

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 підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання.

(тема кваліфікаційної роботи)

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

[підпис] / Антон ВАКУЛЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Рецензент [підпис] / Вікторія КНЯЗЄВА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

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

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


Секретар ЕК [підпис] / 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

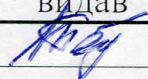
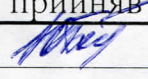
“08” жовтня 2025 р.

### ЗАВДАННЯ

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

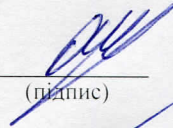
1. Тема роботи: Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST MM855 S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання  
затверджена наказом 4801-5/3664 від 06.10.2025 р.
2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи “09” грудня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі типу «Корпус центровий бабки» і механізмів металообробного центра моделі MAST MM855 S24 із системою автоматичного керування, нормативні документи, паспортні дані обладнання, каталоги, стандарти на засоби технічного оснащення..
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. Конструкторсько-технологічний аналіз гнучких виробничих систем для обробки деталей типу «Корпус центровий бабки». Постановка задач дослідження. Розробка технологічного оснащення групової операції обробки деталі. Розробка імітаційної моделі ГВМ. Дослідження функціональних характеристик ГВМ. Методичний розділ. Висновки. Список джерел інформації. Додатки..
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів: Аналітичний огляд; Послідовність виконання переходів обробки корпусної деталі на верстатах ГВМ MAST MM855 S24 і MAST MM648 S16. Обробка поверхонь заготовки у програмі «SolidCAM». Вибір ріжучих інструментів. Схема вибору розточувального інструмента. Послідовність виконання переходів обробки. Вибір технологічного і інструментального оснащення. Розробка імітаційної моделі роботи ГВМ, Висновки по роботі.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
педагогічний	Білоцерківська Ю.О.			

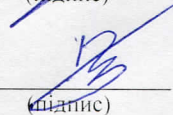
7. Дата видачі завдання «09» жовтня 2025 р.

Керівник

  
(підпис)

Олег КОНДРАТЮК  
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

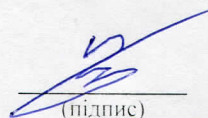
  
(підпис)

Антон ВАКУЛЕНКО  
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК  
виконання кваліфікаційної роботи

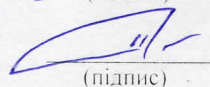
№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1.	Вибір теми й обґрунтування проблеми дослідження. Визначення об'єкта, предмета, мети й завдань.		
2.	Складання плану роботи. Підбор літератури й інших джерел		
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)

Антон ВАКУЛЕНКО  
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Олег ПОДОЛЯК  
(ім'я, прізвище)

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АСТПВ – автоматизована система технологічної підготовки виробництва;

ГАЛ – гнучкі автоматизовані лінії;

ГВМ – гнучкий виробничий модуль;

ГВМ – гнучкі виробничі модулі;

ГВС – гнучкі виробничі системи

год. – години;

грн. – гривні;

ГТП – груповий технологічний процес;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

мм – міліметр;

об – оберти;

од. – одиниці;

п/п – по порядку;

ПР – промисловий робот;

рис. – рисунок;

табл. – таблиця;

тис. – тисяча;

ТП – технологічний процес;

ТПВ – технологічна підготовка виробництва;

УЗП – універсально-збірні пристосування;

хв. – хвилина;

ЧПК – числове програмне керування;

## РЕФЕРАТ

У випускній роботі виконано комплексне дослідження технологічності деталі «Корпус центрної бабки» та розроблено раціональний технологічний процес її виготовлення на багатоцільових верстатах нового покоління. Встановлено, що деталь є технологічною, проте окремі поверхні потребують додаткової механічної обробки для забезпечення необхідної точності та шорсткості.

Розроблено типовий технологічний процес обробки на верстаті MAST\_MM855\_S24, визначено структуру операцій і технологічних переходів, підбрано сучасний різальний інструмент та технологічне оснащення фірми *Sandvik Coromant*. Проведено розрахунок оптимальних режимів різання, що забезпечують підвищення продуктивності, зменшення зношування інструменту та зниження собівартості виготовлення деталі. Усі розрахунки виконано з використанням систем *SolidWorks*, *SolidCAM* та інших програмних комплексів.

Створено імітаційну модель роботи багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24, яка включає моделі транспортної системи та накопичувача оброблювального центру. Результати моделювання можуть бути використані для визначення раціональних умов експлуатації ОЦ та оптимізації виробничих процесів.

Проведений порівняльний аналіз традиційної та високотехнологічної обробки підтвердив суттєве скорочення виробничого циклу, зменшення кількості переналагоджень і підвищення стабільності якості при використанні багатоцільового верстата.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження розробленого технологічного процесу в серійному виробництві.

Окремо розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття, що забезпечує формування компетентностей студентів у сфері оптимізації групових технологічних процесів із використанням імітаційного моделювання.

*Ключові слова:* ГНУЧКА ВИРОБНИЧА СИСТЕМА: САПР, ЧПУ, ГНУЧКИЙ ВИРОБНИЧИЙ МОДУЛЬ, ГРУПОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

## ABSTRACT

In the final work, a comprehensive study of the manufacturability of the part "Headstock housing" was performed and a rational technological process for its manufacture on new-generation multipurpose machines was developed. It was established that the part is technological, but individual surfaces require additional mechanical processing to ensure the necessary accuracy and roughness.

A typical technological process for machining on the MAST\_MM855\_S24 machine was developed, the structure of operations and technological transitions was determined, a modern cutting tool and technological equipment from Sandvik Coromant were selected. The calculation of optimal cutting modes was carried out, which ensure increased productivity, reduced tool wear and reduced cost of manufacturing the part. All calculations were performed using SolidWorks, SolidCAM and other software packages.

A simulation model of the operation of the MAST\_MM855\_S24 multipurpose machine was created, which includes models of the transport system and the storage of the machining center. The results of the modeling can be used to determine the rational operating conditions of the OC and optimize production processes.

The conducted comparative analysis of traditional and high-tech processing confirmed a significant reduction in the production cycle, a decrease in the number of re-adjustments and an increase in the stability of quality when using a multi-purpose machine tool.

The practical significance of the work lies in the possibility of implementing the developed technological process in serial production.

A didactic project of an optional lesson was separately developed, which ensures the formation of students' competencies in the field of optimization of group technological processes using simulation modeling.

**Keywords: FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEM: CAD, CNC, FLEXIBLE PRODUCTION MODULE, GROUP TECHNOLOGICAL PROCESS, SIMULATION MODELING.**

## ЗМІСТ

Перелік позначень і скорочень .....	6
ВСТУП.....	11
1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ З ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВИЙ БАБКИ» НА ОБРОБНОМУ ЦЕНТРИ MAST_MM855_S24 ЗА РАХУНОК РОЗРОБКИ НОВОГО ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ» .....	16
1.1 Сучасні вимоги до професійної підготовки фахівців машинобудівної сфери .....	16
1.2 Виклики підготовки фахівців до роботи з високотехнологічним обладнанням .....	20
1.3 Значення професійної підготовки для підвищення продуктивності виробництва .....	23
1.4 Актуальність оволодіння сучасними методами проектування технологічних процесів .....	26
1.5 Освітні проблеми та потреби в удосконаленні системи професійної підготовки .....	30
1.6 Висновки до розділу .....	33
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВОЇ БАБКИ» НА ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ ЦЕНТРАХ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА .....	35
2.1 Аналіз ефективності обробки корпусних деталей на гнучких автоматизованих ділянках в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва .....	35
2.2 Аналіз технологічності виготовлення деталі «Корпус центрової	

	бабаки» на оброблювальних центрах .....	40
2.3	Цілі і задачі досліджень .....	20
2.4	Висновки .....	45
3.	РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВОЇ БАБКИ»	47
3.1	Аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці виробів на гнучких автоматизованих ділянках в умовах дрібносерійного виробництва .....	47
3.2	Розробка групового маршруту отримання деталі «Корпус центрової бабки» у системі SolidCam.....	49
3.3	Розробка групових технологічних операцій отримання деталі «Корпус центрової бабки» у системі SolidCam .....	54
3.4	Розрахунок припусків на операціях виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» на гнучкій автоматизованій ділянці	61
3.5	Розрахунок режимів різання при виготовленні деталі «Корпус центрової бабки» на гнучкій автоматизованій ділянці .....	63
3.6	Висновки .....	76
4.	РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВОЇ БАБКИ» НА ОБРОБЛЮВАЛЬНОМУ ЦЕНТРІ IP800ПРФ4 .....	77
4.1	Розробка циклограми виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі IP800ПРФ4 .....	77
4.2	Автоматизована розробка управляючої програми оброблювальним центром IP800ПРФ4 у системі SolidCAM-2007 для виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» .....	78
4.3	Висновки .....	80
5.	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЦЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВОЇ БАБКИ»	81
5.1	Конструкторсько-технологічний аналіз оснащення, яке використовується при обробці на верстатах з ЧПК .....	81

5.2	Розробка пристосування на основі комплекту УЗП-12 для установки і базування заготовки деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі IP800ПМФ4 .....	82
5.3	Розробка системи транспортування виробу «Корпус центрової бабки» в робочій зоні оброблювального центру IP800ПМФ4	86
5.4	Вибір основного і допоміжного інструменту для виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі IP800ПМФ4 .....	92
5.5	Висновки .....	104
6.	ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБРОБЛЮВАЛЬНОГО ЦЕНТРУ IP800ПМФ4 .....	105
6.1	Розробка організаційно-технологічної структури оброблювального центру IP800ПМФ4 .....	105
6.2	Розробка імітаційної моделі багатоцільового верстата IP800ПМФ4 .....	107
6.3	Розробка імітаційної моделі накопичувача оброблювального центру IP800ПМФ4 .....	108
6.4	Розробка імітаційної моделі транспортної системи оброблювального центру IP800ПМФ4 .....	109
6.5	Висновки .....	110
7.	РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВИЙ БАБКИ» НА ОБРОБНОМУ ЦЕНТРІ MAST_MM855_S24 ЗА РАХУНОК РОЗРОБКИ НОВОГО ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ» ДЛЯ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ .....	111
7.1	Постановка цілей факультативного заняття з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки»	111

	на обробному центрі MAST_MM855_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання» .....	
7.2	Перелік літературних джерел з теми .....	112
7.3	Конструювання дидактичних матеріалів з теми .....	113
4.7	Аналіз базових умов навчання .....	115
7.5	Проектування мотиваційних технологій навчання .....	116
7.6	Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті .....	117
7.7	Проектування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті .....	118
7.8	Проектування контрольних дій .....	119
7.9	Розробка сценарію факультативного заняття .....	120
7.10	Висновки .....	121
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	123
	СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	125
	ДОДАТОК А (Програма моделювання роботи ОЦ IP800ПМФ4)	130
	ДОДАТОК Б (Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус центровий бабки») .....	135
	ДОДАТОК В (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)	142

## ВСТУП

Машинобудуванню належить провідна роль серед інших галузей промисловості, тому що основні виробничі процеси виконують машини. Тому і технічний рівень багатьох галузей значною мірою визначає рівень розвитку машинобудування.

Все більший розвиток одержують верстати із програмним керуванням, у тому числі багатоцільові, що забезпечують високу мобільність виробництва, точність і продуктивність обробки. Автоматика усе ширше застосовується не тільки для підвищення продуктивності процесу обробки, але і для одержання його високих якісних показників. Керування від ЕОМ групою верстатів, можливість оптимізувати процес обробки і автоматично встановлювати необхідні режими обробки з урахуванням різних умов також характерно для автоматичних систем сучасних верстатів.

Конструкції верстатів постійно вдосконалюються з обліком всі зростаючих вимог до їхніх технічних характеристик й, насамперед, до точності і продуктивності. При створенні нових верстатів використовуються досягнення верстатобудівної промисловості і науки, а також суміжних областей техніки. До конструкцій верстатів пред'являються високі вимоги по якості, продуктивності, надійності і безпеці в експлуатації.

Підвищення експлуатаційних і якісних показників, скорочення часу розробки і впровадження нових машин, підвищення їхньої надійності і довговічності – основні завдання конструкторів і технологів машинобудування.

Галузь науки, що займається дослідженням закономірностей технологічних процесів виготовлення машинобудівних виробів, з метою використання результатів вивчення для забезпечення необхідної якості і кількості виробів з найвищими техніко-економічними показниками, називається технологією машинобудування [15].

Об'єктом технології машинобудування є технологічний процес, а предметом – визначення і дослідження зовнішніх і внутрішніх зав'язків,

закономірностей технологічного процесу. Тільки на основі їхнього глибокого вивчення можлива побудова професійних технологічних процесів, що забезпечують виготовлення виробів високої якості з мінімальними витратами.

Сучасна технологія розвивається по наступних основних напрямках: створення нових матеріалів; розробка нових технологічних принципів, методів, процесів, устаткування; механізація і автоматизація технологічних процесів, що усуває особисту участь у них людини.

У даній випускній роботі на підставі ескізу деталі «Корпус центрної бабаки» та маршруту її обробки було зроблено наступне:

- проведено конструкторсько-технологічний аналіз системи виготовлення деталі «Корпус центрної бабаки» на обробному центрі в умовах дрібносерійного виробництва;

- розроблений технологічний процес отримання деталі «Корпус центрної бабаки»;

- розроблено керуючу програму обробки деталі «Корпус центрної бабаки» на багатоцільовому верстаті моделі MAST\_MM855\_S24;

- розроблено технологічне оснащення процесу виготовлення деталі «Корпус центрної бабаки»;

- проведено імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Корпус центрної бабаки»;

У результаті, була розроблена повна технологічна документація по обробці деталі «Корпус центрної бабаки» у дрібносерійному виробництві на багатоцільовому верстаті моделі MAST\_MM855\_S24 [6,7].

У зв'язку з цим значно зростає роль професійної підготовки фахівців, здатних ефективно працювати з сучасними обробними центрами, зокрема з таким високопродуктивним устаткуванням, як MAST\_MM855\_S24. Робота з цим типом обладнання вимагає від інженера-технолога не лише традиційних знань із технології механічної обробки, але і умінь аналізувати та оптимізувати технологічні процеси, застосовувати методи імітаційного моделювання,

передбачати результати зміни режимів обробки та організувати групові технологічні процеси відповідно до вимог виробництва.

Актуальність теми зумовлена необхідністю оптимізації виробничих циклів і підвищення продуктивності обробки деталей у рамках сучасних індустріальних стандартів, а також потребою у фахівцях, здатних створювати та впроваджувати інноваційні технологічні рішення. Розроблення нового групового технологічного процесу для виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» дозволяє скоротити тривалість виробничих операцій, підвищити точність та стабільність параметрів обробки, зменшити виробничі витрати та забезпечити гнучкість технологічної підготовки виробництва [20].

Застосування методів імітаційного моделювання в освітньому процесі та професійній підготовці фахівців сприяє формуванню компетентностей, що відповідають вимогам сучасного виробництва та концепції «Індустрія 4.0». Це дає змогу майбутнім та діючим технологам прогнозувати поведінку технологічної системи, приймати обґрунтовані рішення щодо вибору оптимальних режимів та послідовності операцій, а також адаптувати технологічні процеси до швидкозмінних умов виробництва.

Отже, дослідження, присвячене професійній підготовці фахівців машинобудівних підприємств у контексті розроблення нового групового технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на основі імітаційного моделювання, є своєчасним і важливим. Воно спрямоване на удосконалення освітнього процесу, зростання ефективності виробництва та підвищення якості продукції машинобудівної галузі.

**Об'єкт дослідження у методичній частині випускної кваліфікаційної роботи** – процес професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств в умовах впровадження сучасних технологій механічної обробки.

**Предмет дослідження у методичній частині випускної кваліфікаційної роботи** – професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі, спрямовані на підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 шляхом

розроблення нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання.

**Мета дослідження у методичній частині випускної кваліфікаційної роботи** – теоретично обґрунтувати та розробити дидактичний проєкт професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств щодо підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 шляхом застосування нового групового технологічного процесу, створеного з використанням методів імітаційного моделювання.

**Завдання дослідження для методичній частині випускної кваліфікаційної роботи**

1. Провести аналіз сучасного стану професійної підготовки інженерно-технічних кадрів машинобудівних підприємств у контексті цифровізації виробництва.

2. Розробити методичні рекомендації та дидактичний проєкт підготовки фахівців до роботи з груповими технологічними процесами, оптимізованими на основі імітаційного моделювання.

**Методи дослідження у методичній частині випускної кваліфікаційної роботи:** аналіз науково-технічної, педагогічної та методичної літератури; систематизація та узагальнення знань з технології машинобудування; порівняльний аналіз технологічних процесів; вивчення технічної документації, практичних умов експлуатації обробного центру MAST\_MM855\_S24; аналіз виробничих показників; розроблення структури та змісту програми професійної підготовки.

**Наукова новизна отриманих результатів:** удосконалено підходи до професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств шляхом інтеграції імітаційного моделювання у процес опанування групових технологічних процесів; удосконалено систему підготовки фахівців машинобудівних підприємств, а саме структуру, зміст та методи навчання, що забезпечують формування компетентностей з розроблення оптимізованих

технологічних процесів обробки деталі «Корпус центровий бабки» на сучасних обробних центрах.

**Практичне значення дослідження у методичній частині випускної кваліфікаційної роботи:** розроблено дидактичні матеріали і методичні рекомендації для підготовки фахівців до роботи з новим груповим технологічним процесом виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24. Запропоновані напрацювання можуть використовуватися в системі професійної підготовки, у навчально-виробничих центрах, а також на машинобудівних підприємствах під час підвищення кваліфікації персоналу.

# 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ З ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВИЙ БАБКИ» НА ОБРОБНОМУ ЦЕНТРІ MAST\_MM855\_S24 ЗА РАХУНОК РОЗРОБКИ НОВОГО ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ»

## 1.1. Сучасні вимоги до професійної підготовки фахівців машинобудівної сфери

Стрімкий розвиток промисловості, зумовлений цифровою трансформацією, автоматизацією та впровадженням високотехнологічних систем, зумовлює суттєві зміни у вимогах до підготовки фахівців машинобудівної галузі. В умовах переходу до концепції Індустрії 4.0 технічні спеціалісти, особливо інженери-технологи, мають володіти ширшим спектром знань і практичних навичок, ніж це було необхідно у попередні десятиліття. Сучасне машинобудування базується на поєднанні традиційних принципів конструювання та обробки матеріалів із цифровими платформами, системами моделювання, інтелектуальними виробничими комплексами, а також на інтеграції автоматизованих систем управління.

У зв'язку з цим професійна підготовка майбутніх інженерів-технологів потребує суттєвого оновлення, що передбачає як модернізацію змісту навчальних програм, так і впровадження нових форм взаємодії здобувачів освіти з комп'ютеризованими виробничими системами. Сучасний фахівець має не лише засвоїти технологію механічної обробки, а й уміти працювати з цифровими моделями, керувати складними обробними центрами, здійснювати оптимізацію технологічних процесів за допомогою комп'ютерних засобів та приймати рішення на основі аналізу даних [12].

Індустрія 4.0 – це новий етап розвитку виробництва, заснований на глибокій інтеграції кіберфізичних систем, інтернету речей, хмарних обчислень, штучного інтелекту та багаторівневої автоматизації. У цих умовах кардинально

змінюються підходи до організації виробничих процесів, а отже – і професійні вимоги до фахівців, які забезпечують технологічну підготовку та управління виробництвом.

Для інженера-технолога сьогодні принципово важливими стають такі компетентності:

1. Цифрова інженерія – вміння працювати з цифровими двійниками, 3D-моделями, програмними комплексами для проектування технологічних процесів (CAD/CAM/CAE-системами), а також здатність інтегрувати ці дані у виробничі системи.

2. Аналіз даних і цифрова аналітика – вміння обробляти великі масиви даних, отриманих із датчиків верстатів, систем моніторингу, симуляційних моделей; здатність визначати закономірності, прогнозувати поведінку виробничих систем та приймати рішення на основі цифрових показників.

3. Компетентність роботи з автоматизованим обладнанням – знання принципів програмування систем ЧПК, робота з панелями керування, використання протоколів зв'язку для інтеграції обладнання в цифрове виробниче середовище.

4. Проектування та оптимізація технологічних процесів – володіння методами математичного моделювання, симуляційного аналізу, цифрової оптимізації маршруту обробки, вибору режимів та інструментів.

5. Гнучкість мислення та здатність до навчання – вміння адаптуватися до швидких змін технічних засобів, постійного оновлення програмного забезпечення та потреб ринку.

6. Комунікаційні та інтеграційні навички – здатність ефективно співпрацювати з фахівцями інших інженерних напрямів, які працюють із системами автоматизації, робототехніки, матеріалознавства та метрології.

Усі ці компетентності формують новий професіональний портрет інженера-технолога, який повинен діяти не лише як спеціаліст з матеріальної обробки, а як аналітик та координатор інформаційних потоків у виробничому процесі.

Традиційні підходи до підготовки фахівців у машинобудуванні, що базувалися переважно на вивченні теоретичних основ технології та виконанні лабораторних робіт на фізичних верстатах, уже не відповідають вимогам часу. Сучасне виробництво використовує цифрові платформи, віртуальні моделі, автоматизоване проектування, а тому навчальний процес повинен включати достатній обсяг практичної роботи з інноваційними цифровими інструментами.

Одним із ключових елементів сучасної підготовки стає імітаційне моделювання, яке дозволяє майбутнім інженерам отримувати глибоке розуміння виробничих процесів без необхідності постійного доступу до дорогого устаткування. За допомогою симуляційних програм можливо відтворювати роботу обробних центрів, аналізувати вплив різних режимів обробки, визначати оптимальні параметри та прогнозувати поведінку системи в умовах реального виробництва.

Переваги впровадження симуляційних технологій у навчання включають:

- підвищення безпеки навчального процесу, оскільки студенти можуть проводити експерименти в цифровому середовищі без ризику пошкодження обладнання;
- значне розширення практичних можливостей, не обмежених наявністю фізичного верстатного парку;
- освоєння інструментів, що використовуються на сучасних підприємствах, таких як середовища моделювання верстатів, CAD/CAM-системи, програми для оптимізації траєкторій;
- формування системного мислення, яке включає вміння прогнозувати та аналізувати наслідки прийнятих технологічних рішень;
- скорочення часу на розроблення технологічних процесів, що відповідає вимогам швидкого виробничого циклу сучасного підприємства.

Інтеграція цифрових технологій у навчання також передбачає роботу з платформами дистанційного доступу, хмарними системами, цифровими двійниками виробничих засобів. Це дозволяє студентам працювати з реальними

технологічними моделями навіть за віддаленого доступу, що є особливо важливим у контексті розвитку дистанційних форм освіти.

Сучасне виробництво вимагає від інженера-технолога здатності виконувати ширший спектр функцій, ніж це було характерно для традиційної технологічної діяльності. Якщо раніше основними завданнями технолога були розроблення маршрутів обробки, вибір інструмента та режимів, створення технологічної документації, то сьогодні його функціональні можливості значно розширюються.

Сучасний інженер-технолог повинен виконувати такі функції:

1. Аналітична функція – оброблення даних, що надходять від обробних центрів, роботизованих комплексів, систем моніторингу, з метою виявлення закономірностей та оптимізації виробництва.

2. Проектно-конструкторська функція – створення цифрових моделей технологічних процесів, робота з 3D-моделями деталей та вузлів, їх аналіз на технологічність.

3. Функція автоматизованого програмування – генерація та оптимізація управляючих програм для верстатів із ЧПК, адаптація цифрових маршрутів під конкретне обладнання.

4. Функція оптимізації виробництва – використання методів моделювання для прорахунку ефективності технологічного процесу, визначення “вузьких місць”, пошук способів скорочення виробничого циклу.

5. Комунікаційно-координаційна функція – взаємодія з операторами обладнання, конструкторами, метрологами, спеціалістами з автоматизації для забезпечення узгодженості всіх етапів виробництва.

6. Функція контролю якості – аналіз цифрових даних, отриманих із вимірювальних систем, визначення причин відхилення розмірів, участь у проєктах підвищення стабільності якості.

У результаті фахівець сучасного машинобудівного підприємства вже не може працювати виключно в межах вузької спеціалізації. Він має бути

інтегрованим у весь виробничий цикл – від аналізу конструкції деталі до реалізації оптимізованого цифрового технологічного процесу [28].

## **1.2. Виклики підготовки фахівців до роботи з високотехнологічним обладнанням**

Сучасні машинобудівні підприємства стрімко переходять до використання високотехнологічного обладнання, автоматизованих виробничих ліній та цифрових систем керування. Відповідно зростають вимоги до рівня компетентності фахівців, які забезпечують технічну підготовку виробництва та експлуатацію складних інженерних комплексів. Проте система професійної освіти не завжди встигає адаптуватися до інноваційних змін, що спричиняє низку викликів, пов'язаних із підготовкою інженерів-технологів і операторів високотехнологічного обладнання. Найбільш актуальними з них є складність освоєння сучасних обробних центрів та програмного забезпечення, недостатність практичної підготовки, а також потреба у спеціалізованих знаннях для роботи зі складними деталями та цифровими технологічними процесами.

Сучасні обробні центри — це складні кіберфізичні системи, які поєднують високу механічну точність, інтелектуальні системи керування та широкі можливості автоматизації. Обладнання такого типу, як MAST\_MM855\_S24, оснащене численними функціональними модулями, програмованими осями, адаптивними системами подачі, датчиками контролю навантаження та інструментального зносу. Освоєння цих систем вимагає від фахівця не тільки глибоких теоретичних знань, але й здатності працювати з інтерфейсами ЧПК, цифровими бібліотеками інструментів, програмними платформами для керування обробкою та діагностикою обладнання.

Однією з ключових проблем є високий рівень складності спеціалізованого програмного забезпечення, яке використовується для розроблення технологічних маршрутів і керуючих програм. САМ-системи нового покоління дозволяють створювати складні траєкторії обробки,

моделювати динаміку інструмента, оцінювати ризики зіткнення, розраховувати навантаження на шпиндель і передбачати потенційні критичні точки у процесі обробки. Робота з такими системами потребує не лише навичок програмування, але й здатності аналізувати тривимірні моделі, інтерпретувати дані симуляцій і коригувати технологічні параметри відповідно до вимог конкретної деталі.

Крім того, постійне оновлення програмного забезпечення та впровадження нових функцій створює додаткові труднощі. Навіть досвідчені фахівці потребують регулярного навчання, щоб ефективно використовувати нові модулі оптимізації, симуляції та автоматичного створення керуючих програм. Це ставить перед освітніми закладами завдання оперативного оновлення навчальних програм із врахуванням технологічних тенденцій та вимог виробництва.

Ще одним вагомим викликом є розрив між теоретичними знаннями студентів та реальними умовами виробництва. У багатьох освітніх закладах існуюча матеріально-технічна база не відповідає сучасному рівню розвитку промисловості, що обмежує можливості практичного навчання. У результаті випускники часто мають поверхневі уявлення про роботу багатовісних обробних центрів, автоматизованих ліній, роботизованих комплексів і систем збору технологічної інформації.

Складність виробничих систем полягає у необхідності координувати роботу різних компонентів: верстатів із ЧПК, датчиків контролю якості, автоматизованих систем подачі заготовок, програмних засобів планування виробництва. Здатність працювати з такими комплексами вимагає системного мислення та розуміння принципів інтеграції обладнання в єдиний виробничий цикл. Натомість більшість студентів мають фрагментарне уявлення про ці процеси, оскільки навчальні програми не завжди враховують взаємозалежність механічної, цифрової та програмної складових сучасного виробництва.

Додатковою проблемою є недостатня кількість навчальних годин, присвячених роботі з реальними виробничими сценаріями. У результаті молоді фахівці стикаються з труднощами під час адаптації до практичних умов,

оскільки не мають достатнього досвіду використання систем моніторингу стану обладнання, аналізу цифрових сигналів, роботи з автоматизованими складами інструментів чи проведення технічної діагностики. Це знижує ефективність їхньої праці в перші роки після працевлаштування та збільшує навантаження на підприємства, які змушені здійснювати додаткову підготовку молодих інженерів.

Ефективним шляхом вирішення цієї проблеми є інтеграція імітаційних моделей та віртуальних тренажерів, які дозволяють створювати цифрові копії обробних центрів, моделювати реальні технологічні процеси та відтворювати типові виробничі ситуації. Це дозволяє студентам набути навичок прийняття технологічних рішень у безпечному та контрольованому середовищі, що значно підвищує рівень їх готовності до роботи в умовах реального виробництва.

Сучасне машинобудування характеризується зростанням складності деталей, що виготовляються. Такі конструкції, як «Корпус центровий бабки», потребують високої точності геометричних параметрів, дотримання складних технологічних маршрутів і використання спеціалізованого інструментального оснащення. Виготовлення таких деталей на обробних центрах вимагає від технолога комплексних знань не лише в галузі механічної обробки, а й у галузі матеріалознавства, кіберфізичних систем, систем числового програмного керування та аналізу напружень.

Складність обробки таких деталей визначається необхідністю врахування великої кількості параметрів: жорсткість заготовки, тип інструмента, режими різання, теплові деформації, можливі вібрації та особливості конструкції. Сучасні технологічні процеси передбачають детальний аналіз моделі деталі, визначення критичних зон, побудову оптимальних траєкторій обробки та використання адаптивних методів контролю точності. Технолог повинен уміти працювати з цифровими моделями, проводити симуляційний аналіз, визначати ймовірність відхилень від допусків і пропонувати шляхи їх усунення [21].

Крім того, сучасні деталі часто виготовляються з нових матеріалів – жароміцних сталей, титанових сплавів, композитів, що створює додаткові

труднощі у виборі режимів та інструментів. Технолог має володіти методиками розрахунку сил різання, прогнозування зносу інструмента, визначення оптимальних параметрів подачі та швидкості, а також умінням адаптувати технологічний процес під конкретний матеріал.

Таким чином, підготовка фахівців до роботи зі складними деталями потребує глибокої спеціалізації та розширення змісту навчальних програм, що повинні включати питання адаптивної обробки, цифрового моделювання, аналізу напружень і прогнозування якості поверхонь.

### **1.3. Значення професійної підготовки для підвищення продуктивності виробництва**

У сучасних умовах інтенсивної конкуренції машинобудівні підприємства прагнуть підвищити продуктивність виробництва, мінімізувати втрати та забезпечити стабільну якість виготовлення деталей. Одним із ключових чинників, що визначають ефективність роботи виробництва, є рівень професійної підготовки персоналу — інженерів-технологів, операторів обробних центрів, майстрів та фахівців технічних служб. Саме професійні компетентності працівників забезпечують раціональне використання технологічного обладнання, дотримання технологічних режимів, оптимізацію виробничих процесів і запобігання втратам, пов'язаним із браком або простоем обладнання [42].

Зростання складності машинобудівної продукції, інтеграція цифрових технологій, поширення роботизованих комплексів і широке застосування комп'ютерних систем моделювання роблять компетентного фахівця ключовим елементом ефективного виробництва. Тому професійна підготовка персоналу має прямий, часто вирішальний вплив на продуктивність виробничих процесів і конкурентоспроможність підприємства.

Якість виготовлення деталей безпосередньо залежить від рівня кваліфікації працівників, які здійснюють підготовку та контроль технологічного процесу. Висококваліфікований фахівець здатен:

- правильно вибрати технологічний маршрут обробки;
- визначити оптимальні режими різання;
- підібрати відповідний інструмент та коректно налаштувати його параметри;
- здійснити адаптацію керуючої програми відповідно до особливостей конкретної деталі;
- виявити потенційні ризики браку ще на етапі планування технології.

Недостатня кваліфікація персоналу часто призводить до неправильного вибору стратегій обробки, невдалого налаштування інструментів або некоректного використання функцій ЧПК, що негативно впливає на точність та чистоту оброблених поверхонь. Результатом можуть стати відхилення від допусків, мікротріщини, нерівномірність шорсткості, порушення геометрії або зниження експлуатаційної надійності деталі.

Кваліфікований оператор або технолог також здатен скоротити тривалість виробничого циклу шляхом грамотного виконання переналагодження обладнання, оптимізації допоміжних операцій, застосування коректних стратегій фрезерування чи свердління та використання можливостей автоматичних вимірювальних систем. Наприклад, досвідчений фахівець знає, як застосувати високошвидкісні стратегії різання, мінімізувати холості переходи та використати функції автоматичної компенсації зносу, що дозволяє істотно скоротити загальний час виготовлення деталі.

Отже, високий рівень професійної підготовки персоналу забезпечує як покращення точності обробки, так і зростання продуктивності, що безпосередньо впливає на конкурентоспроможність підприємства.

У сучасному машинобудуванні витрати, пов'язані з браком, простоем обладнання або неефективним використанням ресурсів, можуть становити значну частину загальних виробничих збитків. Одним із найефективніших способів їх зменшення є підвищення професійної підготовки персоналу.

Погано навчені працівники часто допускають помилки у налаштуванні режими обробки, неправильно вибирають інструмент або не враховують особливості конструкції деталі, що призводить до швидкого зносу інструмента, перевитрати електроенергії, підвищення теплового навантаження та зрештою виникнення браку. Такі помилки неминуче спричиняють додаткові витрати на переробку, ремонт обладнання, корекцію програм та закупівлю інструмента.

Професійно підготовлений спеціаліст здатен:

- своєчасно розпізнати ознаки некоректної роботи обладнання;
- скоригувати режими різання залежно від умов обробки;
- правильно використовувати інструмент з урахуванням його матеріалу, геометрії та строку служби;
- інтерпретувати дані систем моніторингу стану обладнання;
- запобігти простою за рахунок грамотного планування і технічного обслуговування.

Високий рівень підготовки персоналу також знижує ризики аварійних ситуацій та несправностей, що можуть спричинити тривалий простій обладнання та суттєві фінансові втрати. Таким чином, інвестиції у професійне навчання персоналу є економічно обґрунтованими та сприяють зниженню собівартості продукції.

Сучасні обробні центри – це складні інтелектуальні системи, здатні значно підвищити продуктивність виробництва, проте їхній потенціал часто використовується лише частково. Причиною цього є недостатня підготовка персоналу щодо повного функціоналу верстата та супутнього програмного забезпечення.

Для прикладу розглянемо обробний центр MAST\_MM855\_S24, який оснащений:

- багатовісною системою керування;
- автоматичною зміною інструментів;
- адаптивними алгоритмами оптимізації подач;
- системами діагностики та контролю навантаження;

– можливістю інтеграції з програмами моделювання та САМ-платформами.

Оператор, який пройшов глибоку підготовку, здатен застосувати весь функціонал центру, тоді як недостатньо підготовлений працівник найчастіше використовує лише базові можливості, суттєво знижуючи потенційну продуктивність обладнання.

Повноцінне використання можливостей MAST\_MM855\_S24 передбачає:

- застосування високошвидкісних стратегій обробки;
- автоматичну корекцію інструмента на основі даних датчиків;
- оптимізацію траєкторій за допомогою САМ-моделювання;
- мінімізацію холостих переміщень;
- адаптивне налаштування параметрів залежно від матеріалу;

Усе це можливе лише за умови, що персонал має відповідний рівень підготовки, розуміє логіку роботи системи ЧПК, уміє працювати з цифровими моделями та може оперативно реагувати на зміни технологічного процесу.

Таким чином, навчання персоналу ефективному використанню функціоналу високотехнологічних обробних центрів є стратегічно важливим завданням, яке безпосередньо впливає на продуктивність виробництва, якість деталей та економічні показники підприємства.

#### **1.4. Актуальність оволодіння сучасними методами проєктування технологічних процесів**

У сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі здатність фахівців ефективно проєктувати та оптимізувати технологічні процеси стає одним із провідних факторів забезпечення конкурентоспроможності підприємства. Висока складність конструкцій деталей, широке використання комп'ютерного обладнання з числовим програмним керуванням, зростання вимог до точності та продуктивності – всі ці чинники зумовлюють необхідність підготовки інженерів-технологів, які володіють сучасними методами моделювання, аналізу та оптимізації технологічних процесів [15].

Зростаюча частка цифрових технологій у виробництві змінює підхід до організації технологічної підготовки виробництва. Якщо раніше технологічні процеси формувалися переважно на основі практичного досвіду та аналогій, то сьогодні головну роль відіграють математичні моделі, комп'ютерна симуляція та інтелектуальні алгоритми. Тому підприємства гостро потребують фахівців, здатних працювати із сучасними програмними комплексами, аналізувати інформацію, оцінювати вплив технологічних параметрів на кінцеві характеристики продукції та ухвалювати обґрунтовані рішення.

Оволодіння навичками моделювання є ключовим елементом професійної підготовки інженера-технолога, оскільки дозволяє глибоко аналізувати взаємозв'язки між параметрами обробки, визначати оптимальні режими та передбачати можливі відхилення. Моделювання технологічних процесів забезпечує:

- скорочення часу підготовки виробництва за рахунок попереднього відпрацювання різних варіантів технологій у віртуальному середовищі;
- зменшення витрат інструмента, оскільки моделювання дозволяє визначити режими, за яких знос буде мінімальним;
- зниження виробничих ризиків, адже моделі дозволяють прогнозувати поведінку процесу та уникати помилок ще до запуску обладнання;
- перевірку альтернативних схем обробки, що неможливо зробити на реальному виробництві без значних витрат.

Моделювання технологічного процесу дає можливість проводити багатофакторний аналіз, визначати вплив швидкості подачі, частоти обертання, типу інструмента, траєкторії обробки та інших характеристик на результат. Таким чином, фахівець стає здатним приймати рішення, засновані на точних даних, а не лише на досвіді чи інтуїтивних оцінках.

Навички оптимізації є логічним продовженням уміння моделювати. Сучасні підприємства потребують технологів, які вміють визначати найкращі параметри обробки, що забезпечують максимальну продуктивність при мінімальних витратах ресурсів. Оптимізація дозволяє знаходити раціональні

траєкторії інструмента, зменшувати тривалість допоміжних переходів, знижувати теплове навантаження та запобігати браку. Без таких навичок фахівець не може ефективно працювати із високотехнологічним обладнанням, що позбавляє підприємство значної частини потенційної продуктивності.

Імітаційне моделювання є одним із найбільш потужних інструментів у діяльності сучасного інженера-технолога. Воно дозволяє відтворювати процеси обробки у віртуальному середовищі, аналізувати їхню поведінку та встановлювати закономірності без необхідності витратити матеріали, інструмент або ресурси верстатів [20].

Для інженера-технолога імітаційне моделювання має такі ключові значення:

1. Безпечна перевірка технології. Усі ризики некоректної програми, нерациональної траєкторії, неправильного вибору інструмента виявляються в моделі, а не на реальному верстаті.
2. Віртуальне налагодження керуючих програм. Можна перевірити G-коди, синхронізацію з автоматичною зміною інструментів, коректність нульових точок та уникнути зіткнень.
3. Оптимізація шляхом порівняння варіантів. Застосування симуляційних систем дає можливість швидко оцінити вплив різних параметрів на тривалість обробки.
4. Підготовка до роботи з високотехнологічним обладнанням. У випадку з обробними центрами на кшталт MAST\_MM855\_S24 симуляція дозволяє освоїти функціонал верстата ще до фактичного контакту з ним.
5. Зниження вартості експериментів. На відміну від реальних випробувань, моделювання не потребує матеріальних витрат та не призводить до зносу інструмента.

Імітаційне моделювання стає невід'ємним елементом технологічної підготовки виробництва. Без уміння працювати із симуляційними програмами

сучасний технолог не може повною мірою виконувати свої функції, оскільки більшість проектних рішень сьогодні формується на основі цифрових моделей.

Однією з актуальних тенденцій розвитку машинобудування є перехід до групових технологічних процесів (ГТП). На відміну від індивідуальних технологій, які розробляються для кожної деталі окремо, групові процеси орієнтовані на обробку груп однотипних деталей, що мають схожі конструктивні чи технологічні ознаки.

Перехід до ГТП дозволяє:

- значно скоротити час технологічної підготовки виробництва;
- зменшити обсяг проектних робіт;
- уніфікувати режими обробки та інструментальне оснащення;
- підвищити завантаженість обладнання;
- оптимізувати матеріальні та енергетичні витрати;
- забезпечити стійку якість виготовлення.

Проте впровадження групових технологій висуває нові вимоги до професійної підготовки фахівців. Інженер-технолог повинен володіти поглибленими знаннями з аналізу структури виробничої номенклатури, кластеризації типових ознак деталей, розробки універсальних маршрутів обробки та вибору оптимальних стратегій різання. Крім того, технолог має розуміти, як побудувати груповий технологічний процес із мінімальною кількістю переналагоджень та з максимальною стандартизацією.

Особливої актуальності набувають уміння:

- працювати з базами даних групових технологій;
- застосовувати імітаційні моделі для перевірки універсальних маршрутів;
- визначати типові технологічні елементи деталей;
- адаптувати групові процеси до конкретних умов роботи обробних центрів;
- оцінювати економічний ефект від впровадження ГТП.

Це потребує від персоналу не лише базових технологічних знань, а й володіння цифровими інструментами аналізу, що робить професійну підготовку фахівців ключовою умовою успішної модернізації виробництва.

### **1.5. Освітні проблеми та потреби в удосконаленні системи професійної підготовки**

Сучасний розвиток машинобудівної галузі супроводжується інтенсивним технологічним оновленням виробництва, впровадженням комп'ютеризованих систем управління, автоматизацією технологічних операцій та використанням високоточного обладнання. У таких умовах відбувається суттєве зростання вимог до рівня професійної підготовки фахівців. Однак існуюча система інженерно-технічної освіти не завжди відповідає потребам підприємств, які працюють у парадигмі Індустрії 4.0. Внаслідок цього спостерігається розрив між можливостями випускників закладів освіти та запитами сучасного виробництва.

Проблеми професійної підготовки мають багатофакторний характер і стосуються як змістовного наповнення освітніх програм, так і методичного забезпечення, матеріально-технічних ресурсів, практичної підготовки та взаємодії освіти з промисловістю. Тому удосконалення системи підготовки кадрів є актуальним завданням, що безпосередньо впливає на якість роботи машинобудівних підприємств.

Багато освітніх програм, за якими здійснюється підготовка майбутніх інженерів-технологів, мають застарілу структуру, що суттєво відстає від темпів розвитку виробництва. Значна частина дисциплін орієнтована на класичні методи обробки, які нині використовуються в обмеженому обсязі. Теоретичні курси часто містять матеріал, що не враховує сучасні тенденції цифровізації, автоматизації та використання нових технологічних підходів [32].

Основні недоліки традиційних програм:

- недостатня кількість курсів, присвячених роботі зі системами CAD/CAM/CAE;

- мінімальна увага до цифрового моделювання, симуляції та оптимізації технологічних процесів;
- недостатній зв'язок між навчальними дисциплінами та реальними виробничими завданнями;
- відсутність систематичного навчання робототехніці, станкам із ЧПК нового покоління та автоматизованим лініям;
- орієнтація на нормативний, а не проблемно-пошуковий стиль навчання.

Підприємства, які працюють з сучасними обробними центрами, автоматизованими комплексами та складними деталями, очікують від випускників технологічних спеціальностей компетентності, яких вони часто не отримують у межах традиційних навчальних програм. Це зумовлює потребу у глибокій модернізації освітнього процесу, оновленні змісту дисциплін та інтеграції цифрових технологій у навчання.

Однією з основних проблем системи професійної підготовки є недостатній обсяг практичної складової. Більшість студентів мають обмежений доступ до реального виробничого обладнання або не отримують достатньої кількості практичних завдань, пов'язаних із реальними умовами роботи підприємства.

Практико-орієнтоване навчання дозволяє:

- формувати вміння застосовувати теоретичні знання на практиці;
- розвивати навички роботи зі складним технологічним обладнанням;
- адаптувати студентів до реальних виробничих ситуацій;
- навчити працювати із сучасними технологічними стандартами та документацією;
- сприяти формуванню інженерного мислення та здатності до прийняття технічних рішень.

Потреба у впровадженні практико-орієнтованих модулів зумовлюється тим, що технологічні процеси стають дедалі більш автоматизованими, що

вимагає від майбутніх фахівців уміння працювати з багатофункціональними обробними центрами, програмувати керуючі програми, здійснювати віртуальне налаштування та оптимізацію процесів.

Ефективними інструментами практичного навчання є:

- лабораторні роботи зі застосуванням CAD/CAM-систем;
- використання програмних симуляторів обробних центрів;
- створення цифрових двійників технологічних процесів;
- навчальні проекти, пов'язані з реальними завданнями підприємств;
- стажування на виробництві.

Застосування таких методів сприяє підвищенню якості підготовки фахівців і забезпечує їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

Матеріально-технічне забезпечення відіграє ключову роль у підготовці сучасних інженерів-технологів. Проте значна частина навчальних лабораторій оснащена обладнанням, яке морально та фізично застаріло і не відповідає рівню сучасного машинобудівного виробництва. Студенти працюють на верстатах, які не відображають реальних можливостей сучасних станків із ЧПК, роботизованих систем або автоматизованих виробничих ліній.

Основні проблеми, пов'язані з матеріально-технічною базою:

- відсутність нових обробних центрів та сучасних систем ЧПК;
- недостатня кількість комп'ютерів, здатних працювати з ресурсомісткими CAD/CAM програмами;
- обмежений доступ студентів до промислових симуляційних платформ;
- нестача вимірювального обладнання високої точності;
- відсутність лабораторій цифрового виробництва або робототехніки;
- застаріла інструментальна база, що не відповідає сучасним технологічним вимогам.

Модернізація матеріально-технічної бази є необхідною умовою забезпечення відповідності підготовки фахівців сучасним технологічним

трендам. Для ефективної підготовки технологів потрібно забезпечити доступ студентів до:

- сучасних верстатів із ЧПК та навчальних обробних центрів;
- ліцензійних CAD/CAM/CAE-комплексів;
- тренажерів для імітаційного моделювання;
- автоматизованих систем вимірювань;
- лабораторій із цифровим обладнанням.

Модернізація також передбачає оновлення методичного забезпечення, розробку нових навчально-лабораторних практикумів, а також створення навчальних центрів на базі співпраці з промисловими підприємствами.

## **1.6 Висновки до розділу**

Оволодіння сучасними методами проектування технологічних процесів є необхідною умовою професійної діяльності інженера-технолога в умовах цифровізації машинобудування. Моделювання та оптимізація технологічних процесів дозволяють зменшити виробничі ризики, підвищити продуктивність, скоротити витрати і забезпечити високу якість виготовлення деталей. Імітаційне моделювання стає незамінним інструментом підготовки технологів, особливо при роботі з високотехнологічними обробними центрами.

Перехід підприємств до групових технологічних процесів посилює вимоги до кваліфікації персоналу, формуючи потребу у системній підготовці фахівців, здатних працювати з цифровими моделями, універсальними технологіями та інтелектуальними програмними комплексами.

Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі є ключовим чинником у забезпеченні високої продуктивності, стабільної якості та економічної ефективності виробництва. Кваліфікований персонал здатен повною мірою використовувати потенціал високотехнологічного обладнання, мінімізувати ймовірність браку, оптимізувати витрати та вдосконалювати технологічні процеси. Саме тому інвестиції в розвиток професійних

компетентностей є одним із найважливіших напрямів підвищення конкурентоспроможності сучасного машинобудівного підприємства.

Виклики підготовки фахівців до роботи з сучасним високотехнологічним обладнанням охоплюють широкий спектр проблем – від складності освоєння систем ЧПК і САМ-платформ до недостатньої кількості практичних занять та потреби у спеціальних знаннях для обробки складних деталей. Для ефективного функціонування сучасного машинобудівного підприємства необхідні фахівці, які володіють системним мисленням, здатні працювати з цифровими моделями, аналізувати виробничі дані, адаптувати технологічні процеси та швидко реагувати на зміни технічного середовища. Усе це вимагає суттєвих змін у системі професійної підготовки – модернізації навчальних програм, створення цифрових лабораторій, використання імітаційних моделей і забезпечення умов для безперервного професійного розвитку фахівців.

Система професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі потребує суттєвого оновлення, щоб відповідати викликам сучасного технологічного розвитку. Традиційні освітні програми не забезпечують достатнього рівня компетентності, необхідної для роботи з високотехнологічним обладнанням. Підвищення якості підготовки вимагає впровадження практико-орієнтованих навчальних модулів, широкого використання цифрових технологій, симуляційних інструментів та оновлення матеріально-технічної бази навчальних закладів.

Лише комплекс модернізаційних заходів дозволить підготувати конкурентоспроможних фахівців, здатних забезпечити ефективну роботу машинобудівних підприємств в умовах цифрової трансформації та зростання технологічних вимог.

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

### 2.1 Аналіз ефективності обробки корпусних деталей на гнучких автоматизованих ділянках в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва

В середині ХХ століття, з розвитком промисловості, автоматизація виробництва почала впроваджуватися для підвищення продуктивності. Продуктом цього періоду стали такі новинки, як промисловий робот, оброблювальний центр, мікропроцесор, автоматизоване робоче місце проектувальника (АРМ) і інші досягнення. Даний період характеризується першими спробами реалізувати методологію локально-комплексної автоматизації виробництва. Так виникли робототехнічні комплекси (РТК), гнучкі виробничі модулі (ГВМ), гнучкі автоматизовані лінії (ГАЛ) і гнучкі автоматизовані ділянки (Г АД); а в період 90-их років велася розробка і створення системних комплексів гнучкого виробництва (ГВС): починається широка гнучка автоматизація заводів на основі машинного інтелекту техніки керування виробництвом.

Стало відомо, що навіть далеко не самі досконалі ГАВ дозволяють збільшувати в середньому коефіцієнт використання устаткування на 30%, зменшити його простої на 40%, знизити вартість одиниці продукції на 10%, зменшити потребу в персоналі на 30%, забезпечити потокове виготовлення одиничних партій виробів, що надходять у випадковому порядку при номенклатурі до декількох десятків одиниць. Причому такі результати виходять в умовах, коли нове гнучке виробництво сполучається із традиційним виробництвом і забезпечує від 3 до 10% від загального випуску продукції даним підприємством.

Рівень і способи автоматизації залежать від серійності виробництва і оснащення його технічними засобами [47].

Засоби виробництва, що випускають у машинобудуванні, мають два полюси: універсальне устаткування з ручним керуванням і автоматичні лінії із твердою програмою робіт. Інше устаткування займає середнє положення.

Розвиток автоматизації устаткування дозволяє підняти продуктивність праці, але, як правило, супроводжується зниженням універсальності устаткування і звуженням технологічних областей його застосування.

Зі зменшенням життєвого циклу виробів у результаті швидкого науково-технічного прогресу і з відповідним збільшенням номенклатурного складу виробляємої продукції, виникла необхідність у створенні таких виробництв, які забезпечують виготовлення деталей невеликими партіями при збереженні продуктивності, якості і собівартості, властивій багатосерійному виробництву. Таким виробництвом є ГВС [44].

Типова компоновочна структура ГВС обов'язково містить у собі п'ять аспектів.

Обробка на верстатах ведеться в автоматичному режимі за допомогою системи ЧПК, де є:

- пристрій для завантаження - розвантаження оброблюваної деталі на верстаті.
- транспортний пристрій для автоматичної передачі деталі між операціями.
- ЕОМ для контролю і регулювання технологічного процесу.
- організоване програмне забезпечення системи.

По цьому визначенню необхідною умовою є наявність автоматичного межопераційного транспорту і систем ЧПК.

Головний зміст ГВС полягає в об'єднанні системи прямого ЧПК і транспортної системи.

Система прямого ЧПК призначена для безпосереднього керування від ЕОМ групою металорізуючих верстатів. Будь-яка вхідна інформація обробляється на ЕОМ і видається у вигляді вхідної інформації, відповідно до якої йде автоматична обробка на верстатах зі ЧПК.

На рисунку 2.1.  
показана блок - схема  
системи керування  
ГВС.

Якщо в структуру  
ГВС входять  
багатоцільові верстати,  
то за одну установку  
деталі виконується  
кілька операцій, і для

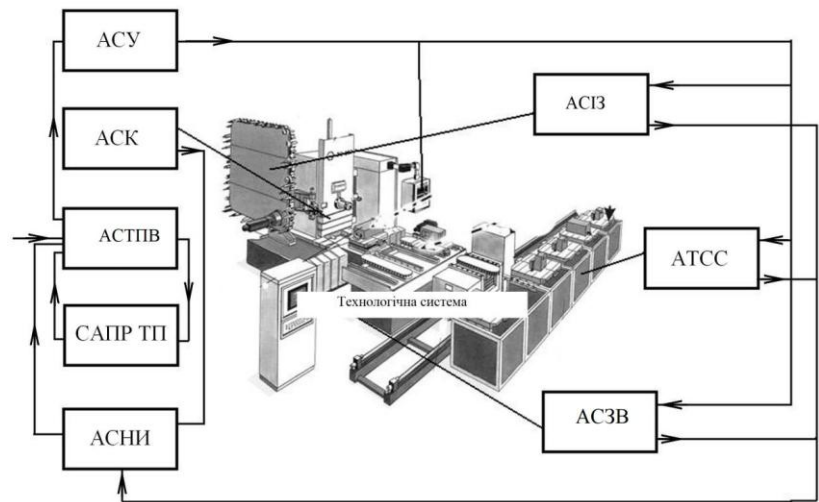


Рисунок 2.1 - Структура ГВС

незалежного завантаження верстата дуже легко організувати транспортування деталей, причому час на транспортування скорочується, тому що воно перекривається часом обробки. Тому стає очевидна універсальність систем, у структуру яких входять багатоцільові верстати.

Було проаналізовано, яку частку від усього устаткування в різних системах становлять багатоцільові верстати (рис.2.2).

В 42% систем використовуються практично тільки багатоцільові верстати. Багатоцільові верстати майже не входять у структури гнучких автоматичних ліній, де в основному використовуються одноцільові верстати (таких систем 25%).

Таким чином,  
багатоцільові верстати стали  
необхідним елементом ГВС,  
вони становлять їхнє ядро, і  
вони найбільш працездатні.

Рівень і способи  
автоматизації залежать від  
серійності виробництва і  
оснащення його технічними  
засобами [48].

Технологічні розробки,  
пов'язані з вибором методів

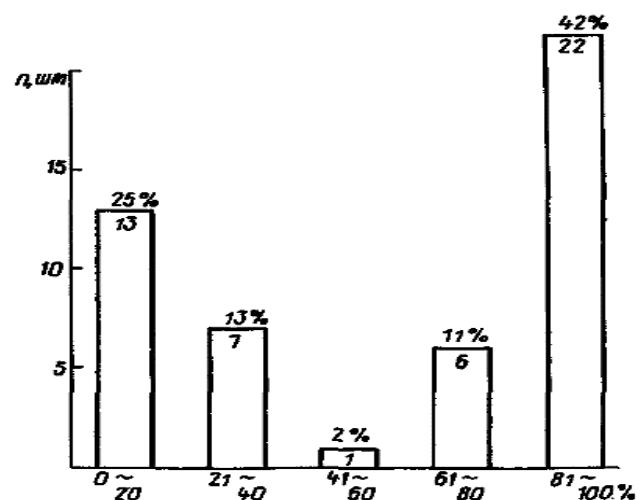


Рисунок 2.2 - Питома вага багатомісцевих верстатів (в % від всіх верстатів системи проаналізовані 49 систем з 53).

обробки і послідовністю виконання переходів обробки деталі, базуються на принципах забезпечення: максимально можливої і доцільної концентрації переходів обробки в одній операції; роботи з оптимальними припусками і мінімальними напусками, що дозволяє скоротити номенклатуру різального інструменту, підвищити точність і продуктивність обробки, зменшити труднощі, що виникають при видаленні стружки; мінімального допоміжного часу з урахуванням характеристик верстатів по витратах часу на позиціонування, допоміжні ходи, зміну інструмента, поворот стола і т.п.; максимального врахування можливостей верстатів і обмежень по параметрам точності верстатів, довжині консольного інструмента (обробка отворів довжиною не більше шести діаметрів), діаметру фрез тощо; обробки корпусних деталей коробчастої форми в послідовності: попередня обробка площин, чорнова обробка отворів, термічна обробка (старіння), напівчистова обробка баз (площин) і інших не основних поверхонь, чистова обробка баз і основних отворів, обробка кріпильних отворів.

Обробка корпусної деталі, як правило, починається з виконання переходів фрезерування. Спочатку фрезерують торцевою або кінцевою фрезою зовнішні плоскі поверхні деталі, потім уступи, пази, виступи. Фрезерують внутрішні плоскі поверхні, пази і інші подібні їм елементи деталі, які розташовані на деякій відстані від зовнішніх плоских поверхонь деталі [39].

Послідовність виконання переходів обробки корпусних деталей на верстатах із ЧПК свердлильно-фрезерно-розточувальної групи наведена в табл.2.1.

Таблиця 2.1 - Послідовність виконання переходів обробки корпусних деталей на верстатах із ЧПК

Зміст переходів	Інструмент	Вказівки до виконання переходів
2. Фрезерування зовнішніх поверхонь (чорнове, напівчистове, чистове)	Торцеві фрези	Чистове фрезерування нежорстких і деформуємих при закріпленні деталей варто виконувати після перезакріплення.
2.Свердління (розсвердлювання) у суцільних стінках (наскрізь — основних отворів під обробку; глухе — для введення кінцевих фрез). Діаметр отворів понад 30 мм	Свердла	Якщо в переходах, зазначених в 2 і 8 використовується той самий інструмент, то переходи можна сполучити

Зміст переходів	Інструмент	Вказівки до виконання переходів
3. Фрезерування пазів, отворів, вікон, кишень, вибірок	Кінцеві фрези	Переходи варто виконувати відповідно до рекомендацій по фрезеруванню на верстатах із ЧПК*
4. Фрезерування внутрішніх поверхонь, перпендикулярних до осі шпинделя	Торцеві і кінцеві фрези	Теж
5. Чорнове розточування, зенкерування основних отворів у суцільних стінках після переходів, зазначених в 2, прошитих, попередньо оброблених	Розточувальні різці, зенкери	—
6. Обробка неточних додаткових поверхонь, розташованих в основних отворах і концентричних осях (канавок, виїмок, уступів, фасок)	Кінцеві, кутові, дискові і тому подібні фрези. Канавкові і фаскові різці, розточувальні «ножі», зенківки	Переходи фрезерування виконувати відповідно до рекомендацій по фрезеруванню на верстатах із ЧПК
7. Обробка додаткових поверхонь: на зовнішніх, внутрішніх і необроблюваних поверхнях	Кінцеві і шпонкові фрези	Переходи фрезерування виконувати відповідно до рекомендацій по фрезеруванню на верстатах із ЧПК
8. Обробка кріпильних і інших допоміжних отворів діаметром понад 15 мм (свердління, розсвердлювання, зенкерування, зенкування, нарізання різьб)	Свердла, зенкера, зенківки, мітчики	—
9. Зняття прямих фасок навкруги	Кутові фрези	—
10. Перезакріплення деталі, перевірка положення рухливих органів верстата, очищення посадкових гнізд у шпинделі верстата для забезпечення точності обробки		Переходи можна не виконувати, якщо деталь не деформується при закріпленні і верстат забезпечує достатню точність
12. Остаточне фрезерування плоских поверхонь	Торцеві фрези	Переходи виконуються при обробці деталей нежорстких або сильно деформованих при закріпленні
12. Обробка точних поверхонь основних отворів (розточування, розгортання)	Розточувальні різці, розгортки	Те ж
13. Обробка точних і точно розташованих отворів малого розміру	Свердла, розточувальні різці, розгорнення	—

Зміст переходів	Інструмент	Вказівки до виконання переходів
16. Обробка фасок і інших поверхонь, пов'язаних з основними отворами	Дискові і кутові фрези. Канавкові і фаскові різці	—
17. Обробка кріпильних і інших невідповідальних отворів малого розміру (центрування, свердління, зенкування, зенкерування і нарізання різьб)	Свердла, зенківки, зенкера, мітчики	Можуть виконувати, починаючи з переходів, зазначених у п. 8
14. Обробка точних і точно розташованих додаткових поверхонь (канавок, уступів,) в отворах	Розточувальні різці, дискові тристоронні фрези	—
15. Обробка виїмок, пазів, кишень, прорізів і т.п., несиметричних щодо отвору	Дискові і кінцеві фрези. Фасонні, канавкові, фаскові, різці	—

## 2.2 Аналіз технологічності виготовлення деталі «Корпус центрної бабаки» на оброблювальних центрах

Оцінка технологічності конструкції деталі – це важливий етап технологічної підготовки виробництва. Конструкція деталі є технологічною, якщо при її виготовленні і експлуатації витрати матеріалу, часу і засобів мінімальні. Оцінка технологічності проводиться якісно і кількісно з розрахунком показників технологічності за ДСТУ 14.201 - 2003. Якісна оцінка («добре», «погано») проводиться перед кількісній [ 35,37,48].

*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 і ув'язування вимог якості поверхневого шару (шорсткості поверхні, зміцнення, залишкових напруг у поверхневому шарі і 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 і 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 і отворів, розташованих не під прямим кутом до основних координатних осей деталі (взаємне кутове розташування оброблюваних поверхонь повинне враховувати дискретність кутів повороту стола верстата і можливість використання стандартних кутових фрез); максимальна можлива уніфікація форми і 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 з чавуну СЧ 20 (Рисунок 2.3).

Чавун марки СЧ 20 - це сірий (із сірим зламом) ливарний чавун - сплав заліза зі змістом вуглецю більше 2%, що перебуває в основному у формі графіту. Даний сплав має межу міцності 400 МПа і твердість НВ 170-242. З нього виготовляють відповідальні відливки з товщиною стінок до 30 мм.

**Аналіз точності і шорсткості.** Більшість лінійних і деяких діаметральних розмірів мають максимально низьку точність для даної деталі 14 квалітету і шорсткість Ra 12,5 (Rz 80). Це обумовлено тим, що дані поверхні не беруть участь у сполученнях або роль сполучень не впливає на точність з'єднання з іншими деталями.

Отвори  $\text{Ø}30\text{H}7$ ,  $\text{Ø}32\text{H}7$ ,  $\text{Ø}90\text{H}7$ , а також деякі поверхні деталі із шорсткістю Ra 3,2, мають такі високі показники тому, що вони служать для кріплення різних агрегатів та навісного обладнання.

Отвір  $\text{Ø}180\text{H}7$  з шорсткістю Ra 1,6 та конусний отвір  $\text{Ø}211,405\text{H}7$  з шорсткістю Ra 0,4 мають такі високі показники тому, що вони виконують



Щодо просторового розташування оброблюваних поверхонь – у цілому деталь є технологічною. Багато поверхонь не мають жорстких вимог до точності розмірів, форми або розташування. Лише вісь основного отвору  $\varnothing 180H7$  має допуск на відхилення від паралельності до нижньої поверхні (головної поверхні, що базує) величиною 0,03 мм. а також торцеві поверхні отвору мають допуск перпендикулярності до нижньої поверхні величиною 0,06 мм.

**Аналіз методів базування виробу.** Для базування при обробці деталі «Корпусу центрної бабки» на металорізальних верстатах, з огляду на наявність різних конструктивних елементів, зручніше за чистові бази використовувати площини. Площиною для базування є нижня та бокова поверхні деталі.

Дані бази використовуються протягом, практично, всієї обробки деталі (крім операції по обробки цих базових поверхонь). Установка і закріплення деталі за допомогою вищевказаних баз здійснюється один раз і не змінюються протягом всієї обробки. Використання спеціального пристосування дозволяє виконувати обробку з п'яти сторін без переустанови. Це дозволяє досягти високої точності і малої погрішності оброблюваних поверхонь [49].

**Аналіз технологічності конструктивних елементів деталі «Корпус центрної бабки».**

Деталь «Корпус центрної бабки» має просту форму і є технологічною, тому, що відповідає вимогам технологічності.

2. Вона має зручні технологічні бази, що забезпечують необхідну орієнтацію і надійне закріплення деталі на верстаті при можливості обробки її з декількох сторін і вільного підведення інструмента до оброблюваних поверхонь.

2. Простота геометричної форми оброблюваної деталі, що дозволяє обробляти більшість її поверхонь із однієї установки.

3. Зовнішні поверхні деталі мають відкриту форму, що забезпечує можливість обробки на прохід у напрямку подачі.

4. У конструкції деталі немає похилого розташування оброблюваних поверхонь, наявності фасонних ділянок, складних уступів і пазів, що переривають плоскі поверхні і отвори.

5. Головні отвори, що вимагають точної обробки, є гладкими наскрізними з мінімальним числом щаблів, що дозволяє виконувати обробку на прохід з застосуванням простих інструментів меншої номенклатури. Це підвищує технологічність деталі. .

6. Отвори розташовані перпендикулярно до плоских поверхонь.

7. Оброблювані поверхні деталі розташовані в доступних для обробки площинах, які можуть бути звернені до шпинделя при послідовному повороті стола із заготівлею на певний кут.

8. Деталь має достатню твердість і міцність та підвищену жорсткість при яких виключається можливість вібрації в процесі обробки або неприпустимого деформування від сил різання і закріплення.

Після повного якісного аналізу можна сказати, що деталь «Корпус центрної бабки» є технологічною.

### **2.3. Цілі і задачі досліджень**

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

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

Основною метою випускної роботи є підвищення продуктивності ділянки механічної обробки різанням деталі «Корпус центрної бабки» на

основі застосування прогресивних методів обробки в умовах дрібносерійного автоматизованого виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. виконати аналіз літературних даних по даній тематиці;
2. розробити технологічну документацію для обробки деталі «Корпус центрної бабаки» в умовах дрібносерійного автоматизованого виробництва;
3. підібрати технологічне оснащення для базування і транспортування об'єкта обробки;
4. вибрати основне і допоміжне технологічне устаткування;
5. виконати моделювання системи виготовлення деталі «Корпус центрної бабаки»;
6. виконати нормування процесу обробки виробу «Корпус центрної бабаки» на оброблювальному центрі моделі MAST\_MM855\_S24 .

При розробці технологічної документації необхідно скласти типовий маршрут обробки деталі, далі на його підставі розробити типові технологічні операції. Для складання повного технологічного процесу необхідно визначити припуски на операціях і режими різання для обробки деталі «Корпус центрної бабаки».

Необхідно враховувати особливості конструкції, габарити деталі «Корпус центрної бабаки» для підбора основного і допоміжного устаткування, пристрою, а також для вибору способу транспортування .За допомогою імітаційного моделювання необхідно визначити взаємне розташування всіх елементів технологічного процесу, а також час, що буде витрачатися на допоміжні дії.

## **2.4 Висновки**

Прогрес в області обчислювальної техніки дозволяє застосовувати оброблювальні центри обладнані ЧПК в умовах дрібносерійного виробництва там, де дотепер застосовувалися тільки універсальні металорізальні верстати.

Висока надійність сучасних систем програмного керування дозволяє гарантувати повторення розмірів оброблюваних деталей з високою точністю. Одна людина може обслуговувати цілу групу оброблювальних центрів.

Таким чином, верстати зі ЧПК дозволяють не тільки підвищити точність оброблюваних деталей, але і багаторазово підвищити продуктивність праці.

Продуктивність праці на верстатах зі ЧПК підвищується не тільки за рахунок можливості їхнього багатOVERSTATного обслуговування, але і за рахунок того, що на них можна здійснювати такі операції, які на звичайних універсальних верстатах здійснити неможливо. Наприклад, якщо потрібно обробити отвір з більшим припуском, на універсальному розточувальному верстаті довелося б здійснювати велику кількість проходів розточувальним різцем і це зайняло б багато часу. На верстаті зі ЧПК великий припуск знімається кінцевою фрезою, що робить шлях по круговій траєкторії. У багатьох випадках така операція може бути не тільки попередньою, але і остаточною.

Продуктивність праці при заміні розточування фрезеруванням підвищується в багато разів. Наведений приклад свідчить також про те, що на верстатах з ЧПК виготовлення деталей, що мають криволінійну або просторово складну форму, не викликає серйозних труднощів. Це справедливо для верстатів, у яких можлива одночасна обробка за двома координатами. Є верстати, у яких можливе переміщення одночасне в одному, у двох, трьох і іноді в більшій кількості напрямків.

На автоматизованих ділянках з верстатів з ЧПК механізуються операції контролю деталей, складання заготовок і деталей збірних пристосувань, операції збору стружки, очищення від стружки пристосувань і оброблюваних деталей та ін. Впровадження верстатів із числовим програмним керуванням, є одним з основних засобів підвищення продуктивності праці на підприємствах із дрібносерійним характером виробництва.

### 3. РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВОЇ БАБКИ»

#### **3.1 Аналіз видів технологічної підготовки виробництва при обробці виробів на гнучких автоматизованих ділянках в умовах дрібносерійного виробництва**

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) - сукупність заходів, що забезпечують технологічну готовність виробництва. Остання визначається наявністю на підприємстві повних комплектів конструкторської і технологічної документації і СТО, необхідних для здійснення заданого обсягу випуску продукції із установленими техніко-економічними показниками [47].

У процесі конструювання виробничого процесу розроблювачі в максимально припустимих межах повинні враховувати конкретні виробничі умови підприємства-виготовлювача:

- наявність уніфікованих, стандартних деталей і складальних одиниць, виготовлених підприємством або підприємствами-суміжниками;
- наявність засобів технологічного оснащення і контролю;
- наявність технологічного і нестандартного устаткування, транспортних засобів і т.п.

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

Розрізняють чотири основних джерела підвищення ефективності виробництва і економії: застосування прогресивних технологічних процесів; збільшення продуктивності устаткування; зниження трудових витрат;

економія, одержувана від проведення організаційно-технічних заходів і поліпшення якості виробів, що випускаються [21].

Створення і впровадження ГАД є одним з основних напрямків рішення проблеми підвищення продуктивності праці і скорочення частки ручної праці, підвищення якості продукції, що випускається, у першу чергу в умовах дрібносерійного і серійного виробництва.

Границі між областями застосування верстатів усереднені і можуть зміщатися під впливом факторів (складність деталей, їхні розміри і т.п.). Такий підхід відповідає на запитання про місце багатофункціональних верстатів (МС) у сучасному виробництві (рис. 3.1).

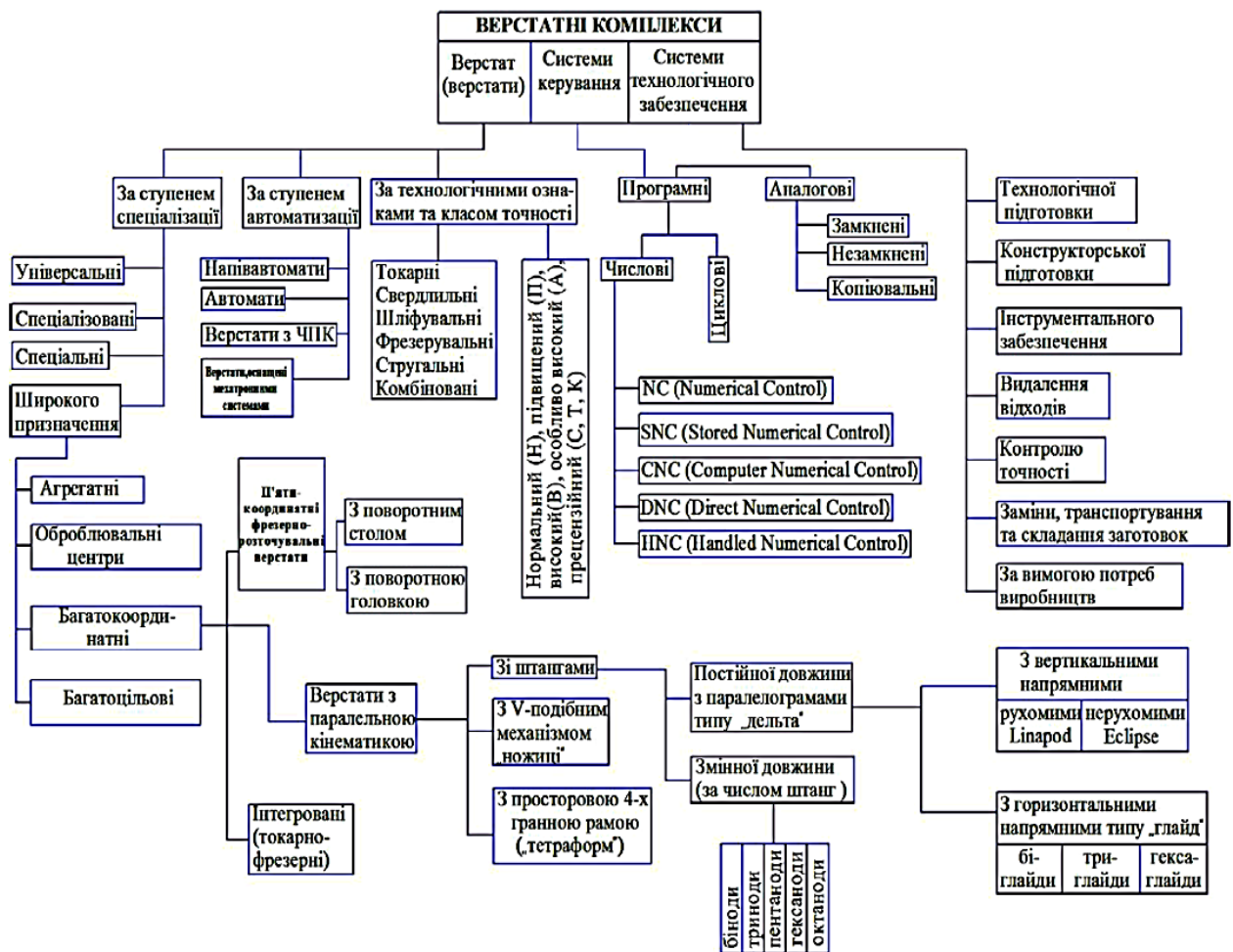


Рисунок 3.1 - Спеціалізація верстатів для обробки корпусних деталей.

Переважне поширення одержали гнучкі виробництва для обробки корпусних деталей. Це пояснюється наступним: корпусні деталі є найбільш трудомісткими при виготовленні, і їхня обробка включає значне число операцій, пов'язаних з перевстановленням, закріпленням, контролем операцій

після перевстановлення та ін. Все це сприяло появі багатоопераційних оброблювальних центрів із ЧПК з автоматичною зміною інструмента, що дозволяють концентрувати велику кількість переходів за один установ. Застосування таких верстатів сприяло зниженню допоміжного часу при обробці корпусних деталей, а отже - знизити собівартість деталей.

### 3.2 Розробка групового маршруту отримання деталі «Корпус центрової бабки» у системі «SolidCam»

У якості завдання для виконання випускної роботи, була видана деталь «Корпус центрової бабки» і маршрутно-операційна технологія її обробки (рис. 3.2 [4]).

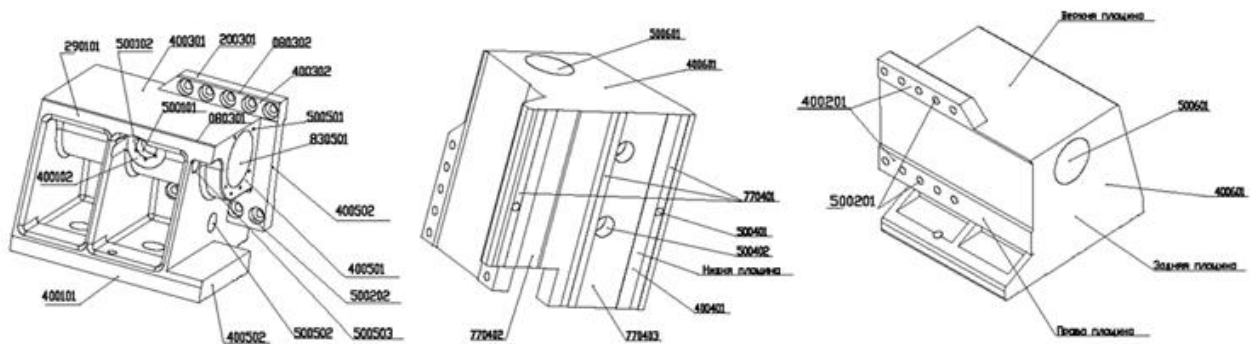


Рисунок 3.2 - Кодування поверхонь деталі «Корпус центрової бабки»

Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» сформований в автоматизованій системі підготовки технологічної документації «SolidCam» CNC Software у наступній послідовності:

1. Розроблено маршрут обробки деталі «Корпус центрової бабки»
3. Сформовано технологічну операцію обробки виробу;
3. Підібрано основне і допоміжне устаткування, технологічне оснащення і різальний інструмент;
4. Визначено розрахункові залежності припусків на обробки поверхонь, режимів обробки, норм часу;
5. Сформовано ескізи обробки;
6. Сформований технологічний процес виготовлення деталі «Корпус центрової бабки».

7. Проведено перевірку правильності його створення;
8. Підготовлено організаційно-технологічну документацію.

Першим завданням при розробці технологічного процесу було складання типового маршруту обробки - визначення послідовності обробки різних видів поверхонь залежно від типу виробництва.

Далі з маршруту складаються операції, які характеризуються певним типом основного устаткування. Також підбирається допоміжне устаткування, технологічне оснащення та інструмент вже для кожного переходу. Здійснюється вибір припусків на кожну поверхню деталі, а також режимів різання і норми часу обробки, і ці дані заносяться в загальний технологічний процес [13,14].

Таблиця 3.1 - Послідовність виконання переходів обробки корпусної деталі.

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
005	1.Лиття		
010	1.Обрубка виливки.		
	3. очищення виливки.		
015	Малярна		
020	1. Фрезерувати верхню площину 400301	Обробний центр MAST_MM855_S24	Пристосування
	3. Фрезерувати уступ на верхній площині 200301		
	3. Фрезерувати бічну поверхню уступу 400302		
	4. Фрезерувати площину 400201 попередньо		
025	1. Фрезерувати нижню площину 400401	Обробний центр MAST_MM855_S24	Налагодження УСПО
	3. Фрезерувати ліву бічну кромку 400101 попередньо		
030	1. Фрезерувати площину 400601	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином MAST_MM648_S16	Налагодження УСПО
	3. Розточити отвір 500601 $\varnothing 168H9$		
	3. Фрезерувати торець 400501 та торцеві виступи 400502 з припуском 2 мм		
	4. Розточити отвір 500101 $\varnothing 85$		
	5. Фрезерувати площину 400102, витримуючи розмір $164(162^{+2})$		
035	1. Фрезерувати похилу площину 290101 з припуском 2 мм.	Обробний центр MAST_MM855_S24	Налагодження УСПО
040	1. Притупити гострі кромки	Верстак	
045	1. Термічна обробка		
050	1. Малярна		
055	1. Фрезерувати нижню площину 400401 під шліфування.	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином MAST_MM648_S16	Налагодження УСПО
	3. Фрезерувати три уступи 770401 $36 \times 2 \times 755$ ,		
	3. Фрезерувати один уступ 770 402 $95 \times 2,5 \times 755$ .		
	4. Фрезерувати один уступ 770 403 $180 \times 2,5 \times 755$ остаточно.		
	5. Свердли 10 отворів 500201 $\varnothing 30$ .		
	6. Розсвердли 10 отворів 500202 $\varnothing 58$ .		
	7. Свердли 2 отвори технологічних 500401 $\varnothing 30H7$ .		

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
	8. Свердлити два отвори 500402 Ø58		
	1. Фрезерувати верхню площину 400301		
	10. Розточити 10 отворів 500202Ø60.		
	11. Розточити два технологічні отвори 500401Ø32H7.		
	13. Розточити 500402Ø80.		
	13. Фрезерувати платик 400101 на лівій бічній поверхні розміром 725 остаточно.		
	14. Фрезерувати 290101 похилу площину остаточно,		
	15. Фрезерувати дві фаски 080301 та 080302 5×45 ° остаточно.		
	16. Фрезерувати верхню площину 400301		
060	1. Шліфувати нижню площину 400401 остаточно	Плоскошліфувальний 3Д722Ф2	Пристосування
065	1. Фрезерувати торці передніх виступів 400202 остаточно.	Багатоцільовий ЧПК інструментальним магазином MAST_MM648_S16	з налагодження УСПО
	3. Фрезерувати поверхню 400201 остаточно.		
	3. Розточити отвір 500601Ø180H7		
	4. Розточити виточку R78, витримуючи розмір 162, остаточно.		
	5. Свердлити 500501Ø10 у шести отворах.		
	6. Нарізати різьбу 500501 M12 - 7H в шести отворах.		
	7. Фрезерувати площину 400201 остаточно.		
	8. Розточити отвір 500101Ø90H7 остаточно.		
	9. Свердлити 500102Ø8 у шести отворах остаточно.		
	10. Нарізати різьбу 500102 M10 - 7H в шести отворах остаточно.		
	11. Розточити отвір 500502Ø70 остаточно.		
	13. Розточити отвір 500503Ø60 остаточно.		
070	1. Розточити конус 830501Ø211,405∠5 ° остаточно.		
	3. Розточити отвір 500601Ø179,9 H7.		
075	1.Хонінгувати отвір 500601Ø180H7 остаточно.	Обробний центр MAST_MM855_S24	Нормальне кріплення
080	1. Притупити гострі кромки	Верстак	
085	1. Технічний контроль		
090	1. Нанесення антикорозійного покриття		

При формуванні маршруту обробки кожної поверхні деталі «Корпус центральної бабки» був привласнений певний код, що далі вказується на карті ескізів. Указавши коди поверхонь, що входять у деталь, складаємо конкретний технологічний процес цієї деталі із вже заданими для обробки параметрами (рисунок 3.3).

В операції 005 виготовляється виливок деталі. В операції 010 виконують обрубку та очистку виливки. Наступною операцією - 015 - є малярна:

В операції 020 та 025 фрезеруються основні базові площини.

В операції 030 фрезеруються основні площини, та розточуються базові отвори. Операція 035 – фрезерування похилої поверхні.

В операції 055 фрезерується нижня площина, та декілька занижень на неї. Після повертаємо пристосування і обробляємо торцеві площини, а далі розточуємо технологічні та основні отвори. У цьому ж положенні обробляємо другорядні поверхні: фаски, канавки. Далі міняємо положення пристосування і обробляємо неопрацьовані торці і другорядні поверхні. В 060 операції шліфуємо нижню площину. В 065 операції начисто фрезерується торці передніх виступів, інші площини, свердяться отвори під кріплення, та нарізається різьба. Операція 070 – розточуються начисто основні отвори. Операція 070- хонингується основний отвір деталі.

Из SolidWorks 3D/2D Из файла Для остальных поверхностей:

Шероховатость  Квалитет 0

Сведения1 Сведения2 Сведения3 В карты Характеристики Документы

Наименование изделия: Центровая бабка  
 Обозначение сб. единицы: МШ-36а  
 Обозначение детали: 1.002.2331.2  
 Наименование детали: Корпус центральной бабки  
 Материал: СЧ 20 ГОСТ 1412-85  
 Заготовка/Сортамент: Отливка  
 Профиль и размеры: 1200 X 750 X 500 мм  
 Твердость детали: НВС 32..40  
 Масса детали: 740 Объем партии: 10  
 Масса заготовки: 753  
 Заказ: 1 Предельная твердость: 0

Не пересчитывать номер операций

а) Підготовка вихідних даних для розробки

ТП

Код	наименование	Сопражен
030101	врЦилиндрическая\00	внЦилиндрическая\нижняя\02
080301	врФаска\верхняя\01	
080302	врФаска\верхняя\02	
200301	врФланец фасонный\верхняя\01	
290101	врСкос\правая\01	
290101	врСкос\правая\01	
400101	врПлоская\правая\01	
400101	врПлоская\правая\01	
400201	врПлоская\левая\01	
400201	врПлоская\левая\01	
400202	врПлоская\левая\02	
400301	врПлоская\верхняя\01	
400301	врПлоская\верхняя\01	
400302	врПлоская\верхняя\02	
400401	врПлоская\нижняя\01	
400401	врПлоская\нижняя\01	
400501	врПлоская\передняя\01	
400502	врПлоская\передняя\02	
400601	врПлоская\задняя\01	
410101	врБобышка\правая\01	
500101	внЦилиндрическая\правая\01	
500201	внЦилиндрическая\левая\01	
500201	внЦилиндрическая\левая\01	
500201	внЦилиндрическая\левая\01	
500202	внЦилиндрическая\левая\02	
500202	внЦилиндрическая\левая\02	
500202	внЦилиндрическая\левая\02	
500401	внЦилиндрическая\нижняя\01	
500401	внЦилиндрическая\нижняя\01	
500401	внЦилиндрическая\нижняя\01	
500402	внЦилиндрическая\нижняя\02	
500402	внЦилиндрическая\нижняя\02	
500402	внЦилиндрическая\нижняя\02	
500501	внЦилиндрическая\передняя\01	
500502	внЦилиндрическая\передняя\02	
500503	внЦилиндрическая\передняя\03	
500601	внЦилиндрическая\задняя\01	

Параметры	Элемент
Код	030101
Вид	врЦилиндрическая
Тип	
Номер	00
Название	врЦилиндрическая\00
Шерохов-сть	Ra80 1 Класс шероховатости
Сопражен	500402 внЦилиндрическая\нижняя\02

б) Дані о характеристиках поверхонь деталі

Рисунок 3.3 - Загальні данні о ТП

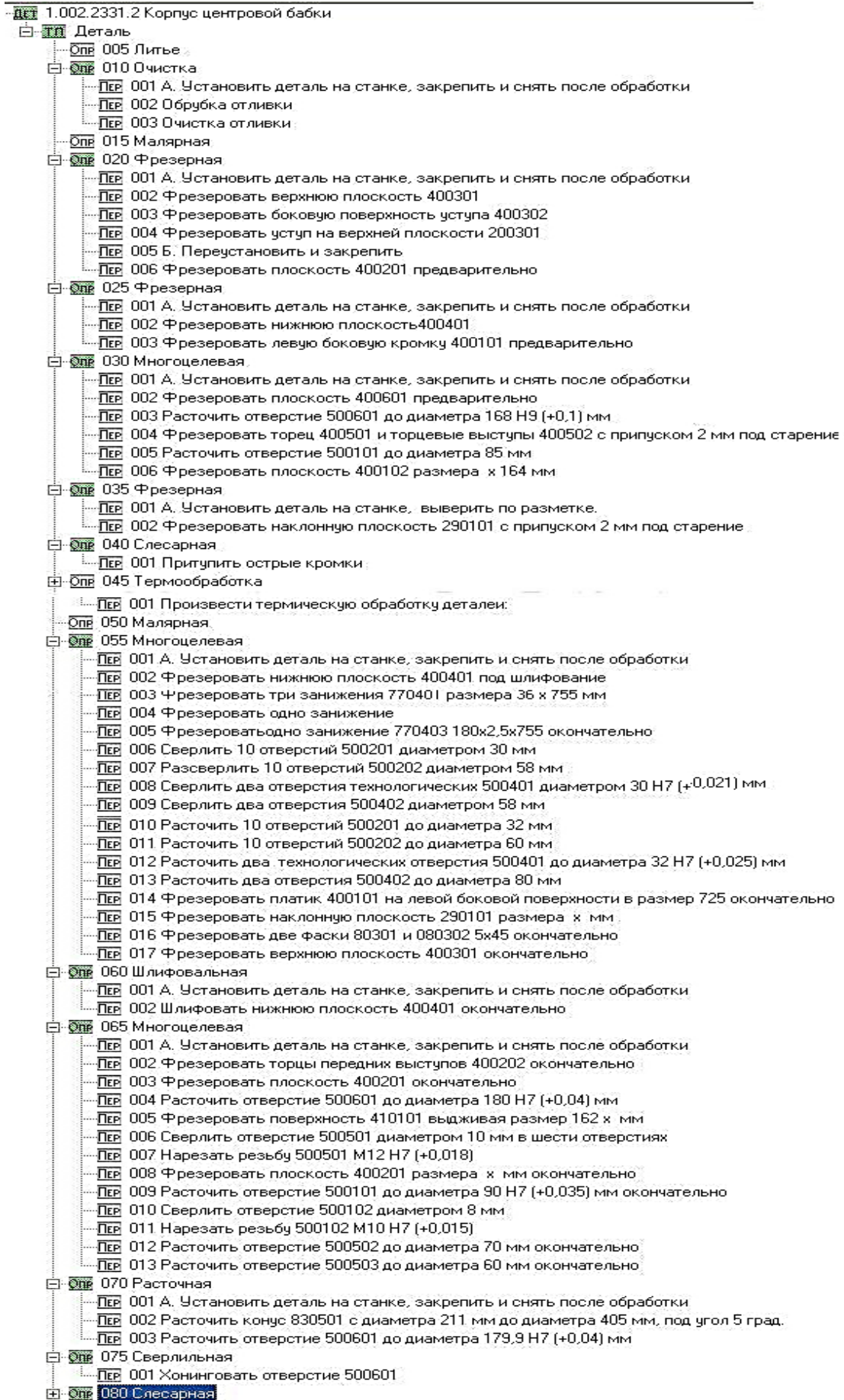


Рисунок 3.4. – Типовый ТП на обработку деталей типа «Корпус центровой бабки».

### 3.3 Розробка групових технологічних операцій отримання деталі «Корпус центрової бабки» у системі «SolidCam»

Групову технологічну операцію розробляють для виконання технологічно однорідних робіт при виготовленні групи виробів на спеціалізованому робочому місці при можливості часткового підналагодження СТО. Так, при складанні даного ТП урахувалася обов'язкова властивість типового ТП - спільність типів устаткування: при обробці різних деталей однієї групи використовується однакове устаткування, і по можливості - однакове оснащення і різальні інструменти [3,4].

У проектному ТП використовується три види металорізальних верстатів: операції по обробці базових поверхонь і кінцева обробка отвору 180Н7, здійснюються на обробному центрі MAST\_MM855\_S24, шліфування нижньої поверхні на плоскошліфувальному верстаті ЗД722Ф2, розточка конусу і всі інші на багатоцільовому верстаті з ЧПК та інструментальним магазином MAST\_MM648\_S16 [6].

Перші операції по обробці деталі «Корпус центрової бабки» виконуються на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 із пристроєм числового позиційного і прямокутного керування. На цьому верстаті обробляються базові поверхні, а також поверхні під кріплення деталі.

Верстат призначений для комплексної обробки деталей методами фрезерування, свердління і розточування. Фрезерно-розточувальна бабка повзункового типу з вертикальним шпинделем і поворотною лобовою головкою із двома робочими кінцями шпинделя дозволяє вести обробку деталей за одну установку із трьох сторін, а при використанні змінної торцевої кутової головки - з п'яти сторін. Похилі поверхні обробляються встановленою на повзуні поворотною лобовою головкою.

Особливості конструкції:

- верстат оснащений пристроєм числового позиційного і прямокутного керування, що забезпечує автоматичне переміщення стола, бабки і повзуна в задану координату і цифрову індикацію їхнього положення;
- має твердий портал з нерухомою поперечкою;

- бабка повзункового типу без зазорів (з попереднім натягом)  
направляючими повзун

- двигуни головного привода і приводів подач постійного струму;
- дистанційне перемикання шестірень передачі обертання шпинделя;
- автоматичний затискач рухливих вузлів;
- сталеві загартовані напрямні поперечки і повзуна;
- гідростатичні вертикальні напрямні стола;
- горизонтальні напрямні, армовані антифрикційними накладками;
- кульково-гвинтові передачі приводів подач бабки і повзуна;
- автоматичне централізоване змащення всіх напрямних і зубчастих передач;
- телескопічний захист напрямних;
- є пристрій усунення зазорів у черв'ячній передачі привода стола при попутному фрезеруванні.

Клас точності верстата Н.

Даний верстат має такі технічні характеристики:

- Система ЧПУ SIEMENS (Німеччина)
- Двигун шпинделя та сервоприводи SIEMENS (Німеччина)
- Компоненти електроніки Schneider (Німеччина)
- Лінійні напрямні PMI/HIWIN (Тайвань)
- Шпиндель KENTURN/VOLIS (Тайвань)
- Система зміни інструменту Akada (Тайвань).
- Особливості фрезерного верстата з ЧПУ MAST MM855 S24
- Система керування SIEMENS SINUMERIK 808D
- Сервоприводи абсолютного позиціонування SIEMENS по осях X, Y, Z
- Контролери SIEMENS
- Система зміни інструменту на 24 позиції
- Пневматичний затискач інструменту
- Потужність основного двигуна – 7,5 кВт
- Ремінний привід
- Прецизійний шпиндель на високоякісних підшипниках
- Швидкість обертання шпинделя – 1-10000 об/хв.
- Закрита система рідинного охолодження
- Герметичний корпус
- Максимальне навантаження на стіл – 650 кг
- Розмір столу – 1000x550 мм, хід – 850x550 мм.
- Лита чавунна станина
- Автоматична система мастила
- Система охолодження ЗОТС
- Вивантажує стружку в бункер за допомогою шнека.
- Комплектація фрезерного верстата з ЧПУ MAST MM855 S24
- У стандартну комплектацію входять:

Система керування SIEMENS SINUMERIK 808D  
 Шпindelь ремінний 10000 оборотів, двигун SIEMENS  
 Олійне охолодження шпинделя  
 Контролери серводвигунів SIEMENS  
 Серводвигуни SIEMENS  
 24-інструментальний магазин  
 Шнек для вивантаження стружки в бункер  
 Триколірна сигналізація  
 Освітлення  
 Система ЗОТС  
 Герметичний корпус верстата  
 Автоматична система мастила  
 Пневматична система затиску інструменту.  
 Опціонально доступні:  
 Система SIEMENS SINUMERIK 828D з 3D візуалізацією та 4 віссю  
 Двигун потужністю 11 кВт.

Для шліфування нижньої поверхні деталі «Корпус центрної бабаки» використовується плоскошліфувальний напівавтомат із прямокутним столом, горизонтальним шпинделем і однокоординатним пристроєм ЧПК ЗД722Ф2

Напівавтомат призначений для розмірного шліфування плоских поверхонь деталей периферією кола з одержанням заданого розміру по висоті або зі зняттям заданого припуску.

Напівавтомат використовується при виготовленні різного виду деталей загального машинобудування в одиничному і дрібносерійному виробництві.

Клас точності напівавтомата П за ДСТ 8-2016.

Збільшення твердості корпусних деталей, застосування термообробних напрямних, гідродинамічних опор шпинделя, централізованої змащення, наявність у ланцюзі вертикальної подачі, стабілізації температури нагрівання масла в гідросистемі забезпечують підвищення продуктивності і збільшення довговічності напівавтомата.

Напівавтомат швидкопереналагоджувальний: завантаження і вивантаження оброблюваного виробу ручні, цикл шліфування до одержання розміру автоматичний.

Повний цикл обробки виробів на напівавтоматі складається з наступних етапів: чорнової обробки, виходжування першого, виправлення першого, чистової обробки, виходжування другого, виправлення другого, доводочної обробки, виходжування третього.

### Технічні характеристики:

- Розміри робочої поверхні стола в мм.....	1250×320
- Розміри робочої поверхні електромагнітної плити в мм.....	250×320×120
- Діаметр кінця шліфувального шпинделя в мм.....	80
Шліфувальне коло: тип	ПП
зовнішній діаметр у мм.....	450
висота в мм.....	801
діаметр отвору в мм.....	206
Точність, що досягає:	
Площинність в мм.....	0,012: 1000
Паралельність в мм.....	0,016 : 1000
Шорсткість поверхні в мкм.....	Ra 1,25
Частота обертання шліфувального кола в об/хв.....	1460
Швидкість безперервного переміщення шліфувальної бабки (регулювання безступінчасте) у м/хв.....	0,1—3
Швидкість швидкого вертикального переміщення шліфувальної бабки в мм/хв.....	480
Швидкість функціональних вертикальних переміщень і подач в мм/хв.....	0—30
Автоматична вертикальна подача шліфувальної бабки в мм.....	0,001—0,1
Переривчаста подача шліфувальної бабки на хід стола у мм.....	2-48
Крутний момент на шпинделі в Н·м.....	9750
Кількість електродвигунів, установлених на напівавтоматі.....	8

На верстаті виконуються операції остаточної обробки дзеркала циліндрів, гідроприводів і інших точних наскрізних і глухих отворів. Клас точності верстата Н. Шорсткість обробленої поверхні V 9- B10. Цикл роботи верстата повністю автоматизований. Для завантаження і розвантаження оброблюваної деталі є пересувний стіл. Переміщення стола, шпиндельної головки, розтиск брусків, керування верстатом - пневматична. Передбачено запобігання брусків від поломки на першому етапі хонингування (при найбільшому питомому тиску на бруски).

На верстаті можлива робота абразивними і алмазними брусками (при застосуванні панелі дозованої подачі).

Твердість колони і шпиндельної головки, більша потужність електродвигуна дозволяють працювати шпиндельній головці на більших швидкостях і зі зворотно-поступальним рухом.

На верстаті є магнітний сепаратор для очищення охолодної рідини і теплообмінники, що включаються автоматично при підвищенні встановленої температури.

Інші поверхні в деталі «Корпус центрної бабки» обробляються на багатоцільовому оброблювальному центрі MAST\_MM648\_S16. (рис. 3.5 - 3.7).

Цей спеціальний багатоцільовий верстат з контурно-позиційною системою програмного керування з автоматичною зміною інструмента моделі MAST\_MM648\_S16. Обробку роблять інструментом, закріпленим у шпинделі, подачею стола (ось X), шпиндельної бабки (ось Y) і стійки (ось Z).

Верстат має безконсольну вертикально-рухливу бабку, розташовану усередині подовжньо -рухливої стійки, і поперечно-рухливий поворотний стіл.

На верхньому торці стійки розташований інструментальний магазин барабанного типу. Гідромеханічний пристрій зміни столів-супутників із двомісною підставою встановлено перед верстатом.

На верстаті можна робити свердління, зенкерування, розгортання, розточування точних отворів, зв'язаних координатами, фрезерування по контурі з лінійною і круговою інтерполяцією, нарізування різьблень мітчиками.

Широкий діапазон частот обертання шпинделя (до 8000 хв<sup>-1</sup>) і швидкостей подач 1-4000 мм/хв дозволяє обробляти як чорні, так і кольорові метали.

Наявність поворотного стола з установкою на кути, кратні 3° (120 позицій) з точністю ±5 кутових секунд, розширює можливості верстата і дозволяє обробляти співосні отвори консольним інструментом з поворотом стола.

Конструкція магазину інструмента - вертикальна/парасольного типу магазин інструментів 16 шт. Частота обертання шпинделя 0...8000 об/хв.

Переміщення рухливих вузлів по осях X, Y здійснюється від високомоментних електродвигунів, які через пружні сильфонні муфти з'єднані з кульковими гвинтовими парами. Точність позиціонування X/Y/Z вісь 0.005 мм

У верстаті передбачена подача ЗОТС у зону різання і стік її в окремо розташований бак. ЗОТС може подаватися в розпиленому стані, що дозволяє ефективніше використати різальний інструмент, підвищуючи його стійкість.

Телескопічний захист, установлений на всіх координатних переміщеннях, надійно захищає напрямні і кулькові гвинтові пари, забезпечуючи тривале збереження точності верстата.

При роботі на верстатах з рясним охолодженням огороження зони різання забезпечує надійний захист оператора від розбризкування емульсії, що дозволяє встановлювати верстат в будь-яких виробничих умовах [6,7].

Шнековий транспортер, установлений на верстаті, видаляє стружку із зони різання.

#### Основні дані:

- Siemens 808D система ЧПУ
- Тайвань BT40 шпindel
- Ремінний привід 8000 об/хв
- Вертикальна/парасольного типу магазин інструментів 16 шт
- Три кольорові індикації та робоче освітлення
- HIWIN кульковий гвинт / NSK підшипники / лінійні напрямні / система ЗОТС /
- герметичний корпус / автоматична система змащення / пневматична система затискача інструменту

Model:

- X-вісь хід – 600 мм
- Y-вісь хід – 400 мм
- Z-вісь хід – 400 мм

#### Технічні характеристики

Відстань від шпинделя до столу 120-520 мм

Вага нетто 2200 кг

Габаритні розміри 2120×2010×2300 мм

Відстань від шпинделя до колони 450 мм

Розмір столу 800×400 мм

Максимальне навантаження 350 кг

Конус шпинделя 40 BT

Повторна точність позиціонування X/Y/Z вісь 0.003 мм

T-подібний паз кількість-4 шт/ширина-14 мм/відстання між пазами-100 мм

Швидкість обертання шпинделя 1-8000 об/хв

Діаметр інструменту макс.  $\Phi$ 80 мм

Довжина інструменту макс. 300 мм

Вага інструменту макс. 6 кг

Точність позиціонування X/Y/Z вісь 0.005 мм

Прискорена швидкість подачі по осі X/Y/Z 24000 мм/хв

Автоподача 1-4000 мм/хв

Час заміни інструменту 16 сек

Пневматичний затискач 0.6 МПа

Відповідно до таблиці формування ГТП і на підставі перерахованого вище для деталей типу «Корпус центрової бабки» у системі SolidCam визначений зміст технологічних операцій і переходів:

### Операция 020:

Рисунок 3.4 - Фрагмент структуры операции 020

### Операция 025:

Рисунок 3.5 - Фрагмент структуры операции 025

### Операция 030:

Рисунок 3.6 - Фрагмент структуры операции 030

### 3.4 Розрахунок припусків на операціях виготовлення деталі «Корпус центрної бабки» на гнучкій автоматизованій ділянці

Метод одержання заготовок, а як наслідок і визначення величин припусків, значною мірою визначається розмірами програмного завдання і технічних можливостей заготівельних цехів підприємства або можливостями одержання прогресивних заготовок від спеціалізованих підприємств, матеріалом деталі, її призначенням і технічними вимогами на виготовлення, формою поверхні і розмірами [36,37].

«Корпус центрної бабки», для якої проектується технологічний процес у даному дипломному проекті, виготовляється з матеріалу СЧ 20.

СЧ 20 - сірий ливарний чавун, з якого виконують відповідальні виливки.

Враховуючи матеріал, з якого буде виконуватися деталь, а також тип виробництва (дрібносерійний), вибираємо спосіб одержання заготовки – лиття в піщані форми. Табличним методом на основі цих даних, а також найбільшого габаритного розміру виливки, по [37] визначається характеристика методу виконання виливку (табл. 3.1).

Підставляючи необхідні дані і з огляду на примітку, визначаємо: для СЧ 20 клас точності розмірів виливків – 12, ряд припусків – 4.

Використовуючи дані табл. [37] основні припуски на механічну обробку виливків (табл 3.2).

Таблиця 3.1 - Допуски розмірів виливка, мм (ДСТУ 8981:2020)

Інтервали номінальних розмірів	Допуски розмірів виливок для класів точності розмірів виливок не більш																					
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00						
Св. 4 до 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80					
6-10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00			
10--16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7		
16-25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12
25-40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14
40-63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12	16
63-100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14	18
100-160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20
160-250			0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22
250-100			0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24
400-630					0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9,0	11	14	18	22	28
630-1000					0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40
1000-1600						1,40	1,80	2,20	2,80	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28	36	48	64
1600-2500							2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40	50	64
2500-1000								3,20	4,0	5,0	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40	50	64	80
4000-6300										5,0	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40	50	64	80
6300-10000											8	10	12	16	20	24	32	40	50	64	80	100

Таблиця 3.2 - Припуски на механічну обробку, мм (ДСТУ 8981:2020)

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

Заготівка, яка призначена для обробки на верстатах із ЧПК, повинна мати допуски і припуски не менш ніж на 20-40% менше (приймаємо 40%), чим для обробки на верстатах з ручним керуванням. Тоді:

для деталі «Корпус центрової бабки» з габаритами 725×755×620 мм:

заготівля деталі «Корпус центрової бабки» буде мати розміри;

Далі ці параметри заносяться в технологічний процес (рис. 3.7) і враховуються при розрахунках режимів різання.

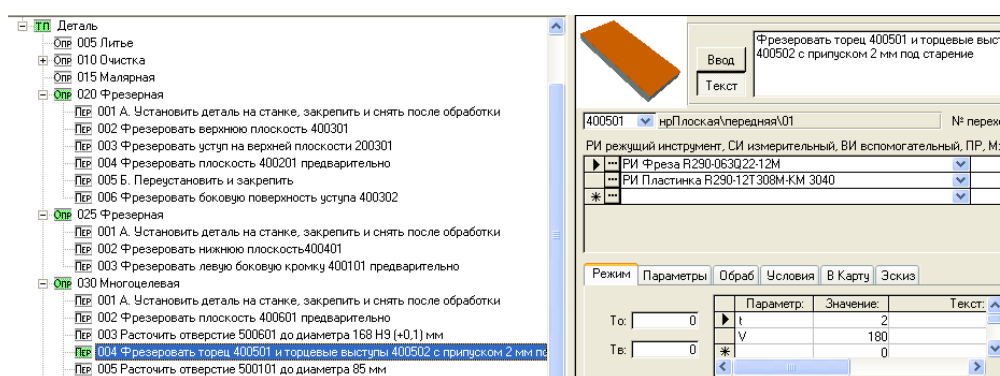


Рисунок 3.7 – Припуски в побудові ТП.

### 3.5 Розрахунок режимів різання при виготовленні деталі «Корпус центрової бабки» на гнучкій автоматизованій ділянці

Визначення режимів різання робимо на основі переходів кожної операції технологічного процесу, розроблених раніше. Розрахунок режимів виконуємо за даними, наданою компанією «Sandvik Coromant», оскільки використовувати різальний інструмент будемо цієї ж фірми. Відповідно різальний інструмент винний витримувати задані навантаження [17].

Розраховуємо режими різання для торцевого і профільного фрезерування: для того, щоб визначити розмір подачі, необхідно знати матеріал деталі, тип фрези, геометрію і розміри пластин, які застосовуються при обробці.

Послідовність вибору режимів різання для фрезерування в програмі Coro Guide 2007.1 приводимо на прикладі переходу 002 операції 025.

Відкриваємо програму CoroGuide фірми SANDVIK

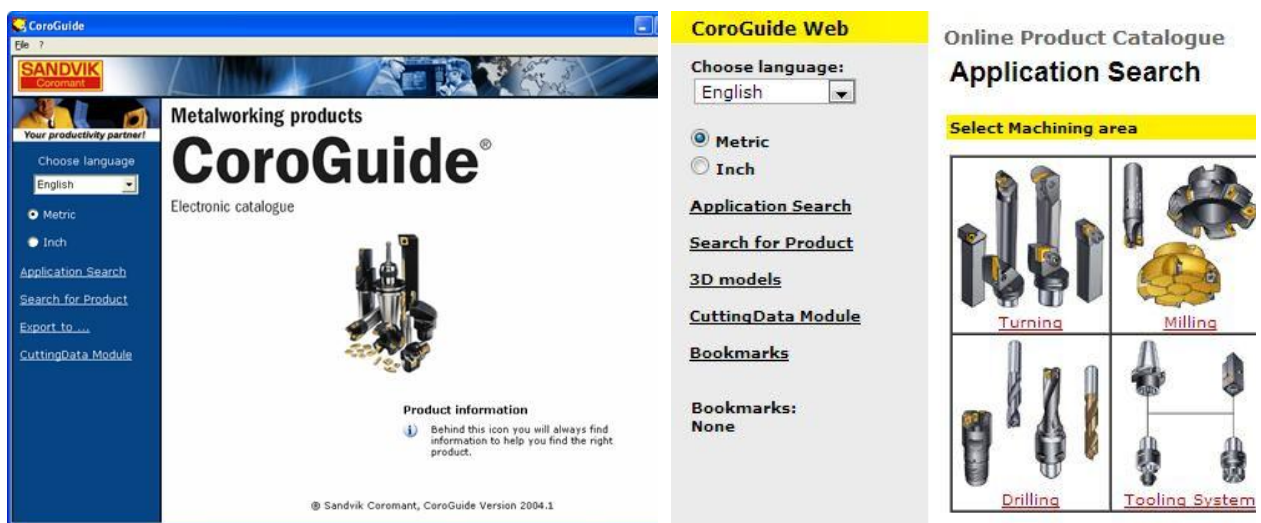


Рисунок 3.8 - Стартове вікно програми CoroGuid

Входимо в меню «Пошук по області застосування» і у ньому вибираємо вид обробки – фрезерування (рисунок 3.9).

Далі вибираємо область роботи - загальне фрезерування (рисунок 3.10).



Рисунок 3.9 – Вибір операції фрезерування



Рисунок 3.10 – Вибір області загальне фрезерування

Після цього слід вибрати необхідну операцію (рисунок 3.11) виходячи з форми поверхні, які треба фрезерувати:

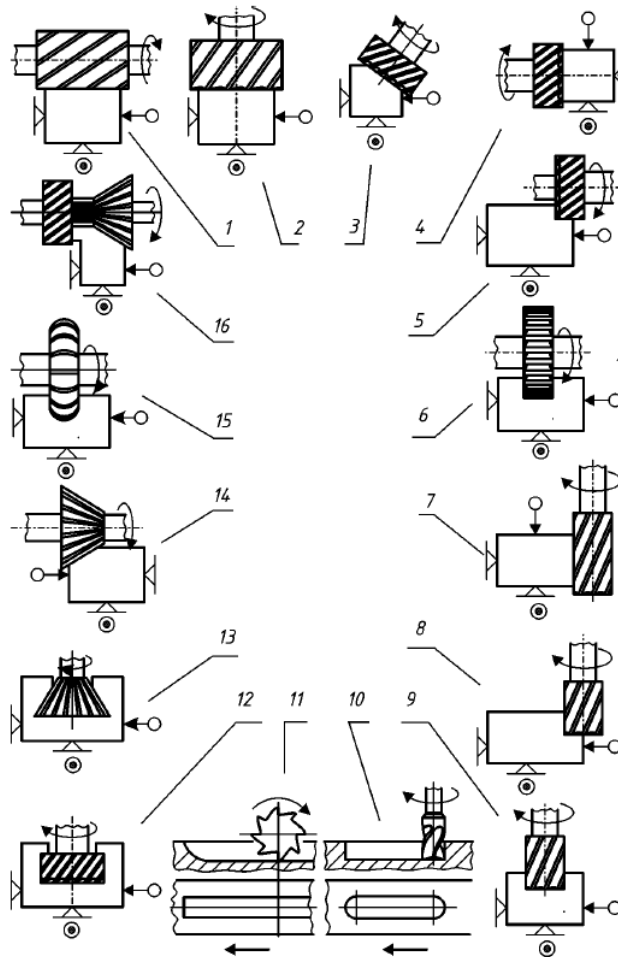


Рисунок 3.11 – Вибір виду фрезерування

Вибір діаметра фрези залежить, як правило, від ширини оброблюваної заготовки а також від характеристик обладнання. При цьому важливим чинником, що визначає успішне виконання операції фрезерування є взаємне

розташування оброблюваної поверхні та фрези. Коли ось фрези розташована точно по осі симетрії заготовки, циклічна зміна сил різання при врізанні і виході може привести до виникнення вібрацій, які приведуть до ушкодження пластини і поганої шорсткості поверхні. Невеликий зсув осі фрези з осі заготовки приведе до стабілізації сил різання.

При виборі фрези необхідно враховувати головний кут у плані, що вимірюється між головною ріжучою кромкою пластини і оброблюваною поверхнею. Він впливає на товщину зрізаного шару при фрезеруванні. Також головний кут в плані впливає на сили різання і стійкість інструмента. При роботі фрезою з кутом у плані 45 осьові і радіальні сили різання практично однакові і споживаюча потужність невисока. Це фреза універсального застосування і вона щонайкраще підходить для нашого случаю [17].

Обробляємо в даному прикладі поверхню великого розміру, гладка, без уступів. На основі цих даних визначаємо сімейство фрез (рисунок 3.12) CoroMill 245:



Рисунок 3.12 – Вибір сімейства фрез

Вибираємо тип установки (рисунок 3.13) - «кріплення на оправці»:

У меню «Показати фрези» для обробки заданої поверхні вибираємо фрезу R245-050Q60-12M

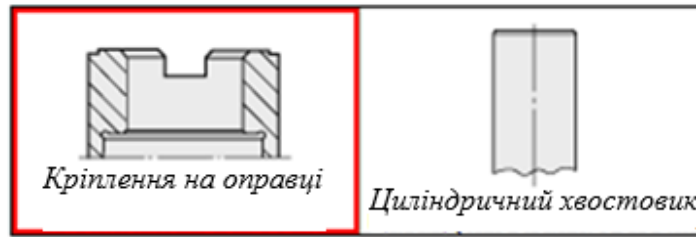


Рисунок 3.13 – Вибір установки кріплення на оправці

**Пошук по області застосування**[наступна сторінка](#)

Ви вибрали: [Фрезерування](#) > [Загальне фрезерування](#) > [Торцеве фрезерування -чорнове](#) > [CogoMil 245](#) > [Кріплення на оправці](#)



Кількість: 35

**Вибрана фреза**

Код заказа	Weight	ap_max	Dc	Dc2	dmm	Insert_Size	Kappa_r	l1	l2	l3	Max_rpm	Zc	Zn
R245-125Q40-12L	3,2	6	125	137,5	40	12	45	63			10100	6	6
R245-125Q40-12M	3,12	6	125	137,5	40	12	45	63			10100	8	8
R245-125Q40-18H	3,64	10	125	138,8	40	18	45	63			4900	7	7
R245-125Q40-18M	3,74	10	125	138,8	40	18	45	63			4900	5	5
R245-160Q40-12H	4,4842	6	160	172,5	40	12	45	63			8900	16	16
R245-160Q40-12L	4,6991	6	160	172,5	40	12	45	63			8900	7	7
R245-160Q40-12M	4,5	6	160	172,5	40	12	45	63			8900	10	10
R245-160Q40-18H	4,99	10	160	178,8	40	18	45	63			4300	9	9
R245-160Q40-18M	8,8	10	160	178,8	40	18	45	63			4300	6	6
R245-200Q60-12H	9,94	6	200	212,5	60	12	45	63			7950	20	20
R245-200Q60-12L	10,4	6	200	212,5	60	12	45	63			7950	8	8
R245-200Q60-12M	10,64	6	200	212,5	60	12	45	63			7950	12	12
R245-200Q60-18H	11,3	10	200	218,8	60	18	45	63			3800	12	12
R245-200Q60-18M	11,7	10	200	218,8	60	18	45	63			3800	8	8
R245-250Q60-12H	14,34	6	250	262,5	60	12	45	63			7100	24	24
R245-250Q60-12L	13,48	6	250	262,5	60	12	45	63			7100	10	10
<b>R245-250Q60-12M</b>	<b>13,64</b>	<b>6</b>	<b>250</b>	<b>262,5</b>	<b>60</b>	<b>12</b>	<b>45</b>	<b>63</b>			<b>7100</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
R245-250Q60-18H	16	10	250	268,8	60	18	45	63			3400	14	14
R245-250Q60-18M	16,3	10	250	268,8	60	18	45	63			3400	10	10

Рисунок 3.14 - Вибір фрези

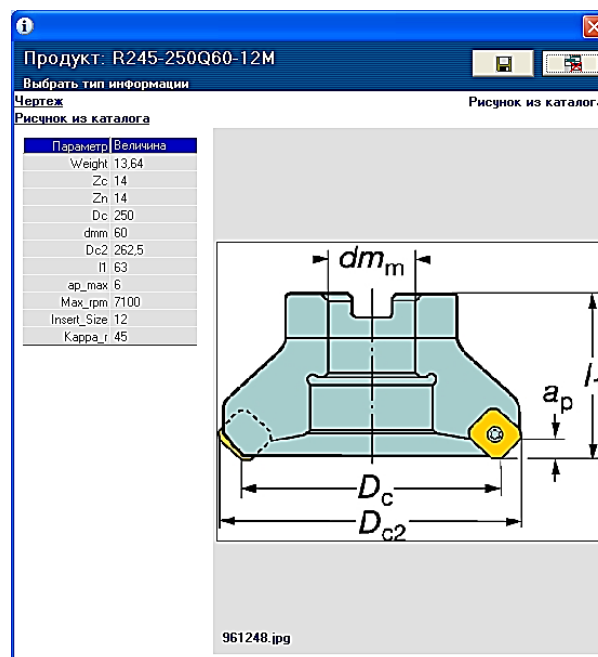


Рисунок 3.15 – Обрана фреза

Пластини CoroMill спеціалізовані по групах оброблюваних матеріалів і типам операцій. Правильний вибір пластини у відповідності виконуваної операції і оброблюваним матеріалом, а також відповідних режимів різання дозволяє підвищити продуктивність обробки в порівнянні з використанням звичайних ріжучих пластин [3,8,17].

У нашому прикладі оброблюєми матеріал - сірий чавун, а тип обробки - чорновий, тому в меню «Показати пластини» вибираємо пластину R245-12 T3 M-KM.

**Пошук по області застосування** [наступна сторінка](#)  
 Ви вибрали: Фрезерування > Загальне фрезерування > Торцеве фрезерування -чорнове  
 CoroMill 245 > Кріплення на оправці

Показати фрези    Показати пластини             **Виберіть**

**Вибрані пластини** Кількість:

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

Область ISO	Код заказа	Weight	bs	C	Insert_Size	la	re	s	
K	R245-12 T3 M-KH	1020	0,007	1,47	13,4	12	10	1,7	3,96875
K	R245-12 T3 M-KL	1020	0,007	1,47	13,4	12	10	1,7	3,96875
K	R245-12 T3 M-KM	1020	0,007	1,47	13,4	12	10	1,7	3,96875
K	R245-18 T6 M-KM	1020	0,0194	1,5	18	18	13,9	1	6,1
K	R245-12 T3 E-KL	3020	0,0066	2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 E-W	3020	0,0089	8,2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-KH	3020	0,0074	2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-KL	3020	0,007	2,1	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-KM	3020	0,0068	2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-KH	3040	0,0067	2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-KL	3040	0,0068	2,1	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-KM	3040	0,0066	2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-18 T6 M-KM	3040	0,0189	1,5	18	18	13,9	1	6,1
K	R245-12 T3 E-KL	3220	0,0066	2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 E-W	3220	0,008	8,2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-KH	3220	0,007	1,47	13,4	12	10	1,7	3,96875
K	R245-12 T3 M-KL	3220	0,0069	1,47	13,4	12	10	1,7	3,96875
K	R245-12 T3 M-KM	3220	0,0069	1,47	13,4	12	10	1,7	3,96875
K	R245-12 T3 M-PH	4020	0,0068	2	13,4	12	10	1,5	3,96875
K	R245-12 T3 M-PL	4020	0,0069	2,1	13,4	12	10	1,5	3,96875

Рисунок 3.16 - Вибір пластини

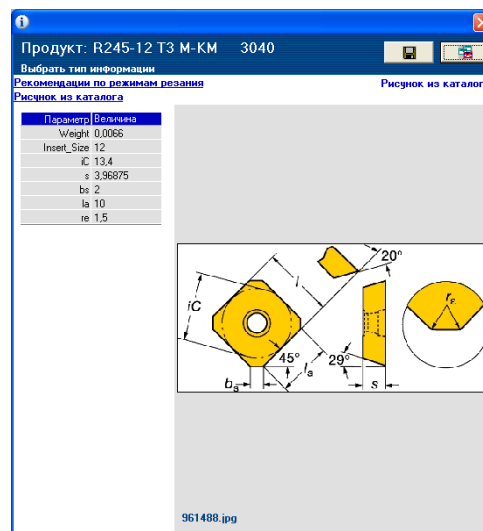


Рисунок 3.17 – Обрана пластини

Натискаємо функцію «Розрахунок режимів різання». Отут треба зробити наступні кроки:

- 1) У меню «тип фрезерування» вибираємо «типове фрезерування»;
- 2) У меню «тип пластини»- «пластини з прямою ріжучою кромкою»;
- 3) Метричні одиниці вимірювання;
- 4) Натискаємо клавішу «Режими різання для фрезерування»:



Рисунок 3.18 - Вибір параметрів для режимів різання

На основі вибраної нами фрези отримуємо: ріжучий діаметр  $D_c$ , головний кут різання  $\kappa_r$ , число ріжучих крайок  $z_c$ . Необхідний номер сплаву вибираємо на підставі типу виконуваних робіт та матеріалу деталі. У нашому випадку найбільш доцільно використовувати сплав з покриттям GC3040 K30, який характеризується високою стійкістю. Максимальна товщина стружки  $h_{ex}$ , мм, являється важним обмежувальним фактором для інструмента в кожному конкретному випадку, вибирається з таблиці. Глибина різання,  $a_r$ , мм - це відстань між обробленою та ще не обробленою поверхнями, вимірюване вздовж осі фрези. Ширина фрезерування  $a_e$ , мм - це величина зрізаемого припуску, виміряна в радіальному напрямку або ширина контакту заготовки та інструменту.

Після того, як всі необхідні дані занесені до програми натискаємо «розрахувати» (див. рисунок 3.19) та отримуємо режими різання:

Материал детали (выберите Стандарт и Обозначение или СМС)		
Национальный стандарт	СМС No:	
СМС	08.2	
Обозначение	Твердость	
08.2	245 НВ	
Сплавы Coromant		
3040		
Параметры (выбрать fz, hex или hm)		
Подача на зуб (fz):	Максимальная толщина стружки (hex):	Средняя толщина стружки (hm):
0,28 мм	0,2 мм	0,14 мм
Резущий диаметр (Dc):	250 мм	
Главный угол резания: ( $\alpha_r$ )	45 °	
Число эффективных режущих кромок (zc):	14 шт.	
Глубина резания (ap):	2 мм	
Рабочая поверхность контакта (ae):	250 мм	
Начало рабочей поверхности контакта (aei):	0 мм	
<input type="button" value="Рассчитать"/> <span style="float: right;"><input type="button" value="« Назад"/></span>		

Рисунок 3.19 - Розрахунок режимів різання для фрезерування

У деталях типу «Корпус центрової бабаки» багато отворів, для обробки яких застосовують свердла. Розрахунок режимів різання для обробки отвору буде проводитися на прикладі вибору швидкості різання і подачі для операції 055 - переходу 006 (рисунок 3.20 – 3.21).



Рисунок 3.20 – Вибір операції свердління

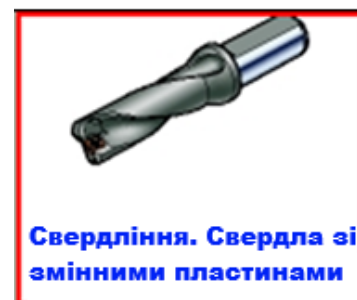


Рисунок 3.21 – Вибір області роботи

Для того, щоб вибрати потрібне свердло спочатку необхідно визначити діаметр і глибину свердління. Далі вибираємо тип свердла. Для цього необхідно знати вид операції - чорнової чи чистової обробки (Рисунок 3.22) та матеріал деталі [17].

Вибираємо сімейство свердел (рисунок 3.23):

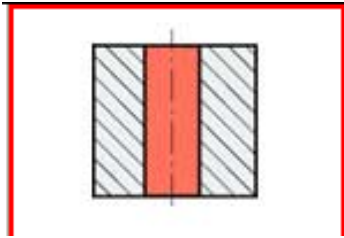


Рисунок 3.22 - Вибір операції свердлення

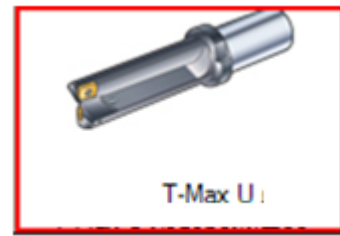


Рисунок 3.23 – Вибір сімейства свердел

Вибираємо тип хвостовика. Більшість свердел виконуються з різноманітними хвостовиками. Вибір хвостовика здійснюємо згідно обладнанню, на якому буде виконана обробка.

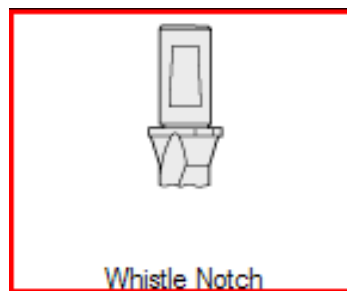


Рисунок 3.24 – Вибір типу установки

На основі цих даних робимо остаточний вибір свердла (рисунок 3.25 – 3.26):

**Пошук по галузі застосування** [вгору](#)

Вы выбрали: Сверление > Сверление, Сверла со сменными пластинами > Сверление > T-Max U ле Whistle Notch

Показать корпус сверла    Показать пластины         

Выбранный корпус сверла

Код заказа	Weight	Dc	dmm	kg	lTs	l3c	l4
L416.1-0175-20-05	0,23	17,5	20	0,2	68	55	45
L416.1-0180-20-05	0,227	18	20	0,2	68	55	45
L416.1-0185-20-05	0,22	18,5	20	0,2	68	60	50
L416.1-0190-20-05	0,233	19	20	0,2	68	60	50
L416.1-0200-20-05	0,24	20	20	0,2	68	60	50
L416.1-0210-20-05	0,34	21	25	0,3	83	75	65
L416.1-0220-20-05	0,354	22	25	0,3	83	75	65
L416.1-0230-20-05	0,367	23	25	0,3	83	75	65
L416.1-0240-20-05	0,389	24	25	0,3	83	75	65
L416.1-0250-20-05	0,3896	25	25	0,3	83	75	65
L416.1-0260-20-05	0,44	26	25	0,4	99	90	75
L416.1-0270-20-05	0,44	27	25	0,4	99	90	75
L416.1-0280-20-05	0,46	28	25	0,5	99	90	75
L416.1-0290-20-05	0,49	29	25	0,5	99	90	75
L416.1-0300-20-05	0,458	30	25	0,5	99	90	75
L416.1-0310-20-05	0,7026	31	32	0,6	115	105	90
L416.1-0320-20-05	0,72	32	32	0,6	115	105	90
L416.1-0330-20-05	0,75	33	32	0,7	115	105	90
L416.1-0340-20-05	0,77	34	32	0,7	115	105	90

Рисунок 3.25 – Вибір корпусу свердла



На основі вибраної нами пластини заносимо номер її сплаву до розрахунків. Також необхідно ввести дані діаметру та глибини свердлення.

Після того, як всі необхідні дані занесені до програми натискаємо «розрахувати» та отримуємо режими різання (рисунок 3.29):

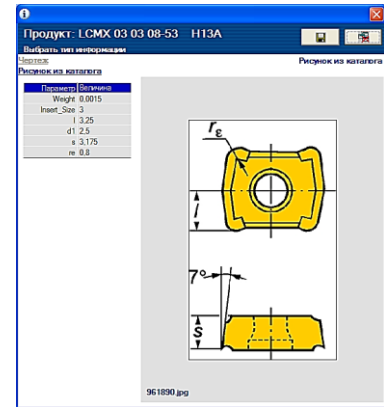


Рисунок 3.28 – Обрана пластина

Сверление коротких отверстий Сменная пластина: CoroDrill 880

Материал детали (выберите Стандарт и Обозначение или CMC)			
Национальный стандарт CMC	CMC No: 08.2		
Обозначение 08.2	Твердость 245 HB		
Сплав периферийной пластины			
H13A	LM		
Параметры			
Диаметр сверления	30 mm		
Глубина отверстия (L):	70 mm		
100% Скорость резания (vc)	120 m/min	Обороты шпинделя (n)	1273 об/мин
100% Подача (fn):	0.13 mm/r	Подача (vf)	165 mm/min

Рекомендации по режимам резания	
Мощность (Pc):	3.2 kW
Сила подачи (Ft):	1606 N
Момент (Mc):	24 Nm
Скорость съема металла (Q):	117 cm <sup>3</sup> /min
Расход СОЖ (q):	24 l/min
Время обработки на отверстие (t):	25.4 sec
Глубина отверстия:	2.33 xDc

Рассчитать << Назад

Рисунок 3.29 – Розрахунок режимів різання для свердлення

Режими різання для розточувальних операцій розраховуються в наступній послідовності:

Визначаємо вид розточування. Для цього вибираємо необхідний тип операції в таблиці згідно з параметрами та матеріалом оброблюваного отвору, операційними обмеженнями та обладнанням:



Рисунок 3.30 – Вибір операції точіння

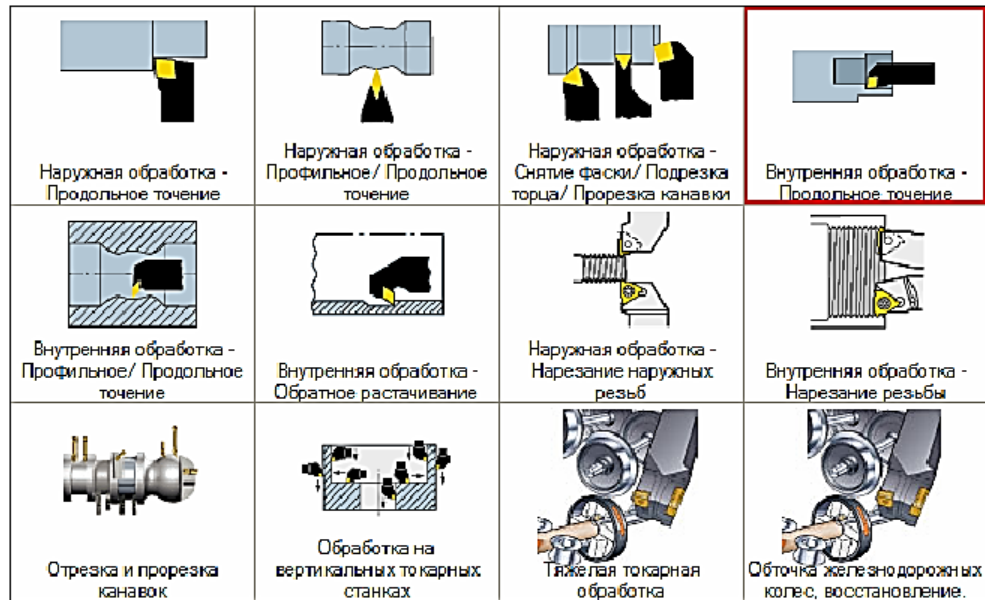


Рисунок 3.31 – Вибір виду розточування

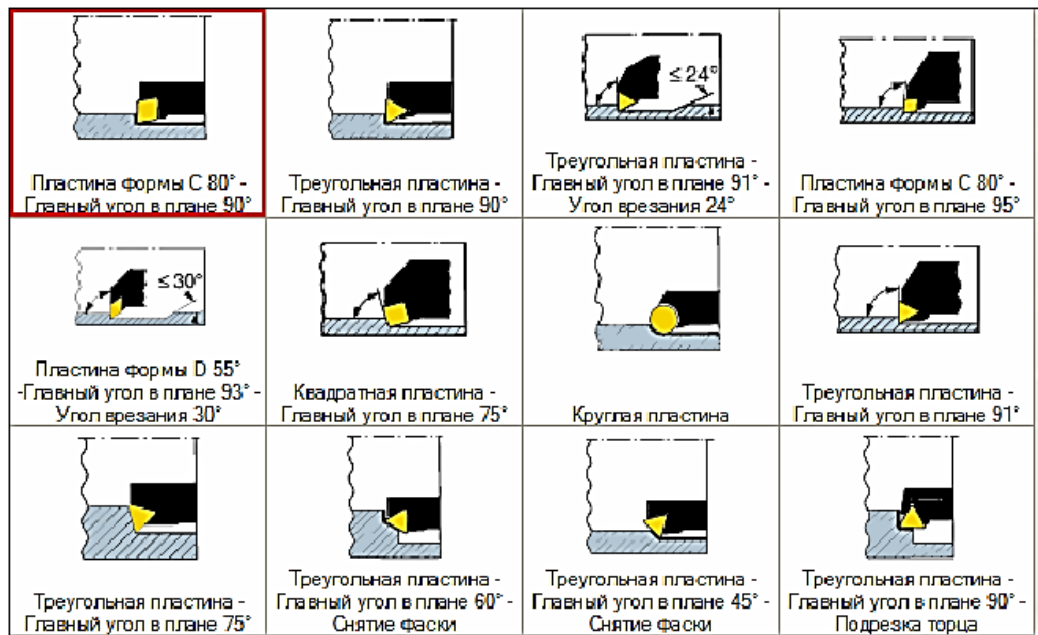


Рисунок 3.32 – Вибір операції розточування

Вибираємо систему кріплення:



Рисунок 3.33 – Вибір системи кріплення

Далі вибираємо тип установки (рисунок 3.34):

Після цього необхідно вибрати ріжучу пластину. Ріжуча пластина повинна по формі та розміру відповідати рекомендаціям таблиць. Вибір марки ріжучої пластини виконується, виходячи з оброблюваного матеріалу та умов обробки.



Рисунок 3.34 – Вибір типу установки

Область ISO	Код заказа	Weight	ap_max	iC	Insert_Size	l	re	s
K	CNMG 12 04 08-KM 3215	0,0091		12,7	12	12	0,8	4,7625
K	CNMG 12 04 08-KR 3215	0,0091		12,7	12	12	0,8	4,7625
K	CNMG 12 04 08-WF 3215	0,0091		12,7	12	12	0,8	4,7625
K	CNMG 12 04 08-WM 3215	0,0091		12,7	12	12	0,8	4,7625
K	CNMG 12 04 12-KF 3215	0,0092		12,7	12	12	1,2	4,7625
K	CNMG 12 04 12-KM 3215	0,0092		12,7	12	12	1,2	4,7625
K	CNMG 12 04 12-KR 3215	0,0092		12,7	12	12	1,2	4,7625
K	CNMG 12 04 12-WF 3215	0,0092		12,7	12	12	1,2	4,7625
K	CNMG 12 04 12-WM 3215	0,0092		12,7	12	12	1,2	4,7625
K	CNMG 12 04 16-KM 3215	0,0093		12,7	12	12	1,6	4,7625
K	CNMG 12 04 16-KR 3215	0,0093		12,7	12	12	1,6	4,7625
K	CNGA 12 04 08T02520 6090	0,0027		12,7	12	12	0,8	4,7625
K	CNGA 12 04 12T02520 6090	0,0027		12,7	12	12	1,2	4,7625
K	CNGA 12 04 16T02520 6090	0,0029		12,7	12	12	1,6	4,7625
K	CNGA 120408 T01020WG6090	0,0021		12,7	12	12	0,8	4,7625
K	CNGA 120412 T01020WG6090	0,0022		12,7	12	12	1,2	4,7625
K	CNGA 120416 T01020WG6090	0,0023		12,7	12	12	1,6	4,7625
K	CNGA 12 04 08T02520 620	0,0027		12,7	12	12	0,8	4,7625
K	CNGA 12 04 08T01020 650	0,0027		12,7	12	12	0,8	4,7625

Рисунок 3.35 – Вибір ріжучої пластини

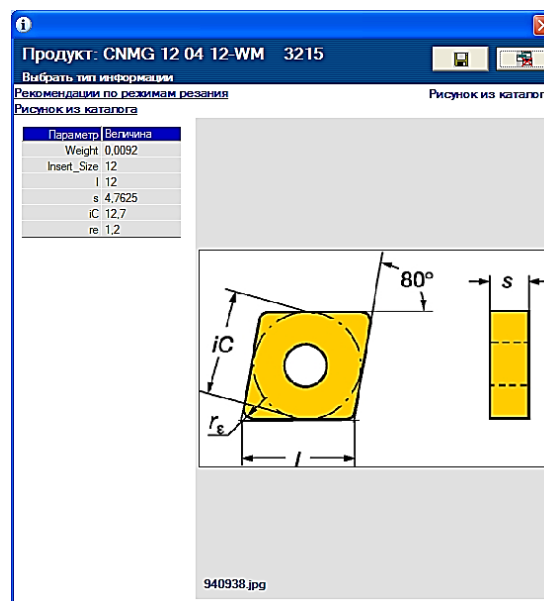


Рисунок 3.37 – Обрана пластина

Після того, як всі необхідні дані занесені до програми натискаємо «розрахувати» та отримуємо режими різання:

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

Материал детали (выберите Стандарт и Обозначение или CMC)		Рекомендации по режимам резания	
Национальный стандарт	CMC No:	Скорость резания (vc)	235 m/min
СМС	08.2		
Обозначение	Твердость		
08.2	245 НВ		
Сплав/геометрия пластины		Оценка результата	
3215	Conventional	Скорость резания (vc)	235 m/min
Параметры (выбрать либо fn, hex или fm)		Обороты шпинделя (n)	473 - 445 об/мин
Угол в плане ( $\kappa_r$ )	90 °	Скорость съема металла (Q):	22 cm <sup>3</sup> /min
Радиус пластины (re):	1,2 mm	Время на проход (Tc):	8,13 min
Подача (fn):	Максимальная толщина стружки	Мощность (Pc):	0,7 kW
0,18 mm/r	0,15 mm	Макс. Высота профиля (Rt):	3,6 μm
		Шероховатость (Ra):	0,70 μm
Глубина резания (ap):	Средняя толщина стружки (fm):	Среднеквадратическая шероховатость (RMS):	0,77 μm
0,5 mm	0,08 mm		
Обрабатываемые диаметры (Dm1, Dm2):	158	168 mm	
Осевая глубина резания (lz):	689 mm		
Макс. Обороты:	Стойкость:	Количество проходов (нар):	
3000 об/мин	15,0 min	1,8	
[ Рассчитать ]		<< Has	

Рисунок 3.38 – Розрахунок режимів різання для точіння

Результати розрахунків режимів різання для обробки на багатоцільовому верстаті за носимо у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку режимів різання

№ Операції	№ Переходу	Подача S, мм/об	Швидкість різання v, м/хв
030	02	0,28	130
	03	0,28	130
	04	0,20	180
	05	0,20	220
	06	0,20	155
055	02	0,28	130
	03	0,28	205
	04	0,28	165
	05	0,28	150
	06	0,14	120
	07	0,16	170
	08	0,12	170
	09	0,16	170
	10	0,20	225
	11	0,20	225
	12	0,20	225
	13	0,20	220
	14	0,28	185
15	0,20	260	
16	0,28	250	
17	0,20	125	
065	02	0,20	200
	03	0,28	190
	04	0,20	220
	05	0,20	215
	06	0,12	94
	07	0,24	110
	08	0,28	170
	09	0,25	210
	10	0,1	75
	11	0,21	110
	12	0,20	220
	13	0,20	220

У зведеній таблиці зазначені режими різання, при призначенні яких ураховувався характер обробки, тип і розмір інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан устаткування.

### **3.6 Висновки**

У другому розділі випускної роботи була виконана розробка типового технологічного процесу одержання деталі «Корпус центрної бабки» в умовах дрібносерійного виробництва.

Для деталі «Корпус центрної бабки» спочатку був складений загальний маршрут її одержання, у якому задавалася послідовність обробки кожної поверхні деталі. Далі, у відповідності від виду поверхні, вибирався спосіб її обробки, і, як наслідок, було обрано металорізальне устаткування. Результатом стало формування групових операцій, які характеризуються спільністю устаткування, пристосування, а також застосування однієї номенклатури різальних інструментів на різних операціях .

Крім оснащення були визначені необхідні для обробки значення припусків і режимів різання, відповідно вимогам до деталей по точності і шорсткості.

## 4. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВОЇ БАБКИ» НА ОБРОБЛЮВАЛЬНОМУ ЦЕНТРІ MAST\_MM648\_S16

### 4.1 Розробка циклограми виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі MAST\_MM648\_S16

На основі аналізу Технологічного процесу обробки деталі «Корпус центрової бабки» на верстаті на операціях 010...080 було з'ясовано, що верстат може бути замінений на його математичну модель. Циклограма виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» представлена у вигляді програми імітаційного моделювання виготовлення даної деталі в системі «ГВМ 3D редактор» і складається з наступних вузлів (рис. 4.1). Вона представлена у вигляді послідовності операцій і часу виконання дій елементами системи [30].

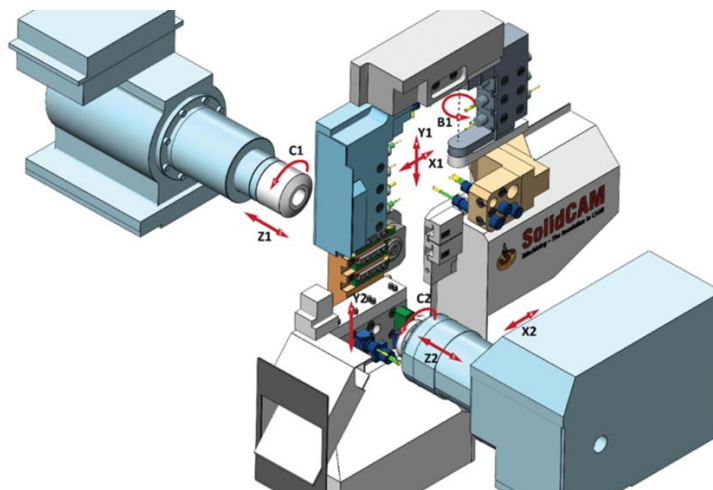
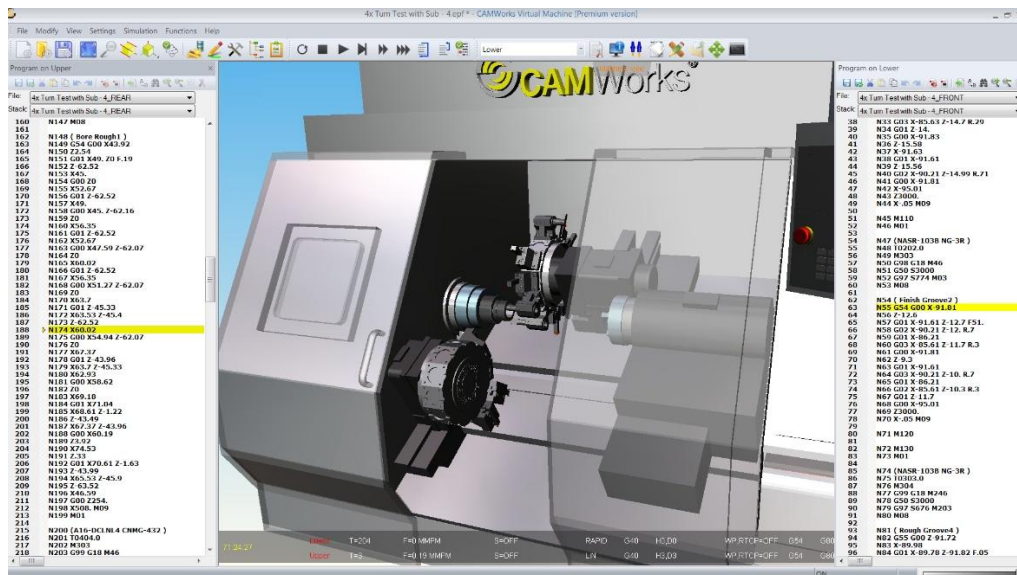


Рисунок 4.1 - Імітаційна модель обробки деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі MAST\_MM648\_S16

## 4.2 Автоматизована розробка управляючої програми оброблювальним центром MAST\_MM648\_S16 у системі SolidCAM-2023 для виготовлення деталі «Корпус центрової бабки»

Для того, щоб розробити керуючу програму для обробки якої-небудь деталі, необхідно спершу змоделювати в системі SolidCAM цю обробку. Для цього необхідно створити креслення в програмі SolidWorks, потім на підставі цього креслення необхідно створити потрібну операцію (рис. 4.2) у програмі SolidCAM, у якій послідовно необхідно внести всі дані про операцію (перехід): положення нуля деталі, систему ЧПК, умови, при яких буде виконуватися обробка, а також вказати заготівлю і деталь, отриману після операції. Також вибирається інструмент і режими обробки (рис. 4.3), після чого виконується розрахунок і збереження необхідної програми і даних в цілому [27,30].

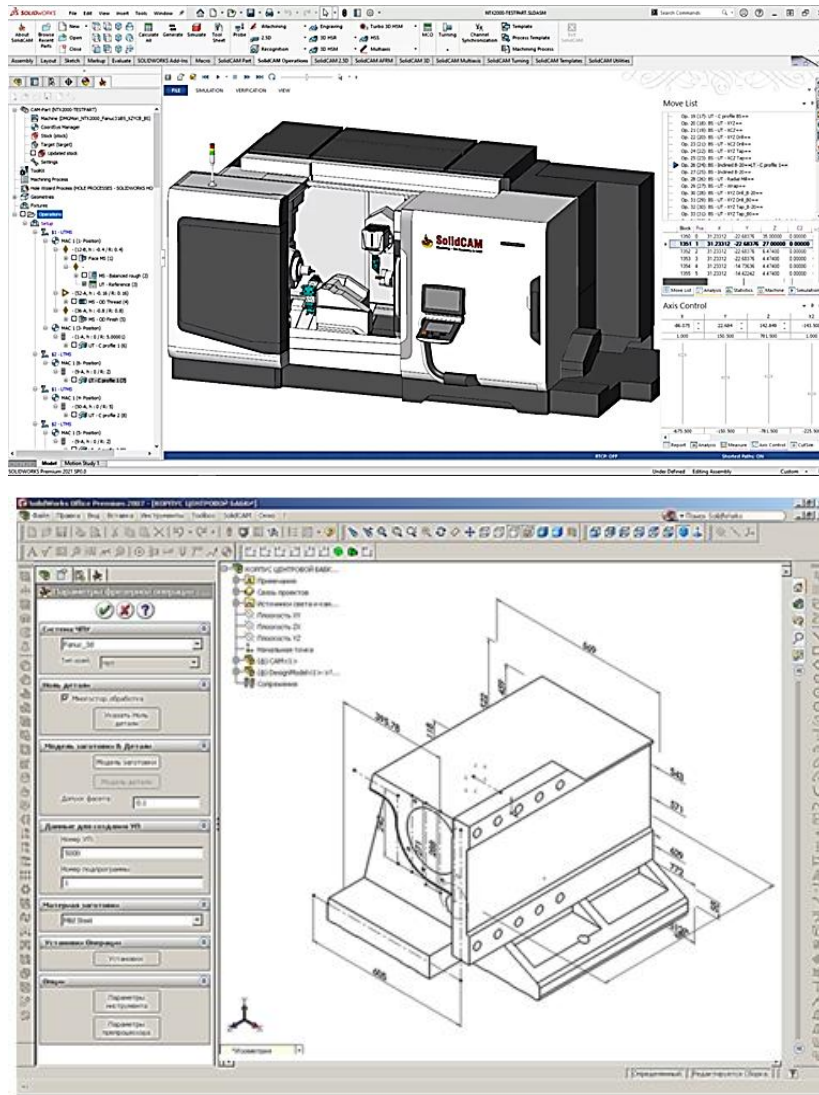


Рисунок 4.2 – Створення нової операції в програмі SolidCAM через програму SolidWorks

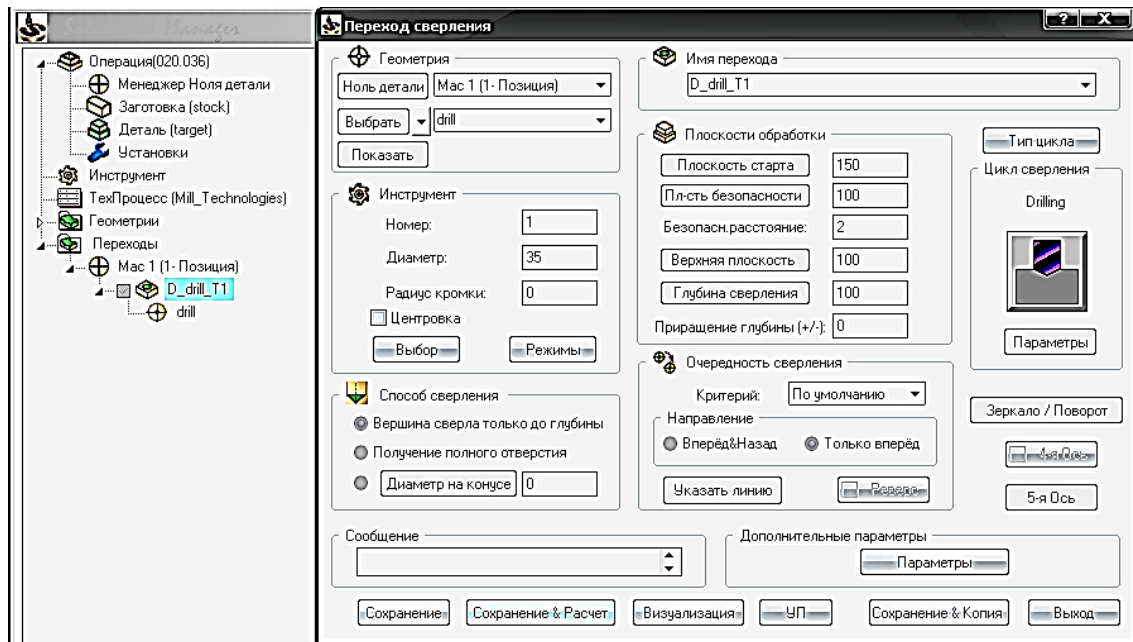
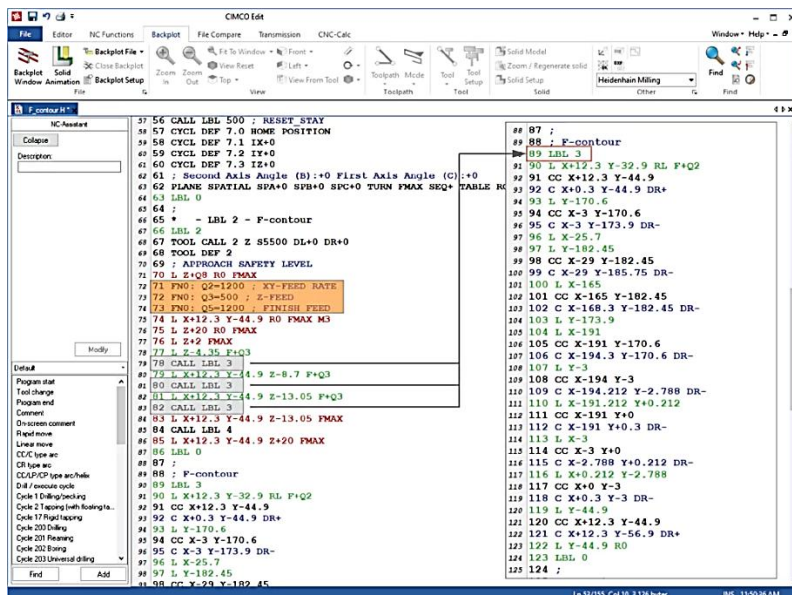


Рисунок 4.3 – Визначення умов переходу для моделювання обробки деталі типу «Корпус центрової бабки» у програмі SolidCAM

Для того, щоб переглянути змодельовану операцію або перехід необхідно натиснути кнопку «Візуалізація», а далі вибрати спосіб візуалізації. А для того, щоб переглянути програму обробки деталі, необхідно натиснути кнопку «УП» - керуюча програма. Далі на екрані з'явиться текст програми. (рис. 4.4)



```
%
O5000 (D_DRILL_T1.TAP)
(MCV-OP) (04-JUN-2009)
(SUBROUTINES: O2 .. O0)
G90 G17
G80 G49 G40
G54
G91 G28 Z0
G90
M01
N1 M6 T1
(TOOL -1- ROUGH DIA 35.0 MM)
G90 G00 G40 G54
G43 H1 D31 G0 X41. Y25. Z100.
S1364 M3
M8
(-i-i-i-i-i-i-i-i-i-i)
(D-DRILL-T1 - DRILL)
(-i-i-i-i-i-i-i-i-i-i)
X41. Y25. Z100.
G98 G81 Z0. R102. F0.25
G80
M30
%
```

Рисунок 4.4 – Текст програми

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

Прикладом отриманої програми керування за допомогою системи SolidCAM є програма обробки основного отвору деталі «Корпус центрової бабки»:

### **4.3 Висновки**

У даному розділі були розроблені циклограма виготовлення деталі «Корпус центрової бабки», а також керуюча програма багатоцільовим верстатом MAST\_MM648\_S16.

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

Керуюча програма багатоцільовим верстатом MAST\_MM648\_S16 була розроблена автоматично, за допомогою системи SolidCAM-2023. Для імітаційного моделювання були задані параметри обробки, після чого система склала керуючу програму.

## 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВОЇ БАБКИ»

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

Основною технологічною базою при обробці корпусних деталей (у тому числі і деталей типу «Корпус центральної бабки») є площина. Для реалізації повної схеми базування використовуються два отвори, перпендикулярно розташовані даній площини. Такий комплект технологічних баз є найбільш простим для реалізації конструкції пристосування [49].

Вищевказаний спосіб базування щонайкраще підходить для обробки деталі «Корпус центральної бабки». Вона має зручне розташування базових елементів (рисунок 5.1) – нижню площину і два отвори.

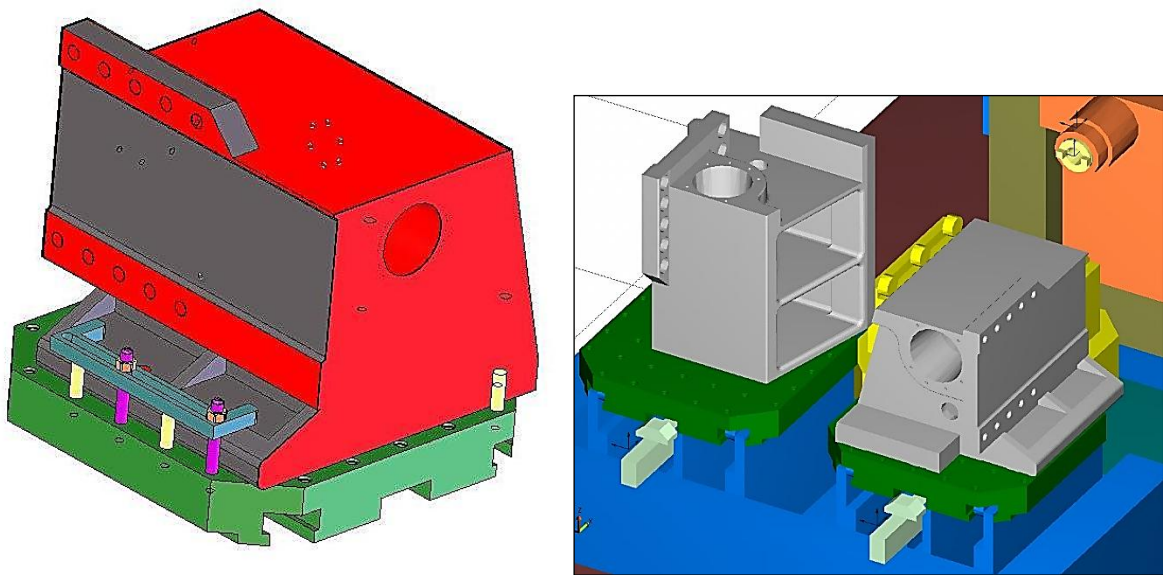


Рисунок 5.1 - УЗП для обробки деталей типу «Корпус центральної бабки»

На верстаті використовується 2-х позиційний стіл, на якому базуються 2 деталі в різних положеннях, при цьому перша деталь обробляється, а друга замінюється для наступної обробки.

Закріплення деталі здійснюється двома подвійними прихватами. Один - ліворуч, інший праворуч. Прихвати кріпляться за допомогою шпильок.

При цьому заготівля втрачає 6 ступенів свободи. Площина реалізується у вигляді трьох точок (трьох опор).

Крім базування - орієнтування деталі в системі верстата, деталь необхідно закріпити в пристосуванні, щоб орієнтація не мінялася під час обробки. Кріплення заготівлі до пристосування здійснюється болтами і гайками.

Для верстатів із ЧПК застосовується спеціальне оснащення, що забезпечує високу точність оброблюваних поверхонь, а також зменшення основного і допоміжного часу при обробці [20,30,48].

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

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

Для обробки деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі MAST\_MM855\_S24 застосовуємо пристосування, зібране з комплекту УЗП-12.

## **5.2 Розробка пристосування на основі комплекту УЗП-12 для установки і базування заготівки деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі MAST\_MM855\_S24**

Універсально-збірні пристосування (УЗП) - одна із сучасних і прогресивних систем засобів технологічного оснащення одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва, а також крупносерійного і масового виробництва в період освоєння нових виробів.

Перевага системи УЗП полягає в спрощенні виготовлення пристосувань. Вона досягається завдяки набору стандартних елементів УЗП (деталей і складальних одиниць), з яких можуть збиратися пристосування для різних

операцій (токарських, фрезерних, свердлильних, шліфувальних і ін.). При переході на виготовлення інших деталей пристосування розбираються на елементи, які використовуються при компонуванні інших пристосувань, що відрізняються від перших конструкцією і призначенням.

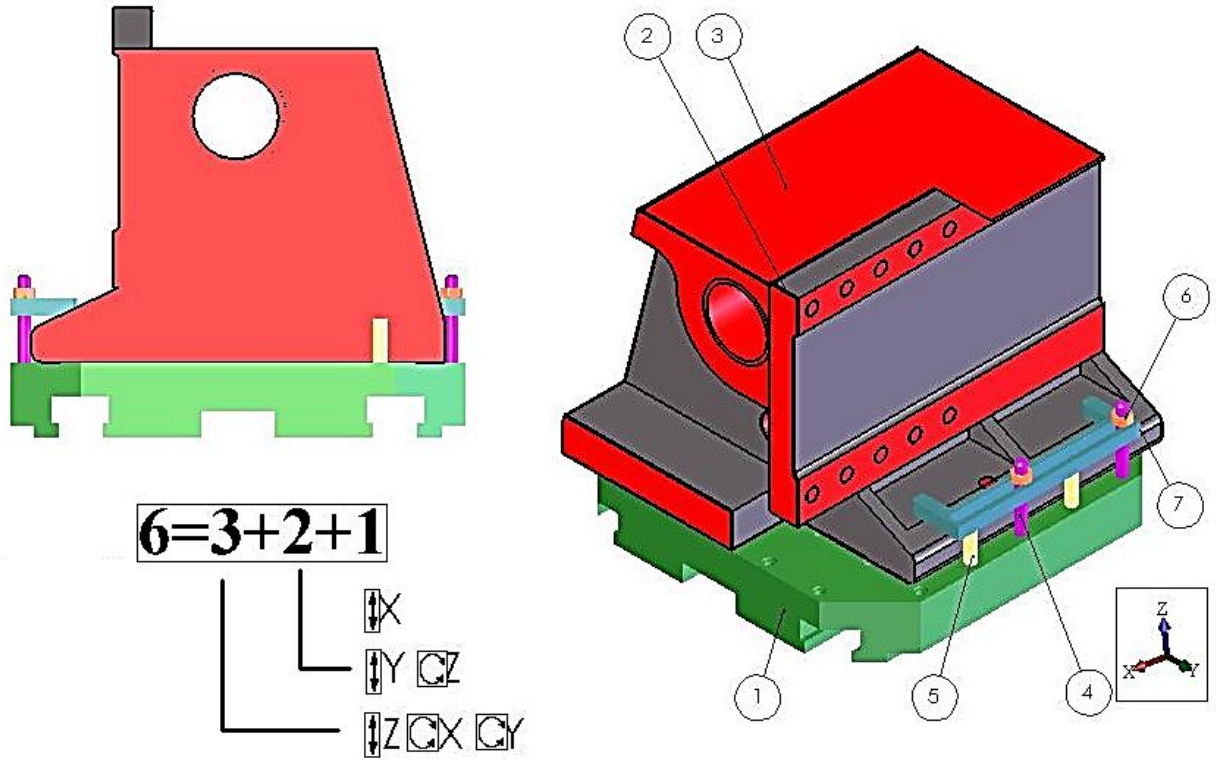
Комплекти універсально-збірних пристосувань із пазами 12 мм (УЗП-12) складаються з набору стандартних деталей і складальних одиниць. Вони застосовуються на підприємствах різних галузей промисловості [49].

Комплект УЗП-12 призначений для обробки деталей середніх габаритів (700×400×800). Конструкція і розміри деталей і складальних одиниць УЗП-12 регламентуються ДСТУ 31.0000.01-90- ISO 23125.

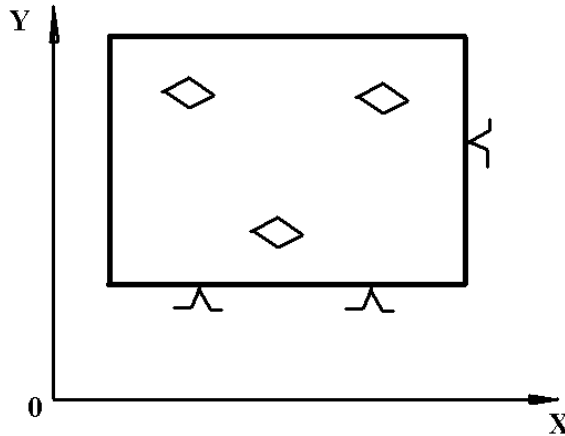
Для обробки деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі розроблене пристосування з елементів УЗП-12. Для базування деталі, яке здійснюється по площині і пальцях (дивись пункт 5.1), ы закріплення корпусу центрової бабки через отвори, застосовуються такі компонентами УЗП-12:

- Плита (1 шт.);
- Болт пазовий (5 шт.);
- Опора (3 шт.);
- Шпонка (2 шт.);
- Гайка (2 шт.);
- Гайка (2 шт.);
- Шайба (2 шт.);
- Палець базовий циліндричний (1 шт.);
- Палець базовий зрізаний (1 шт.).

Площина базування представлена у вигляді трьох опор (рис 5.2, б), які мають внутрішнє різьблення. За допомогою різьблення опори кріпляться на пазові болти (рис. 5.2, а), які, у свою чергу, заганяються в пази плити (рис. 5.2, а). Циліндричний і зрізаний пальці кріпляться на шпонці за допомогою різьби, а шпонка вставляється в паз плити. Деталь кріпиться до пристосування за допомогою пазового болта і гайки. Болту надає нерухомість ще одна гайка, що притискає його до плити.



а) Конструкція пристосування з заготовкою



б) Схема базування заготовки

Рисунок 5.2 – Елементи пристосування для обробки «Корпус центрової бабки».

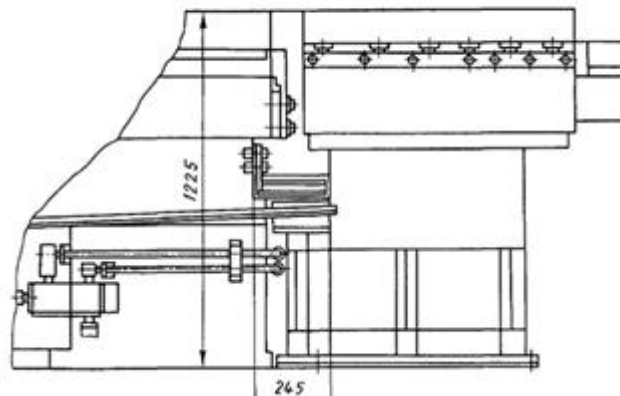
Для деталі «Корпус центрової бабки» елементи пристосування підбираються відповідно до розмірів деталі [49] (табл. 5.1) (див.рис.5.3).

Таблиця 5.1 - Наявність елементів пристосування для різних деталей.

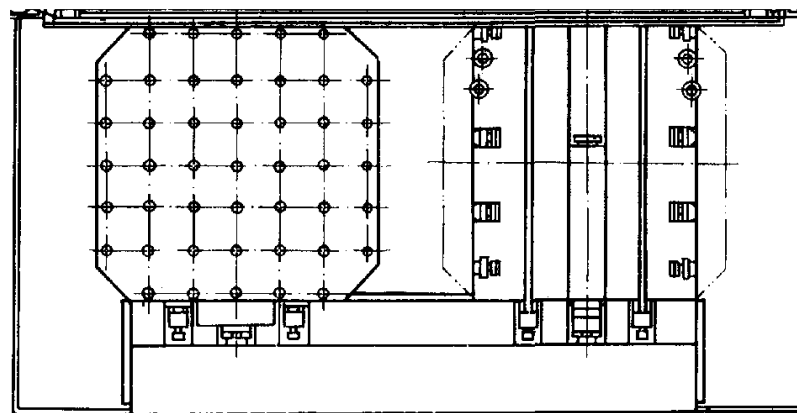
Найменування елемента	ISO	Довжина елемента, мм	діаметр елемента, мм	№ Кронштейн		
				1	2	3
Болт пазовий	ISO 299	20	12	*	*	*
Болт пазовий	ISO 299	35	6	*		
Болт пазовий	ISO 299	70	6	*		
Болт пазовий	ISO 299	10	18		*	
Болт пазовий	ISO 299	70	12			*
Гайка	ISO 4032	10	10	*		
Гайка	ISO 4032	10	18		*	
Гайка	ISO 4032	10	22			*
Гайка	ISO 4032	5	M6	*		
Гайка	ISO 4032	8	M10		*	
Гайка	ISO 4032	10	M12			*
Шайба	ISO 7091	2	24	*		

Примітка: \* - елемент належить до пристосування для відповідної деталі.

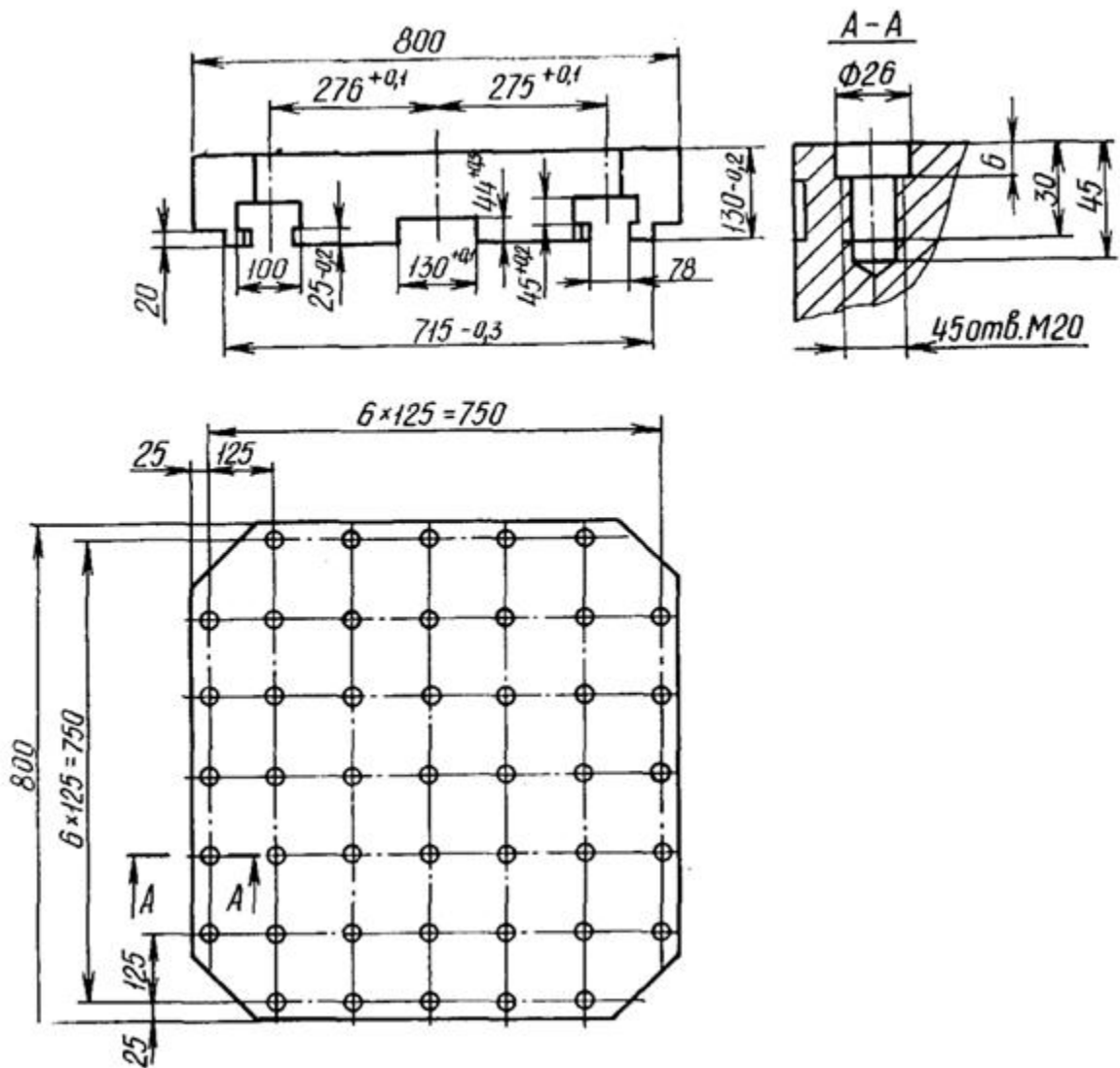
### Установочне креслення пристрою зміни плит-супутників



а) вид збоку



б) вид зверху



в) Плита супутник

Рисунок 5.3 – Зовнішній вигляд пристосування для обробки деталей «Корпус центрної бабки»

### 5.3 Розробка системи транспортування виробу «Корпус центрної бабки» в робочій зоні оброблювального центру MAST\_MM855\_S24

Верстат MAST\_MM855\_S24, обладнаний пристроями автоматичної зміни інструментів і столів-супутників із заготовками, а також 6- або 8-місцевими круговими накопичувачами столів-супутників, які забезпечують автоматичну роботу комплексу протягом однієї зміни. Завантаження і розвантаження накопичувача кодованими столами-супутниками із заготовками або з обробленими на верстаті деталями може здійснюватися як у напрямку

поздовжньої, так і поперечних осей верстата (на рисунку 5.2 і 5.3 ці напрямки показані темними стрілками із вказівкою кутів 90 або 180°).

Автоматична передача стола-супутника з накопичувача на стіл верстата і назад виконується за допомогою двопозиційного завантажувального поворотно-висувного пристрою, який установлюють або на осі X стола (модуль MAST\_MM855\_S24), або уздовж осі Z шпинделя (модуль MAST\_MM855\_S24). Обробка заготовки на верстаті проводиться на поворотному столі (рух B) подачею стійки (вісь Z), шпиндельної бабки (вісь B) і стола (вісь X).

Пристрій автоматичної зміни інструмента, розташоване поза робочою зоною верстата, складається з обертового 30-позиційного інструментального магазину барабанного типу з кодованими гніздами і маніпулятора із двома загарбними пристроями. Передбачена можливість збільшення кількості використовуваних при обробці інструментів за рахунок додаткового інструментального барабана, встановленого на столі-супутнику. За допомогою маніпулятора здійснюється заміна інструментів у магазині на інші, наявні в додатковому інструментальному барабані, який попередньо встановлюється на шпинделі верстата [48].

На рисунку 5.4 показано загальний вид і конструкції поперечно-рухливого і поворотного столів верстата мод. MAST\_MM855\_S24. Поперечно-рухливий стіл 1 переміщається щодо нерухливої підстави 2 на плоских привертнутих напрямних 3, виконаних з термообробленої до високої твердості сталі. До нижньої базової поверхні стола прикріплені накладки 4 з полімерного антифрикційного матеріалу. Бічні і нижні напрямні стола являють собою спеціальні опори кочення типу роликів танкеток 5 і 6. З боку базових граней напрямних стола опори кочення прикріплені жорстко, а із протилежних сторін і знизу вони постачені натяжним пристроєм. З метою одержання натягу в напрямних клин 7 із закріпленої на ньому роликової танкетки 5 або 6 переміщається за допомогою гвинтів 8 щодо корпусу. Положення опори кочення фіксується гвинтами 9.

Нижні напрямні з антифрикційними накладками виконані у вигляді планок 10, привертнутих до корпусу стола 1. Для запобігання влучення стружки і бруди напрямні захищені гумовими ущільненнями 11 і щитками 12.

Поперечна подача стола (по осі  $X$ ) здійснюється від високомоментного електродвигуна 13, встановленого на торці підстави 2. У центрі поперечно-рухливого стола 1 жорстко закріплений шток механізму підйому поворотного стола 15. Для затискання і розтискання стола-супутника 15 у поворотній плиті змонтовано шість гідроциліндрів 16. При подачі тиску в штокову порожнину цих гідроциліндрів стіл-супутник затискається, а при подачі тиску в протилежну порожнину — розтискається. Переміщення стола-супутника 15 щодо поворотного стола 14 здійснюється за допомогою роликів 17, 18, 19.

Поворотний стіл 1 (див. рис. 5.4) має 120 позицій через  $3^\circ$ . У якості елемента, що індексує, застосовується спеціальна муфта 2 з торцевими зубами. Розмикання і затискання поворотного стола здійснює гідроциліндр 3, шток 4 якого закріплений нерухомо в розточенні поперечно-рухливого стола 5.

При подачі тиску в порожнину «Е» поворотні стіл 1 і плита 6, на якій встановлюється і фіксується змінний стіл-супутник з обробленою заготовкою, зміщаються вертикально. При цьому зуби муфти 2 зачіпаються, і стіл 1 повертається на заданий кут електродвигуном 7 через черв'ячну пару 8 і 9. При подачі тиску в порожнину «Ж» відбувається зчеплення муфти 2 і затискач стола 1. Кутове положення поворотного стола контролюється шляховим вимикачем 10. Контроль розтискання і затискання поворотного стола виконують відповідно подорожні вимикачі 11 і 12, а вихідна позиція поворотного стола контролюється шляховим вимикачем 13.

Електродвигун 1 змонтовано на кронштейні 2, який прикріплено до підстави 3 стола. Вал двигуна за допомогою спеціальної муфти 4 з'єднано з кульковим гвинтом 5. Гвинт встановлено в радіальному шарикопідшипнику 6 у корпусі 7 і дворядному завзято-радіальному роликовому підшипнику 8 у корпусі 9.

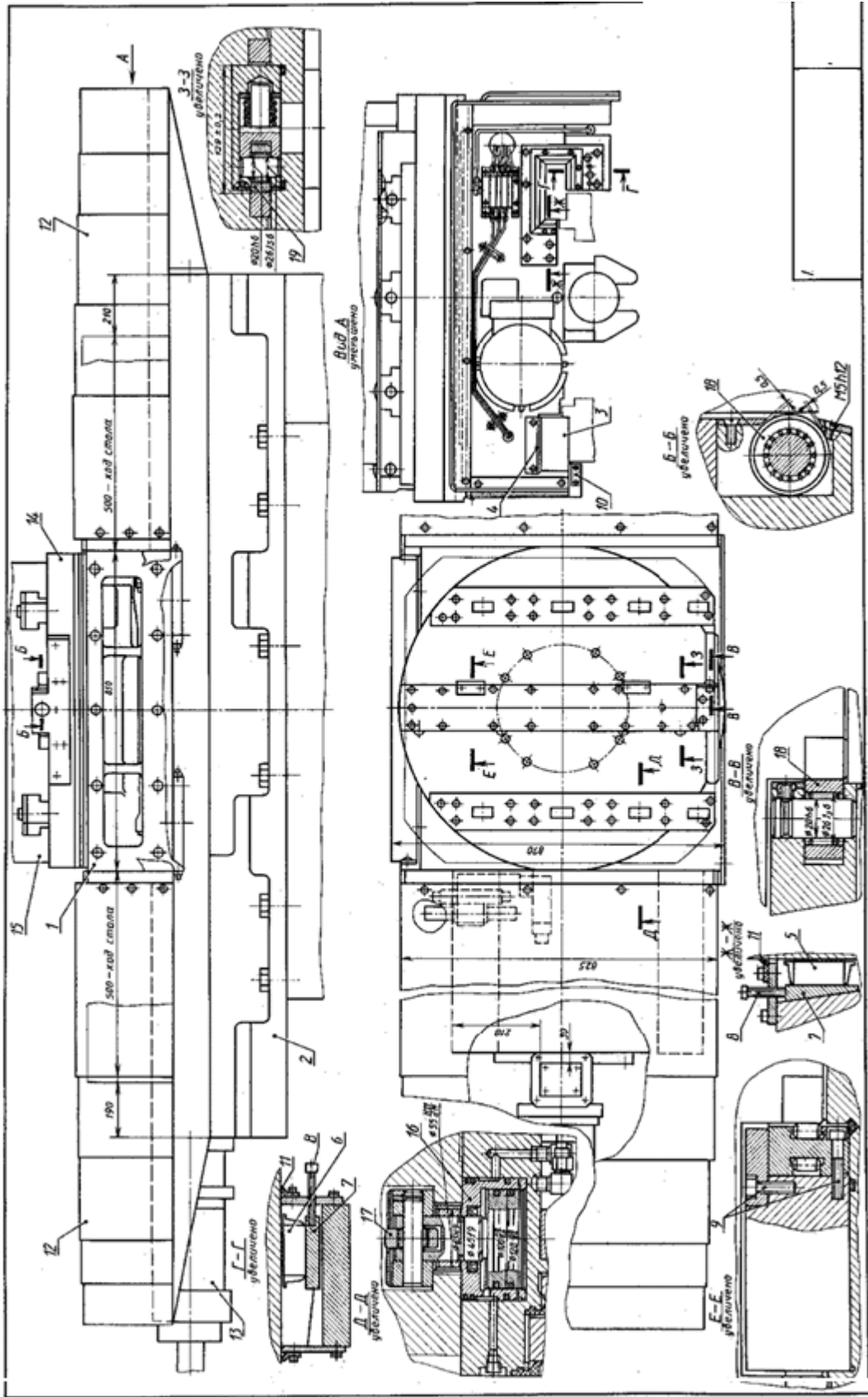


Рисунок 5.4 - загальний вид і конструкції поперечно-рухливого і поворотного столів верстата мод. IP800ПМФ4

Конструкція типового пристрою заміни інструментів у магазині ГВМ типу «Модуль MAST\_MM855\_S24» показано на рисунку 5.5. Барабан 1 із гніздами 2 для стандартних оправлень 3 різальних інструмент, які фіксуються на них стопором 4, установлений на підшипниках ковзання (з антифрикційними накладками) 5 у корпусі 6. У розточенні корпусу 6 закріплена вісь 7, на передньому кінці якої є стандартний хвостовик для можливості затискача в шпинделі 8 верстата. На задньому кінці осі 7 закріплені хвостовик 9 і штифти 10, с. допомогою яких корпус 6 разом з барабаном установлюється і фіксується в певному положенні в обоймі 11, жорстко закріпленої на стійці 12. Сійка, у свою чергу, установлюється і кріпиться на змінному столі-супутнику, який автоматично передається з накопичувача на стіл верстата і назад.

При заміні інструментів шпиндель 8 опускається на рівень барабана, захоплює його за хвостовик на осі 7, затискає і фіксує щодо свого переднього торця за допомогою штифтів 13. Після цього відводом шпинделя назад корпус 6 висувається з обойми 11 на стійці 12. При русі шпинделя нагору в позицію зміни інструмента барабан піднімається разом з ним, залишаючись у початковим кутовим положенні за рахунок фіксатора 15. Пружний упор 15, установлений у кронштейні 16 на передній стінці стійки верстата, повертається щодо своєї осі і не перешкоджає руху барабана.

Заміна інструмента в магазині верстата мод. MAST\_MM855\_S24 проводиться маніпулятором 17, який установлює в магазин новий інструмент, що перебуває у верхньому гнізді барабана. Для зміни позиції барабана шпиндель опускається вниз. При цьому упор 15 впливає на храпове колесо 18, прикріплене до торця барабана, і повертає його на одну позицію. Цикл зміни інструмента в магазині після цього повторюється. Зняті з магазину інструменти разом з барабаном, який знову встановлюється в обоймі стійки, потім транспортуються разом зі столом-супутником на ділянку підготовки інструмента.



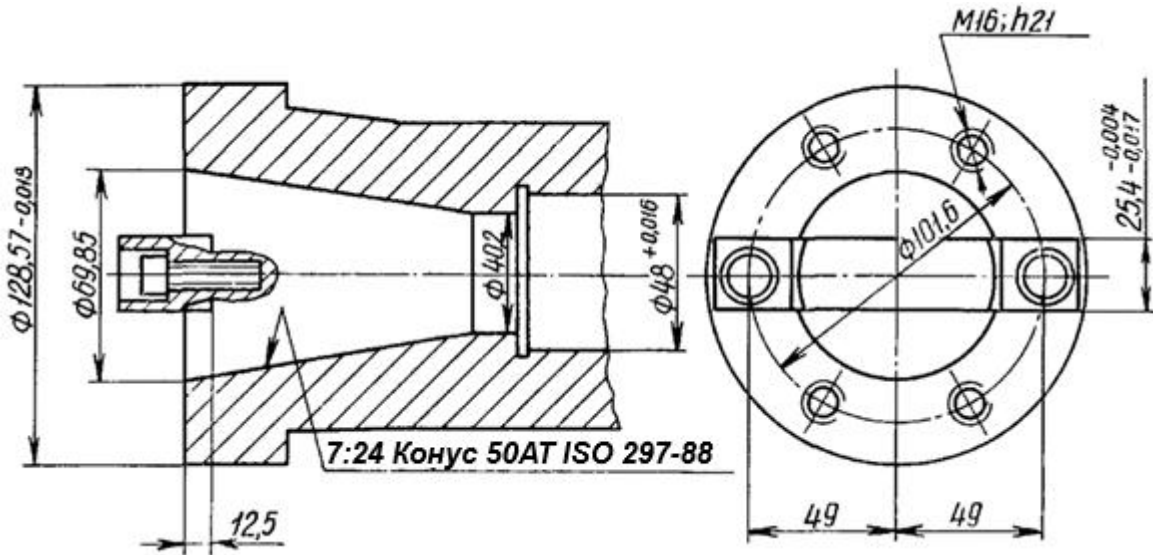


Рисунок 5.6 - Ескіз кінця шпінделя

#### 5.4 Вибір основного і допоміжного інструменту для виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі MAST\_MM855\_S24

При обробці деталей типу «Корпус центрової бабки» на вертикальному оброблювальному центрі MAST\_MM855\_S24 виконуються: фрезерування, свердління, розточування і нарізування різьблення.

Для обробки деталі типу «Корпус центрової бабки» застосовуються різальні інструмент компанії «Sandvik Coromant» [19].

Вибір інструмента для фрезерування проводиться за наступною схемою:

1. визначення виду фрезерування відповідно до типу операції (рисунок 5.8):

- торцеве фрезерування (рисунок 5.8, а);
- фрезерування уступів (рисунок 5.8, б);
- профільне фрезерування (рисунок 5.8, в);
- фрезерування пазів або отворів (рисунок 5.8, г);
- різьбофрезерування (рисунок 5.8, д).

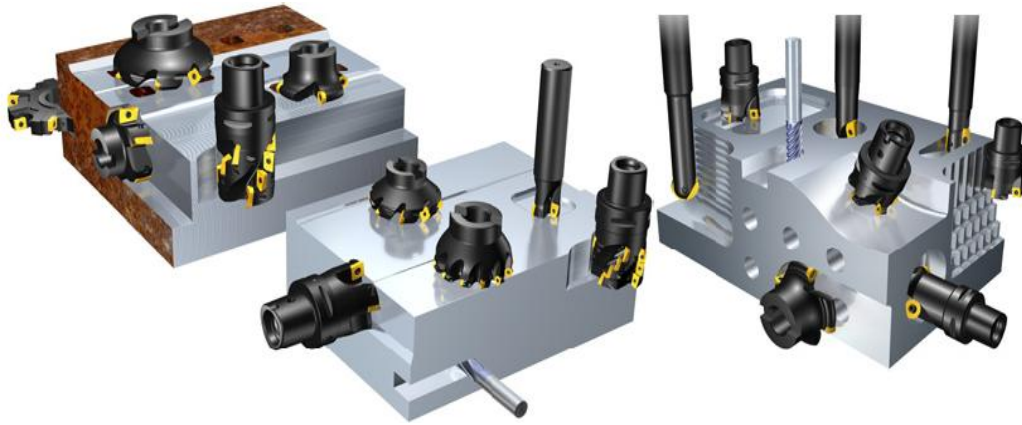


Рисунок 5.7 – Можливі види фрезерування

Підбирається найбільш оптимальний інструмент, із погляду продуктивності і надійності обробки.

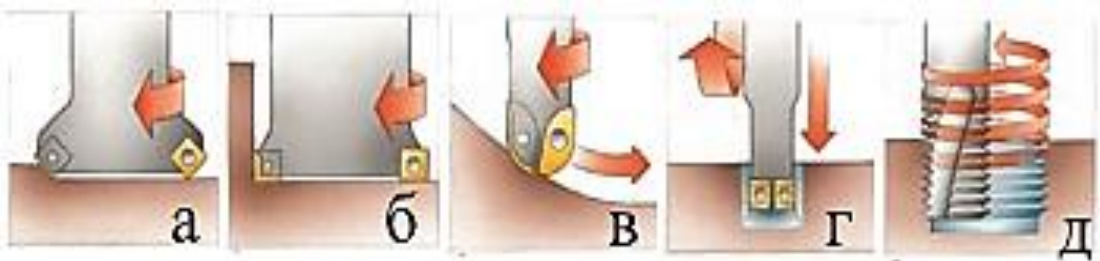


Рисунок 5.8 – Визначення видів фрезерування

## 2. Визначення групи оброблюваного матеріалу по ISO (Рисунок 5.9):

- сталь (P);
- нержавіюча сталь (M);
- чавун (K);
- алюміній (N);
- жароміцні і титанові сплави (S);
- матеріали високої твердості (H).

ISO	Краткая характеристика материала	СМС	Стали и сплавы по ГОСТ
<b>K</b>	Чугун		
	серый ферритного класса	08.1	СЧ10, СЧ15, СЧ18, АЧС-3
	серый перлитного класса	08.2	СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35, АЧС-1, АЧС-2
	высокопрочный ферритного класса	09.1	ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45
	высокопрочный перлитного класса	09.2	ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100
	ковкий ферритного класса	07.1	КЧ37-12, КЧ35-10, КЧ30-6, КЧ33-8, АЧК-1
ковкий перлитного класса	07.2	КЧ50-5, КЧ55-4	

Рисунок 5.9 – Відповідність марки метала класифікаціям за ДСТУ, ISO та

СМС

3. Вибір типу фрези. Спочатку вибирається крок зубів фрези:
- як перший вибір рекомендується нормальний крок зубів;
  - при роботі з більшими вильотами і у нестабільних умовах варто вибирати великий крок зубів;
  - при обробці матеріалів, що дають елементну стружку, рекомендується вибирати дрібний крок зубів фрези.

Далі вибирається тип кріплення.

4. Підбираються ріжучі пластини. Вибирається геометрія передньої поверхні пластин відповідно до операції (рисунок 5.10):
- геометрія L - для чистової обробки. Коли необхідно знизити зусилля різання при легких умовах обробки;
  - геометрія M - для напівчистової обробки. Універсальна геометрія для різноманітних умов обробки;
  - геометрія H - для чорнової обробки. Для важкої обробки поверхонь із кувальною або ливарною кіркою, а також при небезпеці виникнення вібрацій.

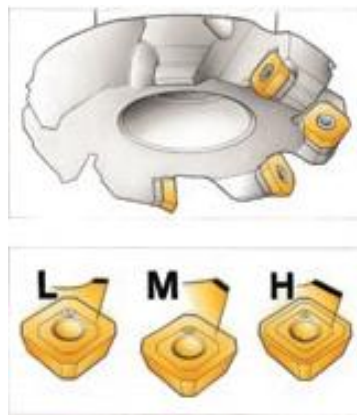


Рисунок 5.10 – Вибір геометрії пластин

Прикладом вибору різального інструменту для фрезерування буде вибір профільної фрези для операції 030 - переходу 002.

Залежно від типу оброблюваної поверхні, матеріалу деталі вибираємо тип фрези (рисунок 5.11).

	CaroMill® 245	CaroMill® 290	CaroMill® 365	CaroMill® 390	
	Стр. D13	Стр. D25	Стр. D28	Стр. D32	Стр. D34
Глибина різання ( $A_p$ ), мм	8 / 10	10,7	8	10 / 15,7	38 - 85
$D_1$	Dc 50 - 250 мм Dc 32 - 80 мм	Dc 50 - 250 мм Dc 40 - 80 мм	$D_1$ 50 - 180 мм	Dc 40 - 200 мм Dc 12 - 42 мм	Dc 32 - 200 мм
СД робота згідно з класифікацією					
Торці, плоскі фронтальні поверхні					
Фронтальні поверхні виступів					
Профільні поверхні фронтальні					
Фронтальні поверхні виступів					
Другі типи профілів фронтальні					
Профільні поверхні ...					

= Найкращий вибір

= Хороший вибір

= Доглядати відець настільки як можна

Профільні поверхні фронтальні

Фронтальні поверхні виступів

Фронтальні поверхні виступів

Тонкі стінки

Фронтальні поверхні виступів

Фронтальні поверхні виступів

Рисунок 5.11 – Вибір типу фрези

Даний тип фрези обраний тому, що він підходить для обробки чавуну та для обробки торцевих поверхонь.

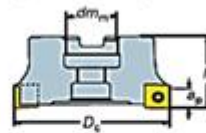
Далі вибираємо тип кріплення – кріплення на оправці, а також крок зубів (рисунок 5.12).

Фрезы для обработки прямоугольных уступів  
Діаметр 40-250 мм

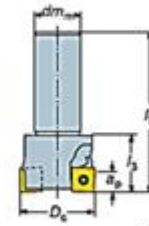


$K_r = 90^\circ$

Крепление на оправке



Цилиндрический хвостовик

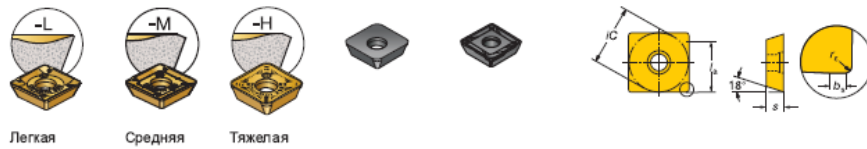


$l_1$  = программируемая длина

D <sub>h</sub> мм	Код	Крутящий шаг	Нормальный шаг		Мелкий шаг		Размеры, мм					Max a <sub>p</sub>	L <sub>max</sub> <sup>1)</sup>
			⊖	⊕	⊖	⊕	⊖	⊕	Δ	dm	l <sub>1</sub>		
12	R290-050Q22-12L	- 3	R290-050Q22-12M	4	R290-050Q22-12H	5	0.5	22	40			10.7	18400
	R290-063Q22-12L	- 4	R290-063Q22-12M	5	R290-063Q22-12H	6	0.6	22	40			10.7	15900
	R290-080Q27-12L	- 4	R290-080Q27-12M	6	R290-080Q27-12H	8	1.0	27	50			10.7	13700
	R290-100Q32-12L	- 5	R290-100Q32-12M	7	R290-100Q32-12H	10	1.3	32	50			10.7	12000
	R290-125Q40-12L	- 6	R290-125Q40-12M	8	R290-125Q40-12H	12	2.7	40	63			10.7	10600
	R290-160Q40-12L	- 8	R290-160Q40-12M	12	R290-160Q40-12H	15	4.1	40	63			10.7	9250
200	R290-200Q60-12L	- 10	R290-200Q60-12M	16			11.0	60	63			10.7	8200
	R290-250Q60-12L	- 12	R290-250Q60-12M	18			14.7	60	63			10.7	7300
12	R290-040A32-12L <sup>1)</sup>	- 3		-			0.8	32	120	39		10.7	21600
	R290-050A32-12L	- 3	R290-050A32-12M	4			0.4	32	120	39		10.7	18400
	R290-063A32-12L	- 4	R290-063A32-12M	5			1.1	32	120	39		10.7	15900
	R290-080A32-12L	- 4	R290-080A32-12M	6			1.9	32	120	39		10.7	13700
12	RA290-100J31.75-12L	- 5	RA290-100J31.75-12M	7			1.3	31.7	63			10.7	12000
	-	-	RA290-125J38.1-12M	8			2.8	38.1	63			10.7	10600
	RA290-200J47.625-12L	- 10	RA290-200J47.625-12M	16			11.0	47.6	63			10.7	8200
	RA290-250J47.625-12L	- 12	RA290-250J47.625-12M	18			15.7	47.6	63			10.7	7300

Рисунок 5.12 – Вибір параметрів фрези

Після цього здійснюється вибір пластин (рисунок 5.13): визначаємо геометрію пластини – геометрія М – універсальна геометрія для різноманітних умов обробки.



Код	Размеры, мм												Max a <sub>p</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	s	D <sub>h</sub>	r <sub>c</sub>	
	1025	1030	4020	4030	4030	4030	4030	4030	4030	4030	4030	4030							
Тяжелая	R290-12T308E-PL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	13.29	6.4	3.97	1.46	0.8
	R290-12T308M-PL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	0.8
	R290-12T308E-ML	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	13.29	6.4	3.97	1.46	0.8
	R290-12T308E-KL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	13.29	6.4	3.97	1.46	0.8
	R290-12T308M-KL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	0.8
	R290.90-12T308P-PM-WL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	0.8
Средняя	R290.90-12T320M-PL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97		2
	R290.90-12T320M-WL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97		2
	R290.90-12 T3 20MML	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97		2
	R290.90-12T320M-KL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97		2
	R290-12T308M-PM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	0.8
	R290-12T308M-MM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	0.8
Тяжелая	R290-12T308M-KM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	0.8
	R290.90-12T308P-PM-WM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	0.8
	R290.90-12T320M-PM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97		2
	R290.90-12T320M-WM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97	1.53	2
	R290.90-12 T3 20MMM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97		2
	R290.90-12T320M-KM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10.7	13.29	10.7	3.97		2
Керамика																			
12	R290-12T3 20E													6.5	13.29	6.5	3.97	0.29	2.0
12	Кубический нитрид бора																		
12	R290-12 T3 08E													4.5	13.29	4.5	3.97	1.55	0.8

\* = Первый выбор

Рисунок 5.13 – Вибір пластин для фрезерування профільною фрезою

Далі здійснюється вибір інструментів для фрезерування за аналогічною схемою для інших переходів операції 030, а результати заносяться у зведену таблицю 5.2.

Вибір кінцевих фрез відрізняється від вибору торцевих і профільних тим, що спочатку вибирається твердий сплав відповідно до матеріалу заготівлі, далі вибирається вид фрезерування, а потім вибирається фреза по розміру обробки [17,18].

Вибір свердел проводиться за наступною схемою (рисунок 5.14):

1) Визначення діаметра і глибини свердління і знаходження цих параметрів у таблицях.

2) Вибір типу свердла для виконуваної операції - чорнової або чистової обробки. Потім перевіряється, чи підходить обране свердло для матеріалу, що підлягає обробці.

3) Вибір типу хвостовика. Необхідно вибрати тип хвостовика, що відповідає устаткуванню, на якому буде робитися свердління.

4) Остаточний вибір свердла. Коли обраний тип свердла, що задовольняє вимогам виконуваної операції, необхідно знайти той діапазон діаметрів, який потрібен, і остаточно визначити код свердла.

5) Вибір ріжучої пластини, якщо необхідно. Необхідно знайти ріжучу пластину для обраного діаметра свердла, підібрати геометрію і марку сплаву відповідно до рекомендацій для конкретного оброблюваного матеріалу.

























Рисунок 5.14 – Послідовність вибору свердел

Приклад вибору свердел буде виконуватися для операції 055 - переходу 006.

Спочатку вибираємо вид свердла відповідно до марки оброблюваної деталі і геометрії отвору (рисунок 5.15). Далі вибираємо тип свердла (рисунок 5.16) і тип хвостовика, а також спосіб підведення ЗОР.

По аналогічній схемі проводимо вибір свердел для інших переходів операції 055, де застосовується даний вид різального інструменту.

Coromant U				Сверла для высверливания
Стр. E 58	Ступенчатое сверление в обрабатываемой фазе <i>Taper-Matic</i>	Для отверстий под головки винтов	Плунжерные сверла	Стр. E 42
				
R416.2	R416.21	R416.21	R416.22	HC
12.7 - 13.5 - 44.0 - 58.0	12.7-58.0	20-33	12.7-35	2-8
2-4 x D <sub>h</sub>	>2.3 x D <sub>h</sub>	2 x D <sub>h</sub>	4 x D <sub>h</sub>	6 x D <sub>h</sub>
				
IT13 IT11*	IT13 IT11*	IT13 IT11*	IT13 IT11*	—
1-5 мм	1-5 мм	1-5 мм	1-5 мм	—
---				
	 ---  ---	 ---		
 ---  ---  ---  ---  ---  ---			 ---  ---	 ---
*) Грани радиусной установки.				





--- Лучший выбор	 Сверление со снятым фаском	 Высверливание в ступенчатых деталях
--- Хороший выбор	 Ступенчатое сверление	
--- Допускается использование	 Растачивание	

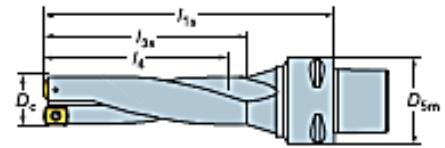
Рисунок 5.15 – Вибір виду свердла

Coromant U 4 x D<sub>c</sub>

Союзант Сарт®



Діаметр інструмента, D<sub>c</sub>: 12.7-41 мм  
 Точність отворстия: +0.4 мм  
 -0.1 мм  
 Точність, D<sub>c</sub>: ±0.20 мм  
 Max глибина сверлення, l<sub>c</sub>: 4 x D<sub>c</sub>

l<sub>4</sub> = программируемая длина

D <sub>c</sub> мм	Размер соединения	Код	Размеры, мм					Пластины
			D <sub>cm</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	Δ	
12.7	C4	R418.2-0127C4-41	40	91	53	51	0.5	LCMX02..C
13	C4	R418.2-0130C4-41	40	93	55	52	0.5	
13.5	C4	R418.2-0135C4-41	40	95	57	54	0.3	
30	C4	R418.2-0300C4-41	40	177	124	120	0.8	WCMX05
12.7	C5	R418.2-0127C5-41	50	91	53	51	0.6	LCMX02..C
13	C5	R418.2-0130C5-41	50	93	55	52	0.6	
13.5	C5	R418.2-0135C5-41	50	95	57	54	0.7	
30	C5	R418.2-0300C5-41	50	177	124	120	1.1	WCMX05
31	C5	R418.2-0310C5-41	50	187	128	124	1.3	WCMX06
32	C5	R418.2-0320C5-41	50	191	132	128	1.3	
33	C5	R418.2-0330C5-41	50	196	136	132	1.4	
34	C5	R418.2-0340C5-41	50	200	140	136	1.4	
35	C5	R418.2-0350C5-41	50	205	144	140	1.5	
36	C5	R418.2-0360C5-41	50	210	148	144	1.6	
37	C5	R418.2-0370C5-41	50	214	152	148	1.5	
38	C5	R418.2-0380C5-41	50	219	156	152	1.7	
39	C5	R418.2-0390C5-41	50	223	160	156	1.7	
40	C5	R418.2-0400C5-41	50	228	164	160	1.8	
41	C5	R418.2-0410C5-41	50	233	168	164	1.8	
12.7	C6	R418.2-0127C6-41	63	96	53	51	0.9	LCMX02..C
13	C6	R418.2-0130C6-41	63	98	55	52	1.0	
13.5	C6	R418.2-0135C6-41	63	100	57	54	1.0	
30	C6	R418.2-0300C6-41	63	177	124	120	1.5	WCMX05
31	C6	R418.2-0310C6-41	63	187	128	124	1.7	WCMX06
32	C6	R418.2-0320C6-41	63	191	132	128	1.7	
33	C6	R418.2-0330C6-41	63	196	136	132	1.8	
34	C6	R418.2-0340C6-41	63	200	140	136	1.9	
35	C6	R418.2-0350C6-41	63	205	144	140	1.9	
36	C6	R418.2-0360C6-41	63	210	148	144	2.0	
37	C6	R418.2-0370C6-41	63	214	152	148	2.0	
38	C6	R418.2-0380C6-41	63	219	156	152	2.1	
39	C6	R418.2-0390C6-41	63	223	160	156	2.1	
40	C6	R418.2-0400C6-41	63	228	164	160	2.2	
41	C6	R418.2-0410C6-41	63	233	168	164	2.2	

Рисунок 5.16 – Вибір свердла для операції 055 – переходу 006

Також в операції на оброблювальному центрі є переходи, на яких обробляються отвори великих діаметрів. У таких випадках використовують розточувальний інструмент.

Вибір розточувального інструмента виконується за наступною схемою (Рисунок 5.17):

1) Визначення виду розточування. Знаходження необхідного типу операції в таблиці відповідно до параметрів і матеріалу оброблюваного отвору, операційних обмежень і устаткування.

2) Визначення виду інструмента. Серед номенклатури інструмента для заданого типу операції, потрібно вибрати необхідний тип, що відповідає вимогам чистової або чорнової обробки.

3) Визначення діапазону діаметрів розточування і вимог до отвору. Вибрати по таблиці діапазон діаметрів, що розточують, задовольняючої конкретній операції, вимогам по шорсткості і точності.

4) Визначення головного кута у плані. Виходячи із прийнятого кута в плані, вибирається по таблиці відповідний повзун-вставка. Також необхідно визначити найбільш підходящий тип пластини.

5) Вибір корпусу розточувального інструмента. В основі вибору корпусу лежать:

- розмір з'єднання;
- глибина розточування.

6. Вибір ріжучої пластини. Ріжуча пластина за формою і розміром повинна відповідати рекомендаціям таблиць, по яких здійснюється вибір розточувального інструмента. Вибір марки сплаву ріжучої пластини робиться, виходячи з параметрів оброблюваного матеріалу та умов обробки.

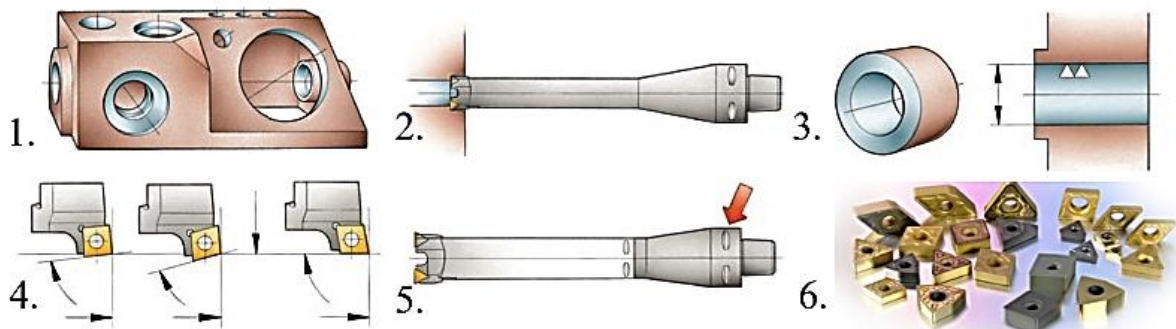


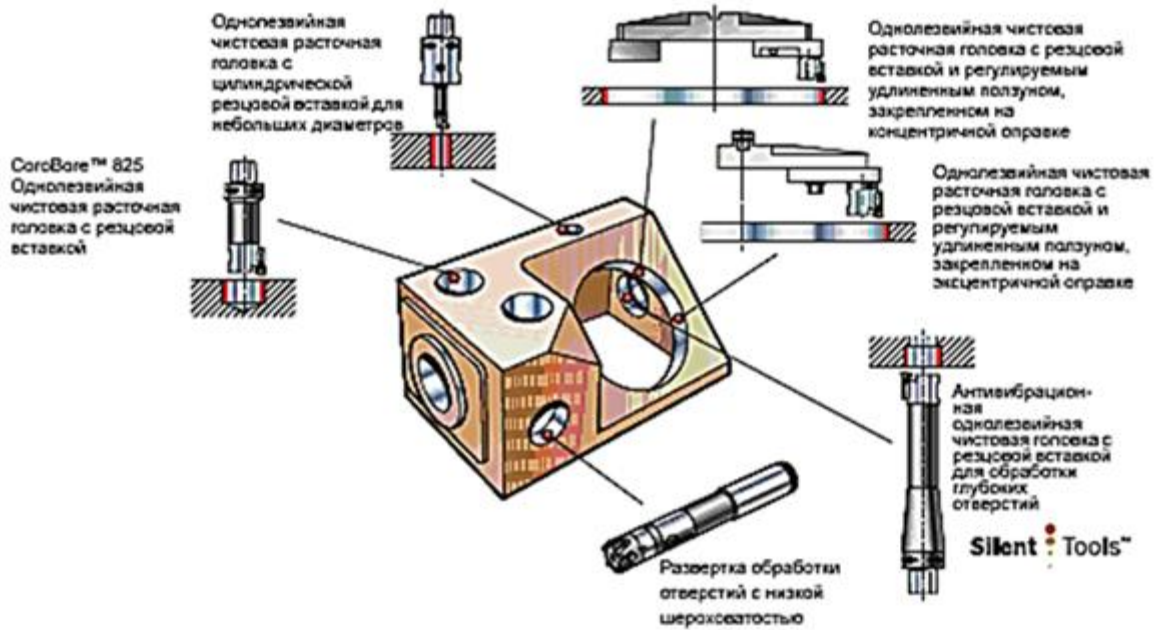
Рисунок 5.17 – Схема вибору розточувального інструмента

Приклад вибору розточувального інструмента виконаний для операції 055 - переходу 012.

Спочатку вибирається тип операції – у цьому випадку чистове розточування. Відповідно до операції вибирається тип розточувального інструмента (рисунок 5.18).

## Інструмент для чистового розточування

P M K N S H

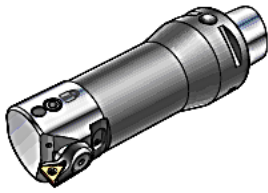


	Чистовой расточной инструмент					Антивибрационный чистовой расточной инструмент		Развертка Roamer™ 830
	3-42 мм	СороBore™ 825 23-176.6 мм	150-274.6 мм	250-575 мм	250-975 мм	25.0-103.5 мм	99.5-269.5 мм	
Диапазон диаметров								
Стр.	F30	F25	F28	F36	F38	F33	F35	F47
Глубина растачивания	5 x D <sub>c</sub>	3.5 x D <sub>c</sub>	3 x D <sub>ch</sub>	400 мм	400 мм	6 x D <sub>c</sub>	600-700 мм	45-106 мм
Точность отверстий	IT6	IT6	IT7	IT7	IT7	IT7	IT7	H7
Подвод СОЖ	Внутренний				Наружный	Внутренний		Внутренний
Вид растачивания	Одной режущей кромкой							
Тип пластины	SoloTurn® 107 SoloTurn® 111							

Рисунок 5.18 – Вибір виду розточувального інструмента.

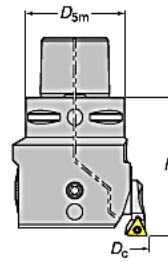
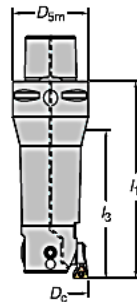
Далі на підставі розміру, що розточується, визначається тип різцевої вставки і корпусу (рисунок 5.19).

Coromant Capto®

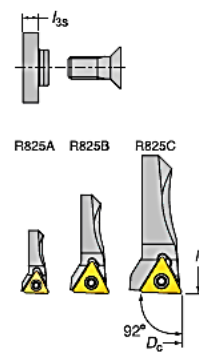


Диапазон растачиваемых диаметров: 23-176.6 мм  
Точность отверстия: IT6  
Дискретность регулировки: 0.002 мм  
Подвод СОЖ: внутренний

Регулировка производится только от центра к периферии.



Комплект увеличительных проставок

 $h_1$  = программируемая длина

Диапазон диаметров <sup>1)</sup>				Резцовая вставка	Удлиненный ползун	Корпус	Размеры, мм					
Dc min - max	Главный угол в плане $\kappa$	Типоразмер корпуса	Тип пластины <sup>2)</sup>				Код	Код	Код	$\frac{\Delta}{\mu\text{m}}$	$D_{5m}$	$h_1$
23-29	92	C3	TP...06	R825A-AF11STUP06T1A	825A-030A	C3-R825A-AAA065A	0.28	32	76	<sup>3)</sup>	3.0	
29-36 <sup>4)</sup>		C4	TC...06	R825A-AF11STUC06T1A		C4-R825A-AAA074A	0.45	40	85	<sup>3)</sup>	3.0	
28-36	92	C3	TP...06	R825A-AF11STUP06T1A	825A-030A	C3-R825A-AAB072A	0.38	32	83	<sup>3)</sup>	3.0	
34-42 <sup>4)</sup>		C4	TC...06	R825A-AF11STUC06T1A		C4-R825A-AAB084A	0.56	40	95	<sup>3)</sup>	3.0	
35-45	92	C3	TP...09	R825B-AF17STUP0902A	825B-036A	C3-R825B-AAC031A	0.28	32	48	<sup>3)</sup>	3.6	
42-52 <sup>4)</sup>		C4	TC...09	R825B-AF17STUC0902A		C4-R825B-AAC039A	0.61	40	83	<sup>3)</sup>	3.6	
44-56	92	C4	TP...09	R825B-AF17STUP0902A	825B-036A	C4-R825B-AAD039A	0.53	40	56	<sup>3)</sup>	3.6	
51-63 <sup>4)</sup>		C5	TC...09	R825B-AF17STUC0902A		C5-R825B-AAD081A	1.14	50	98	<sup>3)</sup>	3.6	
55-70	92	C5	TP...11	R825C-AF23STUP1103A	825C-048A	C5-R825C-AAE043A	0.98	50	66	<sup>3)</sup>	4.8	
			TC...1102	R825C-AF23STUC1102A								
64.6-79.6 <sup>4)</sup>		C6	TC...1103	R825C-AF23STUC1103A		C6-R825C-AAE097A	2.27	63	120	<sup>3)</sup>	4.8	
69-87	92	C5	TP...11	R825C-AF23STUP1103A	825C-048A	C5-R825C-AAF047A	1.38	50	70	<sup>3)</sup>	4.8	
			TC...1102	R825C-AF23STUC1102A								
78.6-96.6 <sup>4)</sup>		C6	TC...1103	R825C-AF23STUC1103A		C6-R825C-AAF055A	1.87	63	78	<sup>3)</sup>	4.8	
86-107	92	C5	TP...11	R825C-AF23STUP1103A	825C-048A	C5-R825C-AAG053A	2.17	50	76	<sup>3)</sup>	4.8	
95.6-116.6 <sup>4)</sup>			TC...1102	R825C-AF23STUC1102A								
		C6	TC...1103	R825C-AF23STUC1103A		C6-R825C-AAG067A	2.62	63	90	<sup>3)</sup>	4.8	

Рисунок 5.19 – Вибір розточувального інструмента

За рекомендацією при виборі інструмента вибираємо тип пластини (рисунок 5.20).

Далі, за аналогічною схемою, проводимо вибір розточувального інструмента для переходів операції 055, і заносимо отримані дані у зведену таблицю 5.2.

Вибір інструментального оснащення здійснюється за наступною схемою:

- 1) Визначити тип інструментального оснащення. Вибрати модульне або цільне інструментальне оснащення.
- 2) Вибрати тип адаптера. Використовуючи оглядову таблицю для вибору патрона, відповідно до типу виконуваної операції і застосовуваного устаткування.
- 3) Визначити типорозмір модульного з'єднання. На відповідній сторінці необхідно вибрати:

- потрібний розмір з'єднання;

- адаптер.
- 4) Вибрати базовий утримувач. Використовуючи оглядову таблицю для вибору базового утримувача, відповідно до застосовуваного устаткування, вибрати патрон, що відповідає необхідному типу з'єднання.
- 5) Вибрати перехідники, якщо це необхідно. Перехідники і подовжувачі потрібно застосовувати при необхідності збільшення вильоту інструмента.

**Пластини для загального точіння**

Пластини із задніми кутами CoroTurn® 107

Чернова: обробка

	TCMT-MR	TCMT-KR	TCMT-UR	VBMT-PR	VBMT-MR	VBMT-KR
Код	11-22	11-22	11	16	16	16
Стр.	A51	A51	A51	A53	A53	A53

Wiper См. стр. A18.

Пластини із задніми кутами CoroTurn® 111

Чистова: обробка

	CPMT-PF	CPMT-MF	CPMT-KF	DPMT-PF	DPMT-MF	DPMT-KF	TPMT-PF	TPMT-MF	TPMT-KF	VCMT-PF
Код	06	06-09	06	07	07	07	06-16	06-16	06-16	11
Стр.	A54	A54	A54	A55	A55	A55	A56	A56	A56	A57

CoroTurn® 111  
Трикутні пластини

	Код	P				M				K		S		
		GC	GC	GC	CT	GC	GC	CT	GC	GC	HT 3A	GC	HT 3A	
Чернова: обробка	06	TRMT 06 T1 02-PF				*								
		TRMT 06 T1 04-PF	*	*	*									
	09	TRMT 09 02 02-PF	*	*	*									
		TRMT 09 02 04-PF	*	*	*									
	11	TRMT 11 03 02-PF	*	*	*									
		TRMT 11 03 04-PF	*	*	*									
	16	TRMT 16 T3 04-PF	*	*	*									
	Чистова: обробка	06	TRMT 06 T1 02-MF				*	*				*	*	
			TRMT 06 T1 04-MF				*	*				*	*	
		09	TRMT 09 02 02-MF				*	*				*	*	
			TRMT 09 02 04-MF				*	*				*	*	
		11	TRMT 11 03 02-MF				*	*				*	*	
		TRMT 11 03 04-MF				*	*				*	*		
16	TRMT 16 T3 04-MF				*	*				*	*			
	06	TRMT 06 T1 04-KF								*	*			
	09	TRMT 09 02 04-KF								*	*			
	11	TRMT 11 03 04-KF								*	*			
	16	TRMT 16 T3 04-KF								*	*			

Рисунок 5.20 – Вибір пластини для розточувального інструмента

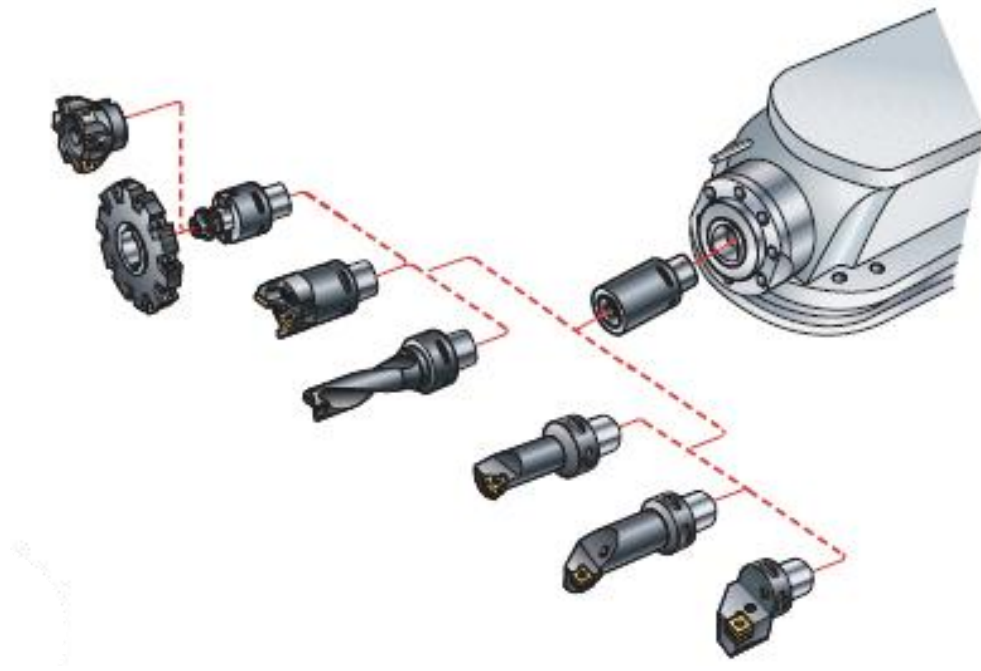


Рисунок 5.21 – Види інструментального оснащення.

## 5.5 Висновки

У даному розділі виконувалася розробка технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «Корпус центрної бабки», при якій був проведений аналіз технічного оснащення, яке застосовується на верстатах із ЧПК в цілому. У якості оснащення були розроблені групове пристосування на базі елементів УЗП-12, що використовується при обробці на багатоцільовому верстаті MAST\_MM855\_S24 для деталі типу «Корпус центрної бабки», для якої складався ГТП; конструкція загарбного пристрою маніпулятора, що переміщає заготовку і деталь в пристосуваннях на місце робочої зони верстата із ЧПК, далі базує пристосування на столі верстата і т. д.; а також обрані основний і допоміжний інструменти для обробки деталі на оброблювальному центрі MAST\_MM855\_S24.

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

## 6. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБРОБЛЮВАЛЬНОГО ЦЕНТРУ MAST\_MM855\_S24

### 6.1 Розробка організаційно-технологічної структури оброблювального центру MAST\_MM855\_S24

До складу організаційно-технологічної системи виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» входять: багатоцільовий верстат MAST\_MM855\_S24 та стіл-накопичувач (рис. 6.1).



Рисунок 6.2 - Спеціальний багатоцільовий верстат з контурно-позиційною системою програмного керування з автоматичною зміною інструмента і столів-супутників моделі MAST\_MM855\_S24

Для розміщення у зоні обробки деталі типу «Корпус центрової бабки» заготовок, а також готових деталей необхідна наявність накопичувача. У цьому випадку накопичувачем є металевий стіл. На столі розташовані пальці для правильного позиціонування пристосування із заготівлею. Точне позиціонування в цьому випадку необхідно для точного захвату маніпулятором заготівлі із пристосуванням.

Багатоцільовий верстат MAST\_MM855\_S24 (рис.6.2) – це сучасний верстат із ЧПК, на якому можна виконувати фрезерування, свердління, розточування та і.н.

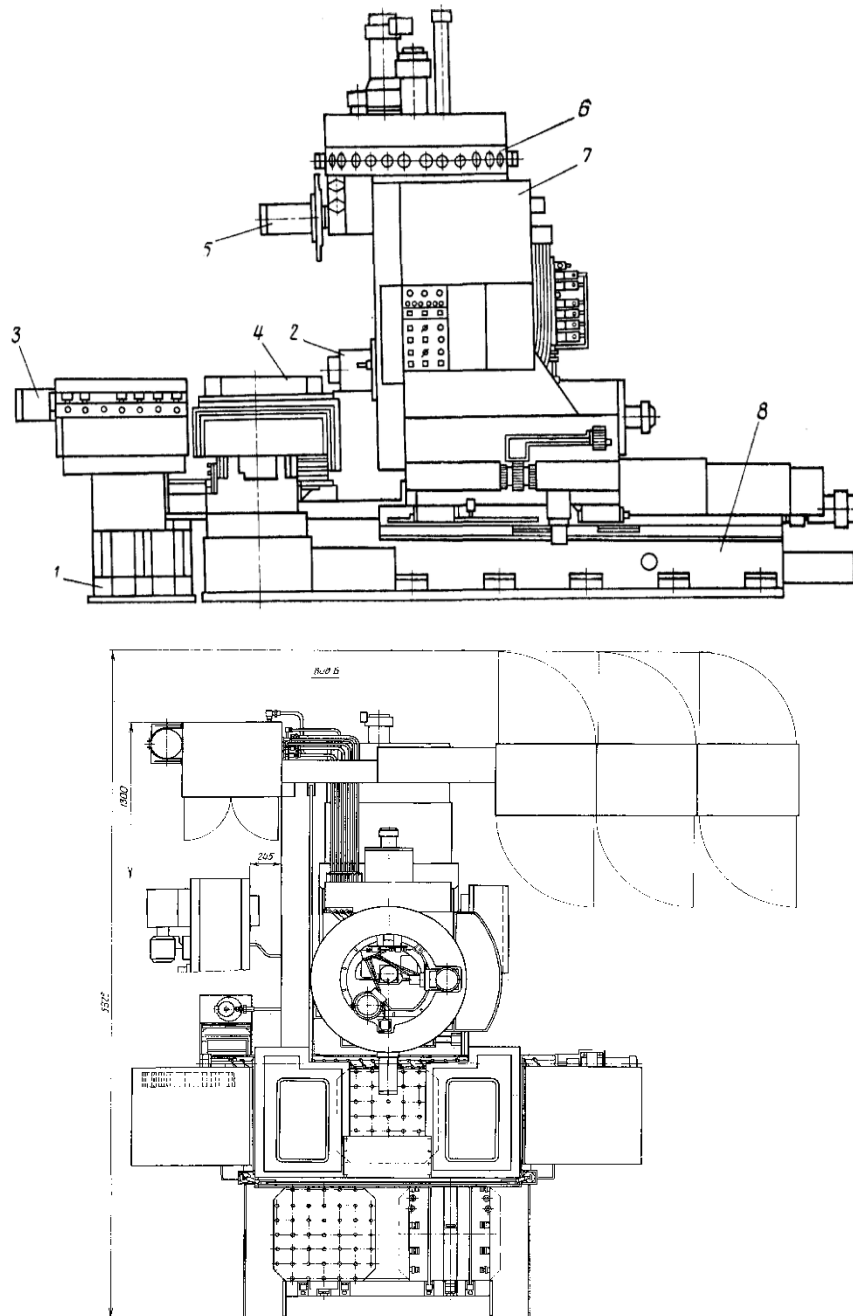


Рисунок 6.2 – Зовнішній вигляд багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24

Багатоцільовий верстат MAST\_MM855\_S24 - верстат із ЧПК, що безпосередньо здійснює обробку деталі типу «Корпус центрової бабки».

Основними вузлами даного верстата, проєктованими за допомогою 3D моделювання за допомогою програми SolidWorks, є:

- 1) станина (рис 6.4);

- 2) стійка (рис 6.5);
- 3) стіл поздовжнього переміщення (рис 6.14);
- 4) поворотний стіл (рис 6.15);
- 5) шпиндельна бабка (рис. 6.6);
- 6) шпиндель (рис 6.7);
- 7) інструментальний магазин (рис 6.18);
- 8) корпус маніпулятора (рис 6.10);
- 9) ось маніпулятора (рис 6.9);
- 10) схват маніпулятора (рис. 6.11);
- 11) штовхач (рис. 6.13);
- 12) плита-супутник (рис.6.12).

## 6.2 Розробка імітаційної моделі багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24

Зовнішній вигляд імітаційної моделі багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24 представлений на рис. 6.3.

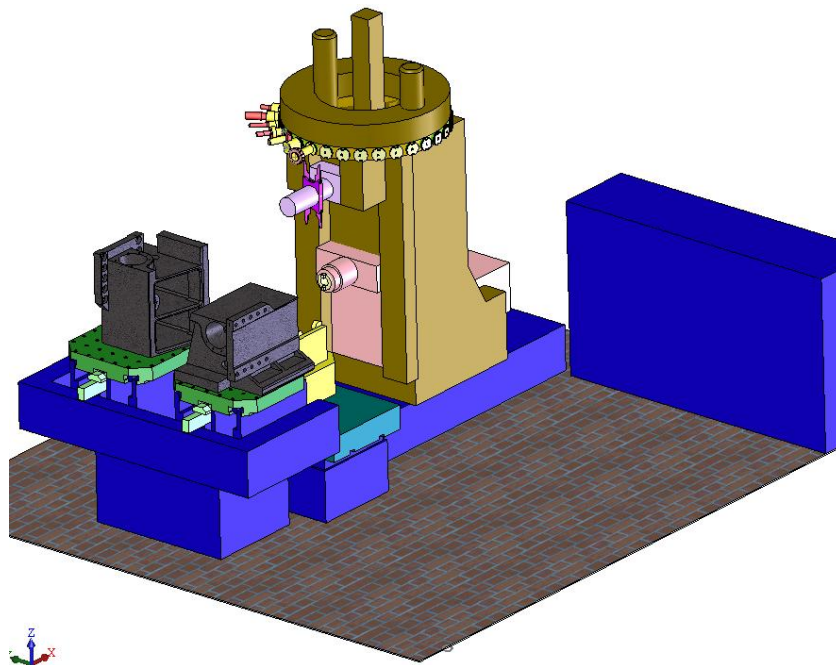


Рисунок 6.3 - Зовнішній вигляд імітаційної моделі багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24

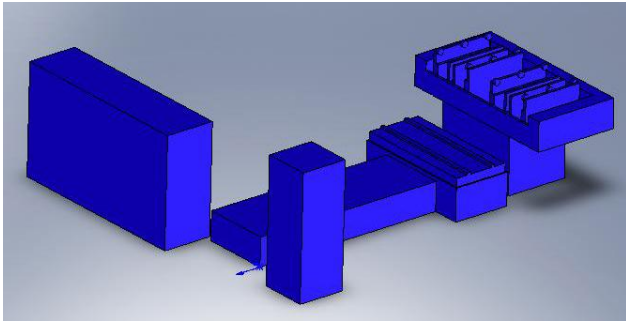


Рисунок 6.4 – Станина багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24.

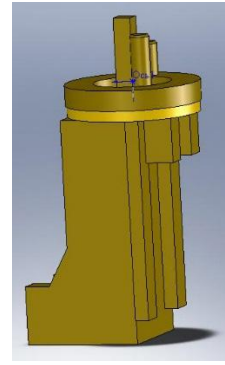


Рисунок 6.5 – Стійка багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24

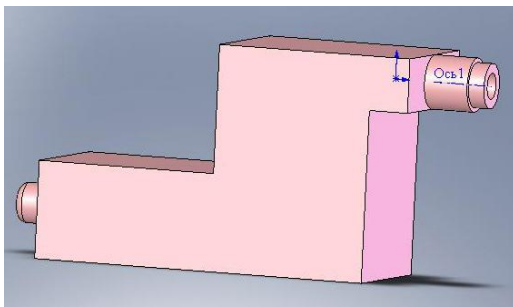


Рисунок 6.6 – Шпиндельна бабка багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24

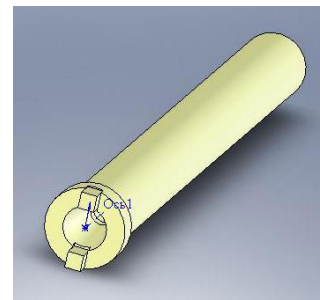


Рисунок 6.7 – Шпиндель багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24

### 6.3 Розробка імітаційної моделі накопичувача оброблювального центру MAST\_MM855\_S24

Інструментальний магазин показаний на рисунку 6.8

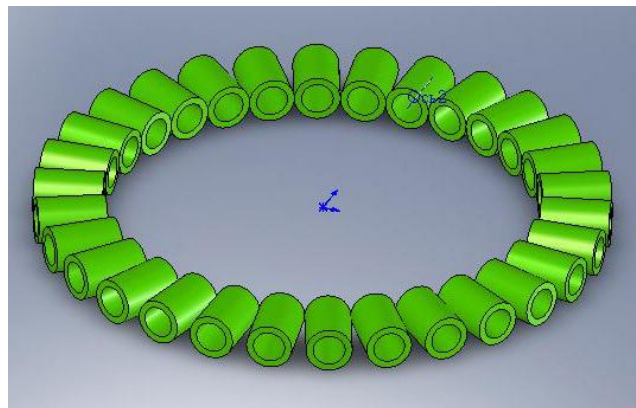
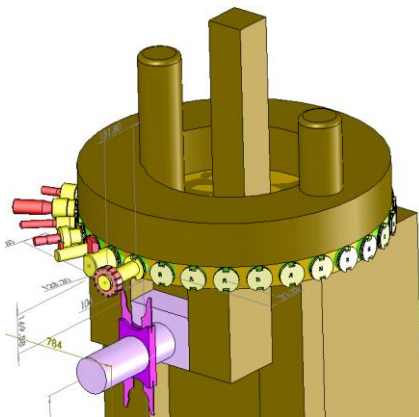


Рисунок 6.8 – Інструментальний магазин багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24

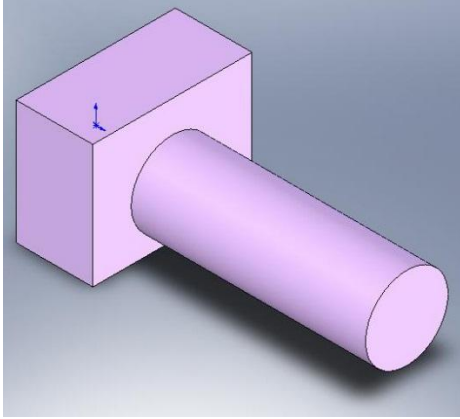


Рисунок 6.9 – Вісь  
маніпулятора багатоцільового  
верстата MAST\_MM855\_S24

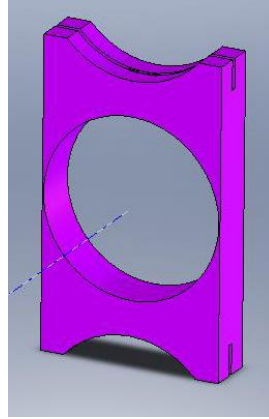


Рисунок 6.10 –  
Корпус маніпулятора  
багатоцільового  
верстата  
MAST\_MM855\_S24

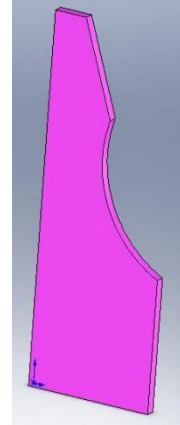


Рисунок 6.11 – Схват  
маніпулятора  
багатоцільового  
верстата  
MAST\_MM855\_S24

#### 6.4 Розробка імітаційної моделі транспортної системи оброблювального центру MAST\_MM855\_S24

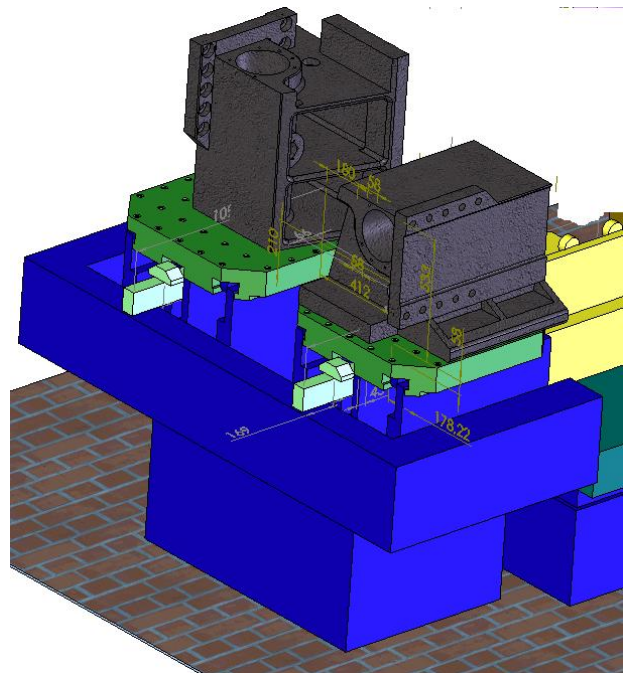
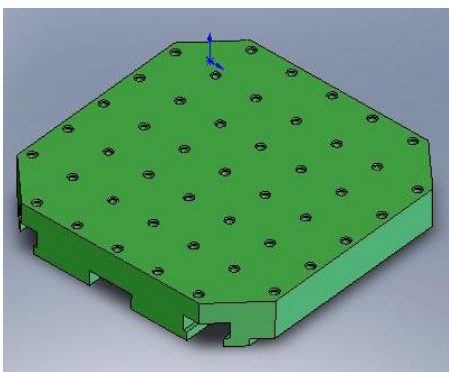


Рисунок 6.12 – Плита-супутник багатоцільового верстата  
MAST\_MM855\_S24

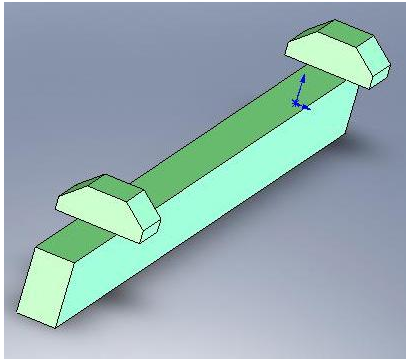


Рисунок 6.13 – Штовхач багатocільового верстата MAST\_MM855\_S24

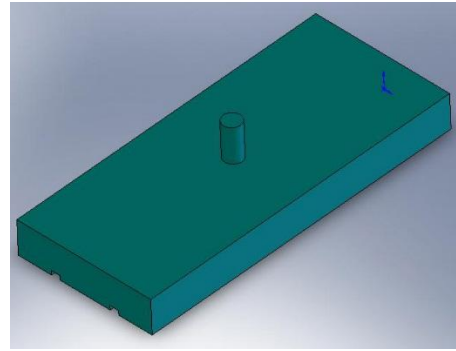


Рисунок 6.14 – Стіл поздовжнього переміщення багатocільового верстата MAST\_MM855\_S24.

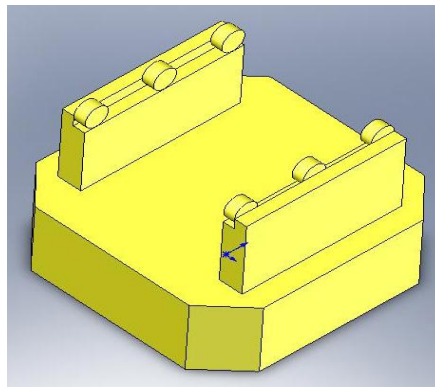


Рисунок 6.15 – Поворотний стіл багатocільового верстата MAST\_MM855\_S24

## 6.5 Висновки

У даному розділі було виконано імітаційне моделювання системи виготовлення деталі «Корпус центрної бабки» на багатocільовому верстаті MAST\_MM855\_S24. Елементами системи є устаткування, оснащення, які беруть участь у процесі обробки деталі: безпосередньо верстат MAST\_MM855\_S24, промисловий робот порталного типу MA160П, а також стіл-накопичувач. Кожний з компонентів системи був окремо змодельований у програмі SolidWorks, а далі вони були об'єднані в систему.

Далі, за допомогою програми «ГВМ 3D редактор», була розроблена імітаційна модель обробки деталі «Корпус центрної бабки». Виходячи з розробленого циклу програми було проведено нормування обробки однієї з деталей.

7. РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ЦЕНТРОВИЙ БАБКИ» НА ОБРОБНОМУ ЦЕНТРІ MAST\_MM855\_S24 ЗА РАХУНОК РОЗРОБКИ НОВОГО ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ» ДЛЯ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

**7.1. Постановка цілей факультативного заняття з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»**

В таблиці 7.1 наведено оперативні цілі з теми.

Таблиця 7.1 - Постановка цілей факультативного заняття

Цілі факультативного заняття	Цілі формування різних рівнів засвоєння навчального матеріалу	Умови досягнення	Результат у вигляді дій здобувачів освіти
1	2	3	4
Сформувані в учасників цілісне розуміння підходів до підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» шляхом розробки групового технологічного процесу із застосуванням імітаційного моделювання	I рівень — репродуктивний: здобувачі освіти повинні відтворювати основні поняття щодо групових технологічних процесів, параметрів продуктивності, функцій обробного центру MAST_MM855_S27.	Наявність навчальних матеріалів, презентацій, довідкової інформації, схем і технологічних карт; пояснення викладача з прикладами.	Здобувач уміє визначити ключові поняття: «груповий технологічний процес», «продуктивність обробки», «імітаційне моделювання», «обробний центр MAST_MM855_S24».
	II рівень — аналітичний: здобувачі повинні уміти аналізувати технологічні фактори, що впливають на продуктивність обробки корпусних	Робота з графічними моделями, технологічними схемами, прикладами САМ-	Здобувач аналізує вплив режимів різання, типу інструмента, траскторій переміщення та

	деталей, та встановлювати причинно-наслідкові зв'язки.	моделей; виконання аналітичних практичних завдань.	структурованості групового процесу на продуктивність виготовлення деталі.
	III рівень — практично-операційний: здобувачі повинні набути навички побудови елементів групового технологічного процесу та їх перевірки у середовищі імітаційного моделювання.	Доступ до програмного забезпечення для моделювання (наприклад, SprutCAM, NX CAM, SolidWorks CAM тощо); покрокове виконання викладачем демонстрації; індивідуальні завдання для роботи з моделями	Здобувач будує цифрову модель етапів обробки, налаштовує режими різання, виконує симуляцію обробки деталі, виявляє та усуває нераціональні елементи технології.
	IV рівень — продуктивно-творчий: здобувачі повинні вміти розробити фрагмент нового групового технологічного процесу для корпусних деталей і запропонувати шляхи підвищення продуктивності за результатами імітаційного моделювання.	Робота над проєктом; консультації викладача; колективне обговорення варіантів оптимізації; доступ до моделей деталей та їхніх технологічних карт.	Здобувач розробляє оптимізований варіант групового технологічного процесу, обґрунтовує вибрані режими та пропонує шляхи підвищення продуктивності, підтвержені симуляцією.

## 7.2. Перелік літературних джерел з теми

1. Гриценко, В. М. Сучасні технології машинобудування: теорія і практика. – Київ: Видавничий дім «Наукова думка», 2021. – 320 с.
2. Коваленко, І. П., Стеценко, О. В. Індустрія 7.0 та підготовка інженерних кадрів: цифрові технології у машинобудуванні. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2020. – 256 с.
3. Петров, С. Ю., Литвиненко, А. О. Імітаційне моделювання технологічних процесів на обробних центрах ЧПК. – Харків: Машинобудування, 2019. – 208 с.

4. Шевченко, М. В. Підвищення продуктивності виробництва на групових технологічних процесах: навчальний посібник для інженерів-технологів. – Одеса: Техніка, 2022. – 288 с.

### **7.3. Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»**

Конструювання дидактичних матеріалів для факультативного заняття з підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» передбачає створення системи навчальних ресурсів, що забезпечують формування у здобувачів освіти комплексних професійних компетентностей. Основною метою є не лише передача теоретичних знань, а й розвиток практичних умінь, аналітичного мислення та здатності застосовувати цифрові технології для оптимізації виробничих процесів [22].

Основні принципи конструювання дидактичних матеріалів.

1. Цілеспрямованість та послідовність. Матеріали повинні відповідати визначеним цілям заняття, логічно структурувати навчальний матеріал від простих понять до складних технологічних процесів. Це дозволяє формувати засвоєння знань на різних рівнях: від репродуктивного до продуктивно-творчого.

2. Практико-орієнтованість. Велика увага приділяється інтеграції практичних завдань, які включають моделювання технологічних процесів, аналіз параметрів обробки на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 та розробку оптимізованих траєкторій інструментів. Такі завдання сприяють формуванню компетентностей у сфері цифрового виробництва та імітаційного моделювання.

3. Візуалізація та інтерактивність. Дидактичні матеріали повинні містити наочні схеми, графіки, технологічні карти, 3D-моделі деталі та симуляційні сценарії. Інтерактивні елементи дозволяють здобувачам освіти

безпосередньо взаємодіяти з об'єктом навчання, відпрацьовувати різні варіанти технологічного процесу та оцінювати їх ефективність.

4. Адаптивність до рівня підготовки. Матеріали створюються з урахуванням різного рівня компетентності студентів. Для початкового рівня пропонуються базові завдання з відпрацювання простих операцій, для більш досвідчених — комплексні проєктні завдання, що включають моделювання групових технологічних процесів.

Структура дидактичних матеріалів [22].

1. Теоретичний блок:

- опис характеристик деталі «Корпус центровий бабки»;
- принципи роботи обробного центру MAST\_MM855\_S24;
- основи групових технологічних процесів та їх вплив на продуктивність;

- методи імітаційного моделювання та оптимізації процесів обробки.

2. Практичний блок:

- інструкції з побудови цифрової моделі технологічного процесу;
- завдання з імітаційного моделювання режимів обробки;
- аналіз результатів симуляції та визначення найбільш продуктивного варіанту процесу.

3. Методичний блок:

- рекомендації щодо організації заняття;
- порядок оцінювання рівня засвоєння матеріалу;
- приклади типових помилок та способи їх виправлення.

Очікувані результати використання дидактичних матеріалів:

– засвоєння здобувачами освіти теоретичних основ групових технологічних процесів;

– формування практичних навичок моделювання і оптимізації обробки деталей на обробному центрі MAST\_MM855\_S24;

– розвиток аналітичного мислення та здатності приймати технологічні рішення на основі результатів імітаційного моделювання;

– підвищення рівня готовності до виконання професійних завдань у сучасних умовах машинобудівного виробництва.

#### 7.4 Аналіз базових умов навчання з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»

В таблиці 7.2 приведено вибір базових понять, визначення способів перевірки та формування базових знань [23,25,28].

Таблиця 7.2 - 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
Технологія машинобудівного виробництва	Метод – усне опитування. Форма – фронтальна. Засіб – контрольні питання. 1. Які основні методи обробки металів різанням застосовуються при виготовленні корпусних деталей? 2. Назвіть види сучасних обробних центрів та їхні функціональні відмінності. 3. Що таке груповий технологічний процес і як він впливає на продуктивність виробництва? 7. Які фактори безпосередньо впливають на якість та швидкість обробки деталі «Корпус центровий бабки»?	Один із найпоширеніших способів – це цілеспрямоване повторення та систематизація базових знань. До цього належать: короткі огляди раніше вивчених теоретичних положень; обговорення типових помилок та способів їх уникнення. Такий підхід дозволяє студентам згадати необхідні поняття, терміни та алгоритми дій, що формують фундамент для засвоєння більш складних технологічних процесів.
Математичне моделювання та імітаційні методи	Поясніть основні принципи імітаційного моделювання технологічних процесів. Які методи оптимізації виробничих процесів дозволяють підвищити продуктивність? Яким чином цифрові моделі допомагають оцінити ефективність обробки на обробному центрі? Назвіть приклади програмних засобів для імітаційного моделювання та їхнє практичне застосування.	Такий підхід дозволяє студентам згадати необхідні поняття, терміни та алгоритми дій, що формують фундамент для засвоєння більш складних технологічних процесів.
Інженерна графіка та CAD/CAM системи	1. Які основні етапи створення 3D-моделі корпусної деталі в CAD-системі? 2. Як підготовка моделі до CAM-моделювання впливає на точність обробки? 3. Що таке траєкторія інструменту і як її оптимізація впливає на продуктивність виробництва? 4. Назвіть основні переваги використання CAD/CAM-систем у машинобудуванні.	Такий підхід дозволяє студентам згадати необхідні поняття, терміни та алгоритми дій, що формують фундамент для засвоєння більш складних технологічних процесів.
Організація та планування виробництва	1. Які методи підвищення продуктивності виробництва застосовуються на сучасних машинобудівних підприємствах?	Такий підхід дозволяє студентам згадати необхідні поняття, терміни та алгоритми дій, що формують фундамент для засвоєння більш складних технологічних процесів.

Перелік базових понять, законів, способів дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
1	2	3
	<p>2. Як групові технологічні процеси впливають на планування та організацію виробничих операцій?</p> <p>3. Які причини браку та втрат продуктивності можна виявити за допомогою аналізу технологічного процесу?</p> <p>4. Поясніть роль інженера-технолога у підвищенні ефективності виробництва.</p>	

**7.5. Проєктування мотиваційних технологій навчання з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»**

На рис. 7.3 представимо характеристику мотиваційних технологій навчання.

Таблиця 7.3- Визначення способів реалізації мотивації

Способи реалізації мотивації	Внутрішня мотивація
1	2
Вступна мотивація	<p>Доброго дня, шановні здобувачі освіти! У сучасному машинобудуванні підвищення продуктивності виробництва та забезпечення стабільної якості деталей є ключовими чинниками конкурентоспроможності підприємств. Деталь «Корпус центровий бабки» є однією з критично важливих компонентів верстатного обладнання, від точності виготовлення та якості поверхонь якої залежить ефективність роботи всього агрегату. Тому її виробництво вимагає високого професіоналізму інженерів-технологів і оптимізації технологічних процесів.</p> <p>Сучасні обробні центри, такі як MAST_MM855_S24, надають широкі можливості для автоматизації виробничих операцій, але одночасно вимагають від фахівця високого рівня знань у сфері цифрових технологій, програмування траєкторій інструменту та моделювання технологічних процесів. Без системного підходу та володіння методами імітаційного моделювання ефективне використання потенціалу такого обладнання залишається складним завданням.</p> <p>Вивчення теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки»» дозволяє здобувачам освіти: Освоїти принципи розробки групових технологічних процесів, що забезпечують скорочення часу обробки та зниження виробничих витрат; набути практичних навичок імітаційного моделювання та аналізу технологічних процесів для прийняття оптимальних рішень на виробництві; підвищити власну компетентність у роботі з високотехнологічним обладнанням, що відповідає сучасним вимогам індустрії 7.0; формувати аналітичне та критичне мислення, необхідне для</p>

Способи реалізації мотивації	Внутрішня мотивація	
1	2	
	<p>оцінки ефективності технологічних рішень та підвищення продуктивності виробництва.</p> <p>Таким чином, дослідження даної теми не лише розширює професійні компетенції майбутніх інженерів-технологів, а й сприяє підвищенню конкурентоспроможності машинобудівних підприємств шляхом впровадження сучасних групових технологічних процесів та цифрових інструментів моделювання. Володіння цими знаннями та навичками є важливою умовою успішної професійної підготовки та ефективної роботи у сучасному високотехнологічному виробництві.</p>	

**7.6. Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»**

Вибір методів, форм та засобів формування ООД наведено в таблиці 7.4

Таблиця 7.4 - Способи формування ООД на факультативному занятті

Рівень засвоєння	Форми організації навчання	Методи навчання	Засоби навчання
1	2	3	4
Розуміння	Лекція, інтерактивне обговорення	Пояснювально-ілюстративний, порівняльний, аналітичний	Презентації, технічні схеми обробки, відео демонстрації роботи MAST_MM855_S24
Застосування	Практичне заняття, лабораторна робота	Демонстраційний, проблемний, кейс-метод	Обробний центр MAST_MM855_S24, CAD/CAM програмне забезпечення, інструментальні планшети, технічна документація
Аналіз	Робота в групах, дискусія, моделювання процесів	Імітаційне моделювання, експериментальний, аналітичний	Програмні засоби для симуляційного моделювання, цифрові макети технологічного процесу, інструктивні матеріали
Синтез	Проєктування технологічного процесу, групове завдання	Проєктний метод, моделювання, алгоритмізація процесів	CAD/CAM системи, спеціалізовані програмні модулі оптимізації обробки, шаблони технологічних карт
Оцінювання	Самостійне виконання завдань, контрольні роботи	Тестування, самооцінка, порівняння результатів	Контрольні картки, комп'ютерні тести, протоколи результатів імітаційного моделювання

**7.7 Проєктування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»**

Вибір методів, форм та засобів формування виконавчих дій наведено в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5- Способи формування виконавчих дій з теми

Рівні засвоєння навчального матеріалу	Форми, методи, засоби
1	2
I, II, III, IV	<p>Фронтальна. Рішення задач. Практичні вправи</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналіз конструкції деталі та визначення технологічних особливостей <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мета: Ознайомити студентів із конструктивними особливостями деталі «Корпус центровий бабки» та впливом геометрії на вибір методів обробки.</li> <li>• Завдання: Розглянути креслення деталі, визначити критичні ділянки, що потребують підвищеної точності, та запропонувати оптимальні методи обробки для кожної поверхні.</li> <li>• Очікуваний результат: Сформоване розуміння технологічних обмежень та вимог до точності.</li> </ul> </li> <li>2. Розробка ескізного групового технологічного процесу <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мета: Навчити студентів планувати послідовність операцій для виготовлення деталі на основі групового оброблення.</li> <li>• Завдання: Скласти послідовність операцій з урахуванням можливості одночасного виконання декількох процесів, обґрунтувати вибір інструменту та режимів різання.</li> <li>• Очікуваний результат: Студенти отримують початкову технологічну карту для групового процесу.</li> </ul> </li> <li>3. Імітаційне моделювання обробки деталі на MAST_MM855_S24 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мета: Розвинути навички використання цифрових моделей та симуляційного програмного забезпечення для перевірки технологічного процесу.</li> <li>• Завдання: Створити віртуальну модель деталі та програми обробки, провести симуляцію обробки, оцінити час циклу та можливі колізії.</li> <li>• Очікуваний результат: Студенти здатні передбачати виробничі проблеми та оптимізувати процес.</li> </ul> </li> <li>7. Оптимізація режимів різання та послідовності операцій <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мета: Навчити студентів знаходити оптимальні режими для підвищення продуктивності та якості обробки.</li> </ul> </li> </ol>

## Продовження табл. 7.5

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Завдання: На основі симуляційних результатів змінювати швидкості подачі та обертання шпинделя, переналаштовувати порядок операцій, порівняти ефективність.</li> <li>• Очікуваний результат: Розробка оптимізованого технологічного процесу з урахуванням продуктивності та точності.</li> </ul> <p>5. Аналіз результатів і підготовка рекомендацій</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мета: Формування вмінь оцінювати ефективність розробленого групового технологічного процесу та пропонувати покращення.</li> <li>• Завдання: Порівняти отримані результати з нормативними показниками продуктивності та якості, підготувати звіт із рекомендаціями щодо вдосконалення процесу.</li> </ul> <p>Очікуваний результат: Студенти здатні критично оцінювати технологічні рішення та пропонувати шляхи підвищення ефективності виробництва.</p>

**7.8 Проєктування контрольних дій з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»**

Вибір методів, форм та засобів формування контрольних дій наведено в таблиці 7.6. [42].

Таблиця 7.6- Засоби контролю з теми факультативного заняття

Рівні засвоєння навчального матеріалу	Форми, методи, засоби
1	2
ІІІ рівень	<p>Фронтальне, письмове опитування.</p> <p>Які конструктивні особливості деталі «Корпус центровий бабки» визначають вибір технологічного процесу її обробки?</p> <p>Що таке груповий технологічний процес і які його переваги порівняно з послідовним?</p> <p>Яким чином застосування імітаційного моделювання може підвищити продуктивність обробки на MAST_MM855_S24?</p> <p>Назвіть основні етапи розробки нового технологічного процесу для обробки складних деталей.</p> <p>Як вибір режимів різання впливає на якість і швидкість виготовлення деталі?</p> <p>Які критерії ефективності використовуються для оцінки технологічного процесу на обробному центрі?</p> <p>Як цифрові моделі та симуляції допомагають уникнути виробничих помилок і браку?</p> <p>В чому полягає взаємозв'язок між кваліфікацією персоналу та продуктивністю виробництва?</p> <p>Які засоби і програмні продукти використовуються для моделювання та оптимізації групового технологічного процесу?</p> <p>0. Наведіть приклади можливих проблем при впровадженні нового групового технологічного процесу та шляхи їх подолання.</p>

**7.9 Розробка сценарію факультативного заняття з теми «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання»**

Сценарій заняття [45], його структура й зміст структурних елементів представлені у вигляді табл. 7.7.

Таблиця 7.7 - Сценарій заняття з теми заняття

№ з/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
1	Організаційний момент	Вітання викладача, перевірка присутніх, підготовка студентів до навчальної діяльності. Налагодження робочої атмосфери та концентрації на темі заняття.
2	Повідомлення теми і мети заняття	Тема: «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST_MM855_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання». Мета: сформулювати у студентів практичні та теоретичні навички розробки оптимізованих технологічних процесів та використання імітаційного моделювання для підвищення продуктивності виробництва.
3	Мотивація навчальної діяльності	Обговорення важливості теми: вплив оптимізації технологічного процесу на скорочення часу виготовлення, підвищення якості обробки та зниження виробничих витрат. Демонстрація прикладів успішного застосування групових технологічних процесів у сучасному машинобудуванні.
4	Актуалізація базових знань	Усне фронтальне опитування студентів щодо: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Особливостей конструкції деталі «Корпус центровий бабки»;</li> <li>• Основ і принципів групового технологічного процесу;</li> <li>• Використання цифрового моделювання у виробництві. Методи: усне опитування, дискусія. Форма: фронтальна. Засоби: контрольні питання, схеми, креслення.</li> </ul>
5	Формування нового навчального досвіду (ООД)	Викладач демонструє розробку групового технологічного процесу на прикладі деталі «Корпус центровий бабки». Методи: пояснення, демонстрація, лекція-дискусія, елементи мозкового штурму. Студенти аналізують запропоновані схеми та пропонують альтернативні рішення.
6	Формування вмій та дій (ВД)	Практичні вправи: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналіз креслення деталі та визначення критичних зон.</li> <li>2. Розробка ескізного групового технологічного процесу.</li> <li>3. Моделювання процесу обробки на комп'ютері.</li> <li>4. Оптимізація режимів різання та послідовності операцій.</li> <li>5. Підготовка рекомендацій щодо підвищення продуктивності.</li> </ol>
7	Формування компетентності (КД)	Контрольні питання для перевірки засвоєння: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Визначення переваг групового технологічного процесу.</li> <li>• Методи оптимізації режимів різання.</li> </ul>

№ з/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Використання імітаційного моделювання для підвищення продуктивності.</li> <li>• Оцінка ефективності процесу на MAST MM855 S27.</li> </ul>
8	Підбиття підсумків, видача домашнього завдання	Узагальнення ключових моментів заняття: важливість групових технологічних процесів, роль імітаційного моделювання та підвищення продуктивності. Домашнє завдання: підготувати короткий звіт з аналізом запропонованого технологічного процесу та рекомендаціями щодо його оптимізації.

### 7.10 Висновки

Розробка дидактичного проєкту факультативного заняття на тему «Підвищення продуктивності виготовлення деталі «Корпус центровий бабки» на обробному центрі MAST\_MM855\_S24 за рахунок розробки нового групового технологічного процесу на основі імітаційного моделювання» дозволяє систематизувати навчальні матеріали та забезпечує послідовне формування знань, умінь і навичок студентів у сфері оптимізації технологічних процесів на сучасних обробних центрах. Використання імітаційного моделювання у навчальному процесі забезпечує наочне відтворення реальних виробничих умов, що сприяє підвищенню ефективності засвоєння матеріалу та продуктивності навчання. Дидактичний проєкт передбачає поетапне формування компетентностей фахівців, починаючи від розуміння принципів групових технологічних процесів і закінчуючи практичним моделюванням та оптимізацією обробки деталі «Корпус центровий бабки». Впровадження даного факультативного заняття сприяє розвитку аналітичних і проєктних здібностей студентів, а також їх здатності приймати оптимальні технологічні рішення з урахуванням ресурсів і режимів роботи обробного центру MAST\_MM855\_S27. Практична значущість розробленого проєкту полягає у створенні методичних умов для підвищення рівня професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі та підготовки кадрів, здатних ефективно працювати на високотехнологічному обладнанні. Проєкт демонструє можливість інтеграції

традиційних і сучасних методів навчання, включаючи лекційно-пояснювальну роботу, практичні вправи, групові дискусії та комп'ютерне моделювання, що забезпечує комплексний підхід до професійної підготовки майбутніх інженерів-технологів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було проведено комплексне дослідження технологічності деталі «Корпус центрної бабки», розроблено технологічний процес її виготовлення та виконано низку розрахунків, що підтверджують ефективність запропонованих рішень.

У результаті виконаної роботи встановлено наступне:

Деталь «Корпус центрної бабки» є технологічною, має раціональну конструкцію, однак окремі поверхні потребують додаткової механічної обробки для забезпечення необхідної точності та чистоти поверхні.

Розроблено типовий технологічний процес обробки деталі на багатоцільовому верстаті MAST\_MM855\_S24, який передбачає послідовне виконання основних операцій з урахуванням вимог до точності, шорсткості та взаємного розташування поверхонь.

Визначено структуру операцій і технологічних переходів, що дозволяє оптимізувати послідовність обробки та скоротити допоміжний час.

Для забезпечення високої якості обробки підібрано сучасний різальний інструмент фірми CoroGuide та відповідне технологічне оснащення, що відповідає вимогам багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24.

Проведено розрахунок режимів різання для обробки деталі на верстаті MAST\_MM648\_S16 з використанням інструменту фірми Sandvik Coromant. Оптимізація режимів дозволила підвищити продуктивність обробки, зменшити зношування інструменту та скоротити собівартість виготовлення деталі.

Розроблено імітаційну модель багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24, що включає:

- імітаційну модель транспортної системи оброблювального центру;
- імітаційну модель накопичувача оброблювального центру.

Створена модель дозволяє проаналізувати функціонування обладнання, визначити вузькі місця в процесі обробки та підвищити ефективність використання виробничого устаткування.

Виконано порівняльний аналіз обробки деталі на традиційному обладнанні та на багатоцільовому верстаті, який показав, що застосування сучасного верстатного комплексу дає змогу зменшити тривалість виробничого циклу, скоротити кількість переналагоджень та забезпечити стабільну якість продукції.

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розробленого технологічного процесу в умовах серійного виробництва, що дозволить підвищити технічний рівень підприємства, скоротити витрати часу та ресурсів.

Наукова новизна роботи полягає у застосуванні сучасних методів моделювання та оптимізації процесу обробки на багатоцільовому верстаті, що сприяє вдосконаленню системи автоматизованого проектування технологічних процесів.

Отже, розроблений технологічний процес і створена імітаційна модель підтверджують доцільність використання багатоцільових верстатів нового покоління при виготовленні деталей типу «Корпус центрної бабки», що забезпечує високу ефективність, точність і надійність виробничого процесу.

Розроблений в роботі дидактичний проєкт факультативного заняття забезпечує поетапне формування компетентностей студентів у сфері оптимізації групових технологічних процесів на сучасних обробних центрах. Використання імітаційного моделювання підвищує наочність навчання, сприяє глибшому засвоєнню матеріалу та розвитку аналітичних і проєктних умінь. Проєкт створює ефективні методичні умови для підготовки фахівців машинобудівної галузі, здатних приймати технологічно обґрунтовані рішення та працювати з високотехнологічним обладнанням.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

- 1.«Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>
2. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>
3. EROWA System Solution. General Gatalog. - Copyright © EROWA AG2022. – 420р.
4. Frezy CNC. Режими різання: теорія та параметри для ЧПУ. — Онлайн-ресурс. [https://frezycnc.in.ua/tehnichni-dani/rezhymy-rizannya-2?utm\\_source=chatgpt.com](https://frezycnc.in.ua/tehnichni-dani/rezhymy-rizannya-2?utm_source=chatgpt.com)
5. ISO 513:2012. Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges. — Geneva: ISO, 2012.
6. MAST Group. Каталог верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://mast-group.com.ua/ru/catalog/verstati\\_z\\_chpk](https://mast-group.com.ua/ru/catalog/verstati_z_chpk)
7. MAST PROM.UA. Верстати з ЧПК — асортимент, технічні характеристики, ціни [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mast.prom.ua>
8. SCHUNK. Toolholders. – Schunk GmbH – 2023. – 473р.
9. Автоматизовані системи проектування різальних інструментів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування/ КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л.М. Данилова. – Електронні текстові данні (1 файл: 14,254 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 118 с.
10. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>
11. Гевко Б. І., Пасічник В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. — Тернопіль: ТНТУ, 2012. — 310 с.
12. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс]: підруч. / В. П. Головенкін. – Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: [http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna\\_pedagogika.pdf](http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf)

13. Горбатюк Є.О. Технологія машинобудування: Навчальний посібник / Є.О. Горбатюк, М.П. Мазур, А.С. Зенкін, В.Д. Каразей. – Львів: "Новий Світ-2000", 2012. – 358 с.
14. Гузій В. М. Різальний інструмент: навчальний посібник / В. М. Гузій. — Київ: Вища школа, 2010. — 280 с.
15. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
16. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги.
17. Загальний каталог інструментів Sandvik Coromant Tool Guide [Електронний ресурс] URL: <https://tddomen.com.ua/obshhij-katalog-instrumenta-sandvik-coromant/>.
18. Капустін В. В. Металорізальні інструменти: конструювання та розрахунок. — Дніпро: ДНУ, 2013. — 260 с.
19. Каталог інструментів [www.coromant.sandvik.com](http://www.coromant.sandvik.com).
20. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: навч. посіб. / Житомир: ЖІТІ, 2001. — 600 с. Режим доступу: [https://koha.tntu.edu.ua/bib/104044?utm\\_source=chatgpt.com](https://koha.tntu.edu.ua/bib/104044?utm_source=chatgpt.com)
21. Коваленко В. М. Технологія машинобудування: підручник / В. М. Коваленко, С. В. Якименко. — К.: Ліра-К, 2018. — 472 с.
22. 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.
23. 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.
24. Косаковський А. Л. Технологія машинобудування. Частина 1: Основи теорії різання. — Київ: НАУ, 2011. — 240 с.
25. 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.

26. Мазур М. П. Основи теорії різання матеріалів: підруч. для вищ. навч. закладів / М. П. Мазур (гол. ред.). — Львів: Новий Світ-2000, 2009. - 422 с. Режим доступу: [https://web.kpi.kharkov.ua/cutting/book4/?utm\\_source=chatgpt.com](https://web.kpi.kharkov.ua/cutting/book4/?utm_source=chatgpt.com)

27. Мельник А. П. Верстати з ЧПК: принципи, системи управління, обслуговування. — Харків: Техніка, 2021. — 312 с.

28. Методика професійної освіти: навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ: Компринт, 2027. – 224 с.

29. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2027. – 82 с.

30. Обробні центри з ЧПК MAST / Офіційна сторінка компанії КМА-UA. — Режим доступу: <https://kma-ua.com.ua/obrobni-centri-z-chprk> — Назва з екрану.

31. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>

32. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» першого (бакалаврського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

33. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» другого (магістерського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

34. Основи теорії різання матеріалів: Підручник для вищ. навч. закладів / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазура. – Львів: Новий Світ-2000, 2009. – 422 с.

35. Основи технічного нормування [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ftv.ptngu.com/index8.html>

36. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: Навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

37. Поліщук В. А. Проектування заготовок у машинобудуванні : навчальний посібник. / В. А. Поліщук. – Миколаїв : НУК, 2017 – 274 с.

38. Проектування різальних інструментів. Фрези [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освіт. програмою “Конструювання та дизайн машин” спец. 131 – Прикладна механіка/ В. І. Солодкий : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2-ге вид. перероблене та доповн. – Електрон. текст. дані (1 файл). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 178 с.

39. Процеси виготовлення машин. Частина 1: Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник / А.В. Гагалюк, Ю.Є. Паливода. – Тернопіль: Осадца Ю. В., 2025. – 308 с.

40. Рахуба В. М. Металорізальні інструменти: конструкція, розрахунок, виготовлення. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. — 325 с.

41. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>

42. 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.

43. Сидоренко І. М. Інструментознавство: навчальний посібник. — Харків: НТУ "ХПІ", 2015. — 256 с.

44. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. — Вінниця: ВНТУ, 2023. — 116 с

45. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>

46. Федосов С. Г. Числове програмне керування у верстатах. — К.: Либідь, 2019. — 264 с.

47. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 –

Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А.м Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 421с.

48. Яковенко І.Е. Гнучкі виробничі системи: навчальний посібник для студентів напрямку 131 / – Прикладна механіка / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, О. М. Шелковой. Харків : «Діса плюс», 2019. – 246с.

49. Яковенко І.Е. Я 47 Технологічна оснастка. Конструкції. Перспективи.: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков – Харків: НТУ «ХП», 2024. – 312с.

## Додаток А.

### Програма моделювання роботи ОЦ MAST\_MM855\_S24

[Завантаження]  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -500, 0, 4, 0  
 Зсув, Товкач-2, 0, 0, 60, 1, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Плита - супутник-2, 973, 0, 0, 8, 0  
 Зсув, Товкач-2, 973, 0, 0, 8, 0  
 Зсув, Товкач-2, 0, 0, -60, 1, 0  
 Зсув, Товкач-2, -973, 0, 0, 8, 0  
 Прив'язка, Плита - супутник-2, Стіл поворотний  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, 169, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 1, Вісь маніпулятора  
 Зсув, Вісь маніпулятора, -200, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, -169, 2, 0  
 Зсув, Шпіндель, -106, 0, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 180, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 540, 4, 0  
 Зсув, Вісь маніпулятора, 200, 0, 0, 2, 0  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 1, Шпіндель  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, -540, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Шпіндель, 106, 0, 0, 2, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 90, 0, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Шпіндель, -42, 0, 0, 1, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 95, 0, 1, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 57600, 0, 0, 16, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 812, 0, 16, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 50400, 0, 0, 14, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -772, 0, 14, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 46800, 0, 0, 13, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 629, 0, 13, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0

Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 43200, 0, 0, 12, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -600, 0, 12, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 43200, 0, 0, 12, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 600, 0, 12, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 39600, 0, 0, 11, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -571, 0, 11, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 39600, 0, 0, 11, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 571, 0, 11, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 36000, 0, 0, 10, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -543, 0, 10, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 14400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 58, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 36000, 0, 0, 10, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 543, 0, 10, 0  
 Одночасно, 3  
 Зсув, Шпіндель, 42, 0, 0, 5, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабка, 0, 0, -464, 5, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -764, 0, 5, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Вісь маніпулятора, -90, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Шпіндель, -106, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 540, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, -4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 1, Вісь маніпулятора  
 Зсув, Вісь маніпулятора, -200, 0, 0, 2, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, -180, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, 169, 2, 0  
 Зсув, Вісь маніпулятора, 200, 0, 0, 2, 0  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 1, Інструментальний магазин  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, -169, 2, 0  
 Поворот, Інструментальний магазин, 0, 0, 12, 2, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, 169, 2, 0  
 Одночасно, 2

Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне управління 2, Вісь маніпулятора  
 Зсув, Вісь маніпулятора, -200, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, -169, 2, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 180, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Вісь маніпулятора, 200, 0, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне управління 2, Шпіндель  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, -540, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 90, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Шпіндель, 106, 0, 0, 2, 0  
 Одночасно, 3  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 380, 5, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 542, 0, 5, 0  
 Зсув, Стійка, -119, 0, 0, 5, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 50400, 0, 0, 14, 0  
 Зсув, Шпіндель, -780, 0, 0, 15, 0  
 Зсув, Шпіндель, 780, 0, 0, 7, 0  
 Одночасно, 3  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, -380, 5, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -542, 0, 5, 0  
 Зсув, Стійка, 119, 0, 0, 5, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Вісь маніпулятора, -90, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Шпіндель, -106, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 540, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, -4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне управління 2, Вісь маніпулятора  
 Зсув, Вісь маніпулятора, -200, 0, 0, 2, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, -180, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, 169, 2, 0  
 Зсув, Вісь маніпулятора, 200, 0, 0, 2, 0  
 Прив'язка, Інструментальне управління 2, Інструментальний магазин  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, -169, 2, 0  
 Поворот, Інструментальний магазин, 0, 0, -12, 2, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, 169, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне управління 1, Вісь маніпулятора  
 Зсув, Вісь маніпулятора, -200, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, -169, 2, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 180, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Вісь маніпулятора, 200, 0, 0, 2, 0

Прив'язка, Інструментальне оправлення 1, Шпіндель  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, -540, 4, 0  
 Зсув, Шпіндель, 106, 0, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 90, 0, 0, 2, 0  
 Поворот, Стіл поворотний, 0, 0, 180, 8, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 210, 4, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 371, 0, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 79200, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндель, -136, 0, 0, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 237600, 0, 0, 6, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 288, 6, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 39600, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 58, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 237600, 0, 0, 6, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, -288, 6, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 39600, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 58, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 237600, 0, 0, 6, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 288, 6, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 39600, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 58, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 237600, 0, 0, 5, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, -271, 5, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 39600, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 58, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 158400, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 240, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 118800, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 180, 0, 4, 0  
 Одночасно, 3  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 100, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндель, 70, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, -459, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 396000, 0, 0, 12, 0  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, -605, 0, 12, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Шпіндель, 356400, 0, 0, 11, 0  
 Зсув, Шпіндельна бабця, 0, 0, 533, 11, 0  
 Одночасно, 2

Зсув, Стіл поздовжній, 0, -278, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпindelьна бабця, 0, 0, -541, 4, 0  
 Зсув, Шпindelь, -40, 0, 0, 1, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, -90, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Шпindelьна бабця, 0, 0, 540, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, -4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 1, Вісь маніпулятора  
 Зсув, Вісь маніпулятора, -200, 0, 0, 2, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, -180, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, 169, 2, 0  
 Зсув, Вісь маніпулятора, 200, 0, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, 4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, -4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 1, Інструментальний магазин  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, -169, 2, 0  
 Поворот, Інструментальний магазин, 0, 0, 24, 4, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, 169, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 3, Вісь маніпулятора  
 Зсув, Вісь маніпулятора, -200, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Корпус маніпулятора, 0, 0, -169, 2, 0  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 180, 0, 0, 4, 0  
 Зсув, Вісь маніпулятора, 200, 0, 0, 2, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-1, 0, -4, 0, 1, 0  
 Зсув, Схоплення маніпулятора-2, 0, 4, 0, 1, 0  
 Очікування, 1  
 Прив'язка, Інструментальне оправлення 3, Шпindelь  
 Зсув, Шпindelьна бабця, 0, 0, -540, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Поворот, Вісь маніпулятора, 90, 0, 0, 2, 0  
 Зсув, Шпindelь, 106, 0, 0, 2, 0  
 Поворот, Стіл поворотний, 0, 0, 90, 4, 0  
 Одночасно, 2  
 Зсув, Стіл поздовжній, 0, 509, 0, 4, 0  
 Зсув, Шпindelьна бабця, 0, 0, 398, 4, 0  
 Очікування, 10

[Розвантаження]

## Додаток Б.

Вид заготовки — виливок. Матеріал — чавун СЧ 20. **Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус центровий бабки»**  
 Число деталей із заготовки — 1..

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення	Інструмент	№ в інструментальному магазині	Інструментальне оправлення, позначення	Режими різання (t, мм; n, хв <sup>-1</sup> ; s мм/хв)
005	1.ЛИТТЯ						
010	1.ОБРУБКА ВИЛИВКА.						
	2. ОЧИЩЕННЯ виливка.						
015	МАЛЯРСЬКА						
020	1. ФРЕЗЕРУВАТИ верхню площину 400301	Обробний центр MAST_MM855_S24	Пристосування				
	2. ФРЕЗЕРУВАТИ уступ на верхній площині 200301						
	3. ФРЕЗЕРУВАТИ бічну поверхню уступу 400302						
	4. ФРЕЗЕРУВАТИ площина 400201 попередньо						
025	1. ФРЕЗЕРУВАТИ нижню площину 400401	Обробний центр MAST_MM855_S24	Налагодження УСПО				
	2. Фрезерувати ліву бічну крайку 400101 попередньо						
030	1. ФРЕЗЕРУВАТИ площину 400601 попередньо	Багатоцільовий зі ЧПК й інструментальним магазином MAST_MM648_S16	Налагодження УСПО	Фреза торцева насадна дрібнозуба ліворізна із вставними ножами зі швидкорізальної сталі, ISO 26623	1	Оправлення Capto з конусом 7:24 для насадних торцевих фрез, ISO 26623-1:	t=2 мм.; n=; s= .
	2. РОЗТОЧИТИ отвір 500601 Ø168H9			Різець розточувальної, 25×25	2	Оправлення розточувальне конусна із кріпленням різця під кутом 90°, ISO 26623-1	

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення	Інструмент	№ в інструментальному магазині	Інструментальне оправлення, позначення	Режими різання (t, мм; n, хв <sup>-1</sup> ; s мм/хв)
	3. ФРЕЗЕРУВАТИ торець 400501 і торцеві виступи 400502 із припуском 2 мм під старіння			Фреза торцева насадна дрібнозуба ліворізна із вставними ножами зі швидкорізальної сталі, ISO 26623	1	Оправлення Carpo з конусом 7:24 для насадних торцевих фрез, ISO 26623-1	
	4. РОЗТОЧИТИ отвір 500101 Ø85			Різець розточувальної, 25×25	3	Оправлення Carpo з конусом 7:24 для насадних торцевих фрез, ISO 26623-1	
	5. ФРЕЗЕРУВАТИ бобишку 410102 попередньо, витримуючи розмір 164(162+2)						
035	1. ФРЕЗЕРУВАТИ похилу площину 290101 із припуском 2 мм під старіння	Обробний центр MAST_MM855_S24	Налагодження УСПО				
040	1. Притупити гострі краї	Верстат					
045	1. Термічна обробка						
050	1. Малярська						
055	1. ФРЕЗЕРУВАТИ нижню площину 400401 під шліфування.	Багатоцільовий зі ЧПК й інструментальним магазином MAST_MM648_S16	Налагодження УСПО	Фреза торцева насадна дрібнозуба ліворізна із вставними ножами зі швидкорізальної сталі, ISO 26623	1	Оправлення з конусом 7:24 для насадних торцевих фрез, ISO 26623-1	
	2. ФРЕЗЕРУВАТИ три заниження 770401 36×2×755,			Фреза шпонкова зі швидкорізальної сталі, ліворізна, ISO 26623	4	Патрон цанговий Coromant Carpo з конусом 7:24 для кріплення інструмента із циліндричним хвостовиком, ISO 26623	

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення	Інструмент	№ в інструментальному магазині	Інструментальне опрацювання, позначення	Режими різання (t, мм; n, хв <sup>-1</sup> ; s мм/хв)
	3. ФРЕЗЕРУВАТИ одне заниження 770402 95×2,5×755.			Фреза шпонкова зі швидкорізальної сталі, ліворізна, ISO 26623	4	Патрон цанговий з конусом 7:24 для кріплення інструмента із циліндричним хвостовиком, ISO 26623	
	4. ФРЕЗЕРУВАТИ одне заниження 770403 180×2,5×755 остаточно.			Фреза шпонкова зі швидкорізальної сталі, ліворізна, ISO 26623	4	Патрон цанговий з конусом 7:24 для кріплення інструмента із циліндричним хвостовиком, ISO 26623	
	5. СВЕРДЛИТИ 10 отворів 500201 Ø30.			Свердел Coromant Delta, R411.5-30034D30.00 K20 E37	5	Патрон для свердлів для закріплення інструмента із хвостовиком по ISO 9766, C5-391.27-32 075. G42	
	6. РОЗСВЕРДЛИТИ 10 отворів 500202 Ø58.			Свердел Coromant U, R416.2-0580L40-21 E54	6	Патрон для свердлів для закріплення інструмента із хвостовиком по ISO 9766, C6-391.27-40 085 G42	
	7. СВЕРДЛИТИ два технологічних отвори 500401 Ø30H7.			Свердел Coromant U, R416.2-0320L40-21 E54	7	Патрон для свердлів для закріплення інструмента із хвостовиком по ISO 9766, C6-391.27-40 085 G42	
	8. СВЕРДЛИТИ два отвори 500402 Ø58			Свердел Coromant U, R416.2-0580L40-21 E54	6	Патрон для свердлів для закріплення інструмента із хвостовиком по ISO 9766, C6-391.27-40 085 G42	
	9. РОЗТОЧИТИ 10 отворів 500201 Ø32.						
	10. РОЗТОЧИТИ 10 отворів 500202 Ø60.						

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення	Інструмент	№ в інструментальному магазині	Інструментальне оправлення, позначення	Режими різання (t, мм; n, хв <sup>-1</sup> ; s мм/хв)
	11. РОЗТОЧИТИ два технологічні отвори 500401 Ø32H7.						
	12. РОЗТОЧИТИ два отвори 500402 Ø80.						
	13. ФРЕЗЕРУВАТИ уступ 400101 на лівій бічній поверхні в розмір 725 остаточно.						
	14. Фрезерувати 290101 похилу площину остаточно,						
	15. Фрезерувати дві фаски 080301 і 080302 5 × 45° остаточно.						
	16. Фрезерувати верхню площину 400301 остаточно						
060	1. Шліфувати нижню площину 400401 остаточно	Плоскошліфувальний 3Д722Ф2	Пристосування				
065	1. Фрезерувати торці передніх виступів 400202 остаточно.	Багатоцільовий зі ЧПК й інструментальним магазином MAST_MM648_S16	Налагодження УЗПО				
	2. Фрезерувати площина 400201 остаточно.			Фреза торцева насадна дрібнозуба ліворізна із вставними ножами зі швидкорізальної сталі, ISO 26623	1	Оправлення з конусом 7:24 для насадних торцевих фрез, ISO 26623-1	
	3. Розточити отвір 500601 Ø180H7			Різець розточувальної, 25×25	2	Оправлення розточувальне конусна із кріпленням різця під кутом 900, ISO 26623-1	

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення	Інструмент	№ в інструментальному магазині	Інструментальне оправлення, позначення	Режими різання (t, мм; n, хв <sup>-1</sup> ; s мм/хв)
	4. Фрезерувати бобишку 410102 остаточно, витримуючи розмір 162, остаточно.						
	5. СВЕРДЛИТИ 500501 Ø10 у шести отворах.						
	6. НАРІЗАТИ різьблення 800501 M12 — 7H у шести отворах.						
	7. Фрезерувати площина 400201 остаточно.						
	8. РОЗТОЧИТИ отвір 500101 Ø90H7 остаточно.			Різець розточувальної, 25×25	3	Оправлення розточувальне конусна із кріпленням різця під кутом 90°, ISO 26623-1	
	9. Свердлити 500102 Ø8 у шести отворах остаточно.						
	10. НАРІЗАТИ різьблення 500102 M10 — 7H у шести отворах остаточно.						
	11. Розточити отвір 500502 Ø70 остаточно.						
	12. Розточити отвір 500503 Ø60 остаточно.						
070	1. Розточити конус 830501 Ø211,405 ∠5° остаточно.	Багатоцільовий зі ЧПК й інструментальним магазином MAST_MM648_S16	Пристосування				
	2. РОЗТОЧИТИ отвір 500601 Ø179,9H7.						

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення	Інструмент	№ в інструментальному магазині	Інструментальне оправлення, позначення	Режими різання (t, мм; n, хв <sup>-1</sup> ; s мм/хв)
075	1.Хонинговать отвір 500601Ø180H7 остаточно.	Обробний центр MAST_MM855_S24	Нормальне кріплення				
080	1. Притупити гострі країки	Верстат					
085	1. Технічний контроль						
090	1. Нанесення антикорозійного покриття						

ДОДАТОК В  
ПРЕЗЕНТАЦІЯ



# Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі "Корпус центровий бабки" в САПР ТП «MasterCam» Sandvik Group

Обробний центр  
MAST\_MM855\_S24



## Структура маршруту обробки

Конкретные III  
1.002.2331.2 Корпус центральной бабки

- Деталь
  - 005 Литье
  - 010 Очистка
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Обработка отливки
    - 003 Очистка отливки
  - 015 Малаярная
  - 020 Фрезерная
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Фрезеровать верхнюю плоскость 400301
    - 003 Фрезеровать уступ на верхней плоскости 200301
    - 004 Фрезеровать плоскость 400201 предварительно
    - 005 Б. Переустановить и закрепить
    - 006 Фрезеровать боковую поверхность уступа 400302
  - 025 Фрезерная
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Фрезеровать нижнюю плоскость 400401
    - 003 Фрезеровать левую боковую кромку 400101 предварительно
  - 030 Многоцелевая
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Фрезеровать плоскость 400601 предварительно
    - 003 Расточить отверстие 500601 до диаметра 168 Н9 (+0,1) мм
    - 004 Фрезеровать торец 400501 и торцевые выступы 400502 с припуском 2 мм под старение
    - 005 Расточить отверстие 500101 до диаметра 85 мм
    - 006 Фрезеровать плоскость 400102 размера x 164 мм
  - 035 Фрезерная
    - 001 А. Установить деталь на станке, выверить по разметке.
    - 002 Фрезеровать наклонную плоскость 230101 с припуском 2 мм под старение
  - 040 Слесарная
    - 001 Пригупить острые кромки
  - 045 Термообработка
    - 001 Произвести термическую обработку детали
  - 050 Малаярная
  - 055 Многоцелевая
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Фрезеровать нижнюю плоскость 400401 под шлифование
    - 003 Фрезеровать три занижения 770401 размера 36 x 755 мм
  - 004 Фрезеровать одно занижение
  - 005 Фрезеровать одно занижение 770403 180x2,5x755 окончательно
  - 006 Сверлить 10 отверстий 500201 диаметром 30 мм
  - 007 Рассверлить 10 отверстий 500202 диаметром 58 мм
  - 008 Сверлить два отверстия технологических 500401 диаметром 30 Н7 (+0,021) мм
  - 009 Сверлить два отверстия 500402 диаметром 58 мм
  - 010 Расточить 10 отверстий 500201 до диаметра 32 мм
  - 011 Расточить 10 отверстий 500202 до диаметра 60 мм
  - 012 Расточить два технологических отверстия 500401 до диаметра 32 Н7 (+0,025) мм
  - 013 Расточить два отверстия 500402 до диаметра 80 мм
  - 014 Фрезеровать плитку 400101 на левой боковой поверхности в размер 725 окончательно
  - 015 Фрезеровать наклонную плоскость 230101 окончательно
  - 016 Фрезеровать две фаски 80301 и 080302 5x45 окончательно
  - 017 Фрезеровать верхнюю плоскость 400301 окончательно
  - 060 Шлифовальная
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Шлифовать нижнюю плоскость 400401 окончательно
  - 065 Многоцелевая
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Фрезеровать торцы передних выступов 400202 окончательно
    - 003 Фрезеровать плоскость 400201 окончательно
    - 004 Расточить отверстие 500601 до диаметра 180 Н7 (+0,04) мм
    - 005 Фрезеровать поверхность 410101 выдвигая размер 162мм
    - 006 Сверлить отверстие 500501 диаметром 10 мм в шести отверстиях
    - 007 Нарезать резьбу 500501 М12 Н7 (+0,018)
    - 008 Фрезеровать плоскость 400201 окончательно
    - 009 Расточить отверстие 500101 до диаметра 90 Н7 (+0,035) мм окончательно
    - 010 Сверлить отверстие 500102 диаметром 8 мм
    - 011 Нарезать резьбу 500102 М10 Н7 (+0,015)
    - 012 Расточить отверстие 500502 до диаметра 70 мм окончательно
    - 013 Расточить отверстие 500503 до диаметра 60 мм окончательно
  - 070 Расточная
    - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
    - 002 Расточить конус 830501 с диаметра 211 мм до диаметра 405 мм, под угол 5 град.
    - 003 Расточить отверстие 500601 до диаметра 179,3 Н7 (+0,04) мм
  - 075 Сверлильная
    - 001 Хонинговать отверстие 500601
  - 080 Слесарная
    - 001 Пригупить острые кромки

№	Код_наименование	Сопражен
030101	врЦилиндрическая\00	врЦилиндрическая\цикляная\02
080301	врФаска\верхняя\01	
080302	врФаска\верхняя\02	
200301	врФланец_фасонный\верхняя\01	
230101	врКос\справа\01	
230102	врКос\справа\02	
400101	врПлоская\справа\01	
400102	врПлоская\справа\02	
400201	врПлоская\слева\01	
400202	врПлоская\слева\02	
400301	врПлоская\верхняя\01	
400302	врПлоская\верхняя\02	
400401	врПлоская\нижняя\01	
400402	врПлоская\нижняя\02	
400501	врПлоская\передняя\01	
400502	врПлоская\передняя\02	
400601	врПлоская\задняя\01	
410101	врБольшая\справа\01	
500101	врЦилиндрическая\справа\01	
500201	врЦилиндрическая\слева\01	
500202	врЦилиндрическая\слева\02	
500301	врЦилиндрическая\нижняя\01	
500302	врЦилиндрическая\нижняя\02	
500401	врЦилиндрическая\цикляная\01	
500402	врЦилиндрическая\цикляная\02	
500403	врЦилиндрическая\цикляная\03	
500501	врЦилиндрическая\передняя\01	
500502	врЦилиндрическая\передняя\02	
500503	врЦилиндрическая\передняя\03	
500601	врЦилиндрическая\задняя\01	

Код	Элемент
030101	врЦилиндрическая
00	Тип
врЦилиндрическая\00	Название
Р80	Шерохов-сть
00002	Сопражен

## Последовательность формирования операций и переходов

Ввод Текст

Фрезеровать плоскость 400601 предварительно

400601 | врПлоская\задняя\01 | № перехода | 002

РМ режущий инструмент, СИ универсальный, ВИ вспомогательный, ПР, М.

РМ Р4 Фреза R230-06302-13М	-	0
ВИ РМ Пластика R230-121308М-КМ 3040	-	0

Режим | Параметры | Обраб | Условия | В.Карту | Эскиз

Т.о.	Параметр	Значение	Текст
20	t	2	
5,6	v	130	
*	x	0	

Операция: Многоцелевая

Цех 01 | Участок 01 | Раб.место 02 | № операции 030 | Л

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

Б Многоцелевой с ЧПУ и инструментальным магазином ИФ	0
ПР УСП	0
Ж	0

Ввод | Текст | Текст инструкции

Нормы | Работы | Параметры | Условия | Тип карты

Тип: 25,6 | % увеличения Тип: 0

Тпс: 5,2 | Кол.дан.обр.дет. КОИД:

Ито SolidWorks 3D/2D | Из файла | Для остальных поверхностей

Шероховатость | Квалитет

Сведения1 | Сведения2 | Сведения3 | В.к.арты | Характеристики | Документы

Наименование изделия	Центровая бабка
Обозначение сб. единицы	МШ-36а
Обозначение детали	1.002.2331.2
Наименование детали	Корпус центральной бабки
Материал	СЧ 20 ГОСТ 1412-85
Заготовка/Сортанент	Отливка
Профиль и размеры	1200 X 750 X 500 мм
Твердость детали	НРС 32..40
Масса детали	740
Масса заготовки	753
Заказ	1
Объем партии	10
Предельная твердость	0

Не пересчитывать номер операции

# Розробка групових технологічних операцій отримання деталі «Корпус центрової бабки» у системі MasterCam

Фрагменти структури операцій, сформованих в системі MasterCam

## Операція 020:

Операція: Фрезерная  
 Цех: 01 | Участок: 01 | Раб. место: 01 | № операции: 020 л

Б. оборудование: ПР приспособление, М вспом. материал, Ж сож. Ш шифр инструмента:  
 ► В Продольно-фрезерный БМ510Ф11 | 0 |  
 ► ПР Привлек 100x45 7011-0061 ГОСТ 12937-67 | 0 |

Ввод: Текст | Текст инструкции:

Нормы: Работы | Параметры | Условия | Тип карты

Тип:	0	% увеличения Тип:	0
Тпл:	0	Код одн.обрад. КОИД:	

Режим: Параметры | Обраб | Условия | В Карту | Эскиз

Т:	0	Параметр:	Значение:	Текст:
Тв:	0	t	2	
		V	240	
		*	0	

## Операція 025:

Операція: Фрезерная  
 Цех: 01 | Участок: 01 | Раб. место: 01 | № операции: 025 л

Б. оборудование: ПР приспособление, М вспом. материал, Ж сож. Ш шифр инструмента:  
 ► ПР УСП | 0 |  
 ► В Продольно-фрезерный БМ610Ф11 | 0 |

Ввод: Текст | Текст инструкции:

Нормы: Работы | Параметры | Условия | Тип карты

Тип:	0	% увеличения Тип:	0
Тпл:	0	Код одн.обрад. КОИД:	

Режим: Параметры | Обраб | Условия | В Карту | Эскиз

Т:	0	Параметр:	Значение:	Текст:
Тв:	0	t	130	
		V	0	
		*	0	

## Операція 030:

Операція: Многоцелевая  
 Цех: 01 | Участок: 01 | Раб. место: 02 | № операции: 030 л

Б. оборудование: ПР приспособление, М вспом. материал, Ж сож. Ш шифр инструмента:  
 ► В Многоцелевой с ЧПУ и инструментальным магазином ИИ | 0 |  
 ► ПР УСП | 0 |

Ввод: Текст | Текст инструкции:

Нормы: Работы | Параметры | Условия | Тип карты

Тип:	0	% увеличения Тип:	0
Тпл:	0	Код одн.обрад. КОИД:	

Режим: Параметры | Обраб | Условия | В Карту | Эскиз

Т:	0	Параметр:	Значение:	Текст:
Тв:	0	t	9	
		V	235	
		*	0	

Розрахунок припусків на операціях виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» на гнучкій автоматизованій ділянці

Деталь

- 005 Литье
- 010 Чистка
- 015 Маларная
- 020 Фрезерная
  - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
  - 002 Фрезеровать верхнюю плоскость 400301
  - 003 Фрезеровать уступ на верхней плоскости 200301
  - 004 Фрезеровать плоскость 400201 предварительно
  - 005 Б. Переустановить и закрепить
  - 006 Фрезеровать боковую поверхность уступа 400302
- 025 Фрезерная
  - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
  - 002 Фрезеровать нижнюю плоскость 400401
  - 003 Фрезеровать левую боковую кромку 400101 предварительно
- 030 Многоцелевая
  - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
  - 002 Фрезеровать плоскость 400601 предварительно
  - 003 Расточить отверстие 500601 до диаметра 168 Н9 (+0,1) мм
  - 004 Фрезеровать торцы 400501 и торцевые выступы 400502 с припуском 2 мм по
  - 005 Расточить отверстие 500101 до диаметра 85 мм

Фрезеровать торцы 400501 и торцевые выс 400502 с припуском 2 мм под старение

400501 | nrПлоская\передняя\01 | № пере

РИ режущий инструмент, СИ измерительный, ВИ вспомогательный, ПР, М:

- РИ Фреза R290-063022-12M | 0 |
- РИ Пластинка R290-12T 308M-КМ 3040 | 0 |

Режим: Параметры | Обраб | Условия | В Карту | Эскиз

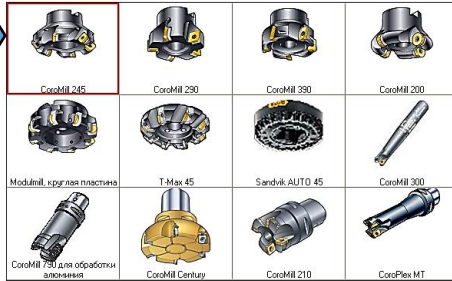
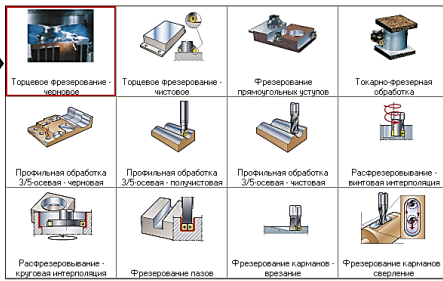
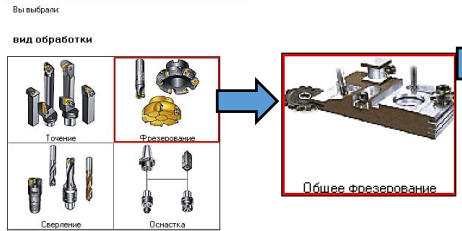
Т:	0	Параметр:	Значение:	Текст:
Тв:	0	t	2	
		V	180	
		*	0	

## Стартовое вікно програми CoroGuide



# Автоматизированный выбор режущего инструмента фирмы SANDVIK COROMANT и расчет режимов обработки на верстате модели MAST\_MM855\_S24

## Поиск по области применения



## Поиск по области применения

Вы выбрали: Фрезерование > Общее фрезерование >

Торцевое фрезерование - черное > CoroMill 245

Выберите тип установки



Продукт: R245-12 T3 M-KM 3040

Выборить тип информации

Расположения по режимам резания

Рисунки из каталога

Параметр	Значение
Weight	0.0056
Insert_Size	12
IC	13.4
r	3.96875
ba	2
la	10
le	1.5

961488.jpg

## Поиск по области применения

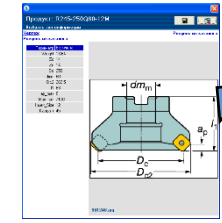
Вы выбрали: Фрезерование > Общее фрезерование > Торцевое фрезерование - черное > CoroMill 245 > Крепление на оправке

Показать фрезы Показать пластины

### Выборенные пластины

Количество: 34

Область ISO	Код заказа	W[mm]	IC	IC	Insert_Size	la	le	r
K	R245-12 T3 M-KM	1020	0.007	1.47	13.4	12	10	1.7
K	R245-18 T6 M-KM	1020	0.0194	1.5	18	13	11	6.1
K	R245-12 T3 E-KL	3020	0.0056	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 E-M	3020	0.0089	8.2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-KL	3020	0.0074	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-KL	3020	0.007	2.1	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-KL	3020	0.0068	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-KM	3040	0.0067	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-KL	3040	0.0068	2.1	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-KL	3040	0.0068	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-18 T6 M-KM	3040	0.0199	1.5	18	13.5	11	6.1
K	R245-12 T3 E-KL	3220	0.0066	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 E-M	3220	0.008	8.2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-KH	3220	0.007	1.47	13.4	12	10	1.7
K	R245-12 T3 M-KL	3220	0.0063	1.47	13.4	12	10	1.7
K	R245-12 T3 M-KM	3220	0.0063	1.47	13.4	12	10	1.7
K	R245-12 T3 M-PH	4020	0.0068	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-PL	4020	0.0063	2.1	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-PM	4020	0.0068	2	13.4	12	10	1.5
K	R245-12 T3 M-PL	4020	0.0063	1.5	10	10	13.4	1



## Поиск по области применения

Вы выбрали: Фрезерование > Общее фрезерование > Торцевое фрезерование - черное > CoroMill 245 > Крепление на оправке

Показать фрезы Показать пластины

### Выборенная фреза

Количество: 36

Код заказа	Weight	IC_max	IC	IC_min	Insert_Size	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC
R245-12504012L	3.22	6	125	12.5	40	12	45	63						
R245-12504012M	3.12	6	125	137.5	40	12	45	63						
R245-12504018H	3.64	10	125	136.8	40	18	45	63						
R245-12504018M	3.74	10	125	136.8	40	18	45	63						
R245-16004012H	4.4842	6	160	172.5	40	12	45	63						
R245-16004012L	4.6391	6	160	172.5	40	12	45	63						
R245-16004012M	4.5	6	160	172.5	40	12	45	63						
R245-16004018H	4.98	10	160	176.8	40	18	45	63						
R245-16004018M	4.8	10	160	176.8	40	18	45	63						
R245-2006012H	9.84	6	200	212.5	60	12	45	63						
R245-2006012L	10.4	6	200	212.5	60	12	45	63						
R245-2006012M	10.64	6	200	212.5	60	12	45	63						
R245-2006018H	11.3	10	200	216.8	60	18	45	63						
R245-2006018M	11.7	10	200	216.8	60	18	45	63						
R245-2506012H	14.34	6	250	262.5	60	12	45	63						
R245-2506012L	13.48	6	250	262.5	60	12	45	63						
R245-2506012M	13.64	6	250	262.5	60	12	45	63						
R245-2506018H	16	10	250	268.8	60	18	45	63						
R245-2506018M	16.3	10	250	268.8	60	18	45	63						

Расчет режимов резания

Файл Помощь

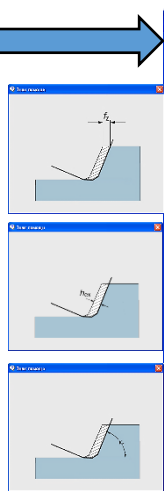
Фрезерование

Выборите тип фрезерования

Выборите тип пластины

Материал пластины

Режимы резания для фрезерования



Фрезерование

Файл Опции Помощь Формулы расчета

Типовое фрезерование Пластины прямой реж. кромок

Материал детали (выберите: Стандарт и Обозначения или CMC)

Национальный стандарт: CMC No. 08.2

Обозначение: 245 HB

Сплавы Coromant: 3040

Параметры (выбрать fz, hex или hm)

Подана на зуб (fz): 0.28 mm

Максимальная толщина стружки (fmax): 0.20 mm

Средняя толщина стружки (favg): 0.13 mm

Режущий диаметр (Dc): 250 mm

Главный угол резания (K<sub>r</sub>): 45°

Число эффективных режущих кромок (zc): 14 шт.

Глубина резания (ap): 2 mm

Рабочая поверхность контакта (ae): 250 mm

Начало рабочей поверхности контакта (ae1): 0 mm

Рекомендации по режимам резания

Скорость резания (vc): 130 m/min

Обороты шпинделя (n): 163 rpm

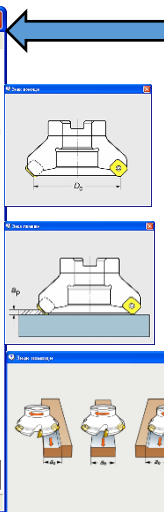
Скорость подачи (vf): 639 mm/min

Мощность резания (Pc): 10 kW

Скорость съема металла (Q): 315 cm<sup>3</sup>/min

Момент резания (Mc): 60 Nm

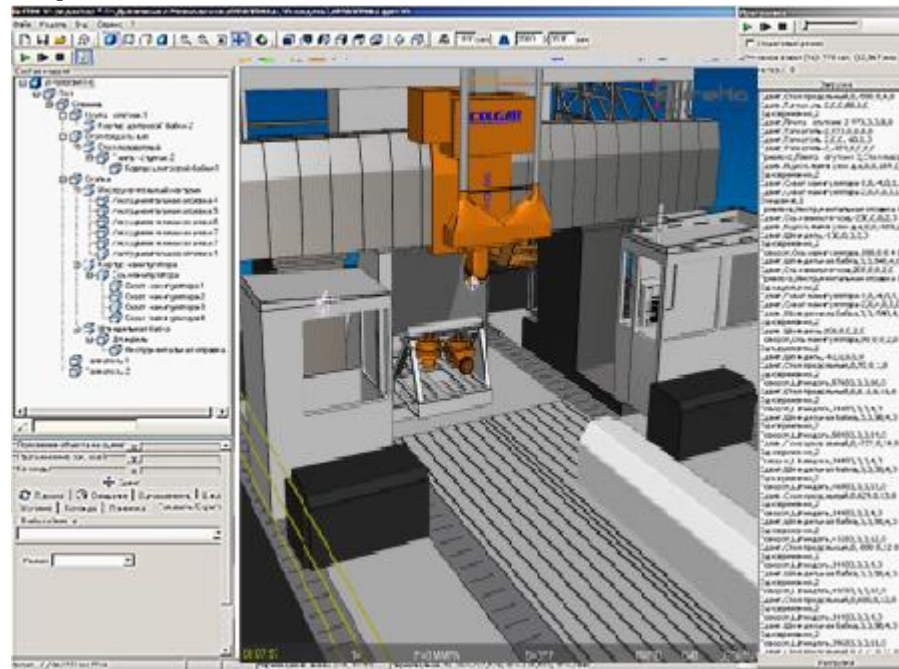
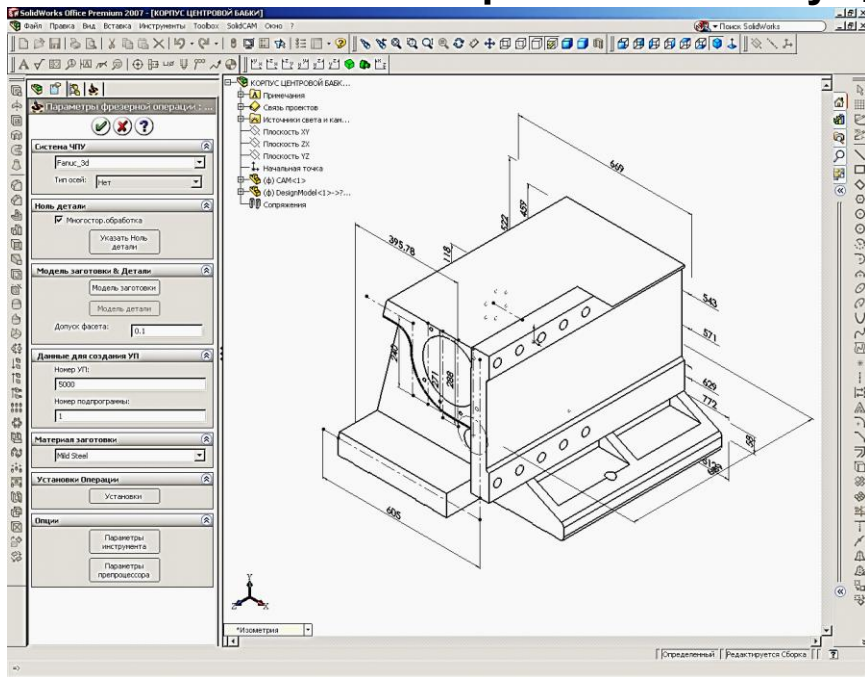
Расчитать



CMC Groups

ISO	DIC [mm]	HBmin	Unit	Material
S	20.11	300	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	20.12	280	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	20.21	250	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	20.22	300	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	20.24	300	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	20.31	300	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	20.32	300	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	20.33	320	HB	Жаропрочные сплавы. На основе легкого сплава алюминия и титана
S	21	400	HB/min2	Титановые сплавы. Легированный титан (Ti-6Al-4V)
S	21.1	350	HB/min2	Титановые сплавы. Легированный титан (Ti-6Al-4V)
S	21.2	1950	HB/min2	Титановые сплавы. Легированный титан (Ti-6Al-4V)
N	10	10	HB	Легкие металлы. Алюминий
N	10.1	50	HB	Легкие металлы. Алюминий
N	10.11	80	HB	Алюминиевые сплавы. Дюралюминий, в т.ч. окисленные сплавы
N	10.12	100	HB	Алюминиевые сплавы. Дюралюминий, в т.ч. окисленные сплавы
N	10.21	75	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.22	90	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.31	130	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.4	130	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.41	110	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.42	110	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.51	110	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.52	90	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы
N	10.53	100	HB	Алюминиевые сплавы. Легкие металлы

# Розробка керуючої програми виготовлення деталі «Корпус центрової бабки» на оброблювальному центрі MAST\_MM855\_S24



## Визначення припусків на обробку деталі «Корпус центрової бабки»

- Деталь
- 005 Литьє
- 010 Очистка
- 015 Маларная
- 020 Фрезерная
  - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
  - 002 Фрезеровать верхнюю плоскость 400301
  - 003 Фрезеровать уступ на верхней плоскости 200301
  - 004 Фрезеровать плоскость 400201 предварительно
  - 005 Б. Переустановить и закрепить
  - 006 Фрезеровать боковую поверхность уступа 400302
- 025 Фрезерная
  - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
  - 002 Фрезеровать нижнюю плоскость 400401
  - 003 Фрезеровать левую боковую кромок 400101 предварительно
- 030 Многоцелевая
  - 001 А. Установить деталь на станке, закрепить и снять после обработки
  - 002 Фрезеровать плоскость 400601 предварительно
  - 003 Расточить отверстие 500601 до диаметра 168 Н9 (+0.1) мм
  - 004 Фрезеровать торцы 400501 и торцевые выступы 400502 с припуском 2 мм по старению
  - 005 Расточить отверстие 500101 до диаметра 85 мм

Ввод Текст

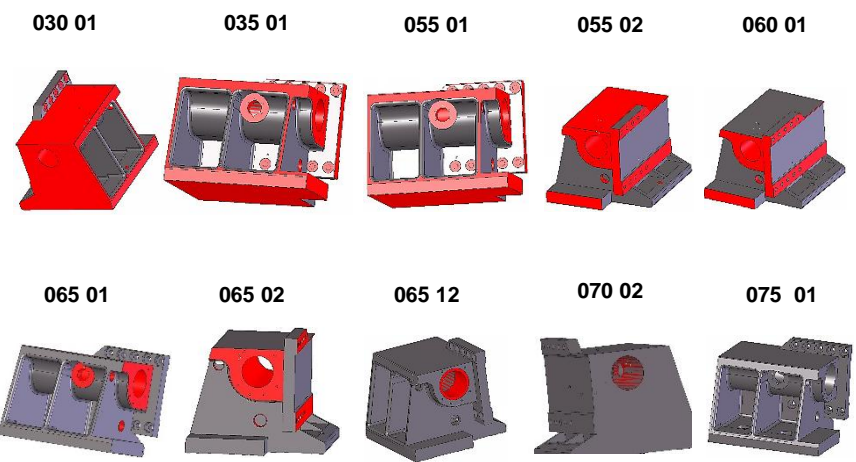
Фрезеровать торцы 400501 и торцевые выступы 400502 с припуском 2 мм под старение

400501 нрПлоская\передняя\01 № перек

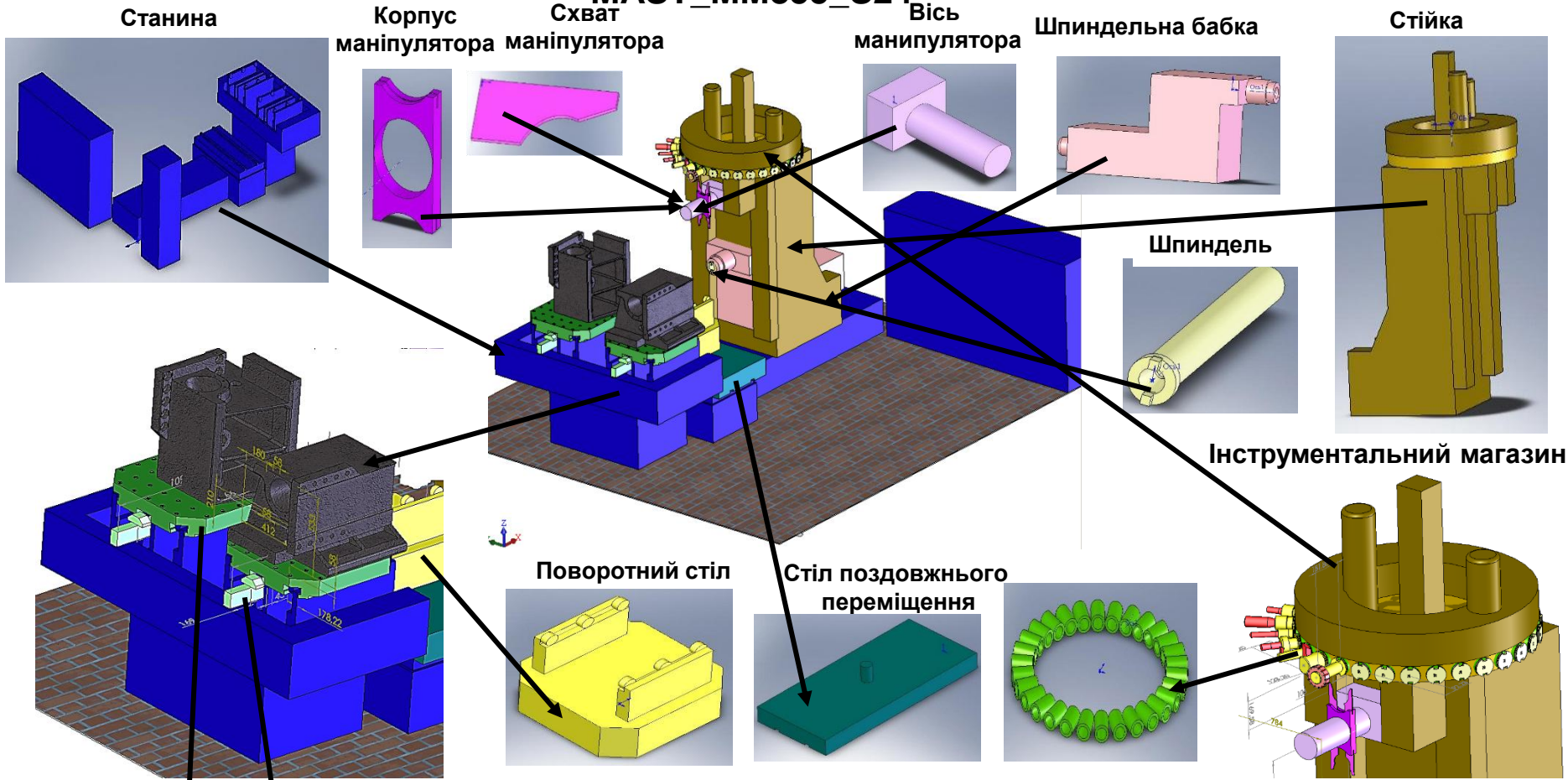
РИ режущий инструмент, СИ измерительный, ВИ вспомогательный, ПР, М:

- RI Фреза R290-063Q22-12M
- RI Пластина R290-12T308M-КМ 3040

Режим	Параметры	Образ	Условия	В Карту	Эскиз
То:	0	t	Значение: 2	Текст:	
Тв:	0	v	Значение: 180	Текст:	
		*	Значение: 0	Текст:	



## MAST\_MM855\_S24



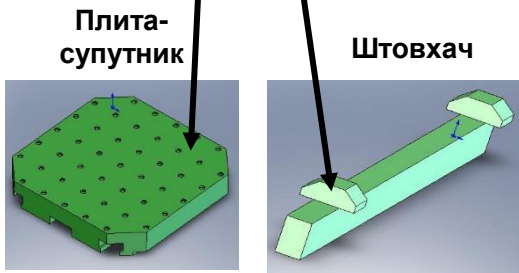
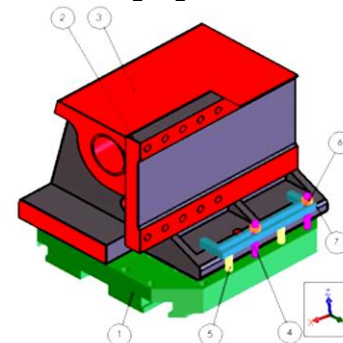
### Базування деталі "Корпус центрової бабці" на плиті супутника

#### Формула базування

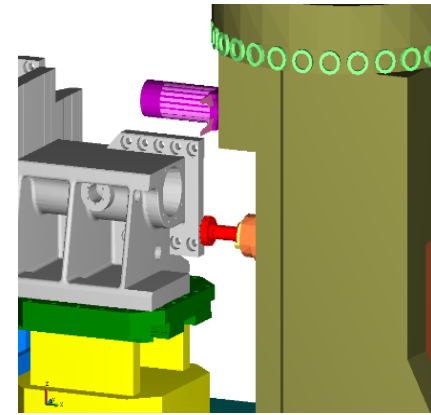
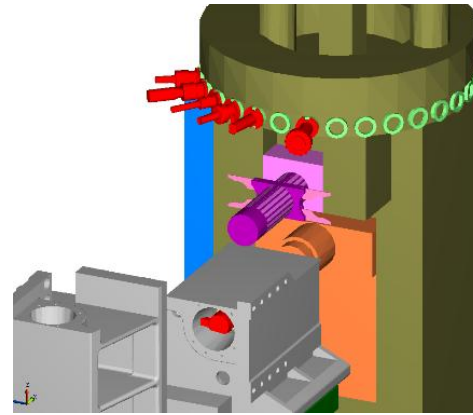
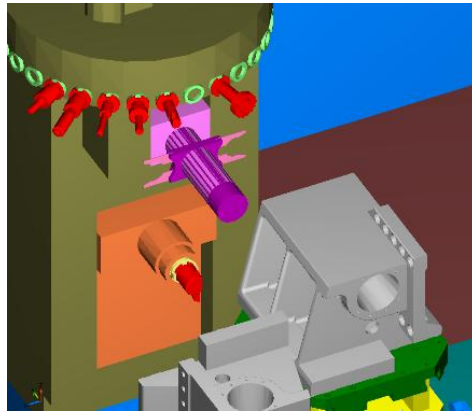
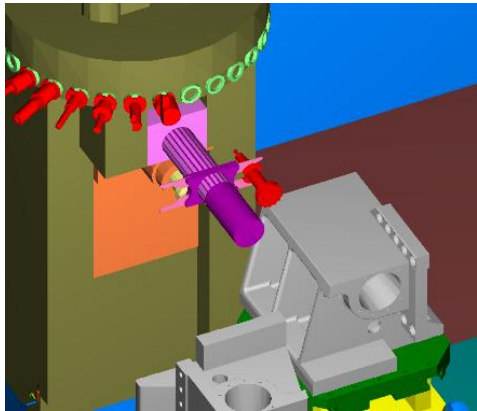
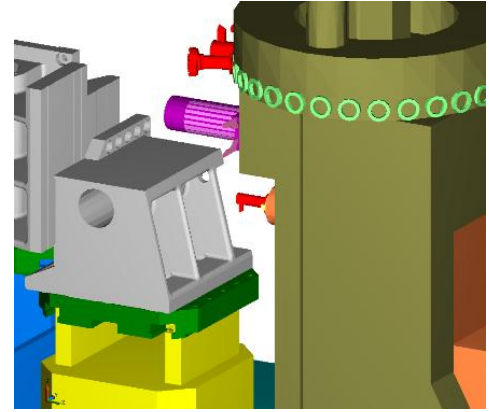
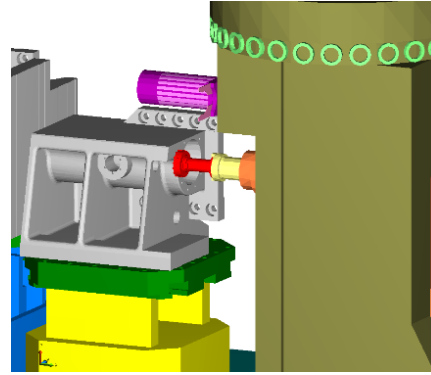
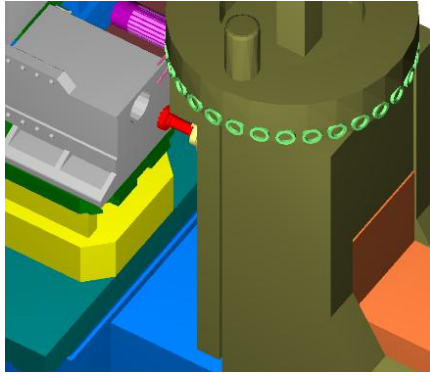
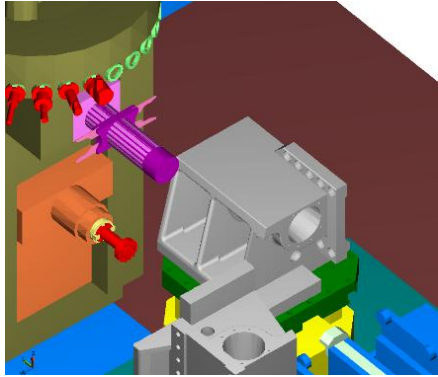
- настановна база  $\begin{matrix} | & \square & \square & \square \\ \hline & & & \end{matrix}$
- напрямна база  $\begin{matrix} | & \square & : \\ \hline & & \end{matrix}$
- опорна база  $\begin{matrix} | & \square \\ \hline & \end{matrix}$

$$6 = 3 + 2 + 1$$

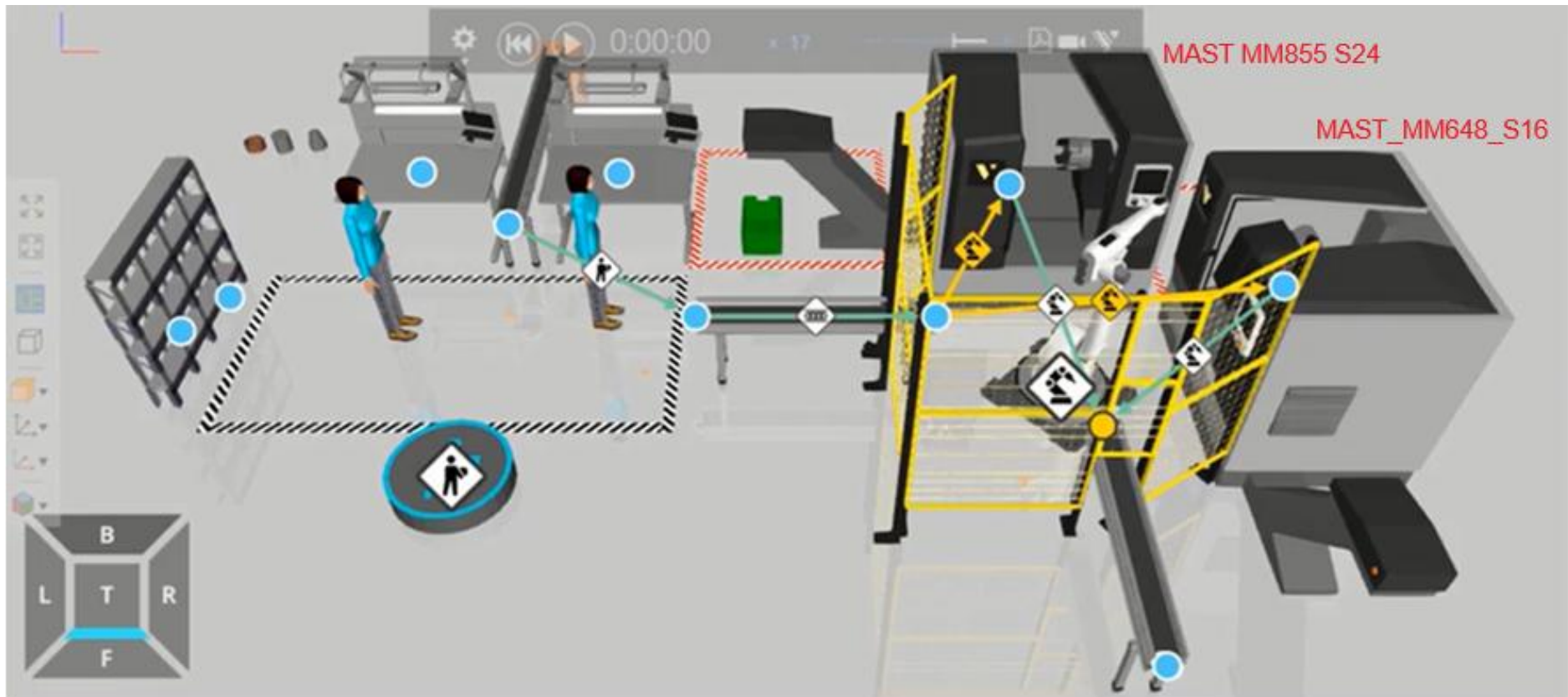
Позиція	Позначення деталі	Кіл-ть
1	ИР800ПМФ4 Плита супутник	1
2	Корпус центрової бабки	1
4	Шпилька 018_24	4
3	Корпус центрової бабки Припуск	1
5	Палець базовий 0/8_26	3
6	M24	4
7	Прихват	2



Моделювання процесу обробки деталі «Корпус центровий бабці»  
на ОЦ моделі MAST\_MM855\_S24



# Компонування гнучкої виробничої системи (ГВС) для обробки деталі «Корпус центрової бабки» за допомогою системи DELMIA «Simulation + Virtual Reality» 8



Process Flow Editor

Product	Process Steps
Fixture	FixtureFeeder → FixtureBuffer → ManualProcess
CopperTurningFixture	
TurningCycle1	FromFeeder → ManualProcess → ToRobotBuffer → FromRobotBuffer → SmallTurning → Sink
Part1	
TurningCycle2	FromFeeder → ToRobotBuffer → FromRobotBuffer → SmallTurning
Part2	

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було проведено комплексне дослідження технологічності деталі «Корпус центрової бабки», розроблено технологічний процес її виготовлення та виконано низку розрахунків, що підтверджують ефективність запропонованих рішень.

У результаті виконаної роботи встановлено наступне:

Деталь «Корпус центрової бабки» є технологічною, має раціональну конструкцію, однак окремі поверхні потребують додаткової механічної обробки для забезпечення необхідної точності та чистоти поверхні.

Розроблено типовий технологічний процес обробки деталі на багатоцільовому верстаті MAST\_MM855\_S24, який передбачає послідовне виконання основних операцій з урахуванням вимог до точності, шорсткості та взаємного розташування поверхонь.

Визначено структуру операцій і технологічних переходів, що дозволяє оптимізувати послідовність обробки та скоротити допоміжний час.

Для забезпечення високої якості обробки підбрано сучасний різальний інструмент фірми CoroGuide та відповідне технологічне оснащення, що відповідає вимогам багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24.

Проведено розрахунок режимів різання для обробки деталі на верстаті MAST\_MM648\_S16 з використанням інструменту фірми Sandvik Coromant. Оптимізація режимів дозволила підвищити продуктивність обробки, зменшити зношування інструменту та скоротити собівартість виготовлення деталі.

Розроблено імітаційну модель багатоцільового верстата MAST\_MM855\_S24, що включає:

- імітаційну модель транспортної системи оброблювального центру;
- імітаційну модель накопичувача оброблювального центру.

Створена модель дозволяє проаналізувати функціонування обладнання, визначити вузькі місця в процесі обробки та підвищити ефективність використання виробничого устаткування.

Виконано порівняльний аналіз обробки деталі на традиційному обладнанні та на багатоцільовому верстаті, який показав, що застосування сучасного верстатного комплексу дає змогу зменшити тривалість виробничого циклу, скоротити кількість переналагоджень та забезпечити стабільну якість продукції.

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розробленого технологічного процесу в умовах серійного виробництва, що дозволить підвищити технічний рівень підприємства, скоротити витрати часу та ресурсів.

Наукова новизна роботи полягає у застосуванні сучасних методів моделювання та оптимізації процесу обробки на багатоцільовому верстаті, що сприяє вдосконаленню системи автоматизованого проектування технологічних процесів.

Отже, розроблений технологічний процес і створена імітаційна модель підтверджують доцільність використання багатоцільових верстатів нового покоління при виготовленні деталей типу «Корпус центрової бабки», що забезпечує високу ефективність, точність і надійність виробничого процесу.

Розроблений в роботі дидактичний проєкт факультативного заняття забезпечує поетапне формування компетентностей студентів у сфері оптимізації групових технологічних процесів на сучасних обробних центрах. Використання імітаційного моделювання підвищує наочність навчання, сприяє глибшому засвоєнню матеріалу та розвитку аналітичних і проєктних умінь. Проєкт створює ефективні методичні умови для підготовки фахівців машинобудівної галузі, здатних приймати технологічно обґрунтовані рішення та працювати з високотехнологічним обладнанням.