

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

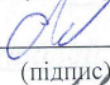
Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення продуктивності багатоопераційного верстата 2А622-МФ2 за рахунок застосування гнучкого промислового модуля.


(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ-ПОМ23мг
спеціальності: 015.34 Професійна освіта
(Машинобудування)

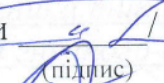
(шифр / назва напрямку підготовки, спеціальності)

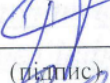
 / Данило ПОДОПРИГОРА
(підпис) (ім'я та прізвище)


Керівник  / Олександр НАЗАРКІН
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент  / Костянтин БРОВКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

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

Нормоконтроль  / Антон СКОРКІН
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

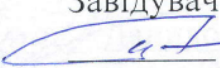
Харків – 2024 рік

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 015.34 Професійна освіта (Машинобудування)
Освітньо-професійна програма Професійна освіта (Машинобудування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТіЗ

 О.Л. Подоляк

“12” жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

другого (магістерського) рівня вищої освіти

студенту (ці) Данилу ПОДОПРИГОРІ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення продуктивності багатоопераційного верстата 2A622-МФ2 за рахунок застосування гнучкого промислового модуля

затверджена наказом 4801-5/3345 від 12.10. 2024 р.

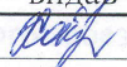
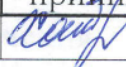
2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи “5” грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталей, механізмів верстата моделі А622МФ2 із системою автоматичного керування МФ-2, нормативні документи, паспортні дані обладнання, каталоги, стандарти на засоби технічного оснащення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. Огляд стану питання і постановка задач. Розробка маршрутної технології обробки деталі-представника типу кронштейн. Вибір і обґрунтування компоувальної схеми верстата й гнучкого виробничого модуля. Розрахунки шпindelного вузла. Розробка й обґрунтування систем керування ГВМ. Методичний розділ. Висновки. Список джерел інформації. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів): Аналітичний огляд. Типова ієрархічна багаторівнева структурна схема керування ГВС. Функціональна схема керування ГВС. Вихідні дані для розробки ГВМ на обробку деталі "кронштейн". Розробка групових технологічних операцій у системі «Технопро 5.0». Вибір основного і допоміжного інструмента. Визначення режимів різання. Планування гнучкої виробничої системи. Автоматизована розробка керуючої програми гнучкого промислового модуля. Імітаційне моделювання. Висновки.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
педагогічний	Ірина ХОТЧЕНКО			

7. Дата видачі завдання «12» лютого 2024р.

Керівник


(підпис)Олександр НАЗАРКІН

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання


(підпис)Данило ПОДОПРИГОРА

(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.	05.09.24	
2.	Складання плану роботи. Підбор літератури й інших джерел	06.09.24	
3.	Оформлення завдання проектування для затвердження теми кваліфікаційної роботи	10.09.24	
4.	Підготовка аналітичної частини	17.09.24	
5.	Підготовка теоретичної частини	01.10.24	
6.	Розробка дослідницької частини	15.10.24	
7.	Розробка методичного розділу	29.10.24	
8.	Підготовка графічного матеріалу	06.11.24	
9.	Доробка проекту по зауваженнях наукового керівника	14.11.24	
10.	Доробка проекту по зауваженнях консультантів	19.11.24	
11.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Підготовка до захисту.	28.11.24	
12.	Захист кваліфікаційної роботи	10.12.24	

Здобувач вищої освіти


(підпис)Данило ПОДОПРИГОРА

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль


(підпис)Антон СКОРКІН

(ім'я, прізвище)



Додаток 2 до Порядку проведення перевірки наукових праць, навчально-методичних видань та дипломних робіт (проектів) працівників та здобувачів вищої освіти на наявність запозичень з інших документів (нова редакція)

Введено в дію:

наказ ректора № 0204 -1/088 від 27.02.2020 р.

Протокол контролю оригінальності дипломної роботи (проєкту)

Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення продуктивності багатоопераційного верстата 2A622-МФ2 за рахунок застосування гнучкого промислового модуля

студента

(назва роботи)

ПОДОПРИГОРА Данило Романович

(прізвище, ім'я та по батькові)

науковий керівник

Назаркін Олександр Анатолійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

В результаті перевірки роботи в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com встановлено наступні значення Коефіцієнтів Подібності

Коефіцієнт Подібності 1: 3,16,

Коефіцієнт Подібності 2: 1,22 ,

Сигнал „Тривога!": – немає; – є, кількість разів у тексті ____.

Вченою радою факультету (навчально-наукового інституту) затверджено наступні показники оригінальності (за значенням коефіцієнту K1):

не більше 22% – оригінальна робота,

від ___% до ___% – задовільно оригінальна робота,

від ___% до ___% – умовно оригінальна робота,

більше ___% – неоригінальна робота.

Відповідно до цього, робота може бути класифікована як:

оригінальна,

задовільно оригінальна,

умовно оригінальна,

неоригінальна.


Висновок:

робота може бути допущена до захисту,

необхідно провести розгляд Повного Звіту Подібності із залученням фахівців із тематики дипломної роботи (проєкту).

Примітки Системного Оператора про виявлені запозичення:

Системний Оператор



Скоркін А.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

27.11.24

(дата)

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

- АСВВ – автоматизована система видалення відходів
- АСІЗ – автоматизована система інструментального забезпечення
- АСК ТП – автоматизована система керування технологічними процесами
- АСНД – автоматизована система наукових досліджень
- АСТПВ – автоматизована система технологічної підготовки виробництва
- АТСС – автоматизована транспортна й транспортно-складська система
- ГАВС - гнучкі автоматизовані виробничі системи
- ГАД – гнучка автоматизована ділянка
- ГАЗ – гнучкий автоматизований завод
- ГАЛ – гнучка автоматизована лінія
- ГАЦ – гнучкий автоматизований цех
- ГВМ – гнучкі виробничі модулі
- ГВС – гнучкі виробничі системи
- ЗОТС – змащувально-охолоджуюче технологічне середовище
- КП - керуюча програма
- КПО – ковальсько-пресове обладнання
- МОО – металообробне обладнання
- МРО (МРВ) – металорізальне обладнання (металорізальні верстати)
- ПЗО – пристрій зв'язку з об'єктом
- ПР – промислові роботи
- РТК – роботизований технологічний комплекс
- САК – система автоматизованого контролю
- САПР – система автоматизованого проектування
- ТЕХ – техніко-економічні характеристики
- ТП – технологічний процес
- ЧПК – числове програмне керування

РЕФЕРАТ

Виконаний дипломний проект містить: _____ сторінки машинного тексту, _____ рисунків _____ таблиць, _____ джерел інформації, 1 додаток (плакати презентації) на _____ сторінках.

Ключові слова: ВИРОБНИЦТВО, КРОНШТЕЙН, ЖОРСТКІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, ГОРИЗОНТАЛЬНО-РОЗТОЧУВАЛЬНИЙ ВЕРСТАТ, ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ, АВТОМАТИЗОВАНИЙ НАКОПИЧУЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ІМІТАЦІЯ, ПРОГРАМУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ.

Даний дипломний проект розглядає питання, які пов'язані з проектуванням імітаційної моделі обробки деталі типу «Кронштейн» на ГПС 2A622-МФ2 в умовах дрібносерійного виробництва.

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

Виконаний аналіз технологічного оснащення процесу виготовлення деталі «Кронштейн» та розраховані режими різання.

Також розроблена функціональна модель ГПС 2A622-МФ2 у програмному пакеті Solid Works 2007 та створена імітаційна модель обробки деталі «Кронштейн» на ГПС 2A622-МФ2.

Також виконаний аналіз технологічних характеристик ГПС 2A622-МФ2 в системі COSMOS Works.

Виконані заходи, пов'язані з охороною праці та навколишнього середовища, розглянуті питання забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях. Крім цього виконане організаційно-економічне обґрунтування проекту.

ABSTRACT

Completion of the degree project contains ____ pages machine text ____,
____ drawing tables, sources of information ____, 1 applications on pages ____.

Keywords: PRODUCTION, BRACKET, STIFFNESS, MODELING,
HORIZONTAL BORING MACHINES, INDUSTRIAL ROBOTS,
AUTOMATED STORAGE DEVICE, SIMULATION, PROGRAMMING,
DESIGNING.

This thesis project addresses issues related to the design simulation "bracket"
the part model type on the GPS-2A622 MF2 in small-scale production.

Held Design and Technology Analysis "bracket" system of manufacturing
parts on machining centers in small-scale production. A group process for
producing parts "bracket." A manufacturing management program details
"bracket".

The analysis of tooling manufacturing process details of the "bracket" and
calculated cutting conditions.

Also developed a functional model of GPS-MF2 in 2A622 Solid Works
2007 software package and created a simulation model part "bracket" on SBS
2A622-MF2.

Analysis of GPS technology 2A622-MF2 characteristics COSMOS Works
system is also carried out.

The measures relating to occupational safety and the environment, the issues
of safety in emergency situations. Also performed organizational and economic
substantiation projektai environment, issues of civil defense. Also performed a
feasibility study for the project.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	9
1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ	15
1.1 Сучасний стан машинобудування України та тенденції його розвитку	15
1.2 Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі	17
1.3 Висновки до розділу 1	20
2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГНУЧКІ ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ (ГВС)	21
2.1 Структура й принципи створення ГВС	21
2.2 Модульність побудови ГВС і рівні керування	25
2.3 ГПМ. Огляд основних технічних характеристик	33
3. ОПИС РОБОТИ І БУДОВА БАГАТООПЕРАЦІЙНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 2А622-МФ2	36
4. РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ- ПРЕДСТАВНИКА ТИПУ КРОНШТЕЙН	43
4.1 Розробка операцій маршрутної технології	43
4.2 Визначення режимів різання	44
5. ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ВЕРСТАТА Й ГНУЧКОГО ВИРОБНИЧОГО МОДУЛЯ	65
5.1 Розробка планування ГПМ	65
5.2 Використання при побудові компонування верстата, агрегатно- модульного принципу	73
5.3 Розробка компонування верстата	77
5.3.1 Вихідні дані до вибору компонування	77
5.4 Складання структурної формули компонування	80
6. РОЗРАХУНКИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА	81
6.1 Розрахунок шпинделя на жорсткість	82

6.2	Розрахунок вібростійкості шпинделя	85
6.3	Вибір підшипників	87
7.	ОПИСАННЯ СПОСОБУ ВИДАЛЕННЯ СТРУЖКИ	88
7.1.	Технологічні проблеми видалення стружки	88
7.2	Пристрій видалення стружки із зони різання і від верстата	90
8.	РОЗРОБКА Й ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ГВМ	92
9	МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРУ НА ТЕМУ «ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ГНУЧКОГО ПРОМИСЛОВОГО МОДУЛЯ НА БАЗІ БАГАТООПЕРАЦІЙНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК МОД. А622МФ2» ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА. МАШИНОБУДУВАННЯ»	95
9.1	Постановка оперативних цілей семінару	97
9.2	Вибір типу семінару і форми його проведення	98
9.3	Визначення переліку питань для обговорення та джерел інформації при підготовці до семінару	99
9.4	Проектування мотиваційних технологій навчання студентів на семінарі	100
9.5	Аналіз базових умов навчання	102
9.6	Проектування основної частини реферативного семінару	102
9.7	Висновки	109
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	110
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	111
	ДОДАТКИ (плакати презентації)	117

ВСТУП

Підприємства машинобудівної промисловості працюють у динамічному середовищі, що швидко міняється, в умовах конкуренції, що підсилюється, з боку закордонних компаній і нестабільного рівня прибутку. Істотною проблемою для підприємств є необхідність одержання нових замовлень із боку внутрішнього ринку й збільшення обігових коштів для відновлення технологічного встаткування і фінансування розробок нових видів продукції.

Однієї з підгалузей машинобудування, що випробували на собі найбільш глибока криза в перебудований період, є верстатобудівна промисловість, орієнтована в основному на забезпечення потреби галузей народного господарства в основних засобах. У цей час спостерігаються наступні негативні тенденції:

- погіршення наукового забезпечення виробництва, скорочення чисельності персоналу НДІ й КБ і обсягу робіт по стандартизації;
- різке зменшення інвестицій і, як наслідок, старіння й вихід з ладу технологічного встаткування;
- розпад кооперації і спеціалізації виробництва комплектуючих виробів, що знижує якість продукції.

В 1990 р. СРСР займав друге й третє місце відповідно по споживанню й виробництву металообробного встаткування. А вже в 1997 р. росія, як основний центр верстатобудування колишнього СРСР займає 20-е місце по виробництві металообробного встаткування з 35 країн-виробників; по споживанню верстатів на душу населення, об'єктивному показнику рівня промислового розвитку країни, в 5 раз із зайвим нижче середньосвітового рівня. Ситуація в Україні ще сумніше. Україна в найближчому майбутньому можуть стати повністю залежними від імпорту верстатів, що створить погрозу технологічних і економічних безпекам країн. У той же час російська станкоінструментальна промисловість, як основна фондоутворююча галузь, є базою науково-технічного прогресу й росту конкурентоспроможності промислової продукції. Світовий досвід свідчить про те, що всі промислово

розвинені країни на різних етапах формування економіки одним з найважливіших пріоритетів уважали й уважають розвиток власного верстатобудування, будучи, як правило, основними виробниками й споживачами металообробного встаткування.

Стратегічно важливо своєчасний вступ наукомістких технологій на базі сучасних верстатів і іншого встаткування й інструмента в ті галузі, які роблять технічно складні споживчі товари й забезпечують домінуючі позиції вітчизняного виробництва на внутрішньому й зовнішньому ринках.

Удосконалювання методів керування підприємством, включаючи планування виробництва, керування організаційною структурою, керування інноваціями, удосконалювання структури керування на базі наукових методів, дозволить підвищити ефективність керування підприємством, вийти із кризи й стати основою для успішного розвитку верстатобудівної промисловості, що є основою для економіки країни в цілому.

В умовах поживлення, що почалося, у вітчизняній промисловості й у зв'язку з досягненням верстатним парком критичного зношування (середній вік устаткування досягся 20 років) перед верстатобудівними підприємствами коштує завдання відновлення активної частини виробничих фондів машинобудівних заводів, що може бути досягнуте завдяки збільшенню обсягів випуску верстатної продукції. В умовах обмеженого платоспроможного попиту й дефіциту інвестицій у верстатобудування найбільш раціональним способом розв'язку цього завдання є більш повне використання наявного потенціалу підприємства (у цей час виробничі потужності верстатних заводів завантажені тільки на 17-20%), орієнтація його на освоєння випуску наукомісткої конкурентоспроможної продукції. У загальному випадку потенціал можна визначити як можливість підприємства адаптуватися до мінливих зовнішніх умов за рахунок внутрішніх резервів. Багато верстатобудівних заводів продовжують робити встаткування, яке не знаходить платоспроможного попиту на ринках металорізального обладнання (МРО).

Однієї із причин кризового стану вітчизняних верстатобудівних підприємств є не конкурентоспроможність виробленої продукції. Положення «на грані банкрутства» змушує підприємства підмінювати стратегічні цілі (довгострокові) і орієнтири діяльності на тактичні (короткострокові). У таких умовах важко проводити роботу з підвищення конкурентоспроможності верстатів, тим більше що вітчизняним підприємствам зараз доводиться конкурувати із закордонними компаніями й на зовнішньому, і на внутрішньому російському ринку. Вихід зі ситуації, що склалася можливий лише у випадку випуску заводами конкурентоспроможних верстатів, які будуть затребувані на російському й міжнародному ринку. Однак, методик вибору металорізальних верстатів (МРВ) з конкурентоспроможними техніко-економічними характеристиками (ТЕХ) дотепер немає.

Світова ситуація у верстатобудуванні (Виробництво)

Останні кілька років спостерігається спад світового виробництва МОО. З 2000 р. світове виробництво МОО поменшилося більш ніж на 30%. Скорочення світового виробництва МОО в 2012 р. стало результатом падіння обсягів виробництва верстатів у всіх провідних верстатобудівних країнах Європи, у США і Японії (табл. 1).

В таблиці наведені дані в цілому по МОО, тому що в міжнародній статистиці МРС і КПО не завжди розділені.

Таблиця 1- Зміна обсягу виробництва МОО у світі.

	Зах. Європа «СЕСІМО»	Азія	Півнич. і Півден. Америка	Схід. Європа
Обсяг виробництва в 2000 р., млн. \$	17 734,9	14 567,4	3 583,0	247,8
Обсяг виробництва в 2011 р., млн. \$	16 108,0	12 117,3	2 579,4	210,8
Приріст, %	-9,2	-16,8	-28,0	-14,9
Частка у світі, %	51,9	39,1	8,3	0,7

Країни Європейського комітету співробітництва у верстатобудуванні - «СЕСІМО» другий рік підряд перевищують оцінку половини світового виробництва МОО. Хоча й у цій групі країн спостерігався спад виробництва верстатів, що склав 9,2%.

«СЕСІМО» - європейський комітет з кооперації верстатобудування має свою штаб-квартиру в м. Брюсселі. Він поєднує 15 країн: Австрія, Бельгія, Великобританія, Німеччина, Данія, Іспанія, Італія, Нідерланди, Португалія, Туреччина, Фінляндія, Франція, Чехія, Швейцарія, Швеція, які забезпечили 52% світового виробництва МОО в 2012 р.

Представлені дані показують зміни позицій країн у світовому виробництві МОО за останні 30 років: найбільша індустріальна країна США перемістилися з 1-го місця в 1980 р. на 5-е місце в 2012 р., Німеччина, нарешті, змогла відновити лідируюче місце, що втримувалося два десятиліття Японією. У першу десятку тепер входять колишні аутсайтери, такі як: Іспанія, Китай, Тайвань і Республіка Корея. Одночасно перейшли в розряд відстаючих країн Франція й Великобританія.

В 2003 р. спад світового виробництва металорізальних верстатів (МРВ) і ковальсько-пресового обладнання (КПО) склав 14%, у тому числі в США - 33%, Японії - 30%, Німеччини - 12%. У цілому, виробництво металообробного встаткування (МОО) у світі скоротилося в 2003 р. до 31,2 млрд. дол. (в 1990 р. - 46,3 млрд. дол.).

У теж час значно збільшилася конкуренція: вимоги до якості й вартості встаткування.

Міжнародна торгівля.

Состав найбільших країн-експортерів залишився незмінним, хоча обсяги вивозу МОО кожної з них перетерпіли зміни: скоротили експорт Німеччина (на 9%), Японія (на 28%), Італія (на 7%), Швейцарія (на 16%), США (на 11%), Великобританія (на 25%), Франція (на 12%), Бельгія (на 26%). З першої десятки країн-експортерів побільшали вивіз МОО тільки Тайвань (на 6%) і Іспанія (на 5%).

Основні країни-імпортери МОО: США, КНР, Німеччина, Італія, Франція.

Таблиця 2 - Торговельний баланс МОО по основних країнах.

Країни	2011 р., млн. \$	2012 р., млн. \$
Японія	4 137	2 938
Германія	2 020	1 922
Швейцарія	1 330	1 150
Італія	715	844
Тайвань	517	777
Великобританія	73	78
Республіка Корея	520	390
Франція	703	352
КНР	2 116	2 116
США	2 378	1412

Позитивний торговельний баланс по МОО мають лише 8 країн. Велике позитивне сальдо в 2012 р. мають Японія, Німеччина, Швейцарія, а також Італія й Тайвань. Обертає на себе увага значна скорочення позитивного сальдо в найбільшій країні-експортера МОО - Японії. В 2012 р. сальдо Японії поменшилося майже на 30% у порівнянні з 2011 р. Значне негативне сальдо мають Китай, США, Канада, а також Республіка Корея, Франція, Бразилія й Туреччина (більш 100 млн. в 12 кожної країни). Хоча в 2012 р. у США відбулося зниження негативного сальдо на 40%.

Споживання.

Видиме споживання, що розраховується як сума власного виробництва й імпорту МОО за винятком експорту, суттєво змінилося в 2012 р. Видиме споживання МОО в країнах-продуцентах верстатів представлено в табл. 1.1.4.

Середньодушове споживання МОО, що відбиває рівень індустріального розвитку й інвестиційної активності в машинобудуванні країн, варіюється в широких межах: від найвищого показника 77,58 дол. на людину у Швейцарії до найнижчого 0,19 дол. в Індії. У середньому по основних країнах, що беріть участь у товарообігу МОО, він становить 8,50 дол. на людину. росія з показником 1,31 дол. виявилася на 25 місці у світі, пропустивши вперед такі

країни, що розвиваються, як Туреччина (5,00 дол.), Бразилія (3,30 дол.) і навіть Китай (4,41 дол.) з населенням 1,3 млрд. людей.

Таблиця 3 - Споживання МОО.

Країна	Споживання, 2011 р., млн. \$	Споживання, 2012 р., млн. \$	Приріст, %	Душове споживання, \$
КНР	4 740	5 696	20	4,41
Германія	5 712	4815	-16	57,84
Японія	5 254	3 441	-35	27,10
США	5 231	3 325	-36	11,85
Італія	3 080	2 932	-5	50,79
Республіка Корея	1324	1 223	-8	25,32
Франція	1516	1 165	-23	19,49
Тайвань	1 118	977	-13	43,33
Канада	934	867	-7	27,18
Іспанія	881	819	-7	20,43
Інші	4 820	4 221	-12	17,52
Разом	34 869	29 670	-15	8.50

Як ми бачимо, стан вітчизняного верстатобудування на теперішній час можна охарактеризувати як жалюгідне. Тому що машинобудування, яке впливає на більшу частину всієї економіки країни і її розвиток і благополуччя в майбутньому, потрібно цілеспрямовано займатися розвитком усі нових видів і методів обробки матеріалів, а також використовувати передові технології й інструменти для їхнього виконання й розробляти нові. Найвищі технології дозволяють досить здешевити деталь, зробити її конкурентної на всесвітньому ринку.

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1. Сучасний стан машинобудування України та тенденції його розвитку

Аналіз тенденцій розвитку машинобудівних підприємств у контексті сучасних соціально-економічних трансформацій показав її невідповідність пріоритетам розвитку національної економіки. У машинобудівному комплексі спостерігається зменшення обсягів діяльності, низький рівень рентабельності машинобудування та нестача коштів для фінансування техніко-технологічного оновлення, інноваційного та соціального-економічного розвитку. Таким чином, основою подальшого розвитку машинобудівної галузі України є подолання кризових явищ, стабілізація і стійкий розвиток галузі, який можливий шляхом технологічної і структурної перебудови виробництва, сфери послуг та інших галузей для випуску сучасної конкурентоспроможної продукції. Машинобудування відноситься до провідних галузей промисловості. На машинобудівельних підприємствах створюються засоби праці для підприємств інших галузей економіки, використовуючи досягнення наукових досліджень, передовий вітчизняний досвід та досвід розвинутих країн. Діяльність цих підприємств спрямована на виготовлення машин і обладнання, що забезпечують загальне зростання обсягів виробництва та продуктивності праці, зниження собівартості продукції.

Провідна роль у забезпеченні економічного зростання, соціального розвитку та науково-технічного прогресу України належить промисловості. У структурі промисловості України найбільшу питому вагу мають галузі важкої індустрії, особливо галузь машинобудування. Машинобудування є фундаментом економічного потенціалу країни, від рівня ефективності діяльності його підприємств залежить стан її соціально-економічного розвитку. Машинобудування – одна з найважливіших галузей виробництва,

що значно впливає на продуктивність, ефективність і прогрес майже у всіх сферах людської діяльності. В Україні галузь машинобудування представлена металургійним, гірничошахтним, підйомно-транспортним, енергетичним, судно-, авіа-, і автомобілебудуванням, виробництвом машин і механізмів для хімічної і нафтохімічної, легкої та харчової промисловості, сільськогосподарським, будівельно-дорожнім машинобудуванням та виробництвом машин для комунального господарства, виробництвом верстатів і інструментів та машин і обладнання для збройних сил. Стабільний розвиток машинобудування забезпечує рентабельність і конкурентоздатність більшості товарів і послуг, зростання інтелектуального й матеріального рівня населення, соціальний захист і розвиток економіки як окремих регіонів, так і держави. Таким чином, сприяння розвитку машинобудівної галузі є пріоритетним стратегічним напрямком щодо забезпечення стабільного соціально-економічного становища країни. Стан та розвиток машинобудування має важливе значення не лише для промисловості, а й для економіки в цілому. Адже, потенціал та наявні виробничі можливості даної галузі є основою стратегічної стійкості національної економіки.

Ефективність роботи підприємств машинобудівельної галузі залежить від сукупності організаційно-економічних та соціальних факторів. Серед них — спеціалізація та кооперування виробництва, їх розміщення на території окремих регіонів, впровадження у виробництво нових типів машин та устаткування, вдосконалення галузевої структури, наявність кваліфікованих кадрів.

На роботу підприємств впливають визначені державою умови для економічної самостійності в комерційній діяльності тощо. Важливе значення має територіальне розташування підприємств машинобудування, використовуючи позитивні умови для роботи підприємств на території окремих регіонів, окремих міст, враховуючи забезпеченість підприємств кваліфікованими кадрами, паливно-енергетичними ресурсами, можливостями для надійного та ефективного обслуговування тощо. У зв'язку з цим значна

увага приділяється впровадженню спеціалізації та кооперування виробництва у машинобудуванні. Спеціалізація виробництва передбачає концентрацію випуску конструктивно і технологічно подібних виробів, а також концентрацію на окремих підприємствах. Вона сприяє зростанню продуктивності праці за рахунок використання спеціалізованого високопродуктивного обладнання, раціональних технологічних процесів та організації праці. Підготовка та підвищення кваліфікації фахівців є актуальною і важливою складовою ринку праці. Саме тому ефективне функціонування будь-якої держави визначається насамперед ступенем підготовки її кадрів.

На сьогоднішній час в нашій країні необхідно негайно удосконалювати професійну підготовку фахівців. Це є актуальним та необхідним на сьогоднішній день.

Високий рівень розвитку сучасних технологій призведе до витіснення з процесу виробництва низько кваліфікованих працівників та носіїв застарілих професій, викличе необхідність найму адаптованого до вимог сучасних технологій персоналу, який досить гнучко реагує на професійні зміни.

1.2. Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі

Фахівцю з вищою освітою у сфері технології машинобудування доступні такі позиції:

1. Інженер-технолог – займається оптимізацією та контролем технологічних процесів, розробкою нових технологій та впровадженням їх на виробництві.

2. Інженер-механік - займається технічним керівництвом та організацією роботи служб з ремонту, техобслуговування та експлуатації виробничого обладнання.

3. Інженер-конструктор – виконує проектування обладнання та виробничих ліній, відповідає за розробку та погодження технічної документації, стежить за відповідністю продукції існуючим стандартам.

4. Інженер-дослідник – бере участь у розробці нових виробничих технологій та продукції, проводить випробування та підготовку технічної документації.

5. Керівник підрозділу (начальник цеху, відділу, управління) – виконує керівництво структурним підрозділом підприємства.

6. Керівник підприємства - здійснює загальний контроль над компанією.

Переваги професії:

1. Затребуваність фахівця ринку праці.
2. Широкі можливості для вибору спеціалізації та кар'єрного зростання.
3. Цікава діяльність для людей технічного складу, яким подобається робота з механізмами, роботизованими системами та верстатами.

Недоліки професії:

1. Складність роботи, високі вимоги до професійних навичок та знань співробітника підприємства.
2. Існують ризики травм на виробництві. Необхідність дотримання техніки безпеки.
3. Специфічні, часом навіть шкідливі умови праці. Деякі виробництва пов'язані з високим рівнем шуму та температур. При влаштуванні таку роботу важливо враховувати стан здоров'я.

Під час навчання студенти вивчають обладнання та принципи його функціонування, специфіку обробки деталей та заготовок на верстатах, навчаються вибирати потрібні режими роботи, розраховувати та планувати час на окремі операції. Крім того, майбутніх фахівців навчають працювати у спеціальних комп'ютерних програмах для проектування та створення у 3D-режимі будь-яких деталей.

Дипломований фахівець вмітиме:

1. Працювати в різних режимах на фрезерних, шліфувальних, стругальних та токарних верстатах, підбирати оптимальний варіант налаштування обладнання після пробної прогонки деталей.
2. Вибирати найбільш вдалий спосіб отримання заготовок.

3. Працювати з кресленнями, розуміти, як зробити необхідні розрахунки.

4. Знати технологічні процеси обробки деталей, послідовність етапів.

5. Знаходити причини неправильної роботи чи поломки верстатів.

6. Розробляти та використовувати комп'ютерні програми з обробки деталей.

7. Підбирати матеріали та інструменти.

8. Визначати відповідність отриманих деталей встановленим технічним вимогам.

Під час навчання та виробничої практики студент вивчить особливості обладнання на різних ділянках виробництва, на реальних прикладах навчиться працювати з різними матеріалами та інструментами, зрозуміє специфіку технологічного процесу обробки деталей.

Посадові обов'язки спеціаліста, що працює у сфері технології машинобудування, можуть відрізнятися залежно від специфіки конкретного підприємства та посади. Але основні завдання, які вирішує такий фахівець, схожі. Вони включають:

- організацію виробничого процесу з обробки та виготовлення деталей, технічний контроль;
- розрахунок показників типових деталей, витратних норм матеріалів, собівартості продукції;
- розробку технологічної документації, підготовку креслень, проектування;
- діагностику неполадок та налагодження виробничого обладнання;
- сертифікаційні процедури.

Головне завдання спеціаліста у сфері технології машинобудування – обслуговування та налаштування технологічного обладнання, задіяного у виробництві деталей, контроль якості продукції, що випускається.

1.3 Висновки до розділу 1

Отже, зважаючи на затребуваність фахівців машинобудівної галузі та актуальність їх професійної підготовки було визначено, щодо розробки освітніх стандартів повинні долучатися роботодавці. Отже, професійні стандарти потрібні для виконання визначених трудових функцій, які притаманні конкретному фахівцю, освіти та підвищення професійної кваліфікації.

Професійні стандарти є базою для розробки освітніх програм, робочих програм з дисципліни, визначенню освітніх та вибіркових компонентів.

Вони також містять інформацію, потрібну для міжнародного зіставлення кваліфікацій.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМІСТЬ ПРО ГНУЧКІ ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ

2.1 Структура й принципи створення ГВС

Гнучкі виробничі системи є прогресивною формою організації виробництва на основі високоавтоматизованого технологічного встаткування, що забезпечує ефективну роботу при обмеженій кількості виробничого персоналу. Відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ 26228-85 «Системи виробничі гнучкі. Терміни й визначення» гнучка виробнича система — це сукупність у різних комбінаціях устаткування зі ЧПК, роботизованих технологічних комплексів (РТК), гнучких виробничих модулів (ГВМ), окремих одиниць технологічного встаткування й систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, що володіє властивістю автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених межах їх характеристик [11].

У систему забезпечення функціонування технологічного встаткування ГВС входять:

- автоматизована транспортна й транспортно-складська система (АТСС), що полягає із взаємозалежних автоматизованих транспортних і складських пристроїв, призначених для укладання, зберігання, тимчасового нагромадження, розвантаження й доставки предметів праці й технологічного оснащення;

- автоматизована система інструментального забезпечення (АСІЗ), що включає ділянки підготовки інструмента, його транспортування, нагромадження, пристрою зміни й контролю якості інструмента, що забезпечує його підготовку, зберігання, автоматичну установку й заміну;

- система автоматизованого контролю (САК); автоматизована система видалення відходів (АСВВ); автоматизована система керування технологічними процесами (АСК ТП);

- автоматизована система наукових досліджень (АСНД); система автоматизованого проектування (САПР); автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ);

– автоматизована система керування ГВС (АСК ГВС) і т.д. Виробнича структура ГВС включає два комплекси: виробничий (ПК) і керуючий обчислювальний (КВК).

Виробничий комплекс складається з виробничої системи й системи забезпечення функціонування технологічного встаткування. Керуючий обчислювальний комплекс включає технічні засоби, програмне забезпечення, необхідне для керування технологічними процесами бази, що й відповідають, даних.

Комплекси будуються на основі системного підходу до організації й керуванню виробництвом, тобто кожний вид їх функціонування або забезпечення виробництва розглядається як система, що включає необхідні технічні й програмні засоби механізації й автоматизації фізичної й розумової праці й певний порядок їх взаємодії. Організаційною основою ГВС механічної обробки є групова технологія, відповідно до принципу мі якої створюються ГВС для обробки деталей корпусних (корпуса коробка швидкостей, передач, станини, підстави, просторові крон штейни й т.п.), площинних (планки кришки, панелі, рейки, плоскі важелі й т.п.), типу тіл обертання (вали, втулки, фланці, гільзи, зубчасті колеса й т.п.), змішаної групи деталей, що включає комбінації з вище наведених груп і інших деталей.

Гнучкі виробничі системи повинні організовуватися в основному для комплектної обробки, що забезпечує випуск повністю оброблених деталей або комплектів деталей для вузлового складання. При цьому повинні бути враховані наступні особливості дрібносерійного виробництва: більша номенклатура оброблюваних деталей, різноманітність форм і розмірів, що міняються через короткі періоди часу; мінливість і різноманітність видів заготовок для виготовлення од їх і тих же або ж подібних деталей; широка номенклатура видів і марок оброблюваних матеріалів; мінливе в часі співвідношення трудомісткості виконання різних видів операцій; більші позачергові замовлення, не передбачені календарним плануванням.

Ідентифікувати ГВС і її компоненти як об'єкти дослідження, розробки, впровадження й експлуатації дозволяють наступні принципи [22; 31; 39]:

1. Принцип сполучення високої продуктивності й універсальності. У традиційному виробництві найбільша продуктивність досягається на автоматичних лініях, а найбільша універсальність — на технологічному встаткуванні з ручним керуванням. При цьому продуктивність такого встаткування неприпустимо мала. Застосування ГВС, що використовують програмно-кероване встаткування, що й програмно перебудовується, дозволяє сполучити високу продуктивність із універсальністю на оптимальному рівні, можливому при сучасному розвитку техніки.

2. Принцип технологічної гнучкості. Здатність ГВС у короткий термін і з мінімальними витратами переходити до виготовлення нових об'єктів виробництва (деталей, вузлів, виробів) характеризує гнучкість системи. Різняться наступні види гнучкості ГВС [39]: операційна (технологічна), забезпечувана можливістю швидкої зміни комплектів пристосувань, інструментів і керуючих програм; маршрутн, що проявляється в можливості зміни маршруту деталі по верстатах усередині системи відповідно до програми її обробки; морфологічна (функціональна), спрямована на забезпечення оптимального розподілу матеріальних по струмів (деталей, інструментів і ін.) усередині системи шляхом відповідного її перенастроювання або перебудови.

3. Принцип модульності ГВС будується на базі модулів. Модуль, будучи компонентом ГВС, також може складатися з компонентів. Не тільки модуль, але і його компонент може бути самостійно розроблений, виготовлений і впроваджений, однак властиві йому функції він може виконувати тільки в складі модуля.

4. Принцип ієрархічності ГВС являє собою багаторівневу структуру: на самому нижньому рівні перебувають гнучкі виробничі модулі, на найвищому — гнучкий автоматизований цех (ГАЦ). Кожний більш високий рівень ГВС має у своєму складі два або більш елементів нижнього рівня.

Модульність и ієрархічність дозволяють розробляти проекти ГВС для найвищого рівня й реалізовувати їх з урахуванням специфіки конкретного підприємства.

5. Принцип забезпечення максимальної предметної замкнутості на можливо більш низькому рівні. Дотримання цього принципу дозволяє звести до мінімуму витрати на міжопераційні переміщення деталей, скоротити число деталеоперацій. Найбільш ефективно досягнення предметної замкнутості на рівні модуля. Однак при сучасному розвитку техніки це не завжди досяжне, а в деяких випадках економічно недоцільно.

6. Принцип функціонування при обмеженій кількості виробничого персоналу (принцип безлюдності). Відповідно до цього принципу вирішується завдання максимального скорочення чисельності обслуговуючого персоналу за рахунок підвищення рівня автоматизації виконуваних системою функцій і автоматичного контролю над ходом технологічного процесу. Іншим аспектом цього завдання є можливе продовження строку функціонування системи без втручання людини.

7. Принцип інтеграції ГВС із САПР виробу, САПР технологічної підготовки виробництва й АСУП. Цей принцип визначає можливість створення наскрізного циклу проектування — виготовлення на основі повної сумісності технічних і програмних засобів систем автоматизації проектування виробів, технологічної підготування виробництва, систем керування підприємств, ГВС і єдиної автоматизованої бази даних.

8. Принципи системної організації ГВС . Під цими методологічними для пошукового проектування ГВС [39] принципами маються на увазі принцип технологічної універсальності й принцип самоорганізації, у свою чергу базований на принципах пристосувальної діяльності, живучості, самовідновлення, саморозвитку, еволюційно адаптованого проектування й впровадження системи. Принцип універсальності виражає тенденцію до розширення технологічних можливостей системи й відповідно номенклатури оброблюваних деталей, зменшенню числа встановивши, скороченню

технологічних маршрутів, довжини транспортних шляхів, збільшенню продуктивності системи, ступені завершеності обробки деталі. Принцип пристосувальної діяльності проявляється в адаптації системи до умов зовнішнього (технологічного) середовища. У результаті реакції системи її технологічні можливості приводяться у відповідність із технологічними потребами виробів, що запускаються у виробництво, шляхом відповідних переналагоджень елементів і зв'язків усередині системи. Принцип живучості характеризує властивість ГВС активно протистояти шкідливим впливам зовнішнього середовища й, у випадку перешкод, виконувати свої функції шляхом перебудови структури або перерозподілу функцій між нормально працюючими елементами.

Принцип самовідновлення спрямований на підтримку й збереження технологічного потенціалу системи на заданому (проектному) рівні, що досягається забезпеченням системи засобами самодіагностики й самовідновлення елементів, що відмовили, або їх автоматичної заміни. В основу принципу саморозвитку покладений властивість системи розбудовуватися й еволюціонувати як шляхом заміни елементів більш ефективними й прогресивними, так і шляхом трансформації морфологічної структури з метою розширення технологічного потенціалу.

Принцип еволюційного проектування й впровадження ГВС виражається в продовженні проектування після того, як вона створена, коректуванню проектних розв'язків у процесі налагодження й східчастому (поетапному) нарощуванні потужності технологічного потенціалу й ступені автоматизації ГВС у процесі впровадження.

2.2 Модульність побудови ГВС і рівні керування

Побудова ГВС, що відрізняються більшою різноманітністю функціональних і параметричних характеристик, здійснюється з обмеженого, технічно й економічно доцільного функціонально повного набору типових уніфікованих модулів. Взаємозамінність модулів дозволяє при цьому забезпечити гнучкість і універсальність агрегатно-модульних структур.

Оскільки ГВС будується з окремих модулів різних типів (апаратних, програмних) [14], використання модульного принципу побудови дозволяє формувати состав технологічного встаткування технічних і програмних засобів відповідно до фактичних потреб виробництва.

Ефективна реалізація модульного принципу вимагає комплексного й ієрархічного підходів до побудови модульних структур, самих модулів і їх компонентів. Це означає необхідність модульної побудови на всіх рівнях ієрархії (нижній рівень — технологічне транспортне й допоміжне устаткування; середній - структура ліній, ділянок, підсистем ГВС; верхній рівень — ГАЦ у цілому — як сукупність підсистем модулів) і по всіх компонентах (допоміжні пристрої модульного виконання, технічні засоби, математичне й програмне забезпечення і ін).

Реалізація модульного принципу по будови ГВС дозволяє скоротити строки й трудомісткості розробки й впровадження ГВС; створювати ГВС силами перед прийнять-споживачів з мінімальною участю фахівців-розроблювачів, формувати состав технічних і програмних засобів відповідно до фактичних потреб виробництва, без надмірності, забезпечити гнучку кістка структури ГВС, тобто можливість її швидкої перебудови при зміні об'єкта виробництва, нарощувати технологічні можливості системи й підвищувати рівень її автоматизації шляхом заміни або додаткового підключення відповідних модулів. У цей час випускаються технологічне, складське, транспортне встаткування й засобу автоматизації, гнучкі виробничі модулі й модульні системи, які можуть знайти застосування при розробці ГВС. Теоретичні основи модульного принципу конструювання й практичні рекомендації зі створення ГВС на його базі освітлені в спеціальній літературі [2; 11].

Виробничий комплекс ГВС являє собою сукупність гнучких виробничих модулів і модулей забезпечення функціонування технологічного встаткування: меж операційного транспортування й складування, інструментального забезпечення, автоматичного контролю й видалення

відходів. ГВМ є основною структурною частиною виробничого комплексу ГВС, наявне в модулі технологічне встаткування взаємодіє із засобами спеціального технологічного оснащення, що представляють із бій пристрою модульного виконання, що й забезпечують автоматичну подачу заготовок і інструмента, їх нагромадження й зберігання відповідно в накопичувачі або магазині, установку, завантаження-вивантаження інструмента й заготовок, контроль інструмента й деталі, технічну діагностику встаткування, охолодження й змащення інструмента, видалення стружки із зони різання й видачу оброблених деталей у верстатний накопичувач або прийомне пристрій транспортної системи.

Схема модульного компонування ГВМ (на прикладі багатоцільового сверлильно фрезерно-розточувального верстата IP500МФ-4), типовий перелік вхідних у модуль допоміжних пристроїв модульного виконання, основні етапи функціонування й состав ГВМ наведені на (рис. 2.1), За допомогою пристрою завантаження-розвантаження модуля 15 супутник із закріпленою заготовкою 16 міститься в накопичувач супутників 9, що є складовою частиною ГВМ. По команді програми пристосування-супутник із заготовкою подається до пристрою зміни супутників 10 і за допомогою гідромеханічного поворотного пристрою для завантаження-розвантаження орієнтується й фіксується на столі 27 верстата 4. подача супутників на стіл верстата й шифр заготовки контролюється автоматично за допомогою датчиків 13. Пристрій заміни різального інструменту в магазині верстата 14, за допомогою якого обновляється запас інструментів, що перебувають у магазині, і пристрій зміни інструмента в шпинделі верстата 5 є самостійними модульними пристроями.

Контроль стану заготовки й інструмента проводиться за допомогою контрольно-вимірювального модульного пристрою, що полягає із двох вимірювальних головок і блоку обробки даних, що має у своєму составі мікропроцесор і лінію зв'язку з керуючої ЕОМ. Вимірювальна головка для контролю стану заготовки 3 перебуває в магазині верстата й по команді

програми вставляється в шпиндель замість інструмента. Контроль здійснюється торканням щупа вимірювальної головки до поверхні деталі в необхідних крапках. Сигнал виміру передається в блок обробки даних.

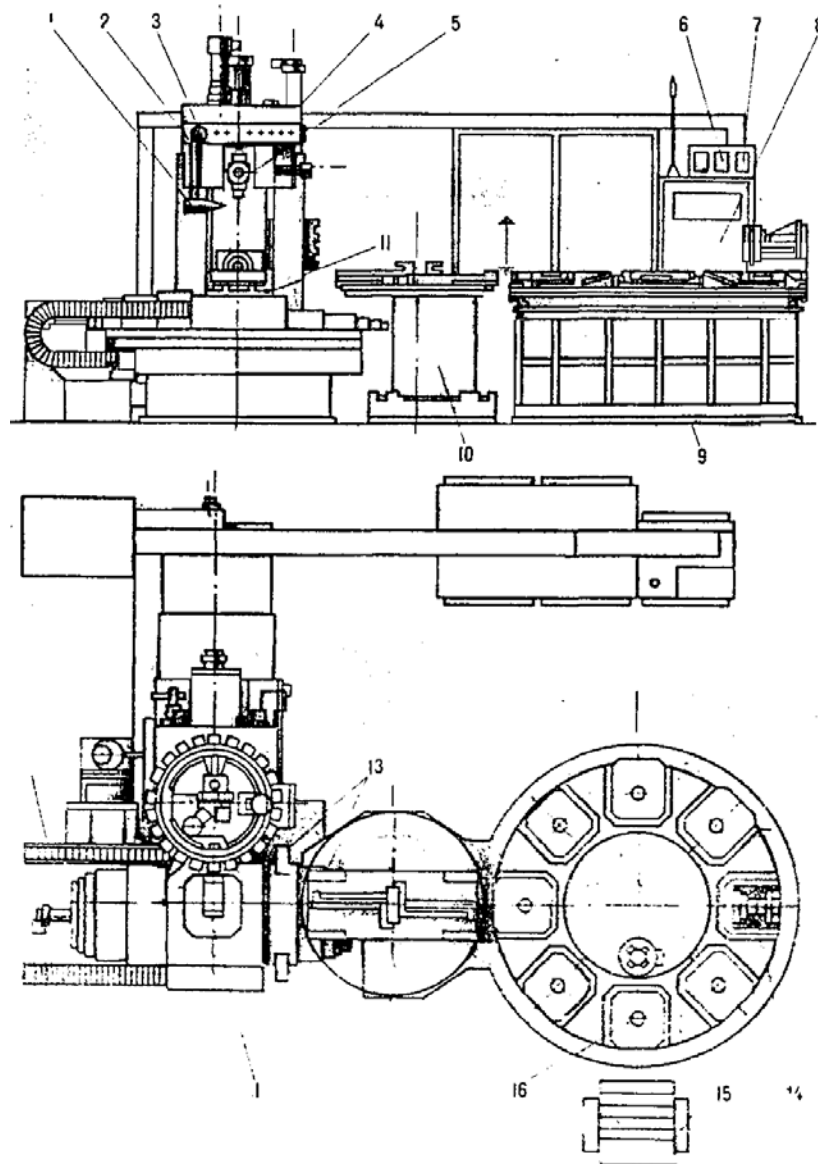


Рисунок 2.1 — Схема модульного компонування ГВМ на прикладі багатопільового верстата IP-500MФ4:

1 — щупова головка для контролю стану інструмента; 2 — магазин інструментів; 3 — щупова головка для виміру розмірів заготовки деталі; 4 — верстат; 5 — пристрій заміни інструмента в шпинделі верстата; 6 — блок пристрою контролю готовності модуля до роботи; 7- блок пристрою контролю працездатності верстата; 8- пристрій ЧПК; 9 - накопичувач супутників; 10 — пристрій зміни супутників; 11 — автоматичний пристрій закріплення супутника; 12 — пристрій видалення стружки; 13 — датчики контролю вступу супутника й ідентифікації заготовки; 14 — пристрій заміни різального інструменту в магазині верстата; 15 — пристрій завантаження-розвантаження модуля; 16 — пристосування-супутник; 17 — стіл верстата.

Подальша обробка вимірів і видача корекції здійснюється за допомогою пристрою керування ЧПК 10 . Вимірювальна головка 1 для контролю стану інструмента закріплена на стійці. За допомогою пристрою збирання стружки 12 стружка віддаляється із зони різання, надходить у магістральний стружкопровід, потім брикетується. Пристрою охолодження й змащення інструмента включаються й вимикаються по сигналах програми. Крім цього, ГВМ оснащений наступними контрольно-вимірювальними пристроями контролю працездатності 7, готовності встаткування до роботи 6, що контролюють наявність інструмента, знаходження його у вихідній точці, наявність заготовки й надійність її закріплення, контролю стану інструмента в процесі обробки й зусилля різання. Оброблена деталь переміщається разом із супутником у накопичувач 9, потім перевантажується на транспортну систему направляється на склад. Розглянуті етапи функціонування ГВМ ілюструють взаємодія верстата з модульними пристроями підсистем забезпечення функціонування встаткування АТСС, АСІО, АСУО і САК.

Керуючий обчислювальний комплекс ГВС являє собою сукупність двох модульних підсистем програмного забезпечення й технічних засобів системи керування ГВС (див. рис. 2.2) [14]. ГВС здійснює календарне й оперативне планування, керування виконавчими системами ГВМ, облік продукції й використання технологічного встаткування, контроль роботи встаткування й діагностику, комплектацію виробництва матеріалами, заготовками, інструментом, що управляють програмами та ін., видачу оперативної інформації про стан виробництва.

Типова ієрархічна багаторівнева структурна схема керування ГВС показана на рис. 2.2.

Кількість рівнів керування залежить від складності ГВС. Для більш простих ГВС типу гнучких автоматизованих ліній (ГАЛ) або ділянок (ГАП), що не вимагають автоматизованого розв'язку завдань САПР, АСТПП і АСУП, структура керування може бути обмежено двома рівнями й містити одну центральну ЕОМ керування ГАП або ГАЛ.

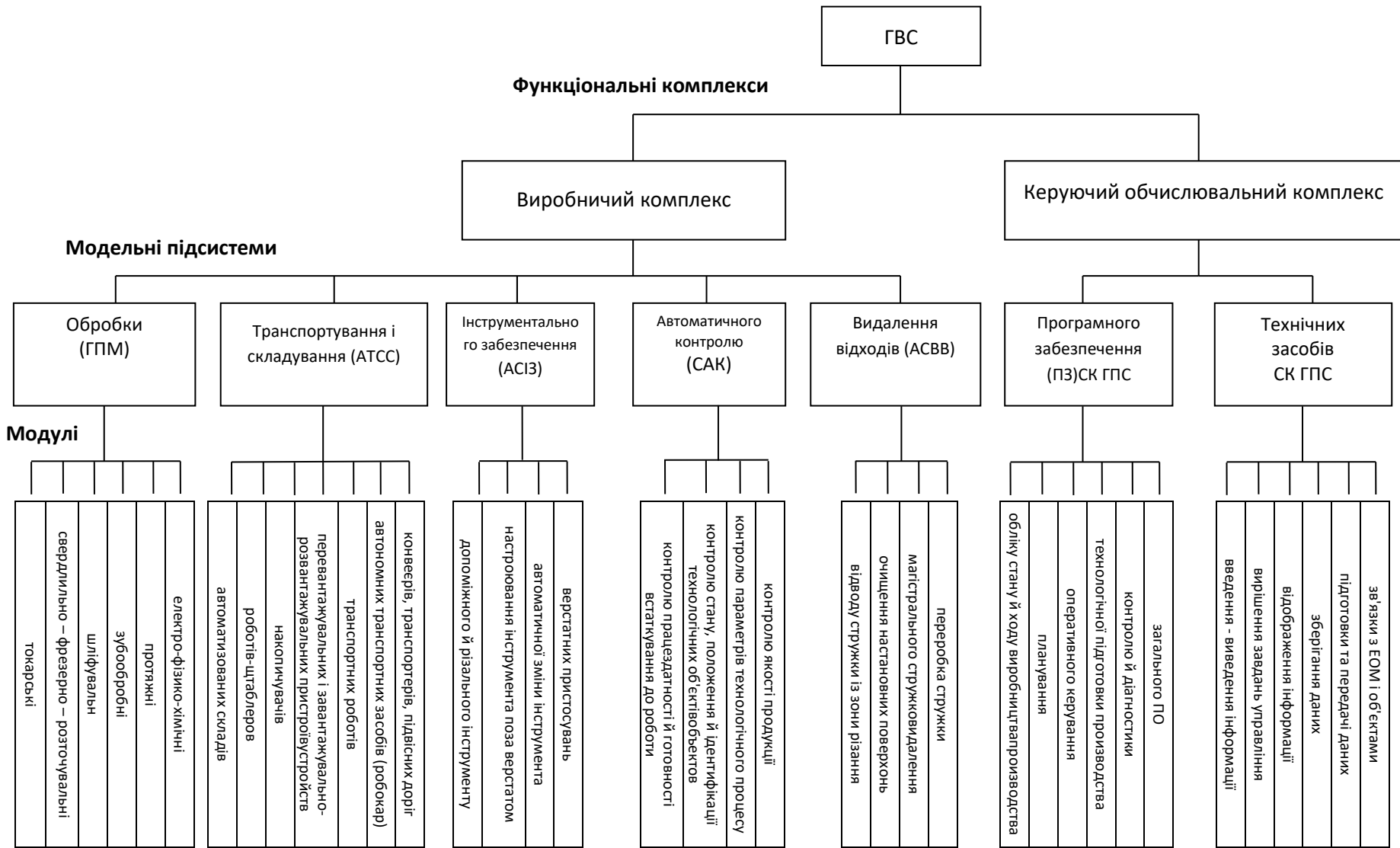


Рисунок 2.2 - Типова ієрархічна багаторівнева структурна схема керування ГВС

У процесі розвитку простий ГВС може бути реалізована трирівнева структура, обумовлена розширенням і автоматизацією функцій АСУП або АСТПП, У цьому випадку реалізується зв'язок центральному ЕОМ ГАД (ГАЛ) з верхнім рівнем (на рис. 2.3).

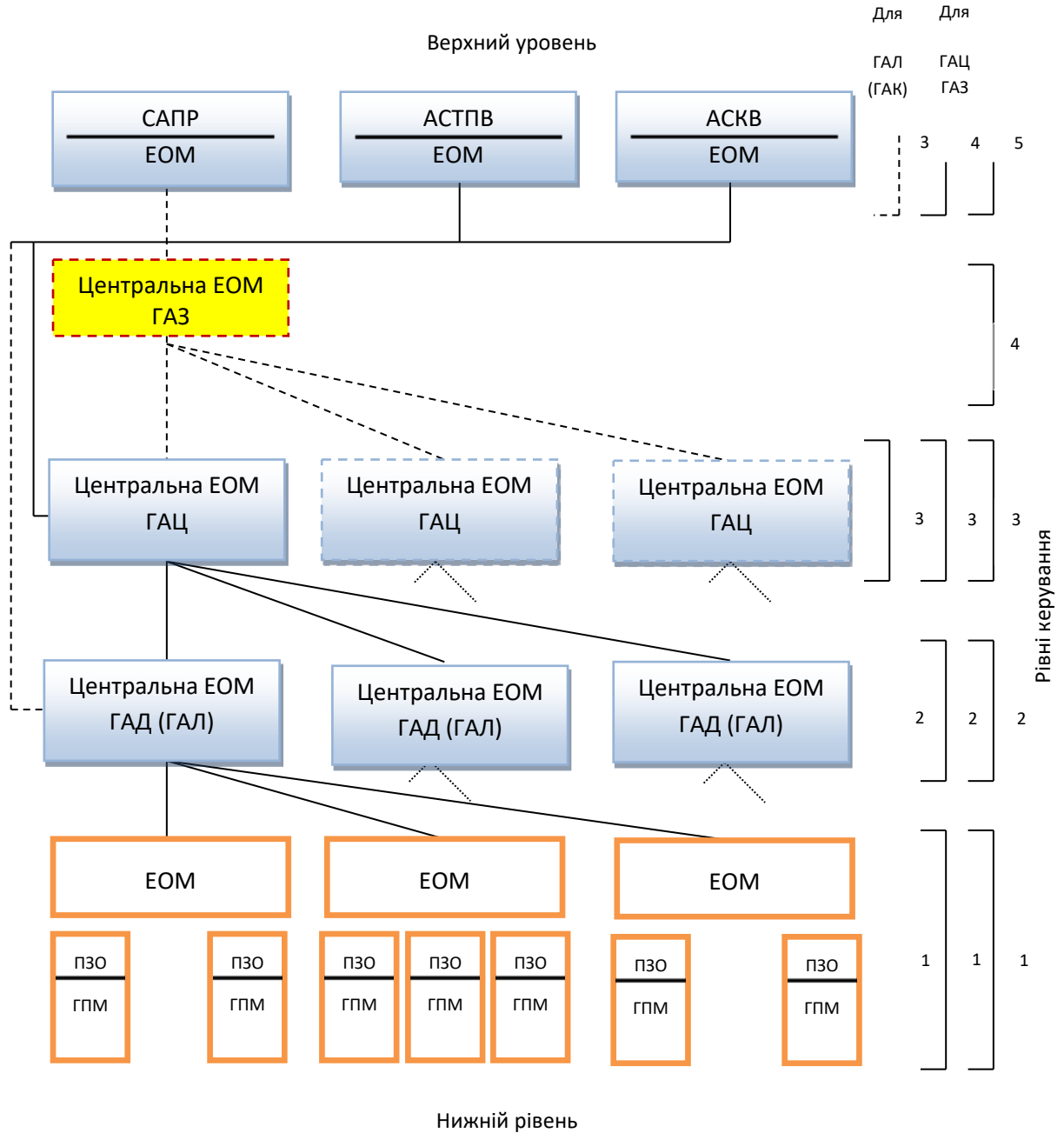


Рисунок 2.2 — Функціональна схема керування ГВС

Для більш складних ГВС, що містять кілька простих систем і здійснюючих керуючих ГАЛ або ГАД. У перспективі при створенні більш

складних ГВС типу ГАЗ можлива реалізація ще одного проміжного рівня керування.

У всіх випадках на першому рівні здійснюється безпосереднє внутрішномодульне оперативне керування технологічним процесом. Мікро ЕОМ першого рівня, що управляють ГВС, можуть взаємодіяти між собою, забезпечуючи тільки локальні функції зв'язку між модулями. На другому рівні центральної ЕОМ ГАЛ, ГАД вирішуються завдання керування усередині ГАЛ або ГАД, тобто завдання координації роботи локальних систем ЕОМ і керованих ними модулів.

Керування на рівні ГАЦ із використанням автоматизованих систем АСКВ і АСТПВ верх його рівня, система може бути чотирирівневої і містити центральну ЕОМ керування ГАЦ, що працює в мережі центральних ЕОМ, Центральна ЕОМ другого рівня може бути пов'язана з ЕОМ, що забезпечують розв'язок завдань САПР, АСКВ і АСТПВ на верхньому рівні керування. Крім того, на цьому рівні за допомогою модулів програмного забезпечення, показаних на схемі (див. рис. 2.3), виконується місячне й змінно-добове планування, здійснюється облік стану й ходу виробництва, проводиться відображення відповідної інформації для людини-оператора.

На третьому рівні (при чотирирівневої структурі) центральної ЕОМ ГАД здійснюється координація роботи ГАЛ або ГАД, що входять у ГАЦ.

На четвертому рівні (при п'ятирівневої структурі) координується робота ГАЦ, що входять у ГАЗ. Комплекс ЕОМ СУ ГВС реалізує функції керування за допомогою спеціальних програмних модулів.

Зазначені модулі, так само, як і елементи локальної обчислювальної мережі ГВС і модулі взаємодії із САПР, АСКВ і АСТПВ, є загальними для різних ГВС і можуть бути використані як типові, у якості типових елементів обчислювальної мережі можуть застосовуватися й модулі технічних засобів, що мають апаратну й програмну сумісність і використовувані для розв'язку завдань керування, зберігання даних, відображення інформації, уведення-виводу, зв'язки з УВК і об'єктами, підготовки й передачі даних і ін.

2.3 ГВМ. Огляд основних технічних характеристик

Відповідно до класифікації видів верстатного встаткування ГВМ механічної обробки є подальшим розвитком верстатів зі ЧПК й обробних центрів [17], до ГВМ, які є автоматизованим програмно-керованим і програмно-переналагоджуваним устаткуванням, здатним працювати протягом декількох змін за участю обмеженого кількості обслуговуючого персоналу, пред'являються ті ж вимоги, що й до металорізальних верстатів. У ГВМ входять верстат зі ЧПК, автоматичний завантажувально-розвантажувальний пристрій, автоматичний пристрій для закріплення деталі або пристосування з деталлю, автоматичний пристрій для зміни інструмента, накопичувач для заготовок і оброблених деталей, пристрій для автоматичного видалення стружки й інші пристрої.

У цей час серійно випускаються наступні ГВМ: токарно-пруткові, патронно-пруткові, патронні й патронно-центрові, карусельні, свердлильно – фрезерно – розточувальні (для обробки корпусних і плоских деталей) вертикального й горизонтального виконань; шліфувальні — універсальні круглошліфувальні (центрові й без центрів), внутрішньошліфувальні, плоскошліфувальні, шліцешліфувальні, хонінгувальній заточувальні; зубообробні; фрезерні й протяжні; електро-фізико-хімічні [40]. По ступеню автоматизації розрізняють шість груп ГВМ. Для кожного рівня автоматизації й категорій модулів прийняті кодові позначення.

Розмірні ряди головних параметрів для ГВМ основних технологічних груп визначаються потребами галузей промисловості й прогнозами їх розвитку.

Технічні характеристики ГВМ. До складу ГВМ входять токарські, свердлильно-фрезерно-розточувальні й шліфувальні, зубообробні, фрезерні, протяжні й електро-фізико-хімічні верстати. Номенклатура верстатів, що ввійшли до складу ГВМ обробки, визначена виходячи з наступних критеріїв:

- поширеності й перспективності моделей верстатів, що випускаються серійно й планованих до випуску, а також моделей верстатів, на базі яких можливо й доцільне створення ГВС ;
- можливості реалізації заданого технологічного процесу обробки типових деталей в умовах різної серійності й розмірних параметрів верстатів.

Номенклатура містить у собі верстати зі ЧПК й напівавтомати, призначені для обробки деталей зі штучних заготовок, що впливають типів: токарські патронні й центрові, ГВС передбачається створювати в основному з верстатів середньої розмірної групи, що призначають для обробки виробів масою до 500 кг. Основним критерієм, що визначають можливість включення верстатів до складу модуля обробки, є ступінь автоматизації верстатів, що дозволяє без серйозних конструктивних переробок перевести їх на роботу в автоматичному режимі, а також досить швидко переналагодження верстата.

Виходячи із цього при створенні ГВМ відбираються верстати, що мають автоматизований цикл роботи, включаючи перемикання швидкостей і подач, автоматизований або механізований затискач виробу.

Повинна враховуватися також ступінь автоматизації допоміжних операцій (контроль деталей, відвід і підвід загороджень, вивід стружки та ін.). Верстати, що включаються до складу ГВМ, повинні забезпечувати [4]:

- автоматичний затискач і відкріплення деталі на верстаті; точне й надійне базування деталі в настановному пристосуванні верстата;
- відділення відходів від деталі, у процесі різання й видалення їх із зони обробки;
- автоматизацію контролю окремих пар метрів деталі й контролю стану інструмента в циклі обробки;
- автоматичну зміну інструмента усередині циклу обробки; зв'язок систем керування ГВМ і верстата, що забезпечує автоматичний цикл роботи ГВМ;

- можливість безпечного для обслуговуючого персоналу функціонування ПР і його доступу в робочу зону верстата;
- автоматизацію переміщення огороження;
- високу надійність, що забезпечує тривалу автоматичну роботу ГВМ.

Промислові роботи (ПР), що включаються до складу ГВМ, повинні відповідати наступним вимогам [4]:

- конструктивно-технологічні параметри (вантажопідйомність, швидкість переміщення робочих органів, точність позиціонування, розміри робочої зони, повинні відповідати технічним параметрам і технологічним вимогам верстатів, для обслуговування яких вони призначені;

- використання ПР повинне поліпшувати техніко-економічні показники верстатів, тобто підвищувати їх, продуктивність не менш чому на 20 %, збільшувати коефіцієнт завантаження в 2-2,5 рази й у стільки ж раз знижувати кількість працезатрат на одиницю продукції.

ПР повинні мати мінімальна кількість ступенів рухливості для забезпечення необхідного обсягу верстатних операцій і використання допоміжного устаткування, необхідного для нормальної роботи комплексу, достатню ступінь універсальності для переходу встаткування з обробки одного виробу на інше з мінімальним циклом робіт з переналагодження, високу надійність (наробіток на відмову ПР повинна бути не менш 100 год), зону, що забезпечує можливість спостереження за процесом різання й втручання в процес у випадку аварійної ситуації. При цьому повинні бути гарантовані умови техніки безпеки для обслуговуючого персоналу.

3. ОПИС РОБОТИ І БУДОВА БАГАТООПЕРАЦІЙНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 2А622-МФ2

Багатоопераційний верстат 2А622-МФ2 (див. рис. 3.1) служить головним чином для обробки в корпусних деталях отворів інструментом, закріпленим консольно. На верстаті здійснюють свердління, зенкування, розточування, розгортання, нарізування різьб й фрезерування. Обробку можна вести як в автоматичному циклі за допомогою системи КП, так і з ручним керуванням.

На верстаті з горизонтальними напрямними встановлена пересувна стійка, по якій у вертикальному напрямку посувається шпиндельна бабка з горизонтальним висувним розточувальним шпинделем. Стіл верстата може робити поздовжні й поперечні переміщення, крім того, є вбудований поворотний стіл. Верстат має інструментальний магазин ланцюгового типу, який установлений поруч із верстатом.

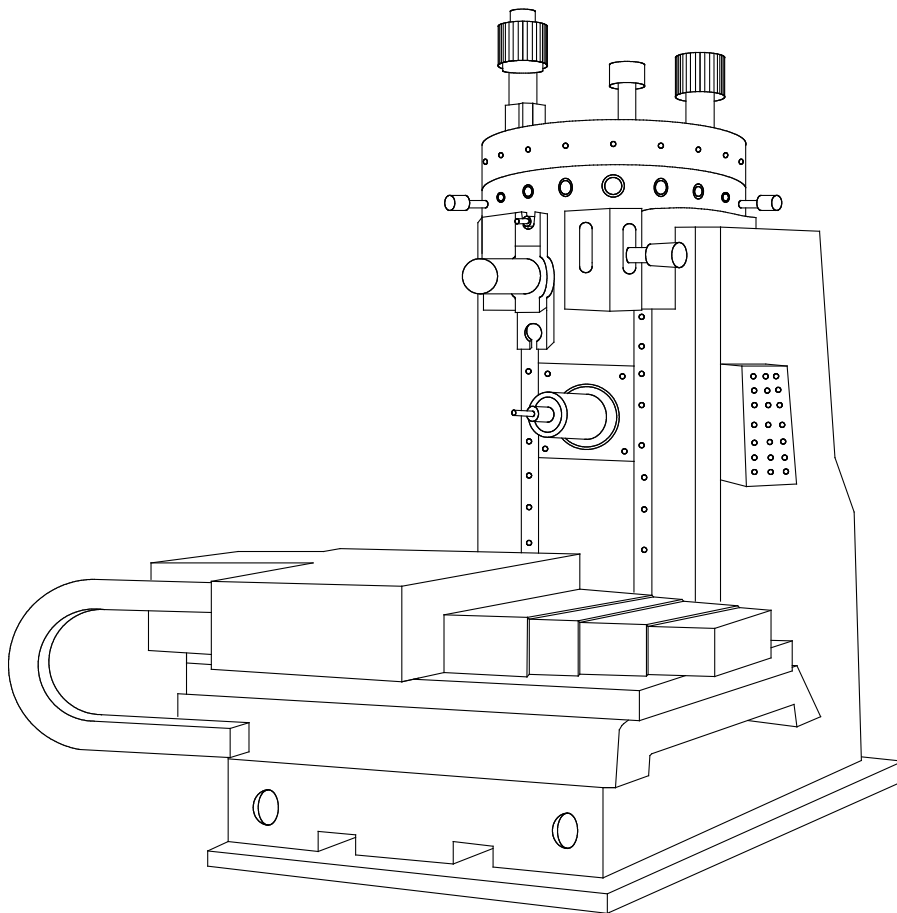


Рисунок 3.1 - Багатоопераційний верстат 2А622-МФ2

Технічна характеристика

Рекомендовані параметри обробки, мм:		
діаметр отворів, що розточуються висувним шпинделем		300
найбільший діаметр свердла.....		50
Автоматично змінюваний інструмент:		
найбільша маса, кг.....		30
найбільший діаметр, мм.....		150
	(при довжині 550 мм, без конусної частини)	250
	(при довжині 300 мм, без конусної частини)	
Діаметр посиленого висувного шпинделя, мм	110	
Внутрішній конус висувного шпинделя за ДСТ 15945—70		№ 50; 7:24
Розміри робочої поверхні, мм:		
довжина	1250	
ширина.....		1120
Найбільші переміщення, мм:		
поперечне		1250
поздовжнє.....		1000
Робоча подача, мм/хв:		
поперечна		1,6—1250
поздовжня... ..		1,6—1250
Швидкість швидкого переміщення:		
поперечна, мм/хв		8000
поздовжня, мм/хв.....		8000
кругова, хв ⁻¹		4
Розточувальної шпиндель:		
найбільше поздовжнє переміщення, мм	710	
подача, мм/хв		1,6—1250
швидкість швидкого переміщення, мм/хв	5000	
найбільше зусилля подачі, Н.....		11 000
сила затягування інструмента в шпинделі, Н	20 000	
частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	4—1250	
число щаблів регулювання		26
Шпиндельна бабка:		
найбільше вертикальне переміщення, мм	1000	
подача, мм/хв		1,6—1250
швидкість швидкого переміщення, мм/хв	8000	
Найбільша маса оброблюваної деталі, кг.....	4000	
Інструментальний магазин		Ланцюговий
Число інструментів у магазині, шт.		100
Габаритні розміри, верстата, мм:		
довжина		5520
ширина.....		4885
висота		3865
Маса верстата (без електроустаткування), кг	20000	

Кінематична схема верстата, представлена на рис. 3.2. Структурна схема привода головного руху на рис. 3.3. Графік частоти обертання шпинделя (а), залежність потужності й крутного моменту від частоти обертання шпинделя

(б) і структурна схема передач (в) верстата 2А622МФ2 представлений на рис. 3.4.

Рис. 3.2 - Кінематична схема верстата 2А622МФ2

Шпиндель приводиться в обертання від регульованого двигуна M_1 постійного струму. Для розширення діапазону регулювання використовують механічні щаблі регулювання, перемикання яких здійснюється за допомогою гідравлічних пристроїв. Шпиндельна бабка переміщається у вертикальному напрямку від гвинта 2. У порожньому шпинделі верстата розміщений розточувальний шпиндель, який переміщається в осьовому напрямку від гвинта 3. Стіл верстата одержує поздовжнє й поперечне переміщення відповідно від гвинтів 4 і 5. Вбудований поворотний стіл на вертикальній осі

У передачах від двигунів до виконавчих органів є редуктори із двома щаблями швидкостей, керування якими здійснюється за допомогою електромагнітних муфт. Одну із щаблів використовують для швидких переміщень.

Шпиндельний вузол. Основний шпиндель 1 верстата (рис. 3.5) зроблений порожнім. Радіальні сили, що діють на шпиндель, сприймаються й у передній і в задній опорах регульованими циліндричними роликовими підшипниками 3182000. Осьові сили сприймаються передньою опорою. Для цієї мети є два варіанти підшипників: упорні підшипники для першого й завзято-радіальні для другого варіантів. Зазор — натяг у передній опорі регулюється кільцевою гайкою 3, а в задній опорі - кільцевою гайкою 4. У середині основного порожнього шпинделя є рухомий розточувальний шпиндель 2. Кожний зі шпинделів має свій пристрій для закріплення інструментальних оправлень.

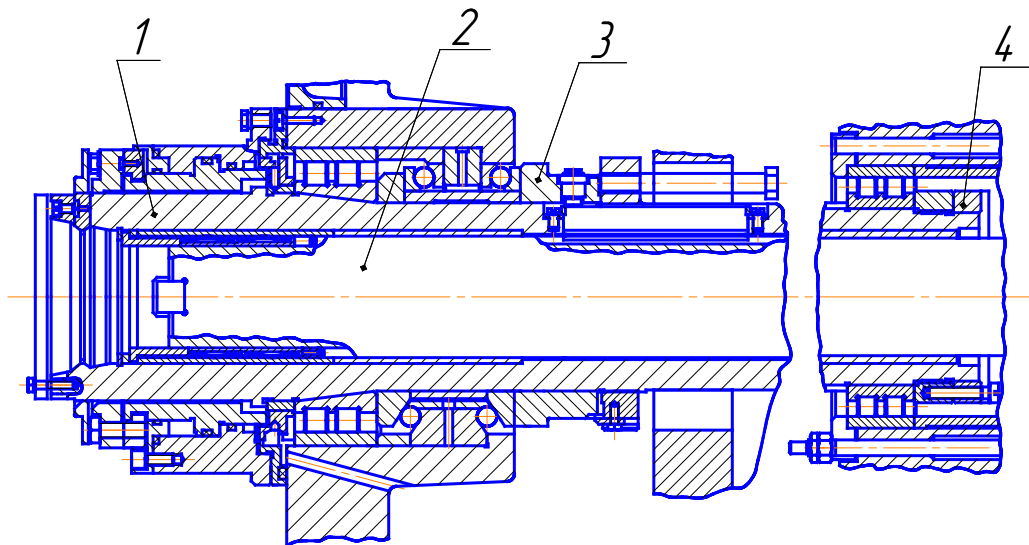


Рисунок 3.5 - Шпиндельний вузол верстата 2A622-МФ2

Механізм затискача інструмента в розточувальному шпинделі (рис. 3.6) має дистанційне керування й розташований усередині висувного розточувального шпинделя. Затягування оправлення 1 у шпинделі 2 здійснюється за допомогою осьових сил, прикладених до заднього кінця штока 6 і створюваних пакетом тарілчастих пружин 7. На передньому кінці штока є замок, який у момент затиснення оправлення зчіплюється з

перехідником, вони закріплюються у всіх затискних оправленнях. Три симетрично розташовані сухарі 4 можуть перемішатися радіально в пазах на кінці штока 6 обмежувального кільця 10, притиснутого пружинної 5 до торцевої поверхні усередині шпинделя.

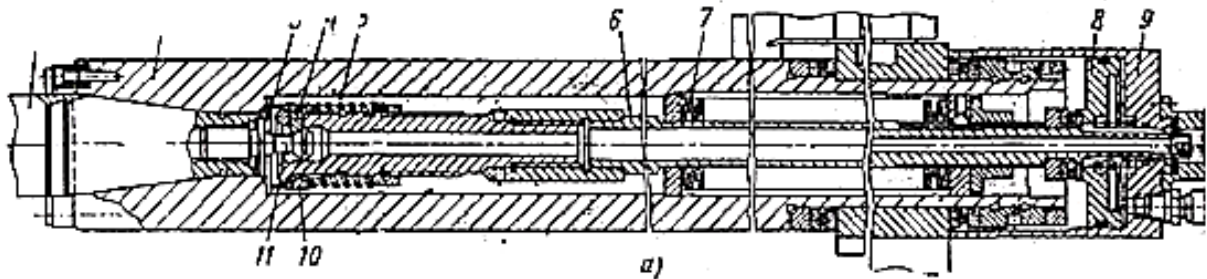


Рисунок 3.6 - Механізм зажима інструмента

Разжим оправлення здійснюється за допомогою гідроциліндра 9. Масло давить на поршень 8 і переміщає шомпол 6 уперед, долаючи опір пакета пружин 7 і пружини 5. При цьому пази із сухарями 4 на кінці шомпола перемістяться в зону виточення 3 обмежувального кільця, сухарі можуть радіально переміститися від центру до упору в поверхню виточення 3. При подальшому переміщенні шомпол своїм торцем торкнеться бурту перехідника й перемістить його разом з оправленням на 2 мм, сам перебуваючи в положенні «Віджате». Після цього оправлення можна виймати зі шпинделя маніпулятором або вручну. Конічна поверхня перехідника розсуне сухарі 4, перемістивши їх від центру у виточення обмежувального кільця.

Оправлення затискається при встановленні її в шпиндель до упору уздовж осі. Циліндр 9 з'єднується зі зливом. Пружини 7 переміщують шомпол 6 і поршень 8 назад. Сухарі зближаються до центру, обмежувальним кільцем 10 і після цього скріплюються з конічною поверхнею перехідника оправлення.

При автоматичній дії механізмів перед затисненням інструмента по отвору усередині шомпола подається стиснене повітря для додаткового очищення конусів шпинделя і оправки.

Механізм закріплення інструмента в порожньому шпинделі (рис. 3.7) розташований на передньому торці бабки на виступаючому кінці порожнього шпинделя. На передньому кінці порожній шпиндель має точний опорний торець і конічний отвір конусністю 7:24. Приблизно посередині конусного гнізда в подом шпинделі є три пази, розташовані рівномірно по окружності. У цих пазах можуть переміщатися сухарі 2, що мають конічні поверхні *a* на нижніх кінцях. Оправлення 1 має канавку з точною конічною поверхнею з якої прилягають конічні поверхні *a* сухарів. Сила, спрямована уздовж осі шпинделя й необхідна для затягуванні оправлення, створюється при одночасному зближенні трьох сухарів до центру шпинделя. Це здійснюється кільцем 3 із внутрішньою фонічною поверхнею *z*, яке при переміщенні від бабки насувається на зовнішню конічну поверхню *b* сухарів 2. Кільце 3 одержує рух від поршня 6 двополостного гідроциліндра 5. Тривале збереження стислого положення при відсутності тиску масла забезпечується наявністю самогальмуючих конічних поверхонь конуса *b* на кільці 3 і сухарях 2. Після закінчення затиснення оправлення автоматично подається невелика кількість масла в порожнину віджиму. При цьому поршень приділяється на найбільшу величину убік віджиму, утворюючи зазор *A* в замку між кільцями й поршнем. Кільце одержує можливість обертатися разом зі шпинделем без тертя про поршень, який залишається нерухливим. Про знаходження механізму у віджатому положенні сигналізує вимикач 4.

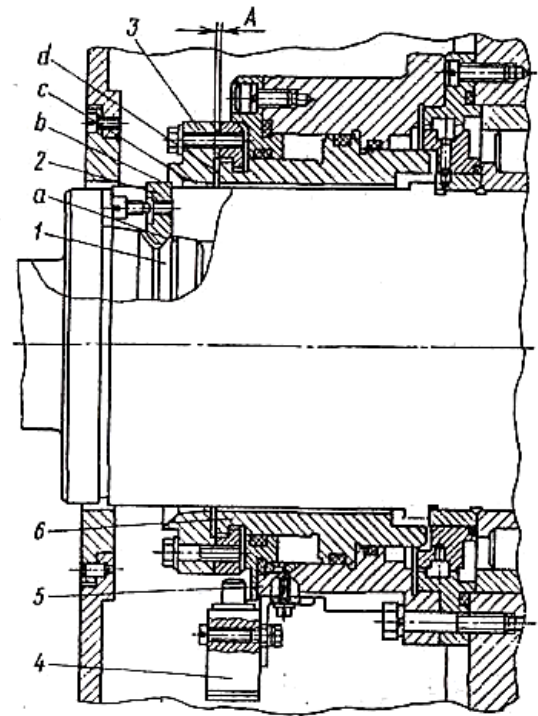


Рисунок 3.7 - Механізм закріплення інструменту в підлоговому шпинделі

4. РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ- ПРЕДСТАВНИКА ТИПУ КРОНШТЕЙН

4.1 Розробка операцій маршрутної технології

Деталь – представник типу кронштейн надана в загальному виді на рис

4.1

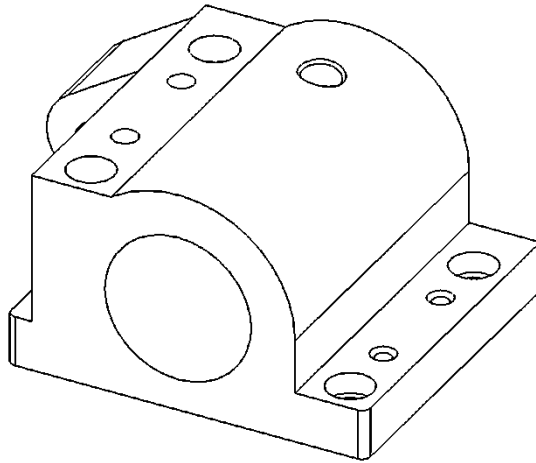


Рисунок 4.1- Деталь «кронштейн»

Маршрутна технологія обробки деталі «кронштейн» наведена в табл. 4.1

Таблиця 4.1- Маршрутна технологія обробки деталі «кронштейн»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення
005	Лиття		
010	Обрубка й очищення виливка		
015	Навісити бирку з номером деталі		
020	Фрезерувати поверхню прилягання попередньо	Фрезерний напівавтомат	Пристосування
025	Фрезерувати торець отвору Ø35H7 попередньо, розточити отвір Ø35H7 попередне	Багатоопераційний верстат зі ЧПК 2A622-МФ2	Налагодження УВПО двомісна
030	Притупити гострі крайки	Багатоопераційний верстат зі ЧПК 2A622-МФ2	
035	Термічна обробка		
040	Фрезерувати торець отвору Ø35H7 остаточно, розточити й розгорнути отвір Ø35H7 остаточно, свердли, розточити й розгорнути отвір Ø8H7 остаточно	Багатоопераційний верстат зі ЧПК 2A622-МФ2	Налагодження УВПО

045	У першій позиції: фрезерувати поверхню прилягання й паз В=35(15+20) остаточно, свердлили чотири отвори Ø7, два отвори Ø6, свердлили й нарізати різьбу у двох отворах М6-7Н. У другій позиції: зенкувати чотири. У другій позиції: зенкувати чотири отвори Ø7 К Ø11 остаточно, розсвердлили два отвори Ø6 К Ø11 остаточно, зацентрувати, свердлили й нарізати різьбу М10-7Н.	Багатоопераційни й верстат зі ЧПК 2А622-МФ2	Налагодження УВПО двопозиційна
050	Притупити гострі крайки	Багатоопераційни й верстат зі ЧПК 2А622-МФ2	
055	Технічний контроль		
060	Консервація		

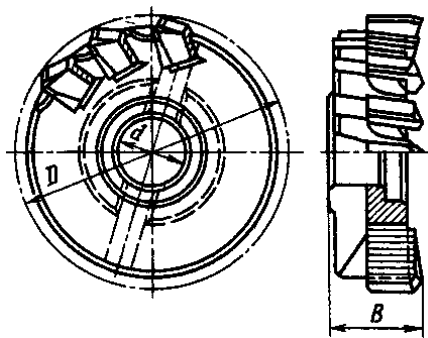
Незазначені граничні відхилення: валів h14, отворів H14, інших $\pm \frac{IT14}{2}$

4.2 Визначення режимів різання

Операція 020

1. Фрезерувати поверхню прилягання попередньо

Для фрезерування поверхні з розміром 86 ухвалюємо фрезу торцеву насадну із вставними ножами зі швидкорізальної сталі (за ДСТ 1092-80) [6]



$D = 100 \text{ мм};$
 $B(h16) = 40 \text{ мм};$
 $d = 32 \text{ мм};$
 $z = 10$

Матеріал ножів P18

Глибина фрезерування $t = 1,5 \text{ мм};$ [7]

Подача $S_z = 0,2 \text{ мм};$ [7]

Стійкість фрези $T_m = 150 \text{ хв};$ [7]

Швидкість $V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$ [7] де

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента;

$$V_{\text{табл.}} = 33 \text{ м/хв}; K_1=1,0; K_2=0,9; K_3=0,9; [7]$$

$$V = 33 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 26,73 \text{ м/хв.}$$

Потужність різання

$$N_{\text{рез}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z_u}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2, [7] \text{ де}$$

E – таблична величина;

V – швидкість різання в м/хв;

t – глибина різання в мм;

z – число зубів фрези;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 – від типу фрези й швидкості різання (для твердосплавних фрез)

b_{max} - максимальна ширина фрезерування

$$E = 2,3; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; [7]$$

$$N_{\text{рез}} = 2,3 \cdot \frac{26,7 \cdot 4 \cdot 10}{1000} \cdot 0,9 \cdot 1 = 2,46 \text{ кВт}$$

- Потужність електродвигуна головного руху верстата 8 кВт.

Розрахункова потужність різання менше потужності привода верстата, що дозволяє вести обробку із заданими режимами різання.

Розрахуємо максимальний крутний момент на шпинделі

$M_{\text{шп. max}}$ при заданих режимах різання

$$M_{\text{шп. max}} = C_{1\Phi} \cdot t \cdot s_z \cdot z_\Phi \cdot K_{1\Phi}, \text{ Нм}$$

$C_{1\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує значення питомого крутного моменту, Нм/мм² ;

$K_{1\Phi}$ – коефіцієнт динамічності навантаження при фрезеруванні;

$$C_{1\Phi} = 50 \text{ Нм/мм}^2 ; K_{1\Phi} = 1,2; [5]$$

$$M_{\text{шп. max}} = 50 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 14 \cdot 1,2 = 378 \approx 380 \text{ Нм}$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60}, \text{кВт}$$

P_z – тангенціальна складова сили різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \text{Н}$$

$C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0$; [6]

$$K_{\text{мп}} \approx 1$$

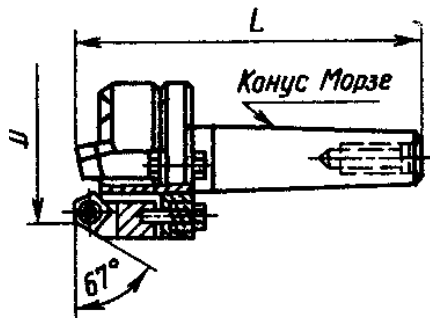
$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,5^{0,95} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 95^{1,1} \cdot 14}{100^{1,1} \cdot 70^0} \cdot 1 \approx 6098 \text{ Н}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{6095 \cdot 26,7}{1000 \cdot 60} = 2,71 \text{ кВт}$$

Операція 025

1. Фрезерувати торець отвору Ø35H7 попередньо

Для фрезерування поверхні в розмір 52 ухвалюємо фрезу торцеву зі швидкорізальної сталі (за ДСТ 9304-88) [6]



$D = 63 \text{ мм};$

$L = 40 \text{ мм};$

$z = 18$

Конус Морзе 4

Матеріал пластин

T5K10

Глибина фрезерування $t = 1,5 \text{ мм};$ [7]

Подача $S_z = 0,2 \text{ мм};$ [7]

Стійкість фрези $T_m = 130 \text{ хв};$ [7]

Швидкість $V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$ [7] де

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента

$V_{\text{табл.}} = 35 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1;$ [7]

$$V = 35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 35 \text{ м/хв.}$$

Потужність різання:

$$N_{\text{рез}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z_u}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2, [7] \text{ де}$$

E – таблична величина;

V – швидкість різання в м/хв;

t – глибина різання в мм;

z – число зубів фрези;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 – від типу фрези й швидкості різання (для твердосплавних фрез)

b_{max} - максимальна ширина фрезерування

$$E = 2,3; K_1 = 1; K_2 = 1; [7]$$

$$N_{\text{рез}} = 2,3 \cdot \frac{35 \cdot 1,5 \cdot 18}{1000} \cdot 1 \cdot 1 = 2,17 \text{ кВт}$$

Потужність електродвигуна головного руху верстата 8 кВт.

Розрахункова потужність різання менше потужності привода верстата, що дозволяє вести обробку із заданими режимами різання.

Розрахуємо максимальний крутний момент на шпинделі

$M_{\text{шп. max}}$ при заданих режимах різання

$$M_{\text{шп. max}} = C_{1\Phi} \cdot t \cdot s_z \cdot z_\Phi \cdot K_{1\Phi}, \text{ Нм}$$

$Z_{1\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує значення питомого крутного моменту, Нм/мм² ;

$K_{1\Phi}$ – коефіцієнт динамічності навантаження при фрезеруванні;

$$Z_{1\Phi} = 40 \text{ Нм/мм}^2; K_{1\Phi} = 1,2; [5]$$

$$M_{\text{шп. max}} = 40 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 5 \cdot 1,2 = 108 \text{ Нм}$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф}} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60}, \text{ кВт}; [6]$$

P_z – тангенціальна складова сили різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \text{ Н}$$

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1,1; q = 1,3; w = 0,2; [6]$$

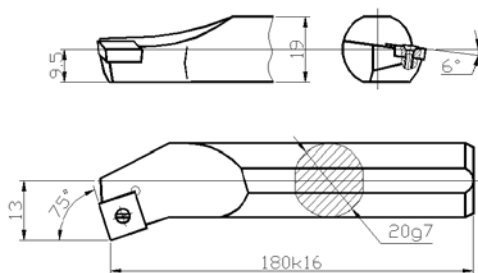
$$K_{mp} \approx 1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 53^{1,1} \cdot 5}{63^{1,3} \cdot 820^{0,2}} \cdot 1 \approx 2367 \text{ Н}$$

$$N_{эф} = \frac{2367 \cdot 162}{1000 \cdot 60} = 6,4 \text{ кВт}$$

2. Розточити отвір Ø35H7 попередньо

Інструмент: розточувальної різець із пластинами зі швидкорізальної сталі.



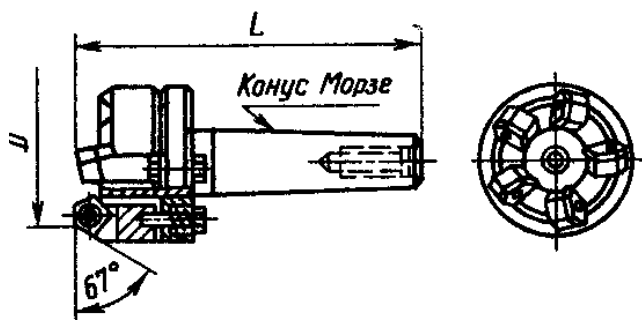
Подача $S_o = 0,10$ мм/об; [7]

$V = 170$ м/хв.

Операція 040

1. Фрезерувати торець отвору Ø35H7 остаточно

Для фрезерування поверхні в розмір 52 ухвалюємо фрезу торцеву зі швидкорізальної сталі (за ДСТ 9304-88) [6]



$D = 63$ мм;

$L = 40$ мм;

$z = 18$

Конус Морзе 4

Матеріал пластин

T5K10

Глибина фрезерування $t = 1,5$ мм; [7]

Подача $S_z = 0,2$ мм; [7]

Стійкість фрези $T_m = 130$ хв; [7]

Швидкість $V = V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$, [7] де

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента;

$$V_{\text{табл.}} = 35 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1; [7]$$

$$V = 35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 35 \text{ м/хв.}$$

Потужність різання:

$$N_{\text{рез}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z_u}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [7], \text{ де}$$

E – таблична величина;

V – швидкість різання в м/хв;

t – глибина різання в мм;

z – число зубів фрези;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 – від типу фрези й швидкості різання (для твердосплавних фрез)

b_{max} - максимальна ширина фрезерування

$$E = 2,3; K_1 = 1; K_2 = 1; [7]$$

$$N_{\text{рез}} = 2,3 \cdot \frac{35 \cdot 1,5 \cdot 18}{1000} \cdot 1 \cdot 1 = 2,17 \text{ кВт}$$

– Потужність електродвигуна головного руху верстата 8 кВт.

Розрахункова потужність різання менше потужності привода верстата, що дозволяє вести обробку із заданими режимами різання.

Розрахуємо максимальний крутний момент на шпинделі

$M_{\text{шп. max}}$ при заданих режимах різання

$$M_{\text{шп. max}} = C_{1\Phi} \cdot t \cdot s_z \cdot z_\Phi \cdot K_{1\Phi}, \text{ Нм}$$

$Z_{1\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує значення питомого крутного моменту, Нм/мм² ;

$K_{1\Phi}$ – коефіцієнт динамічності навантаження при фрезеруванні;

$$Z_{1\Phi} = 40 \text{ Нм/мм}^2; K_{1\Phi} = 1,2 [5]$$

$$M_{\text{шп. max}} = 40 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 5 \cdot 1,2 = 108 \text{ Нм}$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф}} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60}, \text{кВт} \quad [6]$$

P_z – тангенціальна складова сили різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \text{Н}$$

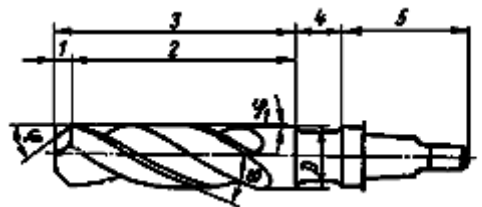
$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1,1; q = 1,3; w = 0,2 \quad [6]$$

$$K_{\text{мп}} \approx 1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 53^{1,1} \cdot 5}{63^{1,3} \cdot 820^{0,2}} \cdot 1 \approx 2367 \text{ Н}$$

$$N_{\text{эф}} = \frac{2367 \cdot 162}{1000 \cdot 60} = 6,4 \text{ кВт}$$

2. Розточити отвір Ø35H7 остаточно



Інструмент: зенкер, з
конічним хвостовиком оснащений
пластинами із твердого сплаву Ø35
мм ДЕРЖСТАНДАРТ 3231-88.

$$\text{Подача } S_o = 0,65 \text{ мм/об}; \quad [7]$$

$$T = 60 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента

$$V_{\text{табл.}} = 24 \text{ м/хв}; \quad K_1 = 1,0; \quad K_2 = 1,2; \quad K_3 = 1; \quad [7]$$

$$V = 24 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 28,8 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 28,8}{3,14 \cdot 35} \approx 265 \text{ об}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{V}{100}$$

$$N_{\text{табл.}} = 4,7$$

$$K_N = 1$$

$$N_{\text{рез.}} = 4,7 \cdot 1 \cdot \frac{28,8}{100} = 1,35 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент і крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 67 \cdot 1^{1,2} \cdot 0,65^{0,65} \cdot 0,9 = 456 \text{ Н},$$

де: $C_p=68$; $q=1,0$; $y=0,7$; [6]

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,1 \cdot 35^{1,0} \cdot 1^{0,9} \cdot 0,65^{0,8} \cdot 0,9 = 24 \text{ Нм};$$

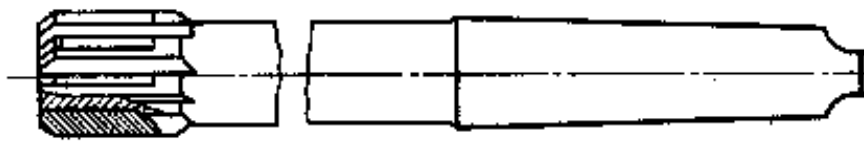
де: $C_m=0,035$; $q=2,0$; $y=0,8$; $K_p \approx K_{mp}=0,9$; [6]

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{24 \cdot 265}{9750} = 0,65 \text{ кВт}$$

3. Розгорнути отвір Ø35H7 остаточно

Вибираємо розгорнення машинну насадку із пластинами із твердого сплаву з конічним хвостовиком ДЕРЖСТАНДАРТ 11175-88.



$D=35\text{мм}$

$L=40\text{мм}$

$l=32\text{мм}$

Подача $S_z = 1,0 \text{ мм}$; [7]

Стійкість фрези $T_m = 60 \text{ хв}$; [7]

$V_{\text{табл.}} = 20 \text{ м/хв}$; $K_1 = 1,3$; $K_2 = 1,2$; $K_3 = 1,0$; [7]

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента

$$V = 20 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,2 = 31,2 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 31,2}{3,14 \cdot 35} \approx 285 \text{ м}85^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}$$

$$N_{\text{табл.}} = 30$$

$$K_N = 0,9$$

$$N_{\text{рез.}} = 30 \cdot 0,9 \cdot \frac{285}{1000} = 7,7 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 35^{1,0} \cdot 1^{0,7} \cdot 0,9 = 21420 \text{ Н};$$

де: $C_p=68$; $q=1,0$; $y=0,7$

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 35^2 \cdot 1^{0,8} \cdot 0,9 = 380 \text{ Нм.}$$

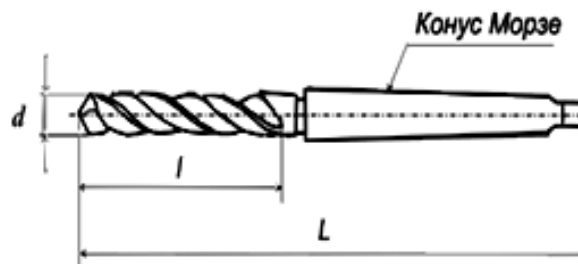
де: $C_M=0,035$; $q=2,0$; $y=0,8$; $K_p \approx K_{M_p}=0,9$.

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{380 \cdot 285}{9750} = 11 \text{ кВт}$$

4. Свердлити отвір Ø8H7

Свердел спіральний зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком (за ДСТ 10903-88)



Ø8 мм; L=156 мм

l=75 мм [6]

$S_o=0,16$ мм/об [7]

T=30 хв

t=4 мм

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента

$$V_{\text{табл.}} = 19 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,25; K_3 = 1; [7]$$

$$V = 19 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 23,75 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 23,75}{3,14 \cdot 8} \approx 950 \text{ об}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}$$

$$N_{\text{табл.}} = 0,22$$

$$K_N = 1$$

$$N_{\text{рез.}} = 0,22 \cdot 1 \cdot \frac{950}{1000} = 0,2 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,16^{0,7} \cdot 0,9 = 1357 \text{ Н};$$

де: $C_p=68$; $q=1,0$; $y=0,7$

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,16^{0,8} \cdot 0,9 = 1,47 \text{ Нм.}$$

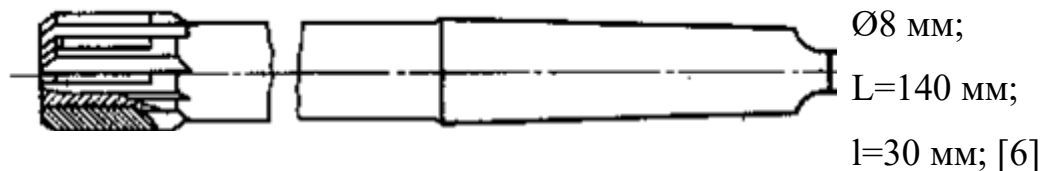
де: $C_M=0,035$; $q=2,0$; $y=0,8$; $K_p \approx K_{\text{мп}}=0,9$.

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{1,47 \cdot 950}{9750} = 0,11 \text{ кВт}$$

5. Розгорнути отвір Ø8H7

Вибираємо розгорнення машинну цільну з конічним хвостовиком
(за ДСТ 1672-88)



$$S_o=0,5 \text{ мм/ об [7]}$$

$$T=30 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента

$$V_{\text{табл.}} = 15 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,15; K_3 = 1,0; [7]$$

$$V = 15 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 17,25 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 17,25}{3,14 \cdot 8} \approx 690 \text{ хв}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}$$

$$N_{\text{табл.}} = 0,9$$

$$K_N = 0,9$$

$$N_{\text{рез.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot \frac{690}{1000} = 0,56 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 8,0^{1,0} \cdot 0,5^{0,7} \cdot 0,9 = 3013 \text{ Н}$$

де: $C_p=68$; $q=1,0$; $y=0,7$

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,9 = 11,58 \text{ Нм}$$

де: $C_M=0,035$; $q=2,0$; $y=0,8$; $K_p \approx K_{\text{кр.}}=0,9$.

Ефективна потужність різання

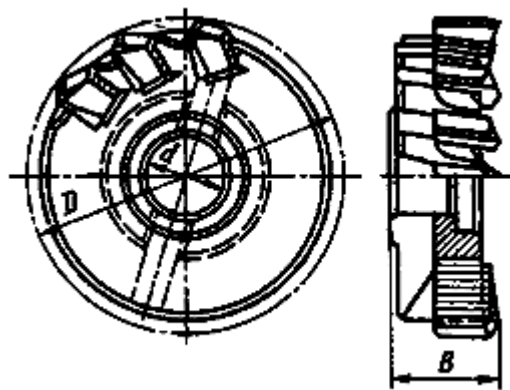
$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{11,58 \cdot 690}{9750} = 0,82 \text{ кВт}$$

Операція 045

1. Фрезерувати поверхня прилягання

Для фрезерування поверхні з розміром 86 ухвалюємо фрезу торцеву насадну із вставними ножами зі швидкорізальної сталі

(за ДСТ 1092-80) [6]



$D = 100 \text{ мм};$

$B(h16) = 40 \text{ мм};$

$d = 32 \text{ мм};$

$z=10$

Матеріал ножів

P18

Глибина фрезеруванні $t = 1,5 \text{ мм};$ [7]

Подача $S_z = 0,2 \text{ мм};$ [7]

Стійкість фрези $T_M = 150 \text{ хв};$ [7]

Швидкість $V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ [7], де

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента

$$V_{\text{табл.}} = 33 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 0,9; K_3 = 0,9; [7]$$

$$V = 33 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 26,73 \text{ м/хв.}$$

Потужність різання

$$N_{\text{рез}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z_u}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [7], \text{ де}$$

E – таблична величина;

V – швидкість різання в м/хв;

t – глибина різання в мм;

z – число зубів фрези;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 – від типу фрези й швидкості різання для твердосплавних фрез)

b_{max} - максимальна ширина фрезерування

$$E = 2,3; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; [7]$$

$$N_{\text{рез}} = 2,3 \cdot \frac{26,7 \cdot 4 \cdot 10}{1000} \cdot 0,9 \cdot 1 = 2,46 \text{ кВт}$$

Потужність електродвигуна головного руху верстата 8 кВт.

Розрахункова потужність різання менше потужності привода верстата, що дозволяє вести обробку із заданими режимами різання.

Розрахуємо максимальний крутний момент на шпинделі

$M_{\text{шп. max}}$ при заданих режимах різання

$$M_{\text{шп. max}} = C_{1\Phi} \cdot t \cdot s_z \cdot z_{\Phi} \cdot K_{1\Phi}, \text{ Нм}$$

$Z_{1\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує значення питомого крутного моменту, Нм/мм² ;

$K_{1\Phi}$ – коефіцієнт динамічності навантаження при фрезеруванні;

$$Z_{1\Phi} = 50 \text{ Нм/мм}^2 ; K_{1\Phi} = 1,2 [5]$$

$$M_{\text{шп. max}} = 50 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 14 \cdot 1,2 = 378 \approx 380 \text{ Нм}$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60}, \text{кВт}$$

P_z – тангенціальна складова сили різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \text{Н}$$

$C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0$; [6]

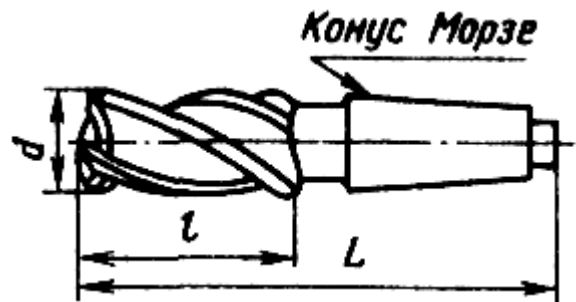
$$K_{\text{мп}} \approx 1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,5^{0,95} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 95^{1,1} \cdot 14}{100^{1,1} \cdot 70^0} \cdot 1 \approx 6098 \text{ Н}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{6095 \cdot 26,7}{1000 \cdot 60} = 2,71 \text{ кВт}$$

2. Фрезерувати паз В=35 (15+20)

Вибираємо кінцеву фрезу з конічним хвостовиком за ДСТ 17026-88



$d=32$

$L=155$

$l=53$

$z=6$

конус морзе 5

Глибина фрезерування $t = 2$ мм; [7]

Подача $S_z = 0,2$ мм; [7]

Стійкість фрези $T_m = 130$ хв; [7]

Швидкість $V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ [7], де

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів обробки;

K_2 – від оброблюваного матеріалу;

K_3 – від стійкості й матеріалу інструмента

$V_{\text{табл.}} = 24 \text{ м/хв}$; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 0,9$; $K_3 = 1,15$; [7]

$V = 24 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 27,3 \text{ м/хв}$.

Потужність різання:

$$N_{\text{рез}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z_u}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [7], \text{ де}$$

E – таблична величина;

V – швидкість різання в м/хв ;

t – глибина різання в мм;

z – число зубів фрези;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 – від типу фрези й швидкості різання (для твердосплавних фрез)

b_{max} - максимальна ширина фрезерування

$$E = 2,3; K_1 = 1; K_2 = 1; [7]$$

$$N_{\text{рез}} = 2,3 \cdot \frac{27,3 \cdot 2 \cdot 6}{1000} \cdot 1 \cdot 1 = 0,75 \quad \text{кВт}$$

Потужність електродвигуна головного руху верстата 8 кВт.

Розрахункова потужність різання менше потужності привода верстата, що дозволяє вести обробку із заданими режимами різання.

Розрахуємо максимальний крутний момент на шпинделі

$M_{\text{шп. max}}$ при заданих режимах різання

$$M_{\text{шп. max}} = C_{1\phi} \cdot t \cdot s_z \cdot z_\phi \cdot K_{1\phi}, \text{ Нм}$$

$Z_{1\phi}$ – коефіцієнт, що враховує значення питомого крутного моменту, Нм/мм^2 ;

$K_{1\phi}$ – коефіцієнт динамічності навантаження при фрезеруванні;

$$Z_{1\phi} = 40 \text{ Нм/мм}^2; K_{1\phi} = 1,2 [5]$$

$$M_{\text{шп. max}} = 40 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 5 \cdot 1,2 = 108 \text{ Нм}$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф}} = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad [6]$$

P_z – тангенціальна складова сили різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \text{ Н}$$

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1,1; q = 1,3; w = 0,2 [6]$$

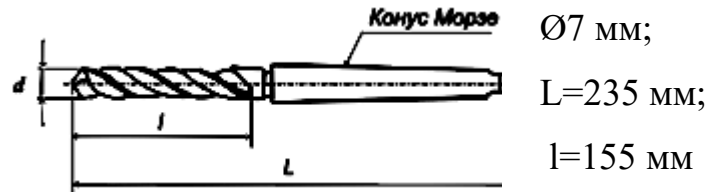
$$K_{\text{мп}} \approx 1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 35^{1,1} \cdot 6}{32^{1,3} \cdot 820^{0,2}} \cdot 1 \approx 2367 \text{ Н}$$

$$N_{\text{эф}} = \frac{2367 \cdot 162}{1000 \cdot 60} = 6,4 \text{ кВт}$$

3. Свердлити чотири отвори $\varnothing 7$

Вибираємо свердел спіральне зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком (за ДСТ 2092-88) [6]



$$S_o = 0,09 \text{ мм/об [7]}$$

$$T = 60 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$V_{\text{табл.}} = 27 \text{ м/хв}; K_1 = 0,9; K_2 = 1,15; K_3 = 0,8 [7]$$

$$V = 27 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 22,36 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 22,36}{3,14 \cdot 7} \approx 1000 \text{ хв}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}$$

$$N_{\text{табл.}} = 0,35$$

$$K_N = 0,9$$

$$N_{\text{рез.}} = 0,35 \cdot 0,9 \cdot \frac{1000}{1000} = 0,32 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 7^{1,0} \cdot 0,09^{0,7} \cdot 0,9 = 793 \text{ Н};$$

$$\text{де: } C_p = 68; q = 1,0; y = 0,7$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 7^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 0,9 = 2,2 \text{ Нм.},$$

де:

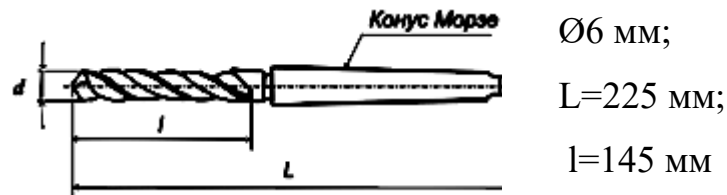
$$C_M=0,035; q=2,0; y=0,8; K_p \approx K_{mp}=0,9.$$

Ефективна потужність різання

$$N_{эф.} = \frac{M_{кр.} \cdot n_{ст.}}{9750} = \frac{2,2 \cdot 1000}{9750} = 0,22 \text{ кВт}$$

4. Свердлити два отвори $\varnothing 6$

Вибираємо свердел спіральне зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком (за ДСТ 2092-88) [6]



$$S_o=0,09 \text{ мм/об [7]}$$

$$T=60 \text{ хв}$$

$$V = V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$V_{табл.} = 24 \text{ м/хв}; K_1 = 0,9; K_2 = 1,15; K_3 = 0,8 [7]$$

$$V = 24 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 19,87 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 19,87}{3,14 \cdot 6} \approx 1055 \text{ об}^{-1}$$

$$N_{рез.} = N_{табл.} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}$$

$$N_{табл.} = 0,2$$

$$K_N = 1$$

$$N_{рез.} = 0,2 \cdot 1 \cdot \frac{1055}{1000} = 0,21 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6^{1,0} \cdot 0,09^{0,7} \cdot 0,9 = 680 \text{ Н};$$

$$\text{де: } C_p=68; q=1,0; y=0,7$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 0,9 = 1,63 \text{ Нм.}$$

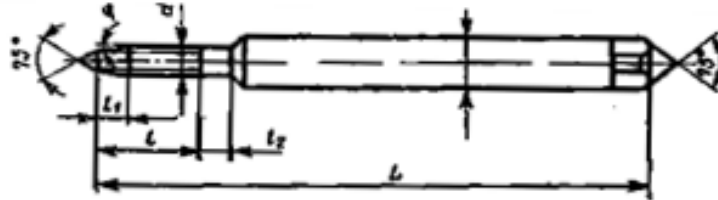
$$\text{де: } C_M=0,035; q=2,0; y=0,8; K_p \approx K_{mp}=0,9.$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{2,63 \cdot 1055}{9750} = 0,176 \text{ кВт}$$

5. Нарізати різьб у двох отворах М6-7Н

Вибираємо машинний мітчик з конічним хвостовиком за ДСТ 32266-88



$$S_o = 1 \text{ мм [7]}$$

$$T = 60 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_v$$

$$V_{\text{табл.}} = 8 \text{ м/хв}; K_v = 1; [7]$$

$$V = 8 \cdot 1 = 8 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 6} \approx 425 \text{ м}25^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = \frac{M_{\text{кр.}} n}{97400} = \frac{31,5 \cdot 425}{97400} = 0,048$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6^{1,0} \cdot 1^{0,7} \cdot 0,9 = 3672 \text{ Н};$$

$$\text{де: } C_p = 68; q = 1,0; y = 0,7$$

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6^2 \cdot 1^{0,8} \cdot 0,9 = 11,2 \text{ Нм.}$$

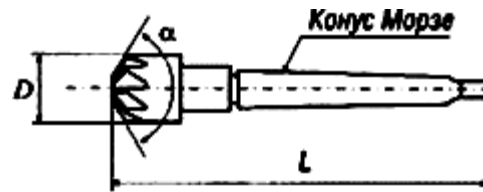
$$\text{де: } C_M = 0,035; q = 2,0; y = 0,8; K_p \approx K_{\text{мр}} = 0,9.$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{11,2 \cdot 425}{9750} = 0,5 \text{ кВт}$$

6. Зенкувати 4 отвору Ø7мм К Ø11мм

Вибираємо зенковку циліндричну Ø11 мм



$$D=11 \text{ мм}$$

$$L=100 \text{ мм}$$

$$l=20$$

Подача $S_o=0,06 \text{ мм/об}$ [7]

$$T_M=30 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$V_{\text{табл.}} = 22 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,25; K_3 = 1,0 \text{ [7]}$$

$$V = 22 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 27,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 11} \approx 800 \text{ хв}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{V}{1000}$$

$$N_{\text{табл.}} = 4S_o(d_1 - d_2) = 4 \cdot 0,06 \cdot (11 - 7) = 0,72$$

$$N_{\text{табл.}} = 0,72$$

$$K_N = 0,9$$

$$N_{\text{рез.}} = 0,72 \cdot 0,9 \cdot \frac{800}{1000} = 0,52 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання і крутний момент і крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 67 \cdot 3,5^{1,2} \cdot 0,06^{0,65} \cdot 0,9 = 435 \text{ Н.}$$

$$\text{де: } C_p=67; q=1,2; y=0,65 \text{ [6]}$$

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,1 \cdot 11^{1,0} \cdot 3,5^{0,9} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 0,9 = 3,2 \text{ Нм; [6]}$$

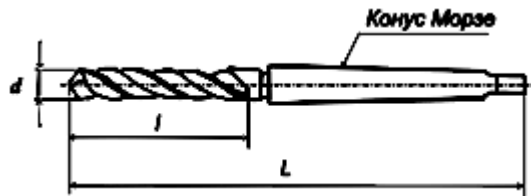
$$\text{де: } C_m=0,035; q=2,0; y=0,8; K_p \approx K_{mp}=0,9.$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{3,2 \cdot 800}{9750} = 0,26 \text{ кВт}$$

7. Розсвердлити два отвори $\varnothing 6$ К $\varnothing 11$ остаточно

Вибираємо свердел спіральне зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком (за ДСТ 2092-88) [6]



Ø11 мм;

L=225 мм;

l=175 мм

$$t=0,5(11-6)=2,5 \text{ мм}$$

$$S_o=0,18 \text{ мм/об [7]}$$

$$T=60 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$V_{\text{табл.}} = 22 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,15; K_3 = 1,0 [7]$$

$$V = 22 \cdot 1,25 = 27,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 6} \approx 800 \text{ об}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}$$

$$N_{\text{табл.}} = 1,2$$

$$K_N = 0,9$$

$$N_{\text{рез.}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot \frac{800}{1000} = 0,86 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 11^{1,0} \cdot 0,18^{0,7} \cdot 0,9 = 2026 \text{ Н};$$

де: $C_p=68$; $q=1,0$; $y=0,7$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 0,9 = 9,5 \text{ Нм,}$$

де

$$C_M=0,035; q=2,0; y=0,8; K_p \approx K_{\text{мп}}=0,9.$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{9,5 \cdot 800}{9750} = 0,78 \text{ кВт}$$

8. Зацентрувати

Вибираємо центрувальне спіральне свердло із циліндричним хвостовиком для зацентрування під свердління (по ОСТ 2N20-5-80)

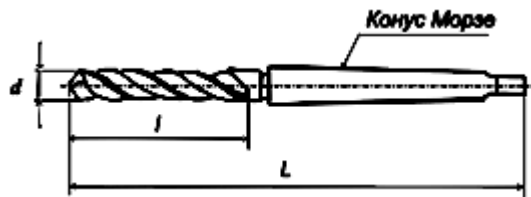
$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$V_{\text{табл.}} = 22 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,15; K_3 = 1,0 [7]$$

$$V = 22 \cdot 1,25 = 27,25 \text{ м/хв.}$$

9. Свердлити отвір Ø10

Вибираємо свердло спіральне зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком (за ДСТ 2092-77) [6]



Ø10 мм;

L=235 мм;

l=155 мм;

$$t=5 \text{ мм}$$

$$S_o=0,22 \text{ мм/ об [7]}$$

$$T=60 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$V_{\text{табл.}} = 22 \text{ м/хв}; K_1 = 1,0; K_2 = 1,25; K_3 = 1,0 [7]$$

$$V = 22 \cdot 1,25 = 27,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 6} \approx 800 \text{ хв}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}$$

$$N_{\text{табл.}} = 1,2$$

$$K_N = 0,9$$

$$N_{\text{рез.}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot \frac{800}{1000} = 0,86 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 10^{1,0} \cdot 0,22^{0,7} \cdot 0,9 = 2120 \text{ Н};$$

$$\text{де: } C_p=68; q=1,0; y=0,7$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 0,9 = 9,24 \text{ Нм.}$$

$$\text{де: } C_M=0,035; q=2,0; y=0,8; K_p \approx K_{\text{кр}}=0,9.$$

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{9,5 \cdot 800}{9750} = 0,76 \text{ кВт}$$

10. Нарізати різьбу М10-7Н

Вибираємо машинний мітчик з конічним хвостовиком за ДСТ 32266-88

$$S = 1 \text{ мм [7]}$$

$$T = 60 \text{ хв}$$

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_v$$

$$V_{\text{табл.}} = 9 \text{ м/хв}; K_v = 1; [7]$$

$$V = 9 \cdot 1 = 9 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 9}{3,14 \cdot 10} \approx 300 \text{ хв}^{-1}$$

$$N_{\text{рез.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n}{97400} = \frac{31,5 \cdot 425}{97400} = 0,96 \text{ кВт}$$

Визначимо осьову силу різання й крутний момент

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 10^{1,0} \cdot 1^{0,7} \cdot 0,9 = 6120 \text{ Н}$$

де:

$$C_p = 68; q = 1,0; y = 0,7$$

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 1^{0,8} \cdot 0,9 = 310 \text{ Нм}$$

де: $C_M = 0,035; q = 2,0; y = 0,8; K_p = K_{\text{мп}} = 0,9$.

Ефективна потужність різання

$$N_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_{\text{ст.}}}{9750} = \frac{310 \cdot 300}{9750} = 9,5 \text{ кВт}$$

5. ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ВЕРСТАТА І ГНУЧКОГО ВИРОБНИЧОГО МОДУЛЯ

5.1 Розробка планування ГВМ

Для вибору плану ГВС нам буде потрібно вибір транспортних механізмів, які вибираються щодо маси деталі. Тому що маса деталі в техзавданні не указу, нам впливає її розрахувати.

Ручний метод визначення маси деталі.

Для знаходження маси потрібно розрахувати обсяг деталі. Для знаходження обсягу розбиваємо деталь на окремі прості тіла типу паралелограм і циліндр:

$$V_1 = 17 \cdot 76 \cdot 12 = 15504 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = V_2' - V_2'' = \frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 56^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 35^2}{4} = 114010,26 \text{ мм}^3$$

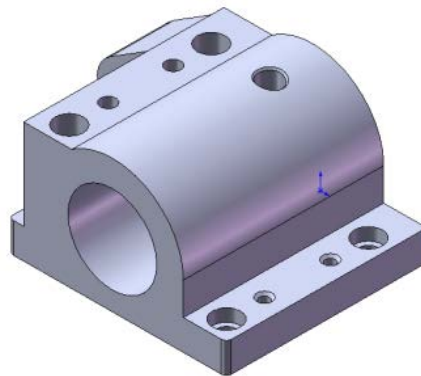
$$V_3 = 15 \cdot 48 \cdot 76 = 54720 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = 6 \cdot 12 \cdot 76 = 5472 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = V_5' - V_5'' = \frac{\pi d_3^2}{4} - \frac{\pi d_4^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 24^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 8842 \text{ мм}^3$$

Загальний обсяг деталі:

$$V = 15504 + 114010,26 + 54720 + 5472 + 8842 = 198548$$



Маса деталі:

$$m = V \cdot \rho = 198548 \cdot 0,0087 = 1727,36 \text{ гр}$$

Ручний метод розрахунку маси деталі не точний, тому що не враховує отворів, штампувальних ухилів і заокруглень. Тому слід зробити комп'ютерний розрахунки маси деталі.

Комп'ютерний розрахунки маси деталі:

Масові характеристики «кронштейна»:

Щільність = 0.0087 грм/ м³

Маса = 1630.61 гр

Обсяг = 187426.65 мм³

Площа поверхні = 41836.32 мм²

Структура типових компонувань ГВС, обумовлена особливостями застосовуваного модульного встаткування АТСС, включає компонування лінійного типу на базі кранів-штабелеров і іншого підлогового встаткування (див. рис. 5.1, *а, б і в*); компонування багаторядного типу на базі підлогового встаткування (див. рис. 5.1, *г і д*); компонування кільцевого типу на базі конвеєрного встаткування (рис. 5.1, *е*); компонування багаторядного типу (рис. 5.2, *а*) і кільцевого типу (рис. 5.2, *б*) на базі підвісного транспорту.

З використанням типових компонувань розроблені й застосовуються при проектуванні й впровадженні ГВС компонувальні розв'язки, що враховують різні модифікації й комбінації транспортних, накопичувальних, складських систем, варіанти розташування технологічного встаткування та ін.

На рис. 4.1 показані принципові схеми компонувальних розв'язків ГВС для застосування циклічних видів рейкового транспорту.

На площі, займаній ГВС, можуть розміщатися від 4 до 100 ГВМ уздовж траси транспортного робота з однієї або двох сторін. Розташування ГВМ — лінійне (в одну або дві лінії), паралельно транспортній трасі, перпендикулярно до неї або груп під кутом до неї. По схемах, наведених на рис. 5.1, *е*, організують ГАД й ГАП. При цьому система забезпечення функціонування виробництва виноситься за межі ділянки (лінії), накопичувачі розміщуються на території ділянки. При організації ГАЦ за схемою, показаною на рис. 5.1, *ж*

і з — на площах, займаних ГВС, розміщаються технологічне встаткування й усі системи забезпечення виробництва (СОП).

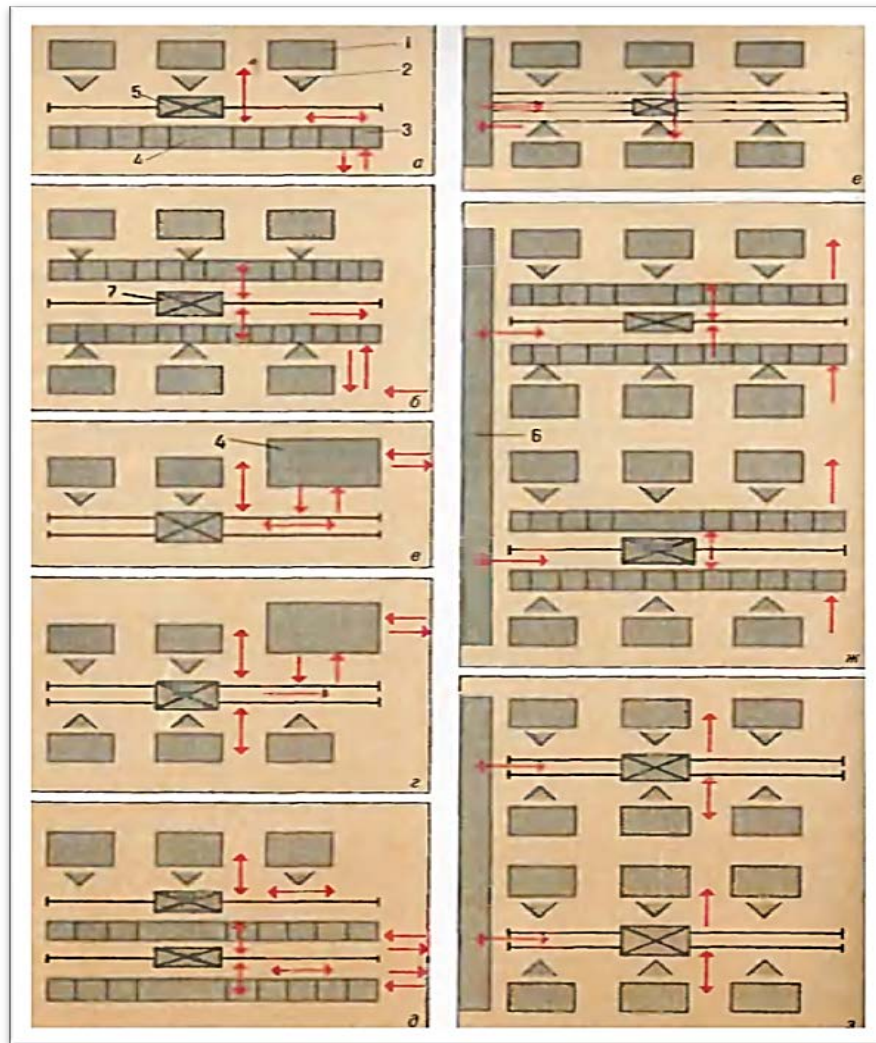


Рисунок 5.1 - Схеми компоувальних рішень ГВС із застосуванням циклічних видів рейкового транспорту:

- 1 - ГВМ;
- 2 - приймальне пристроєм роботом-оператором і приверстатним накопичувачем;
- 3 - стелаж;
- 4 - централізований накопичувач;
- 5 - транспортний робот;
- 6 - система забезпечення функціонування виробництва;
- 7 - робот-штабелер.

Технічні розв'язки (рис. 5.1, а, б і ж) застосовуються для однобічного (а) і двостороннього (б и ж) розташування ГВМ. Для переміщення й складування заготовок, деталей, інструмента й пристосувань (а) застосовуються транспортні роботи, що дозволяють установлювати тару,

піддони й пристосування-супутники на прийомні пристрої (накопичувачі) робочих місць і в багатоярусні дільничні накопичувачі. За схемою, наведеної на рис. 5.1, б и ж, завантаження приверстатних накопичувачів проводиться із гнізд дільничних накопичувачів.

Організація ГВС із централізованим накопичувачем по схемах віг рекомендується для одностороннього (в) і двостороннього (з) розташування ГВМ. Транспортні роботи забезпечують переміщення й нагромадження деталей на одному висотному рівні. Автоматичні накопичувачі використовуються для розміщення оборотних заділів, інструмента й пристосувань.

Схема, показана на рис. 5.1, д, доцільна для організації ГВС, у яких для зберігання заготовок, деталей у тарі й супутників передбачений загальний склад-накопичувач із роботом-штабелером. Для завантаження ГВМ транспортний робот захоплює тару або супутник із гнізд складу й установлює на приверстатний накопичувач або прийомний пристрій ГВМ.

Характерною рисою схеми, наведеної на рис. 5.1, е, є застосування в одному транспортному блоці дворівневого переміщення.

На верхньому рівні переміщається транспортний робот циклічної дії, що транспортує тару, піддони й супутники до верстатів. На нижньому рівні, що служить для повернення тари, піддонів і супутників з робочих місць, у якості транспортного засобу застосовується роликівий приводний конвеєр. Після кожної технологічної операції напівфабрикати й готові деталі на піддонах вертаються на прийомні пристрої системи забезпечення функціонування виробництва.

Принципові схеми компонувань ГВС із застосуванням роликівих конвеєрів у комплексі з поворотними й піднімальними пристроями й ланцюговими конвеєрами дини на рис. 5.2.

На площі, займаній ГВС, уздовж лінійної або замкненої «траси конвеєрів можуть розміститися до 25 ГВМ і дільничні накопичувачі. Система забезпечення функціонування виробництва винесена за межі ділянки. Залежно від номенклатури деталей, що перебувають у виробництві, на ГВС можуть бути забезпечені постійна послідовність проходження технологічних позицій (рис. 5.2, а, у і з), змінна послідовність проходження позицій при постійній

спрямованості переміщення деталей із пропуском технологічних позицій (рис. 5.2, б, д, з) і змінна послідовність проходження технологічних позицій при змінній спрямованості проходження деталей по ділянці (схема ж).

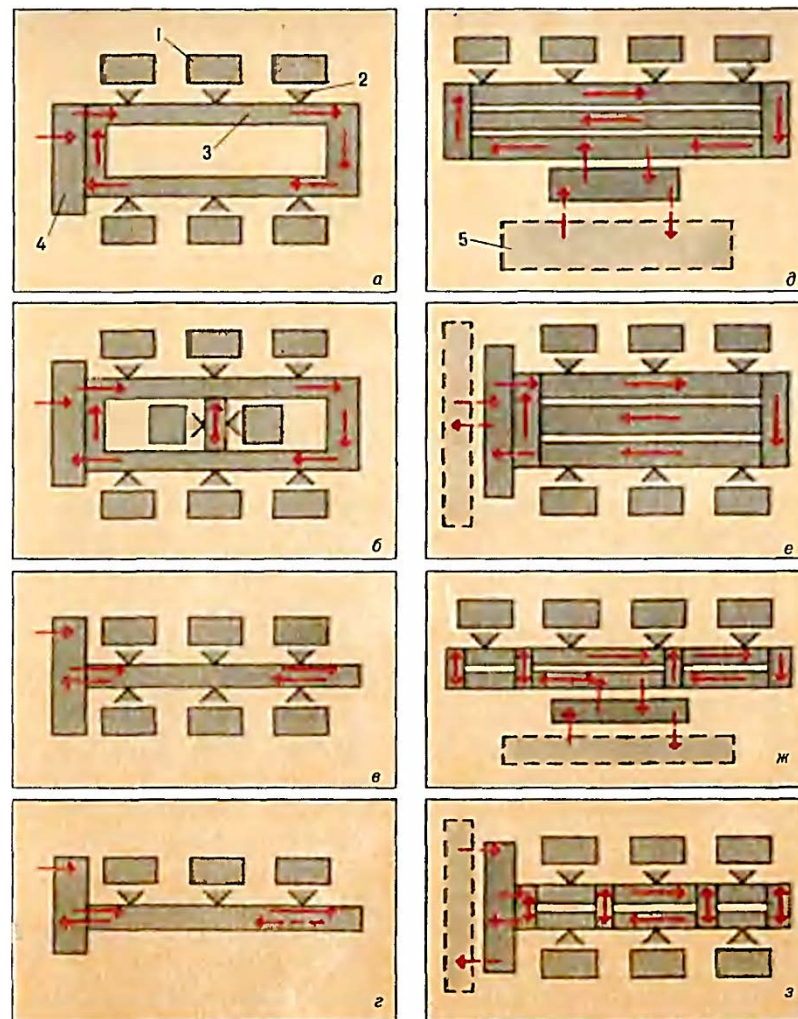


Рисунок 5.2 - Схеми компоувальних рішень ДПС із застосуванням роликів і ланцюгових конвейерів:

- 1 - ГВМ;
- 2 - приймальні пристрої з роботом-оператором і привертатним накопичувачем; 3 - конвеєр;
- 4 - централізований (дільничний) накопичувач;
- 5 - система забезпечення функціонування виробництва.

При організації ГВС за схемою, наведеної на рис. 5.2, а, переміщення деталей здійснюється на пристосуваннях-супутниках, в основному, роликівими конвеєрами з послідовною або вибірковою завантаженням робочих позицій. Нагромадження заділів у верстата проводиться на відгалуженнях конвеєра або на завантажувально-розвантажувальних пристроях верстата. Для установки заготовок на супутники й зняття готових деталей у складі системи забезпечення функціонування виробництва організує

спеціальний пункт (ВУС) з накопичувачем супутників, заготовок і готових деталей.

Установка заготовок на супутники виконується операторами. Постачання ВУС заготовками проводиться зі складу-накопичувача заготовок системи забезпечення функціонування виробництва. Готові деталі направляються на цеховий склад готових деталей. Згідно рис. 5.2, *а* між операційні переміщення деталей здійснюється також у тарі й на піддонах або на супутниках за схемою (рис. 5.2, *б*). Для обгінних операцій використовуються допоміжні конвеєри (роликові або ланцюгові). У виробництві може перебувати число партій деталей, рівне кількості ГВМ.

По схемах, наведених на рис. 5.2, *у* і *г*, здійснюється двостороннє й однобічне обслуговування ГВМ у стиснутих умовах виробництва при змінній послідовності обслуговування. Для між операційних переміщень використовуються роликові двох'ярусні конвеєри з підйомниками для переміщення супутників між іншими конвеєрами.

На рис. 5.2, *д* і *е* показані схеми однобічного й двостороннього обслуговування ГВМ при змінній послідовності обслуговування, малої ємності накопичувачів ГВМ або їх відсутності. Обгінні операції й нагромадження супутників проводяться на одному з конвеєрів. У якості між операційного транспорту використовуються роликові конвеєри, для переміщення супутників між роликовими конвеєрами — ланцюгові конвеєри.

На рис. 5.2, *ж* і *з* наведені схеми однобічного й двостороннього обслуговування ГВМ при змінній послідовності обслуговування верстатів і змінному напрямку руху супутників. У якості між операційного транспорту використовуються роликові конвеєри з піднімальними й поворотними пристроями, ланцюгові конвеєри й конвеєри на повітряній подушці.

Принципові схеми організації ГВС із використанням для між операційних переміщень деталей підлогового, безрейкових машин (робокар), що переміщаються по проїздах, наведені на рис. 5.3, *а* і *б*. Кількість верстатів визначається заданим обсягом виробництва.

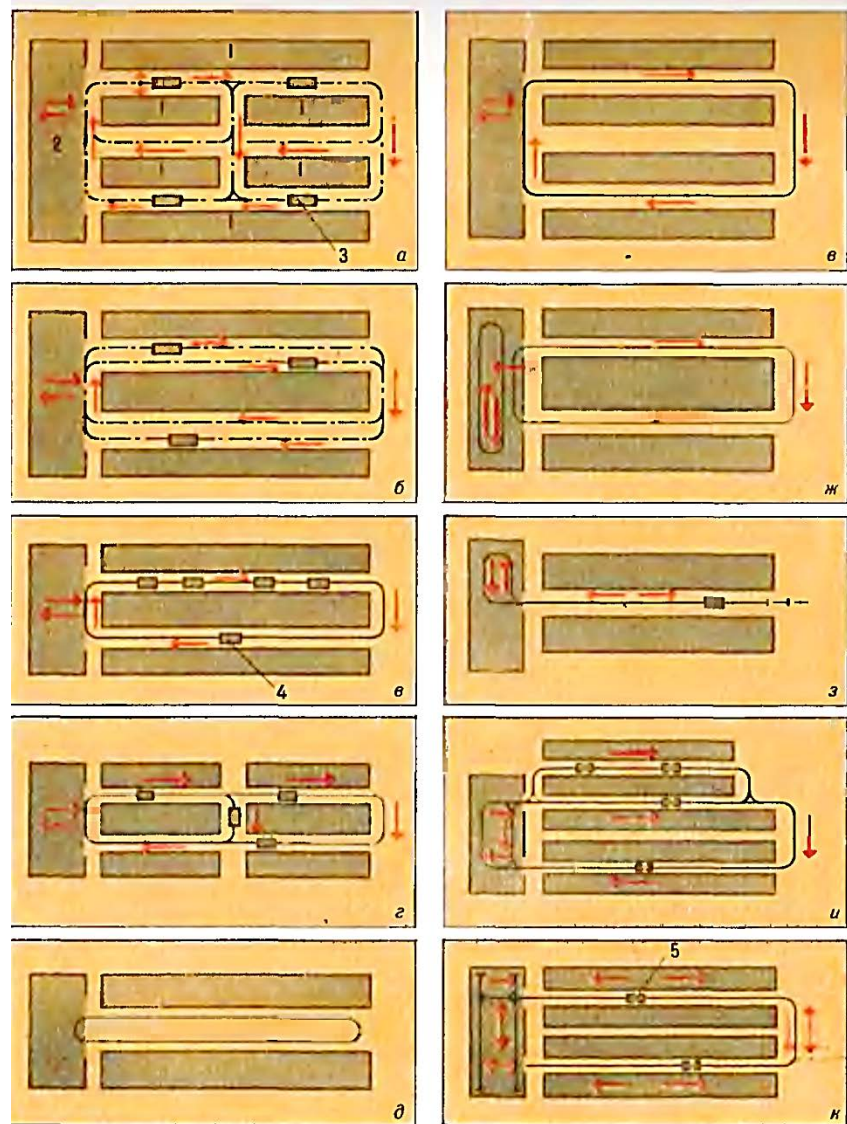


Рисунок 5.3 - Схеми компоувальних рішень ДПС із застосуванням робочар (а і б), підвісних вантажонесучих конвеєрів (д, е і ж) і монорельсами транспорту (з, і, к):

- 1 - ГВМ;
- 2 - система забезпечення функціонування виробництва;
- 3 - робочар;
- 4 - конвеєрна візок;
- 5 - монорейковий підвісний візок.

Реалізація цих схем доцільна для ділянок, де верстати встановлюються групами різної конфігурації в плані й потрібне створення криволінійних трас, а також у тих випадках, коли склади й ділянки підготовки розташовуються на відстані від технологічного встаткування. Як правило, транспортні траси повинні бути закільцьовані. Нарощування необхідної продуктивності засобів транспорту по забезпеченню робочих місць проводиться збільшенням числа робочар, що обслуговують ГВС. Обидві схеми застосовуються для організації

як ГАЛ, ГАД, так і ГАЦ. Ділянки можуть мати квадратну, витягнуту, прямокутну або кутову компоновку.

Схеми організації ГВС із застосуванням вантажонесучих підлогових візкових конвеєрів, представлені на рис. 5.3, *в* і *г*, можуть бути рекомендовані для ГАЛ, ГАД й ГАЦ при застосуванні вантажних одиниць, пристосованих для транспортування на візкових конвеєрах. Організація ГВС аналогічна організації по схемах *а* і *б*. Залежно від умов експлуатації можуть застосовуватися вантажонесучі візки, конвеєри з підпільним і підвісним розміщенням тягового елемента (ланцюги). Траса конвеєра може бути однокільцевий або багатокільцева.

Схеми організації ГВС із використанням для міжопераційних и межучасткових переміщень підвісних вантажонесучих конвеєрів (рис. 5.3, *д*, *е* і *ж*) рекомендуються для складних трас.

Враховуючи розглянуті планування ГВС, а також з урахуванням технічного завдання, і у відповідності розробленим техпроцесом деталі, розробляємо планування гнучкої виробничої системи на основі багатоопераційного верстата 2А622-МФ2, вид якої представлено на рис. 5.4

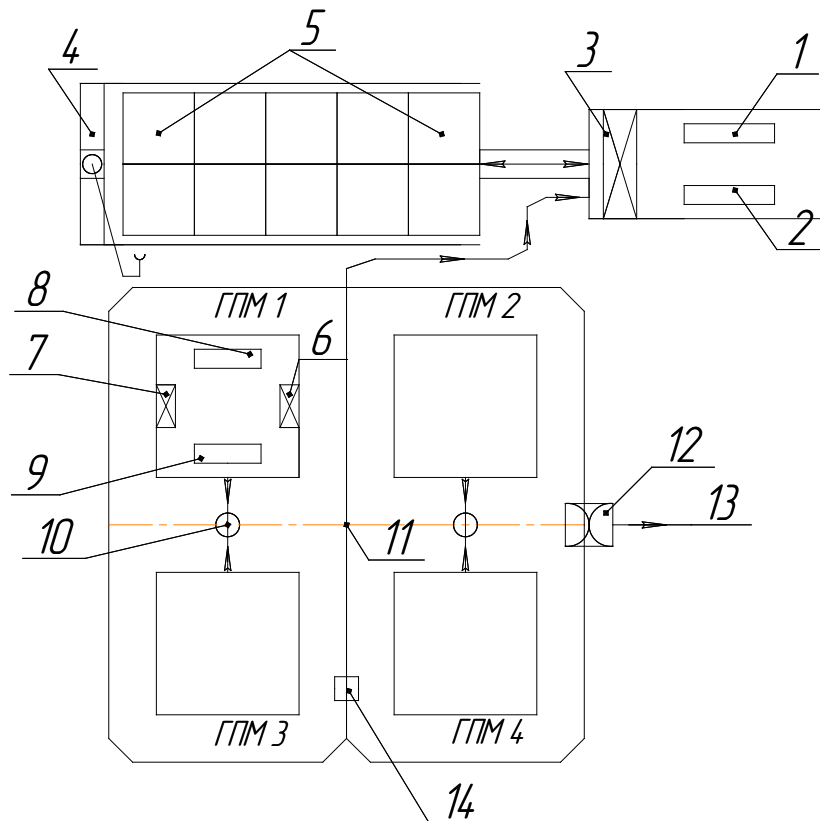


Рисунок 5.4 - Планування ГВС:

1. Фрезерний верстат;
2. Шліфувальний верстат;
3. Підйомно-транспортний пристрій;
4. Кран-штабелер;
5. Гнізда для зберігання заготовок, готових деталей, інструменту й верстатного оснащення;
6. Стіл завантажувальну;
7. Стіл розвантажувальний;
8. Багатоопераційний верстат;
9. Шафа з ЧПК;
10. Проміжний транспортер для подачі стружки на центральний транспортер 11, який закінчується бункером 12;
13. Відділення переробки стружки і видалення ЗОТС і стружки;
14. Робочий.

5.2 Використання при побудові компонування верстата, агрегатно-модульного принципу

Уніфікація — використання в різних верстатах однакових деталей і вузлів. Ступінь уніфікації можна оцінити коефіцієнтом уніфікації

$$k_y = \frac{n_y}{n}$$

де n_y — число уніфікованих деталей (вузлів) із загальної кількості n деталей (вузлів) верстата.

Іноді коефіцієнт уніфікації підраховують по відношенню маси або трудомісткості уніфікованих деталей до загальної маси або загальної трудомісткості деталей верстата. Уніфікація суттєво знижує витрати на виготовлення верстатів і підвищує їхню надійність, однак при зайво великій уніфікації погіршуються технологічні характеристики верстатів. Таким чином, у кожних конкретних умовах існує оптимальне значення коефіцієнта уніфікації за критерієм мінімуму наведених витрат.

Особливі переваги дає уніфікація однотипних верстатів, що випускаються одним виробництвом. За рахунок зниження трудомісткості виготовлення при цьому знижуються загальні витрати на виробництво всього розмірного ряду. Зниження трудомісткості виготовлення базових деталей і

вузлів привода важких верстатів набагато перекривають деякі додаткові витрати металу при уніфікації.

Уніфікацію верстатів розмірного ряду широко використовують як у важких, так і в середніх верстатах. Як приклад, що пояснює широкі можливості внутрішньрядової уніфікації верстатів, можна привести уніфікацію гами важких зубофрезерних верстатів Харківського заводу транспортного машинобудування імені В. О. Малишева (ЗТМ, ХЗТМ). У табл. 5.2.1 пояснене, які вузли й у яких моделях верстатів уніфіковані.

Таблиця 5.2.1 - Уніфіковані вузли гами важких зубофрезерних верстатів

Вузол верстата	Діаметр обробки, мм									
	2000		3200			5000		8000	12500	
	Висота обробки, мм									
	500	1200	500	1200	2000	1200	2000	2300	2000	2000
Станина	+	+	+	○	○	○	△	△	△	△
Стійка	+		+	○		○	△		△	△
Коробка передач	+	+	+	○	○	○	○	○	○	○
Стіл	+	+	+	○	○	○	△	△	△	△
Супорт	+	+	+	○	○	○	△	△	△	△
Полозок	+	+	+	○	○	○	△	△	△	△
Задня стійка	+	○	+	○		○				

У більш обмежених масштабах можлива уніфікація й у верстатах різних типів. Деякі базові деталі й вузли привода доцільно використовувати для верстатів всіякого призначення. Наприклад, в останні роки в радянському верстатобудуванні одержали широке поширення автоматичні коробки швидкостей (АКQ з електромагнітними муфтами. При широкій уніфікації можливо централізоване виготовлення окремих вузлів і деталей верстатів зі значним збільшенням серійності виробництва.

Агрегативання є подальшим розвитком уніфікації й зводиться до того, що верстати збирають в основному зі стандартних вузлів — агрегатів, Найбільше успішно принцип агрегативання використовують у верстатах і автоматичних лініях для великосерійного і масового виробництва. Використання принципів агрегативання не тільки здешевлює виготовлення

верстатів, але й сприяє скороченню строків освоєння й випуску, тому що виробництво заздалегідь орієнтується на випуск стандартних вузлів-агрегатів. На рис. 5.5 наведені схеми компоновання агрегатного верстата, призначеного для вбудовування в автоматичну лінію для великосерійного і масового виробництва.

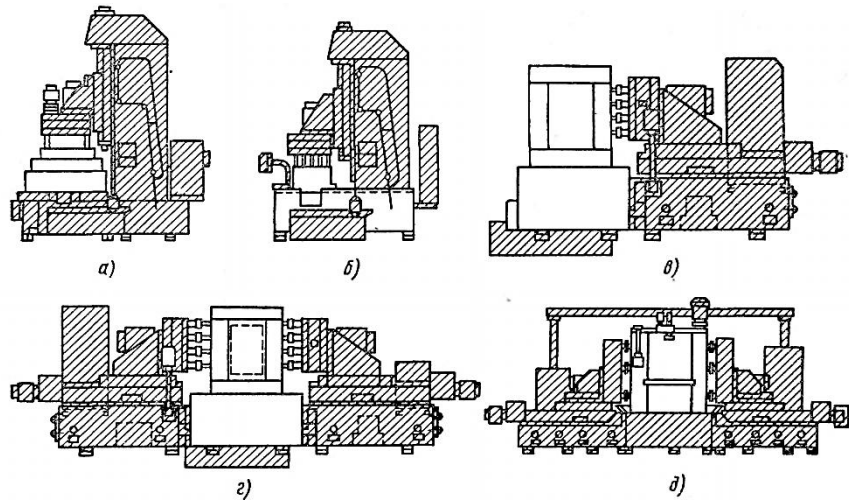


Рисунок 5.5 - Типові схеми компоновання агрегатних верстатів з уніфікованих вузлів (заштриховані): *а* – вертикальний з поворотним столом; *б* – вертикальний одностійковий, *в* – горизонтальний однібічний; *г* – горизонтальний двосторонній; *д* – горизонтальний барабанного типу.

Принцип агрегування є досить перспективним і при конструюванні багатоопераційних верстатів, а також автоматичних ділянок і автоматичних виробництв зі ЧПК. На рис. 5.6 дана схема різних варіантів компоновання багатоопераційних верстатів на основі агрегатованою конструкції базових деталей несучої системи й різних виконань шпиндельної бабки з інструментальним магазином, а також різних виконань стола верстата.

Агрегування доцільне для різних допоміжних пристроїв в автоматичних верстатних системах: транспортно-завантажувальних і інших пристроїв, що маніпулюють, засобів контролю й виміру, пристроїв для автоматичної зміни інструмента, систем охолодження і змащення та і.н.

Основи агрегування можуть бути закладені й при компонованні обробних верстатних систем з однотипних вихідних елементів — так званих технологічних гнізд, які включають верстат і завантажувально-транспортні

пристрої. На рис. 5.6 наведений приклад компонування автоматичних обробних систем з різного числа верстатів для обробки зубчастих коліс.

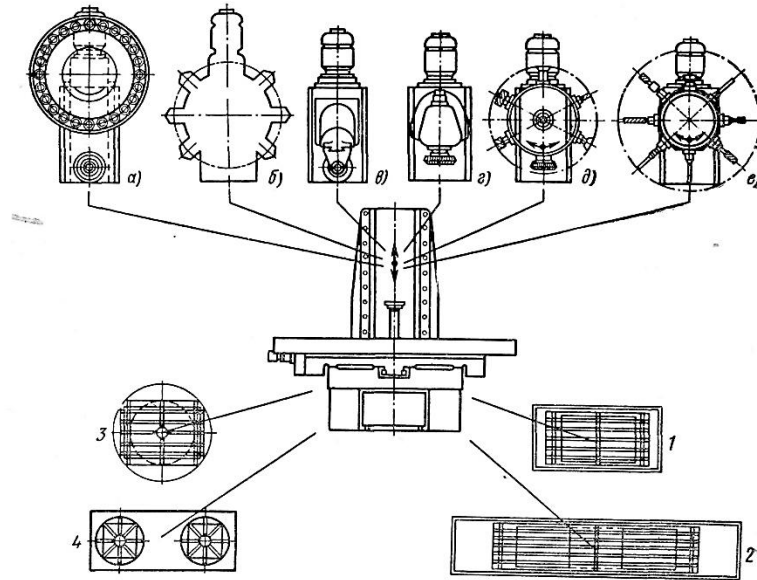


Рисунок 5.6 - Схема компонування багатоопераційного верстата на принципах агрегування:

- a-e* - варіанти виконання шпиндельної бабки і інструментального магазину,
 1. прямокутний стіл;
 2. подовжений прямокутний стіл;
 3. поворотний стіл;
 4. двопозиційний стіл.

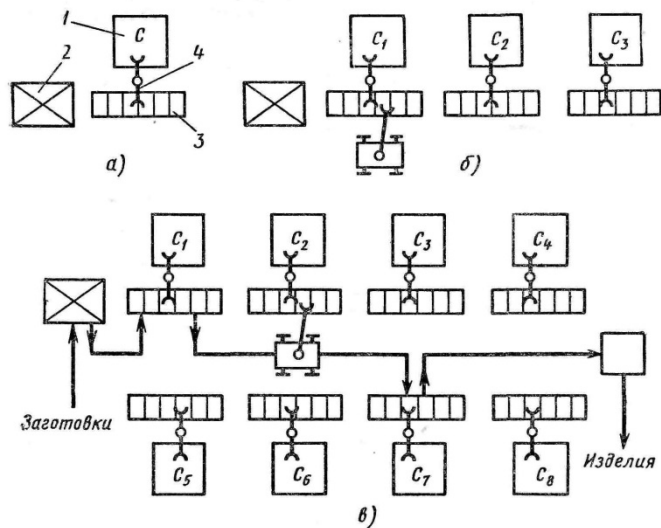


Рисунок 5.7 - Компонування автоматичних обробних систем з типових технологічних блоків:

- a* - вихідний набір блоків,
 1 - верстат;
 2 - стелд деталей з супутниками;
 3 адресний склад;
 4 - автооператор;
б, в - приклади компонувань.

Набір технологічних вузлів постачають транспортним пристроєм або роботом для передачі деталей від одного технологічного вузла до іншого, з набору технологічних вузлів komponують обробні системи різного технологічного призначення й різному ступеня автоматизації. По такому агрегатному принципу здійснюють проектування автоматичних ділянок для обробки зубчастих коліс і деяких інших видів деталей машинобудівного виробництва.

5.3 Розробка komponування верстата

5.3.1. Вихідні дані до вибору komponування

Komponування верстата повинна насамперед забезпечувати заданий набір виконавчих рухів, необхідних для формоутворення деталі в процесі її обробки на верстаті. Відносні рухи інструмента й заготовки, необхідні для формоутворення, реалізуються звичайно сукупністю певного числа прямолінійних і обертових рухів. Таким чином, головною вихідною умовою для komponування верстата є його кінематична структура.

Сукупність рухів інструмента й заготовки здійснюється в результаті відносного переміщення одних вузлів верстата щодо інших його вузлів по відповідних до напрямних. Послідовність розташування рухливих вузлів верстата щодо інструмента, заготовки й нерухливого вузла визначає основу komponування. Зміна послідовності розташування рухливих вузлів шляхом їхньої перестановки приводить до деякої безлічі варіантів komponування (рис. 4.8). Завдання конструктора зводиться до аналізу різних варіантів і вибору оптимального варіанта для даних конкретних умов. Крім основних рухів у верстаті, необхідних за умовами формоутворення, на komponування верстата впливають також настановні переміщення, необхідні для настроювання верстата й здійснення різних допоміжних операцій.

Сукупність усього набору рухів визначає безліч принципівих komponувань верстата. Однак на базі обраного принципівого komponування можливі додаткові варіанти оформлення, зв'язані з наступними факторами»

Забезпечення техніці-економічних показників у значній мірі залежить від вибору компоновання верстата.

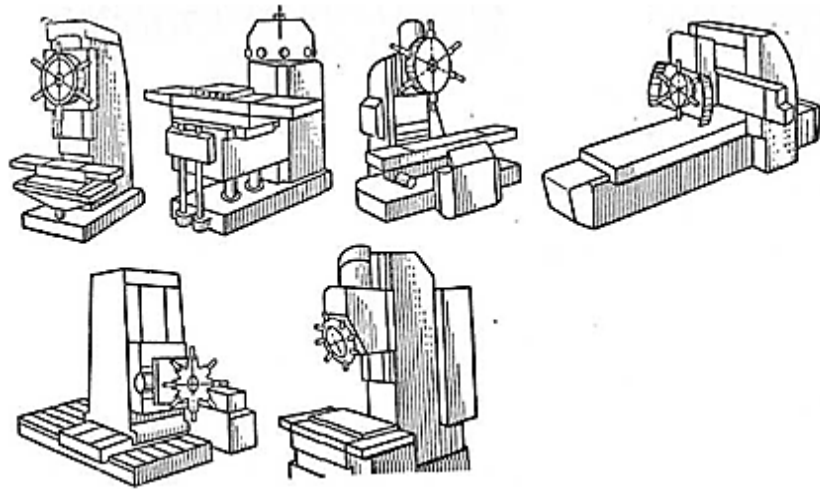


Рисунок 5.8 - Варіанти компоновання верстата

Компоновання верстата впливає на можливі резерви в підвищенні продуктивності внаслідок підвищення ступеня автоматизації. У більшості випадків при виборі компоновання доцільно забезпечувати можливість вбудовування верстата в автоматичну лінію або автоматичне виробництво із забезпеченням потоку оброблюваних деталей і з автоматизацією зміни інструмента. Автоматизація допоміжних операцій полегшує при вдалому компонованні по відводу стружки й охолодної рідини.

Точність обробки суттєво залежить від вибору компоновання верстата, тому що остання впливає на твердість несучої системи (рис 5.9), на тепловий баланс і відповідні температурні деформації (рис. 5.10).

Від компоновання верстата залежить схема навантаження несучої системи силами різання і масою рухливих і нерухливих вузлів, а це в сильному ступені впливає на величину й характер пружних переміщень. Особливе значення мають вузли, пов'язані з масивними оброблюваними деталями. Переміщення цих вузлів разом із заготовками в процесі обробки може сильно вплинути на перерозподіл пружних деформацій і викликати відповідні погрішності обробки.

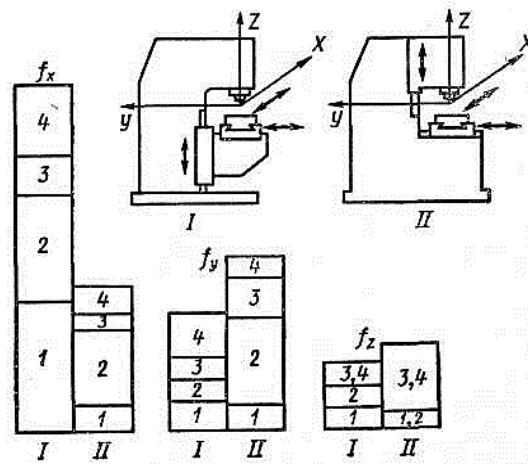


Рисунок. 5.9 - Вплив компонування на твердість несучої системи верстата на прикладі консольного (I) і бесконсольного (II) фрезерних верстатів:

I — деформація колони; 2 — деформації станини або консолі; 3 — зсуву в горизонтальних напрямних; 4 — зсуву у вертикальних напрямних, f_x , f_y , f_z — пружні переміщення інструмента щодо заготовки відповідно по осях x, y, z

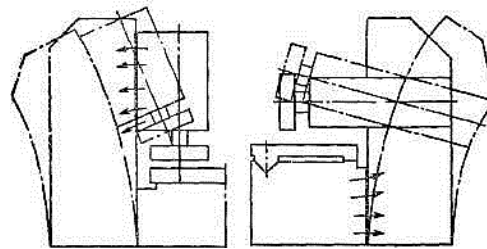


Рисунок 5.10 - Вплив компонування на характер температурних деформацій

Універсальність верстата також сильно впливає на остаточний вибір компонування верстата. При компонуванні необхідно враховувати масу, габарити, транспортабельність, способи закріплення оброблюваних деталей на даному верстаті для всього їх безлічі. Крім того, від компонування верстата залежить і його переналагоджування. Для верстатів з ручним керуванням дуже важливим фактором, що впливають на вибір компонування, є зручність обслуговування.

Компонування верстата впливає на економічну ефективність верстата, тому що від вибору компонування залежать металоємність, трудомісткість виготовлення й складання, займана верстатом площа й багато інші види витрат як при виготовленні верстата, так і в процесі його експлуатації,

5.4 Складання структурної формули компоновання

Виходячи із заданих рухів інструмента щодо оброблюваної деталі, можна розглянути всю сукупність можливих базових компоновань, користуючись методом Ю. Д. Врагова. Якщо вибрати прямокутну систему координат, орієнтовану в нерухливому просторі, то мінімальне число рухливих вузлів повинне відповідати числу заданих елементарних рухів. Позначимо нерухливий вузол символом O , а рухливі вузли символами X, Y, Z , якщо вони переміщуються прямолінійно по відповідних до осей координат, і буквами A, B, C — оберткові рухи щодо тих же осей. Послідовність розташування вузлів верстата, яка й визначає базове його компоновання, можна тоді записати структурною формулою, у якій запис буде починатися з вузла, що несе заготовку, а кінчатися вузлом, що несуть різальний інструмент.

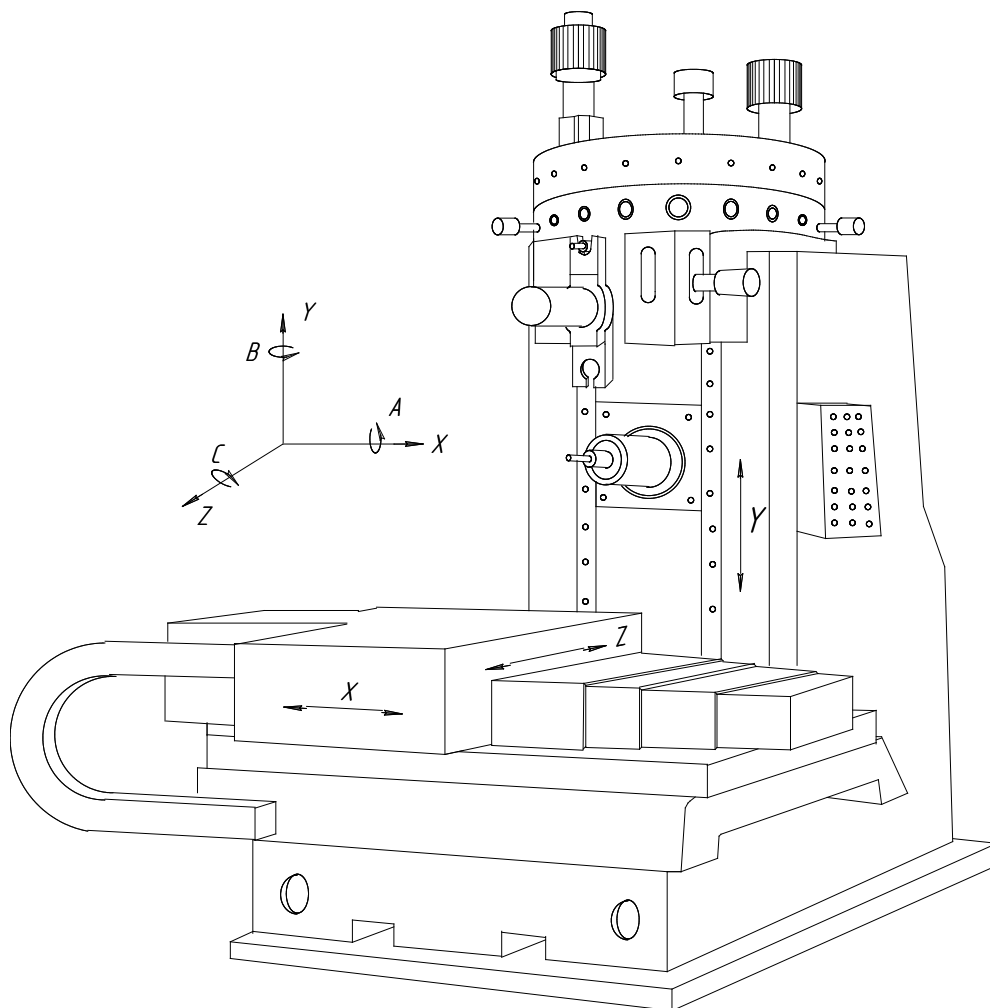


Рисунок 5.11 - Структурна формула верстата, записується у вигляді:

XZBOYzCv

6. РОЗРАХУНКИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

Шпиндельний вузол найбільш відповідальна частина будь-якого верстата, тому що він призначений для здійснення точного обертання інструмента або оброблюваної деталі. Він входить у несучу систему верстата й значною мірою визначає її твердість і вібростійкість.

До шпиндельних вузлів верстатів пред'являють наступні основні вимоги:

1) точність обертання, вимірювана биттям на передньому кінці шпинделя в радіальному або осьовому напрямках; відхилення від ідеального обертання є однією з основних причин погрешностей обробки на багатьох верстатах;

2) жорсткість шпиндельного вузла, обумовлена по пружних переміщеннях переднього кінця шпинделя, обумовленим піддатливістю властиво шпинделя і його опор; радіальна й осьова твердість шпиндельного вузла суттєво впливає на точність обробки;

3) вібростійкість шпиндельного вузла, що суттєво впливає на загальну стійкість несучої системи й усього верстата; властивості, що демпфірують, опор і амплітудно-частотні характеристики шпиндельного вузла впливають на шорсткість поверхні й гранично припустимі режими обробки (для швидкохідних шпинделів верстатів небезпеку можуть представляти резонансні явища);

4) довговічність шпиндельних вузлів, яка пов'язана з довговічністю опор шпинделя в змісті збереження первісної точності обертання; ця вимога має особливе значення для шпиндельних опор кочення;

5) обмеження тепловиділення й температурних деформацій шпиндельного вузла, які сильно впливають на точність обробки; опори шпинделів при значній частоті обертання є інтенсивним джерелом виділення тепла в безпосередній близькості до зони обробки;

б) швидке й надійне закріплення інструмента, пристосування або деталі їх точне центрування, що забезпечує, і відповідно точне обертання; у

сучасних верстатах зростають вимоги до автоматизації закріплення інструмента, пристосування або оброблюваної деталі.

Виконання сукупності складних вимог, пропонованих до шпиндельних вузлів верстатів, здійснюється при правильному доборі матеріалу й конструкції шпинделя, а головним чином при обґрунтованому виборі типу й конструкції його опор.

Особливістю багатьох верстатів є те, що зазначені вимоги повинні виконуватися при змінюваних у широких межах навантаженнях і частотах обертання.

6.1 Розрахунок шпинделя на жорсткість

Розрахунок шпинделя на жорсткість зводиться до визначення деформацій вигину і в окремих випадках-деформацій кручений.

При складанні розрахункової схеми шпиндель зазвичай заміняють балкою на шарнірних опорах. Таке припущення справедливо при наявності в опорах по одному підшипника кочення. Кілька підшипників в одній опорі при уточнених розрахунках слід розглядати як пружну опору.

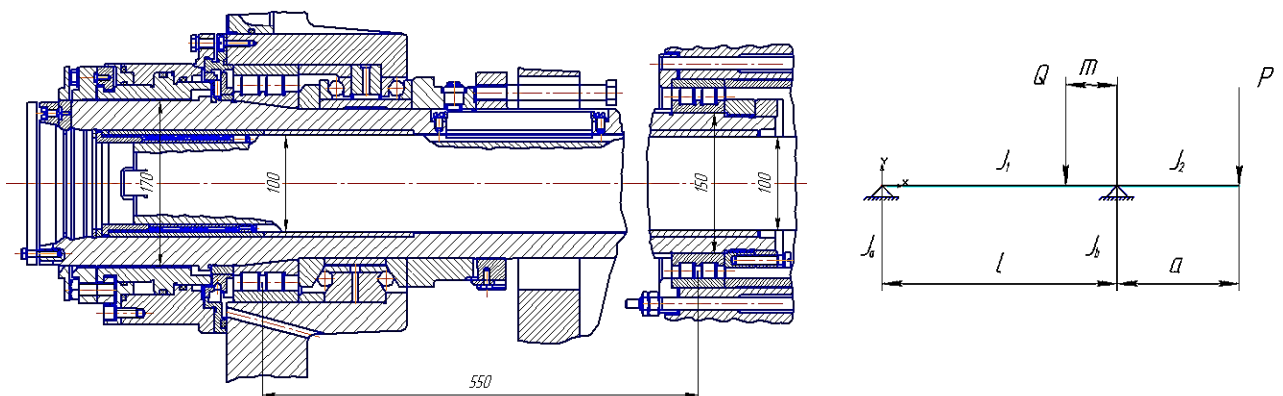


Рисунок 6.1 - Розрахункова схема шпинделя

Зміщення кінця шпинделя знаходимо за такими формулами [3]:

$$y_1 = \frac{P}{j_A} \cdot \frac{(\lambda + 1)^2}{\lambda^2} + \frac{P}{j_B} \cdot \frac{1}{\lambda^2}$$

$$y_2 = \frac{P \cdot a^2 \cdot b}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{P \cdot a^3}{3 \cdot E \cdot I_2} = \frac{P}{j_0} \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{I_2}{I_1} \right)$$

де $j_0 = \frac{3EI_2}{a^3}$ - умовна жорсткість консольної частини шпинделя;

$\lambda = \frac{b}{a}$ - відносна довжина прольоту; P- сила діюча на консолі шпинделя;

j_A, j_B - жорсткості відповідно передній і задній опор; E - модуль пружності (модуль Юнга); I_1, I_2 - моменти інерції консольної і межопорного частин балки відповідно, a - розмір вильоту консолі шпинделя;

b – відстань між опорами;

P=2367 Н; a=220 мм;

L=b=550 мм;

$j_A=1100$ Н/мкм;

$j_B=300$ Н/мкм;

E=2·10⁵ МПа

Визначимо момент інерції на консолі балки

$$I_2 = 0,05 \cdot d_2^4 \cdot (1 - c_2^4),$$

де $d_2=100$ мм; $d_0=170$ мм; c_1 - співвідношення внутрішнього й зовнішнього діаметрів шпинделя консольної частини балки;

$$c_2 = \frac{d_0}{d_2} = \frac{100}{170} = 0.58$$

$$I_2 = 0,05 \cdot 0.170^4 \cdot (1 - 0.5588^4) = 3.676 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Визначимо момент інерції в прольоті балки

$$I_1 = 0,05 \cdot d_1^4 \cdot (1 - c_1^4),$$

де $d_1=150$ мм; $d_0=100$ мм; c_1 - співвідношення внутрішнього й зовнішнього діаметрів шпинделя пролітної частини балки;

$$c_1 = \frac{d_0}{d_1} = \frac{96}{144} = 0.66$$

$$I_1 = 0,05 \cdot 0.096^4 \cdot (1 - 0.66^4) = 1.725 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

$$\lambda = \frac{550}{220} = 2.5$$

Визначимо умовну твердість шпинделя в прольоті між опорами:

$$J_0 := \frac{3 \cdot E \cdot I_1}{a^3}$$

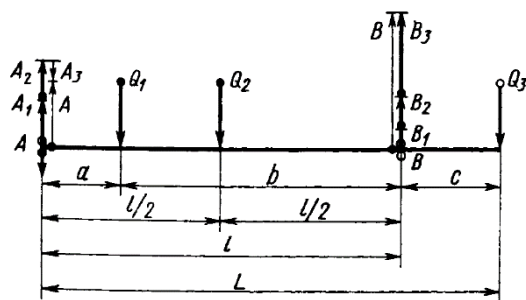
$$J_0 = 1.145 \times 10^9$$

Визначимо умовну твердість консольної частини шпинделя:

$$J_{0k} := \frac{3 \cdot E \cdot I_2}{a^3}$$

$$J_{0k} = 2.071 \times 10^9$$

Визначимо навантаження, передану колесом на шпиндель, користуючись таблицею Анурьєва [14]:



Приложенная сила	Q_1		Q_2		Q_3	
Реакция опор	$+ A_1$	$+ B_1$	$+ A_2$	$+ B_2$	$- A_3$	$+ B_3$
Формула	$\frac{b}{l} Q_1$	$\frac{a}{l} Q_1$	$A_2 = B_2 = \frac{Q_2}{2}$		$\frac{c}{L} Q_3$	$\frac{L}{l} Q_3$

Визначаємо реакції опор:

$$R_a := \left(\frac{a}{L + a} \right) \cdot P \quad R_a = 676.286$$

$$R_b := \left(\frac{L + a}{L} \right) \cdot P \quad R_b = 3.314 \times 10^3$$

$$Q := R_a + R_b - P \quad Q = 1.623 \times 10^3$$

Прийняв $K = \frac{L}{a}$ и $m = \frac{L}{b}$, знаходимо значення сумарного прогину шпинделя

[12]:

$$y := P \cdot \left[\left(\frac{K}{J_0} \right) + \left(\frac{1}{J_{0k}} \right) + \left(\frac{1}{J_b} \right) \cdot \left[\frac{(K+1)^2 + \frac{J_b}{J_a}}{K^2} \right] \right] + Q \cdot \left[\left(\frac{1}{J_b} \right) \cdot \left[\frac{(K+1) \cdot (m-1) - \left(\frac{J_b}{J_a} \right)}{K \cdot m} \right] - \left(\frac{1}{2J_0} \right) \cdot \frac{K^2 + 2 \cdot K^2 \cdot m^2 - 3 \cdot K^2 \cdot m}{m^3} \right]$$

$$y = 2367 \cdot \left[\frac{2.5}{1.145 \cdot 10^9} \cdot \frac{1}{1.145 \cdot 10^9} + \frac{1}{1100 \cdot 10^9} \cdot \frac{(2.5 + 1)^2 + \frac{1100 \cdot 10^9}{300 \cdot 10^9}}{2.5^2} \right] + 1.623 \cdot 10^9 \left[\frac{1}{1100 \cdot 10^9} \cdot \frac{(2.5 + 1) \cdot (1.864 - 1) - \frac{1100 \cdot 10^9}{300 \cdot 10^9}}{2.5 \cdot 1.864} - \frac{1}{2 \cdot 1.145 \cdot 10^9} \cdot \frac{2.5^2 + 2 \cdot 2.5^2 - 3 \cdot 2.5^2 \cdot 1.864}{1.864^3} \right]$$

$$y = 4.705 \cdot 10^{-6} \text{ м, або } 4.705 \text{ мкм}$$

Пронников приводить формулу для перевірки сумарного переміщення консолі шпинделя:

$$y_{\Sigma} \leq 0.0001 + 0.0002 \cdot b$$

$$0.0001 + 0.0002 \cdot 550 = 0,21 \text{ мм}$$

$0.04705 \leq 0.21$ - т.е умова виконується і жорсткість шпинделя даного верстата забезпечується.

Визначимо для нього оптимальну величину міжопорної відстані $L_{\text{опт}}$, виходячи з необхідності отримання максимальної жорсткості (тобто мінімуму сумарної піддатливості) з формули [1]:

$$l^3 - \left[\frac{6EJ_2c_1}{a} l - 6EJ_2(c_1 - c_2) \right] = 0;$$

$$l_{\text{опт.}} = \sqrt[3]{\left[\frac{6EJ_1c_1}{a} L \right] - 6EJ_2(c_1 - c_2)}$$

$$l_{\text{опт.}} = \sqrt[3]{\left[\frac{6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3.676 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{1100 \cdot 10^9}}{220 \cdot 10^{-3}} L \right] - 6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1.725 \cdot 10^{-5} \left(\frac{1}{1100 \cdot 10^9} - \frac{1}{300 \cdot 10^9} \right)}$$

$$l_{\text{опт.}} = 0,590 \text{ м, тоєсть оптимальним розміром межопорної відстані є } 590 \text{ мм}$$

6.2 Розрахунок вібростійкості шпинделя

Рівень коливань переднього кінця шпинделя визначають по амплітудно-фазочастотним характеристикам, які доцільно розраховувати по заздалегідь підготовленим програмами засобами обчислювальної техніки.

Наближений розрахунок власної частоти шпинделя, що не має великих зосереджених мас, можна проводити за формулою [1]

$$\omega_0 = \gamma \cdot \sqrt{\frac{EI_1}{m \cdot (1 + \lambda)^2 \cdot a^2}}$$

$$\lambda = \frac{b}{a}$$

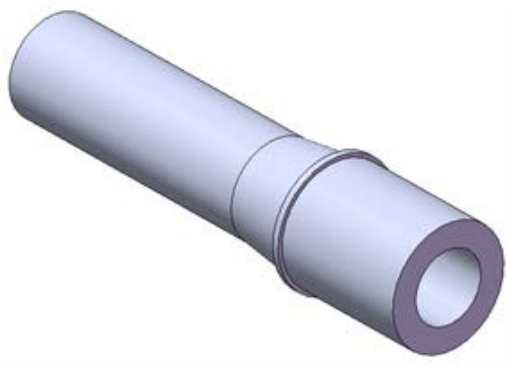
де m - маса шпинделя, кг; a - відносне відстань між опорами;

$\gamma = f(\lambda)$ - коефіцієнт, який для $\lambda = 2 \div 3.5$ лежить в межах 2,3-2,4

$$\lambda = \frac{550}{220} = 2,5$$

Приймаємо $\gamma = 2,3$

Маса шпинделя нам невідома, тому ми можемо приблизно її розрахувати, проаналізувавши грубу модель шпинделя (рис. 5.2):



Щільність = 0.007850 гр/мм³

Обсяг = 7040249.28 мм³

Маса = 34184.35 гр.

Площа поверхні = 587439.06 мм²

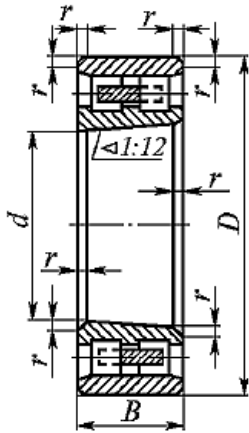
Рисунок 6.2 -Груба модель шпинделя

$$\omega_0 = 2.3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 3.676 \cdot 10^{-5}}{34.184 \cdot (1 + 2.5)^3 \cdot 0.22^2}} = 551.857 \text{ Гц}$$

Що лежить в межах нормальних значень 500-600 Гц

6.3 Вибір підшипників [12]

У передній опорі радіальні навантаження сприймає дворядний роликовий підшипник серії 3182100К



Розміри:

$d=170\text{мм}$

$D=260\text{мм}$

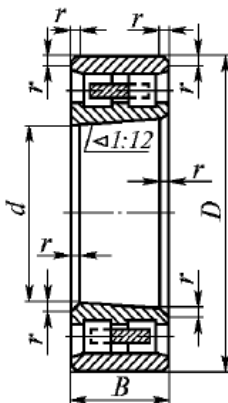
$B=67\text{мм}$

Вантажопідйомність:

динамічна: 400 кН

статистична: 425 кН

У задній опорі радіальні навантаження сприймає дворядний роликовий підшипник серії 318211К



Розміри:

$d=150\text{мм}$

$D=225\text{мм}$

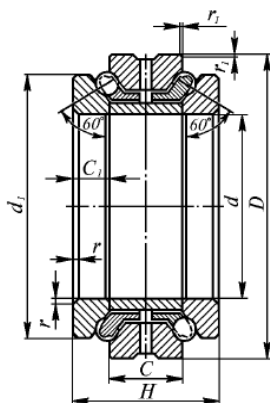
$B=56\text{мм}$

Вантажопідйомність:

динамічна: 290 кН

статистична: 300 кН

Радіальні навантаження сприймає кулькові завзято-радіальні дворядні підшипники з кутом контакту 60 про 178920 (ДЕРЖСТАНДАРТ 20821-75)



Розміри:

$d=155$

$D=225$

$H=90$

$C=45$

$C_1=22,5$

$D_1=200$

Вантажопідйомність:

динамічна: 132000 кН

статистична: 310000 кН

7. ОПИСАННЯ СПОСОБУ ВИДАЛЕННЯ СТРУЖКИ

7.1. Технологічні проблеми видалення стружки

В умовах автоматичного режиму обробки видалення стружки із зони різання є однією з важливих умов надійної, якісної й високопродуктивної обробки виробів на металорізальному встаткуванні ГВС. Наявність стружки може привести до появи дефектів на оброблюваній поверхні, викликати передчасне зношування різального інструменту, його затуплення й поломку.

Для видалення стружки використовуються системи, що полягають із наступних основних елементів: пилостружковідвідників, що здійснюють видалення пилу й стружки із зони різання; пристроїв транспортування стружки за межі верстата або ділянки; циклонів і фільтрів, що забезпечують відділення стружки від повітря й ЗОТС; системи магістрального транспортування стружки до пристроїв переробки; системи переробки стружки, що здійснює знежирення, дроблення й брикетування стружки.

Для надійної роботи системи видалення й переробки стружки повинна бути забезпечена необхідна однорідна фракція стружки (звичайно довжиною 1 — 2 см). Різноманіття різальних інструмент, форм і матеріалів, оброблюваних заготовок приводить до утвору стружки різних форм і розмірів (зливальна, спіральна-трубчаста, напівкільцева, пластинчаста, призматична, конічно-спіральна, крупноподібна, пластівцоподібна і т.п.), що залежать від виду, режимів обробки й фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. У зв'язку із цим однієї з важливих завдань, пов'язаних з видаленням стружки, є її формування.

Найбільшу перешкоду в режимі автоматичної роботи встаткування при токарській обробці створюють різні види зливальної й спіральної стружки.

Рекомендації [11] по відводі стружки на токарських верстатах зі ЧПК модулів, що входять до складу, обробки, визначають наступні технологічні методи формування (дроблення) стружки:

1. Вибір геометрії ріжучої частини інструмента, при якому використовуються стружко-ламачі у вигляді лунок, уступів або канавок, виконуваних на гранях ріжучої крайки різця. Застосовуються також накладні

- стружколомачі, закріплені на верхній грані ріжучих пластинок.
2. Вибір режимів різання, тобто знаходження такого співвідношення глибини різання й подачі, при якому має місце ефект стружколомання.
 3. Вибір схем переміщення інструмента короткими ходами, наприклад, при обробці канавок або чорновому розточенню.
 4. Переривання подачі.
 5. Формування стружкорозмежувальних спіральних канавок, здійснюване для чистових проходів. Прорізка канавок проводиться на глибину (0,05—0,06 мм), меншу припуску на чистову обробку, із кроком, кут підйому якого менше 6°.
 6. Додаткові відносні переміщення інструмента (переривання з вистоем, прискорене врізання з вистоем, місцеве врізання, відвід інструмента з вистоем і т.д.).

Рекомендовані області застосування кожного з перерахованих методів залежно від видів обробки матеріалів наведені в табл. 7.1. Реалізація методів 3, 4, 5, 6 може бути виконана шляхом програмування або шляхом включення спеціальних електронних модулів, що забезпечують формування стружки за будь-якою схемою незалежно від заданої програми переміщення супорта.

Таблиця 7.1- Види обробки матеріалів

Перехід токарської обробки	Конструкційні сталі	Високо вуглецеві сталі	Нержавіючі сталі	Жароміцні сталі
	Метод формування стружки			
Свердління, розсвердлювання	4	4	4	4
Точіння чорнове	2	2	4;6	4;6
Розточування чорнове	2	2;3	4;6	4;6
Точіння канавок, виточень	1;3	1;3	3;4	1;4
Точіння чистове	1;5	1;5	5	5
Розточування чистове	1;5	1;5	5	5

Розглянуті методи формування стружки можуть бути застосовані й для верстатів свердлильно-фрезерно-розточувальної групи при виконанні переходів свердління, розсвердлювання, розточування, деяких переходів при фрезеруванні пазів, уступів, криволінійного контуру та ін.

При фрезеруванні кінцевими циліндричними й фасонними фрезами дроблення стружки може бути здійснене застосуванням інструмента з так званими «кукурудзяними» зубами, сегментованими по ріжучих крайках.

7.2. Пристрій видалення стружки із зони різання й від верстата

У практиці експлуатації ГВС одержала найбільше поширення автоматизована система видалення стружки, коли стружка від окремих верстатів (ГВМ) або ліній (ГАЛ) подається транспортерами на розташовані під підлогою дільничні або магістральні конвеєри, які транспортують її за межі цеху для наступної переробки.

Тому що в розроблювальній ГВС число верстатів невелике, ми повинні вибрати невеликий пристрій для відводу стружки, що суттєво скоротить витрати для побудови даного модуля. Тому потрібно впроваджувати невеликі механізми відводу стружки. У тих завданні зазначений спосіб відводу стружки – механічний. Тому як варіант ми можемо розглянути скребковий транспортер, схема якого позначена на рис. 7.1

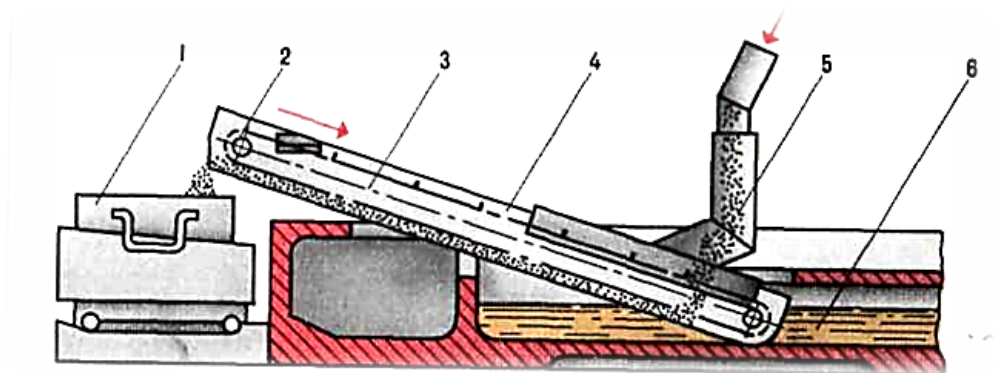


Рисунок 7.1 - Схема вбудованого скребкового транспортера

На рис. 7.1 показана схема розташованого усередині станини верстата скребкового транспортера, що забезпечує вивід стружки з бічної сторони. Скребковий транспортер 3 із приводом від електродвигуна 2 і спеціального редуктора розміщується в кориті 4. Кут установки корита із транспортером стосовно підстави верстата становить близько 20° . Із зони різання стружка змивається ЗОТС і переміщається по ринві 5. Скребки транспортера, що рухаються й забирають її й передають нагору, звідки вона попадає в ринву конвеєра 1. При переміщенні стружка звільняється від ЗОТС, яка через отвори в дні корита стікає в резервуар б.

Даний механізм підходить для нашого ГВМ, вибираємо його.

8. РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ГВМ

Автоматичну взаємозалежну роботу всіх компонентів ГВС забезпечує керування на базі обчислювальних машин, з'єднаних у єдину багаторівневу, ієрархічну систему. Нижній рівень призначений для безпосереднього керування ГВМ, транспортною системою, автоматизованим складом, мийною машиною й іншими елементами ГВС. Технічними засобами нижнього рівня можуть з'явитися різні пристрої ЧПК, програмувальні контролери і мікро ЕОМ. Вони видають інформацію безпосередньо в момент здійснення події (у реальному режимі часу) у паралельному кодї. Ця обставина, зокрема, є однією із причин появи між нижнім і верхнім рівнями керування проміжного середнього рівня, тому що ЕОМ верхнього рівня може не мати достатнього числа входів для паралельного приймання інформації. У цьому випадку середній рівень керування концентрує й перетворює паралельну інформацію нижнього рівня в послїдовну й передає її в ЕОМ верхнього рівня. Працюючи в реальному режимі часу, середній рівень вирішує завдання диспетчерського керування, включаючи введення й вивід УП і коректорів інструментів. У цей час для цієї мети використовують мікро ЕОМ СМ-1800 з набором периферійних пристроїв.

Верхній рівень керування використовує могутніші обчислювальні машини, наприклад міні-ЕОМ типу СМ-1420. Разом з комплектом додаткових пристроїв верхній рівень реалізує розв'язок завдань оперативного-календарного планування, обліку ходу виробництва, формування супровідних технологічних документів (карт налагоджень, відомостей інструментів і пристосовань), зберігання керуючих програм. У рядї випадків на верхній рівень керування ГВС покладає розв'язок завдань САПР, АСКП, АСУ ТП. При більш високому ступені організації АСК ГВС входить складовою частиною в АСК підприємства, стикується з нею фізично, як з більш високим рівнем керування. При такій організації розв'язок завдань проектування, планування в масштабах підприємства і розробки КП доцільно передати на

цей рівень підприємства, оснащений могутнішою обчислювальною технікою й координуючий роботу всіх ГВС підприємства.

Підсистему керування ГВС (АСУ ГВС) можна розчленувати на ряд складених підсистем.

Підсистема планування реалізує місячне, тижневе й змінно-добове планування; формує й коректує відповідну інформацію, яку видає у вигляді документів для користування персоналом ГВС і в пакетному режимі по кабелях зв'язку з машин верхнього рівня в ЕОМ середнього рівня.

Підсистема оперативного керування сприймає інформацію про введення в роботу нової партії деталей, координує роботу технологічного встаткування ГВС.

Підсистема технологічної підготовки виробництва видає завдання на своєчасну доставку заготовок на склад ГВС, підготовку кріпильних пристосувань, що ріжуть і допоміжних інструментів; передає керуючі програми.

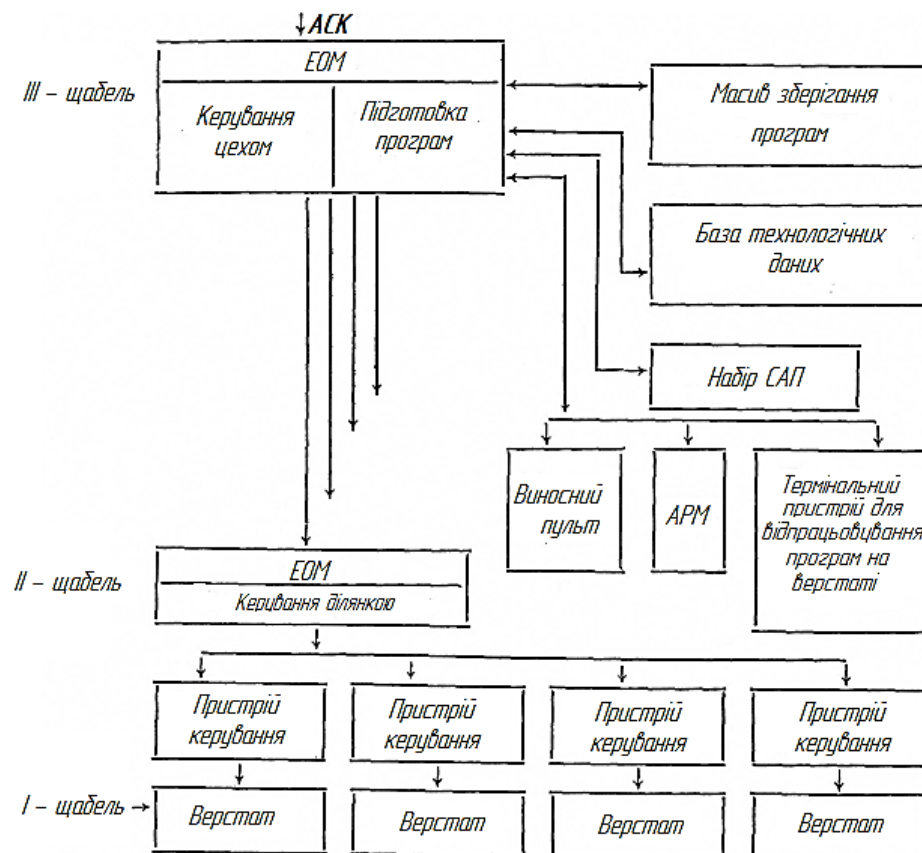


Рисунок 8.1 - Схема підготовки програми при керуванні верстатом зі ЧПК від ЕОМ

Підсистема обліку узагальнює відомості про хід виробництва, роботі встаткування, наявності в ГВС необхідних ресурсів.

Підсистема діагностики виконує діагностування технічного стану встаткування й засобів забезпечення ГВС.

Підсистема контролю зайнята контролем якості продукції технічними засобами ГВС (контрольно-вимірювальними машинами, вимірювальними головками ГВМ) і керування якістю шляхом прийняття відповідних розв'язків.

АСУ ГВС утворена засобами технічного, програмного, інформаційного й організаційного забезпечення,

Технічне забезпечення реалізують комплексом технічних засобів (КТС), який складається із пристроїв обчислювальної й організаційної техніки, засобів передачі й відображення даних: пристроїв ЧПК; програмувальних контролерів; процесорів ЕОМ; оперативно-запам'ятовувальних і передавальних інформацію пристроїв; пристроїв зовнішньої пам'яті на твердих і гнучких магнітних дисках, а також на магнітній стрічці; пристроїв друку; розширників інтерфейсу; алфавітно-цифрових терміналів; пристроїв зв'язку ЕОМ з об'єктами та ін.

Програмне забезпечення визначається програмами роботи всіх компонентів ГВС на машинних носіях і текстами цих програм.

Інформаційне забезпечення утворюється, по-перше, базою даних, відбитих у документах і на машинних носіях заготовок, що включають у себе опис, готових деталей, технологічного оснащення, маршрутів обробки, працезатрат, і, по-друге, програмно-математичним забезпеченням робіт обчислювальної техніки. Організаційне забезпечення визначається методичними й керівними матеріалами, положеннями, штатним розкладом, інструкціями й кваліфікаційними вимогами до обслуговуючого персоналу.

9. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРУ НА ТЕМУ «ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ГНУЧКОГО ПРОМИСЛОВОГО МОДУЛЯ НА БАЗІ БАГАТООПЕРАЦІЙНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК МОД. А622МФ2» ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА. МАШИНОБУДУВАННЯ»

Бурхливий розвиток інформатики та мікропроцесорної техніки підняв на принципово новий рівень рішення багатьох завдань управління технологічними та виробничими процесами.

Тенденція переходу до автоматизованого виробництва торкнулася багато сфер господарства, в тому числі і машинобудування. В основі автоматизації процесів лежить часткове або повне відсторонення людини від безпосередньої участі у виробничому процесі.

В сучасних умовах прогресивним може бути тільки таке виробництво, яке здатне враховувати зміну попиту замовників і може швидко переходити на випуск нової продукції. В результаті вдається уникнути випуску не знаходить попиту продукції марного витрачання ресурсів. Розвиток автоматизації на ранніх етапах характеризувалося відсутністю мобільності, динамічності - створення жорстких автоматичних ліній, призначених для масового виробництва. Однак одиничне і дрібносерійне виробництво залишалися практично неавтоматизованими. Саме тому виникла принципово нова концепція автоматизованого виробництва - гнучкі виробничі системи (ГВС).

Гнучкий виробничий модуль (ГВМ) - це одиниця технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їхніх характеристик, автономно функціонуюча, автоматично здійснює функції, пов'язані з виробництвом виробів, і має можливість вбудовування в гнучку виробничу систему (ГВС).

Гнучкі виробничі модулі, об'єднуючи у своєму складі сукупність технічних систем і пристроїв, функціонально необхідних для виконання складних технологічних операцій, є ГПС нижнього структурного рівня.

До складу ГПМ для механічної обробки входять одна або дві одиниці основного технологічного обладнання з пристроями ЧПК і допоміжне обладнання для зміни заготовок та інструменту, видалення стружки, контролю якості обробки, контролю і підналагодження технологічного процесу. ГПМ, призначений для автономної роботи в автоматичному режимі виконує багаторазово задані цикли обробки, має можливість вбудовуватися в ГПС більш високого рівня.

Використання ГПМ значно зменшує час виготовлення деталі, збільшує продуктивність, за рахунок скорочення основного і допоміжного часу на обробку.

Застосування ГПМ забезпечує високу якість продукції, більш економічне використання фізичної праці, матеріалів і енергії, скорочення періоду часу від виникнення потреби у виробі до отримання готової продукції, можливість розширення виробництва без збільшення трудових ресурсів, дозволяє повністю виключити або суттєво знизити негативний вплив виробничого процесу на людини, оскільки людина замінюється автоматами різного службового призначення, які можуть працювати у важких, шкідливих і небезпечних для здоров'я людини умовах

Робота дуже складна та під силу тільки фахівцям певного профілю.

Таких фахівців готує Українська інженерно-педагогічна академія, за освітнім ступенем - магістр, за спеціальністю «Професійна освіта. Машинобудування». Стратегічною метою є стати кваліфікованим спеціалістом у галузі машинобудування, одержати знання, уміння та навички для того щоб надалі бути затребуваним на ринку труда та праці.

Дисципліна, з якої буде розроблятися семінар: «Механічна обробка в машинобудуванні» з теми: «Особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2».

9.1. Постановка оперативних цілей семінару

Оперативні цілі - це проекти чи програми, які забезпечуватимуть досягнення стратегічних цілей. Вони визначають стратегічні цілі кількісно та мають терміни виконання.

В процесі підготовки студентів за спеціальністю «Професійна освіта. Машинобудування», студенти проходили багато різних дисциплін за різними напрямками, одна з яких «Механічна обробка в машинобудуванні», за яким розробляється семінар на тему: «Особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2». Цілі семінару зазначені у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 - Цілі семінару

Дидактична мета практичної роботи	Рівень цілі	Умови досягнення цілі	Результат у вигляді дій, які учні повинні продемонструвати в результаті виконання семінару, та їх характеристика	Розвиваюча мета проведення семінару
Сформувати вміння у студентів обирати та аналізувати особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	IV рівень	Сформовані знання про гнучкий промисловий модуль, про устрій багатоопераційного верстата з ЧПК	Сформоване вміння у студентів обирати та аналізувати особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Розвиток комунікативних здібностей та логічності мислення

Визначивши загальну мету проведення семінарського заняття, переходимо до вибору типу та форми проведення семінару.

9.2 Вибір типу семінару і форми його проведення

Семінари бувають різних типів: семінар-бесіда, реферативний семінар (або семінар обговорення), семінар-рішення задач або проблем, між предметні семінари, семінар-конференція.

Семінар – це вид занять, який включає самостійне вивчення студентами програмного матеріалу і обговорення на заняттях результатів пізнавальної діяльності.

Враховуючи дидактичну та розвиваючу мету було обрано реферативний семінар, тому що вивчаються окремі питання теми та систематизація уявлень студентів, вибір типу семінару та форми його проведення наведено у таблиці 9.2.

Реферативні семінари (або семінар-обговорення) відрізняються тим, що на них при керівництві з боку викладача заслуховують доповіді студентів по окремим питанням теми семінару. Такі семінари проводяться для поширення і систематизації уявлень студентів по окремим питанням навчального курсу, поповнення словарного запасу науковими термінами і закріплення їх, а також для розвитку комунікативних здібностей студентів.

Таблиця 9.2 - Вибір типу семінару та форми його проведення

Тема семінару	Дисципліна, з якої проводиться семінар	Тип семінару та обґрунтування його обрання	Форма проведення семінару та обґрунтування її обрання
1	2	3	4
Особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Механічна обробка в машинобудуванні	Тип: Реферативний семінар. Такі семінари проводяться для поширення і систематизації уявлень студентів по окремим питанням навчального курсу, поповнення словарного запасу науковими термінами і закріплення їх, також розвиток комунікативних здібностей студентів.	Форма проведення: Групова. Окремі студенти виступають з доповідями і повідомленнями. Решта студентів повинна уважно слухати доповіді та доповнювати їх.

9.3. Визначення переліку питань для обговорення та джерел інформації при підготовці до семінару

Визначивши мету та обравши тип семінарського заняття, переходимо до визначення питань для обговорення теми.

Перелік питань, які необхідно розглянути на семінарі наведено у таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 - Питання для обговорення

Питання для обговорення	Джерела інформації
1	2
1. В чому полягає особливість проектування гнучкого промислового модуля?	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Гжіров Р.І., Серебреніцкій П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПК. Довідник, - Л. : Машинобудування , 1990. - 592 с. 3.Роботизовані технологічні комплекси / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, І. Г. Левченко, В. А. Фадєєв - Учеб. Посібник. Харків. Нац. аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. - 214с. 4.М. П. Меткіна, М. С. Лапін, С. А. Клейменов, В. М. Крітській. Гнучкі виробничі системи. - М.: Видавництво стандартів , 1989. - 309с.
2. Яким чином використання допоміжного обладнання впливає на проектування гнучкого промислового модуля?	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Роботизовані технологічні комплекси / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, І. Г. Левченко, В. А. Фадєєв - Учеб. Посібник. Харків. Нац. аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. - 214с. 3. Меткіна М.П., Лапін М. С. Гнучкі виробничі системи. - М.: Видавництво стандартів , 1989. - 309с.
3. Яких принципів необхідно дотримуватися при проектуванні гнучких промислових модулів?	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Гжіров Р.І., Серебреніцкій П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПК. Довідник, - Л. : Машинобудування , 1990. - 592 с.

4. Яких технічно-організаційних умов необхідно дотримуватися щодо проектування гнучкого промислового модуля?	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Роботизовані технологічні комплекси / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, І. Г. Левченко, В. А. Фадєєв - Учеб. Посібник. Харків. Нац. аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. - 214с.
5. Чи є перспективним проектування та застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів?	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Гжіров Р.І., Серебреніцькій П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПК. Довідник, - Л. : Машинобудування , 1990. - 592 с. 3.Роботизовані технологічні комплекси / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, І. Г. Левченко, В. А. Фадєєв - Учеб. Посібник. Харків. Нац. аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. - 214с.

9.4. Проектування мотиваційних технологій навчання студентів на семінарі

Мотивація – це вид управлінської діяльності, який забезпечує процес спонукання особи до дієвості, спрямованої на досягнення особистих цілей чи цілей організації. Мотивація - це так звані психічні явища, що стали спонуканням до виконання тієї або іншої дії, учинку, що визначають активність особистості та її спрямованість на досягнення запланованого результату.

Зовнішня мотивація - заохочення, покарання та ін. види стимуляції поведінки.

Внутрішня мотивація - вона залежить від внутрішніх процесів, що відбуваються у свідомості особистості.

Вступна мотивація може здійснюватися у формі: бесіди, показу, демонстрації того чи іншого предмета або явища, на яке буде спрямовано весь процес навчання.

Поточна мотивація для підтримки постійного інтересу до навчальної діяльності. Вона може здійснюватися різними методами навчання відповідно до етапів формування діяльності: у процесі його пояснення (бесіда, лекція, розповідь); у ході виконання практичних завдань (розв'язання задач, вирішення завдань, виконання лабораторних робіт); у процесі контролю (поточний, підсумковий, заключний тощо).

Основними прийомами мотивації в процесі викладу нового матеріалу є орієнтація навчального матеріалу на його практичний зміст, орієнтація на конкретну професійну діяльність, демонстрація в мовленні практичного використання теоретичних положень, які наводяться

Для проведення даного семінару визначаємо тип, вид та методи мотивації, які наведені в таблиці 9.4.

Таблиця 9.4 - Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація	Підтримуюча (поточна) мотивація
Внутрішня мотивація :	<p>В чому полягають особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2, ми з вами дізнаємося на сьогоднішньому семінарі. Ви підготували доповіді, стосовно цих питань</p> <p>Прослухавши ваші доповіді, ми визначемо, в чому особливості та які перспективи відкриваються для машинобудування з введенням гнучких промислових модулів.</p>	<p>Ми з вами заслухали декілька доповідей та визначили кілька особливостей проектування гнучких промислових модулів. Тепер нам треба визначити, які ж ще існують, та які перспективи вони відкривають для машинобудування.. Отже, продовжуємо працювати та заслухаємо ще кілька доповідей. Не забувайте, що сьогодні за роботу на семінарі всі отримають бали, але їх кількість буде залежати від того, к ви працюєте. Тож не відволікайтесь і продовжуємо!</p>
Зовнішня мотивація:	<p>Ті хто будуть активно приймати участь в обговоренні доповідей отримають додаткові бали на занятті, та певний досвід в рамках даної теми. Тож розпочнімо!</p>	

9.5 Аналіз базових умов навчання

Базовий матеріал - це всі ті відомості, що за змістом зв'язані з даною темою і знання яких учнем робить для нього новий матеріал доступним.

Базові знання - це початкова умова, яка необхідна для вивчення нового матеріалу.

Таблиця 9.5 - Аналіз базового матеріалу і способи актуалізації базових знань

Перелік базових понять, законів, способів дій	Назва дисциплін і тем, в яких формуються опорні знання і дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації базових знань і способів дій
Поняття про гнучкий промисловий модуль, про устрій багатоопераційного верстата з ЧПК	«Механічна обробка в машинобудуванні»	Усне фронтальне опитування, за допомогою питань: 1. Що таке гнучкий промисловий модуль? 2. Які верстати називаються багатоопераційними? 3. З яких елементів складаються багатоопераційні верстати? 4. В чому полягає перевага багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2? 5. Які недоліки є у багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2?	Коротке нагадування основних положень базового матеріалу

9.6. Проєктування основної частини реферативного семінару

При розробці дидактичного проєкту семінару слід:

- визначити навчальний матеріал, що підлягає закріпленню, та сформулювати питання для обговорення;
- розробити змістовні матеріали з кожного питання: перелік основних понять, показників та закономірностей, які повинні бути обговорені та закріплені на семінарі;
- навести перелік тем доповідей, а також визначити мету та тривалість кожної доповіді наведено в таблиці 9.6.

Таблиця 9.6 - Характеристика доповідей на семінарі

№ доповіді	Тема доповіді	Мета доповіді	Тривалість доповіді	Тривалість обговорення доповіді
1	2	3	4	5
1	Особливість проектування гнучкого промислового модуля в машинобудуванні	Ознайомити слухачів з особливостями проектування гнучкого промислового модуля	8-12 хв.	5-6 хв.
2	Використання допоміжного обладнання та його вплив на проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Розповісти про використання допоміжного обладнання та його вплив на проектування гнучкого промислового модуля	8-12 хв.	5-6 хв.
3	Особливості дотримання принципів при проектуванні гнучких промислових модулів на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Визначити особливості дотримання принципів при проектуванні гнучких промислових модулів	8-12 хв.	5-6 хв.
4	Особливості технічно-організаційних умов, яких необхідно дотримуватися при проектуванні гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Визначити, в чому полягають особливості технічно-організаційних умов, яких необхідно дотримуватися при проектуванні гнучкого промислового модуля	8-12 хв.	5-6 хв.
5	Перспективи проектування та застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів	Визначення перспектив проектування та застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів	8-12 хв.	5-6 хв.

Необхідно зазначити перелік джерел інформації для доповідей, який знаходиться в таблиці 9.6.

Таблиця 9.6 - Джерела інформації для підготовки доповідей

Теми доповідей	Джерела інформації
1	2
Особливість проектування гнучкого промислового модуля в машинобудуванні	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Гжіров Р.І., Серебреніцькій П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПК. Довідник, - Л.: Машинобудування , 1990. - 592 с. 3.Роботизовані технологічні комплекси / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, І. Г. Левченко, В. А. Фадєєв - Учеб. Посібник. Харків. Нац. аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. - 214с. 4.М. П. Меткіна, М. С. Лапін, С. А. Клейменов, В. М. Крітській. Гнучкі виробничі системи. - М.: Видавництво стандартів , 1989. - 309с
Використання допоміжного обладнання та його вплив на проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Роботизовані технологічні комплекси / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, І. Г. Левченко, В. А. Фадєєв - Учеб. Посібник. Харків. Нац. аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. - 214с. 3. Меткіна М.П., Лапін М. С. Гнучкі виробничі системи. - М.: Видавництво стандартів , 1989. - 309с
Особливості дотримання принципів при проектуванні гнучких промислових модулів на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Гжіров Р.І., Серебреніцькій П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПК. Довідник, - Л.: Машинобудування , 1990. - 592 с.
Особливості технічно-організаційних умов, яких необхідно дотримуватися при проектуванні гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Роботизовані технологічні комплекси / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, І. Г. Левченко, В. А. Фадєєв - Учеб. Посібник. Харків. Нац. аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. - 214с.
Перспективи проектування та застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів	1.Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2009. - 304 с. 2.Гжіров Р.І., Серебреніцькій П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПК. Довідник, - Л.: Машинобудування , 1990. - 592 с.

Необхідно розробити змістовну характеристику кожної доповіді і методику її проведення, яка знаходиться в таблиці 9.7.

Таблиця 9.7 - Змістовна характеристика доповідей

Тема доповіді	Частини доповіді	Основні питання доповіді	Метод викладу змісту	Методика забезпечення наочності	Прийоми активізації слухачів
1	2	3	4	5	6
Доповідь №1.Тема «Особливість проектування гнучкого промислового модуля в машинобудуванні»	Вступна частина	Коротке нагадування про введення в машинобудування автоматизації	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина	Особливість проектування гнучкого промислового модуля в машинобудуванні			
	Заключна частина				
Доповідь №2.Тема: «Використання допоміжного обладнання та його вплив на проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2»	Вступна частина	Загальна інформація про допоміжне обладнання	Монологічний метод	Демонстрація презентаційних слайдів	Виступ з проблемою
	Основна частина	Використання допоміжного обладнання та його вплив на проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2			
	Заключна частина	Висновки про доцільність використання допоміжного обладнання та його вплив на проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2			
		промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2			
Доповідь №3.Тема: «Особливості дотримання принципів при проектуванні гнучких промислових модулів на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод.	Вступна частина	Принципи проектування	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина	Особливості дотримання принципів при проектуванні гнучких промислових модулів на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2			
	Заключна частина	Висновки щодо			

A622MФ2»	а частина	необхідності дотримання принципів при проектуванні гнучких промислових модулів на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2			
Доповідь №9.Тема:	Вступна частина	Інформація про особливості технічно-організаційних умов,			
«Особливості технічно-організаційних умов, яких необхідно дотримуватися при проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2»	Основна частина	яких необхідно дотримуватися при проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Заключна частина	Висновки про необхідність дотримання технічно-організаційних умов при проектуванні гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2			
Доповідь №5.Тема: «Перспективи проектування та застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів»	Вступна частина	Перспективи проектування та застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина	застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів			
	Заключна частина	Висновки щодо перспектив проектування та застосування в машинобудуванні гнучких промислових модулів			

Критерії оцінювання студентів наведені в таблиці 9.9

Таблиця 9.9 - Оцінка участі студентів в семінарі та доповідей

Критерії оцінки участі в семінарі	Кількість балів	Критерії оцінки доповіді	Кількість балів
Виступ з доповіддю	5	Повнота висвітлення теми доповіді	6
Опанування	5	Логічність викладу	5
Виступ в обговоренні доповіді	5	Наочність викладу	5
Культура мови	4	Володіння аудиторією	4

Сценарій проведення реферативного семінару на тему: «Особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2» наведено в таблиці 9.10.

Таблиця 9.10 - Сценарій проведення реферативного семінару

Етап проведення семінару	Дії викладача	Дії студентів
1	2	3
Організація початку заняття	Доброго дня, передайте мені будь-ласка журнал, та розпочнемо заняття.	Студенти готуються до заняття, слухають уважно викладача
Повідомлення теми, цілі, мотивація навчальної діяльності	Тема нашого сьогоднішнього заняття: «Особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2». Мета заняття: сформувати вміння у студентів обирати та аналізувати особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Студенти записують тему заняття, сприймають мету заняття, усвідомлюють важливість і актуальність теми.
Аналіз сформованості та актуалізація опорних знань	Проведення усного фронтального опитування, за допомогою питань: 1. Що таке гнучкий промисловий модуль? 2. Які верстати називаються багатоопераційними? 3. З яких елементів складаються багатоопераційні верстати? 4. В чому полягає перевага	Студенти слухають викладача, відповідають на питання. Слухають коротке нагадування

Продовження табл. 9.10

1	2	3
	<p>багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2?</p> <p>5. Які недоліки є у багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2?</p> <p>Коротке нагадування основних моментів базового матеріалу</p>	
<p>Повідомлення про тематику докладів і організацію опанування та обговорення.</p>	<p>На сьогоднішньому занятті, ми з вами заслухаємо доповіді стосовно особливостей проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2. Після кожного виступу буде можливість обговорити основні положення доповіді та прийти до певних висновків.</p> <p>Прослухавши ваші доповіді, ми повинні визначити особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2. Ті, хто будуть активно приймати участь в обговоренні доповідей, отримають додаткові бали на занятті та певний досвід в рамках даної теми. Також під час виступу всі інші повинні конспектувати основні положення за темою.</p>	<p>Студенти слухають викладача. Студенти з докладами готуються до виступу.</p>
<p>Заслуховування та обговорення доповідей.</p>	<p>Заслуховування доповідей студентів на обрані теми. Після кожної доповіді у студентів є 5-6 хв. для того, щоб обговорити виступ, задати питання, які виникали під час доповіді. Обговорення особливостей проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2</p>	<p>Слухають уважно доповідачів, конспектують основні положення. Обговорюють доповідь та задають питання. Висловлюють свої думки щодо особливостей проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного</p>

Продовження табл. 9.10

1	2	3
		верстата з ЧПК мод. А622МФ2
Оцінка доповідей та участі студентів в їх обговоренні.	Ми прослухали всі доповіді, які були на сьогодні підготовлені. Всі дуже гарно підготувалися та виступили та отримують добрі оцінки, студенти які приймали участь в обговоренні також отримують додаткові бали.	Слухають уважно викладача
Підведення підсумків семінару.	На сьогоднішньому занятті ми з вами добре попрацювали, дізнались про особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2	Слухають викладача

9.7 Висновки до розділу 9

В четвертому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено методичні вказівки до проведення семінару на тему «Особливості проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2» з дисципліни: «Механічна обробка в машинобудуванні» для студентів спеціальності «Професійна освіта. Машинобудування». Ці методичні вказівки допоможуть оволодіти знаннями, уміннями та навичками з даної теми. Студенти під час семінарського заняття ознайомилися з особливостями проектування гнучкого промислового модуля на базі багатоопераційного верстата з ЧПК мод. А622МФ2.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проекті обґрунтовуються функціональні й технічні параметри найбільш прогресивної й сучасної конструкції багатоопераційного верстата МА260Ф4, що входить до складу гнучкої виробничої системи механічної обробки, забезпеченню в безлюдному автоматичному режимі обробку складної деталі за 1 установку. У конструкторській частині наведені всі необхідні розрахунки, що забезпечують точність рухів механізму подачі верстата, обумовленої по високій твердості кінематичних пар. Обрані інструменти й допоміжне устаткування дозволяють суттєво знизити собівартість деталі, що має велике значення в економічному плані для виробництва. Повністю механізований ГПМ дозволяє розв'язати багато виробничих проблем, таких як людський фактор, погрішності установки і т.д., також людські працевитрати знижуються до підналагодження й спостереженню за ГПМ, і цю роботу виконують 1 – 2 людини, у той час як у звичайному механічному цеху над виробництвом даної в курсовому проекті деталі були зайняті не один десяток людей.

Впровадження ГПМ і ГПС є передовими технологіями й успішно застосовуються у всіх галузях машинобудування. Завдання ж інженерів – конструкторів, це розраховувати нові й поліпшувати винайдені ГПС для розв'язку всі нових завдань у машинобудуванні.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Пуш В.Э. Металлорежущие станки - М.: Машиностроение, 1986г.;
2. Гжиров Р.И., Серебряницкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ - Л.: Машиностроение, 1990 г. - 588с.
3. Проников А.С. Расчет и конструирование металлорежущих станков –М.: Высш. шк., 1967г.;
4. Интернет: <http://www.stankoinstrument.ru/>
5. Дунаев П.Ф., О.П. Леликов Конструирование узлов и деталей машин - М.: Выс. шк., 1985г.
6. Чернин И.М., Кузьмин А.В. Расчеты деталей машин – Минск: Выс. шк., 1978г.
7. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов - М.: Машиностроение, 1972г.
8. Кузнецов Ю.Н. Агрегатные станки – К.: Вища школа, 1987г.;
9. Ачеркан Н.С. Металлорежущие станки - М.: Машиностроение, 1965г.;
10. Тепинкичиева В.К. Металлорежущие станки - М.: Машиностроение, 1973г.
11. Сафраган Р.Э. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки - К.: Техника, 1989. - 175 с.
12. Решетов Д.Н. Детали и механизмы металлорежущих станков. Т. 2. - М.: Машиностроение, 1972. - 520 с.
13. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1985г. 496 с.
14. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. -В 3-х т. - Т.2. - 5-е изд. – М.: Машиностроение, 1977г. 496 с.
15. Бушуев В.В. Тенденции развития мирового станкостроения // СТИН. – 2000. – №9. – С. 20–24.
16. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей

машин: Учеб. пособие для техн. спец. вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1998. – 447 с., ил.

17. Виробництво і технології [Електронний ресурс]: <http://obrobka.pp.ua/73-konsolno-frezern-verstati.html>

18. Виробництво і технології [Електронний ресурс]: <http://4ua.co.ua/manufacture/index.html>

19. Кудинов В.А. Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.

20. Мамет О.П. Краткий справочник конструктора-станкостроителя. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1964. – 613 с.

21. Металлорежущие станки: учебник для вузов/ В.Д. Ефремов [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2007. – 696 с.

22. Модернизация строгальных, долбежных и протяжных станков / Под ред. А.Е. Прокоповича. – М.: МАШГИЗ, 1957. – 178 с.

23. Ничков А.Г. Фрезерные станки. М., Машиностроение, 1977- 184 с.

24. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общей редакцией Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

25. Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки: Учебник/ В.А. Гапонкин, Л.К. Лукашев, Т.Г. Суворова – М.: Машиностроение, 1990.-448 с.

26. Перель Л.Я., Филатов А.А. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 608 с.

27. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание. Справочник. – М., Машиностроение, 1983. – 543 с.

28. План запасных частей. Универсальный инструментальный фрезерно-сверлильный станок «DECKEL FP3».

29. Поляков А.Н., Каменев С.В. Расчет базовых деталей станков в

системе ANSYS: учебное пособие: - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 111 с.

30. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник Т.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков / Под ред. А.С. Проникова - М.: МГТУ им. Баумана; Машиностроение, 1995. -320 с.

31. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.

32. ГОСТ 8-82 Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность

33. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х Т. - Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

34. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г. Косиловой и др. – М.: машиностроение, 1985. – 496 с.

35. Схиртладзе, А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов, 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков; под ред. Ю.М. Соломенцева – М.: Высшая школа, 2002. – 407 с.

36. Тарзиманов Г.А. Проектирование металлорежущих станков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 288 с.

37. Хомяков В.С. Повышение эффективности расчета и анализа динамических характеристик станков на стадии проектирования / В.С. Хомяков, С.И. Досько, С.А. Терентьев // Станки и инструмент. – 1991. - №6. - С. 7 – 12.

38. Агрегатно-модульні технологічне обладнання: в 3-х ч. [кол. авторів під ред. Ю. М. Кузнєцова]. – Кіровоград: Імекс ЛТД, 2004. - I ч. - 442 с; II ч. - 286 с; III ч. - 507 с.

39. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения / Б. М. Базров. -

М.: Машиностроение, 2007. - 736 с.

40. Веселовська Н. Р. Перспективи розвитку гнучких комп'ютерно-інтегрованих виробничих систем / Н. Р. Веселовська, В. Б. Струтинський, О. В. Зелінська // "Наукові нотатки": Міжвузівський збірник (за напрямом "Інженерна механіка"), Луцьк: Луцький державний технічний університет - 2009. - Випуск № 25, частина 1.- С.53-64.

41. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування/ І. І. Павленко. Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420с.

42. Пуховский Е. С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства / Пуховский Е. С. - К.: Вища школа, 1989. - 240 с.

43. Схиртладзе А. Г. Металлорежущие станки с программным управлением и подготовка программ / А. Г. Схиртладзе , В. И. Соколов. - Харьков.: ХПИ,1992. - 255 с.

44. Шпур Г.Н., Краузе Ф. Л. Автоматизированное проектирование в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1988. - 648с.

45. Каталог електродвигунів Siemens <https://ewi-engineering.com.ua/elektrodivigateli-siemens.html>

46. [Bochkov-V.-M.-Rozrahunok-ta-konstruyuvannya-metalorizalnih-verstativ.pdf](#)

47. 6Т82Г-1, 6Т82-1, 6Т83Г-1, 6Т83-1, станки консольно-фрезерные. Паспорт <https://stankitut.uz/download/6t82g-1-6t82-1-6t83g-1-6t83-1-stanki-konsolno-frezernyie-gorkiy-pasport-djvu>

48. Гуртяков А.М. Расчет и проектирование металлорежущих станков: учебное пособие / А.М. Гуртяков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. –136с.

49. Адаптивні елементи керування важкими верстатами: монографія / Васильченко Я. В., Ковальов В. Д., Мельник М. С., Гаков С. О., Пономаренко О. В. – Краматорськ: ДДМА, 2013. – 122 с.

50. Методика професійного навчання: навч. посіб. для вищ. навч. закл. інж.-пед. спец. для традиційної та дистанційної форм навчання / О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н. В. Корольова, Є. В. Шматков ; Укр. інж.-пед. акад. – Х. : Контраст, 2008. – 488 с.: табл.
51. Мачинська Н.І., Стельмах С.С. Сучасні форми організації навчального процесу у вищій школі: навчально-методичний посібник /Н.І. Мачинська, С.С. Стельмах. – Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2012. – 180 с.
52. Ягупов В.В. Педагогіка: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2002. – 560 с.
53. Інноваційні технології навчання: Навч. посібн. для студ. вищих тех-нічних навчальних закладів / [Кол. авторів; відп. ред. Бахтіярова Х.Ш.; наук. ред. Арістова А.В.; упорядн. словника Волобуєва С.В.]. – К.: НТУ, 2017. – 172 с.
54. Ткаченко А. М. Металорізальні верстати та автоматичні лінії: тестові за-дання / А.М.Ткаченко. – ЛФХДАДК, 2019. – 67 с.
55. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс]: підруч. / В. П. Головенкін. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf
56. 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.
57. 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.
58. Лебедик Л.В., Стрельніков В.Ю., Стрельніков 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.

59. Методика професійної освіти: навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ: Компринт, 2029. – 224 с.

60. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2029. – 82 с.

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

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

63. 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.

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

65. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>

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

67. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>

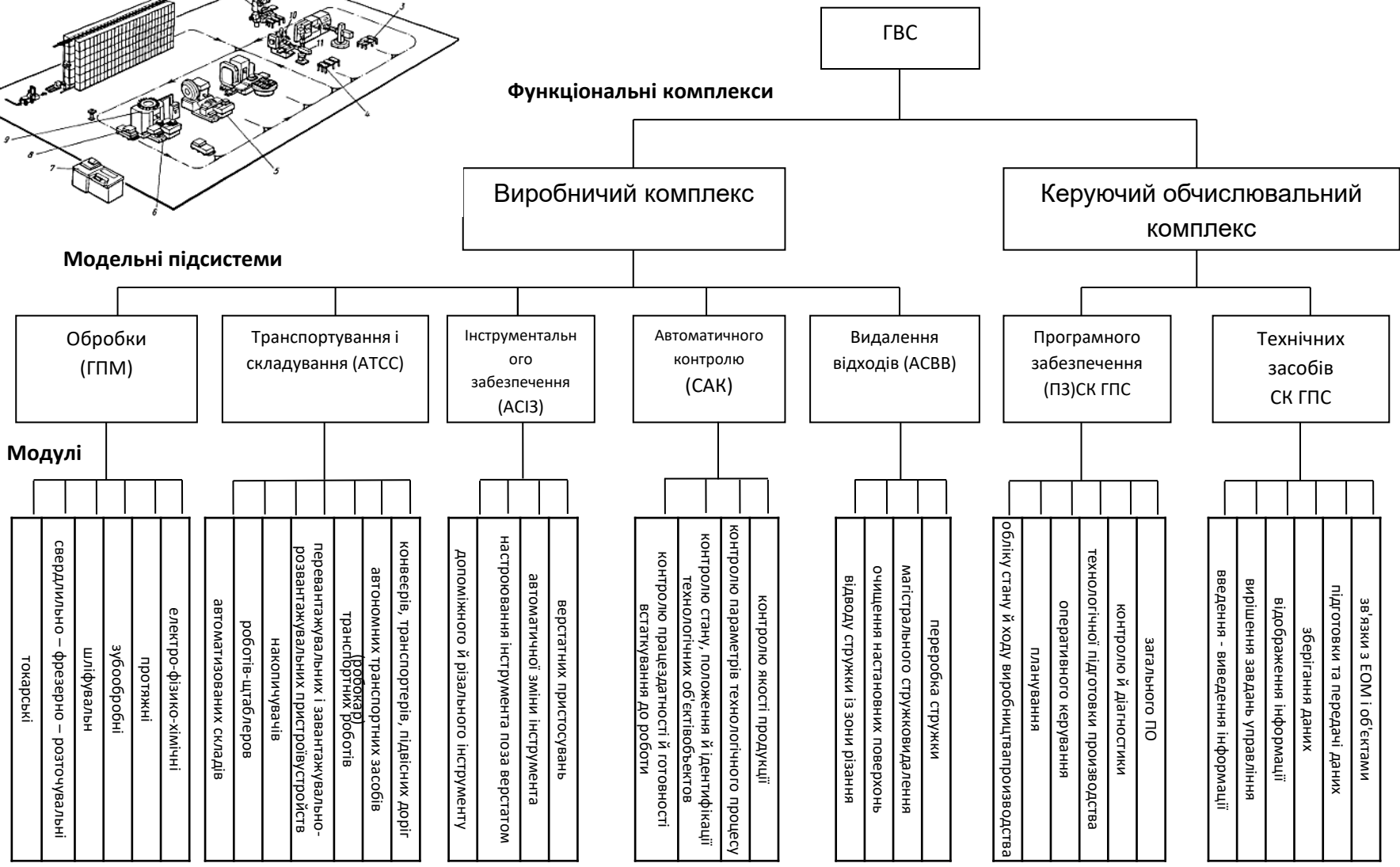
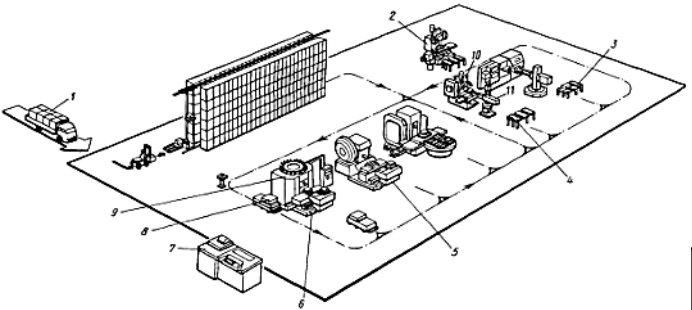
68. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>

69. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>

ДОДАТОК
ПЛАКАТИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення продуктивності багатоопераційного верстата 2А622-МФ2 за рахунок застосування гнучкого промислового модуля.

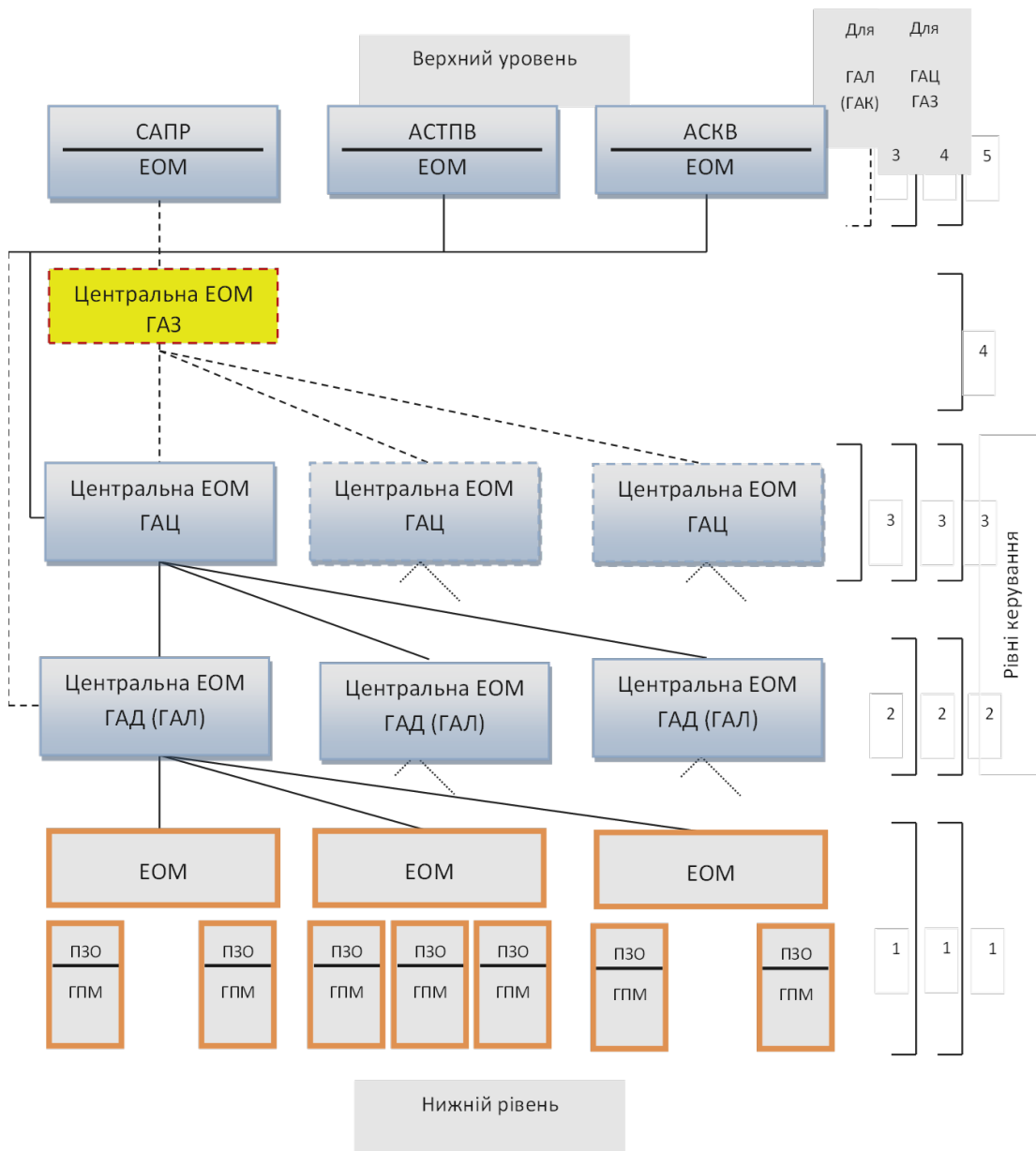
Типова ієрархічна багаторівнева структурна схема керування ГВС



Модельні підсистеми

Модулі

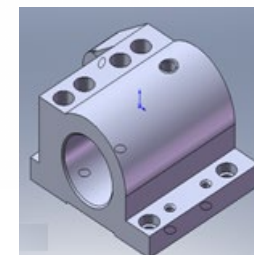
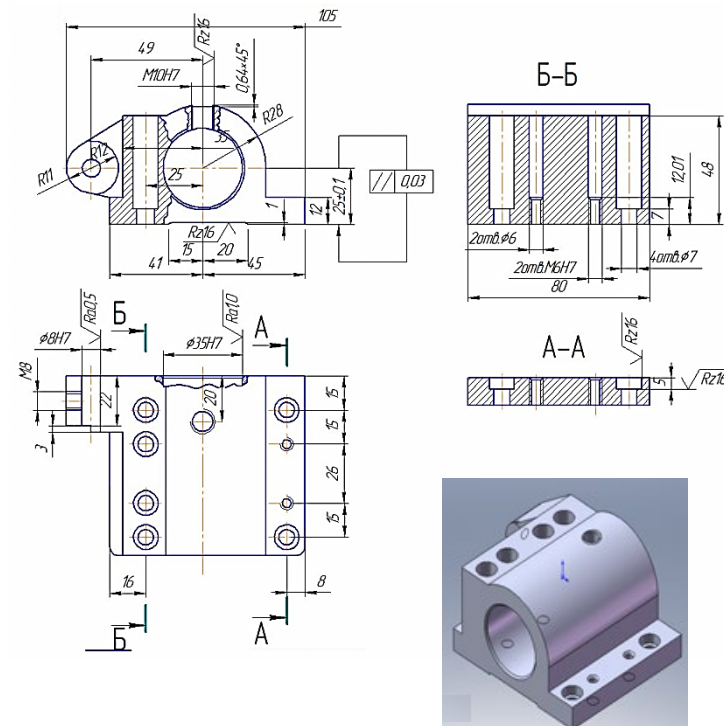
Функціональна схема керування ГВС



Багатоопераційний верстат 2А622-МФ

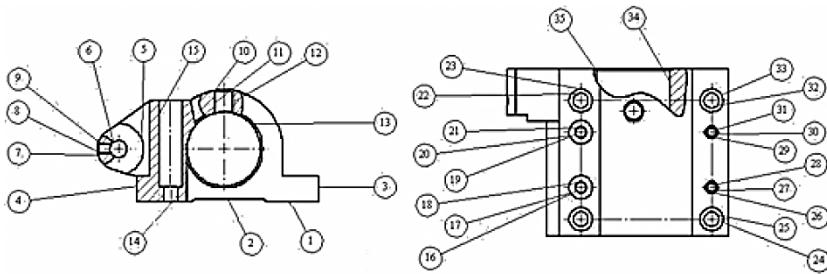


Деталь – «Кронштейн»



ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ ГПМ НА ОБРОБКУ ДЕТАЛІ "КРОНШТЕЙН"

Налагодження УСПО

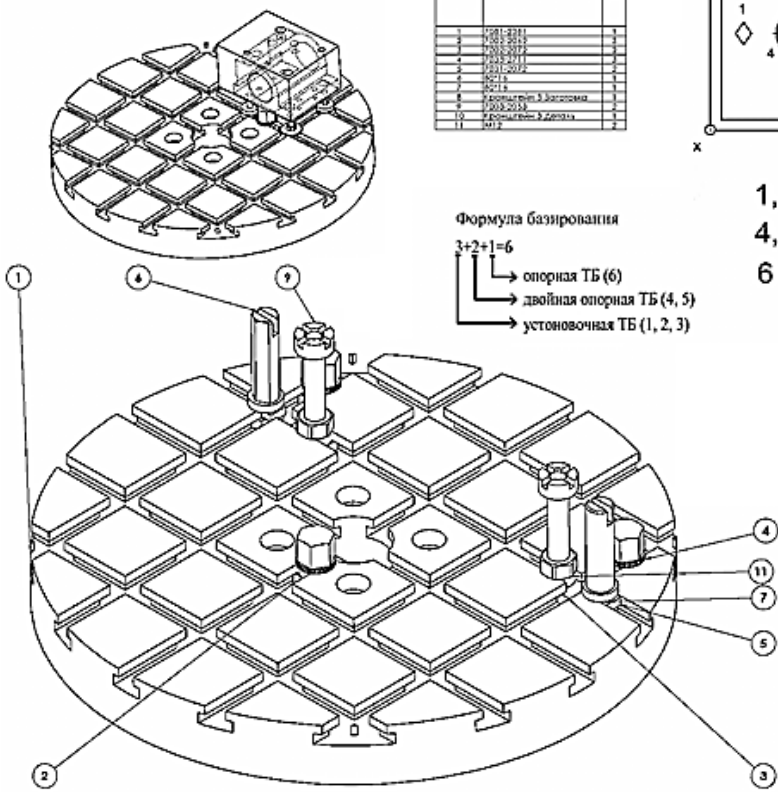


ПОЗИЦІЯ	ОБОЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ	КОЛ
1	001-001	1
2	002-002	1
3	003-003	1
4	004-004	1
5	005-005	1
6	006-006	1
7	007-007	1
8	008-008	1
9	009-009	1
10	010-010	1
11	011-011	1
12	012-012	1
13	013-013	1
14	014-014	1
15	015-015	1
16	016-016	1
17	017-017	1
18	018-018	1
19	019-019	1
20	020-020	1
21	021-021	1
22	022-022	1
23	023-023	1
24	024-024	1
25	025-025	1
26	026-026	1
27	027-027	1
28	028-028	1
29	029-029	1
30	030-030	1
31	031-031	1
32	032-032	1
33	033-033	1
34	034-034	1
35	035-035	1

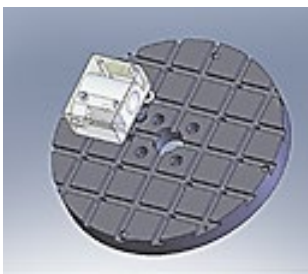


Маршрутна технологія обробки деталі «Кронштейн»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, устаткування	Оснащення
005	Лиття		
010	Обрубка й очищення виливка		
015	Навісити бирку з номером деталі		
020	Фрезерувати поверхню прилягання попередньо	Фрезерний напівавтомат	Пристосування
025	Фрезерувати торець отвору Ø35H7 попередньо, розточити отвір Ø35H7 попередньо	Багатоопераційний верстат зі ЧПК 2A622-МФ2	Налагодження УСПО двомісна
030	Притупити гострі краї	Багатоопераційний верстат зі ЧПК 2A622-МФ2	
035	Термічна обробка		
040	Фрезерувати торець отвору Ø35H7 остаточно, розточити й розгорнути отвір Ø35H7 остаточно, свердли, розточити й розгорнути отвір Ø8H7 остаточно	Багатоопераційний верстат з ЧПК 2A622-МФ2	Налагодження УСПО
045	У першій позиції: фрезерувати поверхню прилягання й паз В=35(15+20) остаточно, свердли чотири отвори Ø7, два отвори Ø6, свердли й нарізати різьбу у двох отворах М6-7Н. У другій позиції: зенкувати чотири отвори Ø7 К Ø11 остаточно, расвердли два отвори Ø6 К Ø11 остаточно, зацентрувати, свердли й нарізати різьбу М10-7Н.	Багатоопераційний верстат зі ЧПК 2A622-МФ2	Налагодження УСПО двопозиційна
050	Притупити гострі краї	Багатоопераційний верстат зі ЧПК 2A622-МФ2	
055	Технічний контроль		
060	Консервація		



1, 2, 3 - $\rightarrow x \rightarrow y \rightarrow z$
 4, 5 - $\rightarrow y \rightarrow z$
 6 - $\rightarrow x$



Technical drawing showing dimensions: $\varnothing 12 \pm 0.027$, $\varnothing 12 \pm 0.027$, $\varnothing 12 \pm 0.019$, $\varnothing 12 \pm 0.043$, $\varnothing 12 \pm 0.005$, $\varnothing 12 \pm 0.005$, $\varnothing 12 \pm 0.005$.

Inspection data:
 $S_{1max} + S_{2max} \times b_2 / b \geq \delta_1 + \delta_2$
 1,383 > 0,015
 Рекомендуемое $b = -113$
 Предельный угол $\alpha = 15,39$
 Установка возможна!

Вибір швидкостей різання і подач на зуб для кінцевих фрез

Визначення режимів різання для свердління

Режими для різьбонарізання

Рекомендації по скоростям резания

Coromill Тюра GC1640

ISO	СМС Код	HRC	v_c м/мин	f_z мм/зуб
P	01.1	125	145	160
P	01.2	150	135	145
P	02.1	200	100	110
P	02.2	250	85	95
P	02.3	300	80	85
P	02.22	350	75	80
M	05.11	200	65	70
M	05.21	200	50	55
M	05.51	230	35	40
M	07.1	150	130	140
M	08.2	200	105	115
M	08.2	250	70	75
M	08.2	300	65	70
M	08.2	350	40	45

Рекомендуемые подачи

Coromill Тюра GC1640

Метрические величины	D_c мм	f_z мм/зуб	f_z мм/зуб
$v_c = \frac{1000}{\pi \times D_c}$ (об/мин)	0.35	0.013	0.019
	6	0.018	0.022
	8	0.015	0.035
	9.525	0.023	0.041
	10	0.025	0.043
	12	0.031	0.055
	12.7	0.035	0.057
	15.875	0.052	0.068
	16	0.053	0.069
	16.5	0.056	0.091
	20	0.069	0.095

ISO	СМС Код	Обрабатываемый материал	Твердость по Бринеллю HB	Марка сплава	Скорость резания (Vc) м/мин	Диаметр сверла, мм	Подача, мм/об	10.01-14.00	14.01-20.00
P	01.0	Металургическая сталь	125	1220	80-140	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
P	01.1	C = 0.05-0.10%	125	1220	80-140	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
P	01.2	C = 0.10-0.25%	150	1220	80-140	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
P	01.3	C = 0.25-0.50%	170	1220	70-130	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
P	01.4	C = 0.45-0.80%	170	1220	70-130	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
C	02.1	Высокоуглеродистая сталь	210	1220	70-130	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
C	02.2	Упористая инструментальная сталь	180	1220	70-130	0.10-0.20	0.14-0.30	0.19-0.35	0.20-0.40
C	02.3	Мезокристаллическая сталь	275	1220	70-100	0.10-0.20	0.14-0.30	0.19-0.35	0.20-0.40
C	02.4	Взаимодействующая сталь	350	1220	50-80	0.10-0.20	0.14-0.25	0.19-0.35	0.20-0.38
C	02.22	Высокоуглеродистая сталь	200	1220	40-70	0.08-0.14	0.10-0.22	0.14-0.24	0.16-0.32
C	02.21	Высокоуглеродистая сталь	325	1220	40-70	0.08-0.14	0.10-0.22	0.12-0.25	0.15-0.28
M	06.1	Стальное литье	180	1220	70-130	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
M	06.2	Нелегированное (легированных элементов ≤5%)	200	1220	70-130	0.10-0.25	0.15-0.34	0.20-0.40	0.22-0.45
M	05.11	Металургическая сталь	200	1220	40-80	0.08-0.14	0.08-0.20	0.12-0.22	0.14-0.24
M	05.12	Нелегированная (Ферритная/Мартенситная)	1020	1020	0.08-0.20	0.10-0.25	0.15-0.30	0.18-0.35	0.20-0.35
M	05.21	Аустенитная	180	1220	40-80	0.08-0.14	0.08-0.20	0.12-0.22	0.14-0.24
M	05.22	Металургическая сталь	1020	1020	0.08-0.20	0.10-0.25	0.15-0.30	0.18-0.35	0.20-0.35
M	15.21	Металургическая сталь	200	1220	40-80	0.08-0.14	0.08-0.20	0.12-0.22	0.14-0.24
M	15.22	Аустенитное литье	1020	1020	0.08-0.20	0.10-0.25	0.15-0.30	0.18-0.35	0.20-0.35
E	20.21	Отжиг или спуск в расплаве солей	350	1220	10-25	0.05-0.12	0.08-0.15	0.08-0.15	0.10-0.16
E	20.22	Полученные стороны, в т.ч. после отжига в расплаве солей	350	1220	10-25	0.05-0.12	0.05-0.15	0.08-0.15	0.10-0.16
E	20.24	Литье, в т.ч. подвергнутое стрелению	300	1220	10-25	0.05-0.12	0.05-0.15	0.08-0.15	0.10-0.16
E	23.21	Газовые сплавы	Rm ≤ 850	1220	20-60	0.05-0.12	0.08-0.20	0.14-0.28	0.16-0.30
E	23.22	Литье, в т.ч. в сплавах, отожженных и/или закаленных (стальные, титановые или никель-титановые)	Rm ≤ 1050	1220	20-60	0.05-0.12	0.08-0.20	0.14-0.28	0.16-0.30
N	07.1	Ковкий чугун	130	1220	90-150	0.15-0.30	0.25-0.40	0.35-0.60	0.40-0.60
N	07.2	Перлитный (элементная стружка)	1210	1210	100-160	0.15-0.30	0.25-0.40	0.35-0.60	0.40-0.60
N	07.2	Перлитный (сливная стружка)	230	1210	100-160	0.15-0.25	0.20-0.35	0.30-0.55	0.35-0.55
N	08.1	Серый чугун	1100	1100	150-250	0.15-0.30	0.25-0.40	0.35-0.60	0.40-0.60
N	08.1	Низкой прочности	1210	1210	100-160	0.15-0.30	0.25-0.40	0.35-0.60	0.40-0.60
N	08.2	Высокой прочности	200	1210	70-130	0.15-0.25	0.20-0.35	0.30-0.55	0.35-0.55
N	08.2	Мартенситный	1210	1210	100-160	0.15-0.25	0.20-0.35	0.30-0.55	0.35-0.55
N	09.1	Чугун с шаровидным графитом	160	1220	80-110	0.15-0.30	0.25-0.40	0.35-0.60	0.40-0.60
N	09.1	Ферритный	1210	1210	110-150	0.15-0.30	0.25-0.40	0.35-0.60	0.40-0.60
N	09.2	Перлитный	1210	1210	70-100	0.15-0.25	0.20-0.35	0.30-0.55	0.35-0.55
N	09.2	Мартенситный	1210	1210	100-140	0.15-0.25	0.20-0.35	0.30-0.55	0.35-0.55
N	09.3	Мартенситный	1210	1210	90-130	0.15-0.30	0.25-0.40	0.35-0.60	0.40-0.60

ISO	СМС Код	Твердость HB	HRC	Размеры, мм			Скорость резания Vc, м/мин	Подача на зуб fz, мм/зуб	Скорость резания vs, м/мин	Подача на зуб ft, мм/зуб
				Резьба Dc	z1	z2				
P	01.1	125		M4	3.2	3	152	0.030	141	0.018
P	02.2	300		M10	8.2	4	132	0.052	124	0.029
P	02.2	300		M20	16	5	141	0.130	131	0.069
P	02.2	300		M4	3.2	3	147	0.012	137	0.006
P	02.2	300		M10	8.2	4	154	0.068	153	0.035
P	02.2	300		M20	16	5	173	0.089	162	0.048
P	03.21	450		M4	3.2	3	163	0.035	151	0.015
P	03.21	450		M10	8.2	4	184	0.061	183	0.049
P	03.21	450		M20	16	5	173	0.122	162	0.118
M	05.11	200		M4	3.2	3	81	0.024	75	0.009
M	05.11	200		M10	8.2	4	82	0.052	76	0.036
M	05.11	200		M20	16	5	86	0.059	83	0.059
M	05.11	200		M4	3.2	3	53	0.018	49	0.007
M	05.11	200		M10	8.2	4	53	0.052	50	0.027
M	05.11	200		M20	16	5	56	0.089	53	0.072
M	05.11	200		M4	3.2	3	53	0.018	49	0.007
M	05.11	200		M10	8.2	4	53	0.052	50	0.027
M	05.11	200		M20	16	5	56	0.089	53	0.074
M	05.11	200		M4	3.2	3	80	0.020	77	0.016
M	05.11	200		M10	8.2	4	89	0.061	83	0.036
M	05.11	200		M20	16	5	82	0.084	83	0.089
M	05.11	200		M4	3.2	3	76	0.018	73	0.014
M	05.11	200		M10	8.2	4	86	0.038	79	0.034
M	05.11	200		M20	16	5	79	0.075	80	0.080
M	05.11	200		M4	3.2	3	101	0.027	97	0.020
M	05.11	200		M10	8.2	4	104	0.047	105	0.045
M	05.11	200		M20	16	5	104	0.089	97	0.067
M	05.11	200		M4	3.2	3	503	0.040	503	0.035
M	05.11	200		M10	8.2	4	1120	0.089	1060	0.061
M	05.11	200		M20	16	5	1130	0.089	1060	0.069
M	05.11	200		M4	3.2	3	434	0.040	434	0.018
M	05.11	200		M10	8.2	4	481	0.061	402	0.061
M	05.11	200		M20	16	5	457	0.089	436	0.059
M	05.11	200		M4	3.2	3	282	0.018	282	0.001
M	05.11	200		M10	8.2	4	278	0.053	280	0.026
M	05.11	200		M20	16	5	282	0.089	283	0.071

Значения глубин резания и подач при розточувании

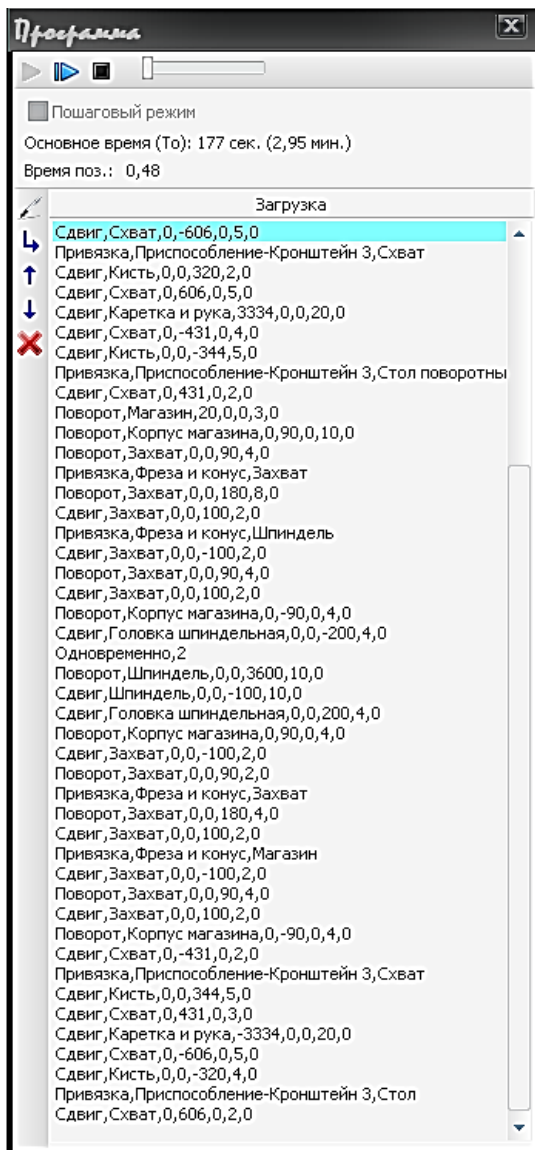
Швидкості різання при точінні й розточуванні

Пластина	Рек. глубина резания a _p мм			Рек. подача fn мм/об		
	Min	Max		Min	Max	
CCMT060208-KR	1.60	0.80	3.20	0.19	0.09	0.26
CCMT09T308-KR	2.00	1.00	4.00	0.25	0.12	0.35
CCMT09T312-KR	2.00	1.20	4.00	0.30	0.14	0.42
CCMT120408-KR	2.40	1.20	4.80	0.30	0.14	0.42
CCMT120412-KR	2.40	1.40	4.80	0.36	0.17	0.50
DCMT11T308-KR	2.00	1.00	4.00	0.25	0.12	0.35
DCMT11T312-KR	2.00	1.20	4.00	0.30	0.14	0.42
SCMT09T308-KR	2.00	1.00	4.00	0.25	0.12	0.35
SCMT09T312-KR	2.00	1.20	4.00	0.30	0.14	0.42
SCMT120408-KR	2.40	1.20	4.80	0.30	0.14	0.42
SCMT120412-KR	2.40	1.40	4.80	0.36	0.17	0.50
TCMT110308-KR	1.50	0.80	3.00	0.21	0.10	0.30
TCMT110312-KR	1.50	0.90	3.00	0.26	0.12	0.36
TCMT16T308-KR	2.00	1.00	4.00	0.25	0.12	0.35
TCMT16T312-KR	2.00	1.20	4.00	0.30	0.14	0.42
TCMT220408-KR	2.40	1.20	4.80	0.30	0.14	0.42
TCMT220412-KR	2.40	1.40	4.80	0.36	0.17	0.50
VBMТ160408-KR	1.80	0.90	3.60	0.23	0.11	0.32
VBMТ160412-KR	1.80	1.10	3.60	0.27	0.13	0.38

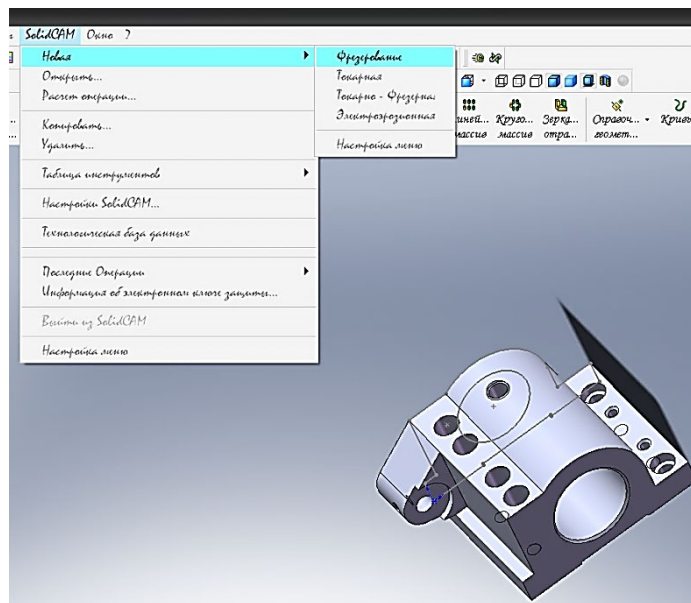
ISO	СМС Код	Обрабатываемый материал	Удельная сила резания K _r 0.4 Н/мм ²	Твердость по Бринеллю HB	<<<< ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ >>>>						
					СВ7050/СБ50	СС620	СС650	Н ₂₀ , мм ~ подача fn, мм/об при κ 90°-95°	0.1-0.25-0.4	0.1-0.25-0.4	0.1-0.25-0.4
Чугун	07.1	Ковкий чугун	940	130	-	-	800-700-600	800-700-600	-	-	-
	07.2	Ферритный (элементная стружка)	1100	230	-	-	700-590-500	700-600-500	-	-	-
	07.2	Перлитный (сливная стружка)	1100	230	-	-	700-590-500	700-600-500	-	-	-
	08.1	Серый чугун	1100	180	1700-1450-1200	800-700-600	800-700-600	-	-	-	-
	08.2	Низкой прочности	1150	220	1450-1250-1050	760-650-540	760-650-540	-	-	-	-
	08.2	Высокой прочности	1150	220	1450-1250-1050	760-650-540	760-650-540	-	-	-	-
	09.1	Чугун с шаровидным графитом	1050	160	-	-	-	-	610-550-450	-	-
	09.2	Ферритный	1750	250	-	-	-	-	510-450-350	-	-
	09.3	Мартенситный	2700	380	-	-	-	-	350-305-260	-	-

АВТОМАТИЗОВАНА РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ГНУЧКОГО ПРОМИСЛОВОГО МОДУЛЯ НА БАЗІ БАГАТООПЕРАЦІЙНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК МОД. A622MФ2 У СИСТЕМІ SOLIDCAM-2007 ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КРОНШТЕЙН»

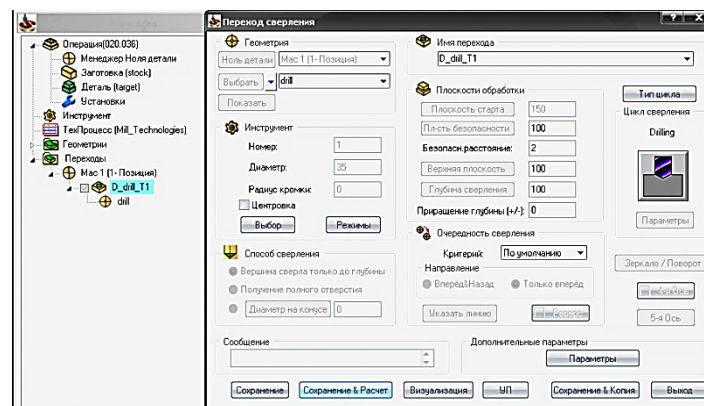
Циклограма виготовлення деталі «Кронштейн».



Створення нової операції в програмі SolidCAM через програму SolidWorks.



Визначення умов переходу для моделювання обробки деталі типу «Кронштейн» у програмі SolidCAM.



Приклад отриманої програми керування за допомогою системи SolidCAM є програма обробки основного отвору деталі «Кронштейн»

```

%
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)
(D-DRILL-T1 -
DRILL)
(-i-i-i-i-i-i-i-i-
i)
X41. Y25. Z100.
G98 G81 Z0. R102.
F0.25
G80
M30
    
```


ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проекті обґрунтовуються функціональні й технічні параметри найбільш прогресивної й сучасної конструкції багатоопераційного верстата МА260Ф4, що входить до складу гнучкої виробничої системи механічної обробки, забезпеченню в безлюдному автоматичному режимі обробку складної деталі за 1 установку. У конструкторській частині наведені всі необхідні розрахунки, що забезпечують точність рухів механізму подачі верстата, обумовленої по високій твердості кінематичних пар. Обрані інструменти й допоміжне устаткування дозволяють суттєво знизити собівартість деталі, що має велике значення в економічному плані для виробництва. Повністю механізований ГПМ дозволяє розв'язати багато виробничих проблем, таких як людський фактор, погрішності установки і т.д., також людські працезатрати знижуються до підналагодження й спостереженню за ГПМ, і цю роботу виконують 1 – 2 людини, у той час як у звичайному механічному цеху над виробництвом даної в деталі були зайняті не один десяток людей.

Впровадження ГПМ і ГПС є передовими технологіями й успішно застосовуються у всіх галузях машинобудування. Завдання ж інженерів – конструкторів, це розраховувати нові й поліпшувати винайдені ГПС для розв'язку всі нових завдань у машинобудуванні.