

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

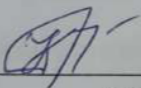
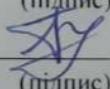
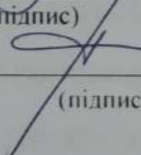
магістра на тему

### Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з імітаційного моделювання ділянки гнучкої виробничої системи по обробці зубчастих коліс

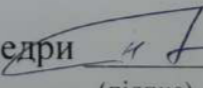
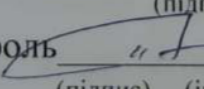
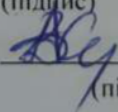
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ- ПОМ-23мг  
спеціальності: 015 Професійна освіта  
(Машинобудування)

(код і найменування спеціальності)

 /Ксенія Грінкер  
(підпис) (ім'я та прізвище)  
Керівник  /Олександр ПЕРМЯКОВ  
(підпис) (ім'я та прізвище)  
Рецензент  /Наталія Антоненко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  /Олег ПОДОЛЯК  
(підпис) (ім'я та прізвище)  
Нормоконтроль  /Олег ПОДОЛЯК  
(підпис) (ім'я та прізвище)  
Секретар ЕК  /Валентина СКОРКІНА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Актуальність професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі.....	9
РОЗДІЛ 2. Огляд досліджень та публікацій з проблем компанувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатної модульної конструкції.....	17
РОЗДІЛ 3. Аналіз компанувань мобільного металорізального обладнання агрегатної модульної конструкції.....	40
РОЗДІЛ 4. Потративні станки останнього покоління.....	72
РОЗДІЛ 5. Методика професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань портативного мобільного металорізального обладнання.....	75
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

Реферат магістерської кваліфікаційної роботи з теми “Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань мобільного металорізального обладнання”

### РЕФЕРАТ

Робота містить 97с., 44 рис., 21 табл., 28 джерел.

Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) присвячений науковому обґрунтуванню та вдосконаленню системи підготовки фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань мобільного металорізального обладнання.

У першому розділі розглянуто актуальність професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань мобільного металорізального обладнання.

У другому розділі виконано огляд досліджень та публікацій з проблеми компанувань потративного мобільного металорізального обладнання агрегатної модульної конструкції. Розглянуто безпосередньо агрегатно-модульний принцип, наведені приклади його застосування. Розглянуто теорію компонок мобільних верстатів.

У третьому розділі виконано аналіз компанувань мобільного металорізального обладнання агрегатної модульної конструкції, виявлено причини і передумови їх появи, обґрунтовано застосування агрегатно-модульного принципу стосовно портативних верстатів, проаналізовано компанування портативних верстатів.

У четвертому розділі виконано огляд вітчизняних та зарубіжних портативних станків, які виготовлені протягом останніх п'яти років, наведено порівняльну характеристику представлених станків.

У п'ятому розділі виконано розробку методичних вказівок до проведення практичної роботи на тему “Аналіз та систематизація компанувань мобільного металорізального обладнання” з дисципліни “Ріжучі інструменти та обладнання для обробки металів”.

Запропонована методика може бути покладена в основу інноваційних технологій під час навчання для отримання кваліфікованих фахівців машинобудівної галузі.

*Ключові слова:* професійна підготовка, машинобудівна галузь, фахівець, аналіз та систематизація компанувань мобільного металорізального обладнання, методика практичного заняття.

# **Abstract of the Master's Qualification Thesis on the Topic "Professional Training of Specialists in the Machine-Building Industry for the Analysis and Systematization of Configurations of Mobile Metalworking Equipment"**

## **ABSTRACT**

The work contains 97 pages, 44 figures, 21 tables, 28 references.

The qualification work (diploma project) is devoted to the scientific justification and improvement of the system for training specialists in the machine-building industry in the analysis and systematization of configurations of mobile metalworking equipment.

In the first chapter, the relevance of professional training of specialists in the machine-building industry for the analysis and systematization of configurations of mobile metalworking equipment is discussed.

The second chapter presents a review of research and publications on the problem of configuring mobile metalworking equipment with modular aggregate construction. The aggregate-modular principle is discussed, with examples of its application. The theory of configurations of mobile machine tools is also considered.

In the third chapter, an analysis of configurations of mobile metalworking equipment with modular aggregate construction is performed, the causes and prerequisites for their emergence are identified, and the application of the aggregate-modular principle for portable machines is justified. The configurations of portable machine tools are analyzed.

The fourth chapter provides a review of domestic and foreign portable machines manufactured in the last five years, and a comparative characteristic of the presented machines is provided.

In the fifth chapter, the development of methodological guidelines for practical work on the topic "Analysis and Systematization of Configurations of Mobile Metalworking Equipment" for the discipline "Cutting Tools and Equipment for Metalworking" is presented.

The proposed methodology can form the basis for innovative technologies in training specialists in the machine-building industry.

**Keywords:** professional training, machine-building industry, specialist, analysis and systematization of configurations of mobile metalworking equipment, methodology of practical sessions.

## ВСТУП

Мобільні верстати можуть виконувати ті ж роботи, що й стаціонарні. Їх особливістю є те, що верстат доставляється до оброблюваного виробу і монтується безпосередньо на ньому. Їх очевидна сфера застосування: ремонт турбоагрегатів, важкого устаткування, виробів габаритних і т.д.

Необхідно щоб мобільні верстати проектувалися з урахуванням можливості їх різної компоновки, конструкції, складу вузлів і механізмів з метою отримання потрібних замовником технічних і технологічних характеристик цих верстатів. Усім вище перерахованими вимогами до мобільних верстатів задовольняє використання агрегатно-модульного принципу.

Агрегатно-модульний принцип побудови портативного обладнання передбачає поділ конструкції на уніфіковані вузли (модулі), зібрані разом в єдину конструкцію. Це дозволяє досягти необхідної гнучкості і значно скоротити терміни і вартість проектування даного обладнання.

До технологічного металорізального обладнання, створюваному на основі принципу агрегування, повною мірою стосується визначення “унікальне обладнання”, оскільки практично кожна така верстатна система не має повних аналогів. Багаторічна практика створення і експлуатації верстатів агрегатно-модульної конструкції постійно вказує на те, що правильний вибір і раціональне побудова компоновання охоплює великий вплив на їх якість.

Компоновання виробу визначається на етапі його проектування. Так як проектування це один з перших етапів в життєвому циклі виробу очевидно що воно має великий вплив на сам виріб.

Так як передбачувана варіація компоновок мобільних верстатів досить широка, виникає необхідність певним чином їх класифікувати.

Таким чином актуальною задачею для досліджень є аналіз та систематизація знань о компонованнях мобільних портативних верстатах агрегатно-модульної конструкції.

## РОЗДІЛ 1

### АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

**Актуальність дослідження.** Актуальність професійної підготовки педагогів у професійно-технічній освіті в Україні зумовлена необхідністю ефективною підготовки висококваліфікованих кадрів для різних галузей економіки. Це вимагає від педагогів не лише глибоких теоретичних знань, але й високого рівня практичної підготовки, вміння застосовувати новітні технології та методи викладання, а також здатності адаптувати освітній процес до потреб ринку праці і соціальних змін.

Професійно-технічна освіта (ПТНЗ) є важливим компонентом національної системи освіти, що готує спеціалістів для різних галузей економіки, і саме підготовка педагогічних кадрів для цих закладів є однією з ключових задач. До основних аспектів, що підкреслюють актуальність професійної підготовки педагогів у професійно-технічній освіті відносяться:

1. Реформи у системі професійної освіти. В Україні реалізуються реформи в системі професійно-технічної освіти, спрямовані на оновлення змісту навчання, підвищення якості підготовки робітничих кадрів та інтеграцію професійно-технічних навчальних закладів з ринком праці. Відповідно, підготовка педагогічних працівників повинна враховувати ці зміни, щоб забезпечити ефективну реалізацію нових освітніх стандартів, програм та методик. Реформа професійної освіти передбачає досягнення таких стратегічних цілей:

- створення єдиної системи професійної освіти, шляхом зближення та інтеграції професійно-технічної та фахової передвищої освіти, яка є ефективною та відповідає потребам ринку праці;

- оновлення змісту та підвищення якості професійної освіти відповідно до запиту роботодавців;

- підвищення привабливості професійної освіти серед стейкхолдерів та у суспільстві загалом [10].

2. Попит на кваліфікованих робітників. Сучасний ринок праці в Україні має високий попит на кваліфікованих спеціалістів у різних сферах, таких як будівництво, інформаційні технології, машинобудування, енергетика, агропромисловий комплекс тощо. Для того, щоб підготувати таких спеціалістів, необхідно, щоб педагоги ПТНЗ мали не тільки теоретичні знання, але й високий рівень професійної підготовки в обраних сферах, а також уміння передавати ці знання учням.

3. Інтеграція теоретичних знань з практичними навичками. Однією з важливих задач педагогів ПТНЗ є забезпечення балансу між теоретичною та практичною підготовкою. У зв'язку з цим, підготовка педагогів повинна включати в себе не лише знання з методики викладання, але й практичні навички у відповідних технічних галузях. Використання сучасних технологій, таких як симулятори, спеціалізоване програмне забезпечення, має бути основою навчання, щоб студенти здобували практичні навички, наближені до реальних умов праці.

Інтегровані заняття використовуються в різноманітних освітніх закладах. Викладачі, покладаючись на власний досвід та знання, створюють різного типу інтегровані заняття: інтегрована лекція, інтегроване практичне заняття, інтегрований семінар практикум, проведення яких відбувається як між викладачами однієї циклової комісії чи кафедри, так і з участю викладачів інших комісій чи кафедр. Комбінації дисциплін для проведення інтегрованих занять також обирають різними. Однією з форм проведення навчального процесу в Європейському університеті є тренінгові заняття, що проводяться на спеціально створених навчально-тренувальній фірмі та в навчально-тренувальному банку. У процесі навчання студенти виконують професійні функції співробітників підрозділів фірми: виробничого, комерційного, бухгалтерського, менеджерського та ін. На таких заняттях простежується не

тільки інтеграція різних предметів професійного циклу, а й інтеграція з виробничим навчанням [25].

4. Сучасні технології в освіті. Технологічний прогрес вимагає від педагогів ПТНЗ освоєння нових інструментів для викладання, таких як цифрові платформи для дистанційного навчання, віртуальні лабораторії, інтерактивні засоби навчання. Педагоги повинні бути готові до використання сучасних засобів для ефективної передачі знань, що дозволяє значно покращити якість навчального процесу, а також допомагає студентам здобувати практичні навички, необхідні для їхньої подальшої професійної діяльності.

Використання цифрових платформ при підготовці фахівців педагогічної галузі набуває все більшої актуальності в умовах швидкого розвитку технологій, глобалізації освіти та потреби у модернізації педагогічних процесів. Цифрові платформи дозволяють значно підвищити ефективність навчання, зробити його більш доступним і інтерактивним. Розглянемо кілька важливих аспектів щодо використання цифрових платформ в підготовці фахівців педагогічної галузі:

- по-перше, цифрові платформи надають можливість студентам педагогічних спеціальностей отримувати доступ до величезної кількості навчальних матеріалів: електронних підручників, відеоуроків, вебінарів, статей, наукових досліджень тощо. Це дозволяє викладачам оновлювати контент та адаптувати його до новітніх вимог і тенденцій у педагогіці. Крім того, студенти можуть отримувати доступ до таких матеріалів у будь-який час, що сприяє самостійній роботі та розвитку навичок управління часом;

- по-друге, цифрові платформи, такі як Moodle, Google Classroom, Edmodo, дозволяють створювати інтерактивні завдання, тести, опитування, що дає змогу студентам активно брати участь у навчальному процесі. Це також забезпечує постійний зворотний зв'язок з викладачами, що важливо для корекції навчальних результатів. Викладач може вчасно надавати консультації, коментарі, а також коригувати хід навчання на основі результатів тестувань;

- по-третє, цифрові платформи дають змогу проводити навчання у

форматі онлайн, що стає важливим інструментом у контексті постпандемічного світу та під час воєнних дій, коли традиційна очна форма навчання може бути обмежена. Вони дозволяють забезпечити безперервний процес освіти навіть у разі відсутності фізичного контакту, а також допомагають здійснювати освітній процес для студентів з різних регіонів чи країн, що підвищує доступність освіти;

- по-четверте, використання цифрових платформ в підготовці майбутніх педагогів дозволяє студентам освоїти необхідні цифрові навички, які є невід'ємною частиною сучасної педагогічної діяльності. Це включає вміння створювати електронні ресурси, застосовувати інтерактивні методи навчання, працювати з навчальними платформами для оцінювання та моніторингу результатів учнів, а також застосовувати інноваційні технології для організації ефективного навчального середовища.

Оскільки професійно-технічна освіта вимагає постійного оновлення змісту навчання відповідно до технологічних та економічних змін, важливо забезпечити педагогів можливостями для безперервного професійного розвитку. Підвищення кваліфікації, участь у професійних тренінгах та семінарах мають бути доступні для педагогів ПТНЗ, щоб вони могли бути в курсі новітніх розробок у галузі та методиках навчання.

Зокрема, розглянемо більш детально актуальність професійної педагогічної підготовки фахівців машинобудівної галузі, яка в сучасних умовах визначається швидкими змінами науково-технічного прогресу, глобалізацією ринків праці та постійним розвитком технологій, що безпосередньо впливає на потреби в кваліфікованих кадрах, які будуть ефективно працювати з новітніми технологіями, інтегрувати та оптимізувати їх у виробничі процеси й зможуть навчити цьому студентів. Професійна підготовка викладачів машинобудівної галузі повинна включати як глибокі теоретичні знання в галузі технічних дисциплін, так і навички роботи з сучасними технологіями та програмними засобами. Важливою складовою є також здатність викладача ефективно передавати знання студентам, організовувати навчальний процес, застосовувати

інноваційні методи навчання, наприклад, такі як проектне навчання, перевернуте навчання, використання цифрових платформ та симуляторів. Для ефективного викладання машинобудівних дисциплін важливим є практичний досвід роботи викладача на підприємствах галузі. Викладачі повинні мати досвід роботи з сучасними технологіями та обладнанням, щоб передавати студентам не лише теоретичні, а й практичні знання. Це дозволяє студентам не тільки оволодіти основами машинобудування, а й зрозуміти, як застосовуються ці знання на реальних виробництвах. Викладачі машинобудівних спеціальностей повинні вміти впроваджувати новітні технології у навчальний процес. Це включає використання комп'ютерних програм для проектування, симуляцій, віртуальних лабораторій, інтерактивних навчальних матеріалів. Використання цифрових платформ для дистанційного навчання (наприклад, Moodle, Google Classroom), що дозволяє покращити доступність і якість навчального процесу. Завдяки цьому студенти отримують можливість працювати з сучасними інструментами, що підвищує їх конкурентоспроможність на ринку праці.

Окрім технічних знань, викладачі машинобудівної галузі повинні мати високий рівень педагогічних компетенцій. Це включає вміння організовувати заняття, створювати мотивацію до навчання, працювати з різними типами студентів, застосовувати інтерактивні методи навчання. Педагогічні компетенції включають також здатність до науково-дослідної діяльності, участь у проектній роботі, а також до розвитку критичного мислення студентів.

Професійна підготовка викладачів машинобудівної галузі вимагає комплексного підходу, який поєднує глибокі технічні знання, практичний досвід, педагогічні компетенції та здатність інтегрувати новітні технології в навчальний процес. Це дозволить підготувати висококваліфікованих фахівців, здатних працювати в умовах швидких змін, і відповідати вимогам сучасного ринку праці в машинобудівній галузі.

Машинобудування є однією з основних галузей промисловості, що визначає рівень розвитку будь-якої країни, в тому числі й України. Сучасні технології, що використовуються у виробництві, включають високотехнологічне обладнання, яке відповідає вимогам швидкого впровадження новітніх досягнень на ринку, особливо в таких сферах, як аерокосмічна, автомобільна та енергетична промисловість. Одна з важливих тенденцій сьогодення - це розвиток мобільних металорізальних установок, що забезпечують високу продуктивність, гнучкість і можливість роботи у різних умовах. Для того, щоб забезпечити необхідну ефективність роботи в цих галузях, вкрай важливо, щоб фахівці, які працюють у машинобудуванні, мали високий рівень професійної підготовки, а також були здатні орієнтуватися у новітніх технологіях і методах роботи. Сучасні вимоги до рівня підготовки фахівців машинобудівної промисловості постійно змінюються під впливом технологічних інновацій. Поява та активне впровадження нових видів металорізального обладнання, зокрема портативного металорізального обладнання, потребує від працівників здатності не лише правильно використовувати ці інструменти, а й мати навички комбінування їх для досягнення оптимальних результатів. Це означає, що навчання повинно бути комплексним і зосереджуватись не лише на основах теорії, а й на практичних аспектах роботи з таким обладнанням.

Тому, в роботі для підготовки фахівців машинобудівної галузі розробимо практичне заняття використанню портативного мобільного металорізального обладнання, яке набуває все більшого поширення в різних галузях машинобудування та промисловості загалом. Мобільне портативне металорізальне обладнання є важливим інструментом у сучасному машинобудуванні та інших галузях промисловості. Воно дозволяє здійснювати металорізальні операції без необхідності транспортування матеріалів або готових виробів до стаціонарного обладнання, що значно підвищує гнучкість і ефективність виробничих процесів.

Отже, на даний час навчання фахівців машинобудівної галузі потребують комплексного підходу, який включає адаптацію навчальних програм, застосування новітніх технологій, впровадження практичного навчання, розширення формату навчання та тісну співпрацю з виробничими підприємствами. Це дозволить підготувати кваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати з новітнім обладнанням та забезпечити успішний розвиток машинобудівної галузі.

Нижче наведемо дослідницький апарат педагогічної частини роботи:

**Мета педагогічної частини роботи** - розробка методичних вказівок для проведення практичної роботи для фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань портативного мобільного металорізального обладнання.

**Завдання педагогічної частини дослідження:**

1. Аналіз підготовки педагогічних фахівців машинобудівної галузі.
2. Розробка методичних вказівок для проведення практичної роботи з теми “Аналіз та систематизація компанувань мобільного металорізального обладнання”

**Об'єкт педагогічної частини дослідження:** процес підготовки педагогічних фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань портативного мобільного металорізального обладнання.

**Предмет педагогічної частини дослідження:** практичне заняття для фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань портативного мобільного металорізального обладнання.

**Методи, використанні в ході написання педагогічної частини роботи:**

1. Теоретичні - аналіз наукових та педагогічних праць з розвитку професійних якостей педагогічного персоналу, зокрема фахівців машинобудівної галузі.
2. Метод вивчення досвіду, зокрема метод спостереження.

**Новизна педагогічної частини одержаних результатів:** розроблено практичне заняття для підготовки фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань портативного мобільного металорізального обладнання.

## РОЗДІЛ 2

# ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ З ПРОБЛЕМИ КОМПОНУВАНЬ ПОРТАТИВНОГО МОБІЛЬНОГО МЕТАЛОРІЖУЧОГО ОБЛАДНАННЯ АГРЕГАТНОГО МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

### 2.1 Агрегатно-модульний принцип

На даний момент агрегатно-модульний принцип - дуже популярний метод в дизайні автомобіля, дизельного двигуна, побутової техніки, інформаційних пристроїв, промислового устаткування і т. д. Ця тенденція може розглядатися як один із значних вкладів модульної конструкції верстатів в роботу в інших галузях. Використання агрегатно-модульного принципу в сфері виробництва варіюється від інструменту до виробничої системи.

Агрегатно-модульний принцип побудови портативного обладнання передбачає поділ конструкції на уніфіковані вузли (модулі), зібрані разом в єдину конструкцію. Нова машина створюється з вже спроектованих і освоєних виробництвом складальних одиниць і агрегатів, а не створювати її як оригінальну, єдину в своєму роді. Це дозволяє досягти необхідної гнучкості і значно скоротити терміни і вартість проектування даного обладнання.

На рис. 2.1 показана типова модульна система оснащення, запропонована Sandvik Co. в середині 80-х років. Система оснащення була продана під торговою назвою Block Tool System, і вона відрізнялася більш широкою гнучкістю інструменту, яка може бути реалізована шляхом заміни модуля ріжучої кромки відповідно до вимог до механічної обробки. Система оснащення складається з державки, адаптера і модулів ріжучої кромки [1]. Ця інструментальна система використовувалася на токарному верстаті з ЧПУ (з комп'ютерним цифровим керуванням) фірми «George Fischer» (тип NDM-16)[1].

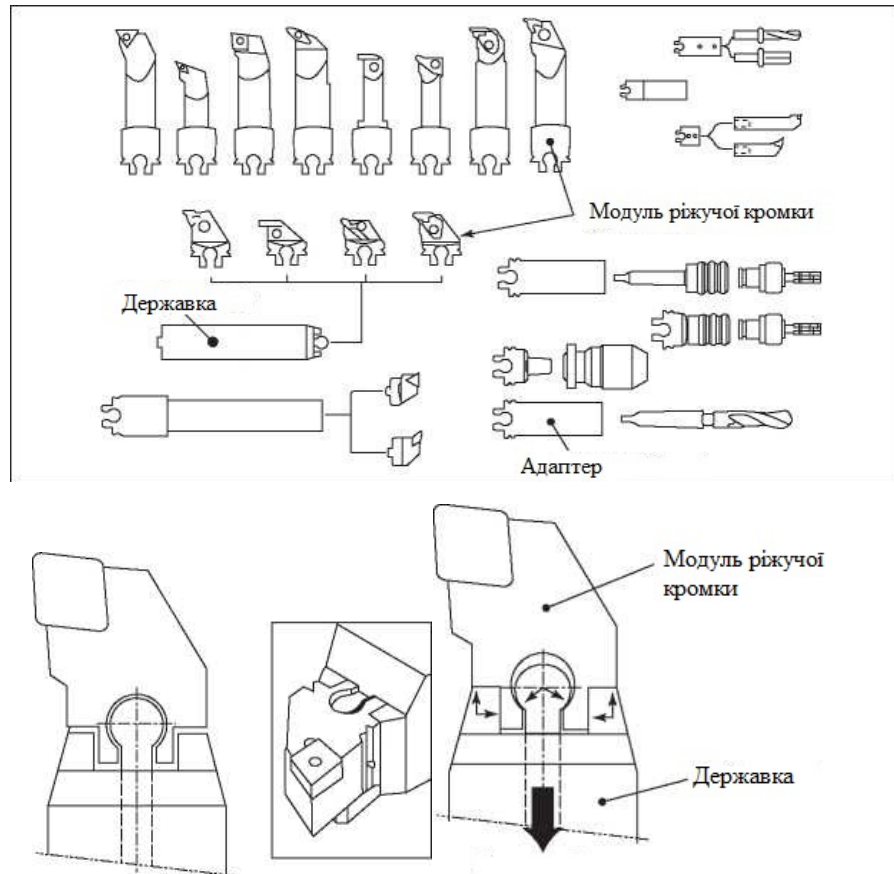


Рисунок 2.1 – Система оснащення Sandvik Co

На рис. 2.2 показана ще одна модульна система оснащення, створена Nikken Co., що показує ефективність модульної концепції[1].

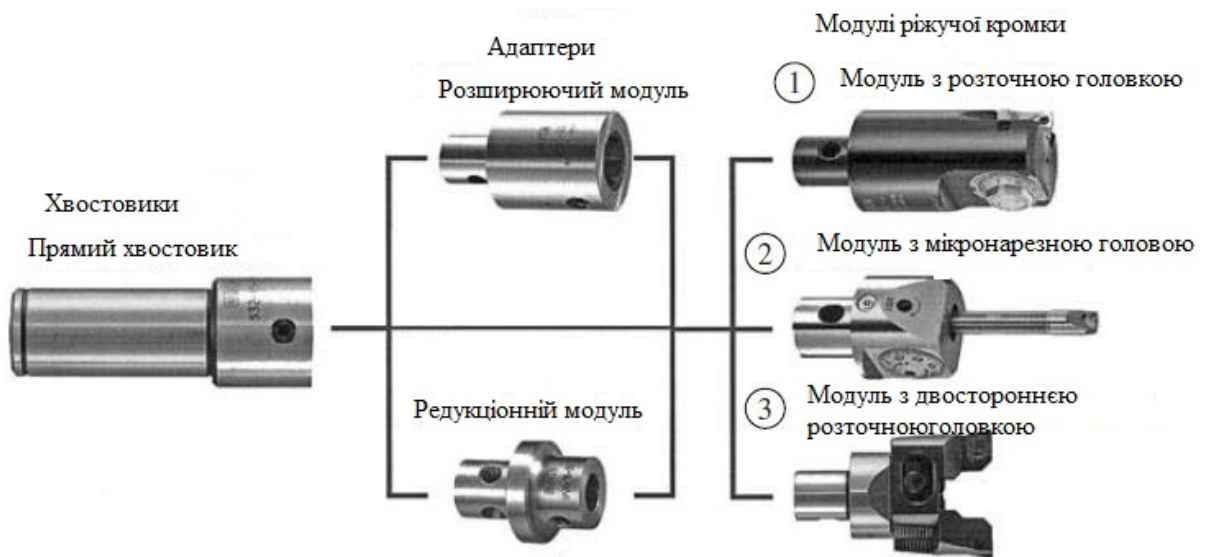


Рисунок 2.2 – Модульна розточна система

На рис. 2.3 показаний вдосконалений варіант обробного центру Ikegai make (тип MX3) початку 1980-х років. Як можна бачити, модульна конструкція переважно використовується для отримання 10 різних варіантів компоновки обробного центру, починаючи від гнучкої виробничої центру, до машини обробки з п'ятьма поверхнями. В цьому випадку провідними модулями є підставка, поворотний стіл, магазин інструментів, головний двигун і т. д. Ця машина, мабуть, є типовим попередником сучасних п'ятисторонніх обробних центрів [1].

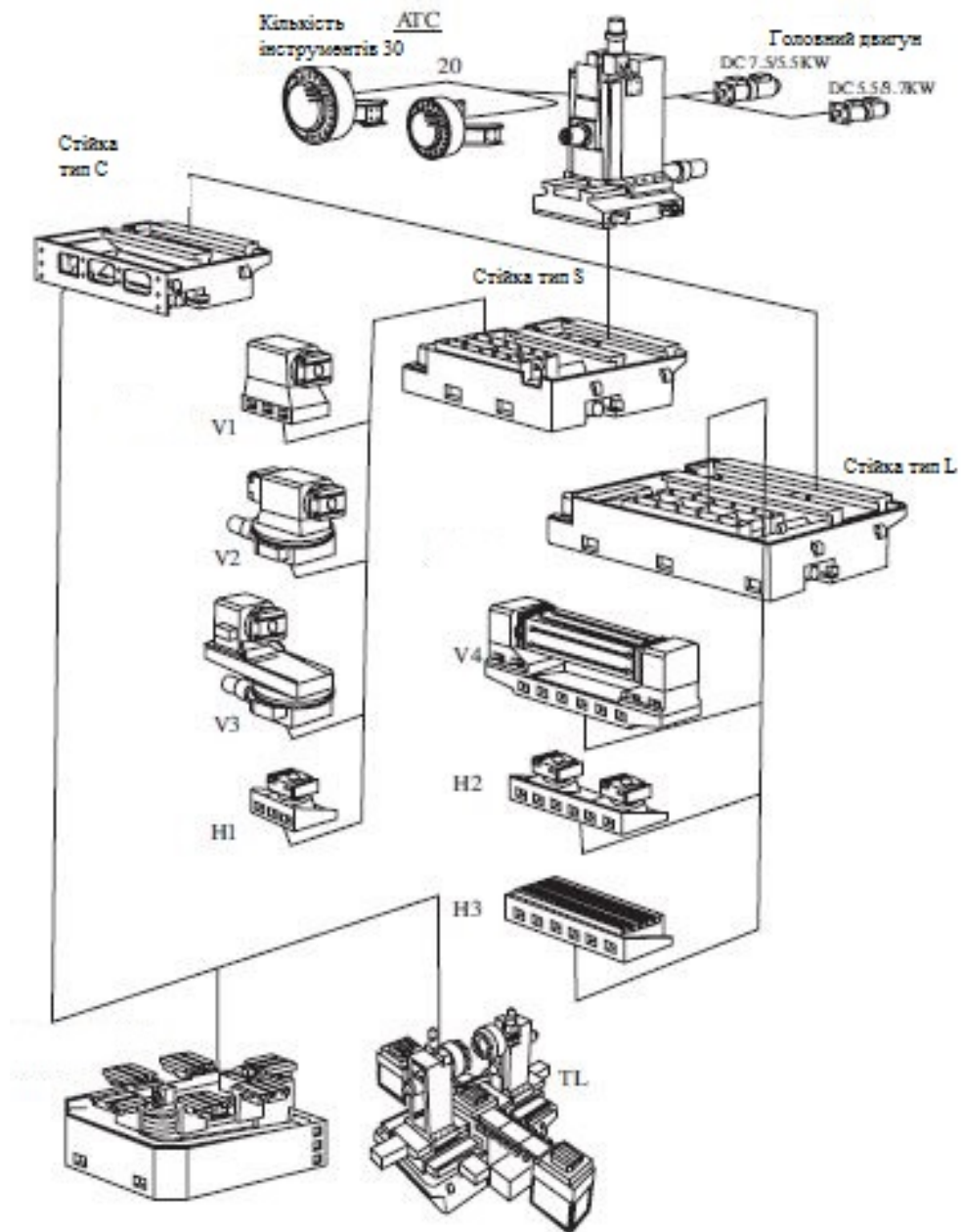


Рисунок 2.3 –Вдосконалений варіант обробного центру Ikegai make

Ще одним видатним прикладом застосування модульної конструкції може послужити приклад токарної машини (марка Index-Werke, комерційна назва Verticalline). Як показано на рис. 2.4, основними модулями машини є структурні елементи каркасу, шпindel, інструментальної головки з обертовими інструментами або стаціонарними інструментами, фіксованою на стійці для інструментів. Крім того, на стійку може бути встановлений різальний інструмент з електродвигуном, що призводить до більшої гнучкості при механічній обробці при зміні комбінації з інструментальною головкою. Крім того, машина може бути доукомплектована деякими функціями лазерного зварювання, зміцнення, шліфування і збірки. Машина може бути, таким чином, названа процесинговим комплексом [1].

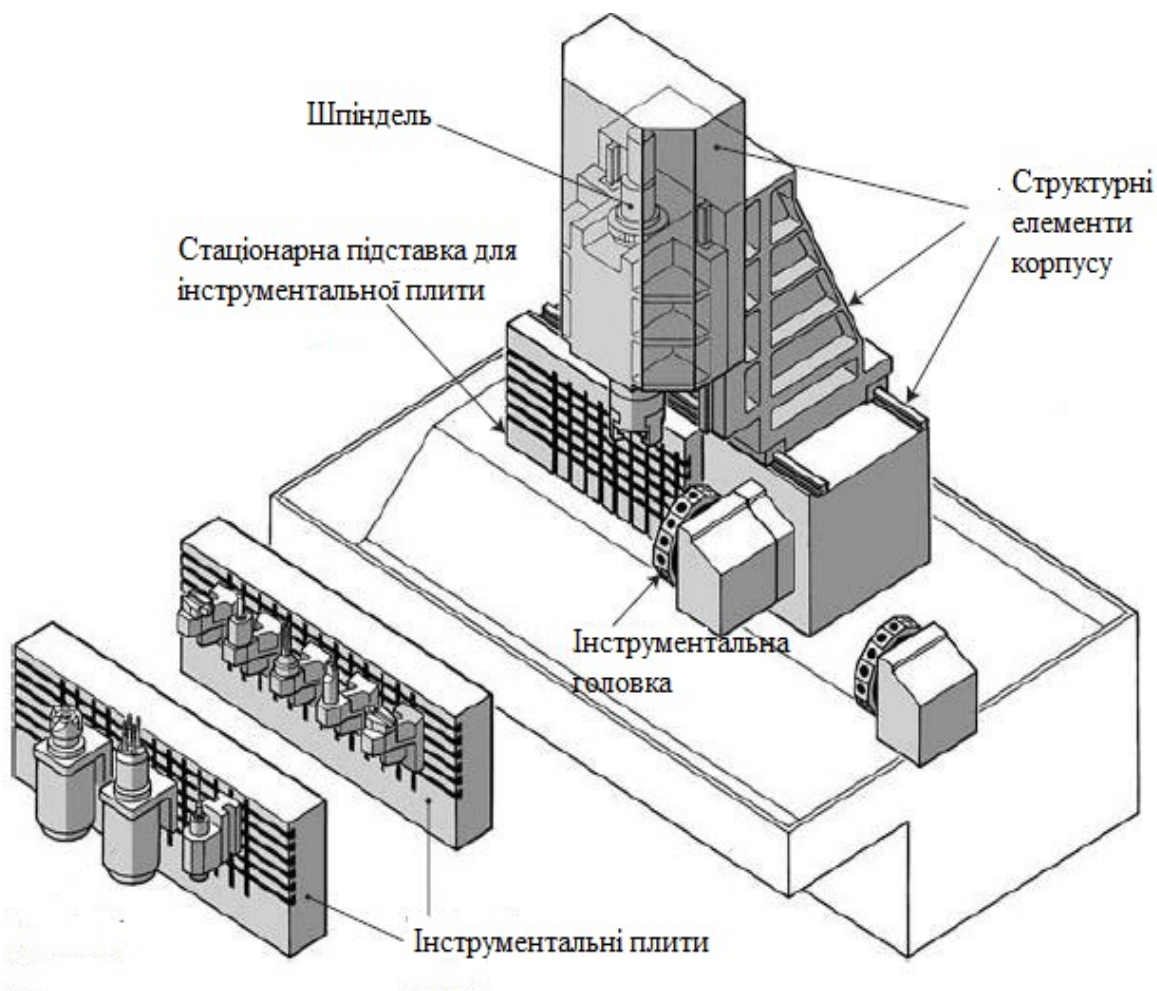


Рисунок 2.4—Застосування модульної конструкції для токарного верстата

Також хочеться привести типовий приклад застосування агрегатно-модульного принципу, а саме стосовно до агрегатних верстатів. На рис. 2.5 показані три варіанти агрегатних верстатів, скомпонованих з тринадцяти різних вузлів.

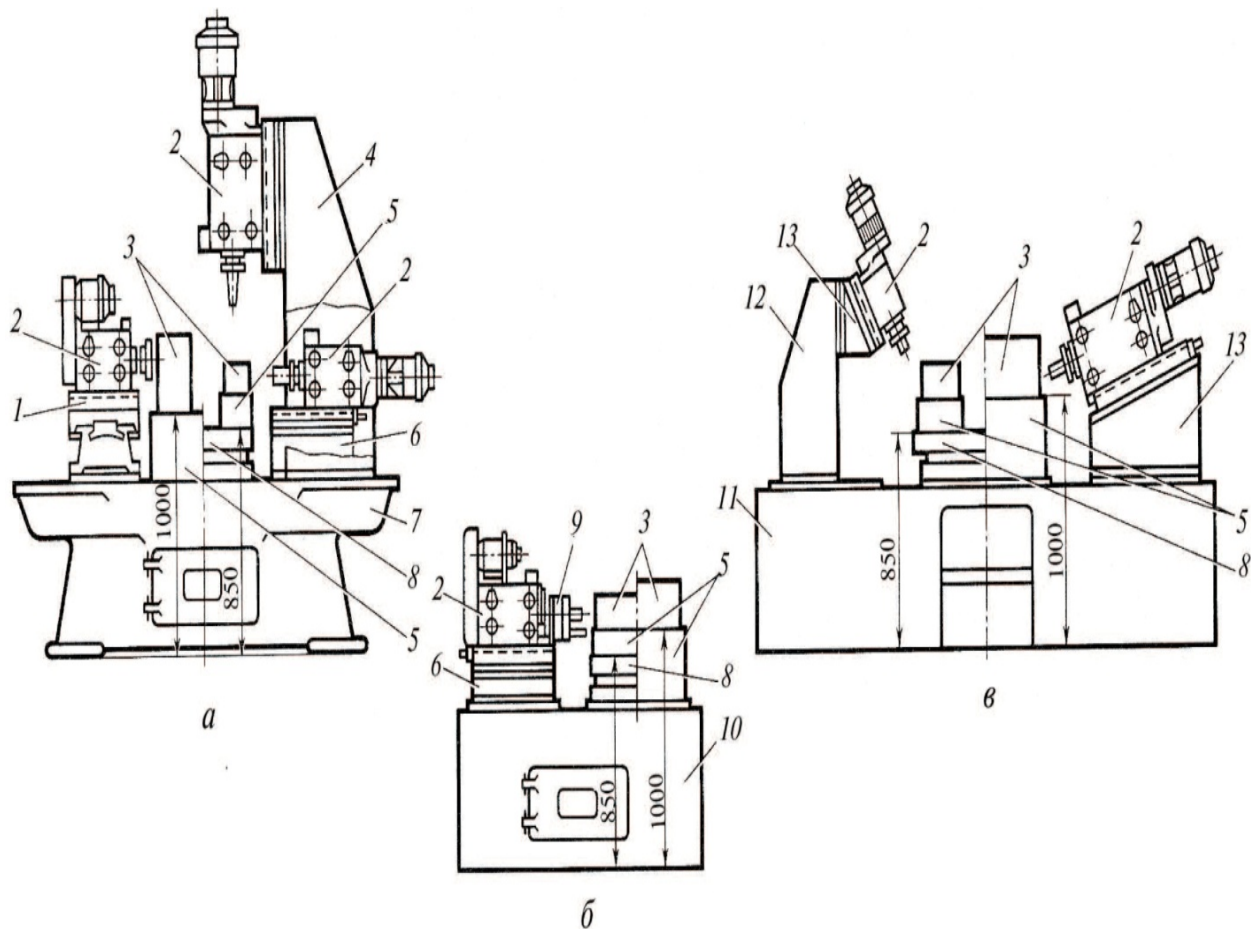


Рисунок 2.5 – Агрегатні верстати:

- а - з трьома головками; б - з одною головою; в - з двома головками;  
 1 - силовий стіл; 2 - силова головка; 3 - Оброблювана деталь;  
 4 - вертикальна станина арочного типу; 5 - пристосування; 6 - пряма проставочна плита; 7 - кругла станина; 8 - поворотний ділильний стіл;  
 9 - багатошпindelьні насадка; 10 - одностороння станина;  
 11 - двостороння станина; 12 - стійка; 13 - кутова проставочна плита.

Ці приклади можуть допомогти уявити, що таке агрегатно-модульний принцип, однак для кращого розуміння слід детальніше її розглянути.

Можна описати всю концепцію агрегатно-модульної конструкції, як показано на рис. 2.6. Важливо відзначити, що Бранкамп і Херрманн і Кенігсбергера запропонували цю концепцію приблизно в 1969 році і 1974 відповідно.

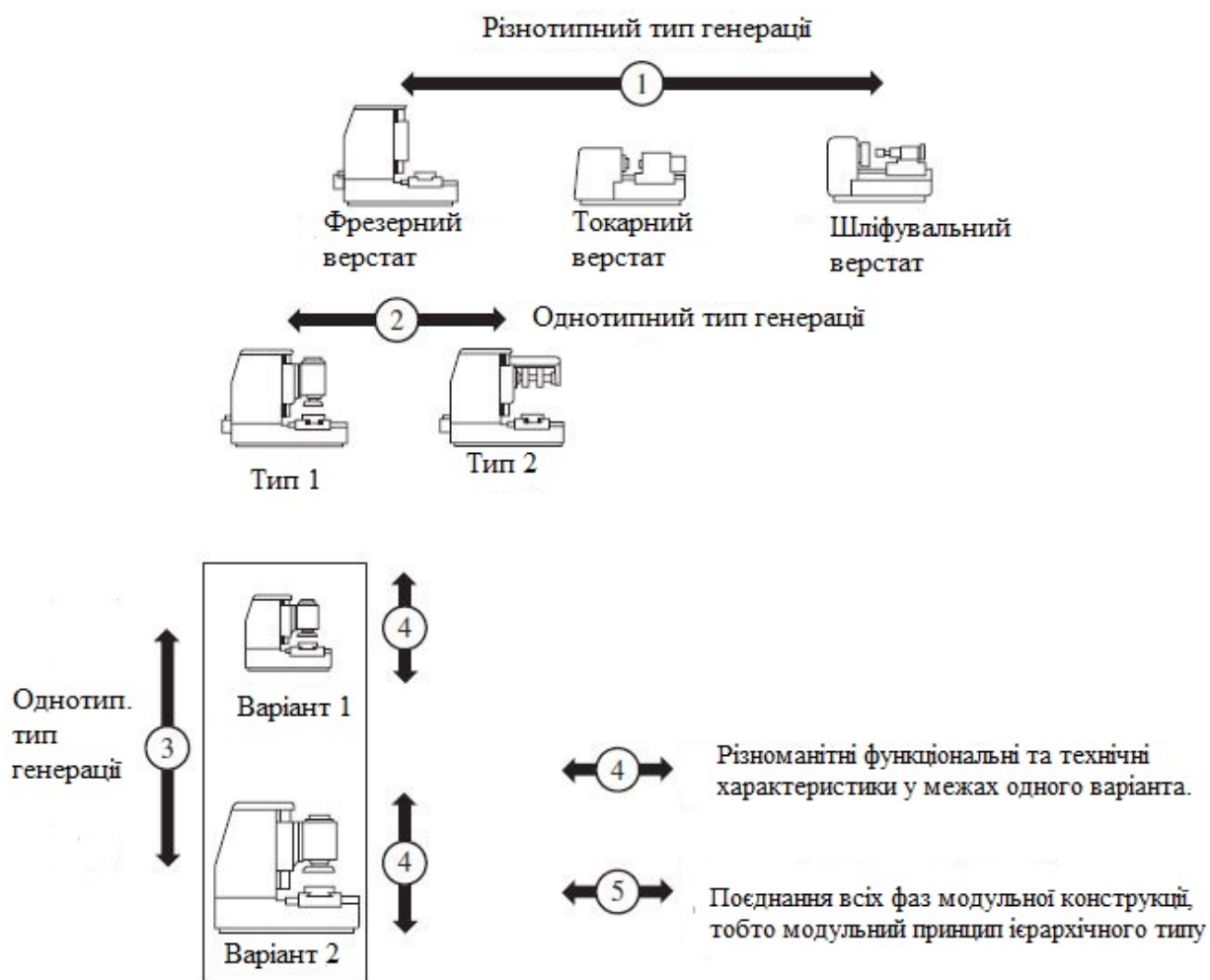


Рисунок 2.6. – Вся концепція модульного принципу, запропонована Бранкампом і Херрманном

Щоб поглибити знання о агрегатно-модульному принципі, на рис.2.7 відтворюється пропозиція Кенігсбергера, в якому верстати різного типу можуть, в принципі, бути виготовлені з групи модулів, де модуль має форму устрою. Наприклад, група одиниць може полегшити виготовлення свердлильних, фрезерних і токарних верстатів [1].

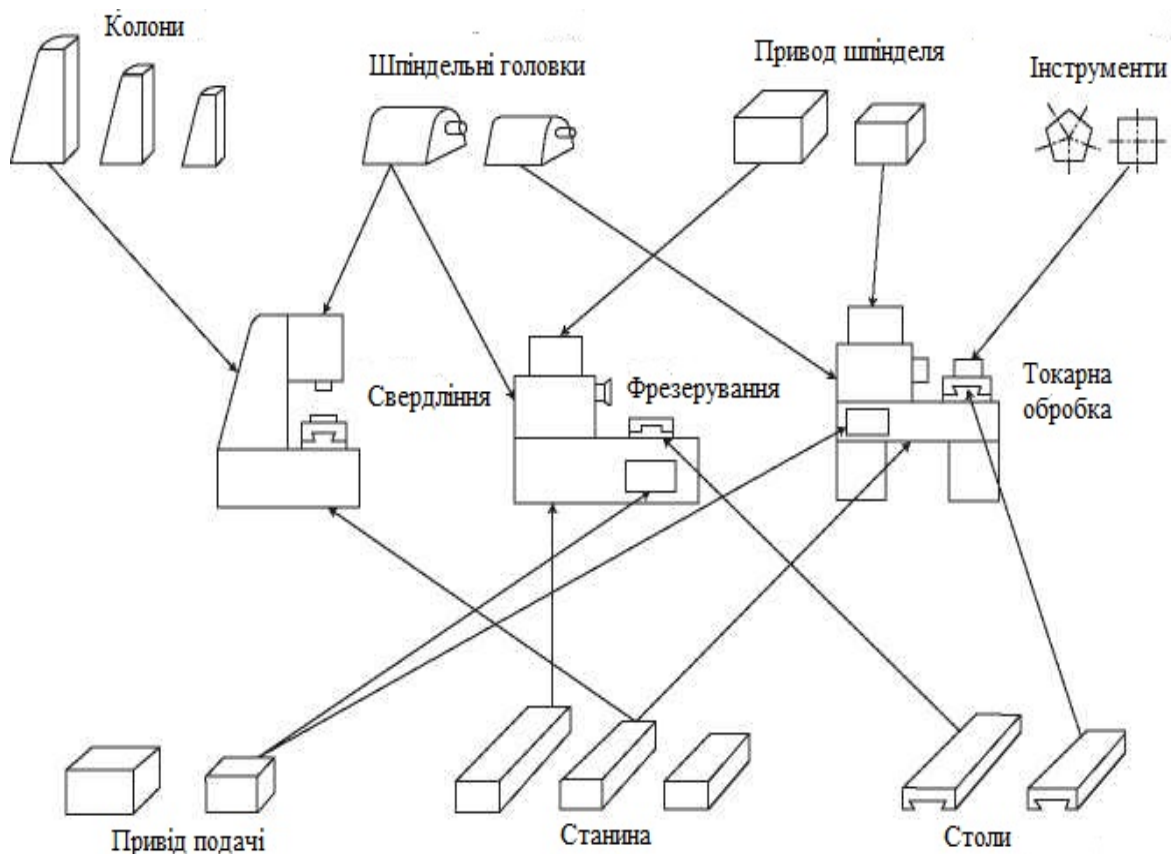


Рисунок 2.7 – Концепція модульної конструкції різного роду

У цій пропозиції були сформульовані наступні принципи проектування.

1. Модулі повинні бути взаємозамінними без використання вимірювального обладнання.
2. Модуль повинен бути автономним з власним силовим приводом, зворотним зв'язком і системами змащення або аксесуарами для простоти розширення таких систем.
3. Кожен блок повинен мати свій власний сервопідсилювач з електронним інтерфейсом з цифровим входом.
4. Модулі повинні використовуватися в будь-якої орієнтації.
5. Модулі повинні бути взаємозамінними протягом півгодини.
6. В першу чергу повинні бути виконані операції обробки, свердління, свердління і фрезерування.

## 2.2 Теорія компонок

Так як передбачувана варіація компонок мобільних верстатів досить широка, виникає необхідність якось їх класифікувати. Так виникає потреба в застосуванні теорії компонок до мобільних верстатів.

Безпосередньо від якості компокування надалі залежить якість виготовлених виробів. Між вибором і побудовою компокування на стадії ескізного проектування і випробуванням готового верстата або системи механічної обробки лежить довгий шлях, проектування, виготовлення та складання. Однак передумови якості закладають на першому етапі - при побудові компокування. Під якістю компокування слід розуміти властиві їй потенційні можливості створення технологічного обладнання більш високої якості, ніж обладнання з іншими компокуваннями. Якість компокування визначають шляхом розрахункового зіставлення компонок на основі порівняльних методів, для яких характерні відносні оцінки і можливість порівняння з різними особливостям. Потреба кількісної оцінки якості компонок верстатів і технологічних систем на ранніх етапах проектування вимагає розробки і використання методів чисельного аналізу комповань.

Обробка на металорізальних верстатах заснована на відносному переміщенні оброблюваної заготовки і ріжучого інструменту. Траєкторія цього переміщення залежить від форми оброблюваної поверхні і форми ріжучої кромки інструменту, а швидкість визначається раціональним режимом різання. При формоутворенні поверхонь розрізняють метод копіювання, при якому профіль ріжучого інструменту збігається з профілем перетину оброблюваної деталі, і метод обкатки, при якому ці профілі не збігаються, а необхідна форма деталі виходить за рахунок більш складного відносного руху заготовки та інструменту.

Для спрощення конструкції верстата складні відносні руху заготовки та інструменту складають з простих елементарних рухів, поступальних і обертальних, траєкторії яких забезпечуються прямолінійними і круговими

напрямними верстата. Теоретично відносний рух з будь-якою траєкторією може бути складено не більше ніж з шести елементарних рухів: трьох поступальних уздовж ортогональних осей координат і трьох обертальних щодо тих же осей. Практично ж в металорізальних верстатах число елементарних рухів формоутворення рідко буває, більше трьох.

Для зручності поєднання формотворчих рухів приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Класифікаційні групи схем сполучень формотворчих рухів

	-	1 обертальне	2 обертальних	3 обертальних
-	-	Протягування кругових сегментів	Фрезерування тіл обертання	Нарізування конічних зубчастих коліс з дуговими зубами
1 прямолінійне	Протягування	Точіння, свердління, фрезерування	Зубофрезерування черв'ячними фрезами	Зубошевінговання коліс з бочкоподібним зубом
2 прямолінійних	Розрізання стрічковими пилами	Затилювання черв'ячних фрез	Зубофрезерування некруглих зубчастих коліс	-

Схеми поєднань елементарних рухів при різанні класифікують за такими групами:

- 1) один прямолінійний рух, наприклад при операціях протягування;
- 2) два прямолінійних рухи, наприклад розрізання стрічковими пилами;
- 3) один обертальний рух - протягування кругових сегментів;
- 4) один обертальний і один прямолінійний рух - точіння різцями, свердління, фрезерування (найбільш поширене поєднання);
- 5) два обертальних рухи - фрезерування тіл обертання;

6) два прямолінійних і одне обертальний рух - затилування черв'ячних фрез;

7) два обертальних і одне прямолінійний рух – зубофрезерування черв'ячними фрезами;

8) три обертальні рухи - нарізування конічних зубчастих коліс з дуговими зубами різьбовими головками.

Значним внеском у розвиток теорії компоновок верстатів є робота Х.Гёбеля [2]. Він зробив першу спробу систематизувати різноманіття компоновок агрегатних верстатів і автоматичних ліній з критичним розглядом їх технічних і економічних показників. У цій роботі був запропонований варіант скороченого позначення компоновок верстатів. В якості класифікаційних ознак для позначення компоновок агрегатних верстатів Х.Гёбель запропонував використовувати:

Напрямок подачі виходить з напрямку власне подачі і установочного переміщення, причому все вказується від напрямку осі інструменту.

Запропонована наступна класифікація напрямку подачі:

- напрямок подачі паралельний осі інструменту ( $AR \parallel Wg$ );

Подача відбувається перпендикулярно поверхні заготовки і визначена однозначно. Такі, наприклад, операції свердління, різьбонарізання, розточування, зенкування і т.д. (рис. 2.8, а).

- напрямок подачі перпендикулярно осі інструменту ( $AR \perp Wg$ );

Подача відбувається паралельно поверхні заготовки і не однозначна (два ступені свободи). Прикладами таких операцій є торцеве фрезерування, торцеве шліфування. (рис. 2.8, б).

- напрямок подачі радіально і перпендикулярно осі інструменту ( $AR \perp Wg$ ) (рис. 2.8, в);

Подача паралельна поверхні заготовки і визначена однозначно. Приклади операцій - підрізування торців, виточування канавок і т.д.[2].

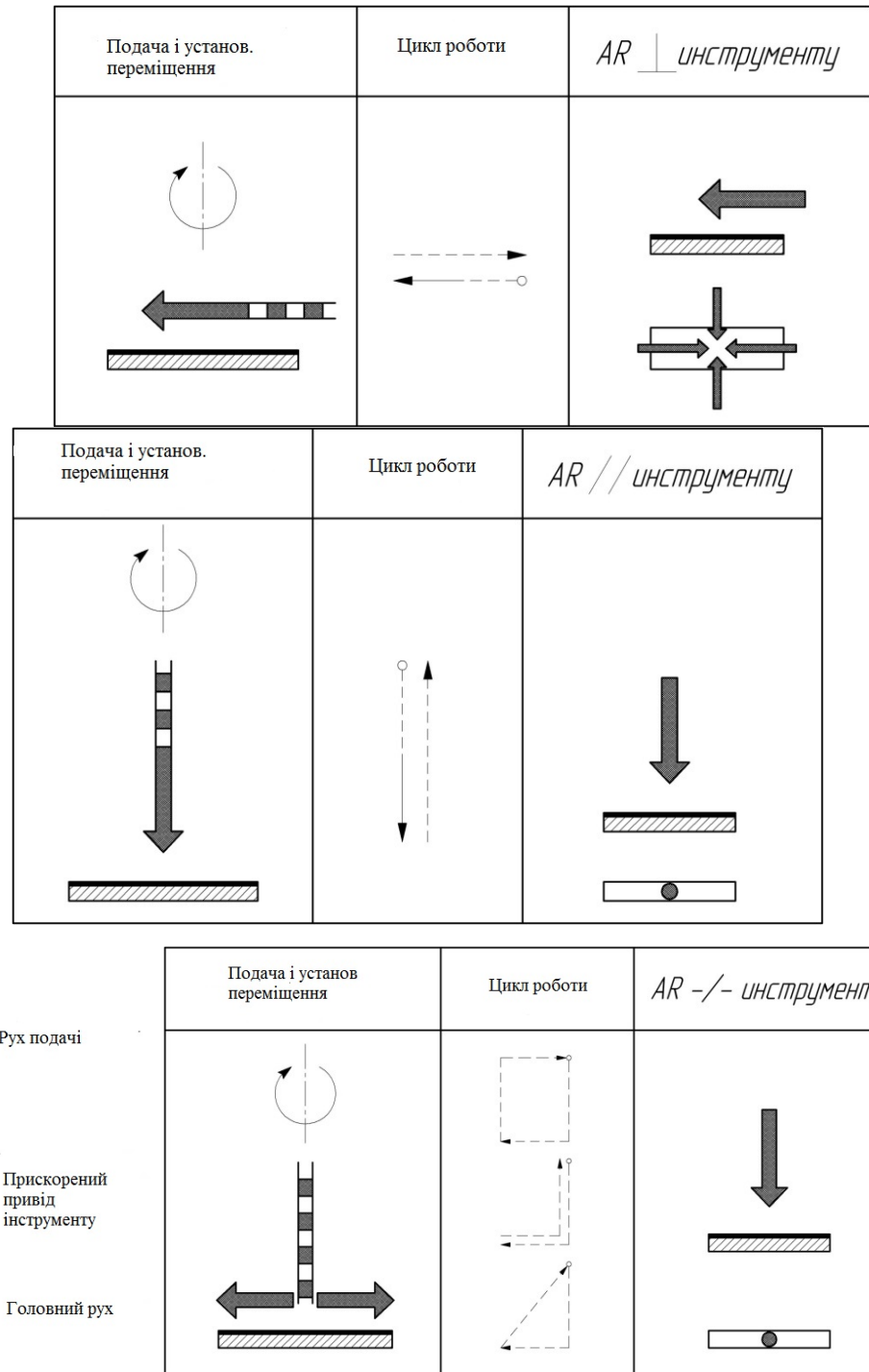


Рисунок 2.8 – Напрямки подачі

- крокові переміщення;

Переміщення заготовки здійснюється з підвищеною швидкістю з попередньої позиції на наступну. Під час обробки переміщення заготовки немає. Час крокового переміщення - допоміжний час [2].

- безперервне переміщення;

Переміщення заготовки безперервно тоді, коли воно поєднане з подачею, а іноді, з установочним переміщенням. При цьому час переміщення поєднується з машинним часом.

Переміщення заготовок може завжди йти в одну сторону або бути зворотно-поступальним (рис. 2.9).

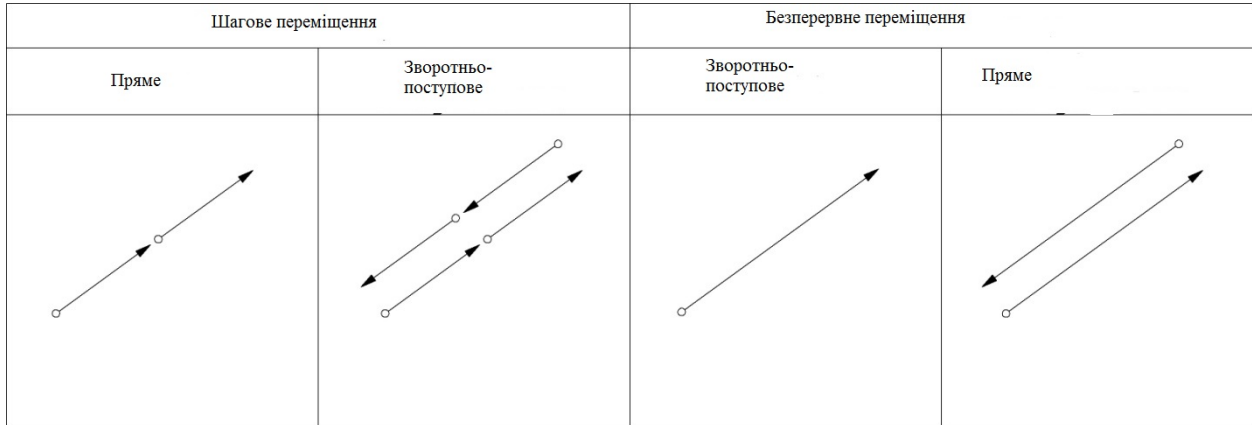


Рисунок 2.9 – Транспортувальне переміщення заготовок в часі

- кругова **K**;

При круговій траєкторії заготовка (рис. 2.10) завжди повертається на позицію завантаження. Позиція завантаження поєднується з позицією розвантаження.

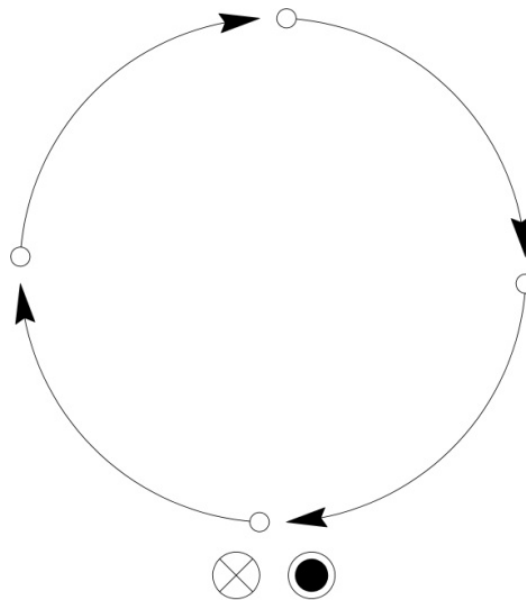


Рисунок 2.10 – Круговий рух заготовки

- прямолінійна **G**

При прямолінійною траєкторії (рис. 2.11) завантажувальна і розвантажувальна позиції розділені



Рисунок 2.11 – Прямолінійне переміщення заготовки

Але можуть використовуються два окремих, завантажувальні і розвантажувальні позиції (рис. 2.12).

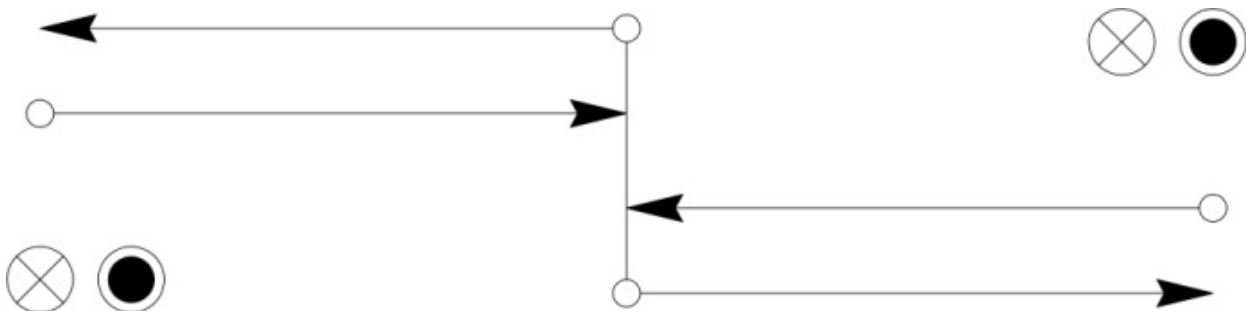
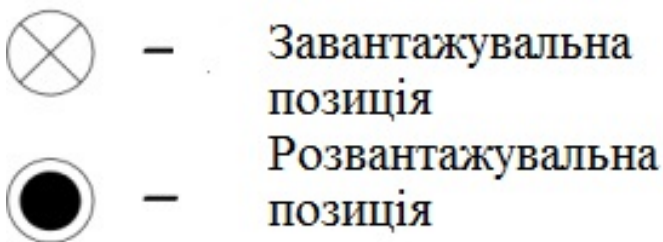


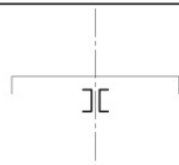
Рисунок 2.12 – Прямолінійний переміщення заготовки з завантажувального і розвантажувального позицією

де

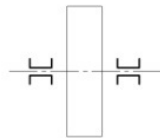


Зіставлення найбільш важливих комбінацій переміщення заготовок, включаючи і випадок відсутності переміщень, на думку Х.Гёбеля наведені в (рис. 2.13).

Вид переміщення		горизонтальне	вертикальне
Без переміщення			
Кругове переміщення $r=0$			
Кругове переміщення $r=a$			
Кругове переміщення $r=\infty$			



Поворотний стіл (вертикальна  
ось повороту)



Поворотний барабан (горизонтальна  
ось повороту)



Автоматична лінія  
горизонтальна



Автоматична лінія  
вертикальна

Рисунок 2.13 - Найбільш важливі комбінації переміщень заготовок

На основі можливих комбінацій класифікаційних ознак була складена таблиця базових і спеціальних компоновок (табл.2.2)[2].

Таблиця 2.2

Базові та спеціальні компоновки з переміщенням заготовки і без неї.

	$H$ ( $R_h$ )	$V$ ( $R_v$ )	$HH$ ( $R_h, R_h$ )	$HV$ ( $R_h, V, HR_v$ )	$VV$ ( $R_v, R_v$ )	$HHV$ ( $R_h, R_h, V, HHR_v$ )	$HHV$ ( $R_h, V, V, HR_v, R_v$ )	$HHVV$ ( $R_h, R_h, VV, HHR_v, R_v$ )
$O$	 Nr: 1	 Nr: 3	 Nr: 6	 Nr: 8	 Nr: 12	 Nr: 12	 Nr: 13	 Nr: 13
$G_h$	 Nr: 17, 18	 Nr: 19, 20, 21, 22	 Nr: 23, 24	 Nr: 23, 24	 Nr: 23, 24	 Nr: 27, 28	 Nr: 27, 28	 Nr: 27, 28
$G_v$	 Nr: 25, 26	 Nr: 25, 26	 Nr: 25, 26	 Nr: 25, 26	 Nr: 25, 26	 Nr: 25, 26	 Nr: 25, 26	 Nr: 25, 26
$K_h$	 Nr: 29	 Nr: 31, 33, 34	 Nr: 31, 33, 34	 Nr: 31, 33, 34	 Nr: 31, 33, 34	 Nr: 31, 33, 34	 Nr: 31, 33, 34	 Nr: 31, 33, 34
$K_h$	 Nr: 35		 Nr: 42	 Nr: 43, 44, 45		 Nr: 43, 44, 45	 Nr: 43, 44, 45	 Nr: 43, 44, 45
$K_v$	 Nr: 40, 41	 Nr: 40, 41	 Nr: 40, 41	 Nr: 40, 41	 Nr: 40, 41	 Nr: 40, 41	 Nr: 40, 41	 Nr: 40, 41
$K_v$		 Nr: 47, 48	 Nr: 47, 48	 Nr: 47, 48	 Nr: 47, 48	 Nr: 47, 48	 Nr: 47, 48	

Прикладом для аналізу теорії компоновань може послужитис ГОСТ ІСО 10791-2-20 [3]. У ньому наведено компоновання обробних центрів рис.2.14.

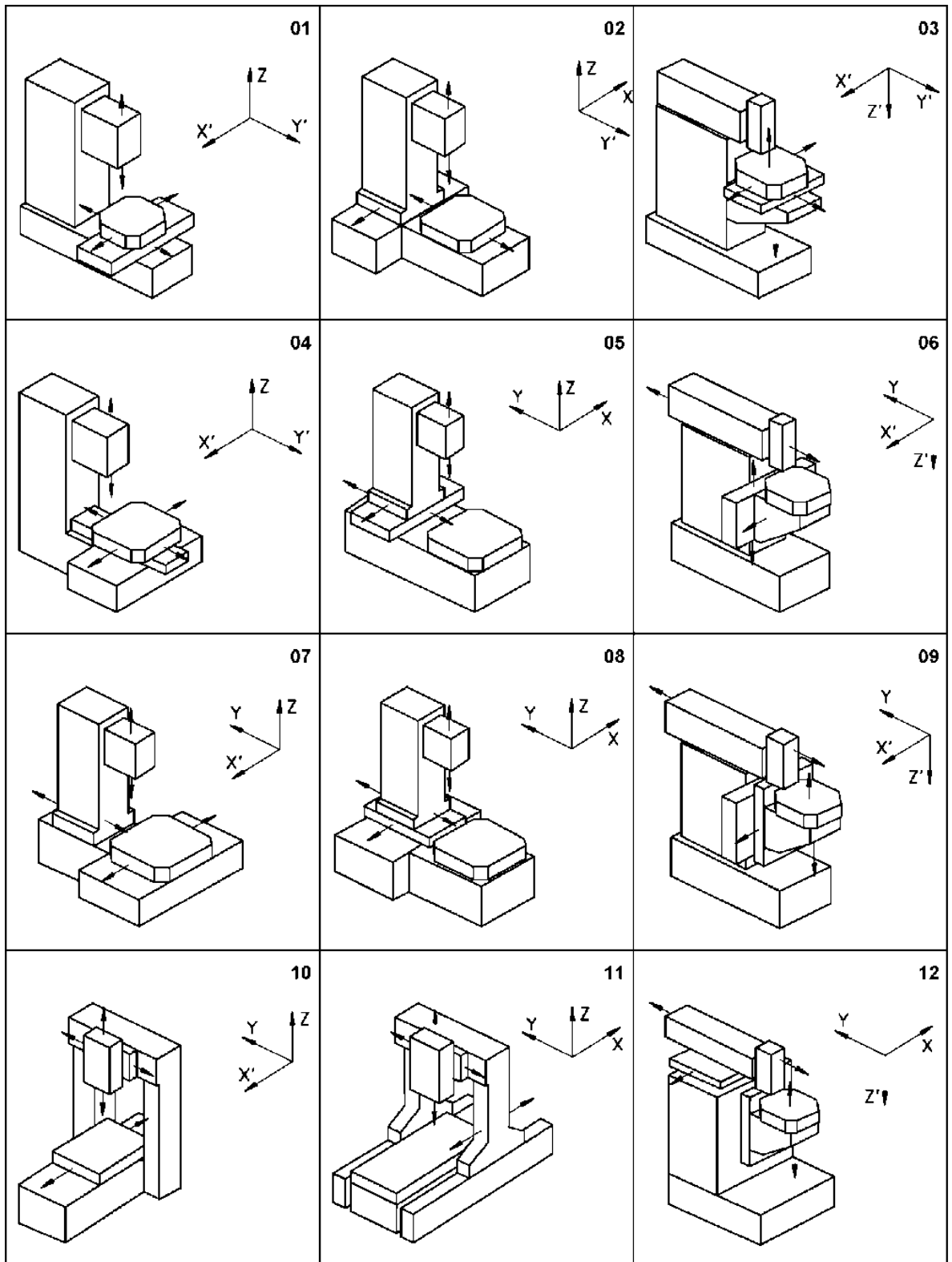


Рисунок 2.14 –Застосування модульної конструкції до токарного верстата

У табл. 2.3 приведена представлена класифікація компонувань по ГОСТ ІСО 10791-2-20 [3].

Таблиця 2.3

Класифікація компонувань обробних центрів із вертикальним шпинделем із зазначенням вузлів, що переміщуються по осях координат.

Номер компонування	X	X'	У	У'	Z	Z'
01		Стіл		Стіл	Шпиндельна бабка	
02	Колонна			Стіл	Шпиндельна бабка	
03		Стіл		Стіл		Консоль зі столом
04		Стіл		стіл	Шпиндельна бабка	
05	Колонна		Колонна		Шпиндельна бабка	
06		Консоль зі столом	Шпиндельна бабка			Консоль зі столом
07		Стіл	Колонна		Шпиндельна бабка	
08	Колонна		Колонна		Шпиндельна бабка	
09		Консоль зі столом	Шпиндельна бабка			Консоль зі столом
10		Стіл	Шпиндельна бабка		Шпиндельна бабка	
11	Портал		Шпиндельна бабка		Шпиндельна бабка	
12	Шпиндельна бабка		Шпиндельна бабка			Консоль зі столом

Величезний внесок у розвиток теорії компоновань металорізальних верстатів зробив Ю.Д.Врагов з його роботою [4]. Для короткого запису компоновок він запропонував використання структурних формул, які розкривають їх структуру і дозволяють судити про розташування вузлів в просторі. Компоновання верстата згідно Ю.Д.Врагову представляється як структура блоків з можливістю їх різного способу сполучення, і завдяки цьому дозволяє записати її у вигляді структурної формули.

Структурна формула компоновання - це певна послідовність символів, що позначають блоки компоновання, яка розкриває координатну приналежність і спосіб сполучення блоків. У структурних формулах використовують систему позначень координат, що відповідає рекомендаціям ІСО, і деякі математичні позначення теорії множин і алгебри логіки.

Особливістю системи ІСО є те, що вісь координат  $Z$  приймають завжди паралельної осі головного шпинделя верстата незалежно від того, як розташований цей шпиндель - вертикально або горизонтально. За позитивний напрямок осі  $Z$  приймають напрямок від заготовки до інструменту.

Ось  $X$  - завжди горизонтальна. Якщо вісь  $Z$  вертикальна, то позитивний напрямок осі  $X$  буде вправо, якщо дивитися від лицьової сторони верстата в сторону тильною. Якщо вісь  $Z$  горизонтальна, то позитивний напрямок осі  $X$  буде вправо, якщо дивитися в напрямку від шпинделя до заготівлі.

Положення осі  $Y$  визначається по розташуванню двох інших осей. Позитивний напрямок осі  $Y$  визначається за правилом гвинта з правою різьбою, розташованого вздовж осі  $Z$ : поворот гвинта в напрямку від осі  $+X$  до осі  $+Y$  повинен відповідати його просуванню в напрямку  $+Z$  (права система координат) [4].

Початок координат можна приймати довільно. Поступальні рухи інструменту уздовж осей координат позначають так само, як і відповідні осі. Додаткові рухи, паралельні осям  $X$ ,  $Y$  і  $Z$ , позначають відповідно  $i$ ,  $v$  і  $w$  (вторинні) або  $p$ ,  $q$  і  $r$  (третьої черги).

Обертальні рухи навколо осей  $X$ ,  $Y$  і  $Z$  позначають відповідно літерами  $a$ ,  $b$  і  $c$ , а додаткові обертальні рухи - due. Позитивні напрямки обертальних рухів інструменту  $+a$ ,  $+b$  і  $+c$  відповідають напрямку обертання правого гвинта при його просуванні відповідно уздовж осей  $+X$ ,  $+Y$ ,  $+Z$ .

Переміщення інструменту і заготовки в системі позначають по-різному: руху заготовки позначають штрихом зверху ( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ,  $a'$ ,  $b'$ ,  $z'$  і т. Д.), А позитивні напрямки переміщень заготовки відповідають негативним напрямками переміщень інструменту (ліва система координат).

При наявності у верстаті декількох шпинделів один з них приймають в якості головного. При поворотах осі шпинделя за основне положення, відповідне осі  $Z$ , приймають напрямком, перпендикулярний площині установки заготовки. При дублюванні координатних переміщень в якості первинних рухів  $x$ ,  $y$  і  $z$  приймають руху вузлів, розташованих ближче до шпинделя. Відповідно до цього обертання головного шпинделя завжди позначають буквою  $C$ . Можливе позначення інструментального шпинделя  $S$ .

Якщо в компонуванні одночасно є шпинделі деталі і інструменту, перший вважають головним і його обертання позначають  $C$ , а обертання другого -  $A$  (вісь  $X$ ),  $B$  (вісь  $Y$ ) або  $D$  (вісь  $Z$ ).

Система координат з позначеннями рухів показана на рис. 2.15, а позначення координатних рухів для горизонтального і вертикального верстатів - на рис. 2.16 [4].

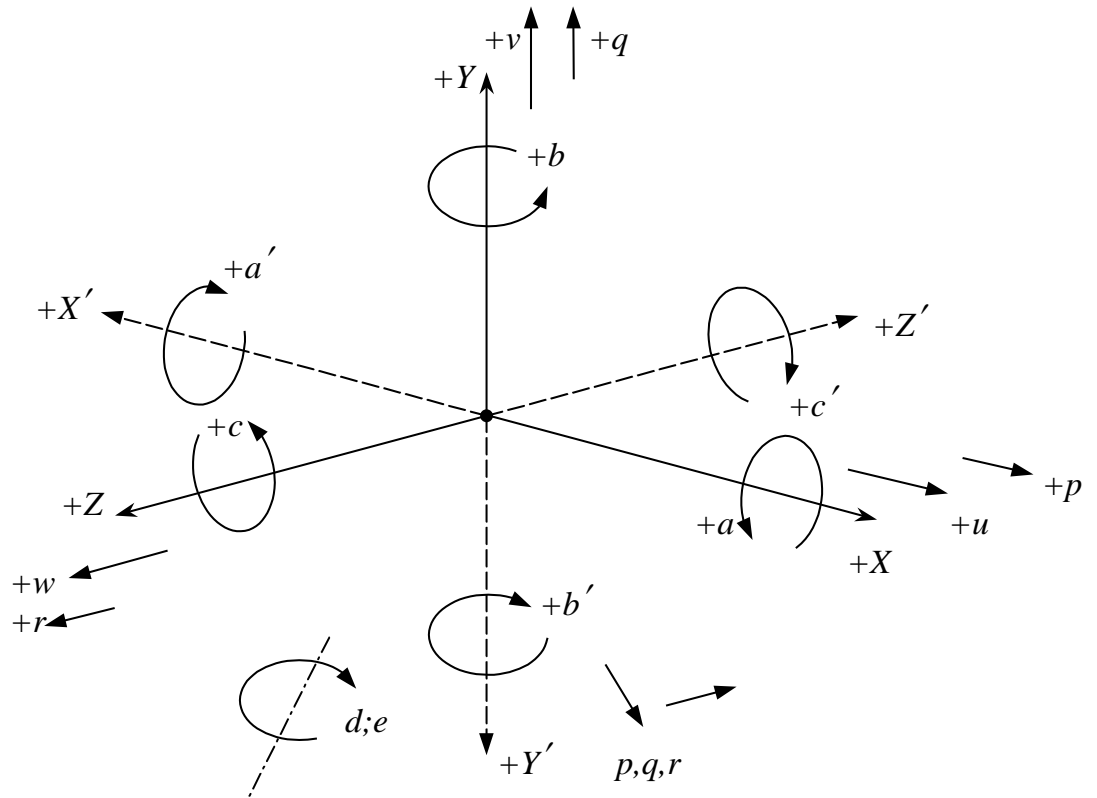


Рисунок 2.15 - Система координатних осей

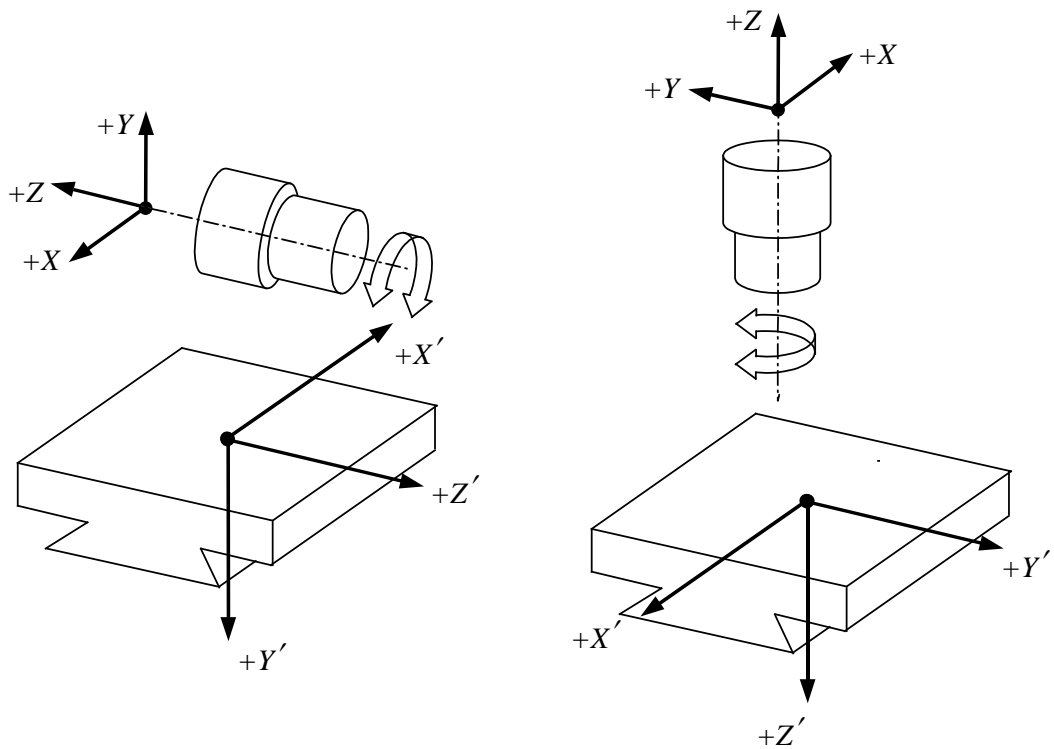


Рисунок 2.16 – Координатні рухи верстатів

При складанні структурних формул компоновань металорізальних верстатів рухливі блоки позначають тими ж знаками, якими позначають виконувани ними координатні руху. Знаки напрямку руху, якщо немає особливої потреби, не проставляють. Якщо ж проставляють, то букви зі знаками «+» або «-» беруть в дужки, а відсутність знака вказує на позитивний напрямок руху. Стаціонарний блок позначають знаком  $O$ , ніж підкреслюють відсутність руху.

Для кращого відображення кінематичної структури верстата блоки, виконують формотворчих (робочі) руху, позначають великими буквами, а виконують установчі та інші допоміжні руху - малими. З тією ж метою блок, що виконує головний рух різання, може бути в разі потреби додатково позначений знаком  $\wedge$  над відповідною буквою, наприклад або.

Позначення записують в порядку розташування блоків, причому позначення кінцевого блоку, що несе різальний інструмент, записують завжди крайнім справа, а блоку, що несе заготовки, - крайнім зліва.

Розташування знака стаціонарного блоку  $O$  в формулі дає достатнє уявлення про склад рухів, виконуваних заготовлею та інструментом. Тому штрихи над літерами, передбачені системою ІСО для рухів заготовки, при складанні структурної формули можна не завдавати. Для позначень окремих блоків гілки заготовки штрихи слід проставляти, якщо це вимагається по суті.

Блоки, які виконують одночасно два рухи, наприклад поступальний і обертальний, записують з косою дробової рисою ( $Z / C$ ). Це відноситься і до блоків, що переміщаються під кутом, коли їх рух відбувається одночасно по двох осях координат, наприклад  $Y$  і  $Z$ , чому відповідає запис  $Y / Z$ . Переважний по швидкості рух записують справа, якщо переміщається інструмент, і зліва, якщо переміщається заготовка. Отже, запис  $Y / Z$  для гілки інструменту означає похилий блок, що лежить в площині  $Y-Z$ , напрямок руху якого ближче до осі  $Z$ , ніж до осі  $Y$ [4].

Паралельно-зв'язані блоки записують в дужках зі знаками «+»; якщо ж вони однакові, то замість дужок число блоків записують цифрою перед відповідним позначенням.

З особливості позначення осі  $Z$  в системі ІСО, де напрямок цієї осі від розташування об'єкта осі шпинделя, яка може бути горизонтальної або вертикальної, виявляється невизначеність положення осі  $Z$ , а отже, і осі  $Y$ . Усунення невизначеності досягається за допомогою індексів (відповідно  $h$  і  $v$ ) при знаку шпиндельного блоку або підкресленням знака блоку, що має горизонтальну вісь ( $Z$  або  $C$ ). Отже, структурні формули горизонтальною і вертикальною компонок при використанні системи ІСО розрізняють за вказаними додатковим знакам. Цей недолік компенсується єдністю позначень рухів в структурних формулах і в керуючих програмах верстатів з програмним керуванням[4].

Дробний індекс  $v/h$  при знаку шпиндельного блоку проставляють, якщо вісь шпинделя поворотна. Якщо ж вісь має тільки два положення - вертикальне і горизонтальне без проміжних, то пишуть  $v, h$ .

Приклади структурних формул компонок верстатів наведені в таблиці 2.4 [4].

Таблиця 2.4

## Приклади структурних формул компонок верстатів

Станок	Структурна формула	Пояснення
Вертикальний Консольно-фрезерний	$XYZOC_v$	$X$ – стіл, $Y$ – салазки, $Z$ – консоль, $O$ – станина, $\hat{C}_v$ – вертикальний шпиндель
Токарний	$COZXbWd$	$C$ – шпиндель, $O$ – станина, $Z$ – поздовжній супорт, $X$ – поперечні салазки, $b$ – поворотні салазки, $W$ – задня бабка, $d$ – поворотний різцетримач

## **Висновки**

В результаті проведеного аналізу і дослідження робіт, присвячених проблемі компонувань портативних верстатів можна зробити висновки, що:

1) Агрегатно-модульний принцип досить поширений і крім машинобудування, а в самому машинобудуванні він вже давно широко використовується і прикладів цьому безліч.

2) Від якості компонування залежить якість виготовлених виробів. Компонування виробу визначається на етапі його проектування. Так як проектування це один з перших етапів в життєвому циклі виробу очевидно що воно має великий вплив на сам виріб.

3) Огляд існуючої літератури та публікацій показав, що не існує єдиної всеохоплюючої теорії компонетики для портативних металорізальних верстатів .

## РОЗДІЛ 3

### АНАЛІЗ КОМПОНУВАНЬ ПОРТАТИВНОГО МОБІЛЬНОГО МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ АГРЕГАТНОГО МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

#### 3.1 Причини і передумови появи

Для ремонту важкого устаткування, турбоагрегатів, габаритних виробів, об'єктів цивільного будівництва, трубопроводів, систем нафто- і газопереробки, гірничої техніки, промислового обладнання, і т. д., в більшості своїй, ремонтні роботи виконуються в стаціонарних ремонтних цехах, майстернях, заводських ремонтних підприємствах. Тому, вимагають демонтажу обладнання, та вивезення в спеціалізоване підприємство ремонтованих деталей, вузлів, механізмів, проведення необхідних ремонтних робіт і подальшої їх транспортування назад на місце експлуатації.

Дана процедура ремонту займає значний період часу, вимагає залучення значної кількості допоміжної техніки (крани, транспортна техніка і т.д), людських ресурсів і відповідно фінансових капіталовкладень, а деяке обладнання взагалі не демонтується або його демонтаж недоцільне. В якості альтернативи традиційним способам ремонту, можна проводити ремонт обладнання на місці його експлуатації в максимально короткі терміни і без необхідності повного демонтажу ремонтних вузлів, деталей.

Іншими словами нам потрібно обладнання, яке буде доставлятися до устаткування, що ремонтується, і монтуватися на ньому. Так і виникає потреба в портативному мобільному металорізальному обладнанні як ефективному, а іноді і єдино можливому рішенні.

### **3.2 Обґрунтування застосування агрегатно-модульного принципу стосовно до портативних верстатів**

Агрегатно-модульний метод знайшов застосування в усіх галузях машинобудування . В даний час він знаходить особливо широке застосування при створенні технологічного обладнання та засобів механізації самого різного призначення , наприклад металорізальних верстатів.

Сфера ремонту передбачає досить широке коло можливих ремонтно-відновлювальних робіт, отже, необхідно щоб мобільні верстати проектувалися з урахуванням можливості їх різної компоновки, конструкції, складу вузлів і механізмів з метою отримання потрібних замовником технічних і технологічних характеристик цих верстатів. Застосування агрегатно-модульного принципу побудови обладнання для мобільних верстатів є логічним згідно з вище перерахованими вимогами до них.

Агрегатно-модульний принцип побудови портативного обладнання передбачає поділ конструкції на уніфіковані вузли (модулі), зібрані разом в єдину конструкцію. Це дозволяє досягти необхідної гнучкості і значно скоротити терміни і вартість проектування даного обладнання.

Агрегатно-модульний принцип побудови металорізального обладнання дозволяє досягти: значного скорочення термінів і вартості проектування і виготовлення верстатів; певної мобільності (гнучкості), яка дозволяє забезпечити швидкий перехід з виготовлення одних деталей на виготовлення інших, часто в широкому діапазоні їх різновидів; розширення меж використання такого обладнання в порівнянні з тими масштабами виробництва, в яких раніше було доцільно і рентабельно використовувати спеціальні верстати; значне підвищення надійності роботи верстатів за рахунок можливості ретельного відпрацювання конструкції елементів, вузлів і агрегатів; полегшення ремонту, настройки та обслуговування верстатів.

Модульний принцип розробки і виробництва металорізальних верстатів, ґрунтований на використанні уніфікованих або нормалізованих функціонально

і конструктивно закінчених вузлів і механізмів (модулів), що випускаються або верстатобудівними фірмами (обмежено для своїх моделей верстатів), або вироблених спеціалізованими фірмами, що випускають досить широкий ряд різних вузлів і механізмів для різних типорозмірів верстатів з ЧПУ.

При застосуванні модульного принципу конструктор, вирішуючи задачу розробки верстата, вибирає потрібні йому вузли і механізми з каталогів і проектує самостійно тільки, базові вузли верстата.

### **3.3 Аналіз компонувань портативних верстатів фірми CLIMAX**

На даний момент фірма CLIMAX є найбільшим в світі постачальником портативних верстатів і виробляє безліч варіацій цього обладнання. Тому, аналіз компонувань даних верстатів ми почнемо з неї.

#### **3.3.1 Мобільні лінійні розточувальні станки**

Мобільні (портативні) лінійні розточувальні верстати (LINE BORING MACHINE) призначені для токарної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь діаметром від 38 мм до 3000 мм, торцевих плоских поверхонь діаметром до 2500 мм, (розточення вала, блоку, циліндра) з точністю, якістю та швидкістю, як сучасні високоточні стаціонарні верстати.

Спеціально розроблені кріплення зі сферичними підшипниками, самоцентрувальні монтажні конуси, рухливі приводи обертання і подачі спрощують монтаж і настройку, і дозволяють застосовувати дане портативне обладнання для роботи в будь-якому просторовому положенні, умовах обмеженого простору [5].

Всі моделі портативних розточувальних верстатів CLIMAX можуть комплектуватися електричним, пневматичним або гідравлічним приводом обертання розточної штанги, мобільними автоматичними наплавочними комплексами, високоточними системами позиціонування і юстирування.

До даної серії верстатів відносяться такі санки: ВВ3000 (рис 3.1, а), ВВ4500 (рис 3.1, б), ВВ5000 (рис 3.1, в), ВВ5500 (рис 3.1, г), ВВ6100 (рис 3.1, д), ВВ7100 (рис 3.1, е), ВВ8100 (рис 3.1, е) [6].

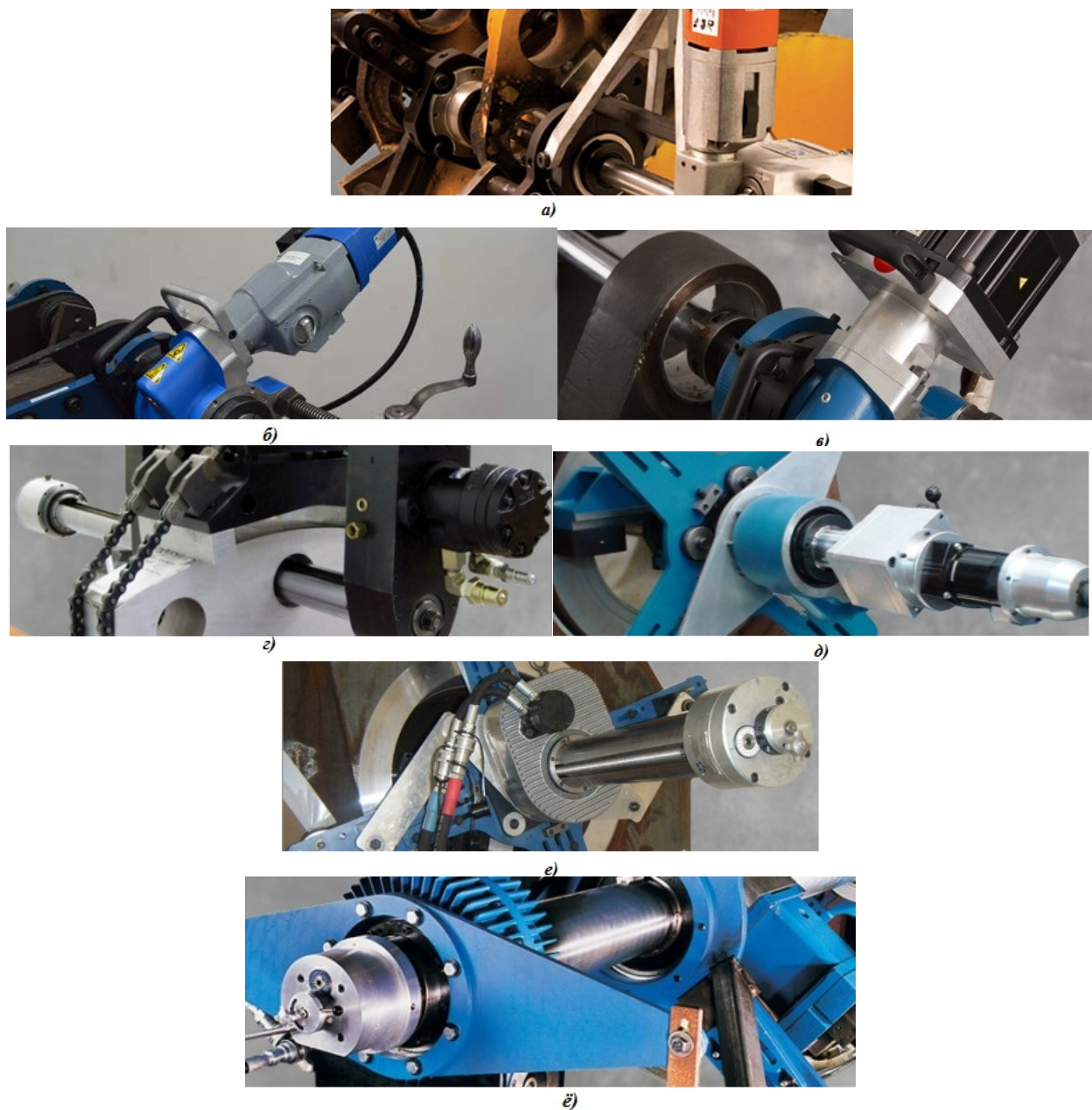


Рисунок 3.1 – Мобільні лінійні розточувальні верстати фірми CLIMAX.

Для прикладу розглянемо ВВ5000, так як це компактний, універсальний і потужний лінійний розточний верстат [5].

Верстат призначений для розточування отворів діаметром від 35 мм до 610 мм. Глибина розточення за один прохід до 915мм. Загальна глибина

оброблюваного отвору залежить від довжини штанги (шпинделя). Компактний, потужний мобільний верстат різнобічного застосування для розточування отворів і спільної розточення ряду співвісних отворів. Верстат знаходить найрізноманітніше застосування практично в будь-яких галузях. Машина складається з обертального приводу (гідравлічного, пневматичного або електричного - на вибір), вузла механічної подачі, штанги (шпинделя), інструментальної головки, набору ріжучого інструменту, набору аксесуарів для кріплення на виробі і гідростанції приводу для відповідних моделей. Подача і напрямок обертання - будь-які. За рахунок різних параметрів гвинтів подачі, розточувальних оправок і інструментальних головок верстат можна застосовувати для вирішення великої кількості завдань, а при використанні додаткових пристосувань - для внутрішньої наплавлення, обробки фланцевих поверхонь і т.д. [5].

Лінійний розточний верстат BB5000 представлений на рис. 3.2. [6]

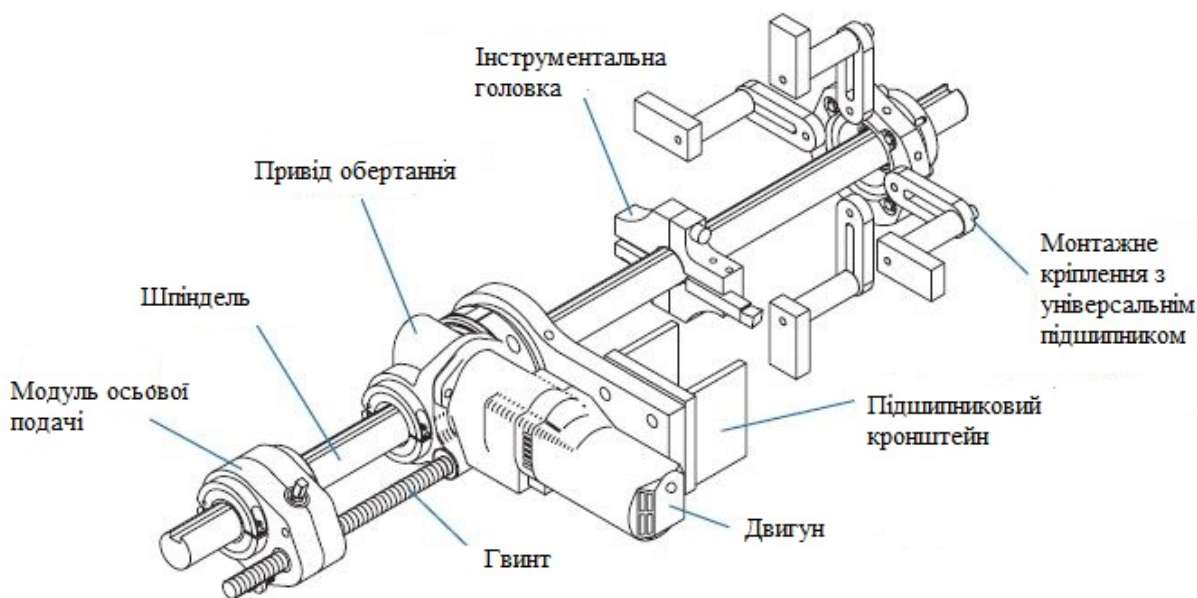


Рисунок 3.2 – Лінійний розточний станок BB5000.

В таблиці 3.1 наведені технічні характеристики верстата.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики лінійно розточувального верстата ВВ5000

Параметр	Значення параметру
Діаметр оброблюваних отворів	35-609 мм
Максимальна подача за один прохід	915 мм
Максимальний крутний момент	881Нм
Тип привода	Електричний, пневматичний, гідравлічний

Даний верстат є відмінним прикладом реалізації агрегатно-модульного принципу, так як всі його складові це уніфіковані модулі, з яких і складається верстат. Він має стандартний набір цих модулів і додатково можна придбати аксесуари до цього верстата, які розширюють його можливості і роблять його більш гнучким.

Наприклад, на рис. 3.3 показана одночасна розточування внутрішньої поверхні отворів ромових підшипників двигуна в кількості 7 шт. верстатом ВВ5000 [7].



Рисунок 3.3 – Розточування одночасно 7 отворів верстатом ВВ5000

### 3.3.2 Системи автоматизованого наплавлення

Системи автоматизованої наплавлення (WELDING MACHINES), призначені для використання як окремо, так і в комплексі з портативними верстатами. Широкий спектр зварювальних пальників, подовжувачів і насадок забезпечують можливість наплавлення отворів, валів, фланців, конічних, клиноподібних та торцевих поверхонь ущільнювачів засувки, клапанів і т.д. Є можливість безперервної наплавлення, сегментного наплавлення, наплавлення з автопропуском, плакирування.

CLIMAX представляє мобільні автоматизовані спіральні і крокові наплавочні системи, що забезпечують високоякісне і доступне виконання наплавлення і плакирування різних поверхонь: внутрішніх циліндричних, торцевих, зовнішніх циліндричних, конічних і т.д. [5].

До даної серії верстатів відносяться такі санки: BW1000 (рис 3.4, а), BW2600 (рис 3.4, б), BW3000 (рис 3.4, в), BW5000 (рис 3.5, г) [6].

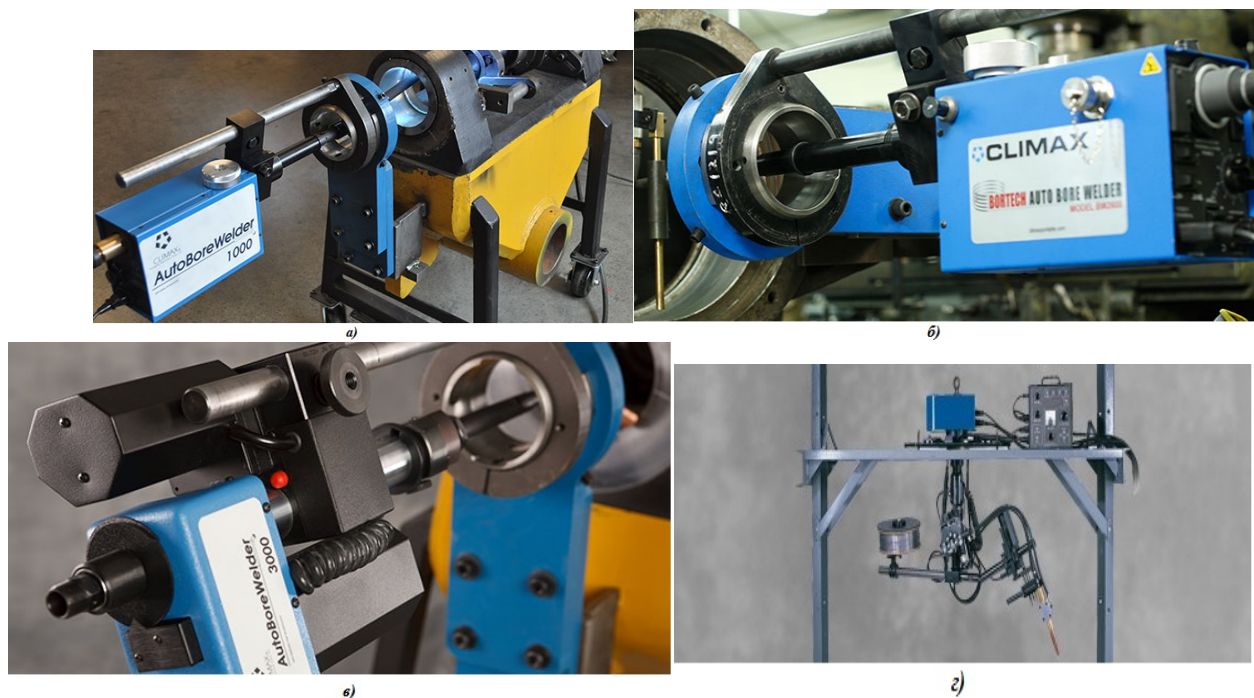


Рисунок 3.4 – Системи автоматизованої наплавлення CLIMAX

Для прикладу розглянемо BW2600. Його Типові області застосування: отвори, точки повороту, лопаті і захоплення, ремонт клапанів і насосів, зубчасті

передачі і коробки передач, корпуси двигунів і вали ремонт електродвигунів, ремонт ковша і захоплення навантажувача, ремонт зовнішніх поверхонь вала, шламові насоси, вушка гідроциліндрів і т . д.

У таблиці 3.2 наведені його технічні характеристики [5].

*Таблиця 3.2*

Технічні характеристики системи автоматизованої наплавлення BW2600

Параметр	Значення параметру
Процес сварки	Металевим електродом в середині інертного газу
Осьове переміщення	228.6 мм
Інтервал шагу(регулюємий)	1.27-5.08 мм за оберт
Діапазон діаметрів проволочки	0.76-1.14
Досяжність в базовій комплекції	533.4 мм
Подовжувачі пальника	76.2, 152.4 и 304.8
Діапазон діаметрів наплавлення: внутрішній	22.4 - 609.6 мм
зовнішній	25.4 - 609.6 мм
Наплавлення торця	25.4 – 508 мм
Досяжність пальника без опори	914.4 мм
Максимальний номінальний струм	175 А
Вага верстату	18 кг

Системи автоматичного наплавлення дозволяють на місці відновлювати поверхні деталей і можуть працювати в комплексі з іншими портативними верстатами, що значною мірою розширює можливості в галузі ремонту.

### **3.3.3 Шпонково-фрезерний верстат**

Представниками шпонково-фрезерних верстатів (KEY MILLS) верстатів є верстати: КМ3000 (рис 3.5, а) [6] і КМ4000 (рис 3.5, б) [6]. Двох і трьох координатні портативні фрезерні верстати дозволяють виконувати фрезерування шпонкових пазів, канавок, порожнин або обробляти плоскі поверхні на валах діаметром від 19 до 610 мм без їх демонтажу. Верстати можуть експлуатуватися в будь-якому просторовому положенні завдяки герметичній системі змащення редуктора. [5].



а)



б)

Рисунок 3.5 – Шпонково-фрезерні верстати фірми CLIMAX

У таблиці 3.3 наведені їх технічні характеристики [5].

Таблиця 3.3

Технічні характеристики шпонково-фрезерних верстатів КМ3000 і  
КМ4000

Станок	Довжина шпонкового пазу	Ширина шпонкового паза	Діаметр вала	Тип привода
КМ3000	152.4 мм	31.8 мм	19.1-266.7 мм	електричний, пневматичний, гідравлічний
КМ4000	203.2 мм	82,6 мм	101.6-609.6 мм	

Верстат КМ3000 дозволяє не тільки фрезерувати шпонкові пази на валах, а й може прорізати канавки на плоских поверхнях, виконувати багато інших фрезерних робіт.

КМ3000 швидко кріпиться на деталі і виконує свою роботу буквально за п'ять хвилин. Фрезерує паз до самого кінця вала завдяки своїй V-подібній трикулачній базі. Має різні додаткові варіанти кріплення, в тому числі перпендикулярно до валу.

КМ4000 обробляє як вали так і плоскі поверхні. Шпони фрезерний верстат має подовжню (вісь X 203,2 мм), поперечну (вісь Y 50,8 мм), вертикальну (вісь Z 76,2 мм) подачі. Максимальний діаметр фрези 31,75 мм. Отвір шпинделя під інструмент 19,1мм. КМ4000 застосовують, також для вирізання елементів металоконструкцій для зняття напружень і взяття проби. [5].

### Переносні токарні верстати

Представниками мобільних токарних верстатів (LATHES) є верстати: PL2000, (рис 3.6, а), PL3000 (рис 3.6, б), PL4000 (рис 3.6, в) [6].



а)



б)



в)

Рисунок 3.6 - Переносні токарні верстати фірми CLIMAX

У таблиці 3.4 наведені їх технічні характеристики [5].

Таблиця 3.4

Технічна характеристики токарних верстатів

Станок	Максимальний хід уздовж осі x	Діаметр валу	Тип привода
PL2000	317.5 мм	38.1-228.6 мм	електричний, пневматичний
PL3000	558.8 мм	101.6-285.8 мм	електричний, пневматичний
PL4000	685.8 мм	203.2-609.6 мм	пневматичний

Вони можуть застосовуватися для вирізання кільцевих канавок, відновлення шийок роторів турбін або усунення овальності посадочних місць валів високошвидкісного виробничого обладнання і.т.д. Мобільні токарні верстати PL CLIMAX закріплюються на торці вала. Діапазон діаметрів токарного оброблення - від 38 до 610 мм. Стандартною є комплектація з пневматичним приводом. Деякі моделі комплектуються електричним приводом.

Токарний верстат PL2000 має велику потужність в компактному корпусі. Справляється з роботою в умовах радіального зазору всього 177,8 мм. Його спрощений монтаж, за допомогою болтів безпосередньо на кінці вала, прискорює процес установки і скорочує втрати дорогого часу, який витрачається на простий, при цьому обробляються вали діаметром від 38,1 до 228,6 мм.

Токарний верстат PL3000 обробляє великі вали і їх цапфи за рахунок установки безпосередньо на заготовку і обертання навколо осі вала.

Токарний верстат PL4000 виконує значні обсяги робіт у важкодоступних місцях. Кріпиться до краю заготовки, з мінімальними вимогами до зазору, забезпечує точну обробку як прямих, так і конічних валів. Його поворотний вал легко регулюється для обробки необхідного радіуса з урахуванням виступаючих елементів при роботі з валами діаметром від 203,2 до 609,6 мм. [5].

### 3.3.4 Мобільні верстати для обробки фланців

За допомогою мобільних верстатів для обробки фланців можна виробляти токарної обробки, шліфування, фрезерування різних поверхонь і деталей устаткування: площин фланців, канавок будь-якої геометрії на фланцях, внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь, поверхонь труб при обробці торців і зняття фаски.

Слімах пропонує широку лінійку високоточних продуктивних мобільних верстатів для обробки фланців діаметром від 25 до 5055 мм, що вмонтовуються на внутрішній (ID) або зовнішньої (OD) поверхні [5].

Представниками мобільних верстатів для обробки фланців монттованих на внутрішній поверхні (ID MOUNT FLANGE FACER) є верстати: FF3000 (рис 3.7, а), FF4000 (рис 3.7, б), FF5000 (рис 3.7, в), FF6300 (рис 3.7, г) , FF7200 (рис 3.7, д), FF8200 (рис 3.7, е) [6].

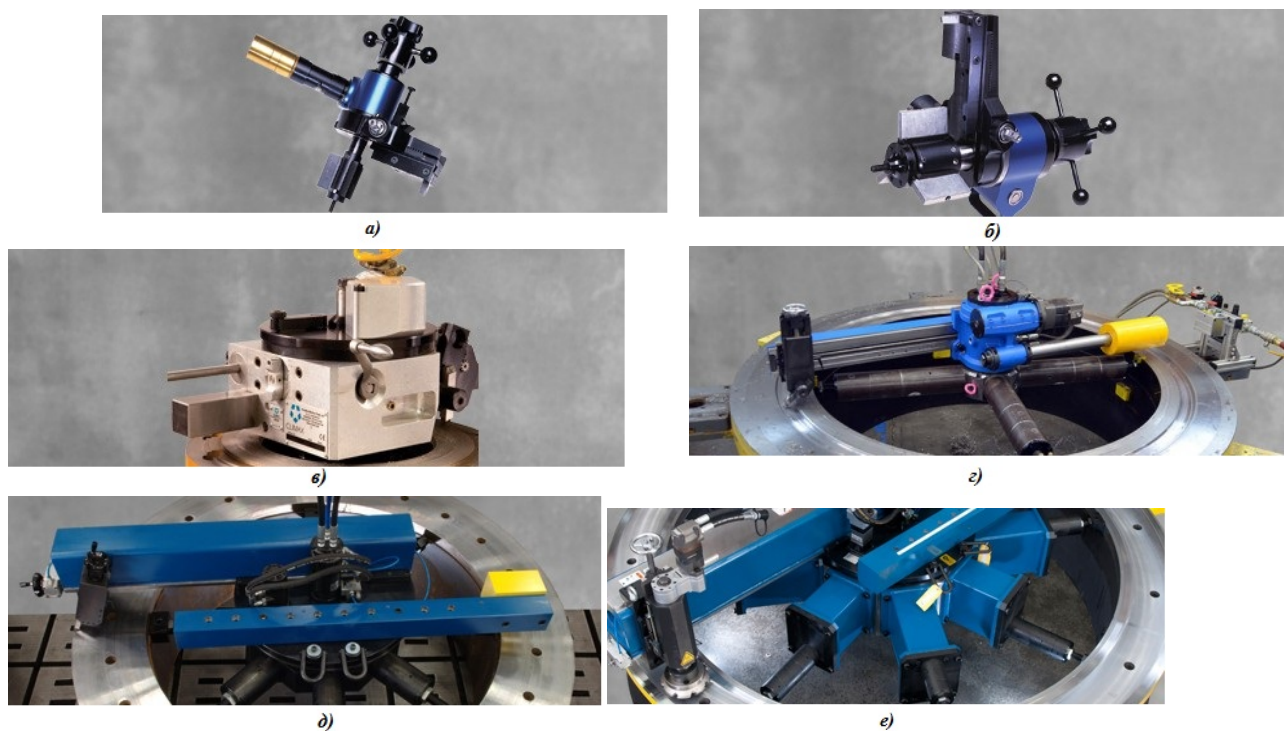


Рисунок 3.7 – Мобільні верстати для обробки фланців монттованих на внутрішній поверхні.

Представниками мобільних верстатів для обробки фланців монттованих на зовнішній поверхні (OD MOUNT FLANGE FACER) є верстати: FF1000 (рис 3.8,

а), FF1200 (рис 3.8, б), FF2400 (рис 3.8, в), FF3600 (рис 3.8, г) , FF6300 (рис 3.8, д), FF8200 (рис 3.8, е), Speed Facer ODF 50-70 (рис 3.8, е) [6].



Рисунок 3.8 – Мобільні верстати для обробки фланців монтованих на зовнішній поверхні.

Розглянемо детальніше верстат FF6300.

Верстат має ряд переваг, він забезпечує високий крутний момент, що дозволяє швидко і ефективно відновлювати опорні поверхні, поверхні під ущільнення. Має розширений діапазон обробки (304 - 1524 мм) забезпечує більше можливостей - один верстат для багатьох операцій. Плавне регулювання швидкості подачі, дозволяє підбирати різні режими обробки матеріалів. Інструментальна головка і ріжучий інструмент має поворот на кут 360 градусів. Це дозволяє створювати різну геометрію обробки без прив'язки до ріжучого

інструменту спеціальної геометрії. Оснащення для обробки зворотного боку фланця забезпечує ще більше можливостей для обробки теплообмінного обладнання та інших застосувань. Модульні компоненти та загальна вага роблять монтаж, транспортування і зберігання верстата швидким і легким. Гідравлічний або пневматичний мотор привід дозволяє використовувати верстат в різних експлуатаційних середовищах. Посилений підшипник забезпечує продуктивність і надійні результати навіть при обробці отворів під болтові з'єднання. Затискна система з регульовальними ніжками забезпечує швидку і легку настройку верстата по площині і співвісності. Модульний патрон внутрішнього кріплення може бути змонтований окремо від корпусу верстата, дозволяючи виконувати монтаж засобами малої механізації. Черв'ячна система редуктора працює плавно і забезпечує мінімальний люфт навіть при переривчастих резах. Високий крутний момент дозволяє підвищити швидкість різання матеріалів [5].

Також верстат має декілька видів кріплення, які представлені на рис. 3.9, рис. 3.10, рис. 3.11. Від виду кріплення залежить набір модулів, з якого і буде зібраний верстат [6].

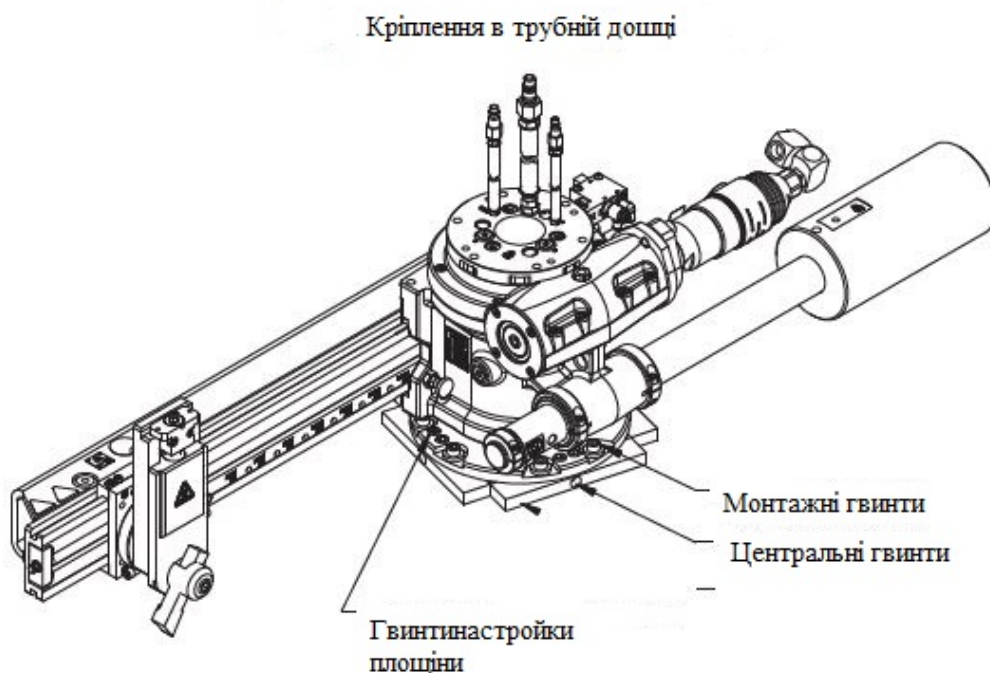


Рисунок 3.9 – Кріплення верстата FF6300 в трубній дошці

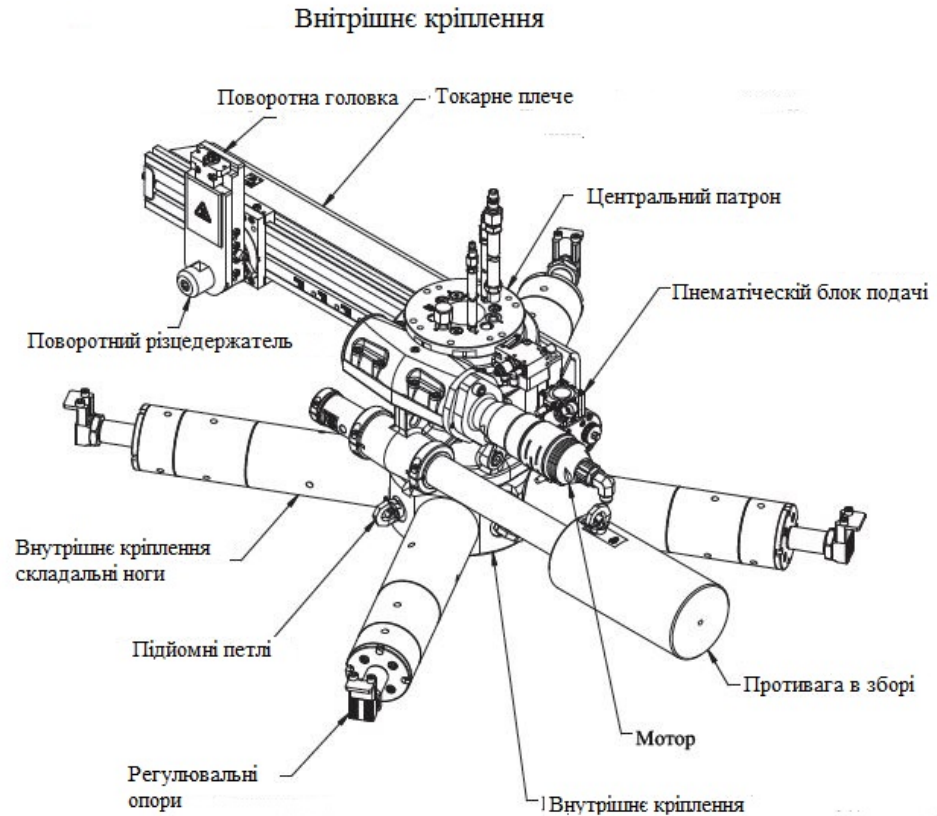


Рисунок 3.10 – Внутрішнє кріплення верстата FF6300

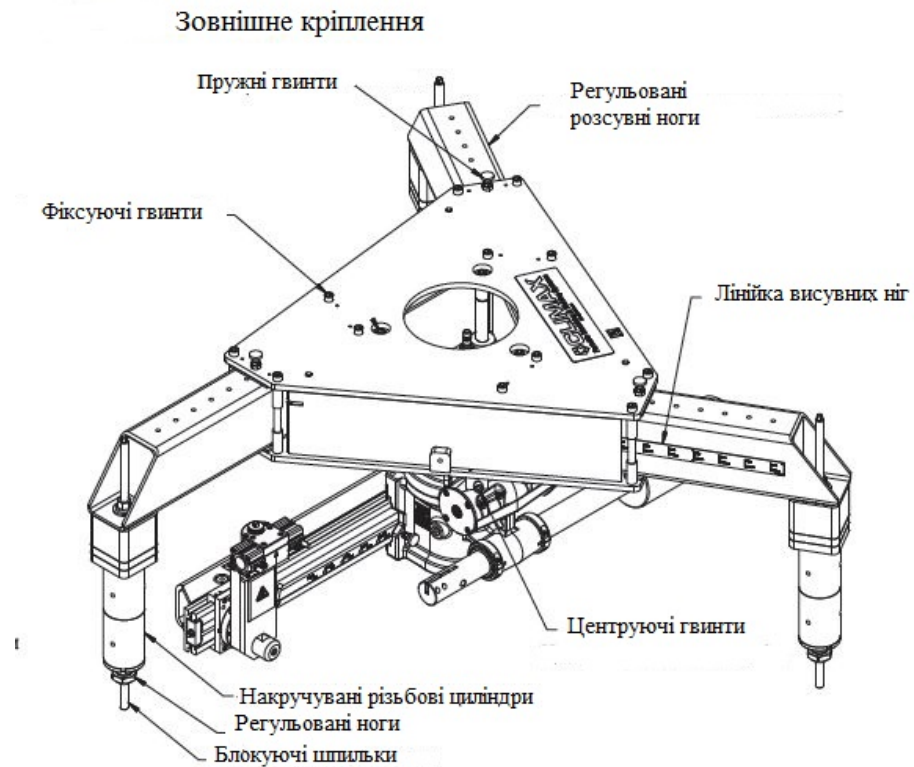


Рисунок 3.10 – Зовнішнє кріплення верстата FF630

У таблиці 3.5 приведена технічна характеристика верстата [5].

Таблиця 3.5

Технічна характеристика станка FF6300

Внутрішнє кріплення	Діапазон монтажу	299.7-1460 мм
	Діапазон токарної обробки	299.7-1524 мм
	Габаритний розмір, мінімальний, вкл. блок подачі	1000.8 мм
	Радіальне переміщення інструмента	538.5 макс.
	Осьове переміщення інструмента	101.6 мм
	Необхідна глибина для внутрішнього закріплення:	
	внутрішнє кріплення	88.9±6.4 мм
	Кріплення на трубну дошку	0
	Осьове переміщення регулювальних ніг	±6.4 мм
	Радіальне переміщення регулювальних ніг	63.5 мм
	Вага	214.5 кг
Зовнішнє кріплення	Монтажний діапазон (с цепним кріпленням)	967.7-1620.5 мм
	Діапазон токарної обробки	215.9-1524 мм
	Вага	419.6 кг
Система обертання приводу	Тип привода	Пневматичний або гідравлічний мотор з конусним приводом
	Передавальне число редуктора	10:1
	Швидкість обертання токарного плеча: пневматичного гідравлічного	7-37 об./мин. 3.5-37 об./мин.
Пневматична система подачі	Тип привода	пневматичний

### 3.3.5 Орбітальна фрезерна установка

Карусельний фрезерний верстат CM6200 призначений для обробки великих фланців розміром 1866,9 - 5054,6 мм в діаметрі, і характеризується наявністю центрального отвору в верстаті, який призначений для кріплення на центральній цапфі діаметром до 609,6 мм, а також даний фрезерний верстат

може бути налаштований для виконання потужного фрезерування, точної обробки і шліфування [5].

Конструкція верстату представлена на рис 3.11 [6].

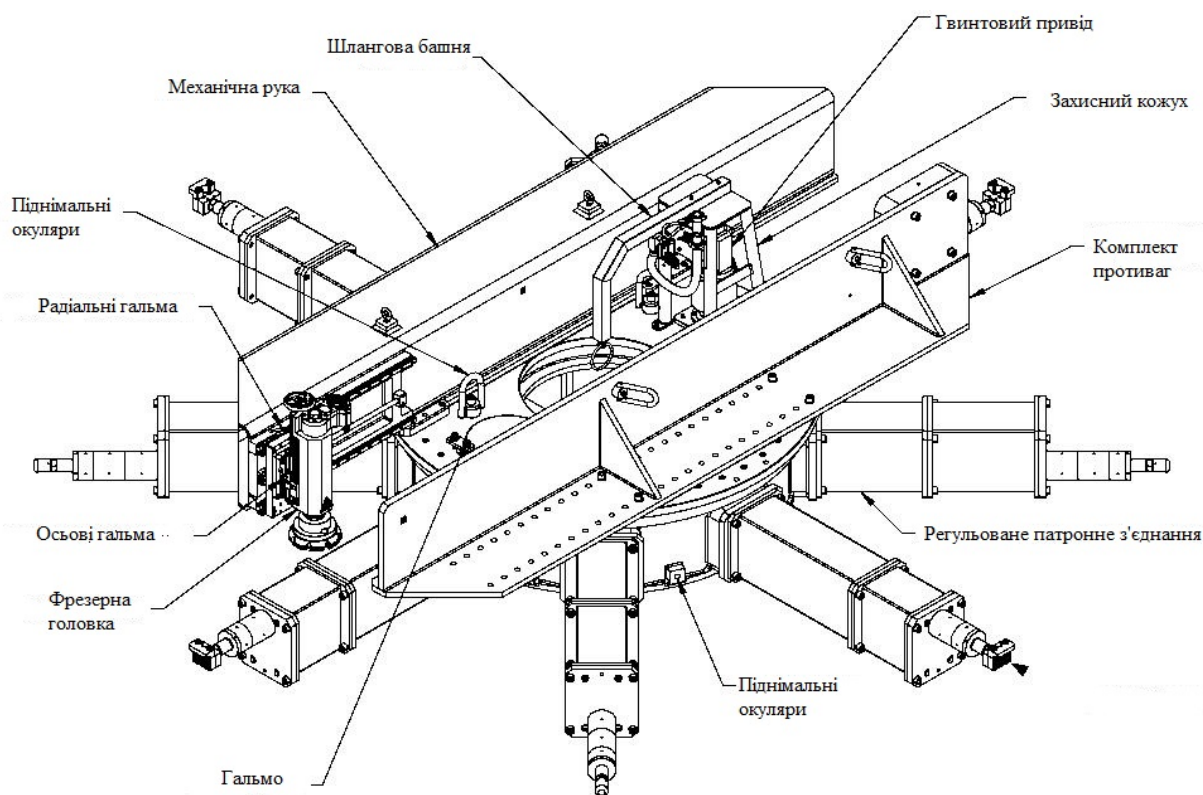


Рисунок 3.11 – Карусельний фрезерний верстат SM6200

В таблиці 3.6 приведена його технічна характеристика верстата [5].

Таблиця 3.6

Технічна характеристика верстата SM6200

Параметр	Значення
1	2
Фрезерування	Ø 1866.9-5054.6 мм
Внутрішнє закріплення	Ø 2004.1-4500.9 мм
Мінімальний діаметр обертання плеча	3444.2 мм
максимальний діаметр обертання Закінчення табл. 2.6	5003.8 мм
1	2
Привід верстата	Електричний, серво чи пневматичний
Привід фрези	Гідравлічний

### 3.3.6 Мобільні фрезерні верстати

Коли при ремонті і монтажі обладнання виникає необхідність в фрезеруванні плоских металевих поверхонь, фланців різної геометрії і т.д., використовуються прецизійні мобільні (портативні) фрезерні верстати (milling-machines) з можливістю вибору конфігурації для кожного конкретного завдання.

Представниками мобільних фрезерних верстатів є: PM4200 (рис 3.11), LM5200 (рис 3.12), LM 6200 (рис 3.13) [6].



Рисунок 3.11 – Мобільний фрезерний верстат PM4200

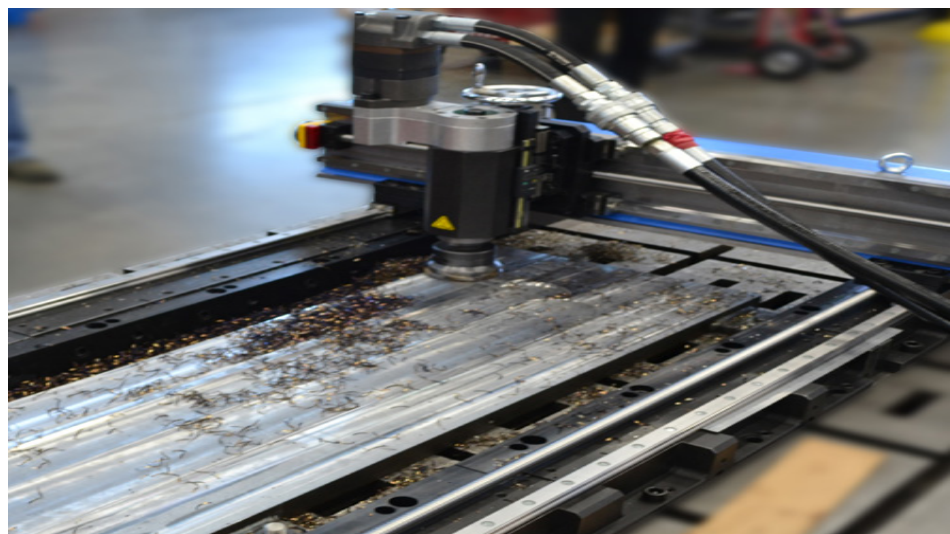


Рисунок 3.12 – Мобільний фрезерний верстат LM5200



Рисунок 3.13 – Мобільний фрезерний верстат LM6200

Фрезерний верстат PM4200 має функцію поздовжньої автоматичної подачі з поперечним переміщенням, здійснюваним вручну. Легко кріпиться до заготівлі або до несучої конструкції. Можливий вибір величини ходу уздовж осі X: 508мм; 1244,6мм або 1981,2мм.

Верстат LM5200 на сьогоднішньому ринку поки єдиний портативний фрезерний верстат, конфігурація якого дозволяє виконувати роботи практично в будь-якому положенні, використовуючи його як 3-х координатний фрезерний або порталний. Модульні секції станини дозволяють збільшити довжину ходу з 1219,2 - 2438,4 мм без втрати жорсткості (при переміщенні в діапазоні 914,4 - 2133,6 мм).

Верстат LM6200 революційний, високопродуктивний фрезерний верстат, який може бути налаштований для виконання як лінійного 3-х координатного фрезерування, так і фрезерування з рухомим порталом практично в будь-якому положенні. Модульні секції станини дозволяють збільшити довжину ходу з 1219,2 - 4876,8 мм без втрати жорсткості фіксації (при переміщенні в діапазоні 812,8 - 4470,4 мм) [5].

У таблиці 3.6 наведені їх технічні характеристики [5].

Таблиця 3.6

Технічна характеристика верстатів РМ4200, LM5200,LM6200.

Верстати	Максимальний хід уздовж осі X, мм	Максимальний хід уздовж осі Y, мм	Максимальний хід вертикальної подачі, мм	Шпиндель (розмір), мм	Тип привода
РМ4200	508, 1244,6 чи 1981,2	203,2 чи 304,8 в залежності від держателя інструменту	76,2 чи 101,6 в залежності від держателя інструменту	19,1 чи 40 в залежності від держателя інструменту	електричний, пневматичний гідравлічний
РМ5200	2133,6	863,6	101,6	101-145,4	гідравлічний
РМ6200	4470,4	2692,4	203,2	101,6-254	гідравлічний

### 3.3.7 Мобільні верстати ремонту запірної арматури

Мобільні верстати для шліфування й притирання клапанів і засувок (valve-repair-machines) представлені в трьох конфігураціях, дозволяють виконувати шліфування і притирання гнізд запірних і зворотних клапанів, а також відновлювати поверхню в районі гнізд клапанів до стандартів виробника, і навіть вище. Є регулятор для забезпечення швидкої і зручної регулювання зусилля шліфування [5].

До даної серії верстатів відносяться такі санки: VM1150, VM1200, VM1350, VM1500, VM1600, VM1700, VM1900, VM2050C, VM2100C, VM2150C, VM2350C, VM2050S, VM2150S, VM2350, VM2500, VM2600, VM5800, VM6000, VM7000, VM8000, VM9000.

Верстати VM1150- VM1900 представлені на рис. 3.14, VM2050C- VM2600 на рис. 3.15, VM5800 на рис. 3.16, VM6000 на рис. 3.17, VM7000 на рис. 3.18, VM8000 на рис. 3.19, VM9000 на рис. 3.20 [6].



Рисунок 3.14 – Станок для шліфування и притирки клапанів VM1150-  
VM1900



Рисунок 3.15 – Станок для шліфування и притирки клапанів VM2050С-  
VM2600



Рисунок 3.16 – Станок для шліфування и притирки клапанів VM5800

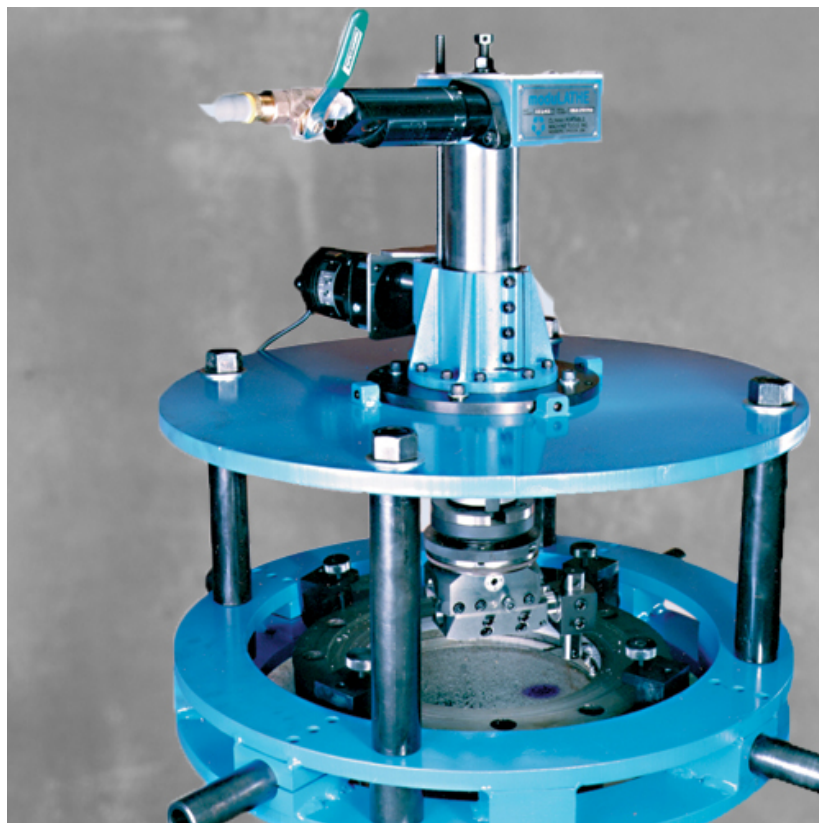


Рисунок 3.17 – Мобільні верстати для ремонту запобіжних і регулюючих клапанів VM6000



Рисунок 3.18 – Мобільні верстат для ремонту запобіжних і регулюючих клапанів VM7000



Рисунок 3.19 – Мобільні верстат для ремонту запобіжних і регулюючих клапанів VM8000

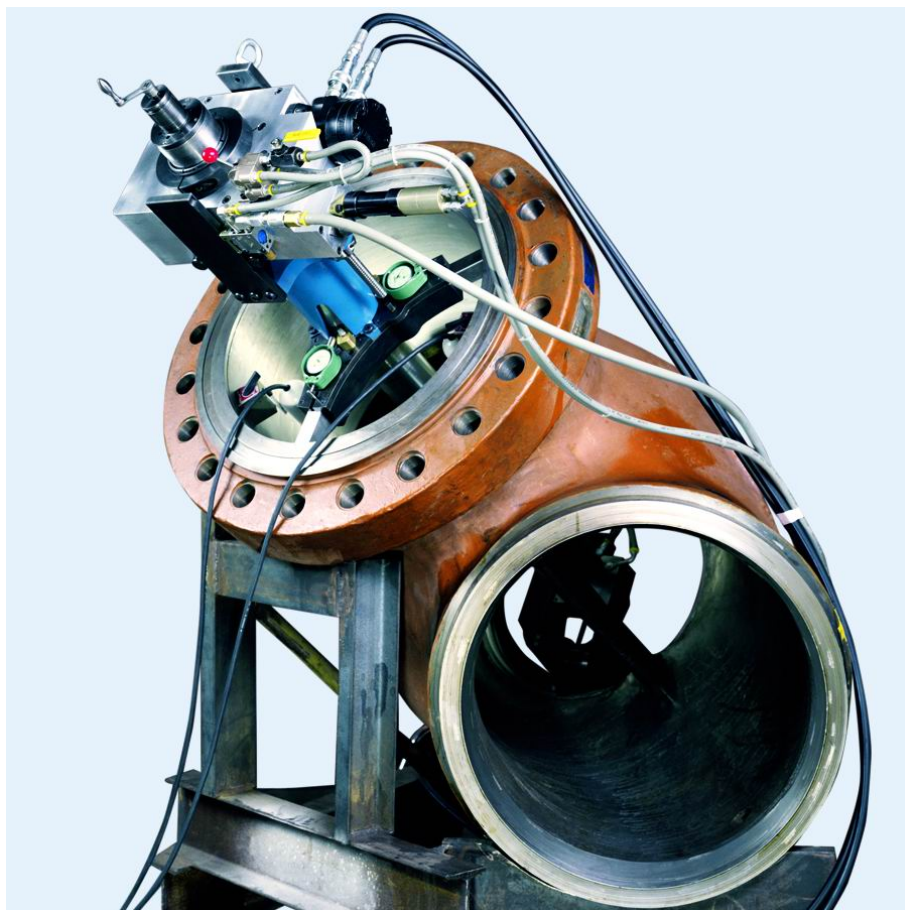


Рисунок 3.20 – Мобільний верстат для ремонту балансувальних клапанів

VM1150, VM1200 - Мобільні верстати для притирання і шліфування. Внутрішній діаметр (Ду) запірної арматури від 32 мм до 200 мм.

VM1350, VM1500, VM1600 - Мобільні верстати для притирання і шліфування. Внутрішній діаметр (Ду) запірної арматури від 40 мм до 600 мм.

VM1700, VM1900 - Мобільні верстати для притирання і шліфування. Внутрішній діаметр (Ду) запірної арматури від 200 мм до 1200 мм.

VM2050С, VM2100С, VM2150С, VM2350С - Мобільні верстати для притирання і шліфування. Внутрішній діаметр (Ду) запірної арматури від 10 мм до 305 мм.

VM2050S, VM2150S - Мобільні верстати для притирання і шліфування. Внутрішній діаметр (Ду) запірної арматури від 10 мм до 150 мм.

VM2350, VM2500, VM2600 - Мобільні верстати для притирання і шліфування. Внутрішній діаметр (Ду) запірної арматури від 80 мм до 600 мм.

VM5800 - Стационарний верстат для відновлення запірної арматури. Внутрішній діаметр (Ду) запірної арматури від 10 мм до 350 мм.

VM6000 - Мобільні верстати для ремонту запобіжних і регулюючих клапанів. Внутрішній діаметр (Ду) від 63,5 мм до 330,2 мм.

VM7000 - Мобільні верстати для ремонту запобіжних клапанів. Внутрішній діаметр (Ду) від 38,1 мм до 152,4 мм.

VM8000 - Мобільні верстати для ремонту запобіжних і регулюючих клапанів. Внутрішній діаметр (Ду) від 76,2 мм до 254,0 мм.

VM9000 - Мобільні верстати для ремонту балансувальних (MSIV) клапанів. Внутрішній діаметр (Ду) від 406,4 мм до 711,2 мм.

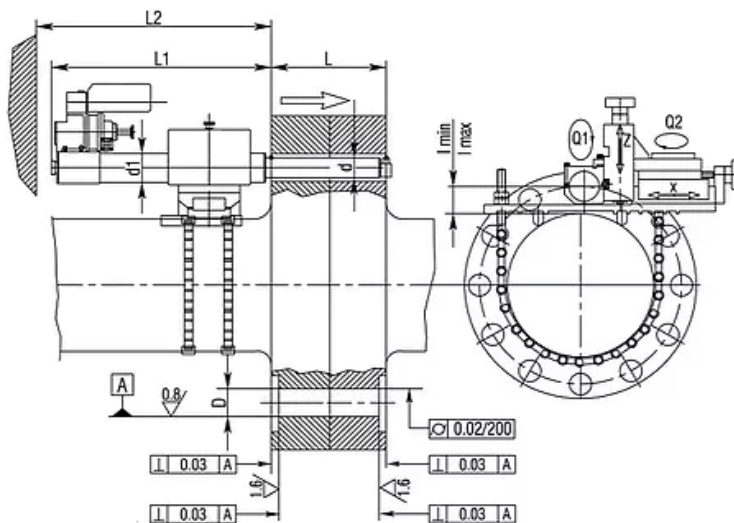
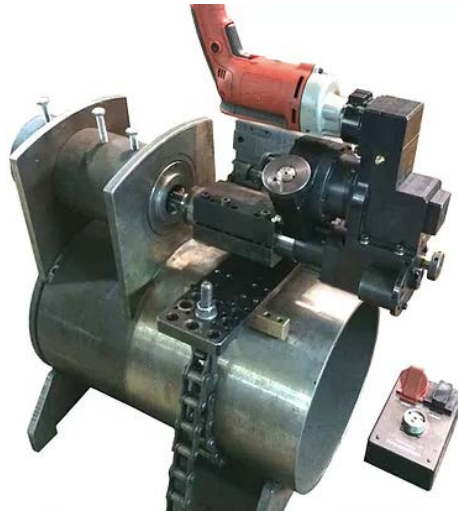
### **3.4 Аналіз компонувань портативних верстатів фірми «АРМАТУРА-СЕРВИС д.о.о.»**

Фірма «Арматура-сервіс д.о.о.» (Загреб, Хорватія), крім сервісного обслуговування всілякої трубопровідної арматури, спеціалізується також на проектуванні, конструюванні та виготовленні мобільного металорізального обладнання високої точності. Головними особливостями металорізального обладнання фірми є наступні:

- використання за місцем установки великогабаритного енергетичного та іншого промислового обладнання (висока ступінь мобільності);
- точність виконання робіт;
- легке і зручне використання.

#### **3.4.1 Прецизійний мобільний токарний верстат РРВ**

Призначений для прецизійної токарної обробки сполучних отворів «жорстких» муфт роторів. Загальний вигляд верстата представлений на рис. 3.21 [8].



### Рисунок 3.21 – Прецизійний мобільний токарний верстат РРВ

Верстат РРВ має можливість обертатися як в осьовому, так і в радіальному напрямку. Це портативний інструмент з безліччю можливих застосувань, серед яких слід виділити такі, що стосуються предмета закупівлі, роботи:

1. Система прецизійної токарної обробки сполучних отворів "жорстких" муфт парових турбін, редукторів і генераторів.
2. Система прецизійної токарної обробки сполучних отворів "жорстких", гідравлічних турбін.
3. Система прецизійної токарної обробки сполучних отворів "жорстких", валів і гребних гвинтів суден.
4. Система прецизійної токарної обробки сполучних отворів "жорстких", сідел клапанів на ущільнюючих поверхнях великогабаритної незнімної арматури.

Після прецизійної токарної обробки отворів, для досягнення виняткової точності поверхні, ми рекомендуємо виконати їх хонінговання. Додаткове обладнання для хонінговання поверхонь також може бути поставлено фірмою.

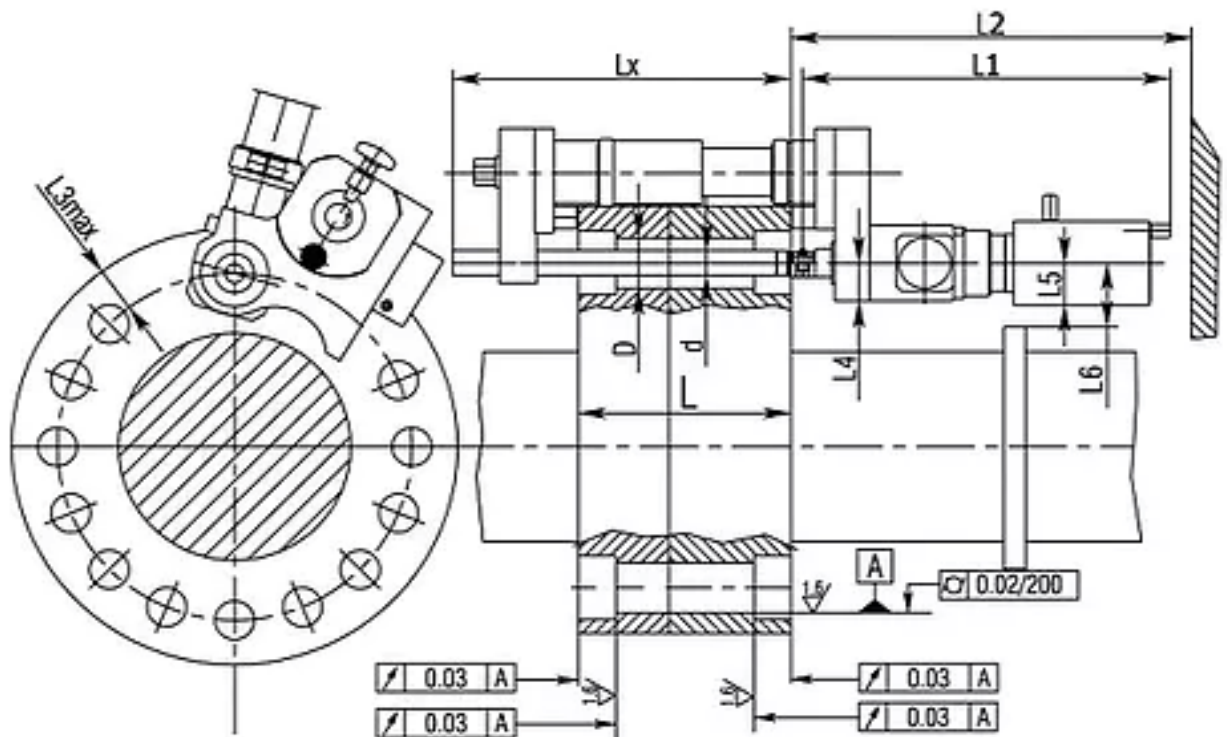
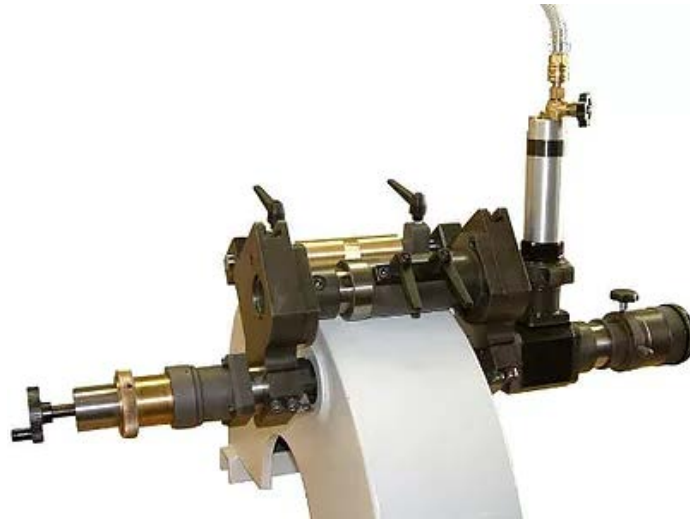
Основною перевагою портативних РРВ верстатів є те, що у них підшипники шпинделя конструктивно виконані по одну сторону фланця муфти. У зв'язку з цим, РРВ-верстати застосовують в тих випадках, коли вільного простору по іншу сторону муфти недостатньо.

#### **3.4.2 Прецизійний мобільний токарний верстат KDM**

Призначений для прецизійного токарного оброблення сполучних отворів «жорстких» муфт роторів. Загальний вигляд верстата представлений на рис.3.22 [8].

KDM-верстат являє собою портативний апарат для токарної обробки сполучних отворів в муфтах турбін, генераторів, суднових валів і їм подібних вузлах великогабаритного недемонуюемого обладнання.

Звертає на себе увагу і те, що KDM-верстат може також виконати механічну обробку торцевих поверхонь фланців муфт.



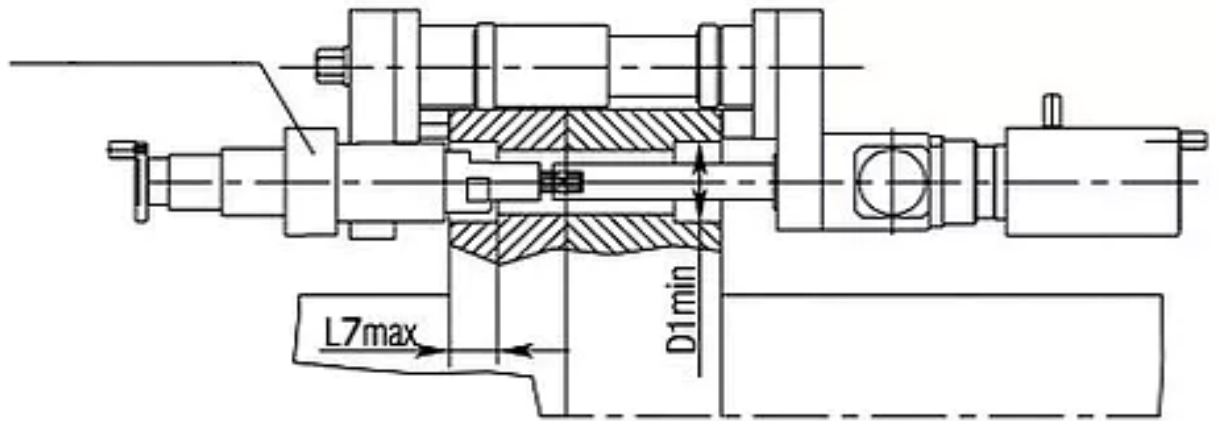


Рисунок 3.22 – Прецизійний мобільний токарний верстат KDM

### 3.4.3 Прецизійний мобільний пристрій TPS

Призначений для прецизійної токарної обробки сполучних отворів муфт роторів турбін, генераторів і редукторів, а також для осьової обробки наскрізних отворів. Загальний вигляд пристрою представлений на рис. 3.23 та рис. 3.24 [8].

Застосовуються також для механічної обробки посадочних місць підшипників на екскаваторах і кораблях, де потрібна значна осьова довжина переміщення ріжучого інструменту.

Обробка поверхонь проводиться при поєднанні радіального обертання і осьового переміщення. Пристрій може працювати в горизонтальному або вертикальному положенні, дозволяє з високою точністю виставляти ріжучий інструмент. Пристрій є портативним і простим у використанні.

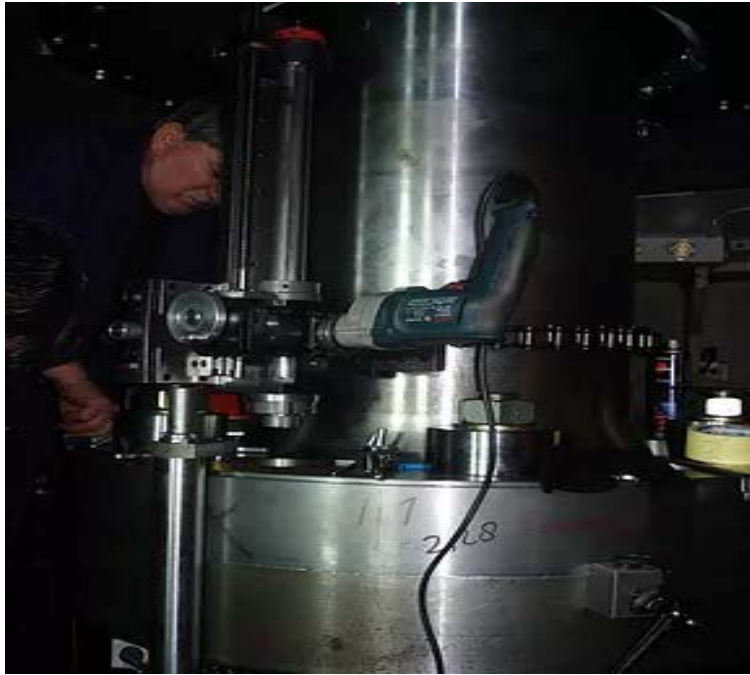


Рисунок 3.23 – Робота на простій ТРС



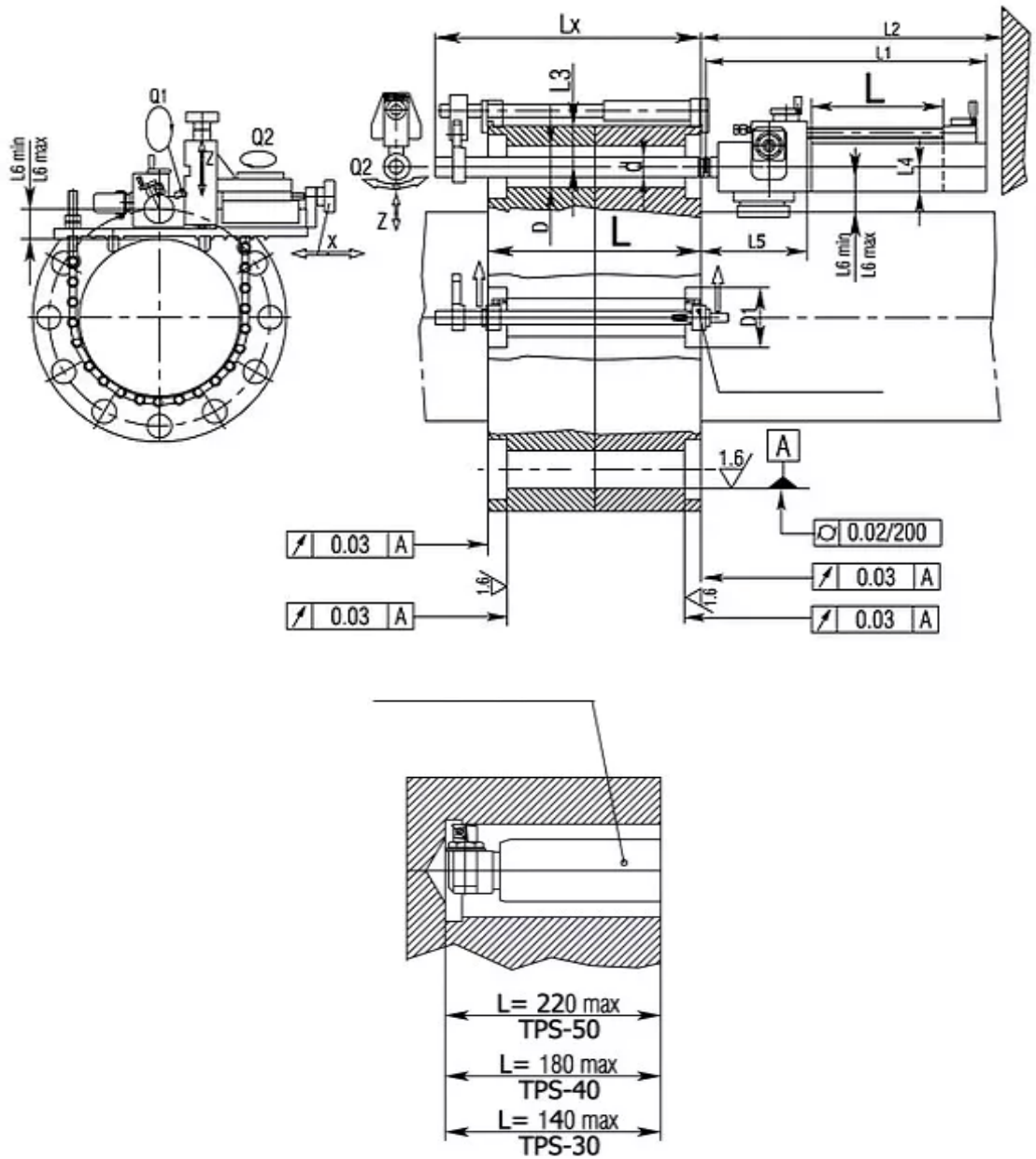


Рисунок 3.24 – Прецизійний мобільний пристрій TPS

### 3.4.3 Мобільний металорізальний агрегатний верстат FFMM-4000

Мобільний металорізальний агрегатний верстат FFMM-4000 призначений для токарної обробки великих фланців рис 3.25.

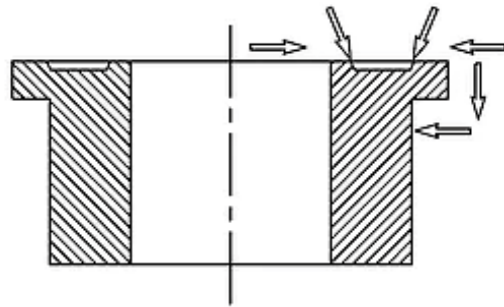
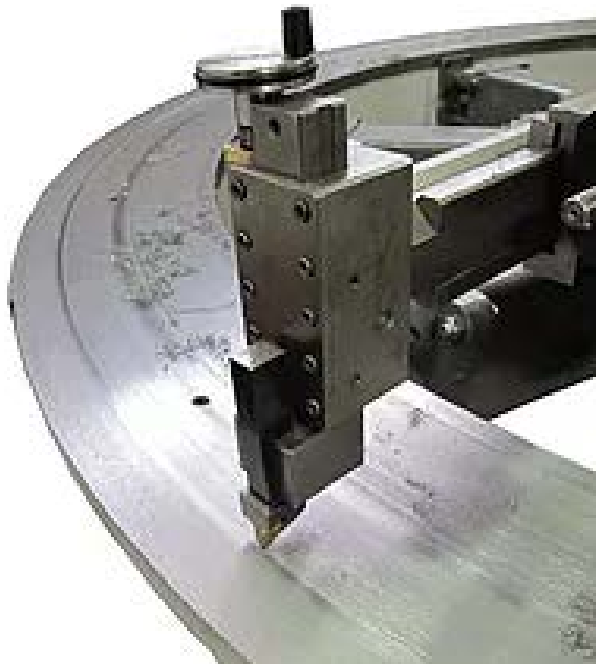


Рисунок 3.25 – Мобільний металорізальний агрегатний верстат FFMM-4000

## **Висновки**

В результаті проведеного аналізу компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатного модульної конструкції можна зробити висновки, що:

1) Поява портативних верстатів спровокована необхідністю в верстатах які можуть бути, доставлені до деталі і змонтовані на ній. Вони виступають якості альтернативи традиційним способам ремонту.

2) Застосування агрегатно-модульного принципу до портативних верстатів дозволяє верстатам бути більш гнучкими та скоротити час на їх проектування .

3) Аналізуючи існуючі портативні верстати можна зробити вивід, що вони призначені для широкого діапазону ремонтних робіт. Виготовляються в основному зарубіжними фірмами такими як CLIMAX, а у нас на ринку вони продаються їх представниками.

## **РОЗДІЛ 4**

### **ПОРТАТИВНІ СТАНКИ ОСТАННЬОГО ПОКОЛІННЯ**

#### **4.1 Портативні станки**

Протягом останніх п'яти років портативні станки стали важливим елементом сучасної промисловості та будівництва завдяки своїй мобільності та ефективності. Серед закордонних виробників, таких як Bosch, Makita, DeWalt та інші, розглянемо моделі, що відрізняються високою точністю, продуктивністю та інноваційними функціями.

1. Makita DHP484 – модель з високою потужністю і ергономічним дизайном, популярна завдяки регулюванню швидкості та енергоефективній батареї.

2. DeWalt XR FlexVolt – оснащена системою FlexVolt, яка забезпечує тривалу автономну роботу та високу продуктивність у важкодоступних місцях.

3. Bosch GCM 12 GDL – портативний різальний станок з інноваційною направляючою системою, яка гарантує високу точність різання.

#### **4.2 Новітні українські портативні станки**

Українські виробники, такі як Харківський верстатобудівний завод та Київський механічний завод, зосереджуються на створенні доступних та надійних портативних станків, адаптованих до місцевих потреб.

1. УМС-150 – портативний свердлильний станок від Харківського заводу, відзначається простотою конструкції та низькою вартістю.

2. Київ-1200 – різальний станок від Київського механічного заводу, що вирізняється компактністю і зручністю в транспортуванні.

4.3 Порівняльна характеристика, переваги та недоліки наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Порівняльна таблиця характеристик, переваг та недоліків

Назва	Виробник (країна)	Вага (кг)	Час автономної роботи (год)	Споживання енергії (Вт)	Переваги	Недоліки
Makita DHP484	Японія	2.9	4	45	Висока потужність, ергономічність, регулювання швидкості	Висока вартість, складність обслуговування
DeWalt XR FlexVolt	США	3.2	3	50	Тривала автономна робота, зручність	Значна вага, висока вартість, потреба в спеціалізованому обслуговуванні
Bosch GCM 12 GDL	Німеччина	4.1	3.5	55	Висока точність, багатофункціональність	Громіздкість, висока ціна
УМС-150	Харківський завод (Україна)	3.5	3.5	40	Доступна ціна, простота ремонту	Обмежена потужність, відсутність інновацій
Київ-1200	Київський механічний завод (Україна)	3.0	2.5	38	Компактність, зручність транспортування	Короткий термін служби акумулятора, менша потужність

## **Висновки**

Зарубіжні моделі портативних станків характеризуються високою потужністю, точністю та технологічними інноваціями, але вони мають високу вартість та іноді складні в обслуговуванні. Українські моделі, з іншого боку, пропонують доступніші ціни, простоту ремонту та адаптованість до місцевих умов, що робить їх привабливими для внутрішнього ринку.

## РОЗДІЛ 5

### МЕТОДИКА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ З АНАЛІЗУ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЇ КОМПОНУВАНЬ ПОРТАТИВНОГО МОБІЛЬНОГО МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

В цьому розділі розробимо методичні вказівки до проведення практичної роботи на тему “Аналіз та систематизація компонувань портативного мобільного металорізального обладнання” з дисципліни “Ріжучі інструменти та обладнання для обробки металів” для студентів інженерно-педагогічної спеціальності “Професійне навчання. Галузеве машинобудування”.

**Практичні роботи** – це форма занять, на яких виробляються навички застосування одержаних знань для вирішення практичних задач.

Дидактичний проект практичного заняття визначається структурою заняття і включає:

#### 5.1 Вихідні дані

Сформулюємо вихідні дані для розробки методики професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компонувань портативного мобільного металорізального обладнання:

тип закладу освіти - ПТЗО ( професійно-технічний заклад освіти);

освітній рівень - фаховий молодший бакалавр;

назва спеціальності: “Професійне навчання. Галузеве машинобудування”;

дидактичні цілі навчальної дисципліни “Ріжучі інструменти та обладнання для обробки металів”:

1. Формування знань про основні види ріжучих інструментів та обладнання для обробки металів;

2. Формування умінь щодо вибору та застосування ріжучих інструментів та обладнання для обробки металів;

3. Формування практичних навичок з догляду та експлуатації інструментів і обладнання;

4. Формування знань про безпечну роботу з ріжучими інструментами та обладнанням.

## 5.2 Постановка дидактичної мети практичної роботи

Тема практичної роботи: “Аналіз та систематизація компонувань портативного мобільного металорізального обладнання”. Розглянемо дидактичні цілі практичної роботи (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1

Дидактичні цілі практичної роботи

Дидактична ціль практичної роботи	Рівень цілі	Умови досягнення цілі	Результат у вигляді дій, які учні повинні продемонструвати в результаті виконання практичної роботи, та їх характеристика
1	2	3	4
Оволодіння навичками використання портативних металорізальних інструментів	Засвоєння практичних навичок	Студенти доцільно обирають портативний металорізальний інструмент для обробки певного виду металу та налаштувати його згідно вимог	Студент демонструє вміння вибирати відповідне обладнання для різних завдань, налаштовувати інструмент, а також виконувати різання металу відповідно до технологічних вимог

## Продовження таблиці 5.1

Дидактична ціль практичної роботи	Рівень цілі	Умови досягнення цілі	Результат у вигляді дій, які учні повинні продемонструвати в результаті виконання практичної роботи, та їх характеристика
1	2	3	4
Виявлення та усунення технічних несправностей портативного металорізального обладнання	Розвиток діагностичних та ремонтних навичок	Уміння виявляти несправності у роботі обладнання(інструменту) та здійснювати прості ремонтні роботи або налаштування	Студент виконує діагностику та ремонт інструменту, вирішує проблеми, що виникають під час роботи, наприклад, замінює диск, перевіряє налаштування двигуна або змінює пошкоджені деталі
Забезпечення безпеки при роботі з портативними металорізальними інструментами	Засвоєння правил безпеки	Використання засобів індивідуального захисту (рукавички, окуляри, захисний екран) і дотримання правил безпеки під час роботи	Студент чітко дотримується всіх стандартів безпеки: носить необхідний захист, дотримується інструкцій при роботі з обладнанням, усуває небезпечні фактори

### 5.3 Аналіз базових умов навчання

Сформулюємо перелік понять, законів, відомостей, які повинні бути сформованими у студентів для того, щоби вони могли приступити до виконання практичної роботи, вкажемо дисципліни і теми, в яких формувався базовий навчальний матеріал, а також наведемо методи і засоби контролю рівня їх сформованості. На той випадок, якщо учні недостатньо володіють базовим

навчальним матеріалом, вкажемо, як буде проводитися актуалізація або поповнення базових знань і способів дії (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2

## Аналіз базового матеріалу і способи актуалізації базових знань

Перелік базових понять, законів, способів дії	Назва дисциплін і тем, в яких формуються базові знання й дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
1	2	3	4
Типи портативного металорізального обладнання: болгарки, шліфувальні машини, дискові пилки, електричні ножиці	<i>Дисципліни:</i> «Технології обробки металів», «Механічна обробка матеріалів», «Машини та обладнання для обробки матеріалів». <i>Теми:</i> «Основи металорізальних технологій», «Типи металорізальних інструментів»	- Практичні роботи: вибір інструменту для різних завдань. - Тести на визначення типів інструментів. - Усне опитування з поясненням призначення інструментів	- Демонстрація роботи різних інструментів. - Порівняння характеристик інструментів за допомогою технічних паспортів. - Використання презентацій та відео з реальними прикладами застосування
Технічні характеристики металорізальних інструментів: швидкість обертання,	<i>Дисципліни:</i> «Технічні характеристики ріжучих інструментів», «Матеріалознавство»,	- Контроль через тестування технічних характеристик інструментів. - Розв'язування задач на вибір параметрів для різних типів матеріалів	- Виконання вправ на підбір параметрів інструмента для різних металів. Інтерактивні вправи та симуляції

## Продовження таблиці 5.2

Перелік базових понять, законів, способів дії	Назва дисциплін і тем, в яких формуються базові знання й дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
1	2	3	4
глибина різь, матеріали для різання	«Машинобудування». Теми: «Основи вибору інструменту в залежності від матеріалу»		на комп'ютерних програмах
Правила безпеки при роботі з портативним обладнанням: використання засобів індивідуального захисту, перевірка справності інструменту	Дисципліни: «Основи охорони праці», «Безпека життєдіяльності», «Технічне обслуговування обладнання». Теми: «Безпека при використанні металорізальних інструментів»	- Спостереження за дотриманням безпеки під час практичних занять. - Тестування знань безпеки (теоретичні питання). - Практичні завдання з усунення можливих небезпечних ситуацій	- Проведення уроків безпеки з обговоренням типових небезпек. - Розбір реальних ситуацій з порушеннями безпеки. - Симуляція аварійних ситуацій та тренування реакцій студентів
Методи налаштування і регулювання металорізального інструменту: налаштування швидкості обертання, глибини різь	Дисципліни: «Технології обробки матеріалів», «Інструментальне виробництво», «Механізми та обладнання для обробки металів»	- Практичні роботи з налаштування інструментів. - Оцінка точності налаштування (контроль параметрів різання)	- Проведення лабораторних робіт, що включають налаштування інструментів для різних матеріалів

## Продовження таблиці 5.2

Перелік базових понять, законів, способів дії	Назва дисциплін і тем, в яких формується базові знання й дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
1	2	3	4
	Теми: «Налаштування інструментів для обробки металів»	- Оцінка ефективності налаштування через результати роботи	- Інтерактивні заняття, де студенти налаштовують інструменти під конкретні завдання
Технічне обслуговування та ремонт металорізальних інструментів: заміна дисків, перевірка справності, очищення обладнання	Дисципліни: «Технічне обслуговування та ремонт», «Обслуговування обладнання». Теми: «Основи технічного обслуговування металорізальних інструментів»	- Практичне виконання завдань на обслуговування інструментів. - Письмові тести на знання процедур обслуговування та діагностики несправностей	- Показ наочних прикладів з ремонту та обслуговування інструментів. - Створення практичних завдань для діагностики несправностей і проведення обслуговування інструментів

Наведемо джерела, за якими студент має змогу повторити базовий навчальний матеріал при підготовці до практичної роботи:

1. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Львів, 2015.
2. Вакуленко І.О., Кадильникова Т.М., Проїдак С.В. Технологія механічної обробки металевих матеріалів. Дніпропетровськ, 2014.
3. Кальченко В.І., Кальченко В.В., Рудик А.В., Венжега В.І. Металорізальні верстати та системи. Чернігів, 2007. - 140 с.
4. Швець С.В. Металорізальні інструменти. Суми, 2007.

#### 5.4 Розробка мотиваційних технологій навчання

Проведемо вибір типу мотивації навчальної діяльності студентів на практичному занятті “Аналіз та систематизація компонувань мобільного металорізального обладнання”, а також наведемо опис методів мотивування (табл. 5.3.).

Таблиця 5.3

##### Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація	Підтримуюча (поточна) мотивація
1	2	3
Вид: зовнішня мотивація Методи: 1. Метод заохочення	за активну та добре виконану роботу з мінімальною допомогою викладача, отримання додаткового балу, який можна використати у разі незадоволення отриманою оцінкою у майбутньому (можна використовувати максимум 3 рази за семестр)	треба нагадувати студентам, що за активну та добре виконану роботу з мінімальною допомогою викладача можна отримати додатковий бал
Вид: внутрішня мотивація Методи: 1. Мотивуючий вступ	Привітатись зі студентами, розповісти про шлях проходження теми “Аналіз та систематизація компонувань мобільного металорізального обладнання” та наголосити, що дана тема є дуже важливою при підготовці фахівців машинобудівної	Розповісти, що після опрацювання теми “Аналіз та систематизація компонувань мобільного металорізального обладнання”, студенти матимуть змогу виконувати певні операції, наприклад:

## Продовження таблиці 5.3

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація	Підтримуюча (поточна) мотивація
1	2	3
	галузі	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доцільний вибір мобільного металорізального обладнання</li> <li>2. Усувати технічні несправності при роботі з мобільним металорізальним обладнанням</li> <li>3. Виконувати операції різної складності при роботі з мобільним металорізальним обладнанням</li> <li>4. Знати та дотримуватись правил безпечної експлуатації мобільного металорізального обладнання</li> </ol>
<p>Вид: внутрішня мотивація</p> <p>Методи:</p> <p>2. Метод виклику інтересу</p>	<p>Презентувати подачу нового матеріалу за допомогою власного прикладу, тобто показати студентам, що після опрацювання теоретичного матеріалу, вони так як і викладач з легкістю зможуть зробити певний вид практичної роботи</p>	<p>Нагадувати студентам, що колись в них не виходили певні види робіт, на даний момент вони можуть це зробити та й ще навчитись новим практичним навичкам</p>

## 5.5 Формування системи задач і завдань для вирішення і виконання на практичній роботі

Сформулюємо задачі, які мають бути вирішені на практичному занятті “Аналіз та систематизація компонувань мобільного металорізального обладнання” та охарактеризуємо їх (табл. 5.4). Сформульовані задачі можуть бути:

- за способом виразу умов задачі (кількісні або якісні). Перші вимагають обчислень, другі – відповідей в словесній формі;
- за цільовим призначенням (для закріплення або для контролю). Метою перших є формування певного виду діяльності в процесі рішення задач. Другий тип задач припускає, що певного виду умінь вже сформовані);
- за рівнем самостійності (задачі для вирішення під керівництвом викладача і для самостійної роботи. Задачі останнього типу припускають знання алгоритму рішення і засобів рішення задач);
- за рівнем складності (прості, комбіновані, логічні і творчі задачі).

Прості задачі вимагають застосування готової формули для їх рішення. Для вирішення комбінованих задач необхідно використати декілька формул, знайти логічні зв'язки, які вносять в кожну задачу елемент нового. Логічні задачі вимагають декількох етапів дій. Вони, як правило, розв'язуються без опори на орієнтири і вимагають вибору учнями необхідних даних і ходу рішення. До творчих відносять задачі дослідницького характеру, що включають постановку і вирішення проблеми.

Типові задачі обрані таким чином, щоб поступово підвищувалася їхня складність (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

## Зміст і характеристика задач і завдань

№ зад ачі	Зміст задачі	Характеристика задачі			
		за способом виразу умов	за цільовим призначенн ям	за рівнем складності	за рівнем самостійності
1	2	3	4	5	6
1	Розрахунок необхідних параметрів для розточування заготовки на модульній розточній системі, враховуючи правила техніки безпеки	кількісна	для закріплення	проста задача	під керівництвом викладача
2	Вибір інструментів для розточування заготовки з різних матеріалів, з урахуванням безпечного застосування	кількісна	для закріплення	комбінована задача	для самостійної роботи
3	Оцінка якості обробленої поверхні після використання різних режимів обробки з дотриманням заходів безпеки	якісна	для закріплення	логічна задача	під керівництвом викладача

## Продовження таблиці 5.4

№ зад ачі	Зміст задачі	Характеристика задачі			
		за способом виразу умов	за цільовим призначен ням	за рівнем складності	за рівнем самостійності
1	2	3	4	5	6
4	Аналіз ефективності різних способів фіксації заготовки на модульній розточній системі для досягнення максимальної точності з урахуванням техніки безпеки	якісна	для контролю	логічна задача	для самостійної роботи
5	Розробка технологічного процесу обробки деталі на модульній розточній системі для конкретного виробничого завдання з урахуванням правил техніки безпеки	якісна та кількісна	для контролю	творча задача	для самостійної роботи

Для кожної задачі визначимо її елементи (дані, умови, невідоме), пояснимо позначення, схеми, малюнки (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

## Аналіз задач

№ задачі	Зміст задачі	Дані	Умови	Невідоме
1	2	3	4	5
1	Розрахунок необхідних параметрів для розточування заготовки на модульній розточній системі з урахуванням правил техніки безпеки	Тип заготовки, матеріал, необхідна точність, заходи безпеки	Швидкість обертання, подача, параметри безпеки	Оптимальні параметри обробки, правила безпеки
2	Вибір інструментів для розточування заготовки з різних матеріалів, з урахуванням безпеки застосування	Тип матеріалу заготовки, техніка безпеки	Інструмент для розточування	Вибір інструмента, заходи безпеки при використанні
3	Оцінка якості обробленої поверхні після використання різних режимів обробки при дотриманні техніки безпеки	Технічні характеристики заготовки, інструмент, засоби захисту	Поверхня після обробки, умови безпеки	Оцінка якості поверхні, заходи безпеки
4	Аналіз ефективності різних способів фіксації заготовки з урахуванням техніки безпеки	Види фіксацій, типи заготовок, техніка безпеки	Метод фіксації	Найефективніший спосіб фіксації, забезпечення безпеки
5	Розробка технологічного процесу обробки деталі на модульній розточній системі з урахуванням техніки безпеки	Технічні вимоги, матеріал, засоби захисту	Технологічний процес, безпека	Розроблений процес обробки, заходи безпеки

## 5.6 Розробка способів формування ООД з теми “Аналіз та систематизація компанувань мобільного металорізального обладнання”

Орієнтовна основа діяльності (ООД) з рішення задач, перш за все, включає вивчення і роз'яснення поставленої задачі: аналіз змісту задачі, виявлення її суті. Цей етап дуже важливий, оскільки багато помилок в рішенні задач студентами є результатом саме нерозуміння самої задачі. Після цього етапу слід розробити план рішення задачі.

Формування ООД може проводитися в різний спосіб: наданням алгоритму рішення певного типу задач або прикладу рішення, що виконується викладачем чи студентом у дошки. Сформулюємо ООД викладача і студентом відповідно до теми “Безпека при використанні портативного металорізального обладнання” (таблиця 5.6).

Таблиця 5.6

Способи формування ООД

№ задачі	Методи, засоби формування ООД	Змістовні матеріали з формування ООД
1	2	3
1	1. Пояснення постановки задачі. 2. Алгоритм розв'язку через покрокове виконання. 3. Практична демонстрація рішення задачі викладачем	1. Опис модульної розточної системи та її компонентів. 2. Алгоритм визначення параметрів обробки: вибір інструменту, режимів роботи та їх корекція. 3. Правила техніки безпеки при роботі з розточними системами <i>Алгоритм рішення:</i> 1. Оцінка типу заготовки і матеріалу. 2. Визначення необхідних параметрів обробки: швидкість обертання, подача, глибина різання. 3. Вибір інструмента з урахуванням матеріалу. 4. Налаштування верстата та забезпечення безпеки. 5. Контроль параметрів обробки в процесі роботи
2	1. Колективна робота для визначення правильного інструменту	1. Види інструментів для різних матеріалів та типів обробки. 2. Алгоритм вибору інструмента на основі характеристик заготовки і матеріалу

## Продовження таблиці 5.6

№ задачі	Методи, засоби формування ООД	Змістовні матеріали з формування ООД
1	2	3
	<p>2. Розв'язання задачі на дошці з демонстрацією обчислень</p> <p>3. Тренувальні вправи для самостійної роботи з використанням калькуляторів або програмного забезпечення</p>	<p>3. Демонстрація принципів безпечного використання інструментів</p> <p><i>Алгоритм рішення:</i></p> <p>1. Визначення типу обробки (розточування, фрезерування тощо)</p> <p>Оцінка матеріалу заготовки та його характеристик</p> <p>3. Вибір інструмента на основі вимог до точності та швидкості обробки.</p> <p>4. Перевірка інструмента на наявність дефектів та правильність встановлення на верстат</p> <p>5. Перевірка налаштувань верстата перед початком роботи</p>
3	<p>1. Визначення ключових критеріїв якості обробленої поверхні</p> <p>2. Інтерактивне обговорення з групою</p> <p>3. Виконання завдання на прикладах з реальними деталями (на зразках)</p>	<p>1. Характеристики якості обробки (шорсткість, точність, поверхневе зношування)</p> <p>2. Принципи контролю якості при обробці.</p> <p>3. Техніки безпеки для перевірки готової продукції (погляд з точки зору безпеки)</p> <p><i>Алгоритм рішення:</i></p> <p>1. Оцінка вимог до якості обробленої поверхні (шорсткість, точність)</p> <p>2. Вибір методів вимірювання: мікрометр, штангенциркуль, прилади для контролю шорсткості</p> <p>3. Порівняння результатів вимірювання з технічними умовами</p> <p>4. Визначення необхідних коригувань у процесі обробки для досягнення необхідної якості</p>
4	<p>1. Створення схем фіксації заготовки</p> <p>2. Алгоритм вибору фіксуючих механізмів.</p> <p>3. Практична робота з налаштування фіксаторів на верстаті</p>	<p>1. Методи фіксації та технологічні деталі (типи затискачів, кріплень)</p> <p>2. Алгоритм коригування фіксації на основі точності обробки</p> <p>3. Важливість дотримання стандартів безпеки при роботі з фіксаторами</p> <p><i>Алгоритм рішення:</i></p> <p>1. Вибір типу фіксації залежно від форми та</p>

## Продовження таблиці 5.6

№ задачі	Методи, засоби формування ООД	Змістовні матеріали з формування ООД
1	2	3
4		<p>розміру заготовки</p> <p>2. Розробка схеми фіксації для забезпечення максимальної точності</p> <p>3. Перевірка надійності фіксації перед початком обробки</p> <p>4. Регулювання фіксуючих механізмів для уникнення переміщень під час обробки</p> <p>5. Дотримання техніки безпеки при роботі з фіксуючими елементами</p>
5	<p>1. Обговорення усіх етапів розробки процесу обробки</p> <p>2. Створення технологічних карт та алгоритмів</p> <p>3. Творчий підхід до обґрунтування процесу</p>	<p>1. Опис процесу обробки з урахуванням параметрів верстата та інструментів.</p> <p>2. Алгоритм розробки технологічного процесу, включаючи безпеку.</p> <p>3. Методика оцінки ефективності процесу з точки зору витрат часу та якості.</p> <p><i>Алгоритм рішення:</i></p> <p>1. Аналіз вихідних даних для обробки деталі</p> <p>2. Вибір оптимальних параметрів обробки: швидкість, подача, тип інструмента</p> <p>3. Розробка послідовності операцій для обробки деталі на модульній розточній системі</p> <p>4. Визначення часу обробки та необхідних ресурсів</p> <p>5. Підготовка документації та технологічної карти</p> <p>6. Оцінка ефективності та безпеки процесу</p>

### 5.7 Розробка способів формування виконавчих дій, організація виконання завдань та рішення задач

Рішення задач та виконання завдань може виконуватися в різний спосіб організації: викладачем, роботи студентів у дошки, індивідуально кожним студентом при спостереженні з боку викладача, груповим методом. В дидактичному проекті вкажемо для кожної задачі чи завдання форму

виконавчих дій та наведемо методичні вказівки щодо організації роботи на цьому етапі практичної роботи. Характеристика організації роботи студентів на практичному занятті наведено у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

## Організація роботи студентів на практичному занятті

№ задачі	Зміст задачі або завдання	Спосіб організації рішення задачі або виконання завдання
1	2	3
1	Визначення параметрів обробки для заготовки (вибір інструменту, режимів роботи)	<i>Індивідуальна робота з наглядом викладача:</i> кожен студент самостійно розраховує параметри обробки, потім порівнює рішення з викладачем, який коригує помилки або дає поради. Викладач демонструє правильні приклади на дошці
2	Вибір інструменту для обробки залежно від матеріалу заготовки	<i>Групова робота:</i> студенти працюють в групах, де кожен має свою роль (наприклад, один вибирає інструмент, інший визначає параметри роботи). Після виконання групи обговорюють рішення, викладач коригує вибір, дає зворотний зв'язок
3	Контроль якості обробленої поверхні (шорсткість, точність)	<i>Індивідуальна робота:</i> студенти за допомогою вимірних інструментів (мікромметр, штангенциркуль) перевіряють якість обробки заготовки. Викладач спостерігає за виконанням завдання, дає індивідуальні рекомендації щодо покращення результатів
4	Налаштування фіксаторів для заготовки на верстаті	<i>Демонстрація викладачем із подальшим виконанням студентами:</i> викладач показує на дошці схеми правильного налаштування фіксаторів. Після цього студенти, працюючи індивідуально, налаштовують фіксатори на верстатах, а викладач надає допомогу та перевіряє роботу кожного

## Продовження таблиці 5.7

№ задачі	Зміст задачі або завдання	Спосіб організації рішення задачі або виконання завдання
1	2	3
5	Розробка технологічної карти для обробки деталі	<i>Колективна робота:</i> студенти працюють разом, розробляючи технологічну карту, визначають послідовність операцій, інструменти та параметри для обробки. Викладач дає поради та допомагає групам із правильним оформленням карти

### 5.8 Розробка способів контролю сформованих умінь

Правильність рішення задач визначається одержаним результатом: його відповідністю до вірного (еталонного) значення. При цьому важливе значення має розуміння учнем (студентом) фізичного змісту і реальність одержаного результату.

Оцінка одержаних результатів може надаватися саме з урахуванням цих показників (таблиця 5.8).

Таблиця 5.8

## Оцінка результатів

№ задачі	Одержаний студентом результат	Оцінка реальності одержаного результату	Фізичний зміст отриманого результату	Вірний результат та його характеристика	Оцінка виконання завдання викладачем
1	2	3	4	5	6
1	Студент налаштував модульну розточувальну систему для обробки заготовки	Перевірка виявила, що фіксатор не відповідає параметрам, передбаченим технічними вимогами	Установка заготовки некоректна, немає необхідної фіксації, що може вплинути на	Налаштування не відповідають технічним вимогам, відсутність належної фіксації	Оцінка: 1 бал (завдання виконано неналежно, значні відхилення від норм і технічних вимог)

## Продовження таблиці 5.8

№ задачі	Одержаний студентом результат	Оцінка реальності одержаного результату	Фізичний зміст отриманого результату	Вірний результат та його характеристика	Оцінка виконання завдання викладачем
	2	3	4	5	6
			точність	заготовки	
2	Студент налаштував модульну розточувальну систему для обробки заготовки	Фіксація заготовки на верстаті не є достатньо надійною, що може призвести до неточності розточування	Невірно налаштована система фіксації, заготовка може рухатись під час обробки	Неправильне налаштування фіксаторів, не забезпечено точність розточування, що порушує технічні вимоги	Оцінка: 2 бали (недостатньо для виконання завдання, значні помилки в налаштуванні фіксаторів та точності)
3	Студент виконав контроль за точністю обробленої поверхні (діаметри, шорсткість)	Перевірка вимірів за допомогою штангенциркуля або мікрометра	Студент має забезпечити відповідність діаметра і шорсткості вимогам технічного завдання	Точність діаметра в межах допусків, шорсткість відповідає заданим параметрам (наприклад, Ra = 0.8)	Оцінка: 3 балів (шорсткість на межі норми, потребує доопрацювання)
4	Студент налаштував режим обробки для модульної розточувальної системи (швидкість, подача)	Перевірка точності встановлених режимів обробки та їх відповідність матеріалу	Параметри розточування, зокрема швидкість обробки та подача, мають бути оптимальними для оброблюваного матеріалу	Режими обробки встановлені в межах рекомендованих значень, відповідно до типу матеріалу	Оцінка: 3 балів (параметри обробки в основному вірні, але необхідно коригувати подачу для більшої точності)

## Продовження таблиці 5.8

№ задачі	Одержаний студентом результат	Оцінка реальності одержаного результату	Фізичний зміст отриманого результату	Вірний результат та його характеристика	Оцінка виконання завдання викладачем
1	2	3	4	5	6
5	Студент налаштував модульну розточувальну систему для обробки заготовки	Перевірка налаштувань: є погрішності у точності установки та фіксації заготовки на верстаті	Забезпечення надійної фіксації заготовки в модульній системі для точності розточування	Вірне налаштування та фіксація заготовки відповідно до технічних вимог, точність розточування	Оцінка: 4 бали (виконано правильно, але з деякими неточностями в налаштуванні фіксаторів)
6	Студент вибрав відповідні модулі інструментів для виконання розточування	Оцінка відповідності вибору інструменту до матеріалу та вимог обробки	Вірний вибір інструмента для конкретної операції: розточування, профілювання, шліфування	Вірний вибір інструмента для розточування з урахуванням матеріалу і вимог до обробки	Оцінка: 5 балів (правильний вибір інструменту, налаштування без помилок)

**5.9 Сценарій практичного заняття**

Наведемо взаємопов'язані дії викладача й студентів у вигляді таблиці 5.9

Таблиця 5.9

## Сценарій проведення практичного заняття

Етапи проведення практичного заняття	Дії викладача	Дії учнів (студентів)
1	2	3
Організація початку заняття	Привітання та перевірка наявності студентів	Вітання викладача, готовність до роботи

Продовження таблиці 5.9

Етапи проведення практичного заняття	Дії викладача	Дії учнів (студентів)
1	2	3
Повідомлення теми, цілі і мотивація цілі	Оголошення теми заняття та пояснення її важливості	Прослуховування та прийняття інформації про тему заняття
Аналіз сформованості та актуалізація опорних знань	Перевірка рівня знань студентів через питання чи коротку бесіду	Відповіді на запитання викладача, самоперевірка наявності базових знань, що стосуються модульної розточувальної системи
Формулювання і пояснення задач і завдань	Формулювання завдань практичної роботи, пояснення умов задач і завдань	Вивчення умов задач, з'ясування непорозумінь і запитання до викладача для уточнення деталей завдань
Формування ООД	Роз'яснення алгоритму виконання задач, надання прикладів розв'язків, а також методичних вказівок	Застосування наданого алгоритму та прикладів для виконання завдань
Виконавчі дії (рішення задач, виконання завдань, формулювання висновків)	Спостереження за виконанням завдань, надання допомоги у разі потреби, корекція помилок	Самостійне виконання завдань або робота під керівництвом викладача. Ведення записів і підготовка висновків
Контрольні дії	Проведення контролю результатів роботи (перевірка точності виконання завдань, відповідності до стандартів)	Відповіді на питання викладача, перевірка роботи студентів за допомогою вимірювальних приладів, обговорення результатів
Оцінка результатів роботи	Оцінка виконаних завдань за встановленими критеріями, пояснення результатів роботи, надання зворотного зв'язку	Прийом оцінки, обговорення можливих помилок і варіантів покращення виконаних завдань

## **Висновки**

Отже, розробка практичного заняття з теми “Аналіз та систематизація компонувань мобільного металорізального обладнання” дозволить студентам машинобудівної галузі оволодіти навичками роботи з мобільним металорізальним обладнанням, зокрема з модульною розточувальною системою; навчитись виявляти та коректно усувати технічні несправності мобільного металорізального обладнання; розглянути та сформулювати вміння та навички безпечного догляду та експлуатації мобільного металорізального обладнання. Під час проведення практичного заняття використовуються мотиваційні заходи, які вплинуть на гарне оволодіння не тільки дисципліною “Ріжучі інструменти та обладнання для обробки металів”, а й на весь шлях оволодіння професійними навичками.

## ВИСНОВКИ

Під час розробки магістерської кваліфікаційної роботи (дипломного проєкту) у першому розділі виконано аналіз професійної підготовки фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компанувань мобільного металорізального обладнання, виходячи з якого виявлено, що на сьогоднішній день підготовка фахівців машинобудівної галузі потребує комплексного підходу, який буде включати адаптацію навчальних програм, застосування новітніх технологій, впровадження практичного навчання, розширення формату навчання та тісну співпрацю з виробничими підприємствами. Це дозволить підготувати кваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати з новітнім обладнанням та забезпечити успішний розвиток машинобудівної галузі.

У другому розділі розглянуто дослідження і публікації, які стосуються проблем компанувань мобільного металорізального обладнання агрегатно-модульної конструкції, зокрема розглянуто безпосередньо агрегатно-модульний принцип та теорію компановок.

У третьому розділі виконано аналіз компанувань мобільного металорізального обладнання, визначено причини та передумови їх появи ; наведено обґрунтування агрегатно-модульного принципу стосовно портативних верстатів.

У четвертому розділі розглянуто вітчизняне та зарубіжне портативне мобільне металорізальне обладнання, яке виготовлялось протягом останніх п'яти років, а також наведена їх порівняльна характеристика у вигляді таблиці.

У п'ятому розділі виконано розробку методичних вказівок до проведення практичної роботи з теми “Аналіз та систематизація компанувань мобільного металорізального обладнання” з дисципліни “Ріжучі інструменти та обладнання для обробки металів”; запропонована методика може бути покладена в основу інноваційних технологій підготовки фахівців машинобудівної галузі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Analysis and Synthesis of Mobile Portable Machine Tools Layouts /Yakovenko, I., Permyakov A., Shepeliev, D., Sharlay, V., Slipchenko, S., Havryliuk, Y. Lecture Notes in Networks and Systems [this link is disabled](#), 2022, 534 LNNS, pp. 160–171 (SCOPUS)

2. JavaMach Cluster – единая платформа образования, науки и производства /Сокол Е.И., Добротворский С.С., Пермяков А.А., Гнучих С.С. //Сучасні технології в машинобудуванні = Modern technologies in mechanical engineering : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – Вип. 12. – С. 3-4.

3. JavaMash Cluster – Виртуальная инженерия / Добротворский С.С, Гнучих С.С., Заманов М.С., Пермяков А.А. //Труды Двадцать седьмой международной конференции «Новые технологии и в машиностроении» (3-8 сентября 2017 г., Коблево). – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2017. – С.60-61

4. Lifecycle Management of Modular Machine Tools /Yakovenko I., Permyakov A., Ivanova M., Basova Y., Shepeliev D. Lecture Notes in Mechanical Engineering [this link is disabled](#), 2021, стр. 127–137 (SCOPUS)

5. Parametric Optimization of Technological Layout of Modular Machine Tools / Yakovenko I., Permyakov A., Naboka O., Prihodko O., Havryliuk Y. //In: Ivanov V., Trojanowska J., Pavlenko I., Zajac J., Peraković D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. – 2020. – pp. 85-93 (SCOPUS)

6. Structural Optimization of Technological Layout of Modular Machine Tools /Yakovenko I., Permyakov A., Prihodko O., Basova Y., Ivanova M. //In: Tonkonogyi V. et al. (eds) Advanced Manufacturing Processes. InterPartner 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. – 2020. – pp. 352-363. (SCOPUS)

7. Анализ компоновок современных агрегатных станков с поворотнodelительным барабаном /Тимофеев Ю.В., Пермяков А.А., Яковенко И.Э.

//Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Технологии в машиностроении. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2015. – № 40 (1149). – С. 96-101

8. Гнучкі виробничі системи: навчальний посібник для студентів напрямку 131 Прикладна механіка – 2-е вид. перероблене та доповнене /Л.Е. Яковенко, О. А. Пермяков, О. М. Шелковой - Харків: «Діса плюс», 2021. – 284 с.

9.Интегрированные генеративные технологии: учеб. пособие [для студ. выс. учеб. заведений] /А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок, Л.И. Пупань, В.А. Фадеев; под ред. А.И. Грабченко. - Харьков: НТУ "ХПИ", 2011. - 416 с.

10. Іванченко Є. А. [Інтегративні процеси в професійній підготовці майбутніх фахівців: теорія та практика використання, с. 2.](#)

11. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва / Г. В. Біловол, М. І. Гасанов, О. О. Ключко, О. В. Набока, А. О. Скоркин, О. М. Шелковой: навчальний посібник. / за ред. О.М. Шелкового Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 500 с.

12. Каталог фірми Mirage. [Електронний ресурс ] – Режим доступу [www.miragemachines.com](http://www.miragemachines.com)

13. Каталог фірми Serco. [Електронний ресурс ] - Режим доступу <https://www.serco-tools.com/products>

14. Компонетика станков агрегатно-модульной конструкции. История и современность //Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», випуск 3. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С.32-33.

15. Компоновки мобильных станков для ремонта недемонтируемых деталей и узлов турбоагрегатов /А.А.Пермяков, М.Г.Ищенко, Д.К.Шепелев //Резание и инструменты в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб./ – Харьков : НТУ «ХПИ», 2018. –Вып. 88. С.166-171.

16. Компоновки мобильных станков для ремонта недемонтируемых деталей и узлов турбоагрегатов /Пермяков А.А., Ищенко М.Г., Шепелев Д.К.

/Резание и инструменты в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб./ – Харьков : НТУ «ХПИ», 2018. – Вып. 88. С.166-171

17. Компонування мобільних верстатів для ремонту недемонтуємих деталей та вузлів турбоагрегату /Пермяков О. А., Іщенко М. Г., Киркач О. Б., Шепелев Д. К //Наука та виробництво:міжвуз. темат. зб.наук. пр. Вип. 20 / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, ПДТУ, 2019. – С66-72.

18. Моделирование структур и систем управления циклом агрегатированных технологических систем на основе конечных автоматов /Пермяков А.А., Приходько О. Ю., Слипченко С. Е. // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ "ХПІ", 2016. – № 33 (1205). – С. 74–80

19. Наукова школа проектування, виготовлення та використання високопродуктивних агрегованих технологічних систем механообробки //Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ «ХПІ». - 2010.– №41 - С.3-7.

20. О компонентике технологического оборудования для ремонта недемонтируемых узлов турбоагрегатов /Пермяков А.А., Ищенко М.Г., Шепелев Д.К. //Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництва (МOM-2017): матеріали тез доповідей XVII мм міжнародної науково-практичної конференції (м.Чернігів, 1-3 листопада 2017 р.): /Чернігівський національний технічний університет. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – С.43-44.

21. О перспективах рынка станкостроения с позиций анализа мировых тенденций, концепции жизненного цикла оборудования и CALS-технологий /Пермяков А.А., Яковенко И.Э. //Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ «ХПІ». - 2010.– №53 - С.152-156.

22. О повышении точности обработки деталей на многопозиционном агрегатированном технологическом оборудовании /Пермяков А.А., Забара А.С.

//Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ «ХПІ». - 2010.– №53 - С.76-80.

23. Основи наукових досліджень. Моделювання процесів обробки металів різанням: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка /І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков, Ю.В. Петраков, О.І. Драчев - Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 145 с.

24. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні /П.О.Руденко. – К.: Вища шк., 2003. – 420 с.

25.[Реформа освіти та науки | Кабінет Міністрів України](#)

26. Технологічне прогнозування. Вступний курс: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка та 133 – Галузеве машинобудування /О.А.Пермяков, І.Е.Яковенко – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – 178 с.

27. Технологічні основи машинобудування / Б.Д. Сторож, М.Л. Мазур. – Ів. Франківськ, Хмельницький : ТУП, 2003. – 153 с.

28. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навч. посіб. /І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.; за ред. І.І. Юрчишина. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. – 527 с.