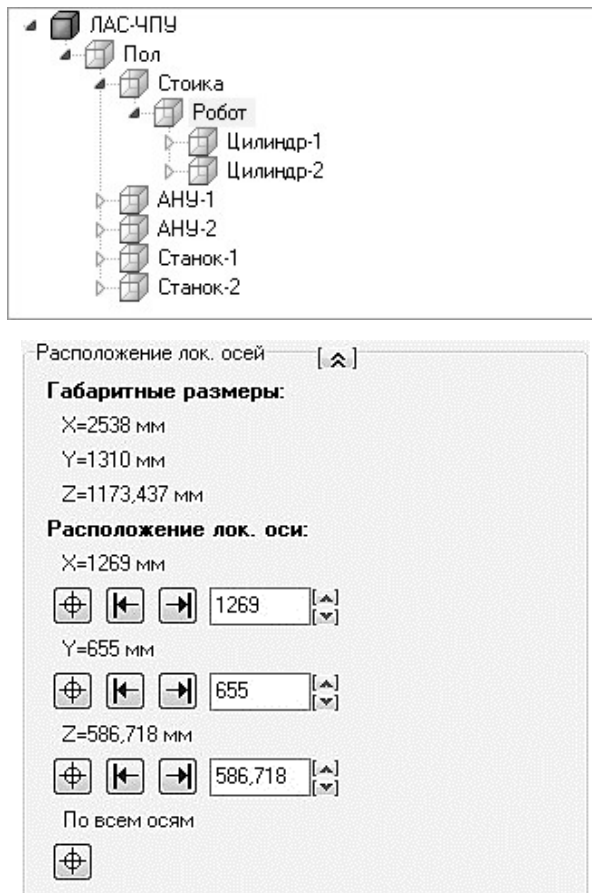


Рисунок 7.4 – Призначення об'єкту «Робот» локальної вісі

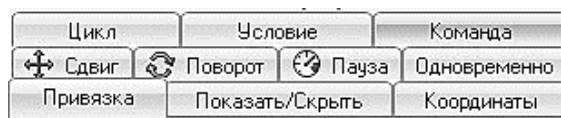


Рисунок 7.5 – Набір команд для програмування

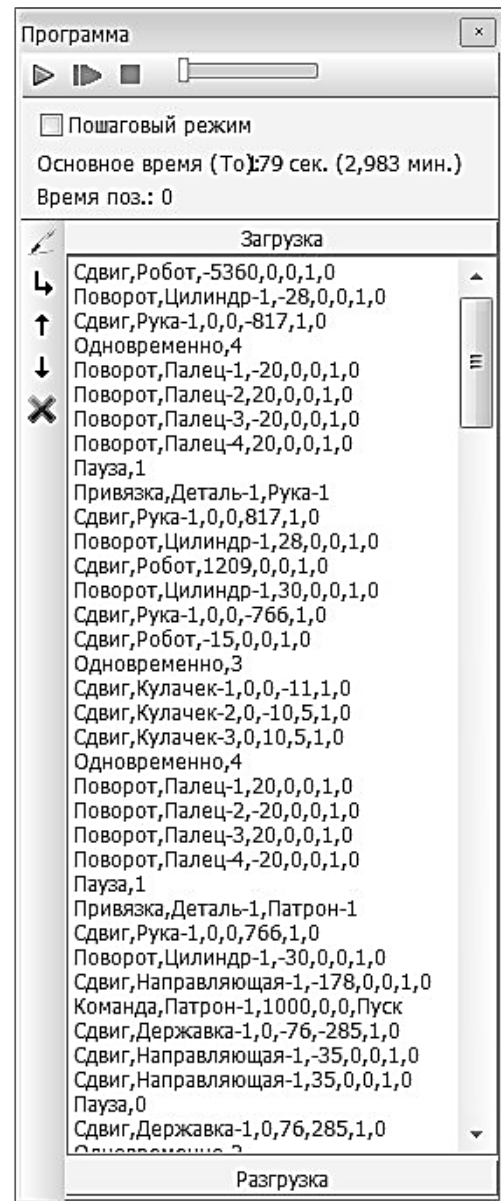


Рисунок 7.6 – Вікно редагування програми

7.3 Розробка імітаційної моделі накопичувача деталей типу «Вал»

Використовуючи всі відомі нам дані про накопичувальний пристрій починаємо програмувати рухи, які він виконує при подачі заготівок під схват промислового робота. Усі головні моменти роботи накопичувача приведені на рисунках нижче.

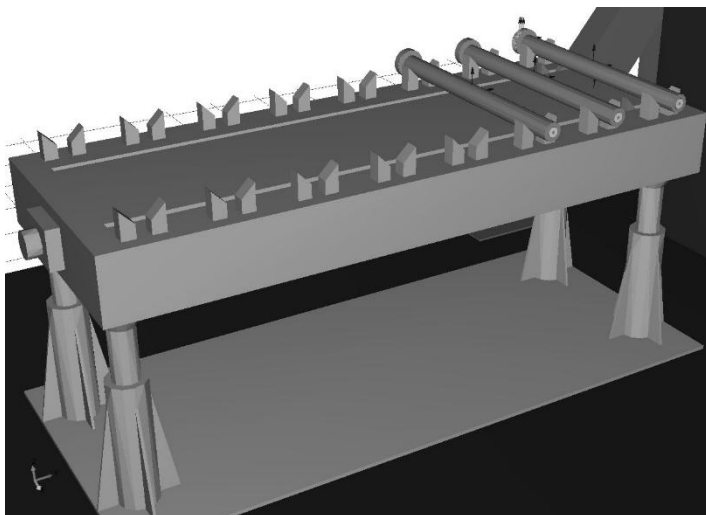


Рисунок 7.6 – Загальний вигляд автоматизованого накопичувального пристрою

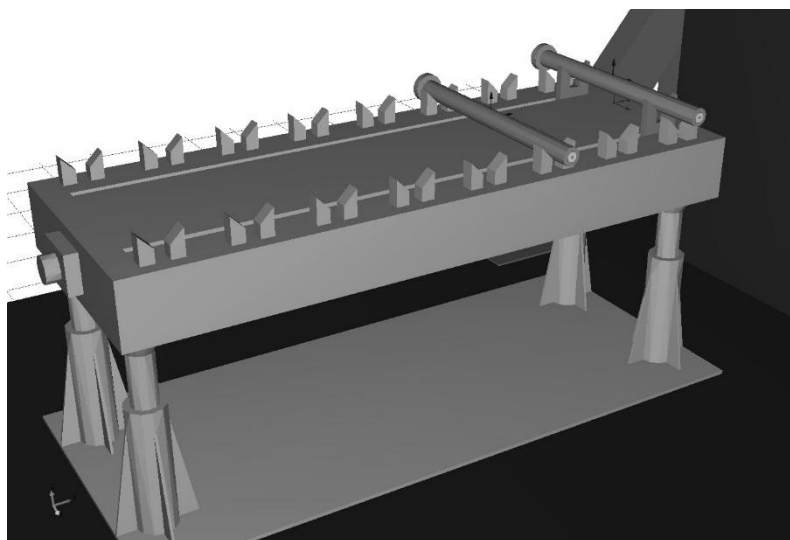


Рисунок 7.7 – Переміщення заготовки у позицію схвату промислового робота

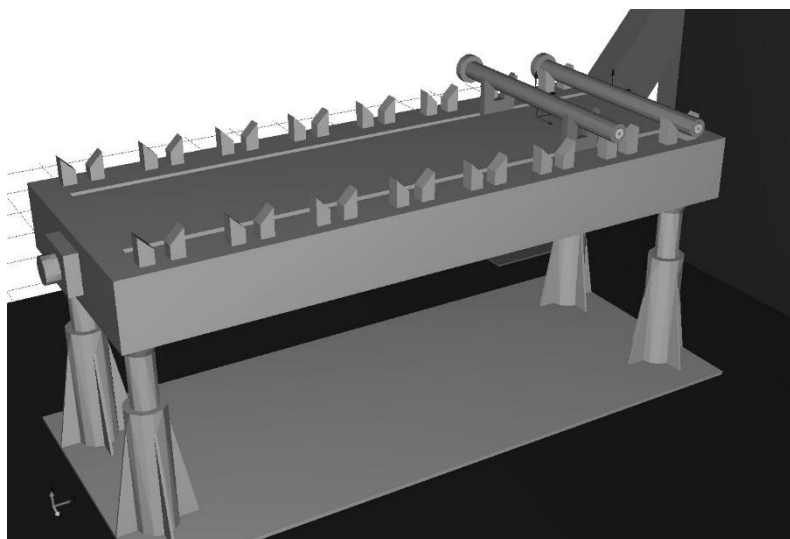


Рисунок 7.8 – Переміщення заготовки на одну позицію

7.4 Розробка імітаційної моделі маніпулятора для транспортування виробу «Вал» у зоні обробки й складування ГВМ ЛАС-ЧПК

Використовуючи всі відомі нам дані про промисловий робот моделі СМ160Ф2.05.01 починаємо програмувати рухи, які він виконує при роботі і зоні обробки й складування ГВМ ЛАС-ЧПК. Усі головні моменти роботи робота приведені на рисунках нижче.

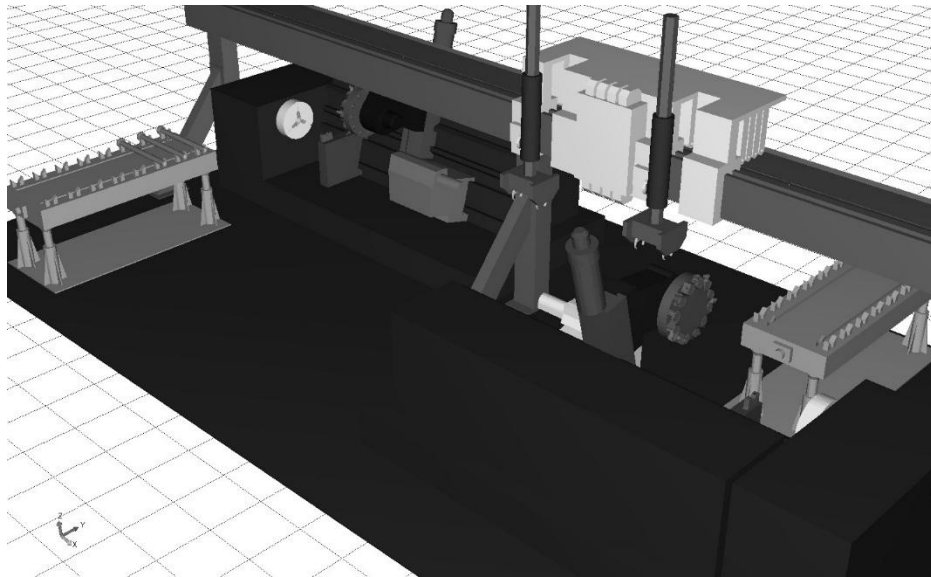


Рисунок 7.9 – Початкове положення промислового робота

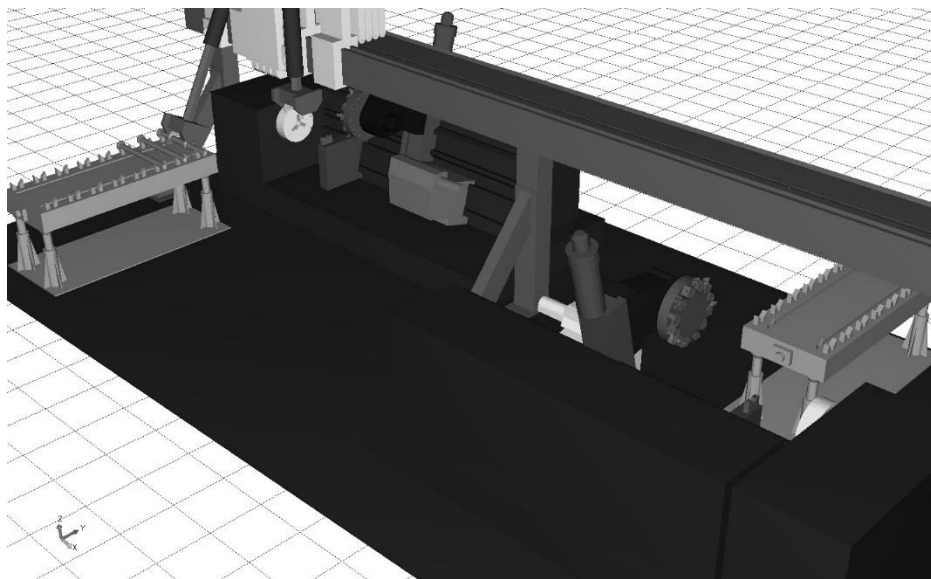


Рисунок 7.10 – Взяття заготовки з накопичувача

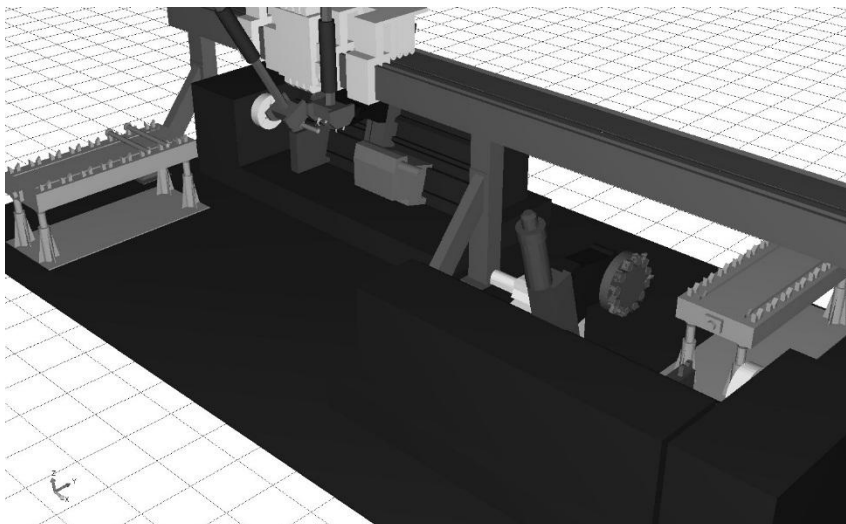


Рисунок 7.11 – Завантаження-вивантаження заготовки на верстат

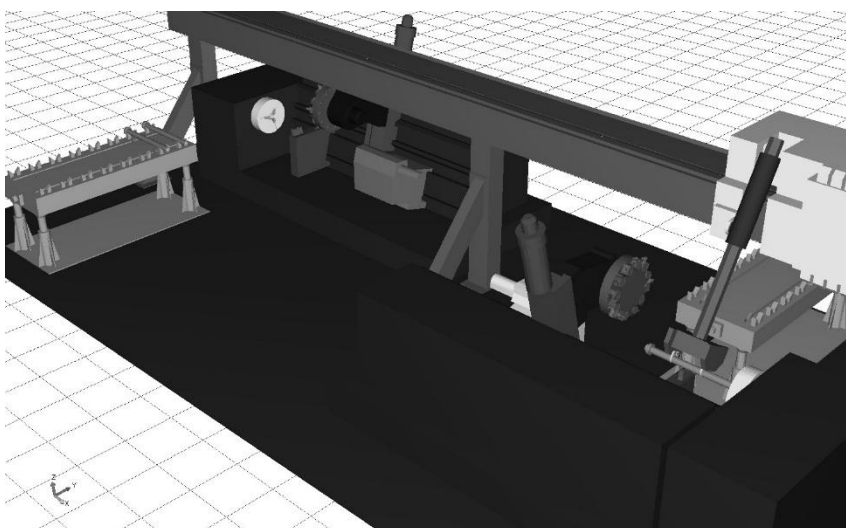


Рисунок 7.12 – Переміщення деталі на наступний верстат

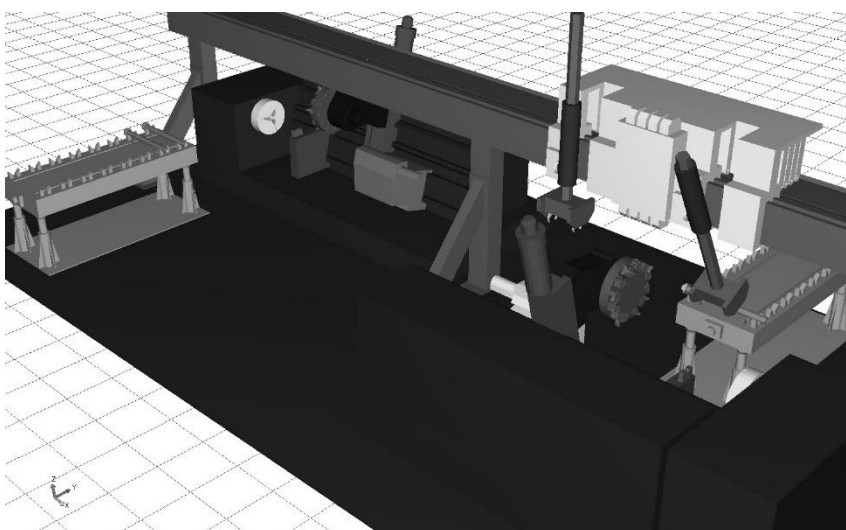


Рисунок 7.13 – Переміщення готової деталі на накопичувач

7.5 Розробка імітаційної моделі обробки виробу «Вал» ГВМ ЛАС-ЧПК

Напівавтомат токарно-центровий із числовим програмним керуванням мод. 1740РФЗ призначений для обробки деталей у патроні або центрах. На напівавтоматі можна виконувати обробку деталей складної конфігурації: обточування циліндричних, конічних і сферичних поверхонь, підрізування торців, прорізання різних канавок, нарізування різьби, свердління, розгортання центральних отворів, розточування. Клас точності верстата Н за ДСТУ 8-77 2007, шорсткість оброблюваної поверхні R 2,5 мкм. Koreгований рівень звукової потужності L_p не повинен перевищувати 108 дба. Середній рівень звуку LA не повинен перевищувати 86 дба. Особливості конструкції напівавтомата. Головний привод оснащений електродвигуном постійного струму. Висока жорсткість напівавтомата, більша потужність головного привода й висока частота обертання шпинделя дозволяють широко використовувати як металокерамічний, так і твердосплавний інструмент. Привод подачі по координатах x и z здійснюється від високомоментних електродвигунів постійного струму з датчиками зворотного зв'язку й високоточних кулькових пар, що дозволяє досягти високої точності й чистоти обробки. Перемикання частот обертання шпинделя у всьому діапазоні швидкостей повністю автоматизоване й здійснюється від команд пристрою числового програмного керування. Напівавтомат обладнаний дванадцятипозиційною інструментальною голівкою, що має на планшайбі базові отвори під кріплення різцетримачем із циліндричним хвостовиком. Для обробки нежорстких деталей верстат оснащений люнетом із двома швидкозмінними голівками. Похиле компонування напівавтомата забезпечує зручний доступ до інструментів, полегшує установку оброблюваного виробу й створюють гарні умови для сходу й прибирання стружки. Змащення шпиндельної бабки циркуляційне й здійснюються за допомогою спеціальної станції. Змащення напрямних станини й супорта автоматичне й здійснюються від окремої станції за допомогою дозаторів. Напівавтомат може вбудовуватися в автоматичні лінії. Є електропроводка зі штепсельними

розніманнями для виносного обладнання. Паспортні дані верстата 1740РФЗ наведені у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Основні дані

Найбільший діаметр виробу, мм:	
оброблюваного над станиною	630
оброблюваного над супортом	400
Найбільша довжина виробу, оброблюваного в центрах, мм	1400; 2000
Найбільша маса оброблюваного виробу, кг	1500
Найбільший діаметр свердління в центрі виробу, мм	40
Діаметр отвору в шпинделі шпиндельної бабки, мм	72
Відстань від основи до осі центрів, мм	1160
Перетин установлюваних різців, мм	32×32
Частота обертання шпинделя, об/хв	16—1600
Найбільше переміщення супорта, мм:	
у повздовжньому напрямку	1440; 2026
у поперечному напрямку	385
Найбільше переміщення пінолі задньої бабки, мм	200
Робоча подача супорта, мм/хв:	
у повздовжньому напрямку	0,01—10000
у поперечному напрямку	0,01—10000
Система програмного керування	Контурна, зі зворотним зв'язком
Дискретність переміщення супорта, мм:	
у повздовжньому напрямку	0,001
у поперечному напрямку	0,001
Програмоносії	Восьмидоріжкова перфострічка
Ширина стрічки, мм	25,4
Система кодування інформації	Код ISO
Зчитування програми	Фотоелектричне
Привод, габарит і маса напівавтомата	
Живильна електромережа:	
рід струму	Змінний трифазний
частота, Гц	50
напруга, В	380
Напруга, В:	
ланцюгів керування:	
змінного струму	220; 110
постійного струму	24
ланцюгів освітлення	24
Тип автомата на введенні	A37225
Номінальний струм розціплювачів вступного автомата, А	250
Електродвигуни:	
головного привода (постійного струму):	
тип	2ПФ.250ЛГУ4
потужність, кВт	37
частота обертання, об/хв	160—2500
привода повздовжньої подачі супорта:	
тип	ПБВ132ЛГУ3

потужність, кВт	5,5
частота обертання, об/хв	До 1000
привода поперечної подачі супорта:	
тип	ПБВ132МГУЗ
потужність, кВт	4
частота обертання, об/хв	До 1000
насоса охолодження:	
тип	ПА-45
потужність, кВт	0,15
частота обертання, об/хв	2800
станції змащення:	
тип	4А71У6УЗ
потужність, кВт	0,55
частота обертання, об/хв	1000
імпульсного змащення:	
тип	АОЛ-22-4
потужність, кВт	0,4
частота обертання, об/хв	1400
привода транспортера стружки:	
тип	4А80А4УЗ, исп. М301
потужність, кВт	1,1
частота обертання, об/хв	1500
привода гідростанції:	
тип	АТ2-42-6
потужність, кВт	4
частота обертання, об/хв	1000
Гідроустаткування:	
тип насоса	Г12-23А
продуктивність, л/хв	25
робочий тиск, бар	64
кількість масла в гідросистемі, л	100
марка масла	«Турбінне Т22» ГОСТ 32—74
Система змащення:	
насос циркуляційного змащення:	
тип	Г12-22
продуктивність, л/хв	18
обсяг масла в системі, л	138
марка масла	Індустріальне 20
насос імпульсного змащення:	
тип	Г12-41А
продуктивність, л/хв	5
обсяг масла в системі, л	10
Габарит напівавтомата без виносного обладнання, мм	4930; 5530×2310×3050
Маса напівавтомата без виносного обладнання, кг	11600; 13100

Використовуючи всі відомі нам дані про ГВМ ЛАС-ЧПК починаємо програмувати рухи, які він виконує при обробці деталі «Вал». Усі головні моменти роботи ГВМ приведені на рисунках нижче.

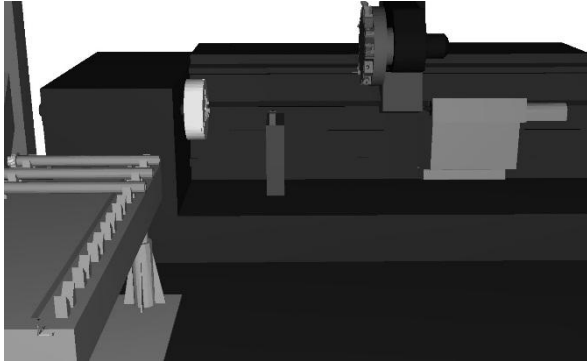


Рисунок 7.14 – Загальний вид моделі верстата з ЧПК 1740РФЗ

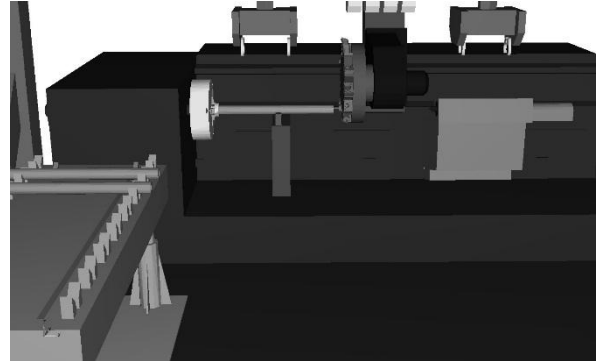


Рисунок 7.15 – Виконання операції центрування

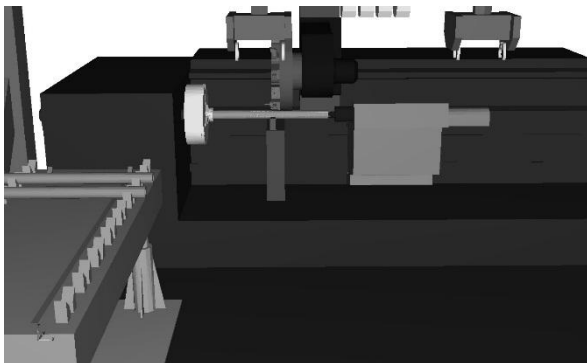


Рисунок 7.15 – Виконання операції точіння заготовки

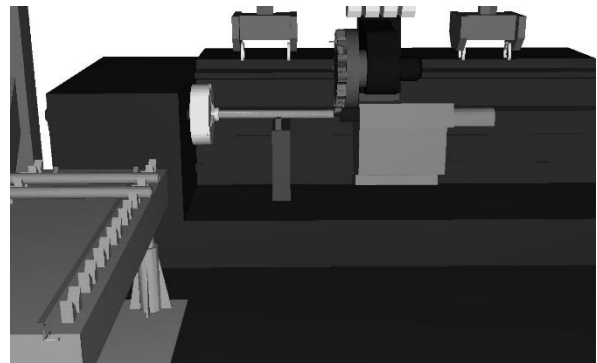


Рисунок 7.15 – Виконання операції контролю розміру

В результаті була створена програма циклу обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК для обробки однієї заготовки. Текст програми та звіт моделі в цілому приведений у додатку Б.

7.6 Нормування процесу обробки виробу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК

Кожне переміщення, кожна дія, яка програмується у програмі, дорівнює одному такту роботи імітаційної моделі. Усього в програмі 123 робочі такти, які були зведені у таблицю Б.2 (додатку Б) для наочності роботи ГВМ ЛАС-ЧПК.

Програма також вираховує основний час роботи моделі T_e (рис. 7.16), який склав $T_e = 2,983$ хв. Це час переміщень об'єктів моделі між операціями технологічного процесу без урахування часу на обробку деталі. Час обробки деталі був порахований у програмі SolidCAM при програмуванні токарної операції (рис. 7.17). Час на обробку деталі склав $T_{o1}=20,49$ хв, $T_{o2}=2,22$ хв.

Штучний час роботи всього ГВМ ЛАС-ЧПК складає:

$$T_{um} = T_e + (T_{o1} + T_{o2}) = 2,983 + 20,49 + 2,22 = 25,693 \text{ хв.}$$

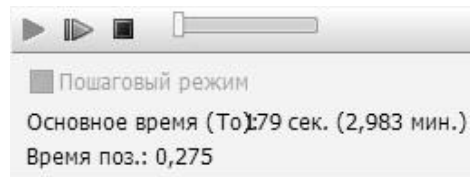


Рисунок 7.16 – Відомості про основний час роботи ГВМ ЛАС-ЧПК

Данные визуализа...		Данные визуализа...	
X:	116.000	X:	116.000
Z:	0.000	Z:	0.000
Подача:	6000.000	Подача:	6000.000
Время:	0:20:49	Время:	0:02:22

Рисунок 7.17 – Відомості про основний час роботи першої та другої токарних операцій

7.7 Висновки

У даному розділі була розроблена організаційно-технологічна структура системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК. Створені імітаційні моделі основних об'єктів ГВМ ЛАС-ЧПК: автоматизований накопичувальний пристрій, промисловий робот та токарний патрно-центровий верстат з ЧПК 1740РФЗ. Розроблена імітація роботи ділянки виробництва в реальному часі та провели нормування процесу обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК.

8. ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГВМ ЛАС-ЧПК ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

8.1 Аналіз технологічних характеристик ГВМ ЛАС-ЧПК

При токарній обробці деталей необхідно зважати на жорсткість верстата (в основному супорта, передньої і задньої бабок), пристосування, різця або іншого ріжучого інструменту, а також оброблюваної деталі або, як то кажуть, з жорсткістю пружної системи станок — пристосування — інструмент — деталь, а ще коротше — з жорсткістю системи ВПД.

Відхилення (віджимання), що виходять унаслідок недостатньої жорсткості окремих складових системи ВПД, завжди мають місце, причому величини кожного з них в окремих випадках різні. Якщо величина всіх відхилень нікчемна, форма деталі, а також розміри оброблюваних поверхонь і жорсткість їх виходять відповідними пред'являємим до них вимогам. Якщо жорсткість декількох або хоча б одній з складових даної системи недостатня, виходять незадовільні результати обробки і виникають вібрації, перешкоджаючи нормальному різанню; верстат, як то кажуть, «дробить». Очевидно, що при невеликій силі різання недостатня жорсткість системи ВПД позначається в меншій мірі, ніж при великому навантаженні.

Причини недостатньої жорсткості верстата, пристосування, ріжучого інструменту і оброблюваної деталі. Численними дослідженнями встановлено, що жорсткість верстата залежить не стільки від жорсткості його деталей, скільки від ретельності збірки і регулювання його вузлів. Наприклад, деталі супорта деяких верстатів, самі по собі достатньо жорсткі, при недостатньо якісній збірці утворюють нежорстку складальну одиницю — супорт. недостатня жорсткість супорта може бути слідством і інших причин: неправильного регулювання клинів, розташованих між направляючими повздовжніх і поперечних напрямних супорта; непрямолінійності унаслідок зносу цих направляючих і т.д. В результаті дії всіх цих причин відбувається так зване віджимання супорта, а отже, і різця.

Приблизно ті ж причини можуть викликати і недостатню жорсткість пристосування або 2-кулачкового патрона або спеціального пристосування. На їх жорсткість також впливають якість збірки і знос. Віджимання ріжучого інструменту в різних випадках обробки деталей на верстатах також може бути більш менш значним і різним тим, що відображаються на формі і розмірах оброблюваних деталей. Причини віджимання різця — вибір малого перетину його при великій довжині частини, що звішується, недостатньо міцне закріплення і т.д.

Жорсткість деталі обумовлюється її розмірами і конструктивними особливостями. Проте існує ряд способів, що забезпечують можливість різко підвищити жорсткість оброблюваної деталі в процесі обробки [13].

Приклади таких способів — використання заднього центру при обробці навіть не дуже довгих деталей, вживання люнетів при обточуванні дуже довгих і тонких деталей і т.д.

Зміна жорсткості в процесі різання. В процесі обробки на одному і тому ж верстаті однієї і тієї ж деталі жорсткість системи ВПД може змінюватися.

В процесі обробки сили різання непостійні зважаючи на змінний (наприклад, унаслідок глибини різання, що змінюється, при обдиранні відливки) перетин стружки і нерівномірної твердості матеріалу оброблюваної деталі, що знімається. Вони збільшуються також у міру затуплення різця. Очевидно, що із збільшенням сил різання збільшується віджимання супорта. При нерівномірному зносі, наприклад направляючих поперечних напрямних супорта, величина віджимання буде різною при різних положеннях цих напрямних.

Недостатня жорсткість задньої бабки в більшій мірі помітна на початку, а передньої — в кінці обробки валу. недостатня жорсткість деталі, встановленої в центрах, позначається найбільшою мірою, коли різець знімає стружку в її середині. Недостатня жорсткість різця особливо відчувається в моменти виникнення найбільших зусиль різання [33,40].

Явища, що виникають в результаті недостатньої жорсткості системи ВПІД. Припустимо, що в центрах токарного верстата з жорсткими бабками (передньої і задньої) обробляється вал. Під дією сил різання вал, очевидно, прогинатиметься (як би відходити від різця), причому величина цього прогинання буде найбільшою, коли різець знімає стружку в середині довжини валу. В результаті цього діаметр валу в середньому перетині вийде більше, ніж у його кінців. Вал матиме бочкоподібну форму, показану на мал. 8.1. Значення величини прогинання, а отже, відступи від циліндричності валу залежать від його розмірів, розмірів стружки, що знімається, кутів різця, форми його передньої поверхні і інших умов.

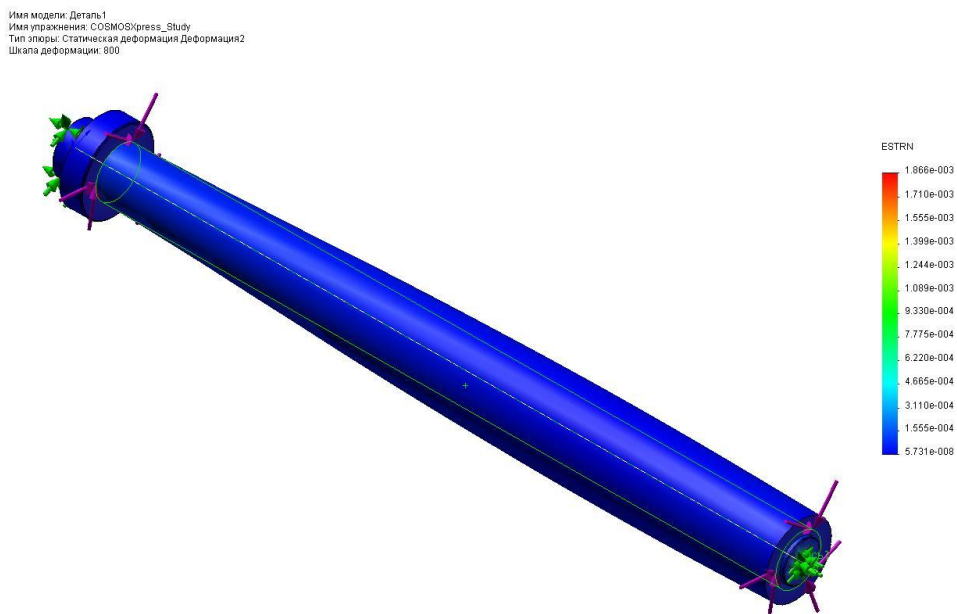


Рисунок 8.1 – Деформація валу при точінні

Тут же слід зазначити можливість спотворення форми оброблюваної поверхні, що виходить при закріпленні деталі на верстаті, що часто спостерігається при обробці тонкостінних деталей.

8.2 Аналіз точності та піддатливості основних вузлів верстата

Вібрації, що виникають при обробці деталей на токарних верстатах, приводять до порушення правильності роботи верстата, до передчасного зносу інструменту, до підвищення шорсткості обробленої поверхні і утворення на ній хвиль з великим кроком (хвилястість).

Вібрації виникають унаслідок однієї або декількох причин; найголовніші з них перераховані нижче.

1. Коливання, передаванні від інших віброуючих верстатів і машин через ґрунт, металеві конструкції міжповерхових перекриттів і т.д. Методи боротьби з такими вібраціями: посилення фундаментів і перекриттів, установка пружних прокладок і т.п.

2. Коливання, що викликаються небалансованністю (неврівноваженістю) частин верстата, патрона або оброблюваної деталі.

Засіб боротьби з вібраціями такого типу — балансування частин, що обертаються, як самого верстата і патрона, так і балансування закріплюваної на верстаті заготовки, якщо вона створює неуврівноваженість всієї системи, що обертається, за допомогою додаткових вантажів.

3. Коливання, що викликаються дефектами передач верстатів: неправильно нарізані або погано зібрані зубчаті передачі у верстаті викликають виникнення періодичних сил, що передаються на підшипники і направляючі верстата, а тому можуть за відомих умов бути причиною появи вібрацій. Таким же чином діють неякісні зшивання ременів. Засоби боротьби з вібраціями цього роду полягають в усуненні дефектів, подібних перерахованим.

4. Коливання, що викликаються переривистим характером процесу різання. У багатьох випадках метод обробки сам по собі обумовлює коливання сил різання, наприклад коли оброблювана поверхня має перерви. Слідством роботи по такій поверхні частіше за все є окремі поштовхи, але при регулярному чергуванні оброблюваних ділянок і перерв можливо виникнення вібрацій. Вплив уривчастості оброблюваної поверхні на виникнення вібрацій повинен усуватися у кожному конкретному випадку шляхом штучного збільшення жорсткості оброблюваної деталі.

5. Власні коливання при обточуванні, розточуванні і т.д. При обточуванні урівноваженої деталі, при роботі на цілком справному верстаті можуть виникати найсильніші вібрації, причому навіть при найуважнішому

розгляді явища не вдається знайти присутності яких-небудь зовнішніх причин, зокрема перерахованих вище. Такі вібрації називаються власними коливаннями (вібраціями) процесу різання.

Як приклад, створена модель валу шпинделя верстата з ЧПК 1740РФ3 з навантаженнями від сил різання і побудовані епюри деформацій (рис. 8.2 – 8.4), на яких зображені ці деформації в перебільшеному вигляді для кращої наочності результатів. Докладні результати деформацій від сил різання приведені в додатку Д.

Частота (число коливань в секунду) в основному залежить від жорсткості системи ВПД. Чим жорсткіше система, тим вище частота коливань, тобто менше вібрації [5].

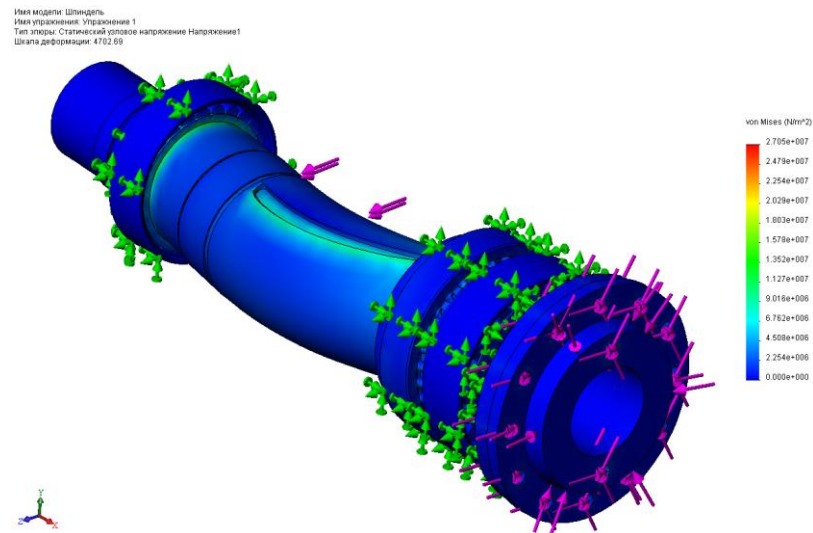


Рисунок 8.2 – Статична вузлова напруга

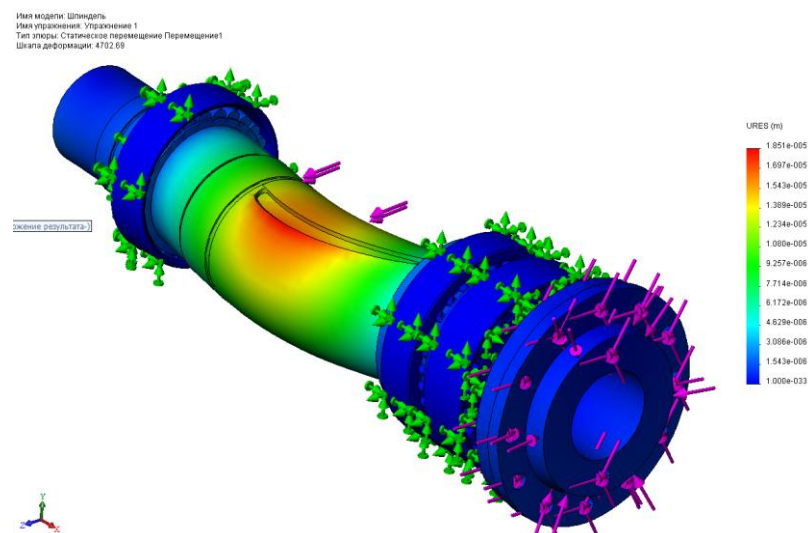


Рисунок 8.3 – Статичне переміщення

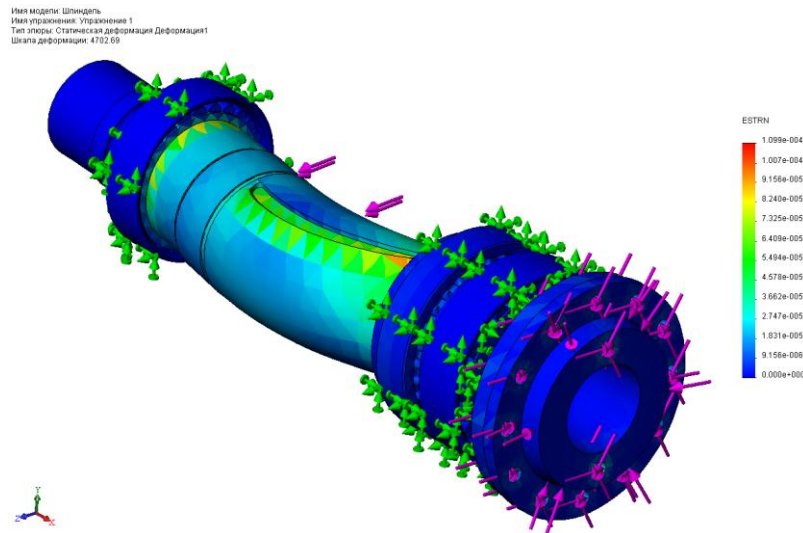


Рисунок 8.4 – Статична деформація

Інтенсивність (сила) вібрацій, вимірювана висотою хвиль (нерівностей) на обробленій поверхні, залежить від ряду причин.

1. Підвищення швидкості різання спочатку викликає інтенсивність вібрацій, що досягають найбільшого значення при швидкості, звичайно що знаходиться у межах 80—150 м/мін, а потім при подальшому збільшенні швидкості вібрації убувають. Отже, умови швидкісного різання більш сприятливі з погляду попередження виникнення вібрацій.

2. Збільшення ширини зрізу (глибини різання при звичайному подовжньому обточуванні) викликає посилення (інтенсивність) вібрацій.

3. Збільшення товщини зрізу (подачі) надає протилежну дію. При збільшенні товщини стружки інтенсивність коливань дещо зменшується. Проте вплив зміни товщини зрізу значно слабкий за вплив зміни його ширини.

4. Різці з малими кутами в плані, що дозволяють працювати з великими подачами при підвищених швидкостях різання, часто не можуть застосовуватися тільки унаслідок виникаючих при їх використуванні вібрацій.

5. Із зростанням переднього кута (тобто при зменшенні кута різання) інтенсивність вібрацій зменшується. Різці з негативними передніми кутами більш схильні викликати вібрації, ніж різці з позитивними кутами.

Засоби боротьби з вібраціями. Власні коливання (вібрації) в процесі різання на токарному верстаті можна попередити наступними способами.

1. Підвищенням жорсткості складових системи ВПД: наприклад, зменшенням вильоту пінолі задньої бабки, зменшенням вильоту різця, затуванням клинів поперечного супорта, при роботі на налагодженому верстаті без поперечної подачі, затиском каретки, при роботі тільки з поперечною подачею, накладенням вантажу на поперечний супорт і ін. У багатьох випадках, лише зменшуючи виліт пінолі задньої бабки і регулюючи ступінь натиснення заднього центру, вдається усунути вібрації.

2. Вибором раціональних режимів різання, різанням на високих швидкостях (або, що менш бажано, на низьких) або збільшенням подачі.

3. Раціональним вибором різця і правильним його заточуванням: вживанням великих кутів в плані, збільшенням переднього кута або введенням фаски по передній грані при негативних передніх кутах, а також спеціальним заточуванням різця (введенням фасок, галтелей і ін.)

Різці з противібраційною фаскою слід встановлювати на висоті центральної лінії верстата.

4. Ретельним балансуванням пристосування із затисненою в ньому деталлю.

Нерідко, особливо в умовах роботи на швидкостях 120—150 м/хв, ніякі з вказаних вище засобів не приводять до знищення вібрацій. В таких випадках слід вдаватися до вживання спеціальних приладів — віброгасителів.

8.3 Висновки

В даному розділі були розглянуті питання причин відхилень від форми та вібрацій. Сформульовані види відхилень та вібрацій, а також способи боротьби з ними. Була побудована модель валу та прикладені до нього сили різання. Також побудована модель шпиндельного валу верстата з ЧПК 1740РФЗ та змодельовані деформації від сил різання.

9. РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» НА ГПМ ЛАС-ЧПК»

9.1. Постановка цілей факультативного заняття з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

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	5
1	Ознайомлення з конструкцією та функціональними можливостями ГПМ ЛАС-ЧПК	Розуміння: засвоєння принципів роботи верстата та особливостей його конструкції	Використання схем верстата, демонстрація відеоматеріалів, лекція	Студенти описують основні вузли та функції ГПМ ЛАС-ЧПК, визначають технологічні можливості верстата
2	Формування навичок цифрового моделювання та імітаційного дослідження обробки валів	Застосування: використання програмного забезпечення для симуляції процесів обробки	Практичні вправи з CAD/CAM-системою, робота з цифровими моделями деталей	Студенти створюють модель вала, проводять імітаційне моделювання та аналізують отримані результати
3	Розвиток умінь оптимізації технологічних режимів обробки	Аналіз та оцінка: визначення впливу параметрів різання на продуктивність та надійність	Виконання практичних завдань із варіацією режимів обробки, групова дискусія	Студенти оцінюють ефективність різних режимів обробки та пропонують оптимальні параметри для підвищення надійності
4	Формування аналітичних та експериментальних компетентностей	Синтез і оцінка: інтеграція теоретичних знань і практичних результатів для прийняття обґрунтованих рішень	Робота з результатами експериментів та цифрового моделювання, обговорення	Студенти роблять висновки щодо продуктивності та надійності обробки, формують

№	Цілі факультативного заняття	Цілі формування різних рівнів засвоєння навчального матеріалу	Умови досягнення цілей	Результат у вигляді дій здобувачів освіти
1	2	3	4	5
			проблемних ситуацій	рекомендації щодо оптимізації процесів
5	Підвищення здатності до самостійної роботи та прийняття технічних рішень	Створення: вироблення навички планування та реалізації технологічного процесу	Виконання комплексного практичного завдання з підготовки та обробки валів на ГПМ ЛАС-ЧПК	Студенти самостійно розробляють послідовність обробки, налаштовують верстат та контролюють результати процесу

9.2 Перелік літературних джерел з теми

1. Ковальчук С. В. Сучасні технології обробки металів на верстатах з числовим програмним керуванням. – Київ: Видавництво НАУ, 2021. – 256 с.
2. Петренко І. М. Цифрове моделювання та оптимізація технологічних процесів у машинобудуванні. – Харків: Машинобудування, 2020. – 198 с.
3. Бондаренко О. П. Професійна підготовка інженерів-механіків у контексті сучасних виробничих технологій. – Львів: ЛНУ, 2019. – 220 с.
4. Сидоренко В. Ю. Продуктивність та надійність обробки деталей на автоматизованих верстатах. – Дніпро: Промислова книга, 2022. – 244 с.

9.3 Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

Конструювання дидактичних матеріалів для професійної підготовки спеціалістів машинобудівних підприємств є ключовим етапом організації навчального процесу, спрямованого на формування практичних, аналітичних та цифрових компетентностей. В умовах сучасного виробництва ефективність підготовки залежить від того, наскільки навчальні матеріали відтворюють реальні виробничі процеси та дозволяють студентам проводити дослідження

продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на верстатах із числовим програмним керуванням, зокрема на ГПМ ЛАС-ЧПК.

Основною метою конструювання дидактичних матеріалів є створення комплексу навчальних засобів, що забезпечує послідовне освоєння теоретичних знань і практичних навичок. До таких засобів належать: наочні схеми та креслення верстата, моделі технологічних процесів у CAD/CAM-системах, методичні вказівки для проведення лабораторних і практичних робіт, а також завдання для аналізу та оптимізації режимів обробки. Кожен елемент дидактичних матеріалів повинен бути спрямований на формування конкретних компетентностей: від розуміння принципів роботи верстата до уміння самостійно проводити імітаційне моделювання, оцінювати результати та пропонувати шляхи підвищення надійності та продуктивності обробки.

Важливим аспектом конструювання матеріалів є інтеграція цифрових технологій. Використання імітаційного моделювання дозволяє студентам експериментувати з різними режимами різання, оцінювати вплив параметрів на точність та стабільність процесу без необхідності використання реального обладнання на початкових етапах навчання. Це забезпечує економію ресурсів, підвищує безпеку навчального процесу та дозволяє зосередитися на аналізі результатів і прийнятті обґрунтованих рішень.

Методичні матеріали повинні включати різні типи завдань: аналітичні, експериментальні та прикладні. Аналітичні завдання спрямовані на розвиток навичок обробки інформації та прогнозування результатів обробки; експериментальні – на практичне відпрацювання навичок налаштування верстата та контролю технологічних параметрів; прикладні – на розробку рекомендацій щодо оптимізації процесів і підвищення продуктивності. Крім того, доцільно передбачити завдання, що формують компетентності з командної роботи та прийняття колективних рішень, оскільки сучасне виробництво передбачає взаємодію інженерів, операторів та технологів [26].

Конструювання дидактичних матеріалів має враховувати принципи поступовості та системності: від ознайомлення з конструкцією верстата і базовими режимами обробки до проведення комплексних досліджень продуктивності та надійності на практичних і лабораторних заняттях. Це

дозволяє сформувати у студентів логіку виконання технологічного процесу, критичне мислення та здатність до самостійного прийняття рішень у виробничих умовах.

Отже, конструювання дидактичних матеріалів з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК» передбачає створення інтегрованого комплексу навчальних засобів, що поєднує теоретичні знання, практичні навички та цифрові технології моделювання. Такий підхід забезпечує формування висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати на сучасних автоматизованих верстатах і оптимізувати виробничі процеси, підвищуючи продуктивність та надійність обробки деталей.

9.4 Аналіз базових умов навчання з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

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
1. Технологія машинобудівного виробництва	Метод – усне опитування. Форма – фронтальна. Засіб – контрольні питання. 1. Які основні технологічні операції виконуються при обробці валів на сучасних верстатах? 2. Які фактори визначають продуктивність обробки металевих деталей? 3. У чому полягають особливості роботи з верстатами ГПМ ЛАС-ЧПК у порівнянні з традиційними механічними верстатами? 4. Як правильно вибирати режими різання для забезпечення високої точності та надійності обробки валів?	Одним із ефективних способів актуалізації знань є організація усного опитування студентів щодо базових понять: властивостей металів, принципів роботи верстатів, основ ЧПК та цифрового моделювання.

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
Матеріалознавство та фізико-механічні властивості металів	1. Які властивості металів найбільше впливають на вибір режимів обробки валів? 2. Чим відрізняються вуглецеві і леговані сталі у процесі механічної обробки? 3. Які методи визначення твердості та міцності металу застосовуються перед обробкою? 4. Як структура металу впливає на точність та надійність обробки валів?	Дискусія дозволяє не лише перевірити рівень засвоєння матеріалу, але й стимулює мислення студентів, формує уміння аргументовано пояснювати технологічні рішення та прогнозувати результати обробки.
Числове програмне керування (ЧПК) та автоматизація виробництва	1. Які основні принципи роботи верстата з ЧПК? 2. Як створюється програма для обробки вала на ГПМ ЛАС-ЧПК? 3. Яким чином автоматизація дозволяє підвищити продуктивність та стабільність технологічного процесу? 4. Які параметри режимів різання можна контролювати за допомогою ЧПК?	
Імітаційне моделювання технологічних процесів	1. Які переваги цифрового моделювання обробки валів порівняно з експериментальною обробкою на верстаті? 2. Як проводиться оцінка продуктивності та надійності процесу за допомогою CAD/CAM-системи? 3. Які методи оптимізації технологічних режимів обробки застосовуються при імітаційному моделюванні? 4. Як використовувати результати симуляції для підвищення точності та довговічності валів?	
Контроль якості та метрологія	1. Які основні параметри якості обробки валів підлягають контролю? 2. Які методи вимірювання точності та шорсткості поверхні застосовуються на виробництві? 3. Як оцінюється надійність технологічного процесу та готових виробів? 4. Чим відрізняється контроль якості на верстатах з ЧПК від традиційного контролю на механічних верстатах?	

Основи наукових досліджень у машинобудуванні	1. Які етапи включає планування експериментального дослідження продуктивності обробки валів? 2. Які методи збору та аналізу даних використовуються для оцінки надійності технологічного процесу? 3. Як формуються рекомендації щодо оптимізації процесів обробки на основі експериментальних даних? 4. Яким чином результати досліджень можуть бути інтегровані у навчальний процес для формування компетентностей студентів?	
--	---	--

9.5 Проєктування мотиваційних технологій навчання з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

На рис. 4.3 представимо характеристику мотиваційних технологій навчання.

Таблиця 4.3 - Визначення способів реалізації мотивації

Способи реалізації мотивації	Внутрішня мотивація
1	2
Вступна мотивація	Доброго дня, шановні здобувачі освіти! Сучасне машинобудівне виробництво потребує висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати на автоматизованих верстатах з числовим програмним керуванням, таких як ГПМ ЛАС-ЧПК. Деталі типу «Вал» є ключовими елементами багатьох механізмів і агрегатів, від точності та надійності обробки яких залежить безперебійна робота виробничих систем. Відповідно, навчання, спрямоване на дослідження продуктивності та надійності обробки таких деталей, набуває особливої значущості. Мотивація навчання полягає у формуванні усвідомлення студентами важливості своєї майбутньої професійної діяльності та необхідності високого рівня компетентності у роботі з сучасними технологіями. Заняття з цієї теми дають можливість не лише засвоїти теоретичні знання про режими різання та конструкційні особливості верстата, а й відпрацювати практичні навички з цифрового моделювання, оцінки продуктивності та надійності технологічних процесів. Особливу мотиваційну цінність має можливість бачити прямий зв'язок між проведеними розрахунками, моделюванням і реальними результатами обробки на верстаті. Це формує у студентів відповідальне ставлення до роботи, розвиває критичне мислення та навички прийняття технічно обґрунтованих рішень.

	Крім того, актуальність теми підкріплюється економічними та виробничими чинниками. Підвищення продуктивності та надійності обробки валів дозволяє зменшити кількість браку, скоротити простої обладнання та оптимізувати використання матеріальних ресурсів. Усвідомлення цих практичних переваг стимулює студентів до активного навчання та самостійного пошуку рішень для підвищення ефективності технологічних процесів. Таким чином, навчання за темою «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК» мотивує студентів до поєднання теоретичних знань із практичними навичками, розвитку аналітичного мислення та готовності до самостійного вирішення складних інженерних завдань у сучасному виробничому середовищі. Це сприяє формуванню висококваліфікованих, компетентних і конкурентоспроможних фахівців машинобудівної галузі.
--	--

9.6 Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

Вибір методів, форм та засобів формування ООД наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Способи формування ООД на факультативному занятті

Рівень засвоєння (Блум)	Форми організації навчання	Методи навчання	Засоби навчання
1	2	3	4
Знання / Розуміння	Фронтальна лекція, усне опитування	Пояснення, демонстрація, дискусія	Презентації, схеми верстата ГПМ ЛАС-ЧПК, навчальні відео
Застосування	Практичні та лабораторні заняття, індивідуальна робота	Виконання практичних завдань, моделювання процесів	CAD/CAM-системи, цифрові моделі валів, інструкції з обробки
Аналіз	Робота в групах, семінари	Порівняння результатів симуляцій, аналіз критичних зон обробки	Результати цифрового моделювання, графіки продуктивності та надійності
Синтез / Оцінка	Проєктна діяльність, командні завдання	Розробка оптимальних технологічних режимів, оцінка ефективності процесів	Таблиці режимів різання, експериментальні дані, програмне забезпечення для моделювання
Створення / Творчість	Самостійні дослідницькі проєкти, кейс-завдання	Імітаційне моделювання, планування експериментів, генерація рішень	Комп'ютерне моделювання, лабораторне обладнання, інструкційні матеріали

9.7 Проєктування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

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	Вправа 1. Ознайомлення з конструкцією та функціональними можливостями верстата ГПМ ЛАС-ЧПК • Мета: сформувати у студентів розуміння структури та основних вузлів верстата. • Завдання: провести віртуальну або практичну екскурсію по верстату; визначити основні механізми подачі, шпиндель, систему ЧПК та пристрої контролю. • Результат: студенти вміють описати функціональні елементи верстата і пояснити їх призначення.
	Вправа 2. Налаштування режимів різання для обробки валів • Мета: навчити студентів обирати оптимальні режими обробки. • Завдання: розрахувати параметри різання (швидкість, подачу, глибину різання) для конкретного матеріалу вала; здійснити налаштування верстата у тренажері або на реальному обладнанні. • Результат: студенти вміють самостійно визначати та налаштовувати технологічні параметри обробки.
	Вправа 3. Імітаційне моделювання обробки валів • Мета: розвинути навички цифрового моделювання технологічних процесів. • Завдання: створити 3D-модель валу у CAD-системі, провести імітаційне моделювання обробки, оцінити продуктивність і надійність процесу. • Результат: студенти вміють використовувати цифрові інструменти для прогнозування технологічних показників.
	Вправа 4. Аналіз продуктивності та надійності обробки • Мета: навчити оцінювати ефективність процесу. • Завдання: порівняти результати імітаційного моделювання з нормативними показниками; визначити критичні точки та ризики зменшення надійності. • Результат: студенти здатні аналізувати процес обробки, виявляти слабкі місця та пропонувати шляхи оптимізації.
	Вправа 5. Оптимізація технологічних процесів обробки • Мета: сформувати навички покращення продуктивності та надійності. • Завдання: змінити параметри обробки у моделі, повторити симуляцію, обґрунтувати вибір оптимальних режимів.

Рівні засвоєння навчального матеріалу	Форми, методи, засоби
	Результат: студенти можуть визначити найбільш ефективні параметри обробки та аргументувати свої рішення.
	Вправа 6. Підготовка звіту та рекомендацій - Мета: навчити систематизувати результати дослідження. - Завдання: оформити звіт із результатами розрахунків, моделювання та аналізу; надати рекомендації щодо підвищення продуктивності та надійності обробки валів. - Результат: студенти вміють представити результати досліджень у структурованій формі та робити практичні висновки.

9.8 Проектування контрольних дій з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

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
III рівень	Контрольні питання. - Загальні питання з технології обробки валів - Які основні етапи механічної обробки валів на верстатах з ЧПК? - В яких випадках застосовуються різні типи обробки: точіння, фрезерування, шліфування? - Як впливає точність обробки валу на надійність механізмів і агрегатів? - Питання з матеріалознавства - Які фізико-механічні властивості матеріалу впливають на вибір режимів різання? - Чим відрізняється обробка валів з вуглецевих і легированих сталей? - Які методи контролю якості матеріалу використовуються перед обробкою? - Питання з Числового програмного керування (ЧПК) - Які основні функції системи ЧПК у верстаті ГПМ ЛАС-ЧПК? - Як визначається оптимальна подача та швидкість різання для обробки валу? - Які параметри обробки можна автоматично контролювати та

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття	Форми, методи, засоби
1	2
	коригувати через ЧПК? 4. Питання з імітаційного моделювання 1. Які переваги використання CAD/CAM-систем для моделювання обробки валів? 2. Як проводиться аналіз продуктивності та надійності процесу у цифровому середовищі? 3. Які зміни параметрів обробки можуть призвести до підвищення точності та довговічності валу? 5. Питання з контролю якості та метрології 1. Які основні параметри якості обробки валів підлягають контролю? 2. Які інструменти та прилади застосовуються для оцінки геометричних параметрів і шорсткості поверхні? 3. Як проводиться оцінка надійності технологічного процесу?
	6. Питання з аналізу та оптимізації технологічних процесів 1. Які методи використовуються для аналізу продуктивності обробки валів? 2. Як визначають критичні точки процесу, що впливають на надійність деталі? 3. Яким чином результати моделювання та експериментів використовуються для оптимізації режимів обробки?

9.9 Розробка сценарію факультативного заняття з теми «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК»

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

Таблиця 9.7 - Сценарій заняття, його структура й зміст структурних елементів

№ з/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
1	Організаційний момент	Привітання студентів, перевірка присутніх. Створення робочої атмосфери та налаштування на продуктивну діяльність. Нагадування правил безпеки та технологічної дисципліни при роботі на ГПМ ЛАС-ЧПК.
2	Повідомлення теми і мети заняття	Тема: «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК». Мета: сформулювати у студентів знання та практичні навички оцінки продуктивності та надійності обробки валів, використання цифрового моделювання для оптимізації

№ з/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
		технологічного процесу.
3	Мотивація навчальної діяльності	Обговорення актуальності теми: підвищення ефективності виробництва, зменшення відходів та простоїв, оптимізація часу обробки та підвищення якості валів. Демонстрація прикладів застосування імітаційного моделювання для прогнозування продуктивності та надійності обробки
4	Актуалізація базових знань	Усне опитування студентів щодо: • Властивостей металів для обробки валів; • Принципів роботи ГПМ ЛАС-ЧПК; • Впливу режимів різання на продуктивність та надійність; • Основ цифрового моделювання технологічних процесів. Методи: дискусія, усне опитування. Форма: фронтальна. Засоби: схеми верстата, креслення валів, контрольні питання.
5	Формування нового навчального досвіду (ООД)	Демонстрація процесу імітаційного моделювання обробки валу на ГПМ ЛАС-ЧПК. Студенти аналізують симуляцію, визначають критичні точки обробки та обговорюють методи підвищення надійності та точності. Методи: пояснення, демонстрація, дискусія, мозковий штурм.
6	Формування вмінь та дій (ВД)	Практичні вправи: 1. Аналіз цифрової моделі валу та визначення критичних зон навантаження; 2. Розробка послідовності обробки та вибір режимів різання; 3. Імітаційне моделювання процесу в CAD/CAM-системі; 4. Оптимізація параметрів обробки для підвищення надійності; 5. Підготовка рекомендацій щодо підвищення продуктивності.
7	Формування компетентності (КД)	Обговорення результатів практичних робіт та контрольні питання: • Вплив режимів різання на продуктивність та точність; • Методи підвищення надійності обробки валів; • Використання цифрового моделювання для оптимізації процесу; • Оцінка результатів симуляцій та практичних розрахунків.
8	Підбиття підсумків, видача домашнього завдання	Підсумок заняття: важливість цифрового моделювання для підвищення продуктивності та надійності обробки, оптимізація режимів різання, застосування сучасних технологій. Домашнє завдання: підготувати звіт із моделювання обробки валу, аналіз критичних зон та рекомендації щодо оптимізації процесу.

9.10 Висновки

Розробка дидактичного проєкту факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на

ГПМ ЛАС-ЧПК» дозволила систематизувати навчальний процес і забезпечити ефективне поєднання теоретичних знань і практичних навичок студентів. У процесі роботи було визначено ключові компоненти заняття: організаційний момент, мотивацію, актуалізацію базових знань, формування нового досвіду, практичні вправи, розвиток компетентностей та підбиття підсумків.

Дидактичний проєкт передбачає комплексне використання різних методів навчання: пояснення, демонстрація, дискусія, імітаційне моделювання, практичні та дослідницькі вправи. Завдяки цьому студенти отримують можливість не лише засвоїти базові знання про конструкцію верстата ГПМ ЛАС-ЧПК та властивості матеріалів валів, а й навчитися застосовувати ці знання на практиці для оцінки продуктивності та надійності технологічних процесів.

Особлива увага у роботі була приділена цифровому моделюванню технологічних процесів, що дозволяє студентам аналізувати критичні точки обробки, прогнозувати результати та оптимізувати режими різання без необхідності безпосередньої роботи на обладнанні. Це сприяє формуванню навичок безпечної роботи, аналітичного мислення та здатності приймати технічно обґрунтовані рішення.

Розроблений дидактичний матеріал включає контрольні питання, практичні завдання та домашнє завдання, що забезпечує закріплення отриманих знань та формування компетентностей, необхідних для роботи на сучасних автоматизованих верстатах. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності підготовки фахівців, готових проводити дослідження продуктивності і надійності обробки деталей та впроваджувати результати оптимізації у виробничу практику.

Отже, реалізація запропонованого дидактичного проєкту забезпечує комплексний розвиток теоретичних знань, практичних умінь та аналітичних компетентностей студентів, підвищує якість професійної підготовки та сприяє формуванню висококваліфікованих спеціалістів машинобудівної галузі, здатних ефективно працювати в умовах сучасного виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі проведено аналіз ефективності обробки деталі «Вал» на обробних центрах в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, в результаті якого можна сказати, що при обробці деталі типу «Вал» доцільно використовувати верстати з ЧПК токарної групи. У даному проекті взятий за основу токарний патрно-центровий верстат мод. 1740РФ3 з ЧПК. Також проведений аналіз технологічності виготовлення деталі «Вал» на обробних центрах, по закінченню якого можна зробити висновок, що деталь є технологічною. Визначені цілі та завдання випускної роботи.

У розділі «Розробка групового технологічного процесу одержання деталі «Вал» виробництва» був проведений аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці виробів на ГВС в умовах дрібносерійного виробництва, розроблені узагальнений маршрут обробки деталі, у результаті чого, у системі ТехноПро5+, був створений загальний технологічний процес (ЗТП). На підставі спроектованого ЗТП, був сформований конкретний технологічний процес (КТП). У результаті була сформована технологічна документація по обробці деталі «Вал» (див. додаток А).

Розроблена циклограма обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК. Також розроблена керуюча програма на обробку деталі у програмному пакеті SolidCAM, в результаті отриманий текст керуючої програми, який наведений у додатку Б. Проведений конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, яке використовується при обробці на верстатах із ЧПК та безпосередньо на ГВМ ЛАС-ЧПК. Була розглянута конструкція захватного пристрою маніпулятора для переміщення виробу «Вал» у робочій зоні ГВМ ЛАС-ЧПК. Також був проведений вибір основного та допоміжного інструменту для обробки деталі «Вал» та розраховані режими різання на операцію.

Роботизований комплекс типу ЛАС-ЧПК призначений для токарної обробки валів різної конфігурації в дрібносерійному й серійному виробництвах. Він складається з токарних патронно-центрових верстатів з

ЧПК, розташованих назустріч один одному, моделі 1740РФЗ, автоматизованого накопичувача заготовок та оброблених деталей та промислового робота моделі СМ160Ф2.05.01. Розглянуті усі функціональні частини ГВМ ЛАС-ЧПК, розглянуті всі складові цих частин. Ці модулі були спроектовані у програмному пакеті Solid Works для подальшого їх використання в імітаційній моделі обробки деталі у реальному часі в програмі 3D GPM.

Також розроблена організаційно-технологічна структура системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК. Створені імітаційні моделі основних об'єктів ГВМ ЛАС-ЧПК. Розроблена імітація роботи ділянки виробництва в реальному часі та провели нормування процесу обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК.

Розглянуті питання причин відхилень від форми та вібрацій. Сформульовані види відхилень та вібрацій, а також способи боротьби з ними. Була побудована модель валу та прикладені до нього сили різання. Також побудована модель шпиндельного вала верстата з ЧПК 1740РФЗ та змодельовані деформації від сил різання.

Отримані результати розрахунків по аналізу використання інвестиційних витрат даного проекту і розробка заходів по підвищенню ефективності їх використання дозволяє робити висновок, що розроблений проект буде прибутковим і має перспективи розвитку.

Розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК» дозволила систематизувати навчальний процес і забезпечити ефективне поєднання теоретичних знань і практичних навичок студентів. У процесі роботи було визначено ключові компоненти заняття: організаційний момент, мотивацію, актуалізацію базових знань, формування нового досвіду, практичні вправи, розвиток компетентностей та підбиття підсумків.

Дидактичний проєкт передбачає комплексне використання різних методів навчання: пояснення, демонстрація, дискусія, імітаційне

моделювання, практичні та дослідницькі вправи. Завдяки цьому студенти отримують можливість не лише засвоїти базові знання про конструкцію верстата ГПМ ЛАС-ЧПК та властивості матеріалів валів, а й навчитися застосовувати ці знання на практиці для оцінки продуктивності та надійності технологічних процесів.

Особлива увага у роботі приділена цифровому моделюванню технологічних процесів, що дозволяє студентам аналізувати критичні точки обробки, прогнозувати результати та оптимізувати режими різання без необхідності безпосередньої роботи на обладнанні. Це сприяє формуванню навичок безпечної роботи, аналітичного мислення та здатності приймати технічно обґрунтовані рішення.

Розроблений дидактичний матеріал включає контрольні питання, практичні завдання та домашнє завдання, що забезпечує закріплення отриманих знань та формування компетентностей, необхідних для роботи на сучасних автоматизованих верстатах. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності підготовки фахівців, готових проводити дослідження продуктивності і надійності обробки деталей та впроваджувати результати оптимізації у виробничу практику.

Отже, реалізація запропонованого дидактичного проєкту забезпечує комплексний розвиток теоретичних знань, практичних умінь та аналітичних компетентностей студентів, підвищує якість професійної підготовки та сприяє формуванню висококваліфікованих спеціалістів машинобудівної галузі, здатних ефективно працювати в умовах сучасного виробництва.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>
2. 3D GPM – User Documentation. – NIST Manufacturing Engineering Lab, 2020. – 150 p.
3. Altintas, Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2012. — 366 p.
4. Boothroyd, G., Knight, W. A. Fundamentals of Machining and Machine Tools. — 3rd ed. — CRC Press, 2019. — 615 p.
5. Cook R. Finite Element Modeling for Stress Analysis (COSMOS / SimulationWorks). – Wiley, 2021. – 384 p.
6. CoroGuide – Tool Selection and Cutting Data Handbook. – Sandvik Coromant, 2022. – 450 p.
7. FlexSim Simulation Software. *Discrete Event Modeling for Manufacturing Systems*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.flexsim.com>
8. Ghosh, S., Mallik, S. Finite Element Analysis of Machining Processes. — Springer, 2015. — 284 p.
9. Groover, M. P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems. — 7th ed. — Hoboken, NJ: Wiley, 2020. — 1048 p.
10. ISCAR Tools. *Product Catalog and Technical Data for Metalworking*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.iscar.com>
11. 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.
12. Kalpakjian, S., Schmid, S. R. Manufacturing Processes for Engineering Materials. — 7th ed. — Pearson Education, 2021. — 984 p.
13. Planchard D., Planchard M. Engineering Design with SOLIDWORKS 2023. – SDC Publications, 2023. – 832 p.

14. Sandvik Coromant Knowledge Center. *Metal Cutting Data Handbook*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.sandvik.coromant.com>
15. Shpitalnik V. *Practical CNC Programming with SolidCAM*. — Springer, 2020. — 265 p.
16. Siemens NX CAM Documentation. *Programming and Simulation for CNC Machining Centers*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://support.sw.siemens.com>
17. Siemens SINUMERIK Operate: Program Guide. — Siemens AG, 2020. — 540 p.
18. Sinumerik 840D sl / 828D. *Programming Manual – Turning / Milling*. — Siemens AG, 2021. — 780 p.
19. SolidCAM 2022 User Guide. — SolidCAM Ltd., 2022. — 1240 p.
20. SolidWorks 2022: Посібник користувача. — Dassault Systèmes, 2022. — 1456 с.
21. Thusty, J. *Manufacturing Processes and Equipment*. — Prentice Hall, 2000. — 989 p.
22. Tönshoff, H. K., Denkena, B. *Basics of Cutting and Abrasive Processes*. — Springer, 2013. — 410 p.
23. Weck, M. *Handbook of Machine Tools. Vol. 4: Metrology, Control, Inspection, and Test*. — Wiley, 2003. — 455 p.
24. Xometry Europe. *Standard Tolerances in Manufacturing: ISO 2768 & ISO 286*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://xometry.pro/en-eu/articles/standard-tolerances-manufacturing>
25. Бабій, В. І., Головка, Л. В. *Основи технології машинобудування*. — К.: Вища школа, 2019. — 376 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
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 ISO 9001:2018. Системи управління якістю. Вимоги. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. — 33 с.
30. ДСТУ ISO 2768-1:2006. Допуски загальні. Частина 1. Допуски лінійних та кутових розмірів без індивідуальних допусків. — Київ: Держспоживстандарт України, 2006. — 18 с.
31. ДСТУ ISO 286-2:2016. Допуски та посадки. Частина 2. Стандартні допуски і посадки для валів та отворів. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 32 с.
32. Єгоров А. В. Верстати з ЧПУ і системи керування: навчальний посібник. — К.: Вид-во «Каравела», 2020. — 304 с.
33. Каталог фірми Sandvik Coromant. *Металообробка. Інструментальні рішення для токарних і фрезерних операцій*. — Sandvik AB, 2023. — 540 с.
34. Климчук, А. А. Технологія машинобудування: Підручник. — Львів: Новий Світ – 2000, 2020. — 420 с.
35. 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.
36. 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.
37. Козак, Л. І., Лісовий, В. В. Автоматизоване проектування технологічних процесів обробки деталей. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. — 265 с.
38. Костюк, О. В. Моделювання та оптимізація технологічних процесів у машинобудуванні. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2021. — 184 с.
39. 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. Стрельніков, М. В. Стрельніков. – Полтава : АСМІ, 2020. – 303 с.

40. Левченко, В. С., Черненко, С. М. Розрахунок технологічних систем на жорсткість та точність. — К.: Політехніка, 2018. — 228 с.

41. Мельник Ю. С. Комп'ютеризовані технології механічної обробки: SolidCAM, EdgeCAM, MasterCAM. – Львів: НУ «ЛП», 2021. – 284 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 : Компрінт, 2024. – 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: УІПА, 2024. – 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. Рамазанов С. М., Твердохлебов В. М. Комп'ютерне проєктування в середовищі SolidWorks: навчальний посібник. – К.: Кондор, 2019. – 312 с.

49. Рудь, Ю. А., Поліщук, О. В. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. — К.: НАУ, 2017. — 318 с.

50. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>
51. 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.
52. Стеценко В. В. Програмування металорізальних верстатів з ЧПК: Sinumerik, Fanuc, Heidenhain. – К.: Ліра-К, 2018. – 368 с.
53. Тимофєєв В. А. Основи 3D-моделювання в SOLIDWORKS. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 248 с.
54. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>
55. Фесенко А. В. «Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування». Харків: НТУ «ХПІ», 2022. — 421 с.
56. Шевченко, В. М., Трохимчук, В. М. Технологічні процеси обробки деталей на верстатах з ЧПК. — Харків: ХНУРЕ, 2018. — 252 с.
57. Шелковий О. М., Феденюк Д. В., Летюк В. І., Міроненко С. О., Іщенко М. Г. Алгоритм пошуку в умовах серійного виробництва варіантів структури технологічного процесу механообробки на заданій множині технологічного обладнання. — Харків: Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні, 2023, № 2 (8), с. 39–49

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Технологічний процес обробки
деталі «Вал»

ДОДАТОК Б

Результати розрахунків режимів різання

ДОДАТОК В

Текст керуючої програми

ДОДАТОК Г

Звіт моделі ГВМ ЛАС-ЧПУ в 3D GPM

ДОДАТОК Д

Звіт моделювання деформацій деталі «Вал»
від сил різання в програмі Cosmos Works 2007

Дубл.			
Взам.			
Підл.			

SolidCam			1
----------	--	--	---

ННІ УІПА 7.092.501. ДІТ-ПОМ24мг

Вал

ПОГОДЖЕНО СТВЕРДЖУЮ

Технічний директор

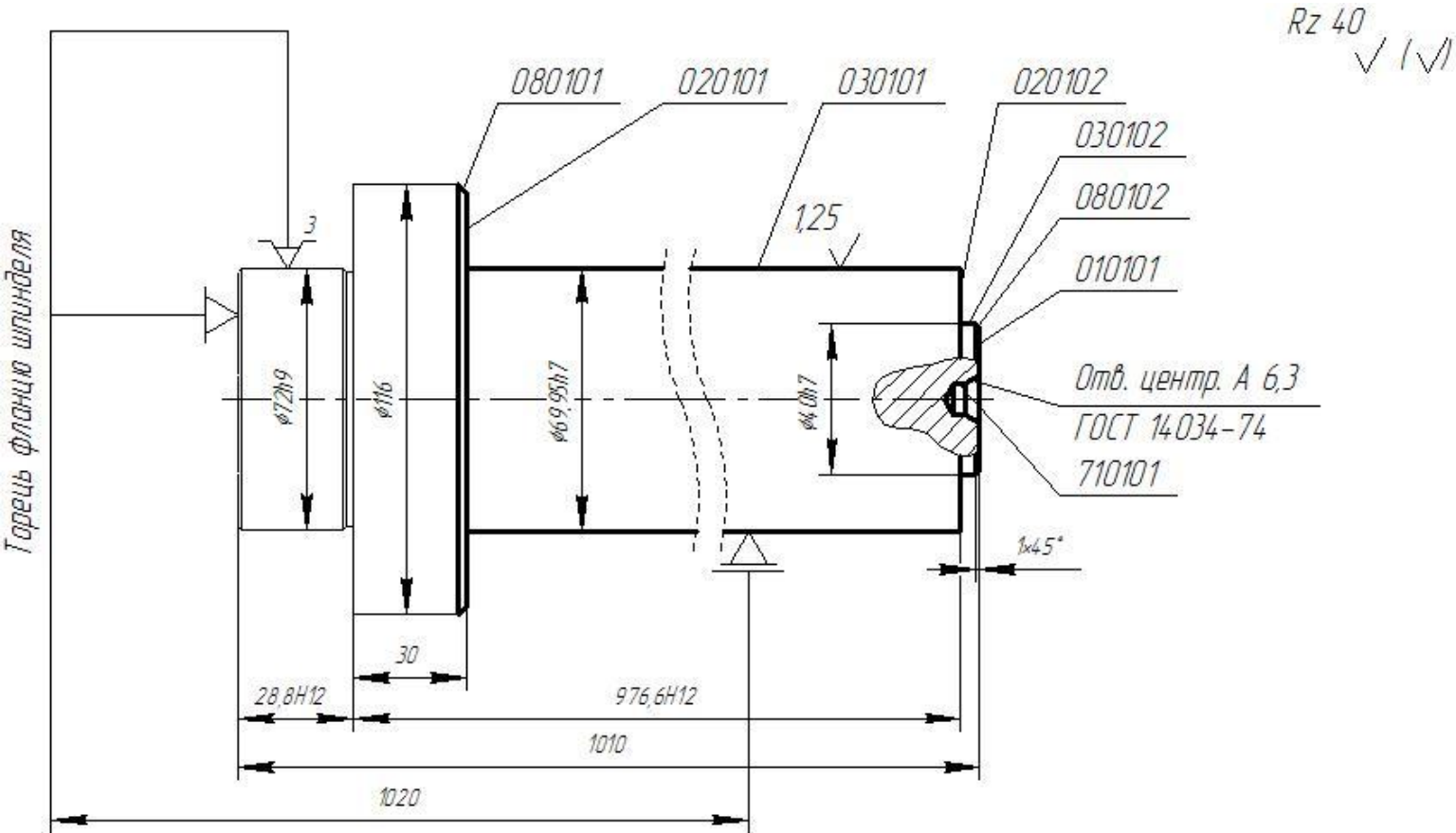
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ
на технологічний процес
7.092.501. ДІЕ ПОМ24мг
Вал

Директор з якості Головний технолог

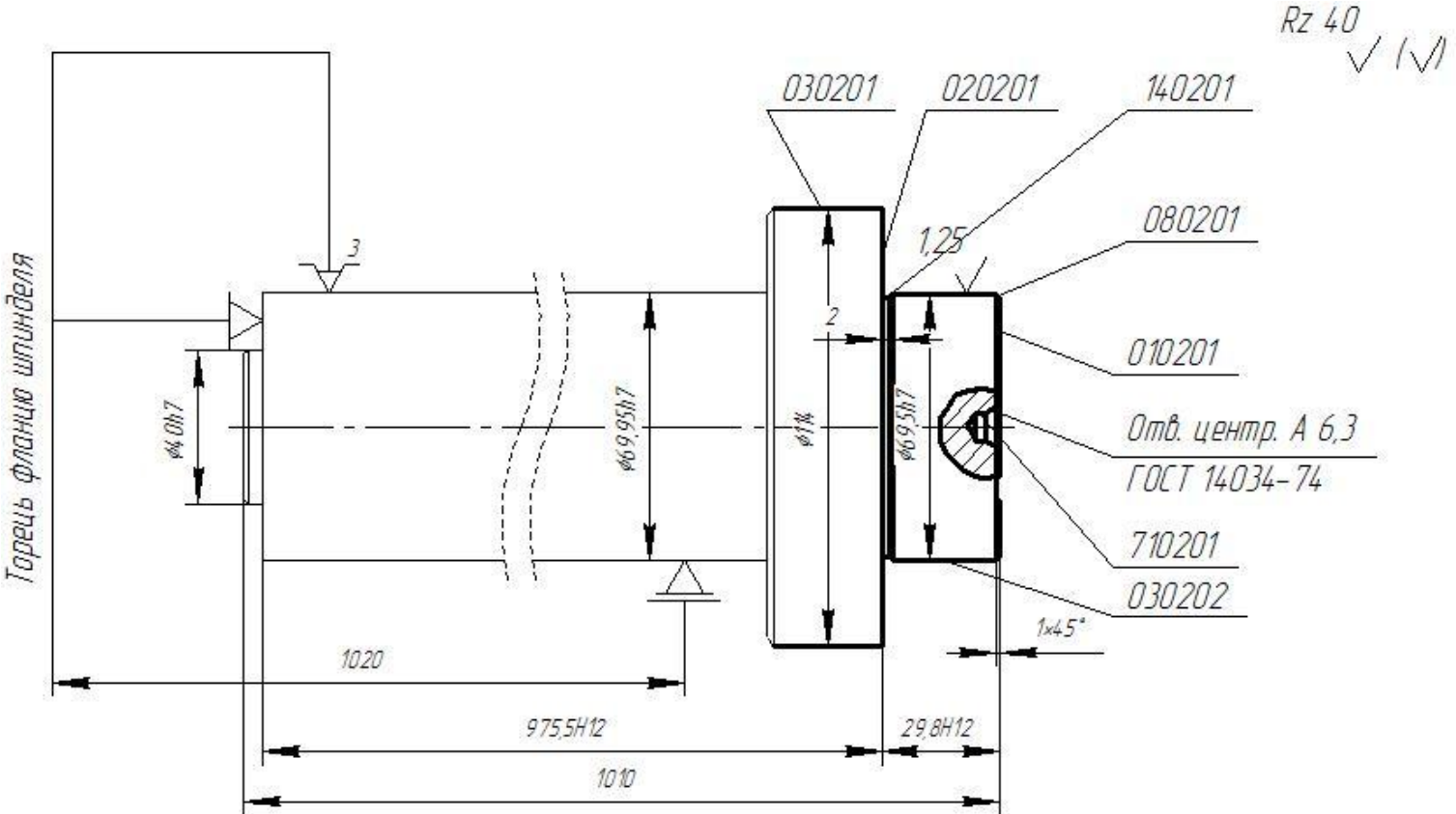
Головний метролог

Акт № від

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7 САПР										
Дубл.										
Взам.										
Підл.										
SolidCam				1	1					
Розроб.	ЯКИМЕНКО М.О.	УІПА		1 7.092.501. ДІТ-ПОМ24мг						
Перевірив	Кондратюк О.Л.									
Нормір.										
Затвердив	Кондратюк О.Л.	Цех УЧ РМ Oper.		Вал						
Н.контр.	Подоляк О.С.							8	2	3



										ГОСТ 3.1105-84 Форма 7 САПР					
Дубл.															
Взам.															
Підл.															
SolidCam											1	1			
Розроб.	ЯКИМЕНКО М.О.			ННІ УІПА	ДІТ-ПОМ24мг										
Перевірив	Кондратюк О.Л.			7.092.501.											
Нормір.															
Затвердив Кондратюк О.Л. Цех УЧ				РМ Опер.											
Н.контр. Подоляк О.С												Вал	БЦК	ВТК	015



										ГОСТ 3.1404-86 Форма 3 САПР					
Дубл.															
Взам.															
Підл.															
SolidCam				2	1										
Розроб.	Якименко М.О.УІПА														
Перевірив	Кондратюк О.Л. 1 7.092.501.			ДІТ-ПОМ24мг											
Нормір.															
Метролог	Цех УЧ РМ Опер.														
Н.контр.	Подольак О.С										Вал	8	2	3	005
Назва операції матеріал твердість ЄВ МД Профіль та розміри МОЗ КВІД															
Токарна Сталь 45 НВ 179...229 мм 17 Діаметр заготовлі D= 22 1 116 мм.															
Обладнання, влаштування ЧПУ Позначення програми Те Тв ТЗЗ ТШТ СОЖ															
Токарний верстат 1740РФЗ ЧПУ 0,2 Р ПІ D чи B L T i S N V Про То/хв Тв/хв															
T	ПР. Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80; ПР. Центр А-1-3-Н ГОСТ 8742-75														
O	1 Встановити деталь на верстаті, закріпити та зняти після обробки														
T	ПР. Патрон D200 7108-0021 ГОСТ 2571-71; ПР. Центр А-6,3 ГОСТ 14034-74														
Про	2 Центрувати торець														
TR	І. Свердло D6,3 2317-0115 ГОСТ 14952-75														
O	3 Точити фаску на діаметрі 40 h7 (-0,025) мм, 1 x 45 град.														
TR	І. Різець C5-PCRNL-27060-12 CNMG 12 04 08-WL														
P	40 1 1 1 0,27 1,2 145														
O	4 Точити діаметр до 40 h7 (-0,025) мм., довжиною 5 H14 (-0,3) мм, витримуючи розмір 30 H14														
TR	І. Різець C5-PCRNL-27060-12 CNMG 120408-WL; СІ. Штангенциркуль ШЦ-Т-1-150-0,1-1 ГОСТ														
P	40 5 1 0,27 1,2 145														
O	5 Точити торець 976,6 H12 (-0,2) мм розмір 5 H14 (-0,3) мм														
OK															

[illegible]

										ГОСТ 3.1404-86 Форма 3 САПР											
Дубл.																					
Взам.																					
Підл.																					
SolidCam					2					1											
Розроб.	Якименко М.О.			УІПА																	
Перевірив	Кондратюк О.Л.			1 7.092.501. 3КІ-ПОМ14мг																	
Нормір.																					
Метролог	Цех УЧ РМ Oper.																				
Н.контр.	Подольак О.С.										Вал					8	2	4	015		
Назва операції матеріал твердість ЄВ МД Профіль та розміри МОЗ КВІД																					
Токарна Сталь 45 НВ 179...229 мм 17 Діаметр заготівлі D= 22 1 116 мм.																					
Обладнання, влаштування ЧПУ Позначення програми Те Тв ТЗЗ ТШТ СОЖ																					
Токарний верстат 1740РФЗ ЧПУ 0,2 0,01 Р ПІ D чи B L T i S N V Про То/хв Тв/хв																					
T	ПР. Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80; ПР. Центр А-1-3-Н ГОСТ 8742-75																				
O	1 Встановити деталь на верстаті, закріпити та зняти після обробки																				
T	ПР. Патрон D200 7108-0021 ГОСТ 2571-71; ПР. Центр А-1-3-Н ГОСТ 8742-75																				
Про	2 Центрувати торець																				
TR	І. Свердло D6,3 2317-0115 ГОСТ 14952-75																				
Про	3 Точити фаску на діаметрі 69,5 h14 (-0,3) мм, 1 x 45 град.																				
TR	І. Різець C5-PCRNL-27060-12 CNMG 12 04 08-WL																				
P	69,5 1 1 1 0,27 1,2 145																				
Про	4 Точити діаметр до 69,5 h14 (-0,3) мм., довжиною 27,8 H14 (-0,3) мм з шорсткістю Rz20																				
TR	І. Різець C5-PCRNL-27060-12 CNMG 120408-WL; СІ. Штангенциркуль ШЦ-Т-1-150-0,1-1 ГОСТ																				
P	69,5 27,8 1 0,27 1,2 145																				
O	5 Точити канавку до діаметра 67,5 h14 (-0,3) довжиною 2 мм																				
OK																					

										ГОСТ 3.1404-86 Форма 2а САПР										
Дубл.																				
Взам.																				
Підл.																				
SolidCam										2										
																7.092.501.МШ-346.005 Опер.				
																Вал 015				
Р	II	D	чи	B	L	T	i	S	N	V		Про	To/хв	Tв/хв						
Р 61	5		2			1		0,27		1,2		145								
02																				
О 63	Точити торець 975,5 Н12 (-0,2) мм розмір 29,8 Н12 (-0,2) мм																			
04																				
ТР 05	C5-PCRNL-27060-12 CNMG 120408-WL; СІ. Головка змін 0.5 ИПГ-75-100 ГОСТ 6933-81																			
06																				
Р 07	2		22,25			1		0,27		1,2		145								
08																				
Пр 09	Точити діаметр до 114 h14 (-0,3) мм., довжиною 30 Н14 (-0,3) мм з шорсткістю Rz20																			
10																				
ТР 11	C5-PCRNL-27060-12 CNMG 120408-WL; СІ. Штангенциркуль ШЦ-Т-1-150-0,1-1 ГОСТ																			
12																				
Р 13	4		30			1		0,27		1,2		145								
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
32																				
OK																				

										ГОСТ 3.1118-82 Форма 2 САПР				
Дубл.														
Взам.														
Підл.														
SolidCam				1	1									
Розроб.	Якименко М.О.		ННІ УІПА											
Перевірив	Кондратюк О.Л.		1 7.092.501.		ДІТ-ПОМ24мг									
Нормір.														
Метролог														
Н.контр.	Подоляк О.С.		Вал											
А цех Уч РМ Опер. Код, найменування операції Позначення документа														
Б Код, найменування обладнання РМ Проф. Р УТ КР Коїд ЄП ВП Кшт ТЗЗ Тшт														
К/М Назва деталі, зб. одиниці чи матеріалу Позначення, код ОПП ЄВ ЄП КІ Н.														
А 8 2 3 005 Токарна														
Б Токарний верстат 1740РФ3 ЧПУ 2 19149 4 1 1 1 1 0,2														
А 8 2 4 010 Транспортування														
Б ПР мод. СМ160Ф2.05.01														
А 8 2 4 015 Токарна														
Б Токарний верстат 1740РФ3 ЧПУ 2 19149 4 1 1 1 1 0,2 0,01														
А ВЦК ВТК 020 Контрольна														
Б Стіл контрольний 2 12970 3 1 1 1 1 8														
МК														

ДОДАТОК Б

Такти роботи імітаційної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК

Продовження таблиці 6.1

[illegible]

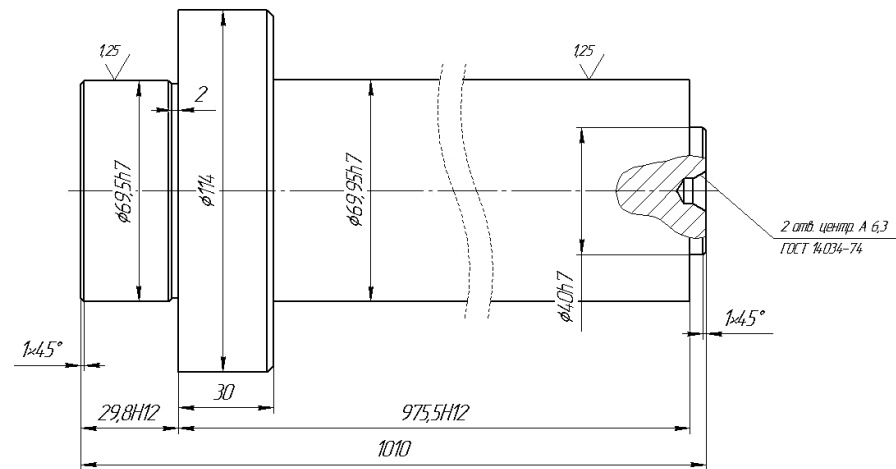
Продовження таблиці б.1

[illegible]

ДОДАТОК В
(ПРЕЗЕНТАЦІЯ)

Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК

Деталь типу «Вал»



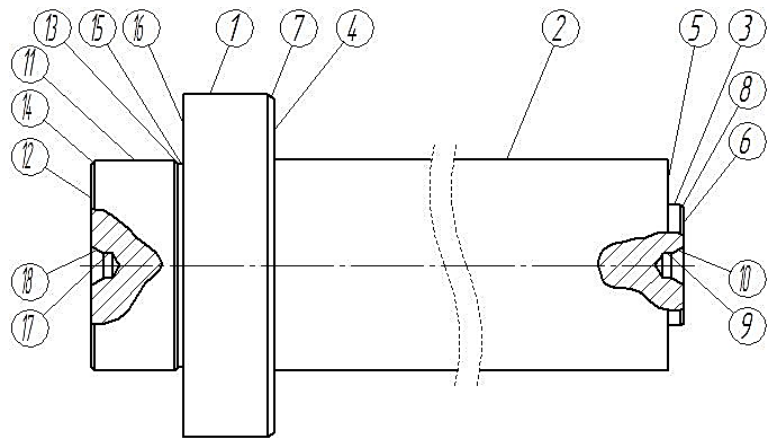
Верстат ЛАС-ЧПК1740РФ4



Зведена таблиця поверхонь деталі

Номер п/п	Номінальний розмір	Шорсткість	Точність	Співвідношення	Уніфікація
1	2	3	4	5	6
1	Ø114h14	Rz20	14	1	0
2	Ø69.95h7	Rz20	7	1	0
3	Ø40h7	Rz20	7	1	0
4	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	Rz20	14	1	0
5	976.6H12	Rz20	14	1	0
6	$1010 \pm \frac{IT14}{2}$	Rz20	14	1	1
7	2x45	Rz40	14	1	1
8	1x45	Rz40	14	1	1
9	Ø6.3H14	Rz20	14	1	1
10	Ø13.2H11	Rz20	11	1	1
11	Ø69.5h7	Rz20	7	1	0
12	29.8H12	Rz20	14	1	0
13	1x45	Rz40	14	0	1
14	Ø68.5h7	Rz20	7	0	0
15	975.5H12	Rz20	14	0	0
16	Ø6.3H14	Rz20	14	1	1
17	Ø13.2H11	Rz20	11	1	1

Оброблювані поверхні деталі "Вал"



ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ "ВАЛ" НА ГВМ ЛАС-ЧПУ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Конструкторсько-технологічний аналіз системи виготовлення деталі "Вал" на обробних центрах в умовах дрібносерійного виробництва

Розробка технологічного процесу одержання деталі "Вал"

Розробка керуючої програми отримання деталі "Вал" на ГВМ ЛАС-ЧПК

Розробка технологічного оснащення процесу виготовлення деталі "Вал"

Функціональне моделювання системи виготовлення деталі "Вал"

Розробка імітаційної моделі ГВМ ЛАС-ЧПК

Дослідження функціональних характеристик ГВМ ИРТ180ПМФ4 при обробці деталі "Вал"

Розробка дидактичного проекту факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності і надійності обробки деталей типу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК»

Мета технологічної частини кваліфікаційної роботи - Оптимізація технологічного процесу обробки на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) шляхом впровадження нових стандартних інструментів та імітаційного моделювання системи виготовлення деталі на ГВМ ЛАС-ЧПК для підвищення продуктивності, точності та надійності обробки.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати сучасний стан верстатів з ЧПК та гнучких виробничих систем у машинобудівному виробництві.
2. Дослідити структуру та функціональні складові систем забезпечення функціонування технологічного обладнання зі ЧПК, зокрема транспортної, інструментальної та автоматизованої систем керування технологічними процесами.
3. Розробити імітаційну модель системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК із заміною стандартного інструменту на новий SANDVIK Coromant.
4. Виконати розрахунок режимів різання та аналіз технологічних характеристик обробки.
5. Оцінити точність і піддатливість основних вузлів верстата при використанні нового інструментального оснащення.
6. Запропонувати рекомендації щодо підвищення ефективності роботи верстатів з ЧПК і гнучких виробничих систем.

Об'єкт дослідження - Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) та гнучкі виробничі системи на їх основі.

Предмет дослідження - Технологічний процес обробки деталі типу «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПК із використанням нового стандартного інструменту та систем автоматизованого керування технологічними процесами, з імітаційним моделюванням системи виготовлення деталі.

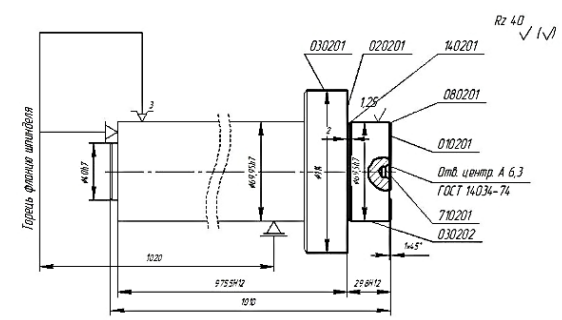
Наукова новизна:

1. Розроблено імітаційну модель системи виготовлення деталі з урахуванням заміни інструменту на новий стандарт SANDVIK Coromant, що дозволяє підвищити продуктивність та точність обробки.
2. Виконано комплексний аналіз технологічних характеристик та піддатливості основних вузлів верстата, що підвищує надійність автоматизованого виробництва.
3. Запропоновано підхід до оптимізації використання інструментального оснащення на ГВС, що сприяє зниженню номенклатури інструментів та підвищенню ефективності виробничого процесу.

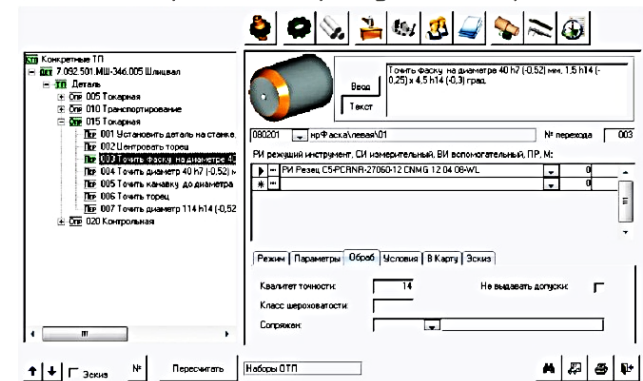
Методи дослідження:

1. Аналіз літературних джерел та нормативних документів з автоматизованого машинобудування.
2. Імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Вал» з використанням програм Solid Works , CoroGuide 2007.1, SolidCAM, 3D GPM.
3. Розрахунок режимів різання та аналіз технологічних параметрів обробки.
4. Оцінка точності та піддатливості основних вузлів верстата.
5. Системний підхід до оптимізації інструментального забезпечення та технологічного процесу.

Чистова обробка деталі лівої сторони



*Вікно програми ТехноПро5+
Технологічний процес на обробку лівої сторони деталі "Вал"*

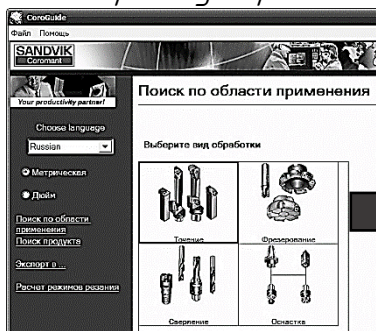


Карта ескізів

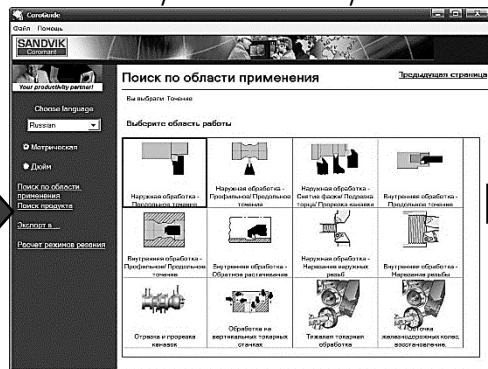
[illegible]

ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ» НА ГВМ ЛАС-ЧПК ТА РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ У ПРОГРАМІ COROGUIDE 22007.1

Вибір виду обробки



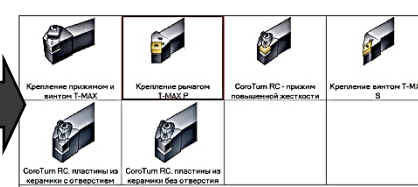
Вибір області обробки



Вибір операції обробки



Вибір системи кріплення



Вибір типу державки



Результати розрахунків режимів різання

Токарная обработка

Файл Опции Помощь

Точение форма пластины: C, D, S, T, V, 1

Материал детали (выберите Стандарт и Обозначение или CMC)

Национальный стандарт: CMC No.:

Обозначение: Твердость:

Сигнал/геометрия пластины

Параметры (выберите либо in, hex или mm)

Угол в плане (K_r):

Радиус пластины (r):

Подача (f): Максимальная толщина стружки (h_{max}): Средняя толщина стружки (h_{avg}):

Глубина резания (a_p):

Обрабатываемые диаметры (D_{min}, D_{max}):

Осевая глубина резания (a_x):

Макс. обороты: Стойкость: Количество проходов (n_{pr}):

Рекомендации по режимам резания

Скорость резания (v_c):

Обороты шпинделя (n):

Скорость съема металла (Q):

Время на проход (T_c):

Мощность (P_d):

Макс. Высота профиля (R_p):

Шероховатость (Ra):

Среднеквадратическая шероховатость (RMS):

Оценка результата

Скорость резания (v_c):

Обороты шпинделя (n):

Скорость съема металла (Q):

Время на проход (T_c):

Мощность (P_d):

Макс. Высота профиля (R_p):

Шероховатость (Ra):

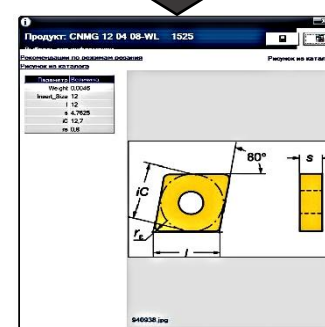
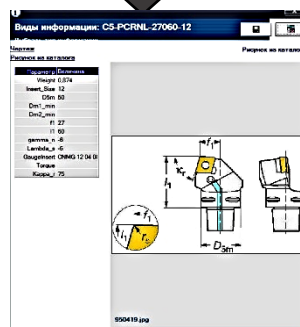
Среднеквадратическая шероховатость (RMS):

Вибір корпусу державки

Код заказа	Направление	Weight	d1	D5m	Dm	Dm_min
C3-PCLNLR-22040-12	Державка, правое исполнение	0.2419	32			
C4-PCLNLR-27050-12	Державка, правое исполнение	0.4	40			
C4-PCLNLR-27050-16	Державка, правое исполнение	0.46	40			
C5-PCLNLR-17065-12	Державка, правое исполнение	0.6	24.99	50.01	0	32
C5-PCLNLR-22065-12	Державка, правое исполнение	0.64	32	50.01	0	40.01
C5-PCLNLR-27065-12	Державка, правое исполнение	0.88	40.01	50.01	0	50.01
C5-PCLNLR-35060-12	Державка, правое исполнение	0.894	50			
C5-PCLNLR-35060-16	Державка, правое исполнение	0.8	50			
C5-PCLNLR-35060-19	Державка, правое исполнение	0.895	50			
C6-PCLNLR-45065-12	Державка, правое исполнение	1.54	63			
C6-PCLNLR-45065-16	Державка, правое исполнение	1.53	63			
C6-PCLNLR-45065-19	Державка, правое исполнение	1.5	63			
C8-PCLNLR-55080-12	Державка, правое исполнение	3.01	80			
C8-PCLNLR-55080-16	Державка, правое исполнение	3.004	80			
C8-PCLNLR-55080-19	Державка, правое исполнение	3.017	80			
C8-PCLNLR-55080-25	Державка, правое исполнение	2.988	80			
C3-PCLNLR-22040-12	Державка, левое исполнение	0.2409	32			
C4-PCLNLR-27050-12	Державка, левое исполнение	0.467	40			
C4-PCLNLR-27050-16	Державка, левое исполнение	0.461	40			
C5-PCLNLR-17065-12	Державка, левое исполнение	0.6	24.99	50.01	0	32

Вибір ріжучої пластини

Область ISO	Код заказа	Weight	ap_max	IC	Insert Size	l	re	s
P	CNMG 12 04 04-LC	1525	0.0047	12.7	12	12	0.4	4.7625
P	CNMG 12 04 04-PF	1525	0.0046	12.7	12	12	0.4	4.7625
P	CNMG 12 04 04-WF	1525	0.0046	12.7	12	12	0.4	4.7625
P	CNMG 12 04 04-WL	1525	0.0057	12.7	12	12	0.4	4.7625
P	CNMG 12 04 08-LC	1525	0.0048	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-PF	1525	0.0046	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-PM	1525	0.0046	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-WF	1525	0.0046	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-WL	1525	0.0046	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-WM	1525	0.0046	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 12-PF	1525	0.0046	12.7	12	12	1.2	4.7625
P	CNMG 12 04 12-PM	1525	0.0046	12.7	12	12	1.2	4.7625
P	CNMG 12 04 12-WM	1525	0.0046	12.7	12	12	1.2	4.7625
P	CNMG 12 04 04-WF	4005	0.0091	12.7	12	12	0.4	4.7625
P	CNMG 12 04 08-PM	4005	0.0091	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-PR	4005	0.0091	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-QM	4005	0.0091	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-WF	4005	0.0091	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 08-WM	4005	0.0091	12.7	12	12	0.8	4.7625
P	CNMG 12 04 12-PM	4005	0.0092	12.7	12	12	1.2	4.7625
P	CNMG 12 04 12-PR	4005	0.0092	12.7	12	12	1.2	4.7625



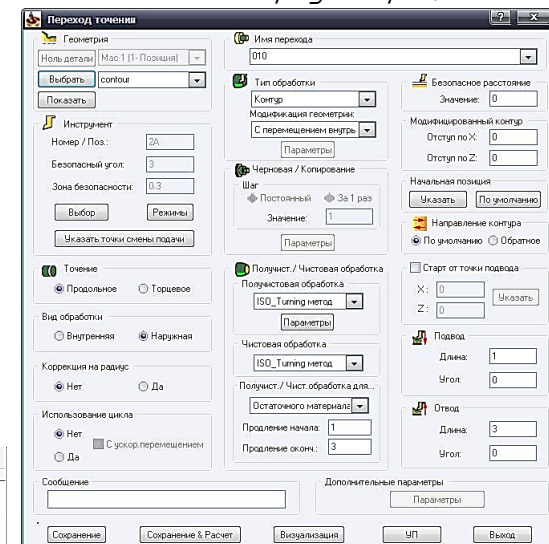
Інформація про корпус державки

Інформація про ріжучу пластину

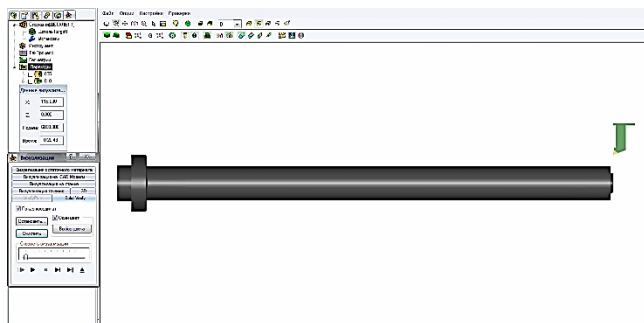
Об'єкт розробки деталь "Вал"



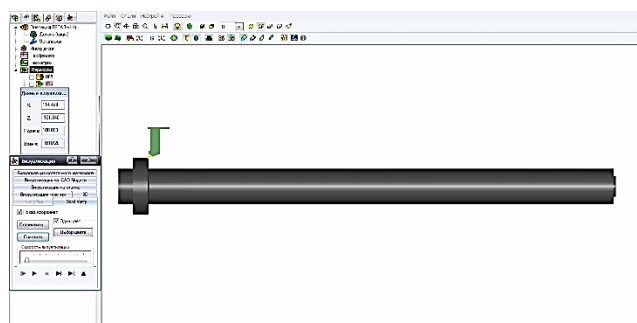
Вікно налаштувань переходу на токарну операцію



Початкове положення інструмента



Кінцеве положення інструменту



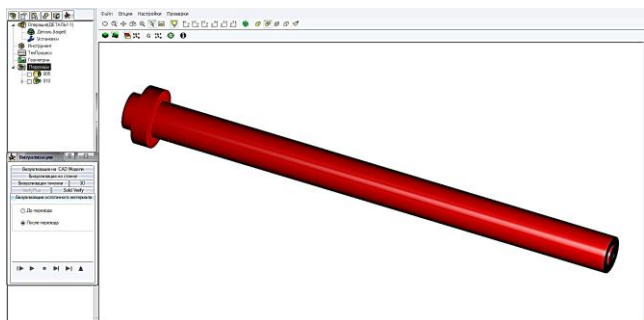
Керуюча програма переходу обробки деталі

```

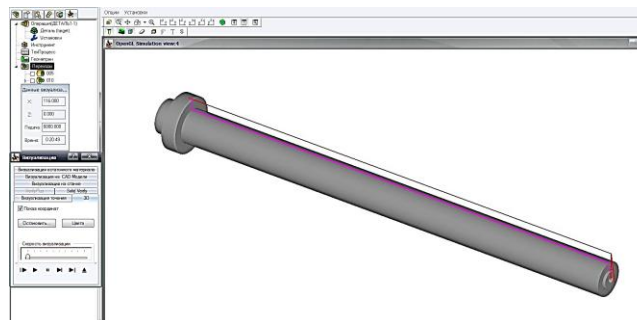
1 %
2 ;11 (010.TAP)
3 /G28 U0. W0.
4 M01
5 N02 ( T02 )
6 G28 U0.
7 T0202
8 G0 X150. Z200.
9 G96 S135 M3
10 G0 X116. Z0. M8
11 (-----)
12 (010 - TURN)
13 (-----)
14 G98 G96 S84
15 G0 X116. Z0.
16 X33.92
17 G1 X38.748 F100
18 X41.6 Z-1.426
19 Z-4.84
20 X71.55
21 Z-949.04
22 X110.428
23 X114.428 Z-951.04
24 X116. Z-951.212
25 Z-954.2
26 Z-958.017
27 G0 Z0.
28 X32.
29 G1 X36.828
30 X40. Z-1.586
31 Z-5.
32 X69.95
33 Z-949.2
34 X108.828
35 X112.828 Z-951.2
36 X116.
37 Z-954.2
38 Z-958.2
39 G0 Z0.
40 G97
41 G0 X190. Z200.
42 M30
43 %

```

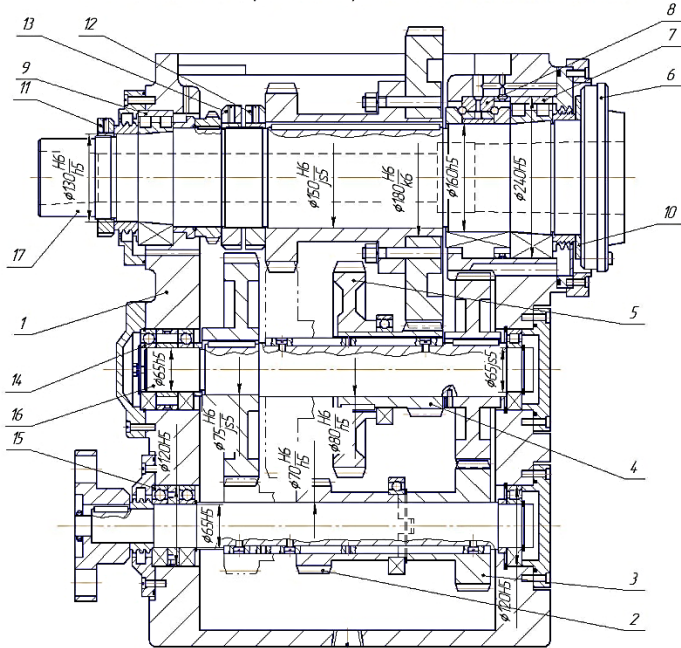
Візуалізація остатнього матеріалу після переходу



Траекторія руху інструмента

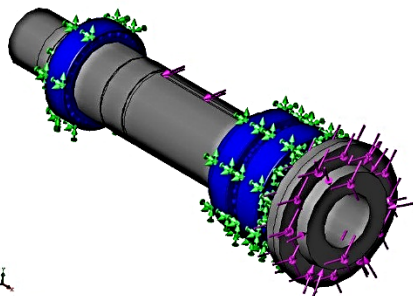


Шпиндельна коробка верстата з ЧПК 1740РФ3

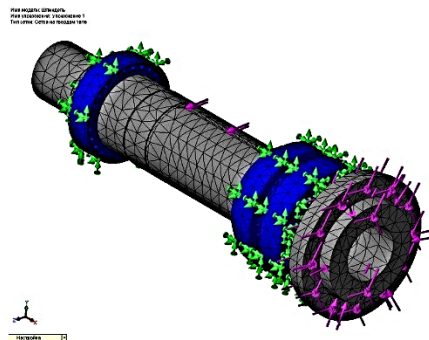


1. Корпус
2. Зубчасте колесо z=
3. Зубчасте колесо z=
4. Зубчасте колесо z=
5. Зубчасте колесо z=
6. Фланець
7. Підшипник ГОСТ 7634-56
8. Підшипник ГОСТ 7786-56
9. Підшипник ГОСТ 7634-56
10. Шайба $\phi 170$ мм
11. Гайка ГОСТ 11871-88
12. Гайка ГОСТ 11871-88
13. Гайка ГОСТ 11871-88
14. Підшипник ГОСТ 831-75
15. Підшипник ГОСТ 831-75
16. Вал шпоночний
17. Вал шпиндельний

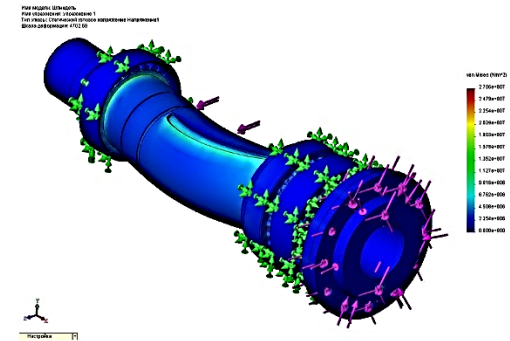
Загальний вид моделі шпиндельного вала



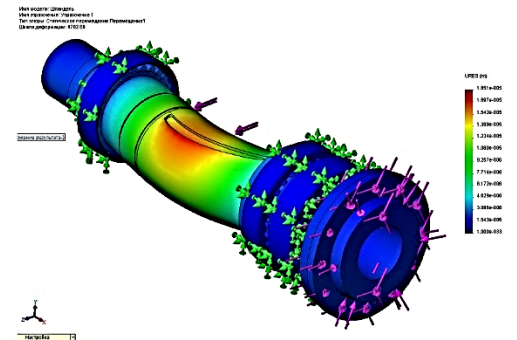
Сітка деформації



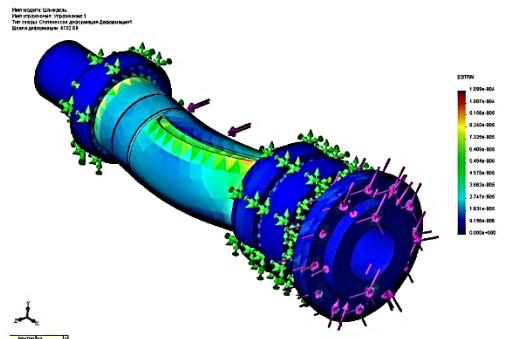
Епюра статичних вузлових напруг



Епюра статичних переміщень



Епюра статичної деформації



ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз ефективності обробки деталі «Вал» на обробних центрах в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, в результаті якого можна сказати, що при обробці деталі типу «Вал» доцільно використовувати верстати з ЧПК токарної групи.

2. Розроблено узагальнений маршрут обробки деталі у системі ТехноПро5+, була сформована технологічна документація по обробці деталі «Вал»

3. Розроблена циклограма обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПУ і керуюча програма на обробку деталі у програмному пакеті SolidCAM 2007.

4. Проведений конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, яке використовується при обробці на верстатах із ЧПК та безпосередньо на ГВМ ЛАС-ЧПУ. Була розглянута конструкція захватного пристрою маніпулятора для переміщення виробу «Вал» у робочій зоні ГВМ ЛАС-ЧПУ. Також був проведений вибір основного та допоміжного інструменту для обробки деталі «Вал» та розраховані режими різання на операцію.

5. Розглянуті усі функціональні частини ГВМ ЛАС-ЧПУ, розглянуті всі складові цих частин. Ці модулі були спроектовані у програмному пакеті Solid Works 2007 для подальшого їх використання в імітаційній моделі обробки деталі у реальному часі в програмі 3D GPM.

6. Також розроблена організаційно-технологічна структура системи виготовлення деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПУ. Створені імітаційні моделі основних об'єктів ГВМ ЛАС-ЧПУ. Розроблена імітація роботи ділянки виробництва в реальному часі та провели нормування процесу обробки деталі «Вал» на ГВМ ЛАС-ЧПУ.

7. Розглянуті питання причин відхилень від форми та вібрацій. Сформульовані види відхилень та вібрацій, а також способи боротьби з ними. Була побудована модель валу та прикладені до нього сили різання. Також побудована модель шпиндельного вала верстата з ЧПК 1740РФ3 та змодельовані деформації від сил різання.

8. Отримані результати розрахунків по аналізу використання інвестиційних витрат даного проекту і розробка заходів по підвищенню ефективності їх використання дозволяє робити висновок, що розроблений проект буде прибутковим і має перспективи розвитку.

9. Розроблено дидактичний проект факультативного заняття на тему «Дослідження продуктивності та надійності обробки деталей типу «Вал» на ГПМ ЛАС-ЧПК» дозволила систематизувати навчальний процес і забезпечити ефективне поєднання теоретичних знань і практичних навичок студентів. У процесі роботи було визначено ключові компоненти заняття: організаційний момент, мотивацію, актуалізацію базових знань, формування нового досвіду, практичні вправи, розвиток компетентностей та підбиття підсумків.

Дидактичний проект передбачає комплексне використання різних методів навчання: пояснення, демонстрація, дискусія, імітаційне моделювання, практичні та дослідницькі вправи. Завдяки цьому студенти отримують можливість не лише засвоїти базові знання про конструкцію верстата ГПМ ЛАС-ЧПК та властивості матеріалів валів, а й навчитися застосовувати ці знання на практиці для оцінки продуктивності та надійності технологічних процесів.

Особлива увага у проекті приділена цифровому моделюванню технологічних процесів, що дозволяє студентам аналізувати критичні точки обробки, прогнозувати результати та оптимізувати режими різання без необхідності безпосередньої роботи на обладнанні. Це сприяє формуванню навичок безпечної роботи, аналітичного мислення та здатності приймати технічно обґрунтовані рішення.

Розроблений дидактичний матеріал включає контрольні питання, практичні завдання та домашнє завдання, що забезпечує закріплення отриманих знань та формування компетентностей, необхідних для роботи на сучасних автоматизованих верстатах. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності підготовки фахівців, готових проводити дослідження продуктивності і надійності обробки деталей та впроваджувати результати оптимізації у виробничу практику.

Отже, реалізація запропонованого дидактичного проекту забезпечує комплексний розвиток теоретичних знань, практичних умінь та аналітичних компетентностей студентів, підвищує якість професійної підготовки та сприяє формуванню висококваліфікованих спеціалістів машинобудівної галузі, здатних ефективно працювати в умовах сучасного виробництва.