

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Пермяков О.А., Яковенко І.Е.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ

Вступний курс

Навчальний посібник

для студентів спеціальностей

131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»

Харків

НТУ «ХП»

2024 як лабораторний практикум для студентів спеціальностей
131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»

УДК 621.9

П26

Рецензенти:

Купріянов О.В., д-р. техн. наук, проф., Українська інженерно-педагогічна академія;

Степанов М.С., д-р. техн. наук, проф., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

*Рекомендовано вченою радою НТУ «ХПІ»,
протокол №6 від 23 вересня 2022 р.*

як навчальний посібник для студентів спеціальностей
131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»

Пермяков О.А.

П 26 Технологічне прогнозування. Вступний курс: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» /О.А.Пермяков, І.Е.Яковенко – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – 160 с.

ISBN 978-617-05-0463-0

Метою технологічного прогнозування є визначення на перспективу змін споживчих властивостей виробів, технологічних процесів і устаткування щодо їх виготовлення. Розглянуто основні питання, пов'язані з оцінкою технологій у машинобудуванні, що проводяться з метою виявлення їхнього потенціалу, які неможливі без розуміння еволюції технологічного обладнання для реалізації технологій у часі та прогнозування їх нових параметрів якості. Розглянуто методологію та методи прогнозування технологічних систем у машинобудуванні. Призначено для студентів усіх форм навчання спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузе-ве машинобудування» та інших спеціальностей галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Іл. 75. Табл. 18. Бібліогр. 25 назв.

УДК 621.9

ISBN 978-617-05-0463-0

© О.А. Пермяков, І.Е. Яковенко
© НТУ «ХПІ», 2024

Зміст

Замість передмови	5
Вступ	6
1 МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ	8
1.1 Терміни та визначення	8
1.2 Мета та завдання технологічного прогнозування	9
1.3 Методи прогнозування технологічних систем у машинобудуванні	12
1.4 S-криві в ілюстрації життєвих циклів попиту на товари (продукцію) та технології	18
1.4.1 Закон S-подібного розвитку	18
1.4.2 Аналіз життєвого циклу технології	24
1.4.3 Становлення та зміна технологічних укладів у світовому техніко-економічному розвитку	27
Запитання для самоконтролю	33
2 ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ	34
2.1 Загальні відомості про часові ряди	34
2.2 Трендові моделі на основі кривих зростання	35
2.3 Модель Хольта-Уінтерса	36
2.4 Приклад прогнозування часових рядів збуту проточно-накопичувальних електричних водонагрівачів (ЗВН) на основі моделі Хольта-Уінтерса	37
Запитання для самоконтролю	40
3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ В ГАЛУЗІ	41
3.1 Світовий ринок технологічного обладнання	41
3.2 Прогресивні технології у машинобудуванні	50
3.2.1. Класифікація методів обробки деталей в машинобудуванні	50
3.2.2. Термічна обробка та методи термомеханічного зміцнення	50
3.2.3. Лезові способи обробки та методи їх інтенсифікації	54
3.2.4 Сучасні методи абразивної обробки	55
3.2.5 Способи поверхневого пластичного деформування (ППД)	56
3.2.6 Фізико-хімічні засоби обробки	57
3.2.7 Світлопроменева обробка	58
3.2.8 Електронно-променева обробка матеріалів	58
3.2.9 Ультразвукова обробка	58
3.2.10 Електронно-імпульсна обробка	58

3.2.11 Електромеханічна обробка	58
3.3 Ощадливе виробництво	59
3.4 Мехатроніка як пріоритетний напрямок розвитку техносфери	66
Запитання для самоконтролю	73
4 ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	74
4.1 Технологічне прогнозування та прийняття рішень щодо вибору технологічного обладнання	74
4.2 Ретроспективний аналіз тенденцій у період 1960-1990 рр., 1990- 2000 рр. та екстраполяція на період до 2010 р.	
Запитання для самоконтролю	82
5 МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ	83
5.1 Агрегатні верстати та автоматичні лінії. Історія та сучасність	83
5.2 Компонетика (теорія компоновок) агрегатних верстатів	98
5.3 Аналіз компоновок агрегатних верстатів останнього покоління	104
Запитання для самоконтролю	142
6 ПОРТАТИВНІ ВЕРСТАТИ ЯК ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	143
6.1 Призначення портативних верстатів	143
6.2 Причини виникнення портативних металорізальних верстатів	143
6.3 Приклади компонування мобільних верстатів агрегатно- модульної конструкції для ремонту деталей і вузлів турбоагрегатів, що не демонтуються.	144
Запитання для самоконтролю	157
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	158

Замість передмови

Мотивом підготовки до видання цього навчального посібника став досвід викладання навчальної дисципліни «Основи технологічного прогнозування» для майбутніх інженерів-механіків. Технологічне прогнозування як галузь знань є традиційним для напрямів «Економіка», «Менеджмент», «Державне управління» тощо, пов'язаних насамперед із прогнозуванням та плануванням діяльності підприємств, галузей. Для них написано, видано та рекомендовано безліч підручників, монографій, наукових статей. При постановці навчального курсу та підготовці конспекту лекцій для студентів, які навчаються в галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», ці матеріали вивчалися та аналізувалися. Усі системні положення використані як канва викладання даної дисципліни для студентів технічних спеціальностей, чия кваліфікація в першу чергу пов'язана з основами технології машинобудування, створенням та експлуатацією технологічного обладнання, організацією виробничих процесів механічної обробки та складання машин.

Автори, маючи базову технічну освіту за спеціальністю «Технологія машинобудування, металорізальні верстати та інструменти» та багатодесятирічний досвід наукової діяльності в галузі вивчення, проектування, удосконалення технологічних процесів механообробки, у тому числі з використанням високопродуктивного металорізального обладнання, що створюється за агрегатно-модульним принципом, постаралися привнести до розділів технологічного прогнозування свої знання та практичний досвід роботи у цій сфері.

Вступ

Прогнози справа невдячна. Адже кажуть, що метеоролог, який робить прогноз погоди, як і сапер, помиляється один раз, але щодня. Тим не менш, люди хочуть знати про майбутнє, інакше, як пояснити популярність гороскопів та благополуччя ворожок. У цій справі головне не плутати поняття передбачення та прогнозу. Пророцтво суб'єктивне, у нього, а вірніше тому, хто його робить, треба сліпо вірити чи не вірити взагалі. Скептики зазвичай не вірять, як не вірять ті, хто хоче отримати пояснення, на яких фактах ці припущення це робиться. І чим вищий ступінь ризику та відповідальності при подальшому розбіжності зроблених припущень, тим більший ступінь недовіри до такого роду передбачень слід виявляти.

Інакше варто ставитись до прогнозів. Прогноз має більшу об'єктивність, оскільки має спиратися на деякі факти. Власне, прогноз це суб'єктивний висновок з урахуванням об'єктивних даних чи фактів. Якщо прогноз, а точніше, висновки зроблені прогнозистом, Вас не задовольняють, його можна прийняти з деякою поправкою або не прийняти зовсім. При цьому Ви завжди маєте можливість перевірити як основу прогнозу (фактичні дані), так і логіку висновків (припущень), або на основі власного аналізу представлених даних та розуміння проблеми зробити свої висновки та скласти власний прогноз.

При розробках прогнозів фахівці нерідко зустрічаються з труднощами, пов'язані з недостатньою визначеністю термінології цього порівняно нового напрямку наукових досліджень. Майбутнє прагнуть передбачити, спрогнозувати тощо. Але майбутнє можна також планувати, програмувати, проектувати. По відношенню до майбутнього можна ставити цілі та приймати рішення.

Терміни передбачення та прогнозування можуть бути визначені як процеси розробки прогнозів, цілей, планів, програм, проектів, організаційних рішень. З цієї точки зору прогноз визначається як імовірнісне науково-обґрунтоване судження про перспективи, можливі стани того чи іншого явища в майбутньому та (або) про альтернативні шляхи та терміни їх здійснення.

Прогнозування – це передбачення, що випереджає відображення дійсності, засноване на пізнанні законів природи, суспільства, мислення. Розрізняють три форми передбачення: гіпотезу, прогноз, план.

Гіпотеза характеризує наукове передбачення лише на рівні загальної теорії, тобто, вона ґрунтується на теорії, відкритих причинно-наслідкових зв'язках.

Прогноз, на відміну гіпотези, визначає як якісні, а й кількісні відносини.

Прогноз висловлює передбачення лише на рівні конкретно-прикладної теорії. Таким чином, прогноз відрізняється від гіпотези меншим ступенем невизначеності та більшою достовірністю. У той самий час зв'язки прогнозу з досліджуваним об'єктом, явищем не є жорсткими, однозначними: прогноз має імовірнісний характер.

План є постановкою точно визначеної мети і передбачення досягнення конкретних, детальних подій досліджуваного об'єкта. У ньому фіксуються шляхи та засоби розвитку відповідно до поставлених завдань, обґрунтовуються прийняті управлінські рішення. Його головна риса – визначеність і директивність завдань. Таким чином, у плані передбачення набуває найбільшої конкретності та визначеності. Як і прогноз, план ґрунтується на результатах та досягненнях конкретно-прикладної теорії.

Початок досліджень – процес передбачення станів об'єкта, завершальний етап – складання плану розвитку. Важливим засобом для цього є прогноз як сполучна ланка між загальнонауковим передбаченням та планом. План і прогноз є взаємодоповнюючі один одного стадії планування при визначальній ролі плану як провідної ланки управління виробництвом.

Між прогнозом та планом існують і відмінності. Головне з них – план має директивний, а прогноз – імовірнісний характер. План – це однозначне рішення, зокрема й тоді, коли він розробляється на варіантній основі. Прогноз є альтернативним, варіантним. Розробка прогнозів полягає в прогностичних методах, тоді як планування спирається на суворі, точні методи балансових та інших розрахунків.

Ще одна істотна відмінність прогнозування від планування полягає в тому, що прогнозування, будучи складовою планування, існує самостійно. Прогнозування і планування відрізняються ще й тим, що характеризують різні ступені пізнання об'єкта, що досліджується, різні, хоча і взаємопов'язані, форми передбачення його майбутнього стану.

Планування спрямовано на прийняття та практичне здійснення управляючих рішень, а мета прогнозування – створити наукові передумови їхнього прийняття. Ці передумови включають: науковий аналіз тенденцій розвитку, варіантне передбачення подальшого розвитку, враховують сформовані тенденції, поставлені цілі. Таким чином, завдання прогнозування полягає в тому, щоб з'ясувати перспективи майбутнього в досліджуваній галузі, керуючись реальними процесами дійсності, а з іншого боку – сприяти виробленню оптимальних поточних та перспективних планів, спираючись на складений прогноз та оцінку прийнятого рішення.

1 МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

1.1 Терміни та визначення

Методологія - це вчення про структуру, логічну організацію, методи та засоби діяльності.

Метод - спосіб досягнення будь-якої мети, сукупність прийомів чи операцій практичної чи теоретичної діяльності.

Спосіб - це один з варіантів здійснення чогось.

Засіб - це допоміжний елемент у реалізації певного способу дії.

Прогностика - наука про закони та способи розробки прогнозів динамічних систем.

Прогноз – науково обґрунтоване судження про можливі стани (у кількісній оцінці) об'єкта прогнозування у майбутньому та/або альтернативних шляхах та термінах їх здійснення.

Технологічне прогнозування - процес в ході якого визначається на перспективу зміна споживчих властивостей виробів, технологічних процесів та обладнання, а також адекватні зміни у витратах на виробництво.

Технологічне прогнозування — це імовірнісна оцінка щодо відносно високому рівні впевненості майбутнього переміщення технології (technology transfer).

Дослідницьке (або пошукове) технологічне прогнозування (exploratory technological forecasting) починається з базису знань, що є в даний момент, і орієнтоване на майбутнє, тоді як при нормативному технологічному прогнозуванні (normative technological forecasting) спочатку оцінюють майбутні цілі, потреби, бажання, місії тощо. і йдуть у зворотному напрямку - до теперішнього.

Оцінки технології, що проводяться з метою виявлення її потенціалу, неможливі без розуміння еволюції технологічного обладнання чи технологій у часі та прогнозування їх нових параметрів якості. Оскільки мета будь-якої нової технології - підвищення конкурентоспроможності, а здійснення технологічної розробки часто займає роки, важливо, щоб на момент її завершення мета проекту (досягнення певних конкурентних переваг) залишалася, як і раніше, актуальною, а досягнуті параметри зберігали перевагу по відношенню до можливих конкурентів.

1.2 Мета та завдання технологічного прогнозування

Вимоги до сучасного машинобудівного виробництва в розвинених країнах постійно ускладнюються: кількість складових виробничого процесу збільшується, характер їхньої взаємодії стає дедалі динамічнішим і багатопараметричним. Світова практика показує, що за останні 25-30 років складність машини як об'єкта виробництва зросла у 4-6 разів, а вимоги до точності виготовлення деталей та збирання зросли приблизно на порядок. До того ж значно розширилася номенклатура продукції при одночасному скороченні тривалості випуску виробів однієї номенклатурної групи. Обсяги випуску продукції, як і раніше, знаходяться в широкому діапазоні - від одиничних зразків до масового виробництва, проте переважаючим стає дрібно- та середньосерійне виробництво. Підвищення ефективності виробництва висуває постійно зростаючі вимоги до зростання продуктивності та скорочення виробничого циклу, особливо скорочення термінів освоєння нової продукції.

Значну роль в управлінні технологією відіграють прогнозування та стратегічне планування. Вже на стадії технологічної підготовки виробництва очікувані параметри виробленої продукції слід зіставити з прогнозованим розвитком відповідних технологій і технологічного устаткування. Результати такого прогнозування мають велике значення при розробці довгострокових програм та формулювання концепцій розвитку ключових технологій підприємства. На жаль, методи та інструменти технологічного планування та прогнозування є недостатньо відомими серед технічних керівників.

Технологічне прогнозування визначають як "передбачення майбутніх характеристик машин, технологій або методів, що використовуються". При цьому акцент робиться на практичних додатках технологій, на конкретних характеристиках, параметрах, можливостях, що досягаються. У іншому визначенні технологічне прогнозування є зусилля з "проектування технологічних можливостей [на потрібний час] з метою передбачення можливих відкриттів та інновацій". Справді, у вузькому значенні прогнозування означає прогноз, проте у ширшому значенні прогноз передбачає певний опис очікувань і оцінку необхідних умов реалізації.

Оцінки технології, що проводяться з метою виявлення її потенціалу, неможливі без розуміння еволюції технологічного обладнання чи технологій у часі та прогнозування їх нових параметрів якості. Оскільки мета будь-якої нової технології - посилення конкурентоспроможності, а здійснення технологічної розробки часто займає роки, важливо, щоб на момент його завершення мета

проекту (досягнення певних конкурентних переваг) залишалася, як і раніше, актуальною, а досягнуті параметри зберігали перевагу по відношенню до можливих конкурентів.

Метою технологічного прогнозування є визначення перспективу змін споживчих властивостей виробів, технологічних процесів і устаткування, і навіть адекватні зміни у витратах виробництва. Відповідно, завдання, які вирішує технолог-керівник під час прогнозування успіху нової технології, зазвичай включають:

- проведення порівняльного аналізу (визначення технічного рівня) продукції, що освоюється;
- аналіз зовнішніх тенденцій у процесі технологічної підготовки виробництва, що має зберігати свою конкурентоспроможність протягом усього терміну виробництва;
- експертні судження щодо можливих наслідків технічного переозброєння виробництва для підприємства на прогнозовану перспективу.

Визначення порівняльного рівня конструкторської розробки під час запуску їх у виробництво завжди було невід'ємною частиною техніко-економічного обґрунтування технологічної підготовки виробництва. Умовність такого порівняльного аналізу полягала в тому, що при цьому зазвичай не враховувалися можлива еволюція технологій у конкуруючих організаціях та/або країнах.

Визначення порівняльного рівня розробки на будь-якій стадії, пов'язаній із залученням нових ресурсів, вимагає виконання наступних кроків:

- виявлення всього набору критичних параметрів технології чи продукту, визначальних їх конкурентоспроможність;
- формалізоване опис цих параметрів;
- зіставлення цих параметрів із відповідними характеристиками, досягнутими основними конкурентами;
- визначення можливого розвитку чи еволюції технології чи продукту під час передбачуваного здійснення розробки.

Опис результатів технологічного прогнозу містить чотири обов'язкові елементи:

- обумовлений період (п'ять, сім, десять років);
- прогноз загальної ситуації у конкретній галузі технологій;
- прогнозовані характеристики якості технології чи продукту - наскільки можна як кількісних параметрів;
- ймовірність зазначених змін до обумовленого часу.

За часом попередження поділяють прогнози:

- оперативні (до одного місяця);
- короткострокові (від місяця до року);
- середньострокові (1 – 5 років);
- довгострокові (5 – 15,20 років);
- далекостроків (>20 років).

Ці типи прогнозів відрізняються один від одного за своїм змістом та характером оцінок досліджуваних процесів.

Оперативний прогноз ґрунтується на припущенні про те, що в прогнозованому періоді не відбудеться істотних змін у об'єкті, що досліджується, як кількісних, так і якісних. Короткострокові прогнози передбачають лише кількісні зміни. Середньострокові та довгострокові прогнози виходять як із кількісних, так і з якісних змін у досліджуваному об'єкті. Далекострокові прогнози виходять лише з якісних змін у загальній закономірності розвитку об'єкта.

1.3 Методи прогнозування технологічних систем у машинобудуванні

У практичній діяльності керівників підприємств важливим є відносна точність використовуваних методів прогнозування. Жоден спеціаліст у галузі прогнозування чи аналітик не покладається на якийсь один із методів. Залежно від предмета, мети аналізу та наявних ресурсів, слід використовувати одночасно кілька різних методів. Відмінності результатів застосовуваних методів і прийомів, як і використанні отриманих висновків, частіше пов'язані з предметом аналізу, ніж досконалістю відповідного методу.

Існує більше 20 різних методів прогнозування, що відрізняються конкретними перевагами та недоліками, які з метою подальшого розгляду зручно об'єднати у три великі групи:

- Аналіз тенденцій
- Експертні оцінки
- Багатоваріантні методи аналізу.

Загальні зауваження про практику використання методів прогнозування в цілому зводяться до наступного: цілі прогнозування повинні бути сформульовані до вибору відповідного методу їх досягнення; слід використовувати поєднання методів, оскільки жоден метод неспроможна відповісти на всі питання; Конкретний набір методів аналізу тенденцій, експертних оцінок та багатоваріантного аналізу великою мірою залежить від

кваліфікації технолога-керівника.

В ідеальному випадку прогноз розвитку технологій та стратегічний аналіз виконують три завдання: надають прогноз майбутнього технологічного середовища, пропонують керівникам альтернативні варіанти технологічних стратегій, а також оцінюють ці стратегії з погляду можливості отримання бажаних результатів.

Майже всі методи технологічного прогнозування та стратегічного аналізу (крім аналізу патентних тенденцій та S-кривих) можуть також використовуватися з метою прогнозування інших тенденцій.

Аналіз тенденцій залишається найпоширенішим підходом до прогнозування технологій. Його базові передумови прості: треба зібрати доречні історичні дані і потім графічно чи чисельної формі спроектувати відповідні зміни у майбутнє.

До методів аналізу тенденцій належать:

- екстраполяція тенденцій та регресійний аналіз;
- S-криві та історичні аналогії;
- аналіз патентних тенденцій та науково-технічної літератури.

Екстраполяцію тенденцій використовують для прогнозування параметрів ефективності технологій та технологічного обладнання (продуктивності, точності тощо). Прості екстраполяційні графіки можуть бути корисними “кваліфікованими підказками”.

За наявності необхідних даних екстраполяція тенденцій – досить недорогий та швидкий метод прогнозування. З урахуванням простоти обробки даних цей метод використовують як перший ступінь технологічного прогнозування, отримання першого наближення.

Основним недоліком методу аналізу тенденцій є те, що будь-які екстраполяції справедливі лише на малі відрізки часу.

Регресійний аналіз дозволяє прогнозувати зміну прогнозованої змінної як функції (однієї і більше) інших змінних, тобто у ситуації, коли прогнозована змінна перебуває у якійсь залежності від іншої змінної. Основним завданням регресійного аналізу є виявлення цієї залежності.

Численні пакети програм статистичної обробки та регресійного аналізу роблять використання цього методу простим та недорогим.

Основою застосування методів регресійного аналізу є наявність рядів (як правило, тимчасових) значень змінних, взаємозалежність між якими досліджується під час аналізу. При цьому виявляється лише математична форма цієї залежності, в якій, як правило, не відображається дійсний причинно-

наслідковий зв'язок між змінними, що розглядаються. Отримання якісного прогнозу з урахуванням регресійного аналізу залежить від правильного вибору незалежних змінних, і навіть знання їх можливих значень.

Регресійний аналіз непридатний для прогнозування у випадках, коли невідомі майбутні значення незалежних змінних. Таким чином, регресійний аналіз, зокрема, не дуже корисний для визначення часу появи нового технологічного обладнання або передбачення того, які нові процеси виникнуть через п'ять років.

За наявності необхідних даних та деяких додаткових зусиль з обробки даних регресійний аналіз дає якісніші прогнози, ніж метод екстраполяції тенденцій, дозволяючи здійснювати середньо- та довгостроковий прогноз.

Аналіз, що отримав назву S-кривих, заснований на відомих закономірностях, за якими технологія або технологічне обладнання, що виводяться на ринок, мають певний цикл життя, в рамках якого їхня частка зростає спочатку повільно, потім швидко, а потім перестає рости та/або починає зменшуватися.

Модель S-кривий може бути застосована не тільки до появи нового обладнання, але й до швидкості поширення та використання нових технологій або параметрів нової технології.

Найбільш значущою користю цього є нагадування у тому, що збільшення технологічних параметрів (точності, продуктивності) що неспроможні зростати нескінченно.

Аналіз патентних тенденцій як метод аналізу технологічного середовища найбільш корисний для моніторингу змін у галузі конкретних технологій. Патентні заявки на технологічні інновації надсилають, щоб захистити їх правовим чином копіювання конкурентами. Патенти є деякі публічно доступні описи технологій. Отже, аналіз патентів надає інформацію про технологічні тенденції та основних учасників розробки нових та покращених технологічних процесів.

Слід дотримуватись певної схеми патентного дослідження, яка включає шість кроків:

1. Визначення об'єктів дослідження. Визначають предмет пошуку, з конкретних завдань управління заданою технологією (наприклад, підвищення точності обробки отворів). Потім, залежно від питань, відповіді на які шукає аналітик і, враховуючи можливе використання інформації, формулюють фокус на одній або кількох технологіях або методах обробки.

2. Формулювання проблеми та встановлення сфери пошуку. Для

формування рамок аналізу необхідно зрозуміти ключові технічні питання або проблеми, характерні для даної технології. Для більш детального і результативного аналізу необхідно вибрати класи патентів, що розглядаються далі, і розробити схему, що описує послідовність їх вивчення. Часто виявляється корисним розпочати аналіз патентів із огляду джерел, не патентних з цього питання, включаючи технічні журнали, науково-технічні звіти, каталоги. Цей попередній огляд може виконувати кілька важливих функцій. По-перше, він може надалі допомогти у пошуку потрібних патентів та формулюванні їх класу. Отримані дані можуть також виявити мало відомі компанії або їх підрозділи, залучені в область розробок, що цікавить. Крім того, непатентні джерела доповнюють та поглиблюють розуміння всіх аспектів цієї проблеми.

3. Пошук потрібних патентів. Існує певна стратегія ідентифікації необхідних патентів з використанням патентних баз даних. Важливо мати необхідні дані за якомога більше років. Оскільки термін дії патенту за конкретним технічним рішенням у США - 17, бажано, щоб глибина пошуку (якщо, звичайно, саме технологічне спрямування не виникло в нещодавні часи) становила не менше 17-20 років. Критичне значення якості отриманої оцінки тенденцій мають ретельність пошуку, повнота і доречність обраних для аналізу патентів.

4. Завантаження патентів у програму обробки. Тут важливою є класифікація отриманих даних за такими категоріями як тип технології, тип матеріалу, метод виробництва, процес або продукт, характер організації. Можна також класифікувати характер та кількість патентів за часом їх подачі, що може дати інформацію про активність у конкретній сфері у певний період.

5. Комп'ютерна обробка. У цій стадії узагальнюються конкретні показники патентних тенденцій.

6. Інтерпретація результатів патентного аналізу. Список деяких важливих показників, які можуть бути отримані під час патентного аналізу, включає:

- Аналіз активності розробок у цьому напрямку. Остання характеризується числом патентів за даним типом технології за окремими роками та відповідно зростанням або падінням інтересу до даної галузі технологій у часі, що знаходиться у прямій кореляції з витратами на відповідні НДР та ДКР.
- Домінування конкретного розробника чи виробника. Цей показник може бути визначений чисельно за взаємним цитуванням різних груп дослідників, що працюють у близькій патентній галузі. Найчастіше

цитовані компанії, зазвичай, є власниками найбільш міцної патентної позиції.

- Характеристики індивідуальної патентної активності підприємств. У ці характеристики можуть входити не просто кількість патентів, а й загальна кількість авторів винаходів, середній вік патенту або винахідника і т.д.
- Аналіз портфеля патентів. Результати такого аналізу містять сумарне зведення патентів, права на які має ця компанія, а також їх опубліковані патентні описи.

Аналіз патентних тенденцій використовується в усьому світі в дедалі більшому обсязі. Сотні компаній надають послуги з проведення патентного аналізу. Використання баз патентних даних стає головним джерелом міжнародної конкурентної розвідки у галузі технологій. З зазначених у патентах цілей фірми з удосконаленням своєї продукції, і навіть використовуваних нею коштів на досягнення цих цілей, визначають напрями проведених конкурентами науково-технічних розробок. Крім того, патентний опис можна розглядати як анкету, в якій винахідник відповідає на питання, яку потребу він хоче задовольнити своїм винаходом. Статистичний аналіз описів винаходів і корисних моделей дозволяє не тільки виявити вичерпний список вимог, що висуваються до даної продукції, але і проранжувати їх за ступенем значущості (вагомості), тобто скласти так званий профіль потреб даного виду продуктів.

До недоліків патентного аналізу відноситься його порівняльна дорожнеча, що визначається переважно необхідними витратами часу високо оплачуваних співробітників, а також той факт, що не всі винаходи патентуються і крім того існує принаймні 18-місячне (іноді до 36 місяців) запізнення між часом здійснення дослідження та часом появи відповідної заявки в патентній базі даних. Для забезпечення необхідної повноти інформації слід оновлювати або повторювати патентний пошук кожні 6-12 місяців.

Незважаючи на ці недоліки, даний метод є найбільш багатообіцяючим способом отримання інформації про конкурентів у галузі НДДКР, нових потенційних продуктах та технологічних процесах. Аналіз патентів дозволяє передбачити нові розробки на ринку за 6-18 місяців до їх появи і є в даний час одним з кращих способів відстеження технологічних змін по всьому світу, дозволяючи також виявити потенційних кандидатів для покупки або ліцензування технології, що розробляється.

Аналіз наукової літератури є додатковим щодо аналізу патентних

тенденцій. Сам процес має багато схожих ознак, з тією важливою особливістю, що дані наукових публікацій містять переважно опис діяльності, що лежить в основі винаходів.

Відповідний підхід містить самі ключові кроки і може дозволити отримати дуже подібну інформацію. Перевагою методу аналізу науково-технічної літератури є додатковий погляд на технології, розроблені в дослідницьких лабораторіях, виявлення компаній, що працюють у певній галузі, ключових авторів, передбачення нових фірм, які мають намір невдовзі увійти до нової технологічної галузі. Важливо, що у багатьох випадках статті пишуться і публікуються набагато раніше, ніж патенти, охоплюючи область майбутнього винаходу, отже база даних наукової літератури дає переважно “поточний” аналіз. У той же час, спеціальні дослідження показують, що в цілому публікується не більше однієї третини досліджень, що завершуються винаходами, так що аналіз наукової літератури є не таким вичерпним, як патентний. Вважають, що аналіз наукової літератури дозволяє зробити прогноз лише на 3-4 роки, тому його треба повторювати регулярно, бажано щороку.

З тих часів, коли люди почали замислюватися про майбутнє, не було методу, на який поклалися б більшою мірою, ніж оцінки експертів. Методи експертних оцінок є певною мірою поєднанням інформації та інтуїції.

У строгому визначенні експертні оцінки є судженням, або викладом висновків, що базуються на інформації, логічних міркуваннях, доказах або обґрунтованих очікуваннях майбутнього, що подаються людьми, що відрізняються визначним знанням аналізованої області.

Перелік характерних обставин, у яких звертаються до оцінок експертів, включає:

1. Відсутні суворі необхідні для екстраполяції тенденцій “історичні” дані, тому експертна оцінка (пам'ять експерта) використовується як їхній заміник.

2. Вплив зовнішніх факторів, що змінюються, спростовує результати екстраполяції тенденцій, заснованих на історичних даних.

3. Наявних даних дуже мало або їх важко та дорого обробляти за допомогою доступних засобів

4. Наявні дані отримані у формі, непридатній для іншої обробки, крім шляхом оцінки експертами та фахівцями.

5. Взаємодія багатьох факторів та їх складні причинно-наслідкові зв'язки дуже важливі та можуть змінити виділене проектування якогось одного фактора.

Існує кілька (принаймні три) різних методів отримання експертних оцінок при технологічному прогнозуванні та стратегічному аналізі. Їх використовують найчастіше на ранніх стадіях НДДКР, коли всі інші підходи та статистичні дані менш надійні. Як правило, експертні оцінки для прогнозування розвитку нових продуктів та технологій використовують спільно з іншими методами прогнозування.

Метод дельфі. Концепція цього методу прогнозування передбачає, що ітераційні опитування експертів забезпечать консенсус і точність прогнозу без прямої інформації, необхідної для аналізу тенденцій і суворого прогнозування. Сотні, якщо не тисячі прикладів використання цього методу протягом останніх сорока років підтвердили справедливість першого затвердження концепції (можливості досягнення консенсусу), але не обов'язково - другого (точності).

Основні кроки реалізації методу Дельфі наведено нижче.

1. Організатори опитування визначають цілі дослідження та відповідно структурують анкети.

2. Визначається загальний перелік експертів, яким розсилають анкети. Як правило, експертів не збирають разом, хоча, в принципі, це можна робити, якщо дозволяють обставини. Число респондентів коливається від десятків до тисяч, хоча розумна межа – кілька сотень. На цій стадії експерти не знають про інших респондентів.

3. Отримують і узагальнюють у вигляді таблиць отримані відповіді, і ці узагальнені результати знову відсилають респондентам разом зі списком учасників. Метод Дельфі полягають саме в ітераційності процесу збирання експертних суджень. Відповіді, отримані в першому раунді, і імена учасників, безумовно, впливають на судження, що висловлюються при другому опитуванні, тому спостерігається деяка їхня збіжність. Чим більше ітерацій можуть собі дозволити організатори опитування (зазвичай три-чотири), тим вища збіжність отриманих суджень.

4. Результатом методу Дельфі є загальний узгоджений прогноз. Цей метод інтенсивно використовується у завданнях технологічного прогнозування для:

- Ідентифікації застосувань існуючих та виникаючих технологій.
- Визначення часу реалізації технології.
- Досягнення певних властивостей продукту.

Оскільки консенсус експертів не обов'язково означає точності їх висновків, є певна полеміка щодо виправданості досить високих витрат на реалізацію цього методу стосовно технологічних прогнозів. Великий вплив на

якість результатів має структура анкет, що виключає можливість якоїсь вираженої упередженості організаторів аналізу.

Вважають, що при всіх жорстких установках (і відповідних витратах) метод Дельфі страждає на ті ж недоліки, як усі методи експертних оцінок: схильність до зайвого оптимізму або песимізму, неповнота інформація, відсутність синтезу виявлених тенденцій, що заважає досягненню всебічного бачення майбутнього, а також уявою, щоб врахувати можливі структурні зміни, які можуть радикально змінити тенденції, що спостерігаються.

1.4 S-криві в ілюстрації життєвих циклів попиту на товари (продукцію) та технології

1.4.1 Закон S-подібного розвитку

S-подібна крива або сигмоїда - це гладка монотонна зростаюча нелінійна функція, що має форму літери "S", яка часто застосовується для "згладжування" значень деякої величини (рис.1.1).

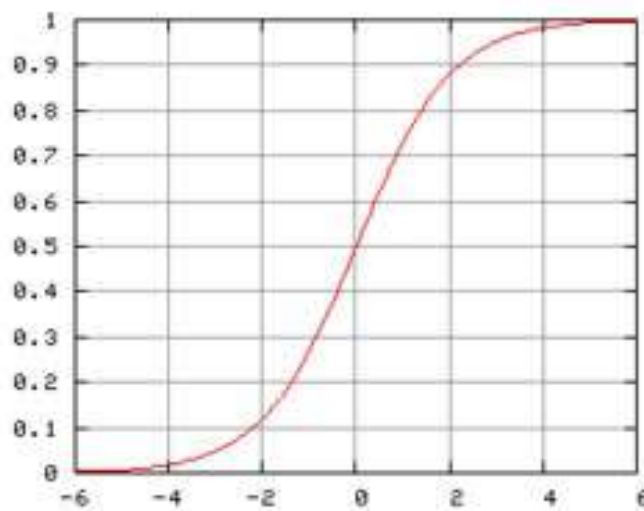


Рисунок 1.1 S-подібна крива або сигмоїда

S-криву також прийнято називати логістичною кривою, кривою життєвого циклу – модель, яку ми часто використовуємо при прогнозуванні через її наочність та зручність (рис 1.2).

У XIX столітті було встановлено деякі загальні закономірності біологічних систем: зростання чисельності колоній бактерій, популяцій комах тощо, в залежності від часу. Ці криві схожі тим, що на них можна виділити чітко три етапи: I – повільне зростання, II – швидке лавиноподібне наростання та III етап – стабілізація чисельності чи інших характеристик системи. Такі

криві отримали назву S-подібних кривих. Закон було відкрито у 1845 р. Верхолстом, та був вивчений Р.Перлом. S-подібна крива відбиває боротьбу прогресивних і регресивних чинників.



Рисунок 1.2 Типовий вид S-подібної (сигмоїдної) кривої розвитку

Згодом виявилося, що аналогічні три етапи проходять у своєму розвитку всі технічні системи: кораблі, літаки, автомобілі тощо.

S-подібна крива будується в координатах: найважливіші характеристики системи - час. Для систем типу «конструкція» як характеристики можуть бути, наприклад, потужність, швидкість та ін., а для технологічних систем, наприклад, продуктивність. S-подібна крива з високою ймовірністю описує розвиток різних систем, а конкретніше - залежність показників системи від витрат, що вкладаються в неї, в окремому випадку під витратами розуміється час (рис.1.3).

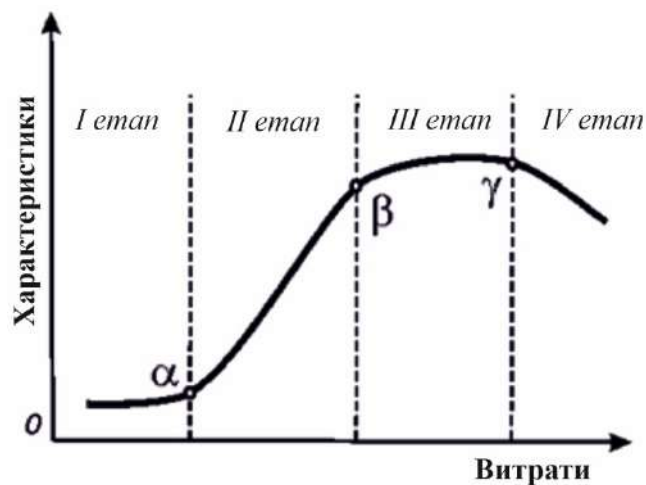


Рисунок 1.3 S-крива розвитку різних систем

Дамо коротку характеристику окремих ділянок кривої.

I етап . Зародження системи. Система зазвичай не працює. Йде пошук кращої організації системи, виявлення її функціональних можливостей. Суспільство практично нічого не знає про систему. Економічний ефект негативний. Характеристики системи зростають дуже повільно. Приклад. Літак А.Ф.Можайського, побудований 1882г. у натуральну величину, не полетів. Перші польоти на планері здійснив кучер Джорша Кейлі, побудувавши його в 1853 р. Перший політ літаком здійснив Орвілл Райт 17 грудня 1903 р.

II етап . У точці **a** зазвичай починається промисловий випуск системи. Характеристики системи наростають бурхливо, лавиноподібно. Суспільство усвідомлює необхідність використання системи, що стає економічно вигідною. Вона витісняє із ринку застарілі системи. Приклад. У 1926 р. американець Роберт Годдард запустив першу ракету на рідкому паливі, С.П.Корольов - в 1933 р., а Вернер фон Браун побудував ФАУ-2 під час II світової війни. Активне освоєння космічного простору почалося 4 жовтня 1957 р., коли у космос було виведено перший штучний супутник Землі. З цього моменту космонавтика розвивається швидко. Супутники вирішують найрізноманітніші завдання: військові, метеорологічні, топографічні, зв'язок тощо. У точці **β** практично всі можливі ресурси, необхідні розвитку системи, вичерпуються.

III-IV етапи . У точці **γ** вичерпуються всі можливості фізичних законів, на яких ґрунтується її дія. Після цієї точки доля системи може розвиватися подвійно: 1. Система існує в такому стані невизначено довго (консервується), має постійний попит, дає постійний економічний ефект. 2. Ефективність системи падає разом із попитом неї, випуск її припиняється, закінчується життєвий цикл системи. Приклад. Законсервованих систем у нашому житті досить багато. Це найпростіші системи, такі як сокира, верстат та ін. «Померлих» систем також багато: патефон, ламповий телевізор, паровоз і т.д.

Застосування закону засноване на тому, що, відслідковуючи основні параметри системи і завдаючи їх на S-подібну криву, можна своєчасно провести розробку та постановку на виробництво нової системи. Таким чином, розглянутий закон має важливе прогностичне значення.

Модель S-кривий може бути застосована не тільки до проникнення на ринок нових продуктів, але й до швидкості поширення використання нової технології як одного з видів продуктів або параметрів нової технології.

Як дуже характерний приклад можна навести показану на рис.1.4 криву зростання швидкості (основний параметр) розвитку одномоторних гвинтових літаків за всю історію авіації. Літак братів Райт у першому польоті (1903) досяг

швидкості близько 35 миль/год. Через сім років, у 1910 році Гордон Беннет переміг на авіаперегонах у Белмонт-Парку (Нью-Йорк), розігнавши машину до 60 миль/год. У міру накопичення досвіду та знань швидкість літаків повільно зростала: 139,66 миль/год (1914 рік), 145,7 миль/год (1922) тощо. У 1925 року лейтенант Джеймс Дулітл літаком Curtiss R3C-2 досяг 232,57 миль/година. У 1939 році рекорд швидкості склав 463,9 миль/година, але на графіці вже явно помітне уповільнення темпів зростання. Наступний рекорд швидкості на одномоторному поршневному літаку було встановлено на гонку в Рено (штат Невада) майже через тридцять років і становив 520 миль/година. У 1989 році ця цифра зросла, але лише на 9 миль/год, що наочно свідчить про те, що всі можливості підвищення швидкості одномоторних поршневих літаків практично вичерпані і ніякого подальшого технологічного прогресу в цій галузі не можна очікувати. Продукт (у разі гвинтові літаки) досяг своєї досконалості, і будь-які капіталовкладення у розвиток безглузді. Поява та використання реактивних двигунів призвело, природно, до якісного стрибка та подальшого поліпшення характеристик літаків, що також описується S-подібною кривою. При зіставленні цих кривих (рис.1.5) чітко проявляється розривність показників під час переходу, тобто за принципове оновлення чи зміни технологій.

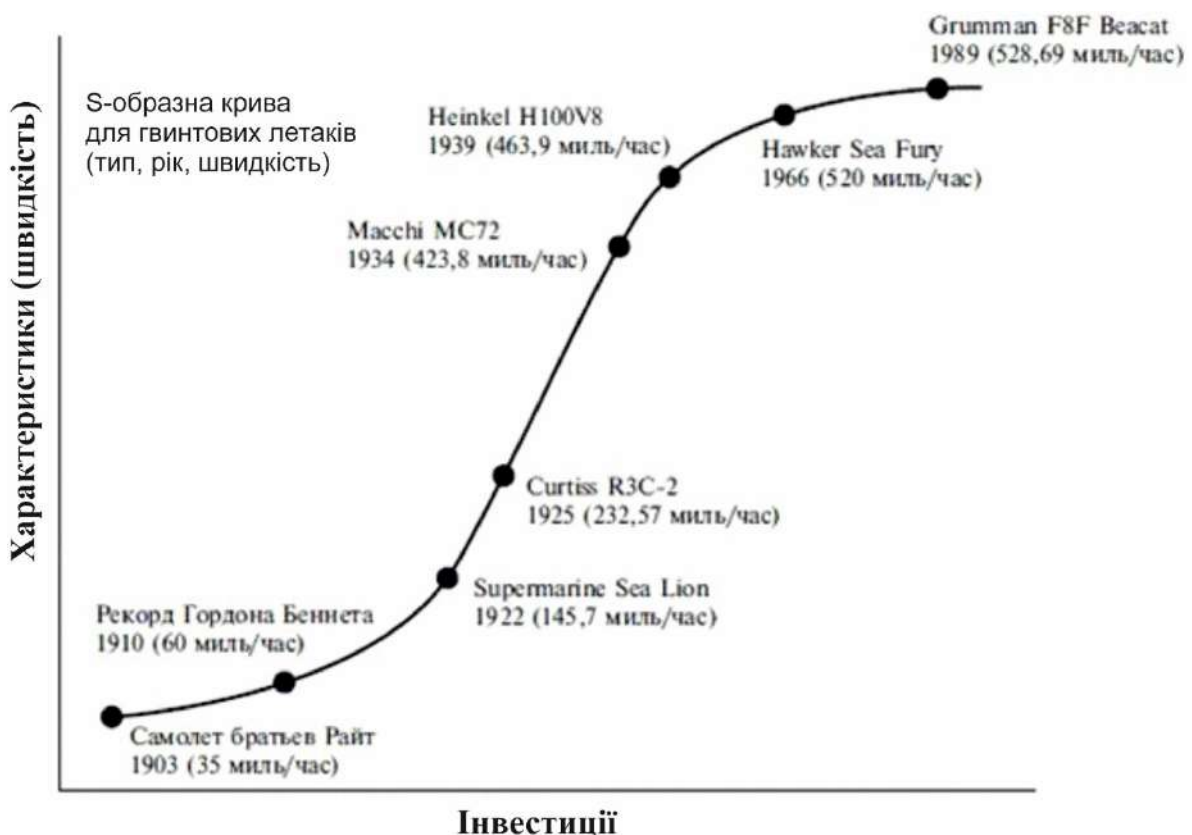


Рисунок 1.4 S-крива швидкості одномоторних гвинтових літаків

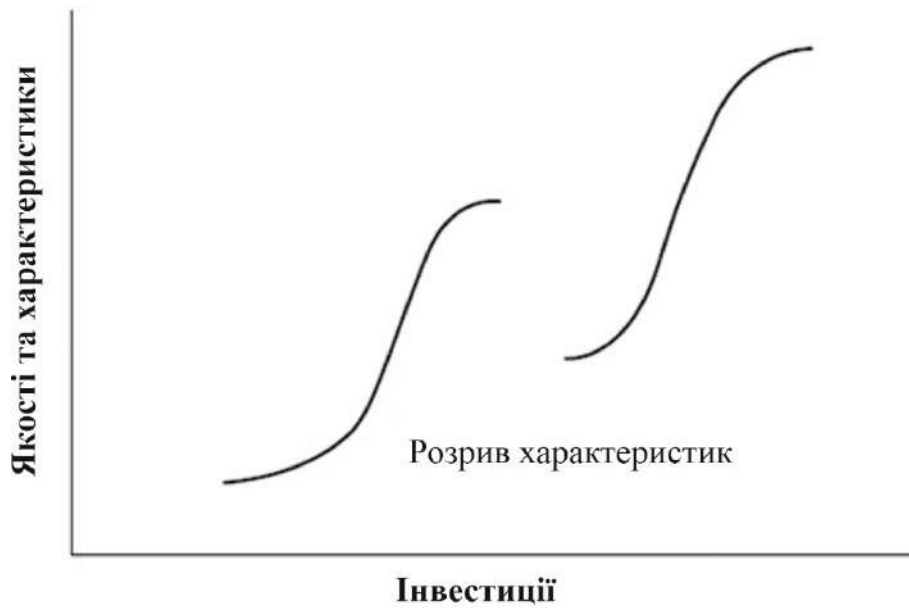


Рисунок. 1.5 Повторення S-подібних кривих історія техніки

Наведений приклад зростання швидкості одномоторних гвинтових літаків демонструє одночасно дві характерні риси практично всіх процесів, пов'язаних з інноваціями та комерціалізацією наукових досягнень. Йдеться про те, що параметри виходять на деякі межі, а при зміні технологій спостерігається розрив у безперервних кривих розвитку.

Легко зрозуміти, що в початковий період розвитку будь-якої технології (нижня частина S-подібної кривої) інвестиції пов'язані зі значним ризиком і невизначеністю, проте відкривають у разі успіху великі перспективи зростання і, відповідно, високий рівень прибутковості. На середній ділянці кривої виникає більша визначеність очікувань (іноді, до речі, що створює навіть надмірне почуття впевненості), що призводить, звичайно, і до зменшення шансів значного зростання та швидких успіхів. Найбільший інтерес представляє кінцева частина кривої, що відповідає повному вичерпанню можливостей використовуваної технології, але таїть можливості переходу до нової S-подібної кривої. На практиці це означає кінець розвитку технології та підготовку до суттєвого ривку в технічному розвитку. Наступний етап починається з появи нових методів або пристроїв, що означає, наприклад, перехід від гвинтових літаків до реактивних, від електронних ламп до транзисторів, від кінних візків до автомобілів і т.д.

На рис.1.6 представлено сімейство кривих окремих технологій, характеризуючих розвиток засобів переміщення, де швидкість руху оцінюється

у частках від швидкості світла. Узагальнена крива дає картину зміни швидкості переміщення, що асимптотично наближається з часом до швидкості світла.

Ключем до ефективного прогнозування за допомогою S-кривих є наявність попереднього досвіду використання аналогічних технологій. Наприклад, для прогнозування розвитку швидкості нового надзвукового літака, що використовує як паливо метанол, корисно вивчити історію першого турбінного літака, що відноситься до 1936, переконатися, що перше реальне використання цього літака відноситься до 1940-го року, а потім ще десять років пішло на збільшення потужності турбіни та вдосконалення конструкції літака, протягом яких поступово збільшувалася швидкість польоту. Далі можна припустити, що освоєння та розвиток надзвукового літака вимагатиме стільки ж років на комерціалізацію та подальше вдосконалення. У цьому вся прикладі видно і основний недолік методу - невизначеність у цьому, наскільки колишня технологія можна порівняти з принципово новим претендентом над ринком.

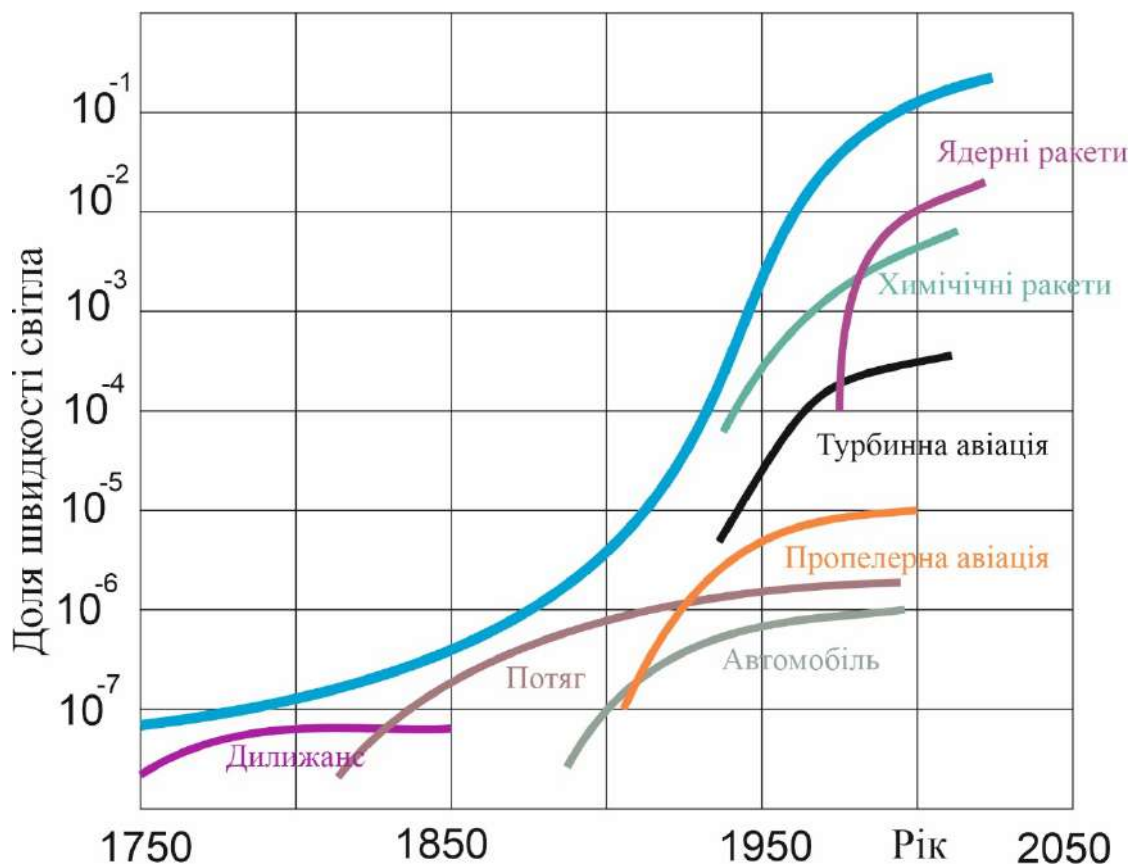


Рисунок 1.6 S-крива швидкості транспорту

Як ближчий нам приклад S-кривих можна навести залежності роздільну здатність різних дисплеїв від часу (рис.1.7), оскільки всі ці пристрої засновані на абсолютно різних фізичних принципах і рішення, знайдені для однієї із

систем, не можуть бути використані для іншої.

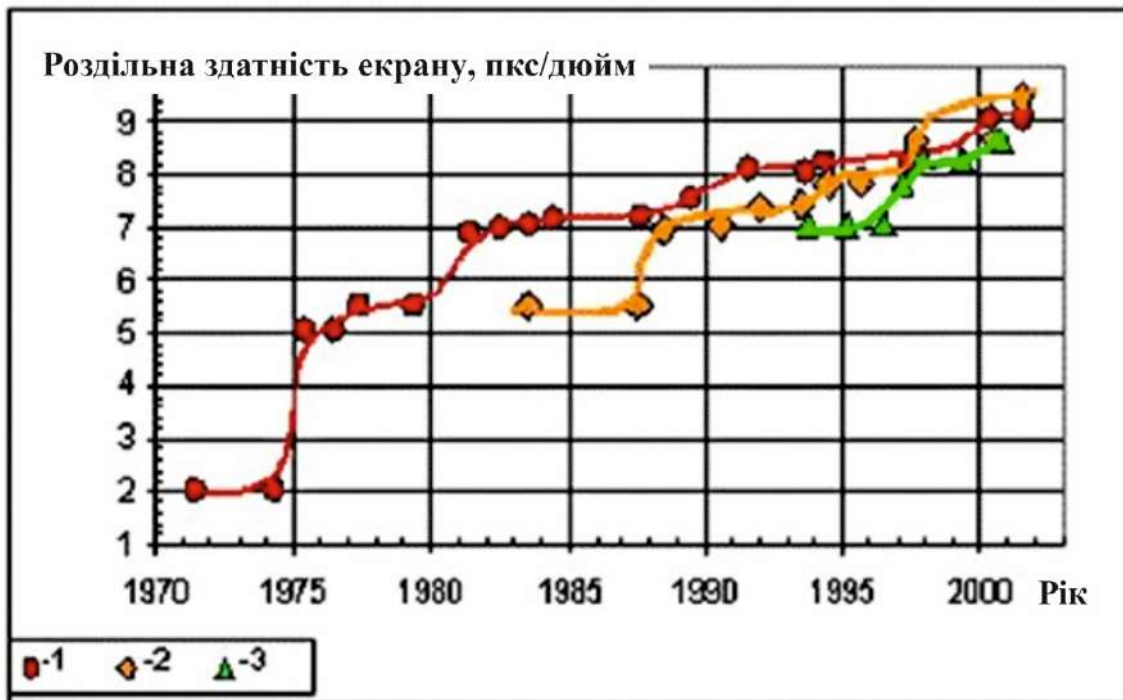


Рисунок 1.7 S-криві роздільної здатності різних дисплеїв
1 – монітори на ЕПТ, 2- РК монітори, 3 – плазмові панелі

Якщо придивитися, то кожна з наведених кривих містить послідовний ланцюг S-кривих, кожна з яких характеризує послідовну зміну технологій і рішень, що дозволяють перейти до нової якості.

1.4.2 Аналіз життєвого циклу технології

Відомо, що будь-який товар на ринку має певний життєвий цикл і одну за одною проходить 3 стадії цього циклу: зростання попиту, насичення (зрілості) та спаду (рис.1.8).

У стадії зростання зазвичай виділяють дві частини: прискореного (або швидкого) зростання та уповільненого зростання. Час проходження кожної стадії для різних товарів по-різному. Життєвий цикл кожного конкретного товару вкладається у життєвий цикл попиту товари даного типу, який також спочатку зростає, потім стабілізується, та був падає, поступаючись місце ринку принципово новим товарам.

Те саме можна сказати про технології. Кожна з них має обмежений термін життя, на початку якого обсяги продукції, що випускається за цією технологією, зростають, потім зростання уповільнюється, настає стабілізація, а потім спад - технологія застаріває.

Принципово важливо розділяти 3 типи технологій: стабільні, плідні та мінливі – залежно від співвідношення тривалості життєвих циклів технологій, попиту на товари даного типу та конкретних товарів, які виробляються за допомогою цих технологій (рис.1.9).



Рисунок 1.8. Життєві цикли попиту товари певного типу і конкретні товари

Стабільна технологія залишається переважно незмінною протягом усього життєвого циклу попиту. На стадії прискореного зростання попиту продукція, пропонована різними конкурентами, аналогічна залишається, переважно, незмінною. Конкуренція йде по лінії цін та якості виробів. На стадії уповільнення зростання попиту конкуренція здійснюється шляхом покращення окремих параметрів виробів та їх конструкції, але не за рахунок прогресу у технології. На ділянках зростання попиту зростання обсягу продажу призводить до зростання прибутковості.

Плідна технологія зберігається тривалий час, але розробляються покоління продукції, що змінюють один одного, з кращими показниками і ширшим діапазоном застосування. Вирішальний чинник успіху – розробка нових видів продукції. Фірми перебувають під тиском необхідності інновацій. Характерна ситуація - "процвітання без прибутку": при значному зростанні виробництва прибутковість низька або навіть виникають збитки, тому що інтенсивна конкуренція веде до зниження цін, а короткий життєвий цикл продукції не дозволяє повернути кошти, витрачені на організацію випуску поколінь виробів, що змінювалися. Галузь, яка залишалася технологічно стабільною на стадії зростання попиту, може опинитися в умовах "плідної" технології на етапі зрілості.

Мінлива технологія відрізняється тим, що за період життєвого циклу попиту, крім нових виробів, спостерігається поява базових технологій, що

змінюють один одного. Зміна технологій загрожує моральним старінням одночасно всім інвестиціям фірми у попередню технологію: НДДКР, кадровий потенціал, виробничі фонди. Нова технологія підриває схему дій, що склалася у персоналу, для досягнення успіху і, тим самим, загрожує структурі влади, що склалася, і впливу керівників і лідерів. Тому перехід до нової технології породжує труднощі не лише з фінансового боку, а й із культурної та політичної.

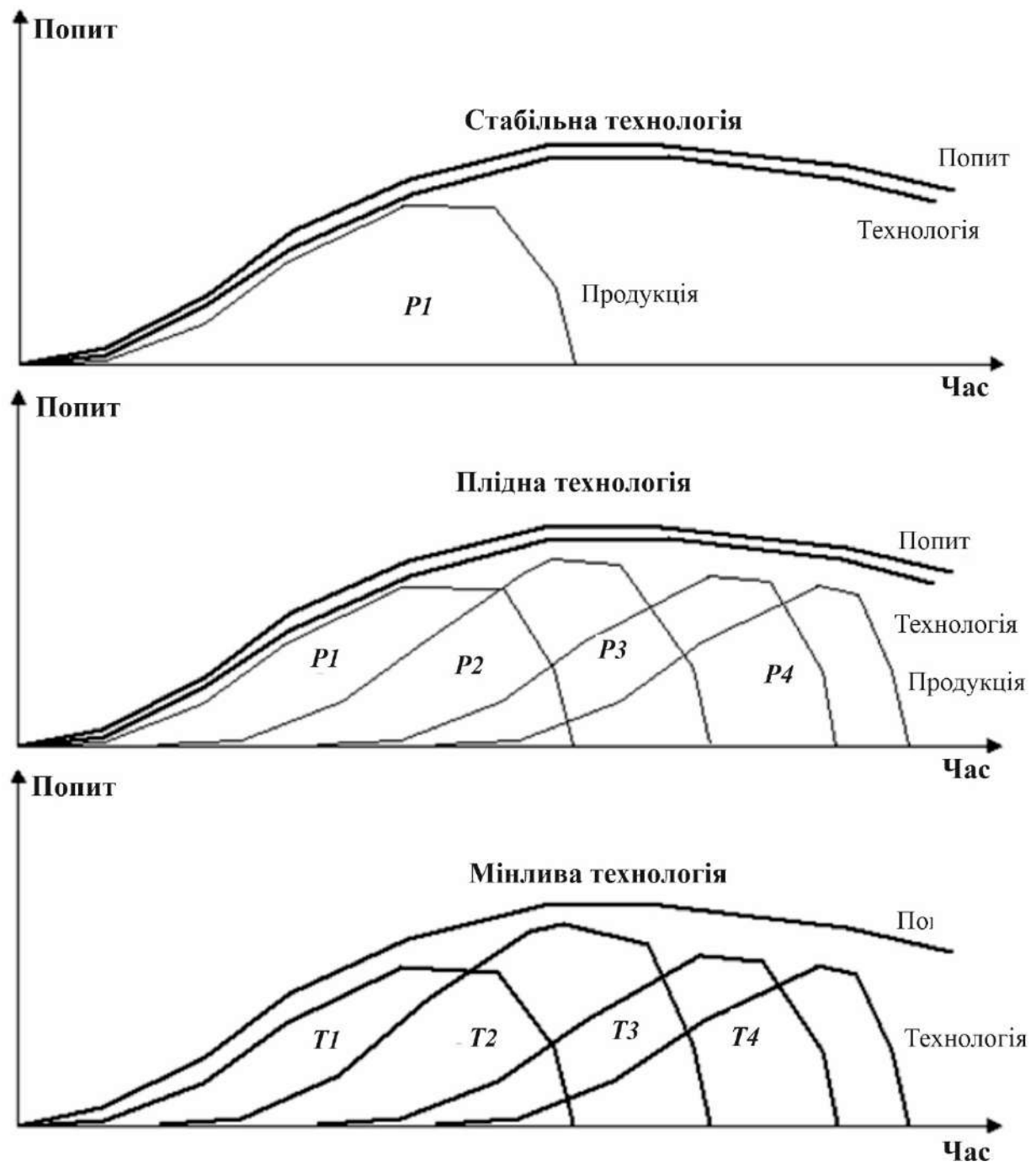


Рисунок 1.9. Життєві цикли попиту, технології та продукції за різних типів технологій.

1.4.3 Становлення та зміна технологічних укладів у світовому техніко-економічному розвитку

Визначальне значення життєвих циклів технологічних укладів (ТУ), що змінюють один одного, у формуванні траєкторії довгострокового техніко-економічного розвитку (ТЕР) макроекономічних систем визначає і відповідну періодизацію цього процесу, що задає хронологічну шкалу його розгляду. Нерівномірність ТЕР ускладнює його вимір і робить необхідним розбиття траєкторії ТЕР на етапи, зміст кожного з яких становить зростання відповідного ТУ.

Починаючи з промислової революції в Англії, у світовому ТЕР можна виділити періоди домінування п'яти послідовно змінювали один одного ТУ, включаючи інформаційний ТУ, що вступив в даний час у фазу зростання. Їхня коротка узагальнена характеристика представлена в таблиці 1.1.

Класичною країною, в технічному базисі якої раніше відбулися зміни, що призвели до становлення **першого ТУ**, була Англія. Вплив цих перетворень було настільки велике, що економічний спурт, що послідував за ними, прийнято називати промисловою революцією.

Ядро першого ТУ складали технологічні системи (ТС), пов'язані з текстильною промисловістю. Крім власне переробки пряжі та вироблення тканин до них відносяться відповідні машинобудівні ТС, виробництво та транспортування бавовни тощо. Ініціювальним імпульсом становлення першого ТУ став винахід ткацьких та прядильних машин разом із формуванням відповідного типу невиробничого споживання.

Перехід текстильної промисловості на машинну базу супроводжувався підвищенням попиту продукції машинобудування.

Набирала силу тенденція до заміни дерев'яних деталей деталями із заліза ініціювала технологічні зрушення головним чином у металообробці. Спостерігався ефект лавиноподібного наростання обсягу виробництва із завершенням становлення відповідної ТС. Відбувалося також удосконалення процесів обробки металів. Так, на початку ХІХ ст. утвердилася прокатка як самостійний процес металургійного виробництва. Організуються великі дорожні роботи та розгортається великомасштабне будівництво внутрішніх судноплавних каналів.

Таблиця 1.1. Характеристика технологічних укладів.

Номер ТУ	Період домінування	Базовий енергетичний процес	Технологічне ядро	Організація виробництва
1	1790-1830	Водяний двигун	Текстильна промисловість, виплавка чавуну та обробка заліза, будівництво магістральних каналів	Модернізація виробництва, його концентрація на фабриках
2	1840-1880	Паровий двигун	Вугільна промисловість, чорна металургія, залізничний та пароплавний транспорт, машинобудування, верстатобудування	Зростання масштабів виробництва на основі механізації
3	1890-1940	Електродвигун	Електротехнічне та важке машинобудування, сталеливарна промисловість і прокат сталі, неорганічна хімія, лінії електропередач, важкі озброєння, кораблебудування,	Зростання різноманітності та гнучкості виробництва, зростання якості продукції, стандартизація виробництва, урбанізація
4	1950-1980	Двигун внутрішнього згоряння	Автомобілебудування, літакобудування, ракетобудування, моторизоване озброєння, кольорова металургія, синтетичні матеріали, органічна хімія, виробництво та переробка нафти, електронна промисловість	Масове виробництво серійної продукції, конвеєри та автоматичні лінії, подальша стандартизація виробництва
5	1990-...	Газові технології	Електронна промисловість, комп'ютери, оптична промисловість, авіаційна промисловість та космонавтика, телекомунікації, роботобудування, газова промисловість, програмне забезпечення, телекомунікації, інформаційні послуги,	Поєднання великих корпорацій з малим бізнесом, вплив державного регулювання
6	?	Квантово-вакуумні технології		

Отже, наприкінці XVIII – на початку XIX ст. в Англії спостерігається значне економічне пожвавлення, спричинене значними змінами в технічному базисі суспільного виробництва, пов'язаними зі становленням першого ТУ. У цей час із створенням машинного виробництва та формуванням загальнонаціонального ринку встановлюється і сучасний ритм ТЕР. Аналогічні технологічні зрушення з певним відставанням відбувалися та інших країнах Європи: Росії, Франції, Німеччини. З 1790 р. ці процеси розгортаються й у США. Становлення першого ТУ у країнах було здійснено за 30-50 років.

З 20-х років XIX ст. спостерігається формування нового ТУ. У Англії заміщення першого ТУ **другим** простежується особливо виразно, а інших країнах Західної Європи та США становлення другого ТУ відбувалося майже одночасно зі зростанням попереднього. У країнах формуються загальнонаціональні ринки та встановлюється сучасний ритм ТУ. З періоду 1844-1851 р.р. Другий ТУ стає домінуючим в економіці розвинених країн. Спостерігається підйом економічної кон'юнктури. Для нового ТУ характерний бурхливий розвиток машинного виробництва, зокрема виробництво машин машинами. Різко зросли значення та інтенсивність міжнародної торгівлі.

Рівень розвитку транспортного сполучення став стримувати зростання великої промисловості. Тому важливою особливістю цього ТУ став бурхливий розвиток залізничного будівництва та транспортного машинобудування. Концентрація населення у містах та бурхливе будівництво у сфері транспорту вимагали зміцнення технічної бази будівництва та стимулювали його механізацію. Промисловий підйом середини XIX ст. зумовив зростання попиту корисні копалини, яке стимулювало технічне переозброєння гірничої промисловості. Головною технічною подією тут стало використання парового двигуна. До середини XIX ст. гірнича справа перетворилася на велику галузь капіталістичного господарства.

З вичерпання можливостей механізації громадського виробництва з урахуванням парового двигуна, насиченням суспільних потреб у продукції другого ТУ економічне пожвавлення 50-60-х змінилося стагнацією. Регулярні ознаки надвиробництва стали більш жорсткими, промислові підйоми менш інтенсивними. У цих депресивних умовах і почав формуватися **третій ТУ**, в якому лідерство переходить від Великобританії до США. Головною особливістю нового ТУ стало широке використання електродвигунів та бурхливий розвиток електротехніки. Одночасно відбувається спеціалізація парових двигунів. Домінуючим стає споживання змінного струму, оскільки способи генерування, передачі та розподілу електричної енергії за системою

трифазного струму виявилися значно ефективнішими. Розгорнулося будівництво електростанцій. Головним енергоносієм у період панування цього ТУ було вугілля.

У цей же час на енергетичному ринку починає завойовувати позиції та нафту, хоча варто зауважити, що провідним енергоносієм вона стала лише у четвертому ТУ.

Сталь стає провідним конструкційним матеріалом. В останній третині ХІХ ст. - на початку ХХ ст. темпи зростання виробництва стали дуже високими. У 1870 г. на металургійних заводах всіх країн було виплавлено 7,65 млн. т сталі, у 1890 г. світове виробництво становило 20,95 млн. т, в 1905 г. - 35,05 млн. т, в 1915 г. - 80,65 млн. т, в 1929 г. - 121,9 млн. т.

Великі успіхи у цей період робить хімічна промисловість. З багатьох хіміко-технологічних нововведень найбільше значення мали: аміачний процес отримання соди; одержання сірчаної кислоти контактним способом; електрохімічна технологія. Особливо швидкими темпами розвивалося виробництво сірчаної кислоти, яка служила основою для виробництва багатьох хімічних продуктів та матеріалів.

Але після початку Першої світової війни аж до 40-х років ХХ ст. у високорозвинених країнах настало погіршення економічної кон'юнктури. Циклічні кризи стали тривалішими і болючішими, пожвавлення та підйоми - коротшими. 30-ті роки увійшли в історію під влучною назвою великої депресії і досі з жахом згадуються у високорозвинених капіталістичних країнах.

У ці роки техніка, що становить основу третього ТУ, підійшла до меж покращення своїх можливостей. Тоді почали закладатися нові напрями розвитку техніки. Почалося формування нового – **четвертого ТУ** .

Швидкому його становленню багато в чому сприяла матеріально-технічна база, створена під час домінування третього ТУ. З усього різноманіття складових її елементів зазначимо лише основні:

- створення розвиненої автодорожньої інфраструктури;
- створення мереж телефонного зв'язку;
- освоєння нових технологій та створення інфраструктури нафтовидобутку;
- поява нових та вдосконалення технологічних процесів у традиційних галузях кольорової металургії.

Під час панування третього ТУ було впроваджено двигун внутрішнього згоряння, який став одним із базисних нововведень четвертого ТУ, відбулося становлення автомобілебудівної галузі промисловості та освоєння перших

зразків гусеничної транспортної та спеціальної техніки, які сформували ядро нового ТУ.

До галузей, що становили ядро четвертого ТУ, входили хімічна промисловість, передусім, органічна хімія – промисловість органічного синтезу та пов'язане з нею виробництво синтетичних смол, пластмас і волокон, автомобілебудування та виробництво моторизованих озброєнь. Для цього етапу характерними є нова машинна база, комплексна механізація виробництва, автоматизація багатьох основних технологічних процесів, широке використання кваліфікованої робочої сили, зростання спеціалізації виробництва.

Протягом життєвого циклу четвертого ТУ продовжувався випереджальний розвиток електроенергетики. Електрика стала використовуватися не тільки для освітлення, але й для опалення та вентиляції повітря. Головним енергоносієм стала нафта. Нафтопродукти стали основним паливом для всіх видів транспорту – дизельних локомотивів, автомобілів, літаків, гелікоптерів, ракет. Нафта також перетворилася на найважливішу сировину для хімічної промисловості.

З розширенням виробництв четвертого ТУ було створено глобальну систему телекомунікацій з урахуванням телефонної та радіозв'язку. Відбувся перехід населення до нового типу споживання, яке відрізняється масовим споживанням товарів тривалого користування, синтетичних товарів.

Однак до середини 70-х років четвертий ТУ досяг у розвинених капіталістичних країнах меж свого розширення. З цього часу основним носієм економічного зростання стають виробництва **п'ятого ТУ**, який завойовує домінуючі позиції в економіці розвинутих країн із середини 80-х років.

П'ятий ТУ може бути визначений як уклад інформаційних та комунікаційних технологій. Мікроелектроніка є ключовим фактором НТР, що розгорнулася в даний час. Широке поширення мікроелектронних пристроїв зумовлює радикальні зміни у структурі суспільного виробництва та підвищення його ефективності. Іншим ключовим фактором є програмне забезпечення. Воно визначає основні параметри траєкторії сучасного ТЕР.

Становлення нового ТУ визначається поширенням нових технологічних принципів економіки, опосередкованим несучими галузями. Серед основних несучих галузей нового ТУ слід зазначити виробництво засобів автоматизації та телекомунікаційного устаткування.

Більшість нововведень, що з п'ятим ТУ, впроваджується, зазвичай, у фазі домінування попереднього. За деякими оцінками близько 80% основних

нововведень аналізованого ТУ було запроваджено ще до 1984 р. Як початкова точка життєвого циклу інформаційного ТУ можна назвати 1947 р. - рік створення транзистора. З появою першої ЕОМ в 1949 р., ОС (1954 р.), кремнієвого транзистора (1954 р.) сформувалося ядро нового ТУ і почалося його становлення. Поруч із розвитком напівпровідникової промисловості спостерігався швидкий прогрес у сфері програмного забезпечення. Наприкінці 50-х з'явилося сімейство перших програмних мов високого рівня.

Наступний етап становлення інформаційного та комунікаційного ТУ пов'язаний із появою комерційно ефективних ЕОМ (зокрема, серії ІВМ-360 у 1965 р.). Ці нововведення відкрили можливості для завоювання п'ятих ТУ нових ринкових сегментів. Але це поширення було обмежено. Поширенню нового ТУ перешкоджала нерозвиненість несучих галузей, становлення яких своєю чергою наштовхувалося на обмеженість попиту, обумовлену:

- 1) відносною неефективністю нових технологій;
- 2) можливостями, що зберігаються, для відтворення інших традиційних технологій попереднього ТУ;
- 3) придушенням сприйняття нових технологічних засад існуючими інститутами.

Новий прорив був здійснений з використанням мікропроцесора у 1971 р. Це нововведення, яке у свою чергу було підготовлено серією попередніх нововведень у виробництві інтегральних схем, відкрило нові можливості для швидкого прогресу в усіх напрямках ТЕР. Удосконалення базисних виробництв набуло форми стійкого, поступального, кумулятивного технічного прогресу – траєкторія еволюції нового ТУ встановилася та її поширення у світовій економіці прискорилося.

Винахід мікрокомп'ютера та пов'язаний з цим швидкий прогрес у програмному забезпеченні зробили інформаційну технологію зручною, дешевою та доступною як для виробничого, так і для невиробничого споживання. Рухомі галузі інформаційного ТУ вступили у фазу зрілості.

З середини 70-х років почалося масове поширення виробництв нового ТУ та заміщення ними традиційних технологій у багатьох галузях економіки. Важливе значення серед несучих виробництв п'ятого ТУ в обробній промисловості мають *гнучкі автоматизовані виробництва* (ГАВ). Гнучка автоматизація промислового виробництва різко розширює різноманітність продукції, що випускається. Разом із автоматизацією сфери обігу це створює умови для індивідуалізації споживання. Заміщення культури масового споживання індивідуалізацією споживчих переваг населення дозволяє суттєво

розширити його споживчий попит. Особливо швидкими темпами розширюватиметься сфера послуг, головним чином рахунок розвитку інформаційних, куди доведеться більшість зростання фонду споживання.

Інший характерною рисою п'ятого ТУ є деурбанізація розміщення населення та пов'язаний з нею розвиток нової інформаційної та транспортної інфраструктури. Вільний доступ кожної людини до глобальних інформаційних мереж, розвиток глобальних систем масової інформації, авіаційного транспорту радикальним чином змінюють людські уявлення про час та простір. Це в свою чергу позначається на структурі потреб і мотивів поведінки людей. Глобалізація соціальних та виробничих відносин різко підвищує різноманітність духовних та предметних потреб людини, можливих сфер становища її інтелекту та праці. Це матиме сильний зворотний ефект у розширенні виробничих можливостей та розвитку продуктивних сил.

Протягом життєвого циклу п'ятого ТУ відповідно до довгострокового прогнозу його розвитку природний газ став домінуючим енергоносієм. Це зумовлено щодо більшої екологічної чистотою і більш високою технологічністю його споживання. Слід також очікувати на розширення використання нетрадиційних джерел енергії, на які, можливо, прийде суттєва частка сукупного споживання енергоносіїв до кінця життєвого циклу п'ятого ТУ.

Запитання для самоконтролю:

1. Дати визначення понять **Методологія, Метод, Спосіб, Засіб**.
2. Що розуміється під технологічним прогнозуванням, його мета та завдання?
3. Які методи прогнозування технологічних систем у машинобудуванні ви знаєте?
4. У чому полягає суть методу аналізу тенденцій з використанням S-кривих?
5. Як залежно від співвідношення тривалості життєвих циклів технологій та попиту на товари технології поділяються на стабільні, плідні та мінливі?
6. Як відбувалося становлення та зміна технологічних укладів у світовому техніко-економічному розвитку?

2 ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ

2.1 Загальні відомості про часові ряди

Навколо нас відбуваються різні процеси, які ми спостерігаємо у часі. При цьому виникають різні питання та завдання щодо цих процесів, пов'язані з їх вивченням, аналізом, регулюванням, прогнозуванням тощо. В основному завдання аналізу процесів (економічних, технологічних, соціальних тощо) такі:

- зробити прогноз досліджуваного процесу на певний час у майбутнє;
- визначити, які керуючі впливи треба зробити, щоб отримати задані параметри;
- визначити, чи існує взаємозв'язок між обраними параметрами процесу, і який їхній вид;
- визначити, чи існує взаємозв'язок між деякими процесами.

Багато поставлених та інших питань можна вирішувати за допомогою аналізу часових рядів. Під тимчасовим рядом $y_{t1}, y_{t2}, \dots, y_{tn}$ розуміється послідовність значень будь-якої ознаки у спостерігається в моменти часу t_1, t_2, \dots, t_n . Тимчасовий ряд може бути безперервним або дискретним, моментним (значення рівня формується на даний момент) або агрегованим (значення рівня утворюється шляхом підсумовування за певний період). Наприклад, у разі оптових продажів слід говорити про дискретний агрегований тимчасовий ряд із фіксацією значення рівня продажів за місяць.

Важливим моментом, який треба враховувати, розпочинаючи аналіз часових рядів, є довжина часового ряду або кількість проведених спостережень. У статистиці прийнято вважати, що «інформація» про випадкову вибірку пропорційна обсягу вибірки. У часових рядах, особливо за хорошого зв'язку між спостереженнями, значення кількості спостережень n менш буває «інформативно» для аналізу. У той самий час докази статистичної значимості отриманих результатів величина n іноді має вирішальне значення. Зазвичай вважається, що якщо ряд містить $n > 50$ спостережень (наприклад, місяців або > 4 років), то це достатньо для статистичного обґрунтування висновків. Важливим у прогнозуванні є можливість оновлення прогнозу з появою додаткових спостережень. При виборі методу прогнозування за даною ознакою слід віддати перевагу тому, що за подібних інших умов дозволяє з меншими витратами оновити (поправити) прогноз.

Прогнозування на основі аналізу часових рядів доцільно в тих випадках, коли є досить об'ємна вибірка тимчасових спостережень та обґрунтоване припущення щодо збереження існуючих тенденцій розвитку досліджуваних

явищ у майбутньому. Якщо ж такої впевненості немає, то висновки, зроблені на основі аналізу часового ряду можуть бути помилковими. У таких випадках доцільно скористатися економетричними методами прогнозування з урахуванням регресійного аналізу.

2.2 Трендові моделі на основі кривих зростання

Основна мета створення трендових моделей економічної динаміки – на їх основі зробити прогноз про розвиток досліджуваного процесу на майбутній проміжок часу. Найчастіше в економіці використовуються поліноміальні, експоненційні та S-подібні криві зростання.

В економіці досить поширені процеси, які спочатку ростуть повільно, потім прискорюються, а потім знову уповільнюють своє зростання, прагнучи якоїсь межі. Як приклад можна навести процес введення деякого об'єкта в промислову експлуатацію, процес зміни попиту на товари, що володіють здатністю досягати деякого рівня насичення, та ін. .

Крива Гомперця має аналітичний вираз

$$\tilde{y}_t = ka^{b^t},$$

де a, b - позитивні параметри, причому b менше одиниці; параметр k – асимптота функції.

У кривій Гомперця (рис.2.1) виділяються чотири ділянки: перша – приріст функції незначний, друга – приріст збільшується, третя - приріст приблизно постійний, четверта – відбувається уповільнення темпів приросту і функція необмежено наближається до значення k . В результаті конфігурація кривої нагадує латинську букву S .

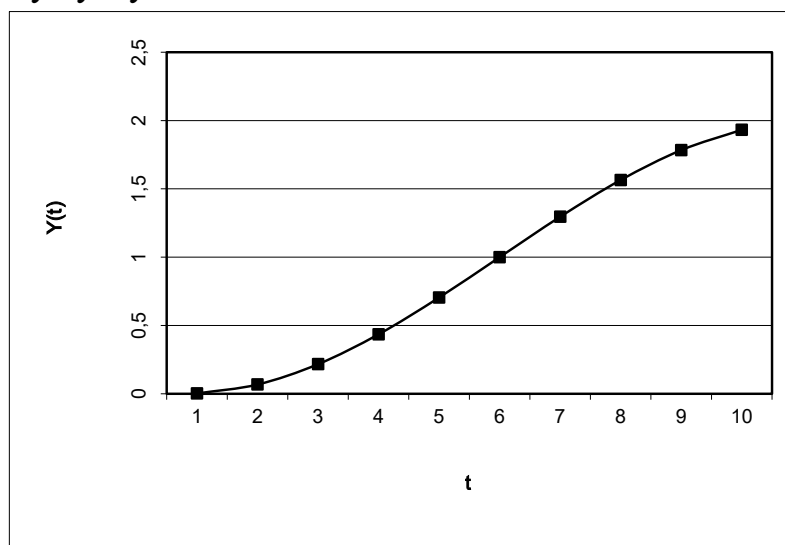


Рисунок 2.1 Графік трендової моделі кривої Гомперця

2.3 Модель Хольта-Уінтерса

У тимчасових рядах економічних процесів можуть мати місце більш менш регулярні коливання. Якщо вони носять строго періодичний або близький до нього характер і завершуються протягом одного року, то їх називають сезонними коливаннями.

Тренд та сезонна компонента називаються регулярними або систематичними компонентами часового ряду. Складова частина часового ряду, що залишається після виділення з нього регулярних компонентів, являє собою випадкову, нерегулярну компоненту. Вона є обов'язковою складовою будь-якого часового ряду, оскільки випадкові відхилення неминуче супроводжують будь-якому соціально-економічному явищу. Якщо систематичні компоненти часового ряду визначено правильно, що й становить одну з головних цілей розробки трендових моделей, то що залишається після виділення з часового ряду цих компонент так звана залишкова послідовність (ряд залишків) буде випадковою компонентою ряду, тобто. матиме наступні властивості:

- випадковістю коливань рівнів залишкової послідовності;
- відповідністю розподілу випадкової компоненти до нормального закону розподілу;
- рівністю математичного очікування випадкової компоненти нулю;
- незалежністю значень рівнів випадкової послідовності, тобто. відсутністю суттєвої автокореляції.

Перевірка адекватності трендових моделей заснована на перевірці виконаності залишкової послідовності зазначених чотирьох властивостей.

Хольт першим використав два параметри згладжування для побудови прогнозів у моменти t на L кроків уперед за допомогою лінійної моделі виду:

$$y_{t+L} = a_0(t) + a_1(t) \cdot L, \quad (2.1)$$

де $a_0(t)$ – характеризує зміну середнього рівня процесу; $a_1(t)$ – Визначає мінливість (зростання) процесу за одиницю часу.

Уінтерс узагальнив модель Хольта для випадку, коли ряд має сезонну складову, при цьому розглядається адитивно-мультиплікативна модель, де сезонна компонента входить мультиплікативно. Прогноз за моделлю Хольта-Уінтерса здійснюється за формулою:

$$y_{t+j} = (a_0(t) + a_1(t) \cdot j) \cdot s(t+j-k), \quad (2.2)$$

де k - період сезонності, $s(t+j-k)$ - множник, що враховує сезонний ефект (коефіцієнт сезонності). Усі три компоненти $a_0(t), a_1(t), s(t)$ обчислюються як експонентне середнє.

Формула визначення коефіцієнта сезонності:

$$s(t) = \alpha_0 \frac{y_t}{a_0(t)} + (1 - \alpha_2) \cdot s(t - k), \quad (2.3)$$

де $0 \leq \alpha_2 \leq 1$ параметр згладжування.

$$a_0(t) = \alpha_0 \frac{y_t}{s(t - k)} + (1 - \alpha_0)(a_0(t - 1) + a_1(t - 1)), \quad (2.4)$$

де $0 \leq \alpha_0 \leq 1$ - Параметр згладжування.

$$a_1(t) = \alpha_1(a_0(t) - a_1(t - 1)) + (1 - \alpha_1)a_1(t - 1), \quad (2.5)$$

де $0 \leq \alpha_1 \leq 1$ - Параметр згладжування.

Усі параметри згладжування α_0 , α_1 , α_2 розташовані в інтервалі $(0, 1)$ і вибираються незалежно. Хороші результати можуть бути отримані за $\alpha_0 = \alpha_1 = 0,2$ і $\alpha_2 = 0,5$. Ці параметри згладжування рекомендується брати, якщо немає ніякої додаткової інформації.

Щоб скористатися формулами (2.3)-(2.5) треба поставити або визначити початкові значення коефіцієнтів $a_0(0)$ і $a_1(0)$. Як $a_0(0)$ можна прийняти середнє значення рівнів за аналізований період, а значення $a_1(0)$ визначити як значення приростів цей період. Для визначення початкових значень коефіцієнтів сезонності використовуємо дані періоду, що аналізується. Початкові значення коефіцієнтів сезонності обчислюємо як відношення місячних середніх значень до середнього рівня за весь період.

2.4 Приклад прогнозування часових рядів збуту проточно-накопичувальних електричних водонагрівачів (ЕВН) на основі моделі Хольта-Уінтерса

Проточно-накопичувальні електричні водонагрівачі (бойлери) стали популярним товаром побутового призначення наприкінці 90-х років минулого століття як альтернатива централізованому водопостачанню домогосподарств гарячою водою. В Україні кілька фірм здійснювали задоволення попиту на ЕВН, імпортуючи їх, наприклад, з Італії (відомі марки Арістон, Термекс тощо) та організуючи оптові продажі. Згодом ринок ЕВН розвинувся настільки, що постало гостро питання планування поставок (замовлення продукції у виробника). Насамперед це потрібно для оптимізації складських запасів на II етапі S- кривої життєвого циклу попиту на товар. Відомо, що під час бурхливого зростання обсягів продажу йде вимивання оборотних коштів, коли надходжень від продажу (особливо за наявності товарного кредиту) може не вистачати на оплату поставок майбутніх періодів. Вимушене кредитування при цьому веде до зниження рентабельності. При цьому недолік товару на складі не задовольнить попит, а його надлишок – веде до

заморожування оборотних коштів, яких і так дефіцит. Як раніше зазначалося, фірми-імпортери перебувають під тиском конкуренції зі своїми товарами-аналогами (без явних переваг щодо якості та споживчих властивостей). Характерна ситуація для них - "процвітання без прибутку": за бажання зберегти або збільшити частку ринку та значного зростання продажів прибутковість низька, тому що інтенсивна конкуренція веде до зниження цін, а короткий життєвий цикл продукції не дозволяє повернути кошти, витрачені на організацію поставок імпортованого товару та логістику оптових продажів.

Якісне планування без прогнозування неможливо, тому з'явився запит на пошук методу його реалізації. Виходячи із знань про обсяги щомісячних продажів за попередні періоди (ретроспекція) вдалося сформувати тимчасовий ряд як дискретний агрегований тимчасовий ряд із фіксацією значення рівня продажів за місяць, який і аналізувався на предмет його продовження у майбутні періоди. Виграшною властивістю ряду стала наявність яскраво вираженої сезонної складової. ЕВН як товар, що задовольняє потребу в гарячій воді, більшою мірою був затребуваний у літній період, коли традиційно центральне водопостачання зупиняється на профілактику. Надалі в науково-технічній літературі було виконано пошук відповідного способу прогнозування цього часового ряду, яких безліч. Великою підмогою стала книга [11]. У ній автор кваліфіковано і зрозуміло, а головне з прикладами реалізації методів з використанням MS Excel показав механізм прогнозування часових рядів. Залишалось тільки вибрати для нашого часового ряду найбільш підходящий та реалізувати його засобами MS Excel.

З різних методів прогнозування часових рядів прогнозування за допомогою ковзних середніх за моделлю Хольта-Уінтерса нами було обрано з наступних причин:

- дана модель найбільше підходить для ряду, що має сезонну складову;
- гарне наближення фактичних значень з теоретичними (мале значення середньоквадратичного відхилення помилок);
- можливість оновлення прогнозу у разі додаткових спостережень (здійснити як перший середньостроковий прогноз на один рік, а й зрушувати/уточнювати його за підсумками кожного минулого місяця).

На основі обраного методу та реалізованої моделі у MS Excel виконувалося прогнозування оптових продажів ЕВН у період 2001-2009 р.р. Аналіз результатів прогнозування показав, що обраний метод Хольта-Уінтерса для тимчасового ряду давав хорошу збіжність, відхилення початкових прогнозних значень від фактичних протягом року не перевищував 17%, а при щомісячному уточненні 7-8%, причому факт завжди перевищував прогноз. На рис.2.2 показані результати моделювання у MS Excel.

t	Рік	місяць	Вихідний ряд	a0(t)	Відновлений ряд	a1(t)	p(t)	Прогноз по S(t)	S(t)	a0		a1		a2
0		дек		10 484,92		64,13				0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
1	08	січ	9 978	11300,23	8 930	214,37	815,32		0,79	Коефіцієнт сезонності				
2		лют	13 952	13019,09	11 747	515,27	1718,85		0,90	янв	0,70			
3		бер	14 289	14539,13	12 742	716,22	1520,04		0,88	фев	0,73			
4		кві	14 119	15671,03	13 442	799,36	1131,90		0,86	мар	0,77			
5		тра	18 267	16506,17	18 188	806,51	835,14		1,10	апр	0,81			
6		чер	15 611	16800,55	16 695	704,09	294,38		0,99	май	1,10			
7		лип	22 288	17726,40	21 757	748,44	925,85		1,23	юні	1,06			
8		сер	12 168	17060,39	15 187	465,55	-666,01		0,89	юлі	1,20			
9		вер	14 717	16879,52	16 048	336,27	-180,87		0,95	авг	1,07			
10		жов	17 360	16636,97	18 763	220,50	-242,55		1,13	сен	1,03			
11		лис	17 417	16291,15	18 824	107,24	-345,82		1,16	окт	1,21			
12		гру	16 103	16096,23	16 757	46,81	-194,92		1,04	ноя	1,24			
13	09	січ	7 992	15205,97	9 299	140,61	-890,25		0,61	дек	1,08			
14		лют	7 314	14048,23	8 805	344,03	-1157,74		0,63					
15		бер	14 085	14622,02	12 672	160,47	573,79		0,87					
16		кві	9 750	13963,23	10 562	260,13	-658,79		0,76					
17		тра	13 629	13446,89	14 191	311,37	-516,34		1,06					
18		чер	15 581	13453,14	14 909	247,85	6,25		1,11					
19		лип							16 208					
20		сер							11 534					
21		вер							12 084					
22		жов							14 054					
23		лис							14 112					
24		гру							12 457					

68 351

80 450

Прогноз:

Приріст к 2008

янів.09

195 570

5%

Факт 2009

148 801

-20%

Рисунок 2.2 Модель прогнозування оптового продажу EBH в MS Excel

На рис.2.3 показані графіки прогнозних та фактичних значень для 2009 року (рік світової фінансової кризи) після якого виконання прогнозування було припинено. Згодом можна відзначити, що продажі у 2007 р. до попереднього року зросли на 6%, у 2008 р. на 48%, початковий прогноз на 2009 м показував приріст 5%, а за фактом продажу впали на 20%.

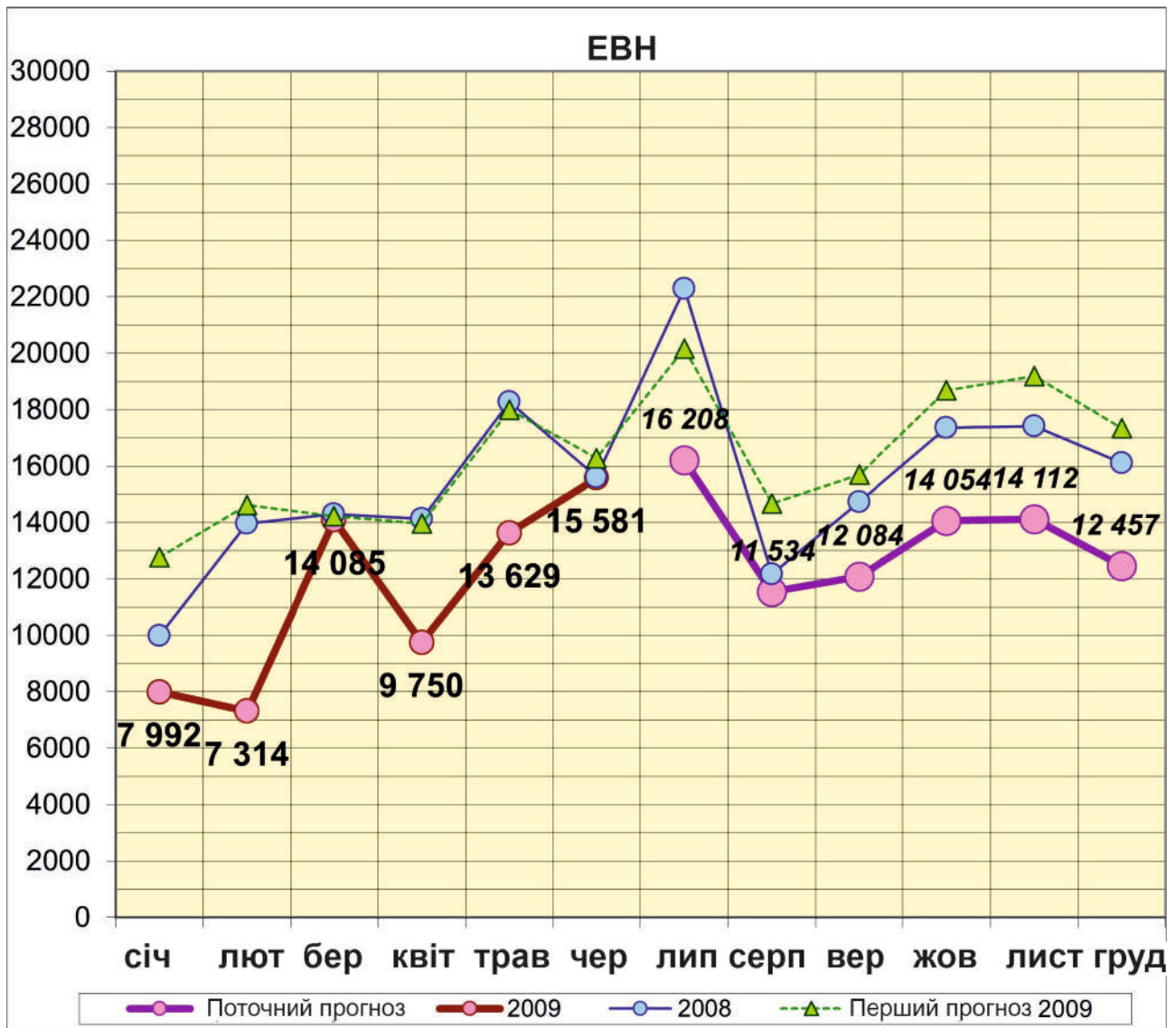


Рисунок 2 3 Факт-прогноз оптового продажу ЕВН на 2009 р.

Запитання для самоконтролю:

1. У чому суть завдань аналізу процесів, які ми спостерігаємо у часі ?
2. Що розуміється під тимчасовим рядом процесу?
3. Що таке тренд і сезонна компонента часового ряду? Що таке залишкова послідовність, і які властивості вона має?
4. У чому особливість прогнозування часових рядів на основі моделі Хольта-Уінтерса?

3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ В ГАЛУЗІ

3.1 Світовий ринок технологічного обладнання

У середині 2000-х років з різних джерел Інтернет була знайдена та систематизована інформація про світовий ринок технологічного обладнання, про споживання, виробництво, експорт та імпорт металообробного обладнання (МОО), що включає металорізальні верстати (МРВ) та ковальсько-пресове обладнання (КПО).

У табл.3.1 наведено розподіл світового виробництва МОО по окремих регіонах світу у 2001-2003 р.р.

Таблиця 3.1 Розподіл світового виробництва МОО, млн. дол.

Регіон	2001 р.	2002 р.	2003 р.	Частка у світі
Європа	18100,6	17462,8	18083,7	49,8%
Азіатсько-тихоокеанський	14567,4	12117,3	14964,8	41,3%
Америка	3583,0	2579,4	3225,7	8,9%
Всього:	36251,0	32159,5	36274,2	100%

У табл.3.2 показано споживання МОО на душу населення (показник індустріального розвитку) у країнах світу у 2007-2009 р.р. з рейтингом за докризовим 2008 р.

Особливий інтерес для верстатобудівників становить технологічна структура споживання МРС у 2004 р. у найбільшій економіці світу – США (табл.3.3) . У табл.3.4 показано пайовий розподіл МРВ та КПО у загальному МОО країн світу у 2006 р.

У табл.3.5-3.8 наведено дані за 2002-2009 р.р. про споживання, виробництво, експорт та імпорт по 29 країнах світу з рейтингом по 2009 р., а на рис.3.1-3.4 графіки цих показників за п'ятьма країнами-лідерами.

Таблиця 3.2 Споживання МОО на душу населення, дол.

Країна	2007 г.	2008 р.	2009 р.
Швейцарія	172,18	184,51	113,86
Італія	87,09	147,00	47,15
Тайвань	166,37	122,16	36,86
Німеччина	87,98	120,80	66,21
Австрія	97,25	92,73	75,76
Японія	59,94	63,09	26,12
США	21,06	22,21	10,97
КНР	11,85	14,56	14,66

Таблиця 3.4 Технологічна структура споживання МРВ США

Тип МРВ	Частка, %
Токарні горизонтальні з ЧПУ	19,1
Обробні центри вертикальні	15,8
Обробні центри горизонтальні	14,0
Автоматичні лінії та спеціальні верстати	6,6
Токарні одно- та багатошпиндельні автомати	5,1
Електроерозійні вирізні дротяні	4,3
Свердлильні та різьбонарізні	3,4
Фрезерно-розточувальні горизонтальні	3,4
Зубообробні	3,1
Вертикально-фрезерні	3,0
Шліфувальні інші типи	2,8
Пильні та відрізні	2,7
Токарні горизонтальні з ручним керуванням	2,2
Плоскошліфувальні	2,2
Універсально-шліфувальні	2,1
Круглошліфувальні	1,9
Вертикальні токарні	1,6
Протяжні	1,2
Роторні верстати	1,1
Безцентровошліфувальні	0,9
Електроерозійні занурювальні з копіром	0,8
Внутрішньошліфувальні	0,4
Електроерозійні для прошивки дрібних отворів	0,2

Таблиця 3.4 Розподіл МРВ та КПО загалом МОО країн світу у 2006 р.

№	Країна	2006 р.	
		МРВ	КПО
		%	%
1	Австралія	66	34
2	Австрія	60	40
3	Аргентина	40	60
4	Бельгія	10	90
5	Бразилія	81	19
6	Великобританія	78	22
7	Німеччина	73	27
8	Данія	40	60
9	Індія	88	12
10	Іспанія	64	36
11	Італія	51	49
12	Канада	60	40
13	КНР	74	26
14	Мексика	35	65
15	Нідерланди	20	80
16	Португалія	10	90
17	Республіка Корея	72	28
18	Росія	77	23
19	Румунія	56	44
20	США	79	21
21	Тайвань	77	23
22	Туреччина	30	70
23	Фінляндія	16	84
24	Франція	54	46
25	Хорватія	43	57
26	Чехія	92	8
27	Швейцарія	84	17
28	Швеція	43	57
29	Японія	88	12

Таблиця 3.5 Споживання МОО, млн.дол.

№	Країна	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	КНР	5 190	6 580	9 456	10 780	13 113	16 171	19 441	19 400
2	Німеччина	4 392	4 373	5 111	5 490	5 140	7 455	9 756	5 450
3	США	3 844	3 899	5 093	5 933	6 361	5 864	6 920	3 370
4	Японія	3 218	4 109	5 943	7 759	7 859	7 637	7 793	3 319
5	Італія	3 186	3 294	3 280	3 301	3 786	5 151	5 291	2 741
6	Корея	1 960	2 766	3 059	4 424	4 020	4 150	3 796	2 586
7	Бразилія	558	575	941	1 082	1 423	1 823	2 547	2 547
8	Індія	185	277	562	1 000	1 191	1 809	1 955	1 157
9	Франція	1 070	1 101	1 180	1 498	1 441	1 574	1 872	1 133
10	Мексика				1 157	1 246	1 670	1 546	1 005
11	Швейцарія	599	537	768	851	1 082	1 245	1 567	866
12	Тайвань	1 029	1 142	2 617	2 248	2 887	3 563	2 638	847
13	Канада	1 190	1 108	1 200	1 443	1 064	1 016	1 156	720
14	Росія	309	281	387	389	604	602	1 265	692
15	Австрія	202	389		291	637	692	904	622
16	Іспанія	792	884	1 033	1 071	1 105	1 279	1 160	560
17	Бельгія	140	168	197	287	436	562	531	464
18	Туреччина	414	476	805	944	1 067	1 088	798	450
19	Великобританія	759	719	681	656	817	892	782	398
20	Нідерланди	276	299	247	408	415	503	525	348
21	Румунія	52	97	155	155	256	355	360	342
22	Чехія	325	306	773	405	451	623	882	338
23	Швеція	234	254	256	370	317	533	525	312
24	Австралія	198	149	174	223	371	405	400	234
25	Фінляндія	131	124	153	183	188	270	386	153
26	Аргентина	22	31	95	156	145	181	273	150
27	Португалія	77	91	121	111	109	129	173	140
28	Данія	110	132	101	159	139	219	344	136
29	Хорватія	25	30	137	145	159	159		

Таблиця 3.6 Виробництво МОО, млн.дол.

№	Країна	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	Китай	2 350	2 910	4 080	5 100	7 060	10 750	13 960	15 000
2	Німеччина	6 990	7 525	8 959	9 797	10 120	12 922	15 680	10 429
3	Японія	6 077	7 862	10 573	13 186	13 558	14 323	15 567	7 095
4	Італія	3 771	4 181	4 639	4 863	5 708	7 293	7 831	5 239
5	Корея	1 587	2 059	2 362	3 511	4 112	4 550	4 372	2 665
6	Тайвань	1 775	2 064	2 884	3 394	3 841	4 492	4 807	2 419
7	США	2 306	2 210	3 132	3 467	3 689	3 247	3 939	2 324
8	Швейцарія	1 825	1 736	2 333	2 656	2 964	3 515	4 013	2 118
9	Бразилія	292	313	711	689	957	1 158	1 289	1 288
10	Іспанія	861	945	1 021	1 124	1 226	1 433	1 545	1 060
11	Австрія	261	335	373	408	729	939	1 227	857
12	Франція	705	762	784	951	1 010	1 147	1 276	765
13	Туреччина	186	221	319	375	426	533	442	590
14	Великобританія	656	667	720	718	774	879	760	499
15	Канада	879	690	814	949	471	357	646	434
16	Бельгія	142	173	219	260	356	408	499	370
17	Нідерланди	292	316	270	420	426	512	512	341
18	Індія	107	150	220	333	371	424	404	268
19	Росія	160	131	161	161	182	202	421	230
20	Фінляндія	188	237	199	220	276	327	300	181
21	Швеція	192	237	180	198	200	276	249	147
22	Мексика				50	122	166	164	133
23	Данія	58	70	85	85	92	105	168	113
24	Португалія	33	37	50	49	59	71	82	80
25	Румунія	47	53	59	59	64	49	55	52
26	Аргентина	9	13	15	24	29	33	37	29
27	Чехія	276	235	284	390	468	677		
28	Австралія	103	107	106	137	148	180		
29	Хорватія	22	23	78	89	98	98		

Таблиця 3.7 Експорт МОО, млн.дол.

№	Країна	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	Німеччина	4 169	4 757	5 670	6 370	7 516	9 151	10 262	7 203
2	Японія	3 170	4 132	5 169	6 101	6 813	7 461	8 517	4 219
3	Італія	1728	1927	2 437	2794	3 319	4063	4 691	3 316
4	Тайвань	1 453	1 651	2 248	2 651	2 964	3 471	3701	1936
5	Швейцарія	1 562	1 527	2005	2 288	2 237	3037	3334	1 824
6	Китай	310	370	540	820	1190	1 651	2 106	1400
7	США	959	889	1193	1 438	1 802	1 657	1893	1 215
8	Корея	416	633	963	1 157	1 450	1800	1 910	1 212
9	Іспанія	513	568	519	620	699	850	1077	800
10	Австрія	280	280	411	451	540	780	1025	682
11	Бельгія	468	465	580	597	721	854	1100	627
12	Великобританія	576	606	736	796	879	944	931	569
13	Франція	442	497	554	600	640	790	822	556
14	Чехія	256	261	356	400	489	673	860	516
15	Туреччина	83	103	162	230	308	431	350	269
16	Канада	167	131	176	220	323	300	380	247
17	Нідерланди	149	160	247	283	345	402	426	243
18	Бразилія	100	103	179	221	153	149	196	196
19	Швеція	159	201	181	169	232	241	243	145
20	Фінляндія	160	203	160	180	226	264	231	139
21	Австралія	88	88	80	108	95	153	93	100
22	Росія	49	50	73	74	117	129	146	80
23	Данія	67	80	106	109	109	140	155	77
24	Румунія	75	80	103	103	94	79	77	73
25	Португалія	20	23	33	34	42	52	48	60
26	Мексика				21	31	42	41	33
27	Аргентина	8	11	9	16	12	11	15	20
28	Індія	11	13	11	14	17	36	22	12
29	Хорватія	22	21	70	79	89	89		

Таблиця 3.8 Імпорт МОО, млн.дол.

№	Країна	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	КНР	3 150	4040	6 700	6 500	7 100	7 243
2	США	2 497	2 578	3778	3 904	4 441	4 475
3	Німеччина	1 572	1605	2014	2063	2 419	2 535
4	Тайвань	707	730	1525	1505	1771	2010
5	Італія	1 143	1040	1 224	1 233	1 360	1397
6	Корея	789	1 340	2000	2070	2 550	1 358
7	Мексика				1 127	1 132	1 154
8	Франція	808	836	1098	1 147	1 128	1072
9	Туреччина	311	358	771	799	961	949
10	Великобританія	679	658	755	735	876	922
11	Канада	478	549	695	713	747	917
12	Індія	89	140	680	680	662	837
13	Японія	312	379	727	673	799	814
14	Бельгія	466	460	637	624	684	801
15	Бразилія	365	365	614	614	614	619
16	Іспанія	444	506	569	567	571	575
17	Росія	198	200	301	301	301	539
18	Чехія	305	332	398	415	436	472
19	Австрія	221	332		334	353	448
20	Швейцарія	336	328	452	484	541	354
21	Швеція	201	218	297	342	361	349
22	Нідерланди	133	144	220	271	301	334
23	Австралія	183	131	162	194	200	318
24	Румунія	79	124	198	198	198	286
25	Данія	143	119	72	184	198	157
26	Хорватія	24	28	105	135	150	150
27	Фінляндія	103	90	131	143	159	138
28	Аргентина	22	29	146	148	129	128
29	Португалія	64	77	104	957	105	92

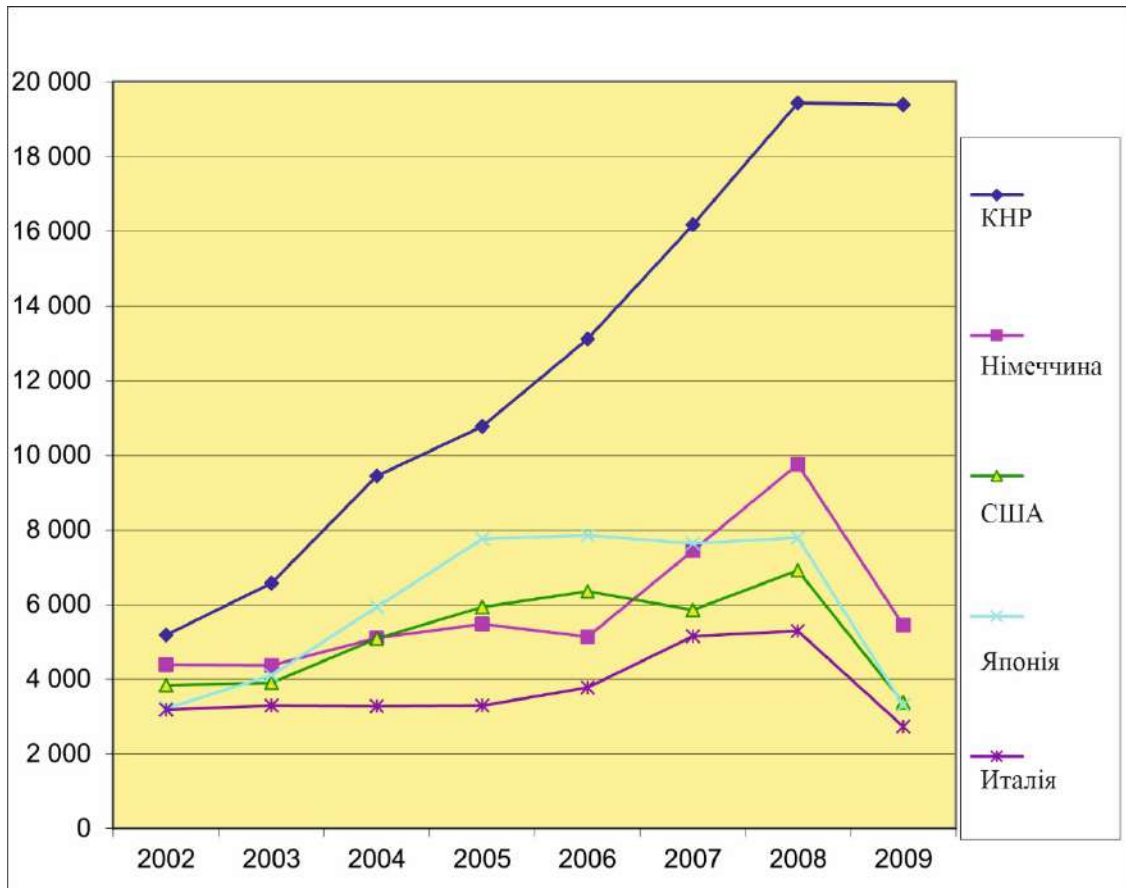


Рисунок 3.1 Споживання МОО, млн.дол.

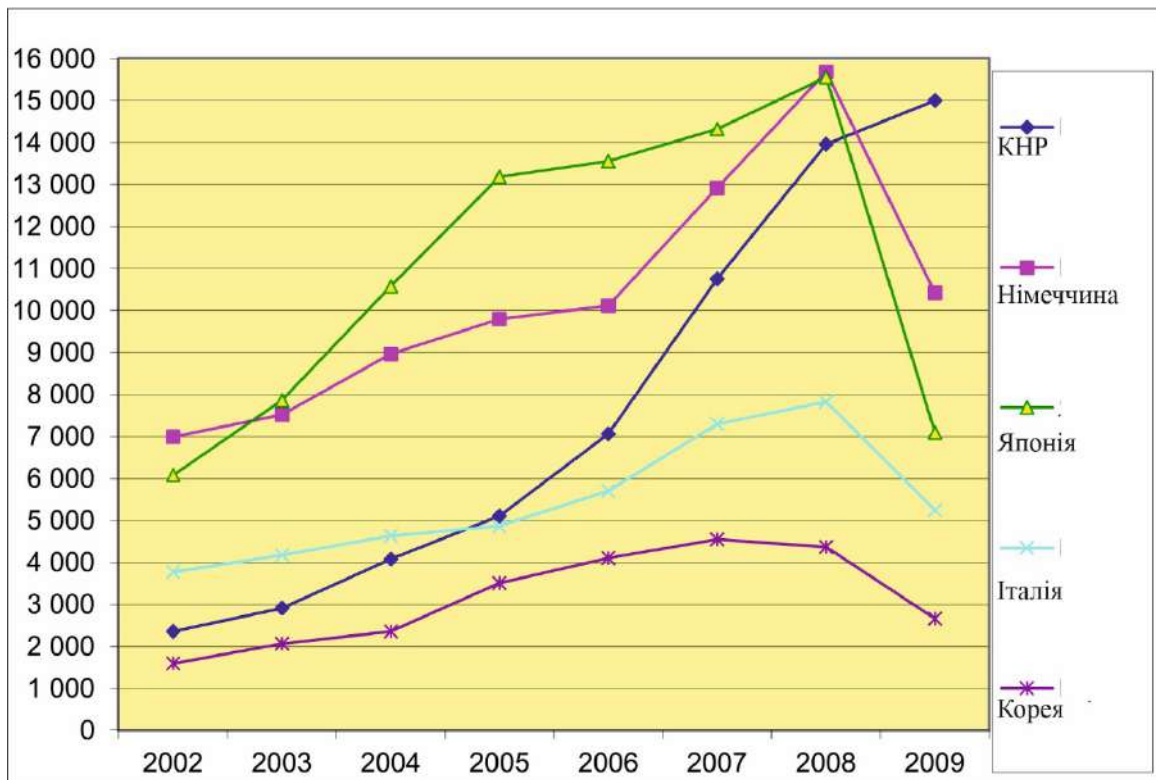


Рисунок 3.2 Виробництво МОО, млн.дол.

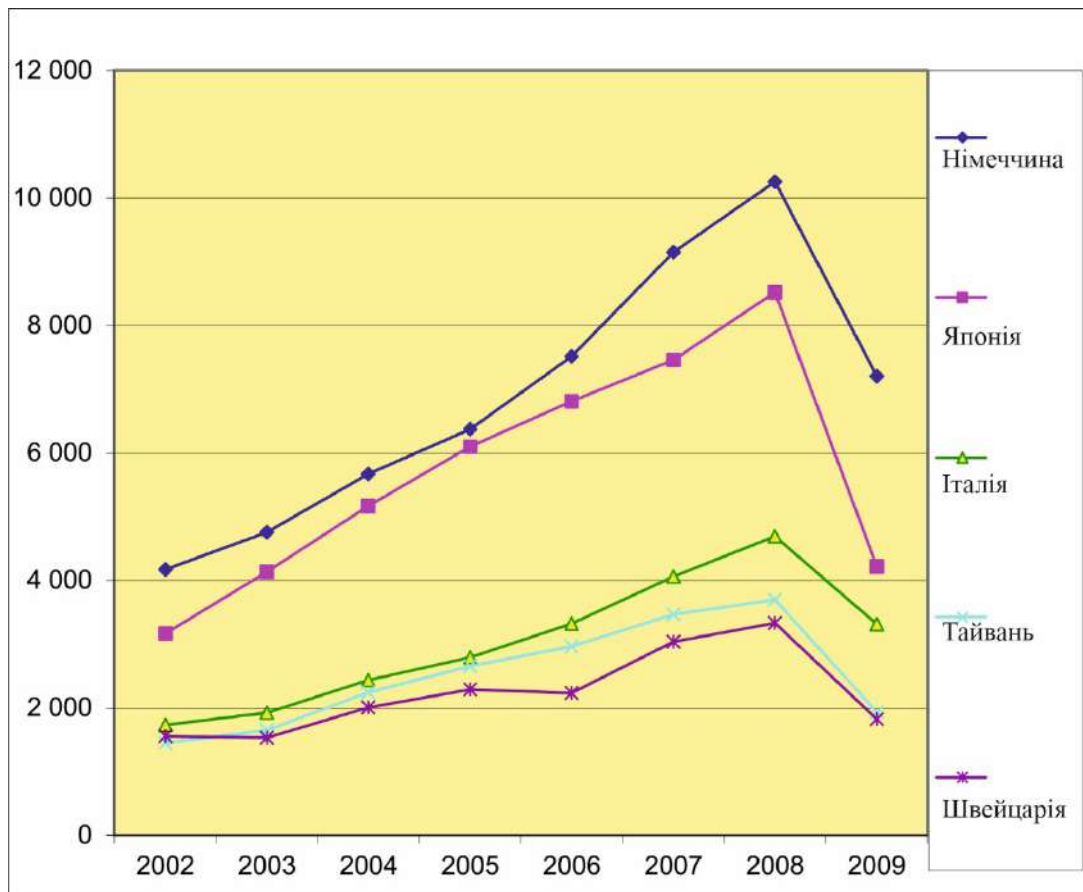


Рисунок 3.3 Експорт МОО, млн.дол.

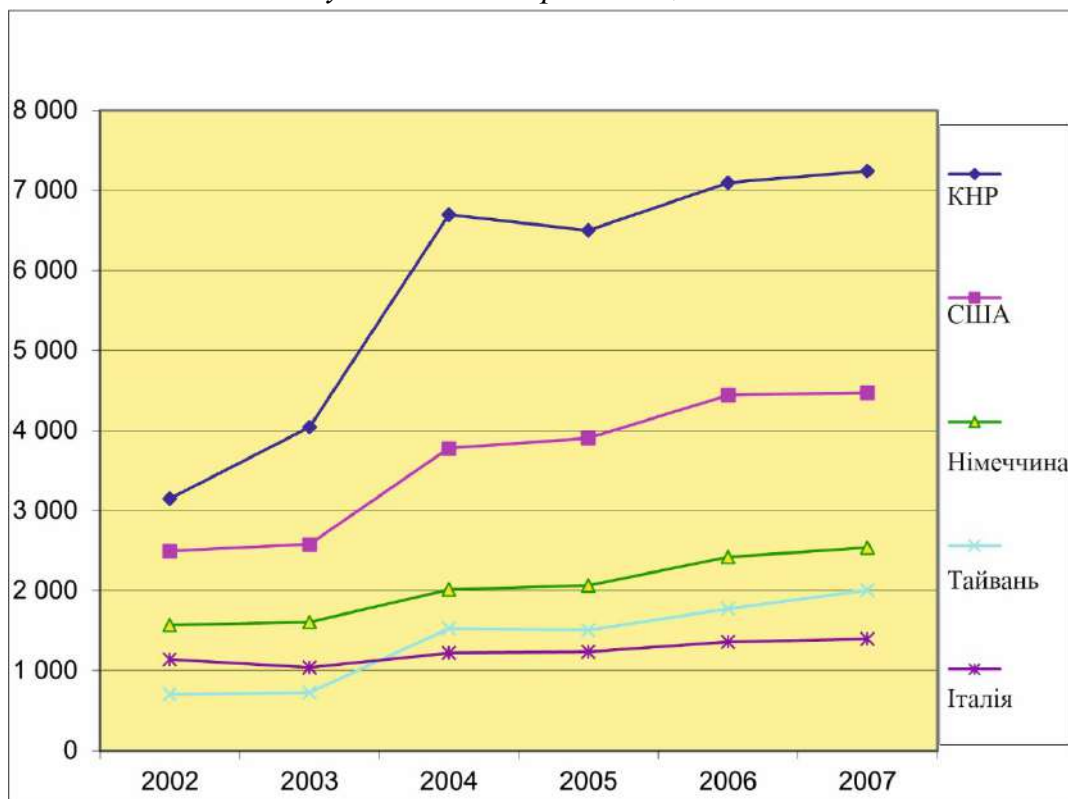


Рисунок 3.4 Імпорт МОО, млн.дол.

3.2 Прогресивні технології у машинобудуванні

3.2.1 Класифікація методів обробки деталей у машинобудуванні

Усі методи обробки заготовок деталей можна розділити на три класи за способом впливу на предмет виробництва:

- без знімання матеріалу з поверхні заготовки;
- зі зніманням матеріалу;
- із нанесенням матеріалу на поверхню.

Методи обробки без знімання матеріалу можна розділити на два види: зі зміною форми та розмірів деталі (обробка тиском) та без зміни форми та розмірів (механічна та хіміко-термічна обробка). Класифікація цих методів обробки наведено на рис.3.5.

Методи обробки зі зніманням матеріалу за видом використовуваної енергії поділяються на механічні, електрофізичні, електрохімічні, хімічні та комбіновані (рис.3.6).

Методи обробки з нанесенням матеріалу на поверхню виробу також поділяються на термомеханічні, механічні, електрофізичні та хімічні (рис.3.7).

3.2.2 Термічна обробка та методи термомеханічного зміцнення

Термічна обробка металів і сплавів є сукупністю технологічних операцій, пов'язаних з нагріванням і охолодженням.

Усі види термічної обробки можна звести до трьох великих груп, які суттєво відрізняються за своїм характером: власне термічна обробка; термомеханічна обробка, що поєднує термічний вплив та пластичну деформацію; хіміко-термічна обробка, що поєднує хімічну дію з термічним.

3.2.3 Лезові способи обробки та методи їх інтенсифікації

Трудомісткість механічної обробки в машинобудуванні продовжує залишатися дуже значною, тому інженерно-технічні, а також наукові кадри багато уваги приділяють удосконаленню та інтенсифікації лезових методів обробки. Вирішення цих завдань йде за такими напрямками:

- вдосконалення конструкцій лезового ріжучого інструменту з механічно закріпленими пластинами з твердих сплавів, мікралокераміки та керметів;
- створення нових надтвердих матеріалів;
- нанесення на поверхні інструменту зносостійких покриттів;
- вдосконалення мастильно-охолодних середовищ;
 - введення в зону обробки додаткових видів енергії (теплової, електричної та ін.).

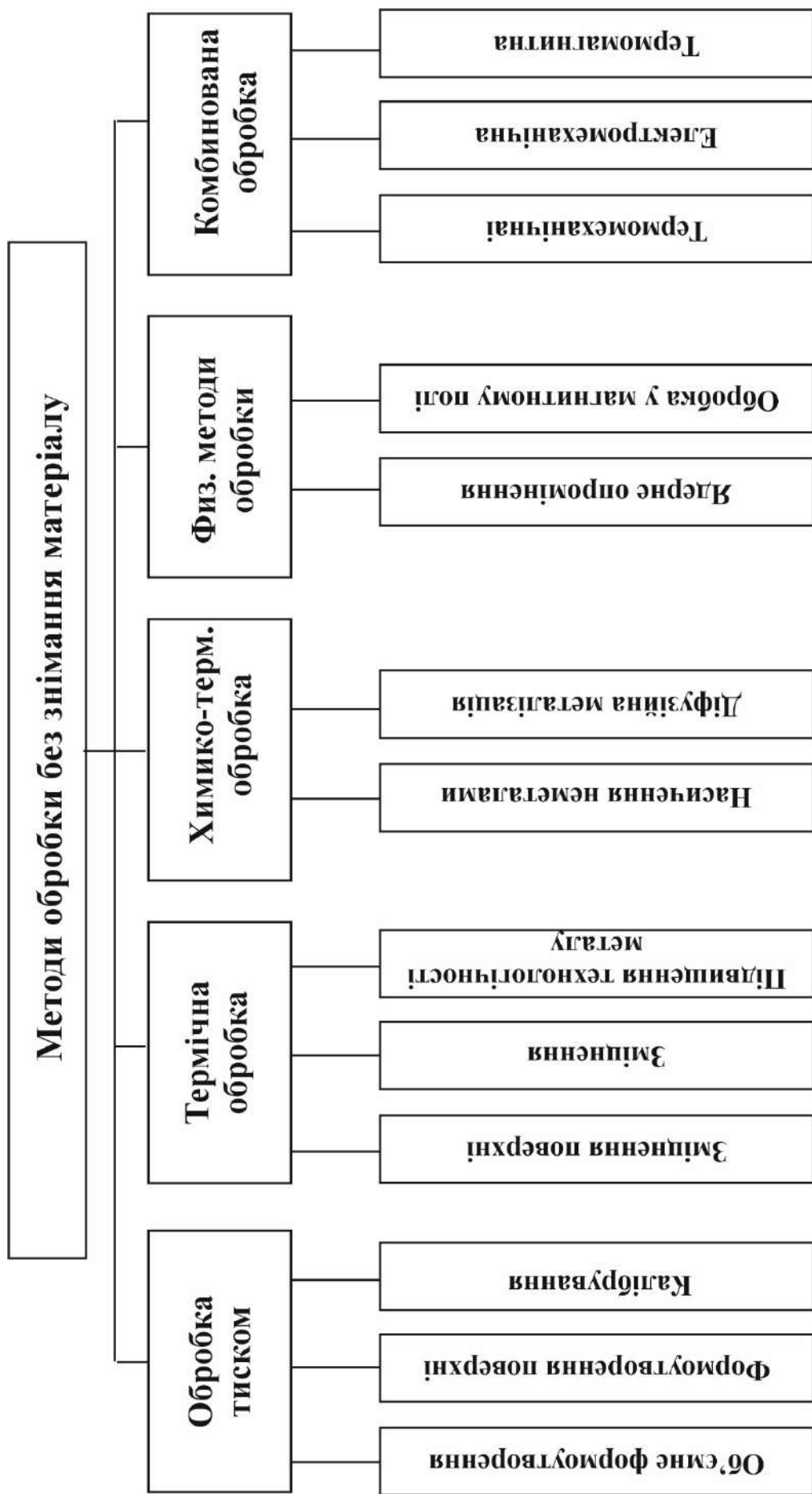


Рисунок 3.5 Класифікація методів обробки без зміння матеріалу

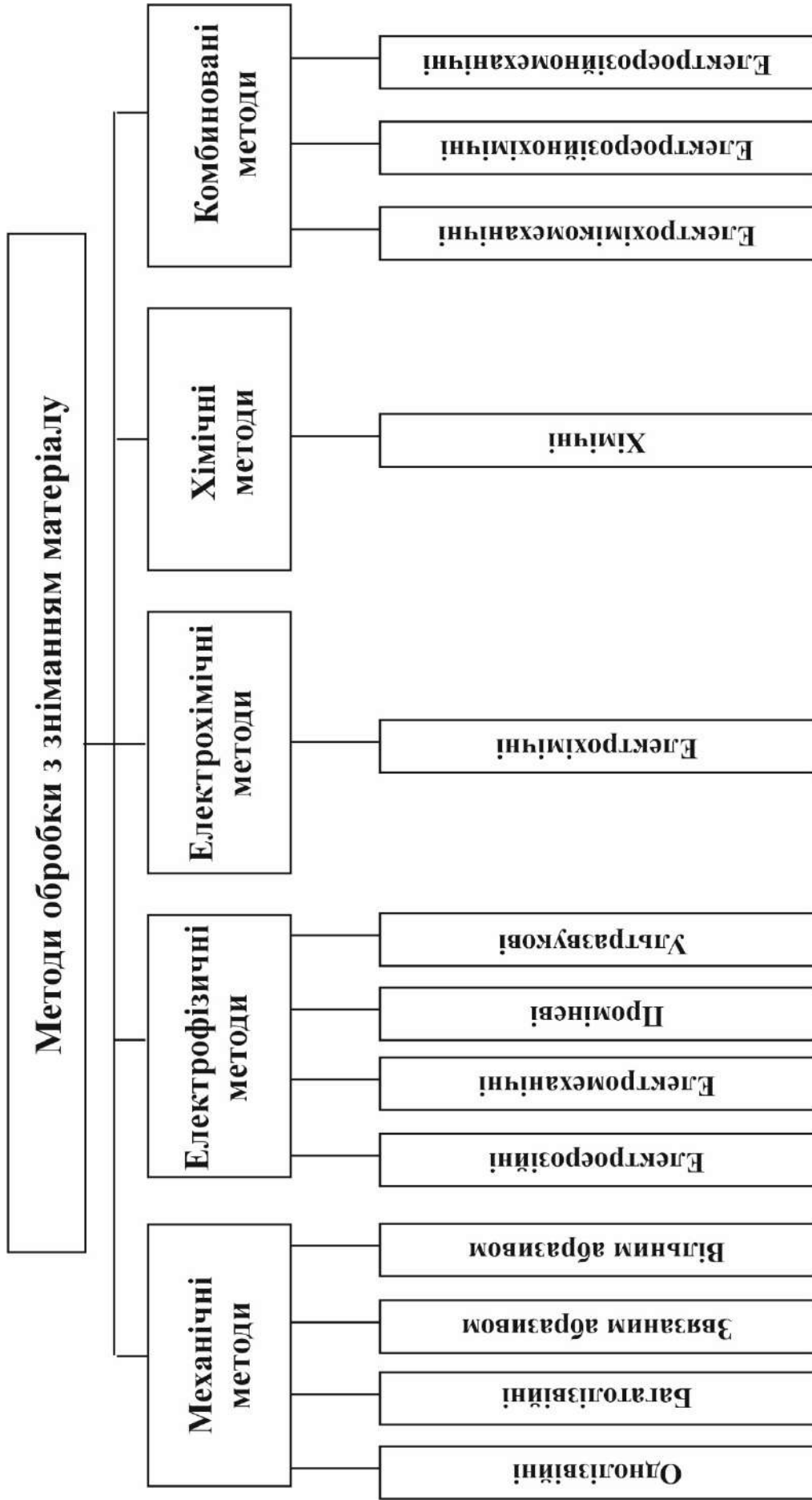


Рисунок 3.6 Класифікація методів обробки зі зніманням матеріалу

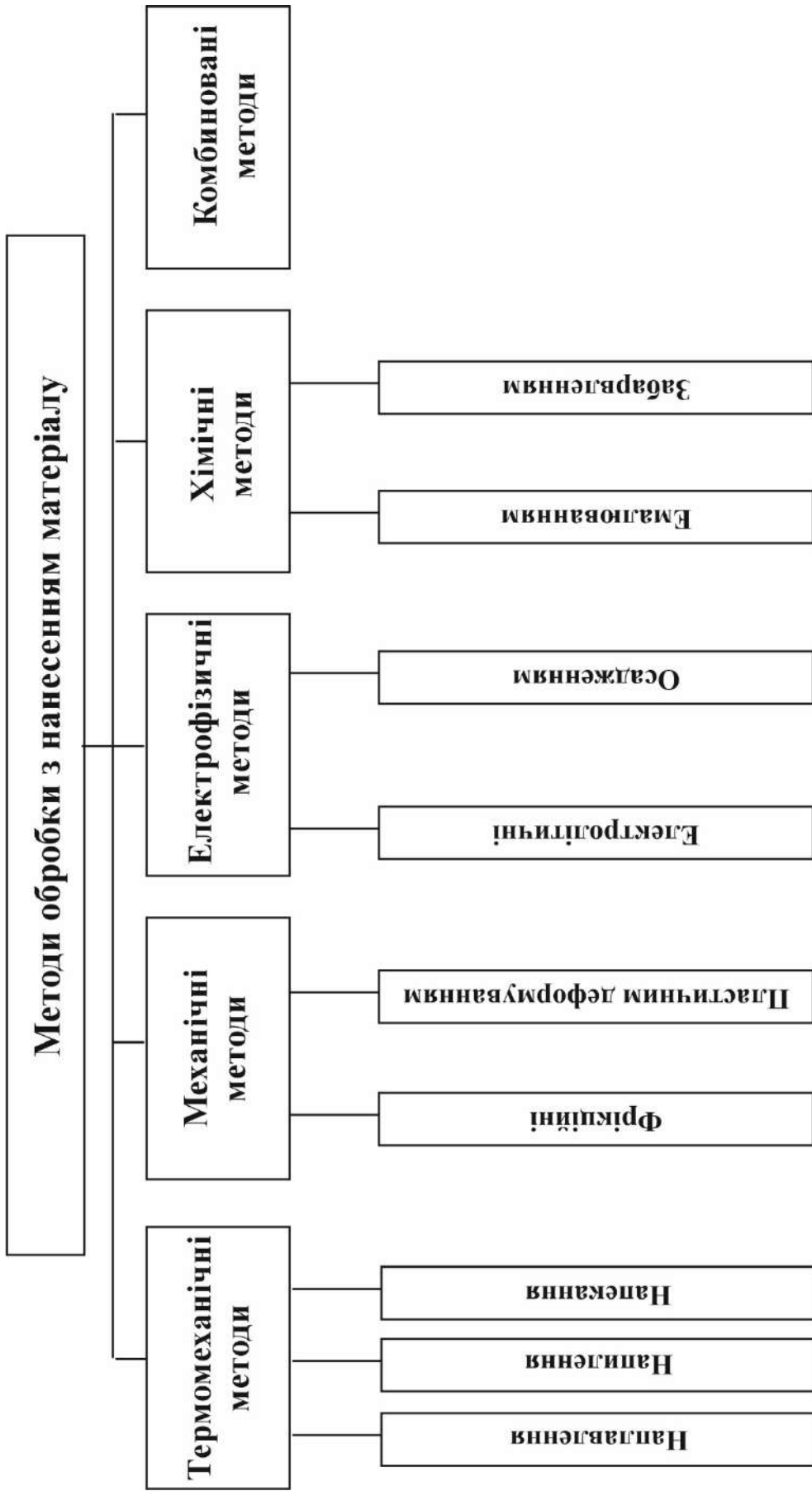


Рисунок 3.7 Класифікація методів обробки із нанесенням матеріалу

В останні роки запропоновано велику кількість нових інструментів з пластинами, що не переточуються. Тут ще є величезний простір для інженерів та дослідників: немає межі їхньої творчої активності та межі вдосконалення технічних об'єктів.

У промисловості та дослідницьких установах продовжується інтенсивна робота зі створення та освоєння в промисловості синтетичних надтвердих матеріалів:

- ельбор – Р (композит – 01, кубічний нітрид бору – BN);
- білбор (композит 02);
- ісмїт (композит 03, синтезований до ІСМ НАН України);
- кіборит (також синтезований в ІСМ НАН України);
- композит 05 (НПО ВНДІ АШ);
- гексаніт – Р (композит 10; тексаніт – РЛ, армований сапфірними вусами, отриманий у НАН України);
- кераміка ($60\% \text{Al}_2\text{O}_3$ + до $40\% \text{TiC}$ + до $20\% \text{ZrO}_2$) – В3; ВОК60; ВОК71; ВJ-13; ВШ та ін; оксидно-нітридна кераміка ОНТ-20.

Стійкість інструменту, отже, продуктивність і якість обробки нині підвищують двома шляхами:

- створення зносостійких покриттів на робочих поверхнях інструменту;
- зміцненням інструментального матеріалу.

До методів покриттів відносять: оксидування матеріалу інструментів із швидкорізальних сталей; нанесення покриттів осадженням з газової або парової фази TiC , Al_2O_3 або одночасно два шари; конденсація з парової фази з іонним бомбардуванням, тобто. плазмове покриття іонами титану в нейтральному середовищі азоту – TiN ; термодифузійні методи (азотування, іонне азотування, карбонітрація).

Мастило-охолоджуючі технологічні засоби дозволяють підвищити продуктивність та якість обробки, істотно підвищити стійкість інструменту, захистити вузли верстата (станину, супорт від корозії). Найбільш широко застосовують емульсійні СОТС, синтетичні та напівсинтетичні СОТС та масляні (вуглеводневі) СОТС.

Інтенсифікація процесів механічної обробки шляхом введення в зону різання додаткової енергії ведеться за напрямками плазмово-механічної та лазерної обробки. Плазмово-механічна обробка полягає у використанні плазмової дуги для створення високої концентрації тепла у зоні різання безпосередньо перед ріжучою кромкою інструменту.

Використання лазерів великої потужності з безперервною та імпульсно-

періодичною генерацією випромінювання при обробці з видаленням оброблюваного матеріалу (лазерно-механічна обробка – ЛМО) дозволяє нагріти цей матеріал у зоні стружкоутворення до температури понад 1250⁰С, значно знижуючи сили різання та температуру деформації та температуру деформації . Створюються умови підвищення продуктивності при заданій стійкості інструменту заданій продуктивності. При ЛМО знижується шорсткість, глибина та ступінь наклепу оброблюваної поверхні, підвищується зносостійкість, відсутні макротріщини. Найбільший ефект досягається при обробці тугоплавких металів та сплавів.

3.2.4 Сучасні методи абразивної обробки

Ці способи посідають помітне місце серед фінішних процесів обробки. Їх можна класифікувати за низкою ознак, наприклад:

1. За типом оброблюваних поверхонь:
 - зовнішніх;
 - внутрішніх;
 - лінійчастих.
2. На вигляд агрегатного стану абразивного інструменту:
 - пов'язаним абразивом;
 - вільним абразивом.
3. За родом абразивного інструменту:
 - абразивними зернами;
 - зернами із синтетичних та надтвердих матеріалів.
4. За характером впливу на поверхню, що обробляється:
 - механічне;
 - абразивне у поєднанні з електрофізичним або електрохімічним.
5. За типом робочого процесу:
 - шліфуванням;
 - суперфінішуванням;
 - хонінгуванням;
 - доведенням;
 - гідро-, вібро-, магнітно-абразивним;
 - вільним абразивом, ущільненим інерційними силами.
6. На вигляд робочої поверхні кола:
 - периферією кола;
 - торцем кола.
7. У напрямку робочих подач:
 - з поздовжньою подачею;

- з радіальною подачею;
- з тангенційною подачею;
- з подачею під кутом, за контуром, обкатуванням профілю;
- із круговою подачею.

Тенденції до вдосконалення способів абразивної обробки зводяться до:

- 1) підвищення точності, жорсткості, вібростійкості верстатів;
- 2) автоматизація процесів абразивної обробки;
- 3) інтенсифікація процесів абразивної обробки;
- 4) удосконалення абразивного інструмента.

Найбільш прогресивними процесами шліфування абразивними колами, яким продовжують приділяти серйозну увагу інженери і дослідники, є силове шліфування, переривчасте шліфування, стрічкове шліфування, електроабразивне шліфування. До найпрогресивніших методів обробки вільним абразивом належать: абразивна обробка в струмені рідини, віброабразивна обробка, турбоабразивна обробка, фінішна обробка ущільненим потоком вільного абразиву, магнітно-абразивна обробка. Як впливає з характеристик способів шліфування абразивними колами та вільним абразивом – вони є найбільш перспективними у машинобудуванні.

3.2.5 Способи поверхневого пластичного деформування (ППД)

Ці способи знаходять широке використання у машинобудуванні на завершальних етапах обробки заготовок деталей. Вони діляться на статичні та ударні.

До статичних належать:

- обкатування (кульками та роликами);
- розкочування (кульками та роликами);
- вигладжування (алмазне, мінералокерамічними плитками);
- вібраційне ППД;
- дорнування.

До ударних належать:

- дробоструминна обробка;
- ударне розкочування;
- відцентрове обкатування;
- зміцнювальне карбування;
- вібраційна об'ємна ударна обробка;
- обробка дротяним інструментом.

Застосування цих методів обробки для конкретних деталей та умов вимагає приведення досліджень, оскільки наявні відомості не завжди є

вичерпними і без додаткової апробації не можуть бути перенесені до реальних умов.

3.2.6 Фізико-хімічні засоби обробки

Електрохімічні та електрофізичні способи обробки забезпечують зміну форми, розмірів, шорсткості та властивостей оброблюваних поверхонь заготовок під впливом електричного струму та його розрядів, електромагнітного поля, електронного або оптичного випромінювання, плазмового струменя, а також високоенергетичних імпульсів та магнітострикційного ефекту. Більшість процесів та операцій при використанні цих способів пов'язане з видаленням з оброблюваних поверхонь заготовок припуску.

Під час електрохімічної обробки формування поверхні деталі здійснюється за рахунок анодного розчинення металу. У цьому розрізняють обробку нерухомим електродом, прошивання отворів, точення зовнішніх та внутрішніх поверхонь, протягування зовнішніх та внутрішніх поверхонь, розрізання заготовок. До електрофізичної обробки відноситься електроерозійна обробка, що поєднує групу способів, заснованих на електричній ерозії - руйнуванні поверхні електродів при проходженні між ними електричних розрядів. Матеріал заготовки в зоні обробки плавиться, випаровується та видаляється в рідкому та пароподібному стані. Електричний розряд відбувається в рідкому середовищі (масло, гас, етиловий спирт, вода та ін.).

3.2.7 Світлопроменева обробка

Заснована на використанні оптичних квантових генераторів (лазерів). З їхньою потужністю виконуються технологічні операції: різання металу, зварювання, загартування або зміцнення, легування. Різання виконується лазерами потужністю до 5 кВт. Товщина металу, що розрізається до 10 мм (низьковуглецева сталь), до 6 мм (легована сталь), до 5 мм (нікелеві сплави); до 10 мм (титан).

3.2.8 Електронно-променева обробка матеріалів

При цьому способі обробки матеріалів використовується потужний електронний пучок, енергія якого є достатньою для здійснення технологічного процесу. Електронний промінь виробляє нагрівання, плавку та випаровування практично всіх матеріалів, зварювання, розмірну обробку, нанесення покриттів. Однак обробка з використанням електронного променя не набула широкого поширення. Це пов'язано зі складнощами обладнання: електронна гармата, вакуумна камера, захисна система та ін.

3.2.9 Ультразвукова обробка

Ультразвукові коливання тут використовують для розмірної обробки (скла, кераміки, металів, кремнію, германію), інтенсифікації процесів різання, очищення поверхні шліфувального кола, ультразвукового зміцнення для обробки вільним абразивом.

3.2.10 Електронно-імпульсна обробка

Використовується для штампування, згинання, карбування, витяжки, роздачі, а також для дроблення крихких матеріалів, очищення виливків від пригару, різання, розвальцювання труб.

Відомі різновиди: із застосуванням високовольтного розряду, гідрударна та гідроімпульсна.

3.2.11 Електро механічна обробка

Цей процес обробки заснований на поєднанні термічного та силового впливу на поверхню оброблюваної деталі. В процесі обробки через місце контакту інструменту з виробом пропускають струм великої сили та низької напруги. Гребінці нерівностей сильно нагріваються, тиском інструменту деформуються і згладжуються, а поверхневий шар деталі зміцнюється.

Використовують два різновиди процесу: електро механічне згладжування та електро механічне висаджування.

Порівняно з традиційними способами поверхневого зміцнення (хіміко-термічним зміцненням, цементацією та ТВЧ) електро механічна обробка менш енергоємна, а зносостійкість поверхні вища вдвічі.

3.3 Ощадливе виробництво

Ощадливе виробництво (Lean Manufacturing) – концепція управління підприємством, основний ідеєю якої є фокусування уваги цінності, тобто скорочення марних операцій та дій, що не додають продукції цінність для споживача.

Спочатку методологія ощадливого виробництва називалася «Виробничою системою Toyota», її творець - Тайіті Оно, інженер одного із заводів Toyota, який згодом став топ-менеджером компанії. Концепція виникла в рамках управління виробничим процесом, проте в даний час її межі розширилися до управління всією діяльністю компанії, що працює практично у будь-якій сфері.

Суть системи ощадливого виробництва полягає у двох принципах.

«Точно-в-термін» (Just-in-Time, JIT) передбачає, що продукція виробляється виходячи з попиту з боку споживачів. Тому покупець ставить темп, у якому протікає виробничий процес. Завданням виробника є так організувати процес обробки сировини та випуску продукції, щоб він максимально відповідав запитам замовника.

«Автономізація» («Дзидока») – принцип, згідно з яким потрібно добиватися виробництва якісних виробів. У разі виявлення проблеми виробничий процес зупиняється до її вирішення.

На даний момент концепція ощадливого виробництва увібрала в себе безліч елементів, які з певним успіхом могу застосовуватися незалежно:

- Витягаюче виробництво, канбан — продукція «витягується» з боку замовника, а не штовхається виробником.
- Система TPM (Total Productive Maintenance) – комплексне управління обслуговуванням обладнання.
- Система 5S – система раціоналізації робочого місця.
- SMED (Single-Minute Exchange of Dies) – переналагодження/переоснащення обладнання менш ніж за 10 хвилин.
- Кайдзен (kaizen) – процес безперервного вдосконалення.
- «Пока-йоке» — метод запобігання помилкам.

Основні принципи ощадливого виробництва

Систему вважають ощадливою, якщо люди, що працюють у ній, прагнуть виключити дії, що не додають споживчої цінності, або втрати. Ми розглянемо основні прийоми та інструменти, які застосовуються у рамках загальної концепції ощадливого виробництва.

Що мають знати співробітники, приступаючи до перетворення свого

підприємства на ощадливе? До основних ідей ощадливого виробництва, якими вони мають опанувати, слід зарахувати:

- загальні засади зниження виробничих витрат;
- сім джерел втрат, які можуть бути присутніми на роботі підприємства;
- принцип організації роботи «точно вчасно»;
- три фази застосування ощадливого виробництва;
- залучення всіх співробітників та «візуальний» офіс.

Загальні засади зниження витрат

Традиційний підхід до ціноутворення, що застосовується менеджерами, полягає у встановленні відпускнуї ціни продукції шляхом визначення собівартості її виготовлення та додавання до неї деякої величини прибутку, виходячи з прийнятої на підприємстві норми рентабельності. Проте в сучасних умовах такий підхід не виправдовує себе, оскільки на ринку завжди знайдеться конкурент, який, знижуючи ціни на свою продукцію, готовий буде зайняти ваше місце.

Ідеї ощадливого виробництва випливають із філософії зниження витрат, сповідуваної корпорацією Toyota, згідно з якою ціни на продукцію підприємства диктують ринок і, зокрема, покупці, а об'єктами управління з боку компанії можуть бути лише собівартість продукції та прибуток від продажу. При цьому у центрі уваги має бути скорочення внутрішніх витрат підприємства.

Спираючись на ідею скорочення собівартості продукції, необхідно спочатку встановити ціну, за якою покупці згодні купувати пропонований товар, після чого відняти від неї собівартість його виготовлення, щоб оцінити очікуваний прибуток. Такий підхід, при якому прибуток дорівнює ціні продукції за вирахуванням собівартості її виготовлення, змушує виробника шукати шляхи зниження власних виробничих витрат, щоб отримати бажаний прибуток. Звідси також випливає, що основний шлях до максимізації прибутку полягає у скороченні втрат під час виготовлення продукції.

Сім джерел непродуктивних витрат та втрат

Як ваші співробітники в процесі повсякденної роботи можуть знижувати та підтримувати на досягнутому рівні власні витрати? Всі вони цілком здатні постійно боротися із втратами, які прийнято поділяти на сім основних різновидів.

1. Перевиробництво. Перевиробництвом прийнято називати виготовлення зайвої кількості продукції або передчасне її виготовлення до виникнення реального попиту. У цехах надвиробництво веде до виготовлення зайвої

продукції, а в офісах — до створення непотрібних документів чи надмірної інформації. Виготовлення зайвої кількості продукції або її передчасне виготовлення не сприяють підвищенню ефективності, оскільки пов'язані із споживанням додаткових матеріальних та трудових ресурсів, необхідністю зберігання надлишків продукції. Це змушує співробітників працювати швидше, ніж необхідно, що супроводжується іншими втратами.

Для усунення втрат, зумовлених надвиробництвом, потрібно:

- розробляти технологічні процеси таким чином, щоб попередні операції надійно забезпечували такі;
- встановлювати виробничі норми та стандарти для кожного робочого місця процесу;
- передбачати сигнали, що запобігають передчасному запуску виробництва.

2. Очікування. Будь-яке очікування — людей, документів, обладнання чи інформації — завжди втрата. Очікування означає роботу вхолосту, і це призводить до зупинок всього процесу. У ході очікування не створюється додана цінність, і споживач цілком природно не бажає оплачувати простої. Втрати цього виду виявляються найпростіше. Вони особливо дратують працівників. У будь-якому офісі нерідкі ситуації, коли співробітники довго чекають на підписи начальників, можливості скористатися зайнятим обладнанням, телефонних дзвінків, надходження матеріалів від постачальників тощо.

Для усунення цього виду втрат потрібно:

- проаналізувати, які підписи на документах справді необхідні, ліквідувати всі зайві та стандартизувати нову процедуру;
- навчити співробітників суміжним професіям, щоб вони могли підміняти один одного;
- рівномірно розподілити робочі навантаження протягом дня, щоб оптимально використовувати наявні трудові ресурси;
- забезпечити виробництво всім необхідним обладнанням та своєчасним постачанням покупних виробів та матеріалів.

3. Надмірна обробка. Зайвими вважаються ті операції, які не потрібні споживачам, які не бажають переплачувати гроші за їхнє виконання. Часто такими операціями виявляються зайві дії (наприклад, взаємні перевірки виконаної роботи різними співробітниками), отримання надлишкової кількості підписів, зайві розгляду документів та результатів робіт.

Для усунення цього виду втрат потрібно:

- проаналізувати всі роботи, що створюють додану цінність, оптимізувати чи усунути зайві операції;
- визначити, які підписи на документах, що узгоджують, дійсно необхідні, а всі зайві ліквідувати.

4. Надлишкові запаси. Будь-які надлишкові запаси, що є на підприємстві, - це втрати. Зберігання таких запасів потребує додаткових площ, вони можуть негативно впливати на безпеку, захаращуючи проходи та виробничі площі. Ці запаси можуть виявитися взагалі непотрібними і застаріти за зміни попиту продукцію. Ощадливе виробництво потребує радикальної зміни поглядів на запаси. Наявність надлишкового обсягу запасів означає потреба в додаткових зусиллях з управління ними, воно здатне гальмувати перебіг інших виробничих процесів, оскільки доводиться у пошуках необхідного перевертати купи паперів та матеріалів.

Для усунення цього виду втрат потрібно:

- виробляти на кожній ділянці або робочому місці тільки ту кількість продукції, яка потрібна споживачам, що знаходяться нижче за ходом виробничого потоку;
- стандартизувати планування виробничих ділянок та їх завантаження;
- забезпечити надходження всього необхідного на наступні ділянки виробничого процесу точно в призначений час і не допускати затримок з подальшим просуванням матеріалів виробничого процесу.

5. Зайві рухи. Будь-який рух, не потрібний для успішного виконання аналізованої операції, є втратою. Такі рухи вважаються однією з форм втрат, тому що кожен рух повинен збільшувати додану цінність виробу або послуги. Часто неефективна організація трудового процесу та неправильне планування робочих місць спричиняють зайві рухи виконавців — ходьби, дотягування, нахилів тощо.

Для усунення цього виду втрат потрібно:

- стандартизувати папки для документів, висувні ящики та шафи по всьому офісу, якомога ширше застосовувати колірне кодування,
- розташовувати файли (з документами на столах або електронні на комп'ютерах) таким чином, щоб полегшити звернення до них,
- розташовувати офісне обладнання загального користування в центральній частині офісу, придбати додаткове обладнання, щоб скоротити кількість пересування співробітників по офісу

6. Втрати від дефектів, чи переробки. Витрати на переробки, або повторне виконання вже зробленої роботи, в якій виявлено дефекти, безумовно,

відносяться до категорії втрат, оскільки будь-яка робота понад необхідна зайва, що збільшує втрати підприємства. Втрати від дефектів включають також зниження продуктивності, обумовлене перериванням нормального перебігу робочого процесу для виправлення дефектів або переробок продукції. Цей вид непродуктивних витрат набагато простіше виявити, аніж втрати інших видів.

Для усунення втрат від дефектів потрібно:

- запровадити стандартизовані методи роботи та форми офісних документів,
- розробити та впровадити допоміжні засоби, які полегшують роботу

7. Транспортування. Перевезення на відстані більші, ніж це необхідно, або створення тимчасових місць розміщення, зберігання та складування, зайві переміщення з місця на місце матеріалів, людей, інформації чи документів — все це веде до втрат часу та енергії. Матеріали та покупні вироби часто переміщують з місця на місце всередині підприємства кілька разів, поки вони не досягнуть остаточного пункту призначення. Звичайно, всі ці переміщення ведуть до втрат. Крім того, розміщення виробів у місцях тимчасового зберігання підвищує ймовірність їх пошкодження, втрати та розкрадання, заважає нормальному руху всередині підприємства.

Для усунення втрат, зумовлених зайвими перевезеннями, потрібно:

- максимально скорочувати відстані будь-яких перевезень;
- ліквідувати всі місця тимчасового зберігання чи складування матеріалів;

Принцип «точно вчасно» («точно-в-термін», (just-in-time - JIT) становить основу будь-якого ощадливого виробництва. Його дотримання гарантує надходження на кожний наступний процес у потоці цінностей:

- лише тих елементів робіт, що необхідні;
- саме у той момент, коли це потрібно;
- точно в тих кількостях, які в цей момент справді потрібні.

Ідеальний стан процесу характеризується його здатністю видавати черговий виріб або заготовку в той момент, коли споживач використовував одиницю цього виробу (тобто він витягується наступною операцією). Такий процес часто називають системою, що витягує, або системою, заснованою на попиті, на відміну від прийнятої в даний час на більшості виробництв виштовхуючої системи, в якій вироби або заготовки переміщуються по виробничому процесу партіями, незалежно від реального попиту на них.

Щоб привести виробничий процес у ідеальний стан, кожен його учасник має усвідомлювати, що його колеги, зайняті наступних операціях, є найбільш

цінної йому інформації. Тільки вони здатні повідомити точні відомості про те, чого, коли і яких кількості вони потребують. Працюючи в офісі, ми маємо справу з потоками різноманітних елементів робіт та інформації. Тому для застосування принципів ощадливого виробництва до вдосконалення діяльності офісу нам необхідно навчитися представляти бізнес-процеси, що існують у ньому, у вигляді потоків елементів робіт або інформації.

Три фази впровадження принципів ощадливого виробництва

Потрібно розрізнити три основні фази реалізації концепції ощадливого виробництва: вивчення попиту, забезпечення безперервності потоків цінності та їх згладжування. Рекомендується проходити зазначені три фази в тій же послідовності, в якій відбувається вивчення виконавцями. Тільки глибоке вивчення попиту, потоків цінності та способів їх згладжування поряд з використанням рекомендацій щодо управління потоками цінності здатне надати надійності не тільки самому процесу перетворень, а й забезпечити їх стійкість.

1. Фаза вивчення споживчого попиту. Необхідно насамперед виявити, хто є споживачами результатів деякої роботи, які їх вимоги, лише після цього ви зможете задовольняти споживчий попит на її результати. Для виявлення та задоволення споживчого попиту можуть застосовуватись різні інструменти та методи, наприклад:

- розрахунки часу такту;
- розрахунки пітча;
- розрахунки буферних та страхових запасів;
- застосування системи 5S;
- використання методів розв'язання проблем.

2. Фаза забезпечення безперервності потоку цінності. На цьому етапі вживають необхідних заходів для того, щоб результати роботи надходили всім внутрішнім і зовнішнім споживачам своєчасно і в належних кількостях. Наприклад:

- створення супермаркетів усередині процесів;
- система канбан;
- застосування принципу FIFO («першим прийшов, першим пішов»);
- забезпечення збалансованості у завантаженні виробничих ліній;
- стандартизація робіт;
- належне планування виробничих ділянок.

3. Фаза згладжування. Нарешті, після того, як виявлено споживчий попит на результати робіт та налагоджено безперервний процес їх виконання, переходять до його згладжування, щоб забезпечити рівномірний та ефективний

розподіл обсягів робіт по днях, тижнях та місяцях. Для цього застосовуються такі засоби згладжування потоків:

- застосування дошки для пропозицій та обговорення ідей (visible pitch board);
- ящики вирівнювання завантаження (хейдзунка);
- використання логістів.

Візуалізація офісу підкріплює реалізацію принципу загальної залученості працівників та включає такі дії:

- виділення місця для спілкування між співробітниками, де ті можуть обмінюватися ідеями щодо вдосконалення у сфері діяльності, в якій вони зайняті;
- організація системи підтримки візуальних стандартів та необхідних рівнів чистоти та порядку на робочих місцях (система 5S);
- створення невеликих груп працівників із постійною ротацією членів груп на користь безперервного підвищення ефективності роботи.

Переваги візуалізації офісу полягають у наступному:

- вона сприяє покращенню комунікацій усередині підрозділів;
- дозволяє відвідувачам відразу бачити, чим займається цей підрозділ;
- розвиває у працівників почуття гордості за свій підрозділ;
- наочно ілюструє процес безперервного вдосконалення роботи підрозділу.

Ключові умови успішного впровадження принципів ощадливого виробництва

Розробити план навчання та підготовки співробітників, що відповідає специфіці підприємства. Всі організації мають різні потреби, бюджети і ресурси. Різні групи людей мають у своєму розпорядженні різні набори знань і навичок. Планування навчання має враховувати всі ці відмінності та рівень потреби людей у певних знаннях. Використовувати весь діапазон засобів та ресурсів для навчання. Деякі з них віддають перевагу навчальним курсам, інші — спостереження за роботою колег. План навчання має передбачати використання методів та засобів, придатних для більшості співробітників.

Отримати інформацію та нові ідеї за допомогою проведення бенчмаркінгу. Навчання людей дбайливому виробництву передбачає розвиток їх творчих здібностей. При цьому дуже важливо вміти виходити за рамки власного підприємства і навіть галузі, щоб побачити, як можна вести справи більш ефективно та знаходити способи застосування нових ідей в умовах своєї організації.

3.4 Мехатроніка як пріоритетний напрямок розвитку техносфери

Відомо, що на стиках різних наукових та технічних дисциплін найчастіше з'являються неординарні розв'язання проблем, які здавалися раніше нерозв'язними. Саме на такому «стику» механіки та електроніки знаходиться мехатроніка.

Мехатроніка є науково-технічною дисципліною, яка вивчає побудову електромеханічних систем нового покоління, що мають принципово нові якості та, часто, рекордні параметри. Зазвичай мехатронна система є об'єднанням власне електромеханічних компонентів із новітньою силовою електронікою, які керуються за допомогою різних мікроконтролерів, ПК або інших обчислювальних пристроїв. При цьому система в істинно мехатронному підході, незважаючи на використання стандартних компонентів, будується якомога монолітніше. Конструктори намагаються об'єднати всі частини системи без використання зайвих інтерфейсів між модулями. Зокрема, застосовуючи вбудовані безпосередньо в мікроконтролери АЦП, інтелектуальні силові перетворювачі тощо. Це дає скорочення масогабаритних показників, підвищення надійності системи та інші переваги. Будь-яка система, що управляє групою приводів, може вважатися мехатронною.

Термін «мехатроніка» з'явився в 80-х роках минулого століття, хоча машини, побудовані на основі принципу, що пізніше був названий мехатронікою, існували і раніше. У 1984 г. Японське товариство інженерів-механіків випустило 7-томне видання, присвячене мехатроніці, тим самим офіційно затвердивши цей термін. Одне з перших визначень мехатроніки характеризувало її, як напрямок на створення та експлуатацію пристроїв з комп'ютерно-керуваним рухом. Наведемо і інші визначення:

Мехатроніка – пріоритетний напрямок розвитку техносфери, що інтегрує механіку, електроніку, автоматику та інформатику з метою вдосконалення технологій виробництва та створення техніки нових поколінь у промисловості, енергетиці та на транспорті, включаючи верстатобудування, робототехніку, авіа-, ракетно-космічну та біомедичну техніку.

Мехатроніка – це нова галузь науки і техніки, присвячена створенню та експлуатації машин і систем з комп'ютерним управлінням рухом, яка базується на знаннях в галузі механіки, електроніки та мікропроцесорної техніки, інформації та комп'ютерного управління рухом машин і агрегатів (5).

Мехатроніка – це комплекс засобів і принципів механіки, електроніки та інформатики, синтез існуючих в даний час технологій, які ефективно

використовуються для досягнення конкретної мети.

Мехатроніка – новий міждисциплінарний підхід, що забезпечує створення інтелектуальних об'єктів.

Мехатроніка – це напрямок у розвитку машин, пов'язаний з інтеграцією механічних та електронних пристроїв для оптимізації технологічних операцій, що включають механічний рух.

Мехатроніка – інтегральне проектування механізмів та машин з високим ступенем автоматизації з метою систематичного досягнення добрих загальних технічних характеристик пристроїв”. (Р.Мейзель та Х.Іржік, Австрія, університет м. Лінц);

Мехатроніка є центром інтеграції електронних апаратних засобів та програмного забезпечення з механічною технікою у виробі (програмі) або процесі (А.П.Дорей та Д.А.Бредлі, Англія, Ланкастерський університет).

Мехатроніка – це область науки та техніки, заснована на синергетичному об'єднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними та комп'ютерними компонентами, що забезпечують проектування та виробництво якісно нових модулів, систем, машин та систем з інтелектуальним управлінням їх функціональними рухами (З Державного Освітнього Стандарту Росії 2000 року).

У всіх цих визначеннях, перш за все, виділимо дві особливості: кожен з авторів відносить мехатроніку до тієї чи іншої галузі науки (німецькі – до теорії машин та механізмів, англійські – до інформаційно-вимірювальної техніки, російські – до механіки у “широкому” сенсі цього терміну). Загальна риса – підкреслення інтегрального характеру мехатроніки.

Традиційно мехатроніку представляють як єдність трьох частин (рис.3.8) - приводу (1), виконавчих та передавальних механізмів (2) та управління (3). Область 4 зазвичай називають електромеханікою, 5 – автоматикою, 6 – областю регульованого приводу, а 7 – ядром напрямку мехатроніки.



Рисунок 3.8 Мехатроніка як триєдине знання

На основі розглянутих вище визначень пропонується наступне формулювання предмета мехатроніки:

Мехатроніка вивчає синергетичне об'єднання вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними та комп'ютерними компонентами з метою проектування та виробництва якісно нових модулів, систем, машин та комплексів машин з інтелектуальним керуванням їх функціональними рухами.

Мехатроніка в цьому випадку швидше єдність чотирьох, а не трьох областей знання (рис.3.9): систем точної механіки, електроніки, програмування та управління. Кожна із систем пройшла в історії свій шлях розвитку. Об'єднання накопичених знань та інтеграція їх у нову узагальнену систему знань дає цей синергетичний ефект, що дозволяє створювати технічні пристрої з принципово новими якостями та рекордними параметрами, недосяжними раніше.

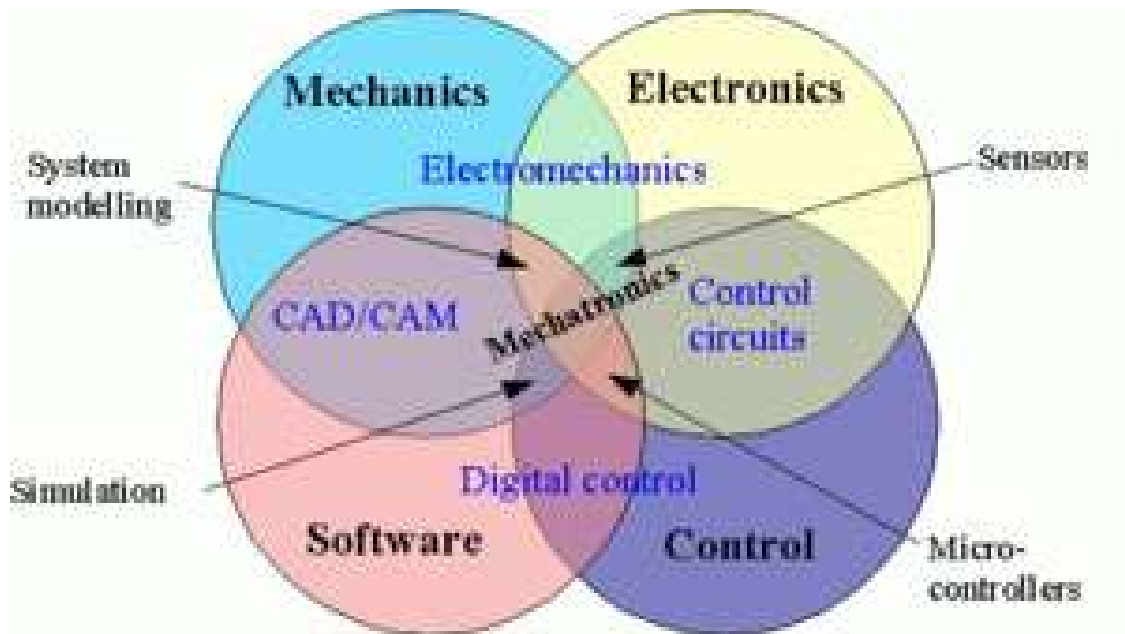


Рисунок 3.9 Мехатроніка як синергетичне узагальнення систем знань

Слід зазначити, що забезпечення високої якості керування мехатронною системою можна лише з урахуванням специфіки конкретного об'єкта, що керується. Тому вивчення мехатроніки доцільно здійснювати за спеціальностями, предметом яких є конкретні класи виробничих машин та процесів. За прикладами мехатронних систем далеко ходити не треба: сучасні пральні машини-автомати, пилососи, автомобілі тощо.

У промисловості, крім електромагнітних підвісів, що замінюють звичайні підшипникові вузли, мехатронні системи є всі сучасні роботи, верстати (у тому

числі гексаподи), вимірювальні комплекси. Такі системи складаються з кількох приводів, кожен із яких, своєю чергою, є мехатронною системою. Зокрема, безперечно, мехатронна система типу «мотор-шпindel» є частиною мехатронного верстата. Дана система дозволяє підвищити надійність системи та зменшити її масогабаритні показники, тому що виключає знижувальні передачі та сполучні муфти з конструкції (маса та габарити можуть навіть збільшитися за рахунок значного збільшення необхідного моменту двигуна, проте переваги таких систем все одно перебивають недоліки).

Мехатроніка, будучи основою машинобудівних технологій майбутнього, може суттєво впливати на традиційні технології, вдихаючи в них нове життя, служачи для вдосконалення та модифікації традиційних верстатних систем, роботизованих комплексів тощо технологічного обладнання.

Виникнення і розвиток механіки і механічних вузлів нерозривно пов'язане з еволюцією електротехніки та електромеханіки, починаючи з моменту появи в позапрошлом столітті перших електричних машин. Розвиток конструкцій і можливостей електричних машин визначалося збільшилися вимогами до якості і форм перетворення енергії. Втрати при перетворенні енергії дозволяють кількісно оцінити досконалість процесу перетворення, і всі основні віхи в історії електромеханіки пов'язані з отриманням різних видів механічного руху на цій основі.

Родоначальником всіх мехатронних вузлів і систем можна вважати їх "прапрадедушку" - кроковий двигун з храповим механізмом і електромагнітом винайдений і виготовлений Сальваторе дель Negro в 1831р. Ця найпростіша електрична машина мала механічний переривник і в ній використовувався імпульсний принцип перемикання обмоток. Перший великий крок у практичному застосуванні настав, коли в 1838 році по Темзі проплив катер, руханий електроприводом, створеним Б.С. Якобі на основі електродвигуна постійного струму та гальванічної батареї. Наступним потужним імпульсом у розвитку прообразів механічних вузлів послужило розвиток корабельних систем дистанційного зв'язку і систем наведення. Значною мірою роботами російських учених Максимова (1892 р.) та Апостолова (1894 р.) були закладені основи систем сельсинного синхронного зв'язку. У ході російсько-японської війни в 1904-1905 рр. на японських крейсерах в якості приводів для турелів кулеметів і тридюймових знарядь використовувалися синхронні електродвигуни в поєднанні з системами синхронного зв'язку на постійному струмі. На початку 20-х років у зв'язку з тотальною електрифікацією народилося поняття "електропровід". Аж до кінця 50-х років електроприводи

розглядалися як частина механіки. Це було через централізацію пристрою перетворення енергії, віддаленості робочих органів від пори єдиного електродвигуна, що рухав весь механічний агрегат. Переважив груповий привод, де визначальне значення мають кінематичні зв'язки. З 60-х років укорінюється думка про електроприводи як електромеханічні пристрої та їх вотчиною стає електротехніка. Відбувається виділення "Теорії електроприводу" в самостійну дисципліну, розмежування з іншими видами приводів. Електроприводи того часу називалися "обертowymi" пристроями. Електропривод став застосовуватися у вигляді індивідуального (одиначного) приводу, що спростило кінематичні ланцюги і полегшило завдання управління.

У 70-ті роки їм на зміну прийшли "статичні" перетворювачі, але електроприводи продовжували трактуватися як електромеханічні пристрої, хоча реально були електрично-керованими пристроями. З цього часу залишилося традиційне визначення електроприводів, як "Електромеханічної системи, що складається з електрорухового, перетворювального, передаючого і керуючого пристроїв, призначеної для приведення в рух допоміжних. азовальний та/або передавальний пристрій можуть бути відсутніми.", зафіксований у ГОСТ 16593-79. Поступовий перехід від одиначного приводу до багаторухового зумовив значне ускладнення як самого електроприводу, так і систем управління ним.

З початку 80-х років електроприводи перейшли з класу електромеханічних пристроїв перетворення/передачі енергії до класу пристроїв управління. А з широким поширенням цифрового електроприводів і появою цифрових, на базі мікропроцесорних наборів, електроприводи стали не просто пристроями управління електродвигунами ми. До кінця 80-х років. електроприводи можна було охарактеризувати як електронно-механічні пристрої. З'являється багато мехатронних пристроїв першого покоління, таких як: мотор-шпинделі, мотор-редуктори, лінійні електродвигуни, серприводи на базі безколекторних машин і т.п.

Одними з перших, хто прорекламували свою продукцію саме як мехатронні вузли, були японські фірми Fanuc, Sanyo Denki і Shinano Electric. Органічне продовження еволюції електроприводів можливе тільки в напрямку мехатронізації. Автоматизоване виробництво, глобальна комп'ютеризація і новий якісний рівень електронних і оптоелектронних комплектуючих переведуть електроприводи в розряд механічних пристроїв.

Розвиток технологічного обладнання в країнах з передовим машинобудуванням з середини 80-х років йде шляхом створення агрегатно-

модульних конструкцій. Модульний принцип побудови дозволяє:

- створювати системи гнучких (багатоцільових) електромеханічних і механічних вузлів, з яких можна утворювати принципово нові мозаїчні конструкції верстатів і промислових робіт з мінімізацією кінематичних зв'язків;

- Створювати гнучке технологічне обладнання за стільниковим принципом, що дозволяє створювати модульні конструкції з урахуванням технології, необхідної для виробництва певного асортименту виробів. Блоково-модульний принцип дозволяє по ходу проектування виробу паралельно проектувати автоматизоване технологічне обладнання для його виробництва, що складається з гнучких модулів, з'єднаних відповідно до карти технологічного процесу;

- Створювати конструкції з найбільш простою і повною інтеграцією з робочими органами і керуючими пристроями.

Агрегатно-модульні конструкції верстатів, робіт, ДПМ і т.п. в даний час в основному базуються на новому напрямку створення інтегрованих вузлів, що отримали назву мехатронних, в яких модуль руху (лінійного і/або обертального) виконаний на базі спеціальних безколекторних двигунів або електричних машин з електромеханічною або електричною машиною з електромагнітною реуворювачів та іншими електронними елементами інтегрованими в електромеханічні вузли. Розподілена система управління, віддаючи частину свого "інтелекту" вбудованим у такі вузли мікропроцесорним пристроям, залишає за собою функції диспетчера в центральному процесорі.

При блочно-модульній системі побудови технологічного обладнання необхідно створювати багатокоординатні системи руху у вигляді окремих вузлів, які можна застосувати в різному технологічному обладнанні і для створення траєкторій руху за будь-якими круговими і лінійними координатами.

Механічні модулі (ММ) приводних систем повинні мати ряд виконань, що відрізняються за: потужністю, точністю, швидкістю, положенням координатних осей. У деяких випадках може бути передбачена можливість створення багатокоординатних ММ шляхом нарощування елементарних координатних рушіїв до необхідної кількості лінійних і обертальних координат. Зміна тягових зусиль і моментів, ступенів свободи і корисної потужності, а також конфігурації досягається лише вибором числа і взаємного розташування елементарних рушіїв.

Ефективність побудови виробничих систем на базі координатних автоматичних модулів руху забезпечується ієрархічними рівнями виробництва механічних вузлів:

- Перший рівень: елементарні модулі-рушії, що розглядаються як об'єкти крупносерійного виробництва (ЕММ);
- другий рівень: багатокоординатні модулі руху з потрібними технічними і конструктивними характеристиками, що розглядаються як об'єкти дрібно серійного і серійного виробництва (ММ);
- третій рівень: багатокоординатні механічні модулі з оснащенням і механічні вузли (МУ);
- четвертий рівень: технологічні модулі (верстати, промислові роботи, транспортери і т.п.) з необхідною кількістю робочих операцій, що складаються з координатних модулів (ТМ);
- п'ятий рівень: комп'ютеризовані технологічні системи, що складаються з технологічних модулів, із загальною інформаційною та керуючою мережею (ТС).

Аналізуючи перспективи розвитку та стан у галузі нових досягнень верстатобудування та робототехніки слід зазначити, що вони впливають з комплексних досліджень технологічних процесів, конструкцій технологічного обладнання, систем управління та комплектуючих виробів і матеріалів.

Основною тенденцією в розвитку станкобудування і робототехніки є все більш інтенсивне застосування технологічного обладнання побудованого за блочно-модульним методом необхідність реалізації якого обумовлена наступними протиріччями в розвитку станкобудування і робототехніки :

- Постійна вимога до розширення номенклатури та оновлення продукції, викликане розширенням запитів споживачів;
- Постійна вимога до мінімізації виробничих витрат за рахунок збільшення серійності;
- Постійна вимога до ергономіки.

Ці тенденції визначають основні вимоги до виробників металообробного обладнання:

- Постійне збільшення номенклатури (а в деяких випадках та обсягів);
- гнучке й оперативне реагування на вимоги ринку, що переманентно змінюються (особливо до технічного рівня продукції);
- Постійне підвищення конкурентоспроможності товару.

Основні вимоги у свою чергу визначають техніко-економічний рівень, який визначається сукупністю рівнів, що входять в технологічне обладнання (продукт) складових частин. Підвищення техніко-економічного рівня верстатів і робіт визначається зміною техніко-економічних характеристик окремих складових частин.

У верстатобудуванні і робототехніці продукція і фізично, і морально старіє не в цілому, а дискретно, частинами. Все це говорить про те, що без застосування блочно-модульного методу побудови підвищення техніко-економічного рівня продукції практично неможливо. ММ і МУ є найбільш перспективною базою для створення прогресивного високопродуктивного технологічного обладнання, одним з принципів побудови якого є автономність виготовлення, збирання і налагодження вузлів і кінцевого продукту на їх базі.

Запитання для самоконтролю :

1. На які регіони світу розподілено світове виробництво металообробного обладнання та їх пайову участь?
2. По якій країні світу може бути оцінена технологічна структура споживання металорізальних станів? Яка частка токарних стаків із ЧПУ у загальній структурі?
3. Які країни світу є лідерами у споживанні, виробництві, експорті та імпорті металообробного обладнання?
4. На три класи за способом впливу на предмет виробництва можна розділити всі методи обробки заготовок деталей, що застосовуються?
5. Які методи обробки заготовок деталей без знімання матеріалу ви знаєте?
6. Які методи обробки заготовок деталей зі зніманням матеріалу ви знаєте?
7. Які методи обробки заготовок деталей із нанесенням матеріалу ви знаєте?
8. Що таке «ощадливе виробництво» (Lean Manufacturing)?
9. Які основні принципи ощадливого виробництва?
10. Дайте визначення мехатроніка? Синергетичним узагальненням яких систем знань вона є?

4 ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

4.1 Технологічне прогнозування та прийняття рішень щодо вибору технологічного обладнання

У першій половині 2000х років автори, займаючись науковою діяльністю в галузі аналізу та синтезу технологічних процесів механообробки, у тому числі з використанням високопродуктивного металорізального обладнання, що створюється за агрегатно-модульним принципом (агрегатні верстати та автоматичні лінії), проводили не тільки аналіз характеристик та параметрів даного високопродуктивного спеціального металорізального обладнання, а й порівняльний аналіз верстатів інших типів. Свідомо чи мимоволі такий ретроспективний аналіз призвів до технологічного прогнозування параметрів верстатів. Інформація цього розділу – це історичний екскурс у питання технологічного прогнозування майже двадцятирічної давності.

Розвиток сучасного машинобудування на внутрішньому та міжнародних ринках на порядок посилив вимоги щодо якості та надійності до виробленої техніки нового покоління, що у свою чергу поставить перед підприємствами стратегічне завдання технічного переозброєння.

Вибір технологічного обладнання завжди супроводжується сумнівами у правильності цього вибору та з побоюваннями не промахнутися, придбавши верстат, який не дасть очікуваних результатів. Це особливо актуально, коли свою продукцію пропонують безліч різних фірм, у тому числі зарубіжних, які приводять на користь купівлі свого верстата, здавалося б, незаперечні докази як технічні, так і економічні. На цей вибір спочатку впливає низка об'єктивних та суб'єктивних факторів. Щоб після того, як було прийнято рішення про придбання верстатного обладнання, усвідомлено підійти до його вибору, необхідно вирішити, чи слід закуповувати нові верстати чи достатньо модернізувати наявні. Переоснастити чи модернізувати свої верстати можна досить швидко, і це обійдеться порівняно недорого (30 –40 % вартості нових того самого призначення). Крім того, до цих верстатів звикли оператори, тому їх не доведеться переучувати.

Економічні проблеми затяжного перехідного періоду до ринкової економіки 1991 - 2002 р.р. послабили традиційно існуючі можливості щорічного оновлення високотехнологічного обладнання в межах 10-15 одиниць через гостру нестачу оборотних коштів. Аналіз стану заводського верстатного парку виявив зношування технологічного обладнання до 80%. Вжиті заходи щодо його

капітального ремонту дають певні результати, проте, як показала практика, відновити його технологічну працездатність, а тим більше надати йому можливості сучасного неможливо .

Крім того, виконане технологічне прогнозування на основі аналізу тенденцій основних характеристик універсальних верстатів (максимальна частота обертання шпинделя, діапазон регулювання приводу головного руху, максимальна подача), що виробляються до ., показало наступне: зміна технологічних характеристик приводів універсальних токарно-гвинторізних верстатів (типу 16К20, ГЖ-250 та ін.), вертикально-свердлильних верстатів (типу 2А125, 2А135 та ін.), вертикально-фрезерних верстатів (типу 6Н12, СФ250 та ін.), свердлильно-фрезерно-розточувальних (типу 2А636Ф1, КРС26К40 та ін.) за період 1960-1990 р.р. (див. рис.4.1-4.4) з продовженням тенденцій на наступні 15-20 років який завжди узгоджується з параметрами приводів сучасних верстатів (рис.4.1 - 4.4)

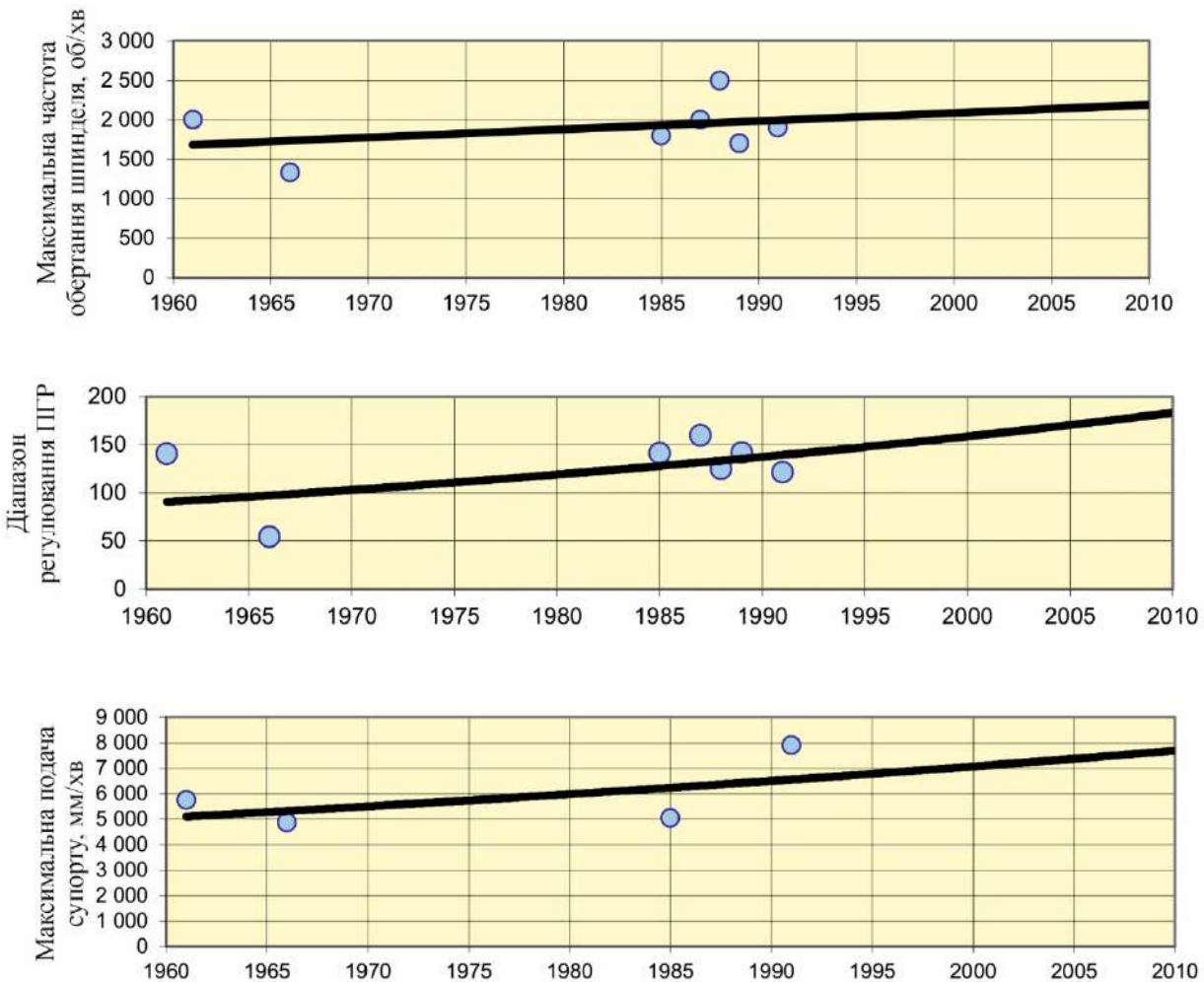


Рисунок.4.1 Зміна технологічних характеристик приводів токарно-гвинторізних верстатів

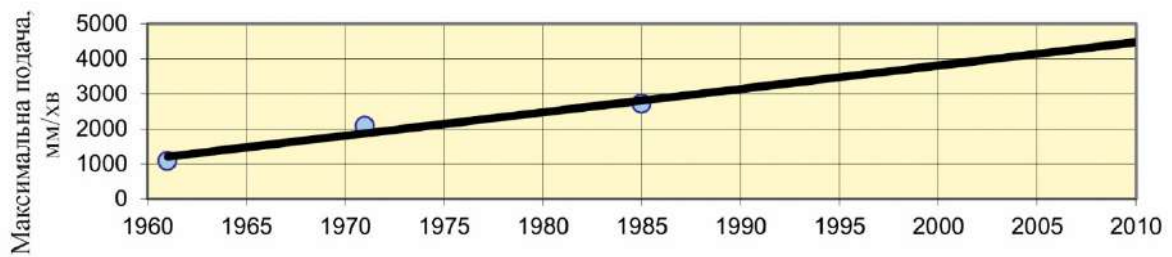
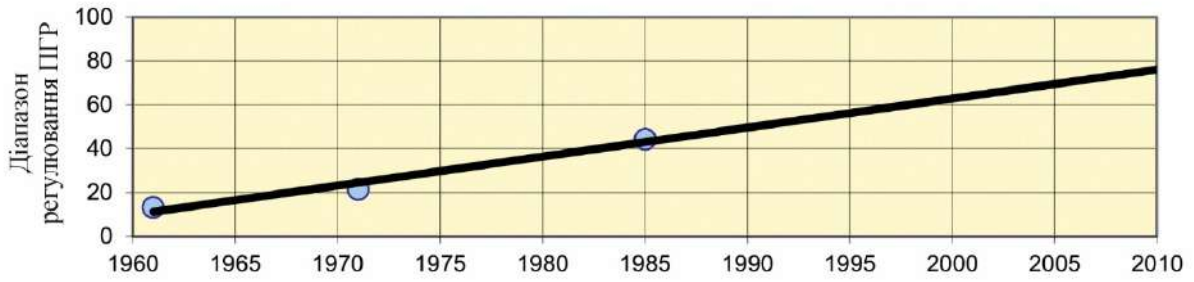
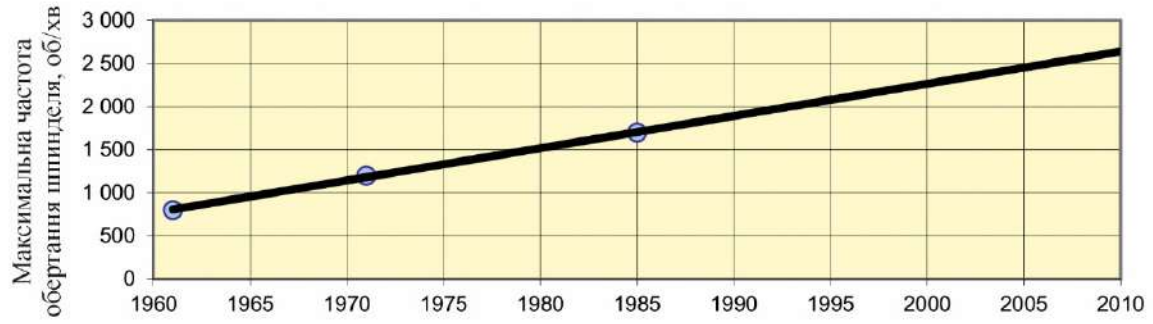


Рисунок.4.2 Зміна технологічних характеристик приводів вертикально-свердильних верстатів

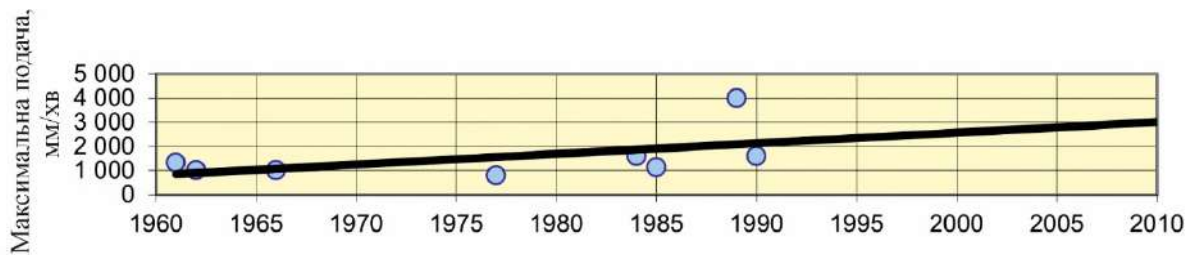
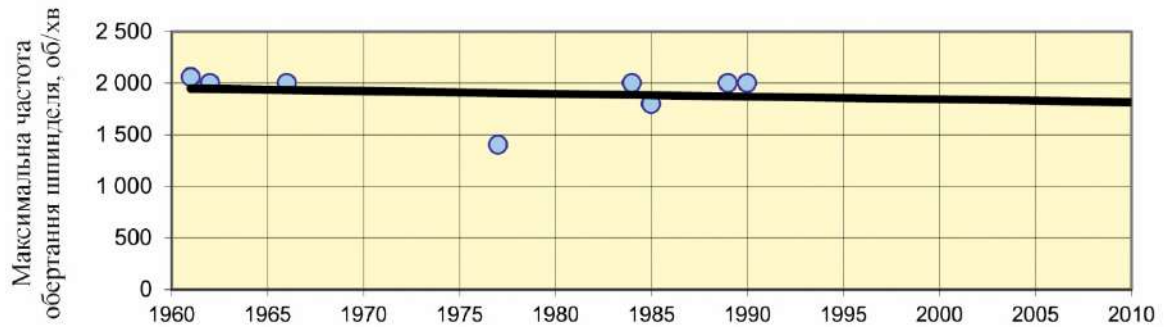


Рисунок 4.3 Зміна технологічних характеристик приводів вертикально-фрезерних верстатів

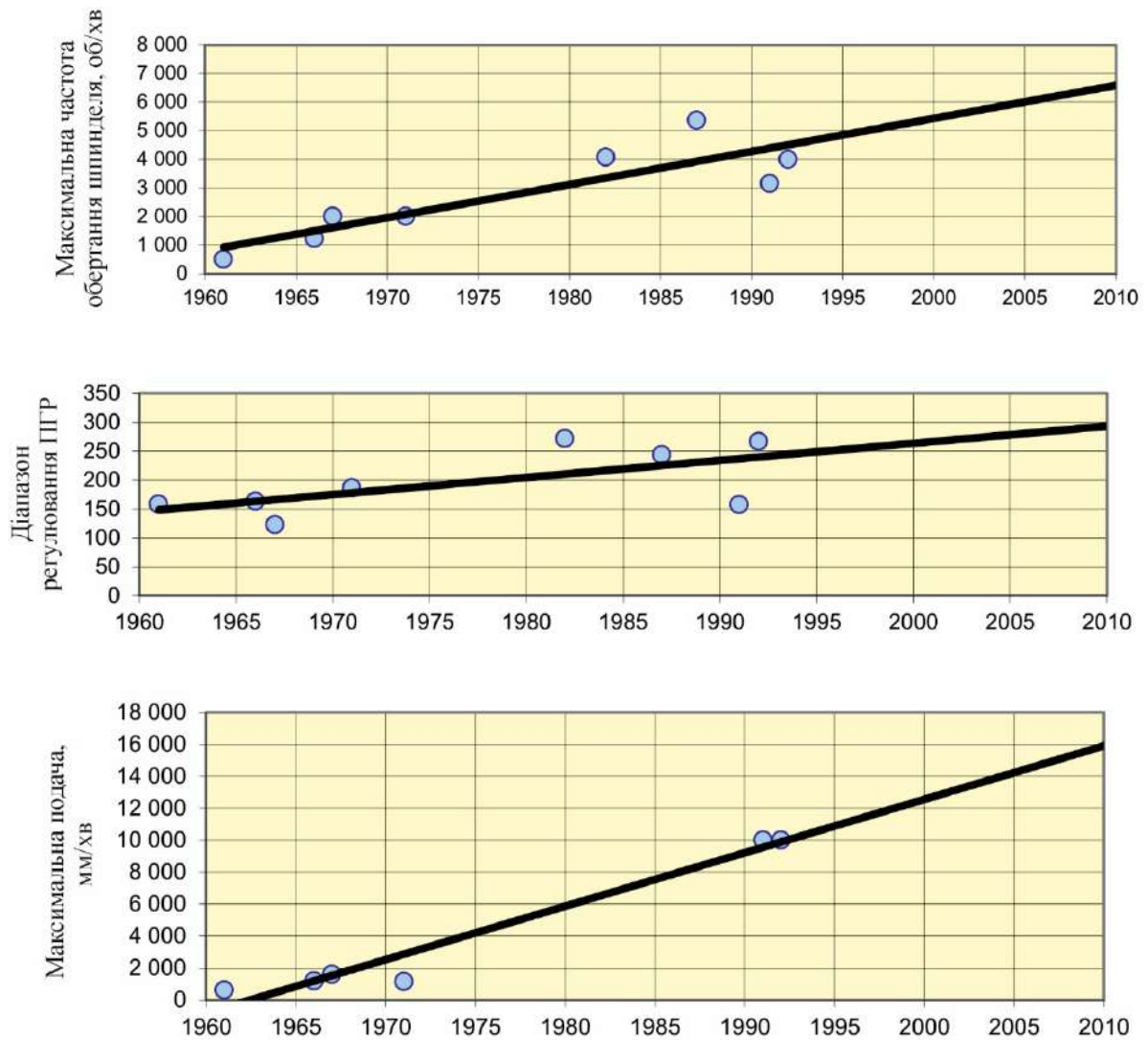


Рисунок.4.4 Зміна технологічних характеристик приводів свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів

Слід сказати, що для ретроспективного аналізу тенденцій основних характеристик універсальних верстатів бралися паспортні дані верстатів-аналогів зі служб головного механіка підприємств, що їх експлуатували.

Згодом можна сказати, перший досвід прогнозування основних показників універсальних верстатів містив ряд недоліків. Відомо, що як і у більшості об'єктів техніки, у металорізальних верстатів пройшла послідовно зміна кількох поколінь. По суті, ретроспективний аналіз був виконаний за характеристиками верстатів перших двох поколінь, що явно по групуванню точок на графіках. Тому було можливим на той час використовувати для прогнозування виключно лінійні тренди, а вони на відміну від S- кривих менш

інформативні і не можуть відображати якісних змін поколінь техніки. Приклади з другого розділу підтвердження цього.

Потрібно підвищення якості прогнозування виявити характеристики верстатів нових поколінь і доповнити тимчасові ряди їхнього ретроспективного аналізу.

4.2 Ретроспективний аналіз тенденцій у період 1960-1990 р.р., 1990-2000 рр. та екстраполяція на період до 2010 р.

У період з початку 1990-х до першої половини 2000-х років з'явилися верстати третього і четвертого поколінь, основні характеристики яких істотно змінилися. І ці зміни насамперед пов'язані з розвитком однієї зі складових знань про механічну обробку матеріалів – теорію різання. У попередні часи використовувані інструментальні матеріали для металорізального інструменту визначали відповідні рівні швидкісних параметрів процесу різання матеріалів, які в свою чергу визначали технологічні параметри верстатів та їх приводів (діапазони частот обертання шпинделя, подач). Поява нових інструментальних матеріалів, що дозволяють працювати на великих швидкостях різання, і перехід на високошвидкісну обробку зажадав підвищення параметрів приводів та вдосконалення конструкції станів.

Зміни технологічних характеристик приводів верстатів третього та четвертого поколінь дозволили не тільки доповнити часові ряди параметрів, але й показали, що характер їх змін у часі може описуватись S- кривою (рис.4.5-4.8).

Цікавим є аналіз технологічних параметрів верстатів за наведеними характеристиками (потужності встановлених приводів, що припадають на одиницю обсягу робочої зони верстата та на одиницю ваги). На рис.4.9-4.10 показані тренди зміни цих параметрів для верстатів токарних та свердлильно-фрезерно-розточувальних. Аналіз технологічних параметрів верстатів за наведеними характеристиками у період 1960-1990 р.р. з продовженням тенденцій на наступні 15-20 років показує, що після 1990-го року намітилося значне зростання енергоозброєності верстатів, особливо свердлильно-фрезерно-розточувальні групи.

У обробні центри останнього покоління закладається широка універсальність та висока енергоозброєність, що дозволяють реалізовувати на них комплексну обробку деталей, що часто в остаточному вигляді. Інтенсивність технологічного на відміну від спеціальних і спеціалізованих

верстатів досягається не за рахунок високої концентрації обробки, а за рахунок інтенсифікації процесів різання в поєднанні з комплексністю обробки.

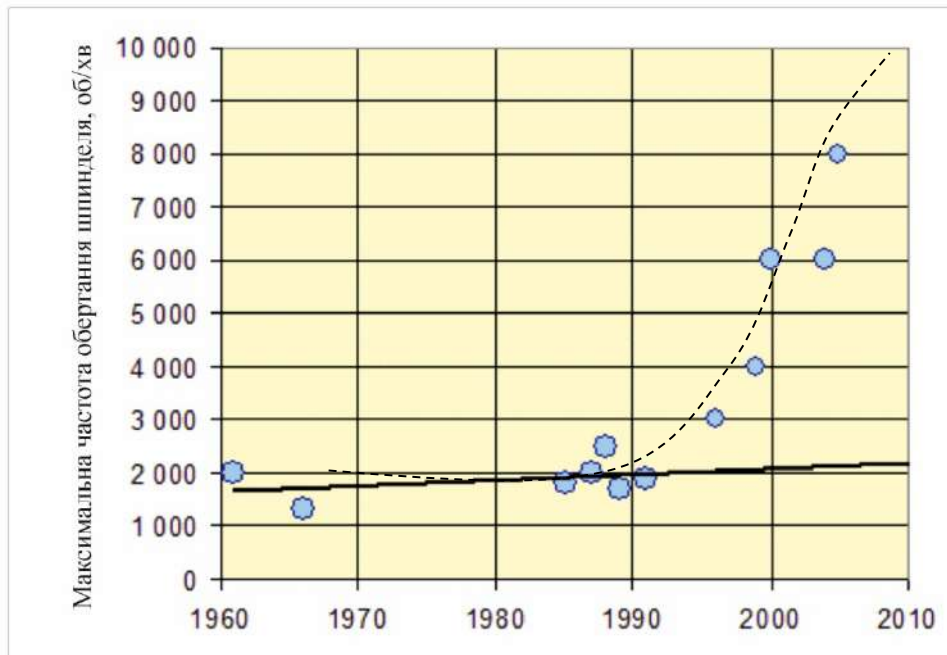


Рисунок 4.5 Зміна технологічних характеристик приводів токарно-гвинторізних верстатів

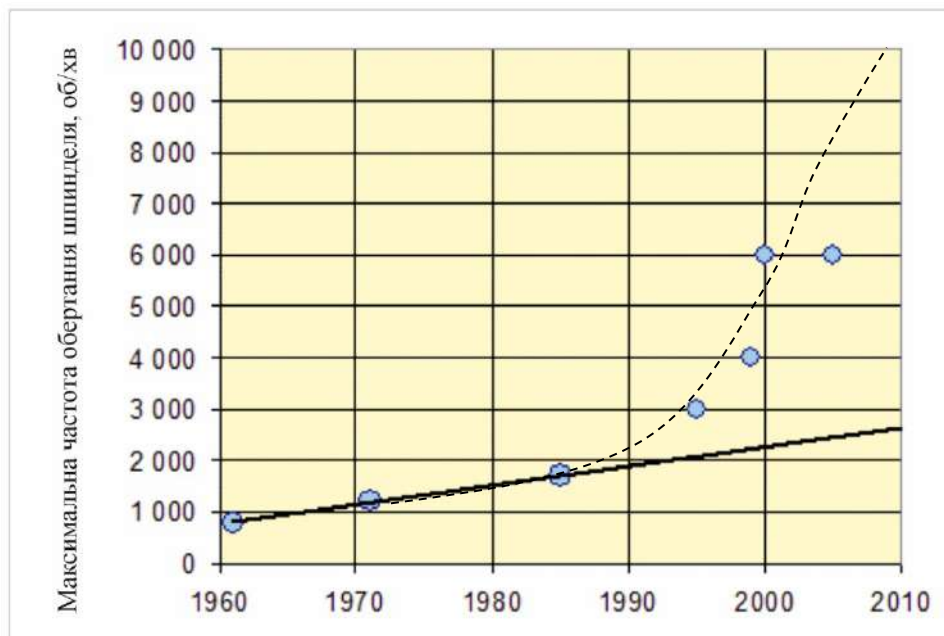


Рисунок 4.6 Зміна технологічних характеристик приводів вертикально-свердильних верстатів

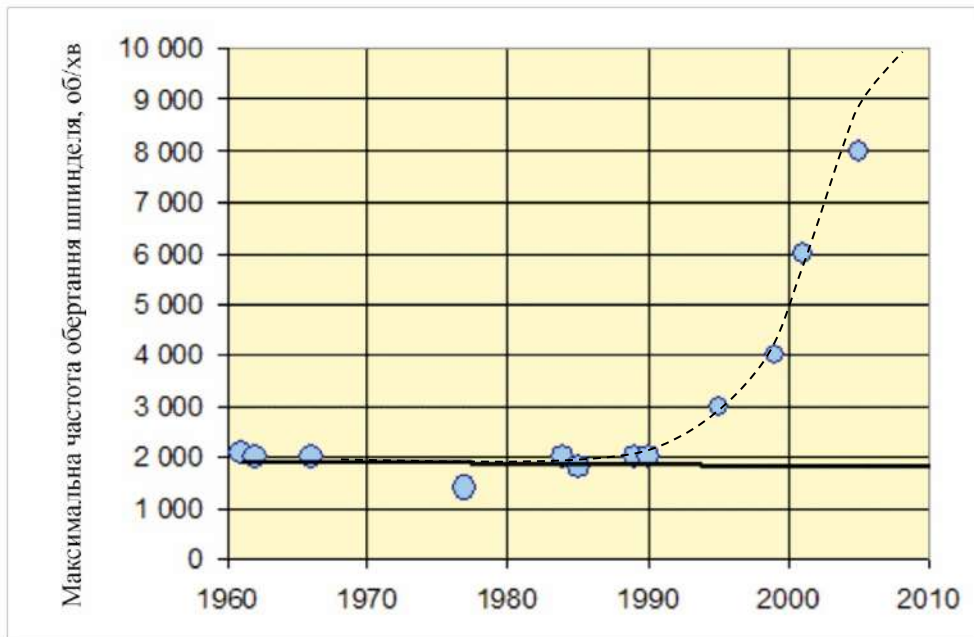


Рисунок 4.7 Зміна технологічних характеристик приводів вертикально-фрезерних верстатів

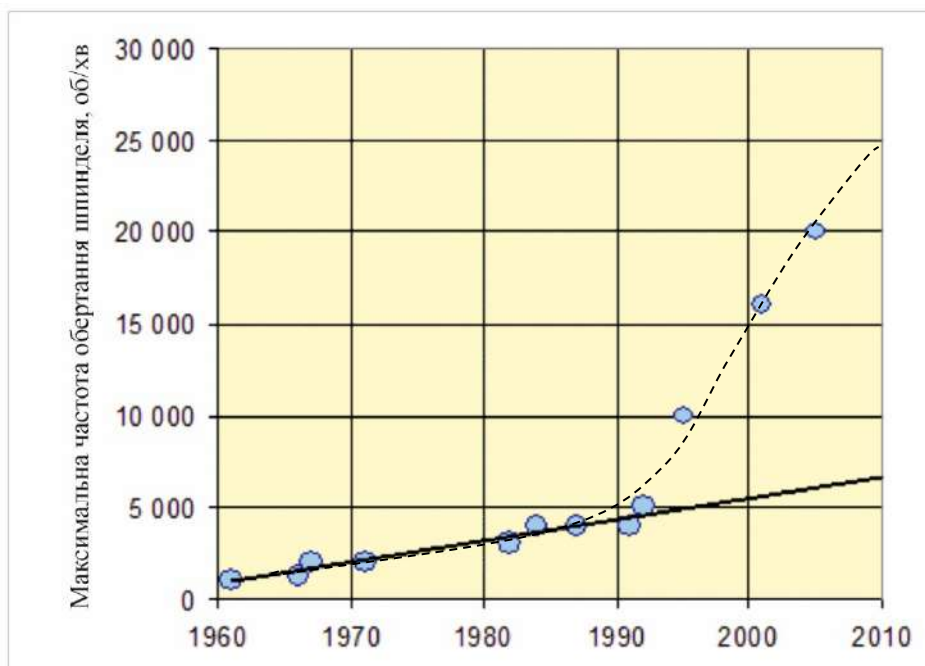


Рисунок 4.8 Зміна технологічних характеристик приводів свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів

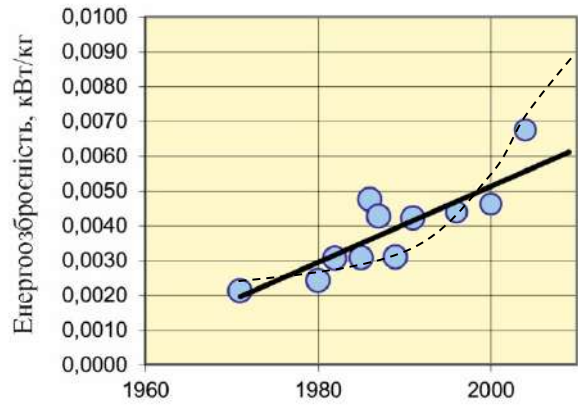
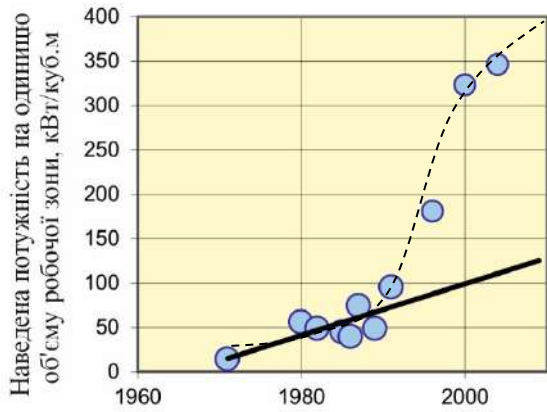


Рисунок 4.9 Зміна наведених параметрів токарно-гвинторізних верстатів

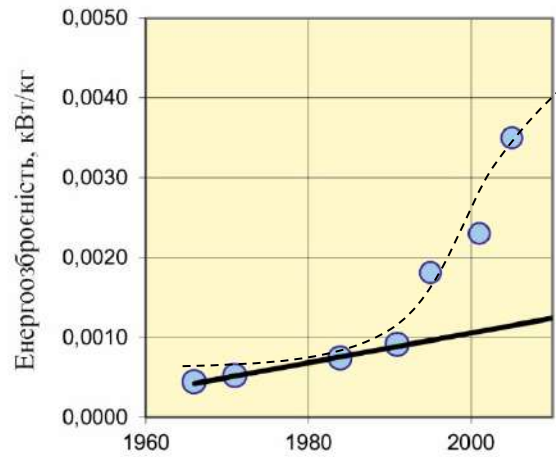
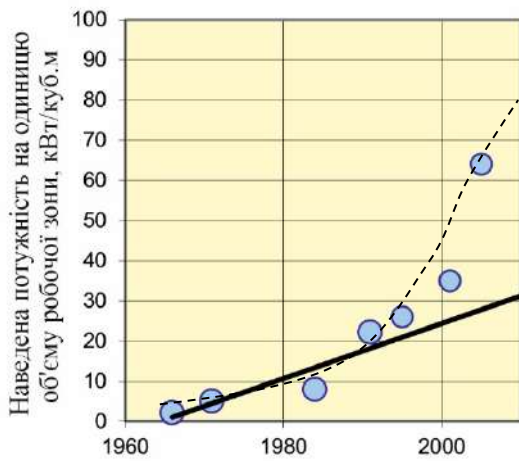


Рисунок 4.10 Зміна наведених параметрів свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів

Ну і на закінчення цікавий виконаний у 2006 році аналіз та прогноз характеристик обробних центрів 2-6 поколінь (рис.4.11). Тенденції показують, що максимальні частоти обертання шпинделя повинні досягати 20000 об/хв за точності позиціонування вузлів не нижче 0,003 мм.

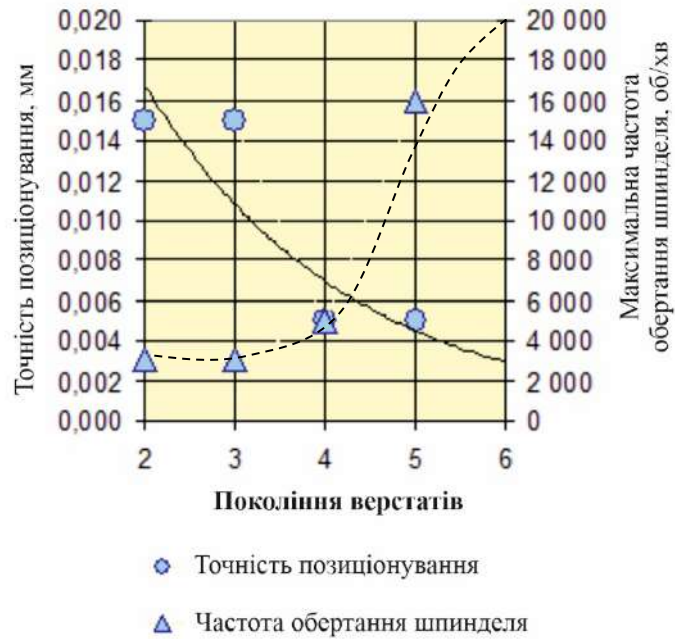


Рисунок 4.11 Зіставлення характеристик обробних центрів 2-6 поколінь

Запитання для самоконтролю:

1. Як зміни технологічних характеристик приводів верстатів третього та четвертого поколінь дозволили виконати прогнозування майбутніх параметрів із використанням S- кривої?
2. Чим цікавий аналіз технологічних параметрів верстатів за наведеними характеристиками та що він показав?
3. Які тенденції показав аналіз та прогноз характеристик обробних центрів 2-6 поколінь?

5 МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ

5.1 Агрегатні верстати та автоматичні лінії. Історія та сучасність

Агрегатні верстати (АС) є одним із найпрогресивніших видів металорізального обладнання високоорганізованих виробництв, орієнтованих на випуск складних та відповідальних деталей в умовах великосерійного та масового виробництва. Основною їх перевагою є порівняно низька трудомісткість і тривалість їх проектування та виготовлення, порівняно невисока кваліфікація операторів, що працюють на цих верстатах, за досить високих якісних показників: нормальна точність обробки з високою продуктивністю та невисокою технологічною собівартістю.

Агрегатні верстати є спеціальним технологічним обладнанням, що виконує обробку за заздалегідь розробленим технологічним процесом за весь період його експлуатації. Хоча в деяких випадках можливе створення агрегатних верстатів типу, що переналагоджується, для виконання декількох подібних операцій на подібних деталях. На агрегатних верстатах виконуються в основному операції лезової обробки різанням переважно кінцевим інструментом. Іноді зустрічаються найпростіші складальні операції.

Розглянуті переваги агрегатних верстатів обумовлені модульним принципом (принципом агрегування), що використовується при їх виробництві, відповідно до якого вони компонуються з заздалегідь розроблених і випускаються серійно функціональних модулів-агрегатів. Основними з цих агрегатів є силові вузли та вузли технологічного оснащення, транспортні системи, корпусні деталі (елементи несучої системи верстата). Такий метод створення агрегатного обладнання дозволяє організувати їх виробництво, в якому основним видом технологічних операцій є складальні операції, з мінімумом операцій обробки складових частин, оскільки компонуватимуться вони в основному з уніфікованих вузлів і агрегатів, що випускаються серійно на спеціалізованих підприємствах.

Агрегування, закладене у створенні АС, дозволяє вирішити низку організаційних та економічних завдань, забезпечити певну гнучкість, зокрема, при зміні конструкції деталі переналагодити (перекомпонувати) верстат на новий виріб, а при знятті верстата з виробництва використовувати нормалізовані агрегати для іншого обладнання. Однією з переваг агрегатних верстатів є можливість підвищення продуктивності за рахунок високого рівня концентрації операції та поєднання основного та допоміжного часу.

Багатомісна паралельно-послідовна обробка на багатопозиційних АС із круговим транспортуванням заготовок дає можливість поєднувати час на їх установку з основним часом, скорочуючи загальні витрати допоміжного часу, а також поєднувати основний час переходів. Загальний основний час визначається тривалістю переходу, що лімітує, і числом одночасно оброблюваних заготовок. Витрати допоміжного часу також скорочуються пропорційно кількості одночасно оброблюваних заготовок. Порівняння різних структур технологічних операцій з інтенсивності знімання металу в одиницю часу при обробці групи співвісних поверхонь (типової обробки на АС) демонструє значну їхню перевагу (рис.5.1).

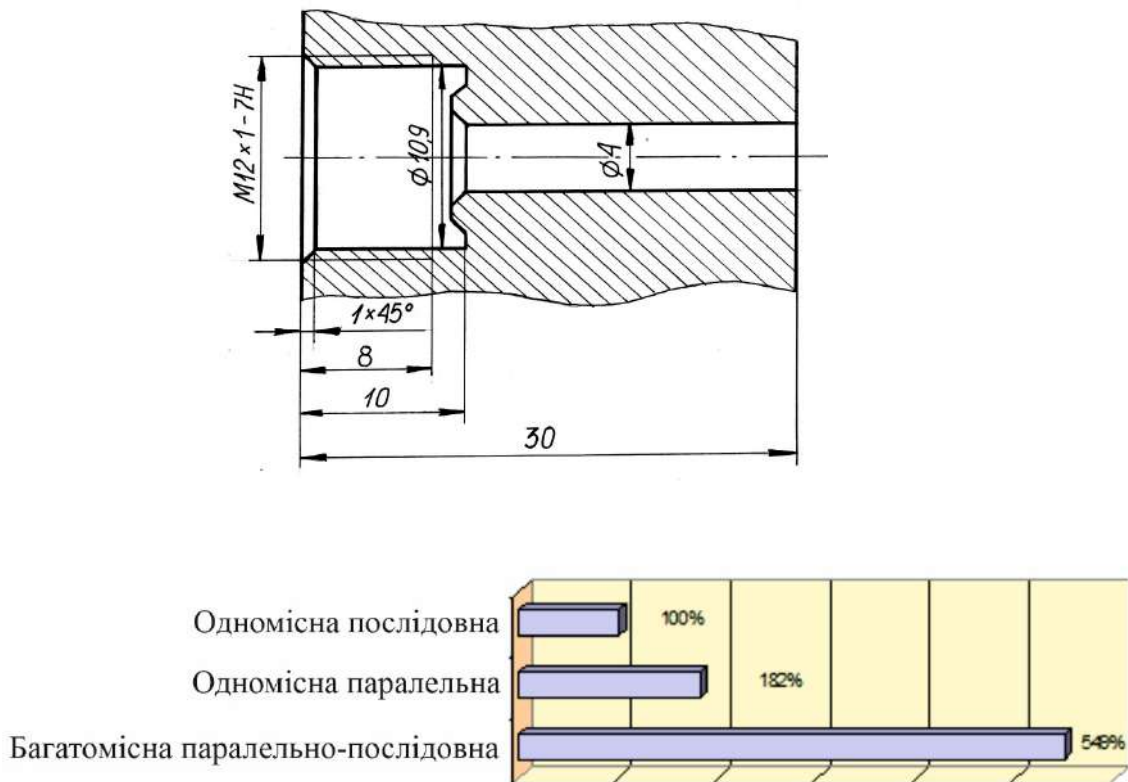


Рисунок 5.1 Ескіз групи співвісних поверхонь та порівняння структур технологічних операцій при її обробці за інтенсивністю знімання металу в одиницю часу

У порівнянні з універсальними агрегатні верстати мають значно велику продуктивність, так як дозволяють здійснити багатоінструментальну і багатопозиційну обробку виробів одночасно з однією або кількох сторін при автоматичному управлінні робочим циклом. Середньостатистична

продуктивність АВ середнього габариту, що випускалися Харківським заводом агрегатних верстатів (ХЗАВ), знаходилася в межах 75-125 дет/год (рис.5.2).



Рисунок 5.2 Розподіл АВ середнього габариту за продуктивністю

Агрегатні верстати вимагають менше виробничої площі, обе спікають стабільну точність обробки і в межах 12-14 квалітетів, а в ряду випадків і вище . Можуть обслуговуватися операторами невисокої кваліфікації ; допускають багаторазове використання нормалізованих деталей і вузлів при налаштуванні верстата на випуск нового виробу (Зворотність елементної бази). Проте , ці верстат і не мають технологічної гнучкостю в порівнянні з універсальними верстатами і , що є їх недоліком.

В агрегатних верстатах поєднується робота великої кількості різноманітних різальних інструментів , тому вони мають практично необмежені технологічні можливості . На агрегатних верстатах виконуються такі види перець , як свердління , зенкерування , розгортання , нарізування аружних і внутрішніх різьб, фрезерування плоскостей , пазів і виступів , підрізання торців, а так само складальні, контрольні операції, клеймування деталей, оздоблювальні види абразивної обробки. На них обробляються деталі зі сталі , чугуна, кольорових металів і їх сплавів, пластмас, дерева, що мають різну конфігурацію та розміри (від кількох міліметрів до декількох метрів). Можливе оброблення поверхонь, розташованих у різних площинах. Ефективність застосування агрегатних верстатів і автоматичних ліній найбільше проявляється під час обробки складних деталей з великою кількістю оброблюваних поверхонь (корпусні деталі, картери ДВС тощо.). Застосування багатоінструментальної обробки в цьому випадку дозволяє забезпечити з однієї установки весь об'єм механічної обробки, і тим не тільки збільшити її продуктивність, а й підвищити точність взаємного положення поверхонь, що обробляються.

Особливістю обробки на багатопозиційних АВ із круговою траєкторією транспортування заготовки є обмеженість обсягу зони обробки. Об'єм зони обробки може бути охарактеризований питомим обсягом $V_{уд}$ (співвідношення обсягу зони обробки та обсягу верстата). Зіставлення груп верстатів за цим показником показує (рис. 5.3), що спеціальні АВ мають найжорсткіші межі зони обробки. **Висока концентрація обробки при малому питомому обсязі зони обробки – відмінна риса АС.**

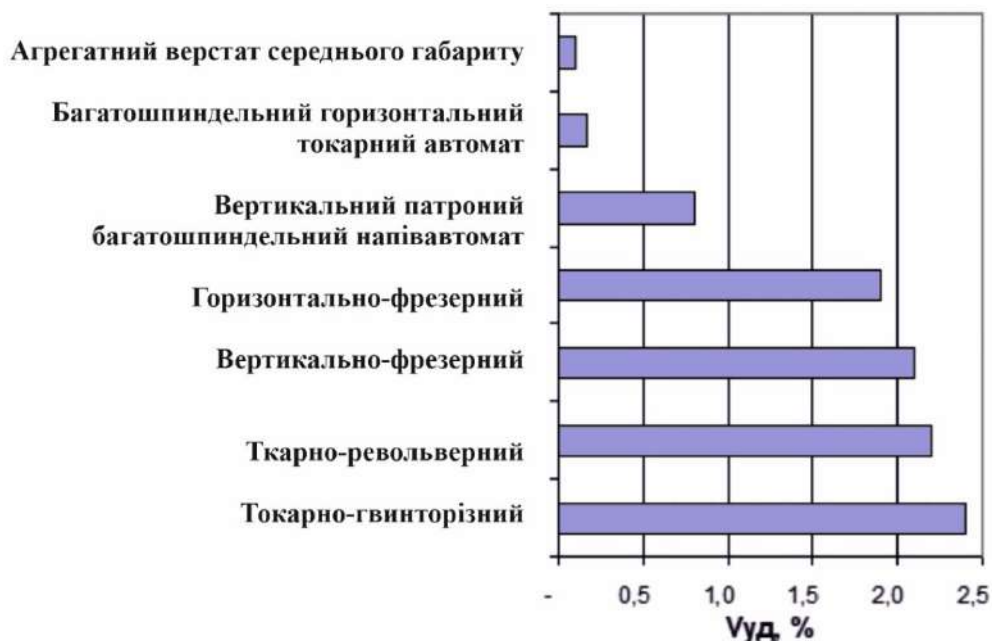
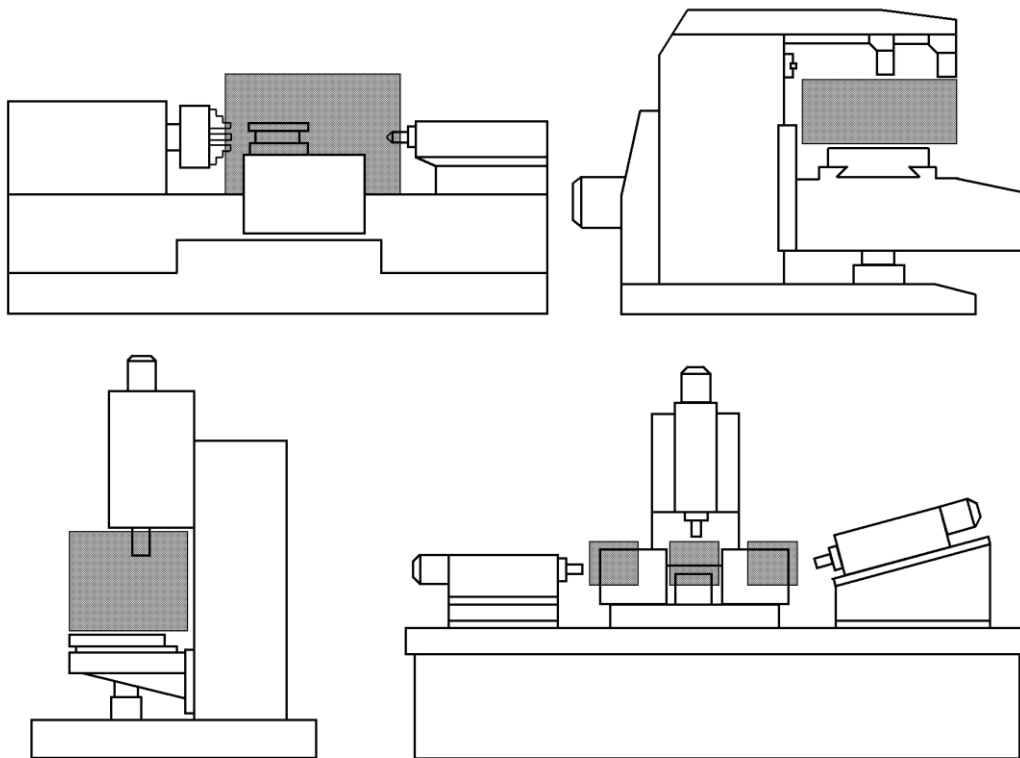


Рисунок 5.3 Порівняння груп верстатів за питомим обсягом зони обробки

Залежно від призначення агрегатні верстати можуть бути спеціальними та спеціалізованими. Спеціальні верстати призначені для обробки конкретної деталі одного типорозміру та не можуть переналагоджуватися. При переході на обробку іншої деталі такі верстати, як правило, перекомпонуються, технологічне оснащення повністю замінюється. На відміну від спеціальних спеціалізовані верстати призначені для обробки кількох однотипних деталей різних класів та типів. За технологічною ознакою агрегатні верстати можна розділити на одно- та багатопозиційні.

Ретроспективний погляд на історію агрегатних верстатів показує, що за майже 100-річний період вони пройшли всі чотири етапи свого життєвого циклу: становлення (1920-1930 рр.); бурхливе зростання (1940-1960 р.р.); зрілість (1970-1980 р.р.); занепад 1990-2000 р.р.)

Основоположником агрегатного верстатобудування США є Едвард Кінгсбурі (рис. 5.4).

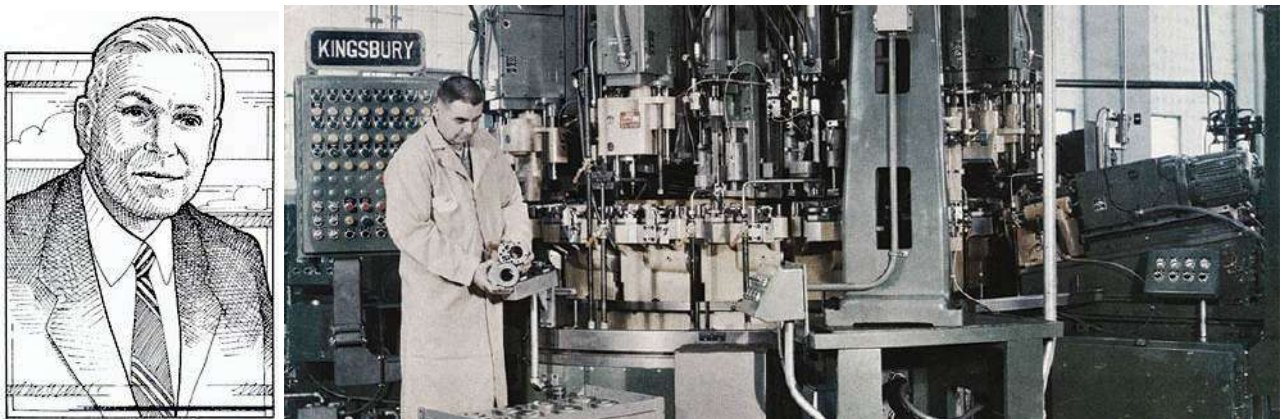


Рисунок 5.4 Edward J. Kingsbury (1893-1973)

Очолівши у 1920 г. компанію Kingsbury Machine Tool, він у 1923 г. реалізував концепцію високопривідної обробки шляхом синхронізації багатопозиційного свердління, розмістивши свердлильні вузли навколо поворотного столу, і поклавши тим самим початок агрегатним верстатам.

На рис.5.5 наведено деякі з патентів, отриманих Е.Кінгсбурі на конструкції та компонування агрегатних верстатів.

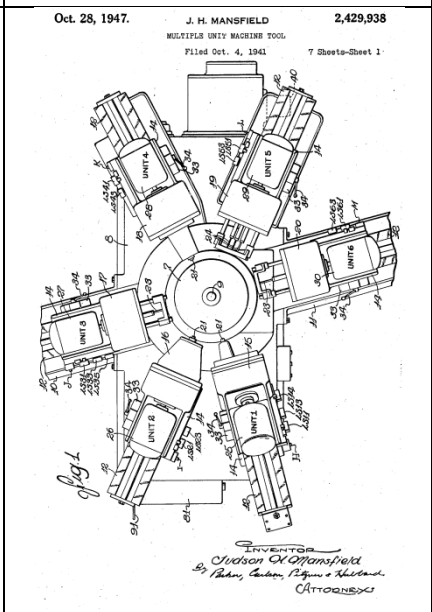
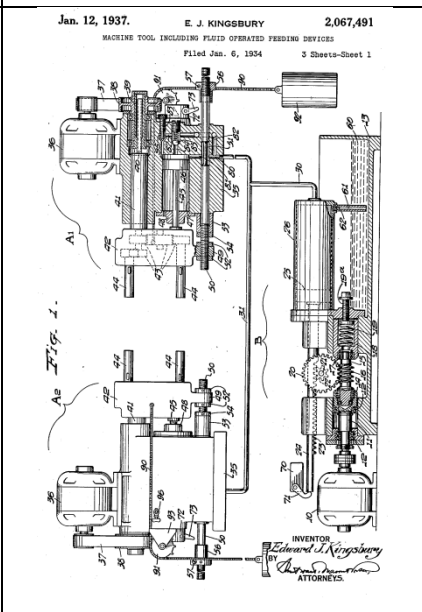
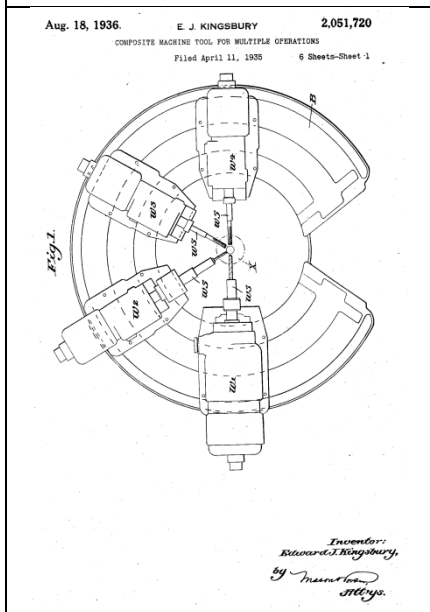
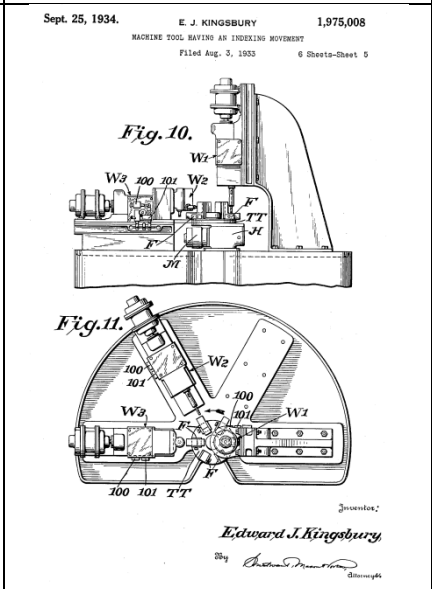
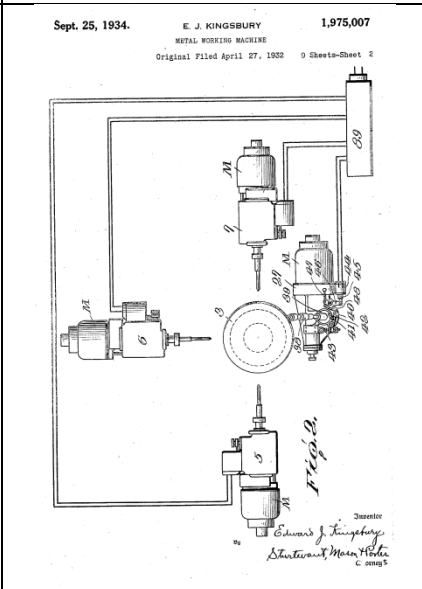
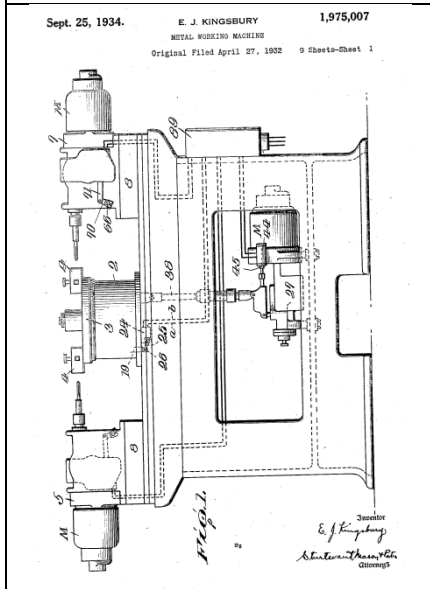
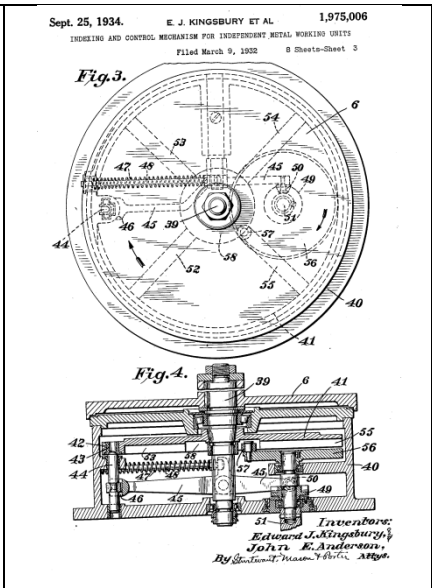
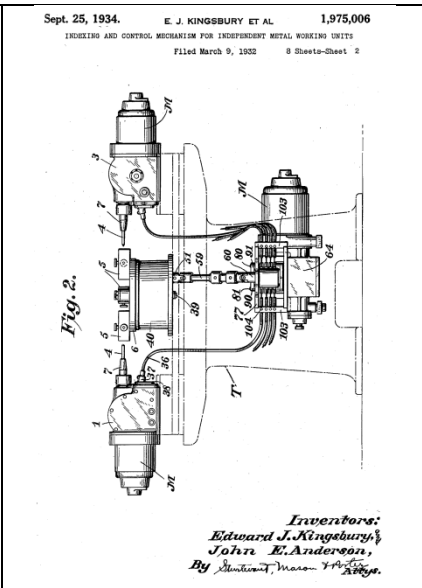
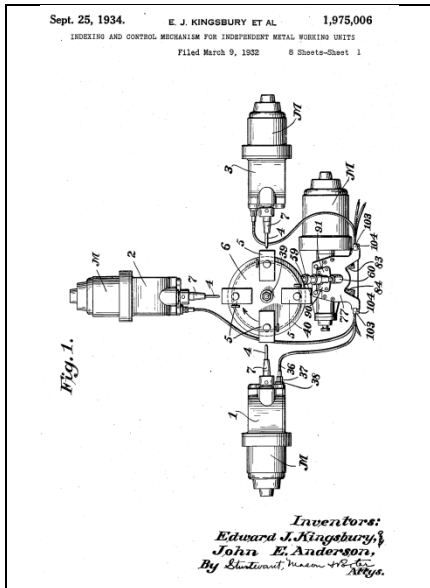


Рисунок 5.5 Патенти отримані Е.Кінгсбурі на конструкції АВ

Корпорація Webco/Kingsbury залишається одним із лідерів агрегатного верстатобудування. На сайті www.webcoindustrial.com презентуються АС різних компоновок (рис . 5.6-5.10) .



АС свердильний вертикального
компоунвання



АС свердильно-фрезерний горизонтального
компоунвання



АС свердильний горизонтальний
двосторонній



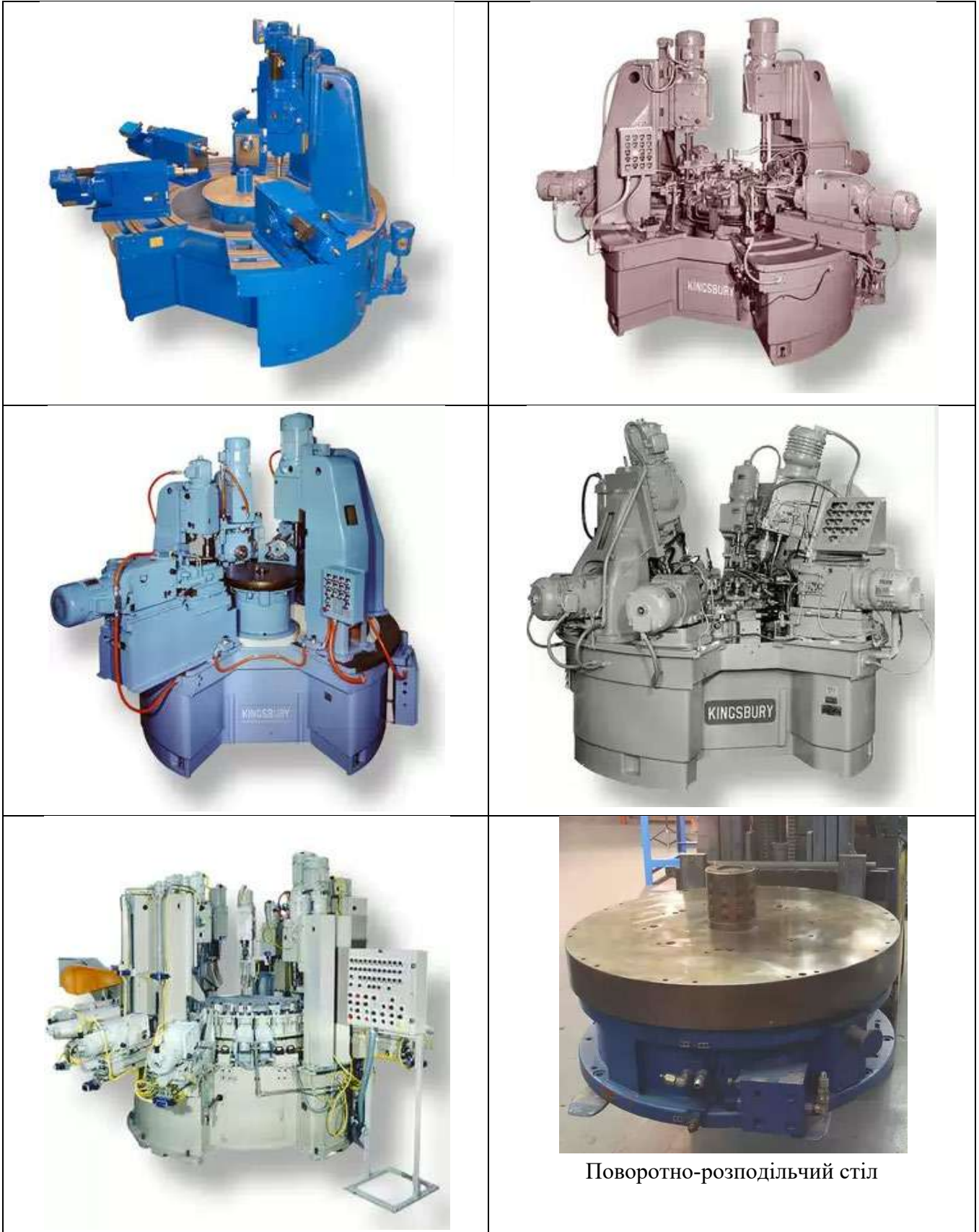
АС свердильно-фрезерний двосторонній

Рисунок 5.6 Однопозиційні компоунвання АВ Webco/Kingsbury



Кругла станина

Рисунок 5.7 Багатопозиційні АВ Webco/Kingsbury горизонтального компонування з поворотно-розподільчим столом



Поворотно-розподільчий стіл

Рисунок 5.8 Багатопозиційні АВ Webco/Kingsbury вертикального компоунвання з поворотно-розподільчим столом

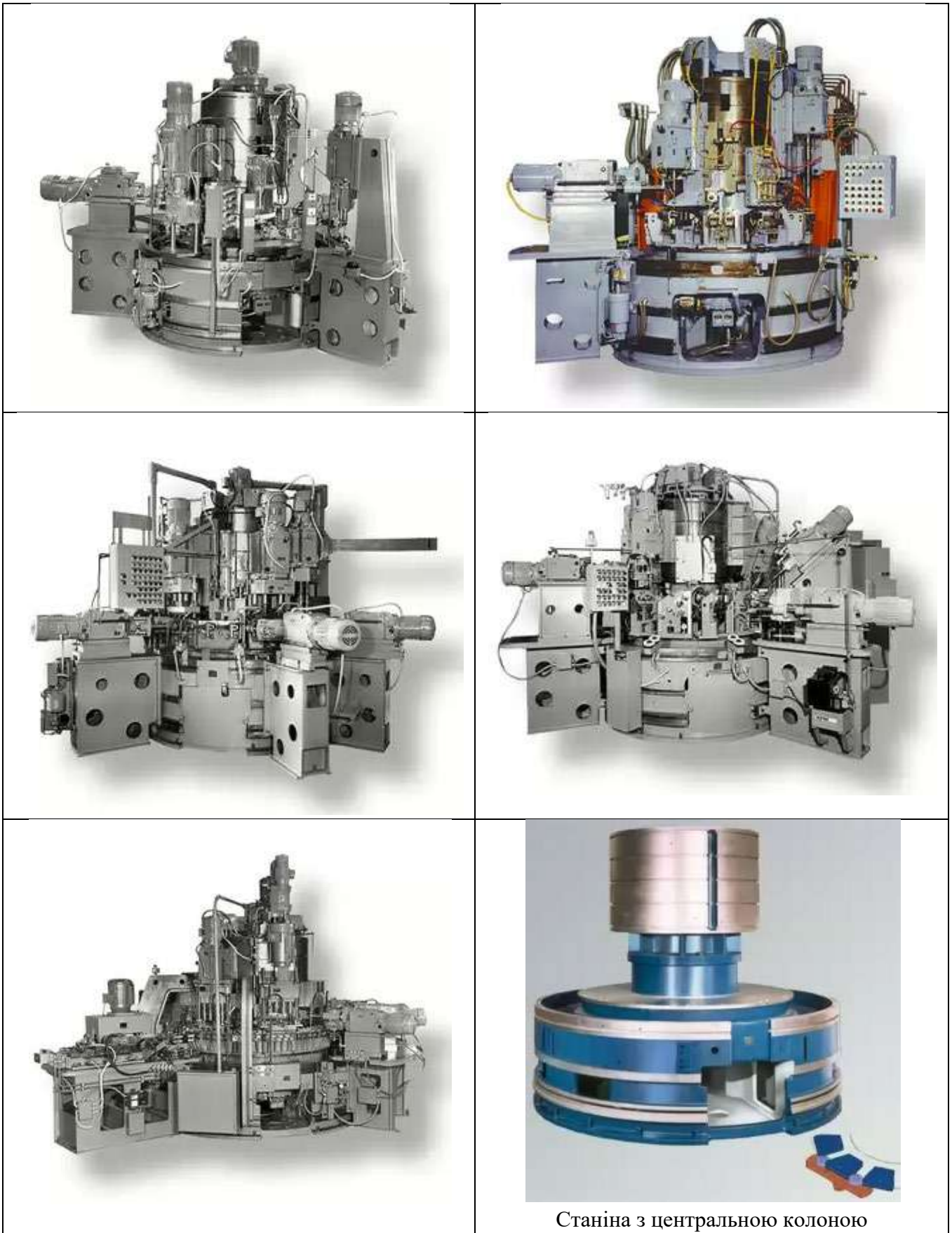


Рисунок 5.9 Багатопозиційні центральної AB Webco/Kingsbury



Станина з поворотним барабаном

Рисунок 5.10 Багатопозиційні АВ Webco/Kingsbury барабанного типу

На сайті www.kingsburycorp.com презентувалася багатопозиційна технологічна система моделі 207, яка представляється як нове покоління центроколонних АВ із круговим транспортуванням заготовки (рис.5.11). Вказується, що, як і всі технологічні системи Кінгсбурі, проектується для робіт різного рівня складності – структура системи визначається виробничою необхідністю. Компонування ергономічне, забезпечує простоту доступу та зручність обслуговування, має систему «суха підлога». Система транспортування заготовки має високу точність та малий час індексації. При необхідності може бути забезпечено поворотними пристроями, пристроями

автоматичного завантаження/вивантаження заготовок, контролю цілісності інструменту.

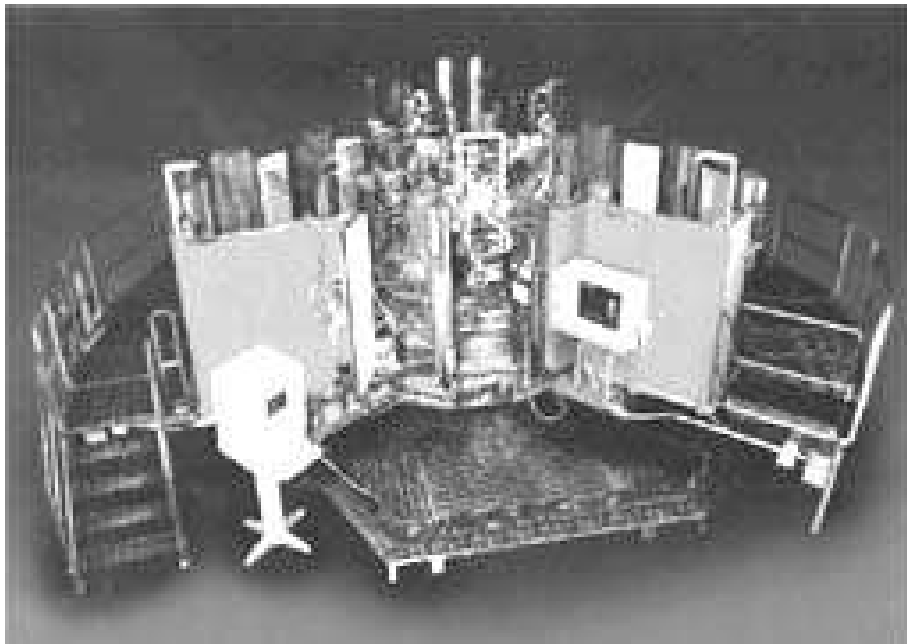


Рисунок 5.11 Загальний вигляд АВ 207 фірми Kingsbury

Іншим відомим виробником АС є компанія Hydromat Inc. (St. Louis). Верстати цієї фірми переважно мають багатопозиційні компонування з круглим столом і горизонтально наявними силовими агрегатами. На сайті www.hydromat.com демонструвалися АС традиційного компонування (рис.5.12) та технологічна система традиційного компонування (рис.5.13).

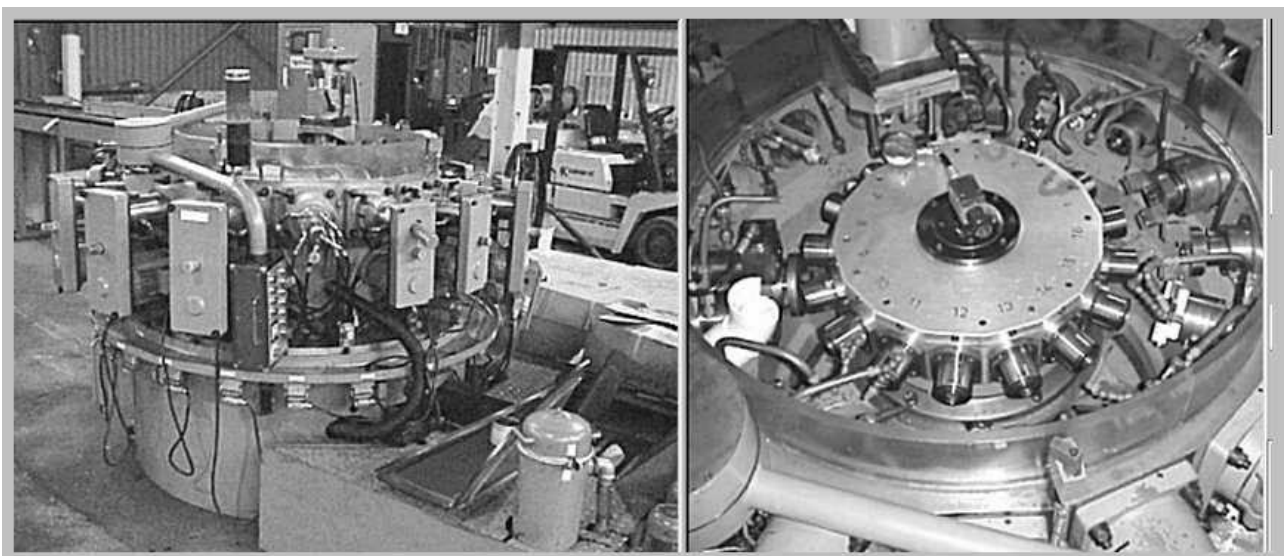


Рисунок 5.12 Компонування АС фірми Hydromat

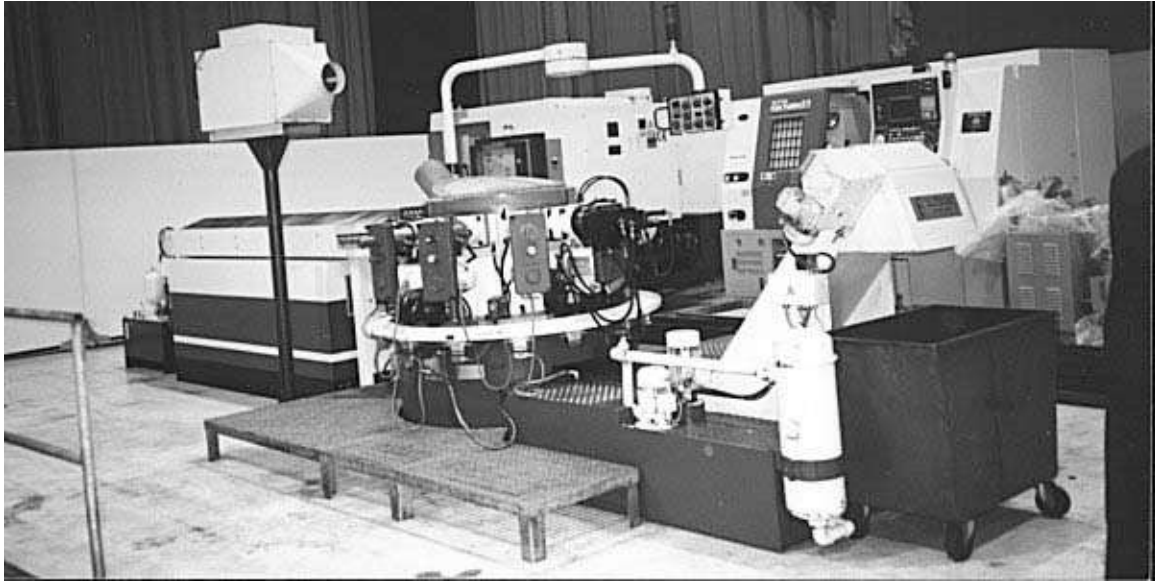


Рисунок 5.13. Технологічна система фірми Hydrumat

Фірма Toyota Machinery USA, виробник АЛ, та фірма Turmatic Systems, Inc. Thyssen Krupp, виробник АС, входять до асоціації RBR Associates, Inc. Machine Tools. На сайті асоціації www.rbrusa.com були представлені багатопозиційні АС. АС TURMAT традиційного компоновання спроектовано для високопродуктивної обробки деталей великої номенклатури (рис.5.14). Може мати від трьох до десяти робочих позицій.

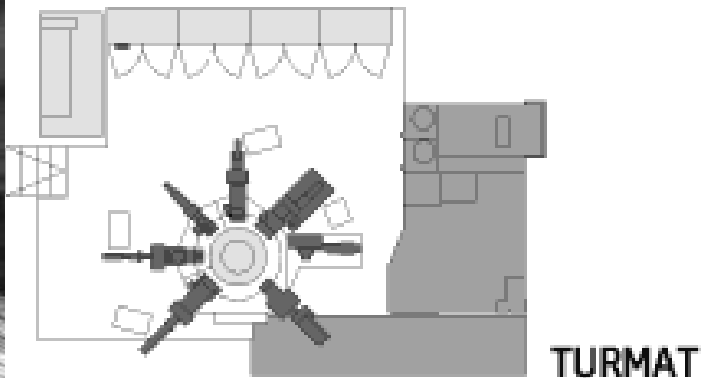
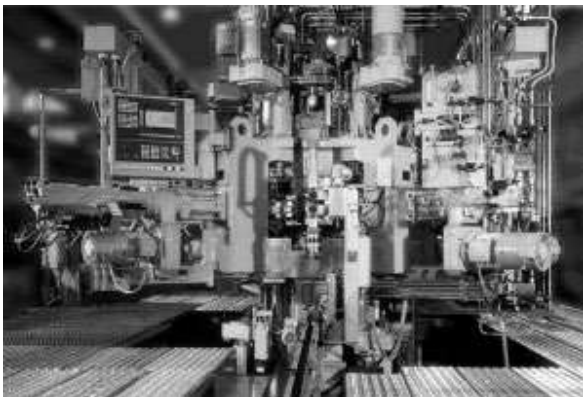


Рисунок 5.14 Загальний вигляд та схема компоновання технологічної системи фірми Turmatic Systems, Inc. Thyssen Krupp

АВ TRIFLEX, що переналагоджується, оригінального компоновання поєднує можливості багатопозиційної обробки агрегатних верстатів з можливостями багатоопераційних верстатів за рахунок використання чотирьох позиційного поворотного столу і силових агрегатів з револьверними головками, по два на кожній позиції обробки (рис.5.15).

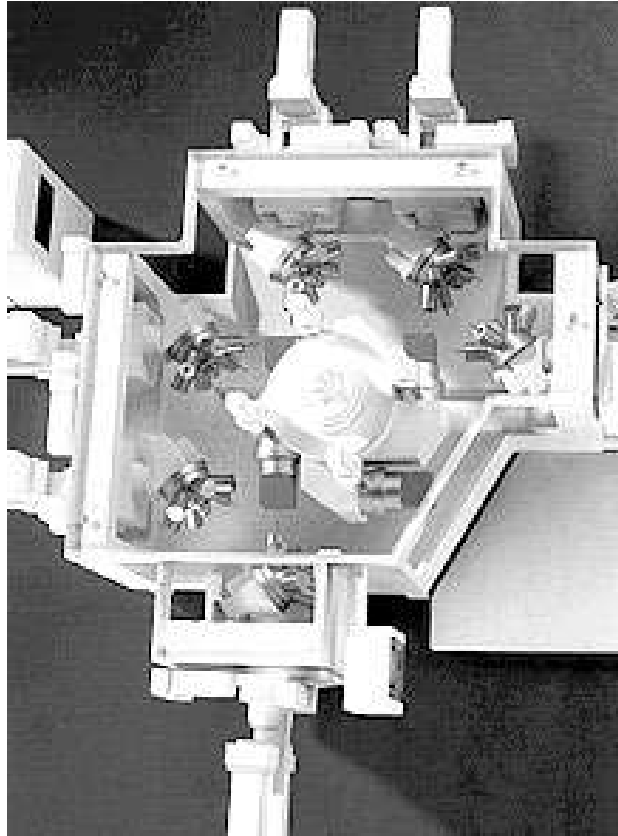


Рисунок 5.15 АВ TRIFLEX фірми Turmatic Systems, Inc. Thyssen Krupp

Фірма GIULIANI (Bologna), на сайті www.giulianico.com представляла кілька різних АВ, у тому числі барабанного компонування (рис.5.16).

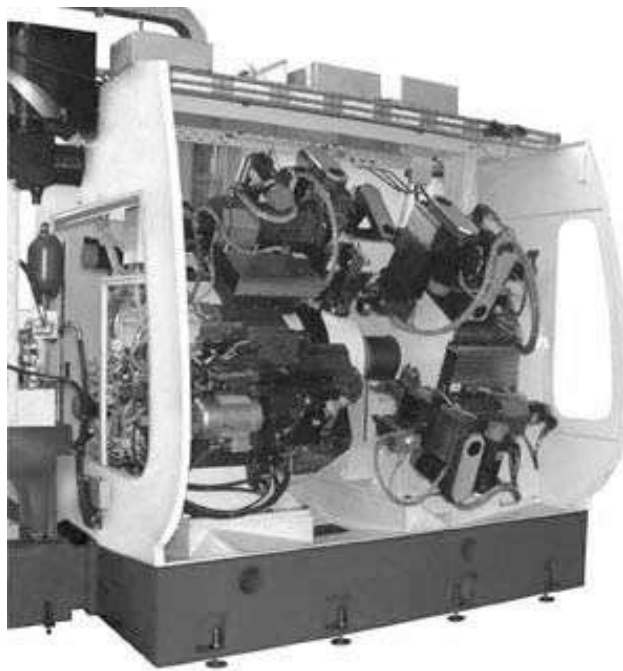


Рисунок 5.16 АВ барабанного компонування фірми GIULIANI

У верстатобудуванні продукція і фізично, і морально старіє ні загально, а дискретно, вроздріб. Все це говорить про те, що без застосування агрегатно-модульного методу побудови підвищення техніко-економічного рівня продукції практично неможливе. Агрегатно-модульні конструкції верстатів в даний час багато в чому базуються на новому напрямі створення інтегрованих вузлів, що отримали назву мехатронних, в яких модуль руху (лінійного та/або обертального) виконаний на базі спеціальних безколекторних двигунів або електричних машин з електромагнітною або електромеханічною редукцією, забезпечених датчиків, вимірювальних перетворювачів та іншими електронними елементами, інтегрованими в електромеханічні вузли (рис.5.17).

Мехатронні модулі та мехатронні вузли є найбільш перспективною базою для створення прогресивного високопродуктивного технологічного обладнання, одним із принципів побудови якого є автономність виготовлення, складання та налагодження вузлів та кінцевого продукту (технологічних систем) на їх базі.

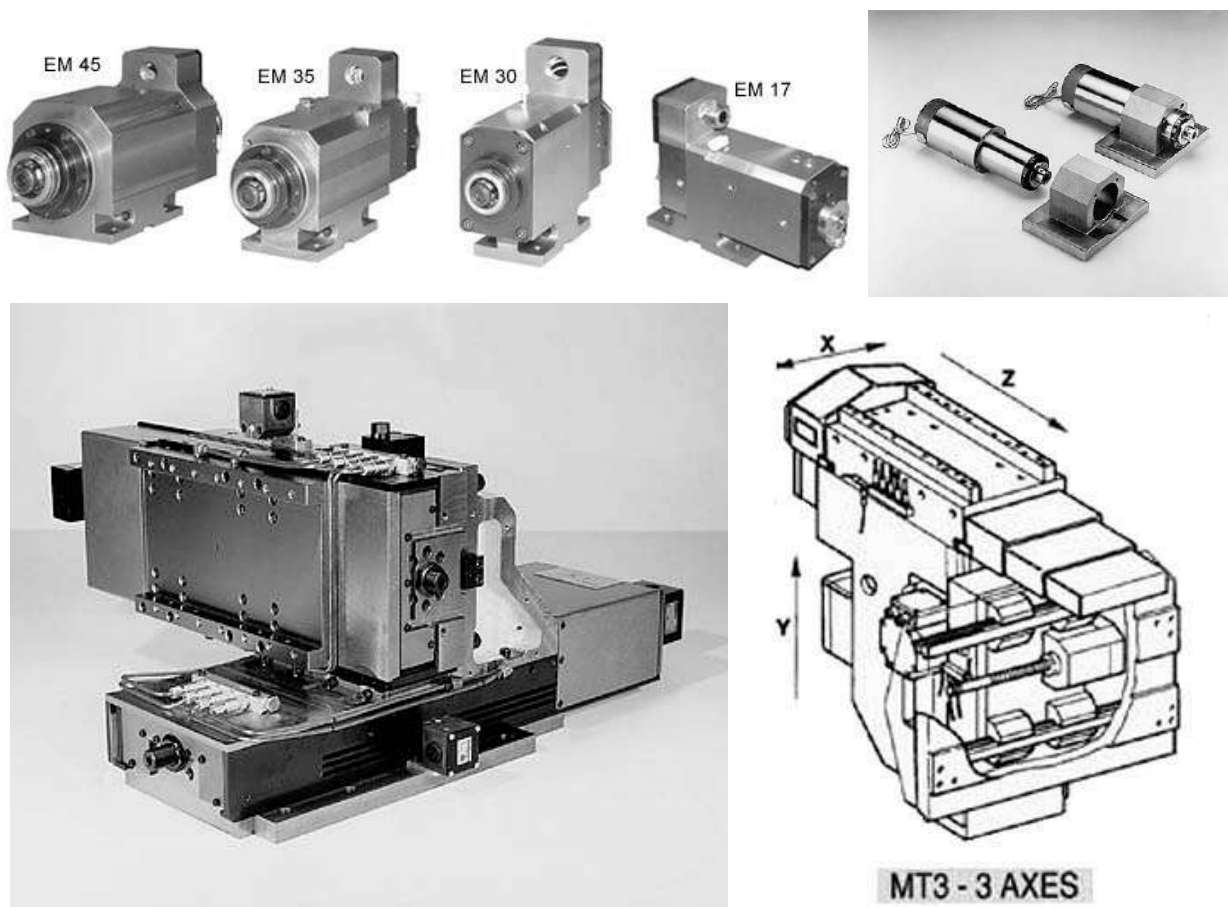


Рисунок 5.17 Мехатронні модулі обертального руху та багатокординатні мехатронні вузли фірми GIULIANI

5.2 Компонетика (теорія компонок) агрегатних верстатів

Сучасне технологічне обладнання утворює безліч різноманітних компоновочних схем, конструктивних форм і розмірів. Причиною тому різноманіття технологічних завдань, що вирішуються. У процесі розвитку технології машинобудування, як науки, і зокрема теорії продуктивності, саме необхідність реалізації різних структур виконання технологічних операцій призвело від простих одношпindelних одноінструментних верстатів компоновання до компонок складної структури. Високопродуктивні структури конструктивно знайшли своє втілення в агрегатних верстатах та автоматичних лініях та досягли межі у роторних та роторно-конвейєрних лініях.

Багаторічна практика створення та експлуатації верстатів складної структури постійно вказує на те, що правильний вибір та раціональна побудова компоновання дуже впливає на їх якість. У багатьох випадках створення спеціальних та універсальних верстатів цей вплив виявляється вирішальним.

Вплив компоновання на якість технологічної верстатної системи проявляється у двох напрямках. По-перше, через структуру, правильний вибір якої забезпечує необхідну універсальність або спеціалізацію та відповідність ряду технологічних та інших вимог. По-друге, через вибір раціональних конструкторських виконань, розмірних пропорцій та розташування вузлів у просторі, чим забезпечуються високі техніко-економічні показники якості.

Поняття якості компоновання та якості технологічної системи ототожнювати не можна. Між вибором та побудовою компоновання на стадії ескізного проектування та випробуванням готового верстата або системи лежить великий шлях проектування, виготовлення та складання. Проте причини якості закладають першому етапі – при побудові компоновки. Під якістю компоновання слід розуміти властиві їй потенційні можливості створення технологічного устаткування вищої якості, ніж устаткування з іншими компонованням. Якість компоновання визначають шляхом розрахункового зіставлення компонок на основі порівняльних методів, для яких характерні відносні оцінки і можливість порівняння по особливостям.

Використання принципу агрегування дозволяє не лише скорочувати терміни проектування, здешевлювати виготовлення верстатів та систем, а й створювати системи різного технологічного призначення з різним ступенем автоматизації. Проблема створення верстатів різного технологічного призначення на базі загальних цільових вузлів-агрегатів вимагає перегляду

багатьох поглядів і традицій в галузі компонетики верстатів і систем. Принцип агрегування привніс ряд особливостей у компонетику металорізальних верстатів та технологічних систем.

До технологічного металорізального обладнання, яке створюється на основі принципу агрегування, повною мірою застосовується визначення "унікальне обладнання", оскільки практично кожна така технологічна система не має повних аналогів. Унікальність АС, крім того, визначається особливістю їх об'єктів функціонування - практично необмеженою номенклатурою деталей, що обробляються. Різноманітність геометричних форм, габаритних розмірів, точності та шорсткості формоутворюваних поверхонь, точності координатних розмірів, необхідної продуктивності є причиною різноманітності компонок.

Основна відмінність у підходах до компонетики АВ полягає у необхідності технічної реалізації багатоінструментної багатопозиційної обробки. Завдання синтезу варіанта взаємного просторового розташування елементів системи, що компонуються, є багатоваріантним багатofакторним завданням тісно пов'язаним з технологічним завданням синтезу маршруту обробки деталі. Специфіка виконання технологічних операцій, що вимагають складної комбінації виконавчих рухів, в АВ полягає в тому, що обробка на них ведеться, як правило, при нерухомій заготовки, а всі робочі та настановні рухи здійснюються інструментом. При побудові технологічних процесів обробки деталей на АС використовують будь-які методи концентрації операцій, що розглядаються у технології машинобудування: обробка комбінованим інструментом співвісних поверхонь; багатоінструментна обробка груп поверхонь із паралельними осями одним силовим агрегатом; багатомісна, багатопозиційна, багатостороння обробка.

Розробка компоновання АС розпадається на кілька етапів. Це передусім проектування технологічного компоновання (аналіз завдання проектування, вибір елементної основи, розробка технологічного маршруту обробки, вибір схеми базування деталей тощо.). Далі йдуть етапи визначення розташування виконавчих вузлів, конструювання несучої системи тощо. Основним моментом при виборі схеми компоновання є положення заготовки на АВ, тому що це впливає на конструкцію пристосування для її закріплення, на взаємне розташування заготовки, інструментів, пристосування, силових агрегатів та габаритні розміри в цілому.

Розробка схеми обробки (технологічного компоновання), будучи особливо трудомісткою та оригінальною для даного класу обладнання, будується на принципах концентрації та диференціації технологічних операцій

і має на меті, з одного боку, забезпечення необхідної продуктивності обробки, а з іншого - досягнення обладнанням характеристик відповідно до прийнятих під час проектування критеріями ефективності.

Обговорюючи питання доцільності досліджень у галузі компонетики верстатів та технологічних систем, звернемося до історії розвитку цього питання. У літературі чимало робіт, тією чи іншою мірою присвячених чи пов'язаних із питаннями компонетики металорізального обладнання. Завдяки роботам Н.С.Ачеркана, В.І.Дикушина, В.А.Кудінова, А.С.Пронікова, Д.Н.Решетова, А.А.Федотенка та інших відомих учених загальна теорія конструювання металорізальних верстатів та систем набула значного розвитку.

Основу різноманіття компоновок верстатів завжди визначало різноманіття кінематичних структур, що забезпечують необхідний набір формоутворювальних рухів. В основу класифікації компоновальних схем покладено поєднання формотворчих рухів. Складні відносні рухи заготовки та інструменту складені з простих елементарних формоутворювальних рухів (поступальних та обертальних). На металорізальних верстатах практично реалізовано лише меншу частину всіх розглянутих схем рухів. Число елементарних рухів формоутворення рідко буває більше трьох.

Значним внеском у розвиток теорії компоновок металорізальних верстатів є робота Ю.Д.Врагова [3]. Він запропонував представляти компонування верстата як структуру блоків: одного стаціонарного та кількох рухомих, розділених лінійними або круговими напрямними. Блоки у компонуванні сполучаються послідовно або паралельно. Поняття про блокову структуру верстата та способи сполучення блоків дозволяє позначати будь-яке компонування за допомогою структурних формул. Структурна формула компонування – це певна послідовність символів, що позначають блоки компонування, що розкриває координатну приналежність та спосіб поєднання блоків.

Для того щоб судити про розташування частин компонування в просторі і надати можливість дослідження того чи іншого апарату математичного дослідження в структурних формулах використовують систему позначень осей координат, що відповідає рекомендаціям ІСО. Особливістю системи ІСО є те, що вісь координат Z завжди приймають 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 тильну сторону. Якщо вісь Z горизонтальна, то позитивний напрямок осі X буде вправо, якщо дивитися в напрямку від шпинделя до заготовки. Положення осі Y визначається розташування двох інших осей. Позитивний напрямок осі Y визначається за правилом гвинта з правим різьбленням, розташованого вздовж осі Z : поворот гвинта в напрямку від осі $+X$ до осі $+Y$ повинен відповідати його просуванню в напрямку $+Z$ (права система координат). Початок координат можна приймати довільно. Додаткові рухи, паралельні осям X, Y, Z : вторинні відповідно: u, v, w ; третьої черги відповідно: p, q, r . Обертальні рухи навколо осей X, Y, Z : відповідно a, b, c .

Позитивні напрямки обертальних рухів інструменту $+a, +b$ і $+c$ відповідають напрямку обертання правого гвинта за його руху відповідно вздовж осей $+X, +Y, +Z$. Додаткові обертальні рухи позначають буквами d і e . Рухи заготовки позначають штрихом зверху (x', y', z', a', b', c' тощо), а позитивні напрямки переміщень заготовки відповідають негативним напрямкам переміщень інструменту (ліва система координат).

При поворотах осі шпинделя за основне положення, що відповідає осі Z приймають напрям, перпендикулярне площині установки заготовки. Обертання головного шпинделя завжди позначають буквою Z . Система координат із позначками рухів, наведена на рис.5.18.

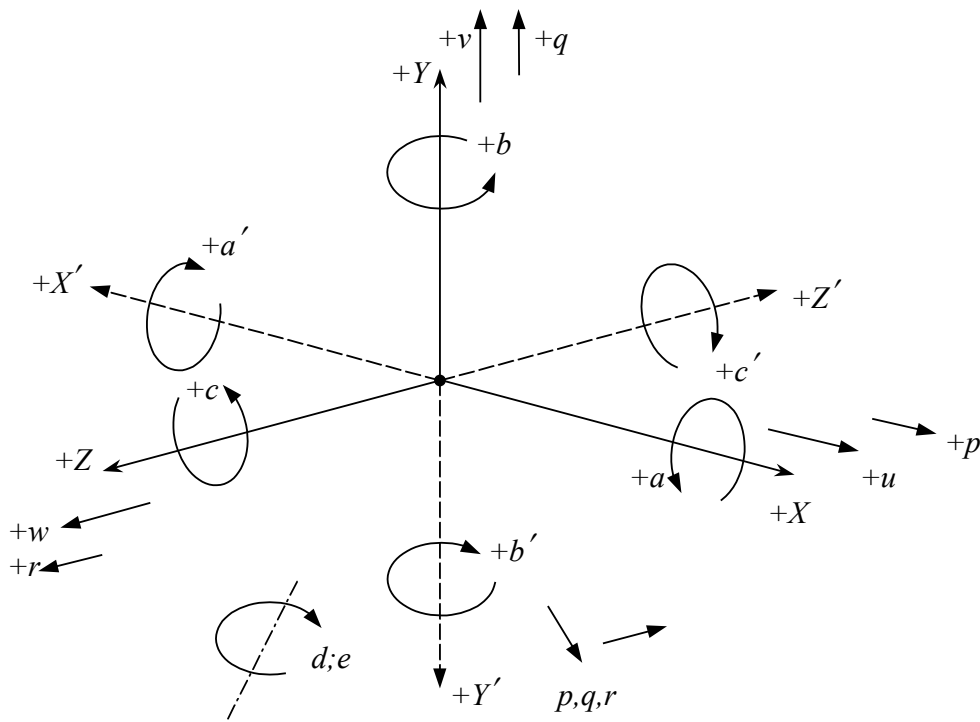


Рисунок 5.18 Схема координатних осей

Правила для складання структурних формул:

1. Рухливі блоки позначають тими самими знаками, якими позначають виконуваний координатний рух.
2. Стаціонарний блок позначають знаком O , чим підкреслюють відсутність руху.
3. Блоки, що виконують формотворчі рухи, позначають великими літерами, а виконуючі настановні та інші допоміжні рухи - малими.
4. Блок, що виконує головний рух різання, може бути позначений $\hat{\ }^{\wedge}$, наприклад \hat{C} або \hat{D} .
5. Позначення записують у порядку розташування блоків, причому позначення кінцевого блоку, що несе ріжучий інструмент, завжди записують крайнім праворуч, а блоку, що несе заготовки, - крайнім зліва.
6. Блоки, що виконують одночасно два рухи, наприклад поступальний і обертальний, записують з косою дробовою рисою (Z / C). Це відноситься і до блоків, що переміщуються під кутом, коли їх рух відбувається одночасно по двох осях координат, наприклад Y і Z , чому відповідає запис Y / Z . Переважний рух записують справа, якщо переміщується інструмент, і зліва, якщо переміщується заготовка.
7. Паралельно – сполучені блоки записують у дужках зі знаками «+»; якщо вони однакові, то замість дужок число блоків записують цифрою перед відповідним позначенням.
8. Положення осі шпинделя (вертикальне або горизонтальне) позначається відповідно v і h при знаку блоку шпинделя.
9. Блок, що має горизонтальну вісь, позначається підкресленням (\underline{Z} або \underline{C}).
10. Якщо вісь шпинделя поворотна, при знаку блоку шпинделя ставиться дробовий індекс v / h .
11. Блоки повороту навколо вертикальної осі та ділильні блоки позначають знаком d , а допоміжні блоки повороту навколо горизонтальної осі – c . Ці знаки можуть мати індекси v та h .

Приклади компоновок верстатів наведено у табл.5.1.

Перша спроба систематизації різноманіття компоновок агрегатних верстатів та автоматичних ліній з критичним розглядом їх технічних та економічних показників зроблено у книзі Х.Гебеля [4]. Запропоновано варіант скороченого позначення компоновок. Як класифікаційні ознаки для позначення компоновок агрегатних верстатів Х.Гебель запропонував використовувати основний напрям подачі (горизонтальний Н, вертикальний V), тип напрямку

подачі (паралельно осі інструменту, перпендикулярно осі інструменту, радіально та перпендикулярно осі інструменту), транспортувальне переміщення заготовок (крокове) безперервне), кількість сторін обробки, траєкторію транспортування заготовок (прямолінійна G, кругова K). На основі можливих комбінацій класифікаційних ознак складено систематизаційну таблицю компоновок (рис.5.19), а також наведено приклади можливих практично важливих (реалізованих) компоновок.

Таблиця 5.1 Приклади компоновок верстатів

Верстат	Структурна формула	Пояснення
Вертикальний косольно- фрезерний	$XYZO\hat{C}_v$	X – стіл, Y – санки, Z – консоль, O – станина, \hat{C}_v – вертикальний шпиндель
Токарний	$COZXbWd$	C – шпиндель, O – станина, Z – поздовжній супорт, X – поперечні санки, b – поворотні санки, W – задня бабка, d – поворотна резцедержавка
Зубодовбальний	$D_v uOX \cdot C / \hat{Z}_v$	D_v – поворотний стіл, u – рух врізання, O – станина, X – горизонтальне переміщення (налагоджувальне) шпindelної головки, C / \hat{Z}_v – штоссель з обертальним та поступальним рухом
Агрегатний з поворотним столом, вертикальною та двома горизонтальним и головками	$d_v O(Z4\hat{C}_v + Y4\hat{B} + X2\hat{A})$	d_v - Поворотний стіл, O - станина, $Z4\hat{C}_v$ – вертикальна головка з 4-ма шпинделями, $Y4\hat{B}$ – горизонтальна головка з 4-ма шпинделями, $X2\hat{A}$ – горизонтальна головка з 2-ма шпинделями

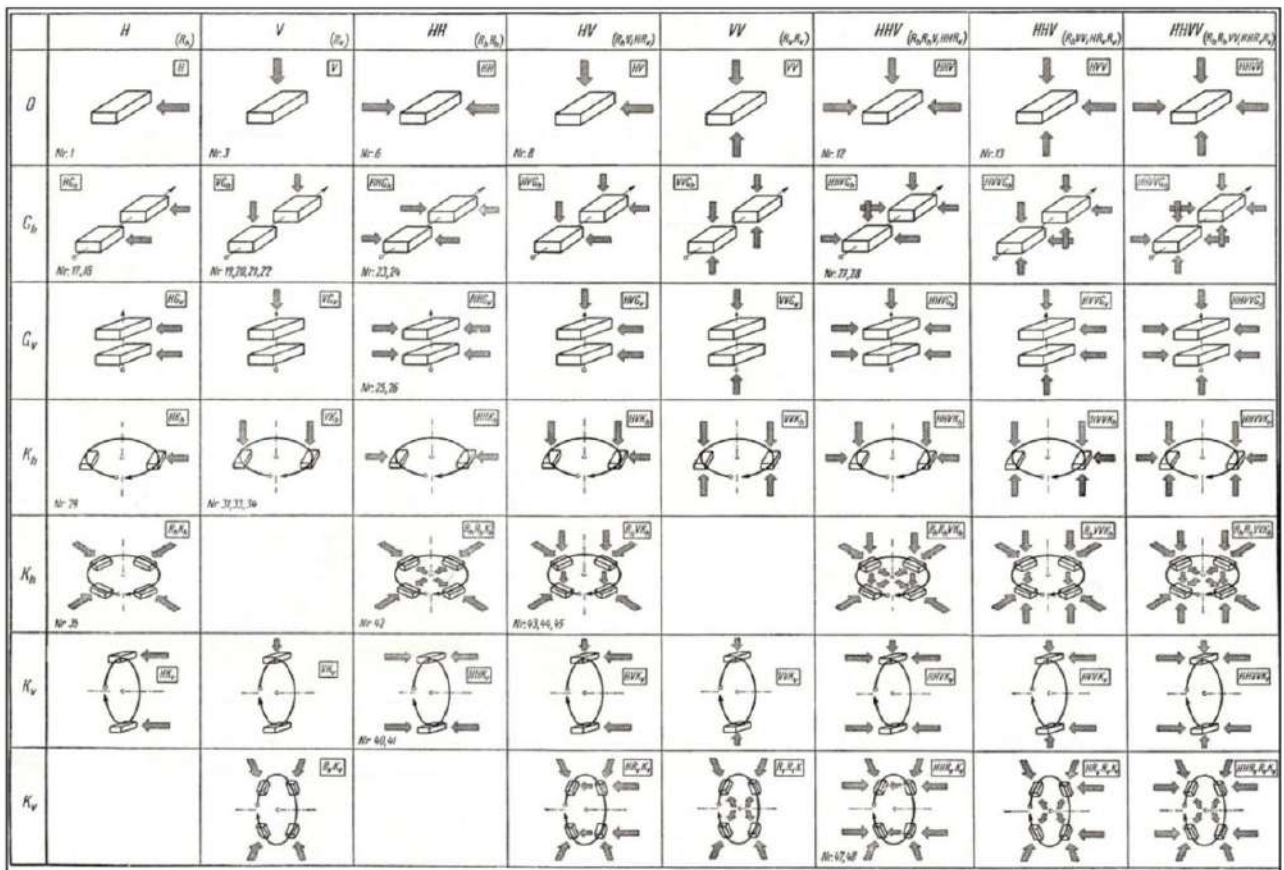


Рисунок 5.19 Компонувальні схеми АВ (за Х.Гебелем)

5.3 Аналіз компоновок агрегатних верстатів останнього покоління

Аналіз досліджень та публікацій, присвячених компоненті сучасних агрегатних верстатів показав, що у промислово розвинених країнах основу високоорганізованих виробництв становить технологічне устаткування, створюване за агрегатно-модульним принципом.

Створенням високопродуктивних багатопозиційних агрегатних верстатів (rotary transfer machines) та автоматичних ліній (transfer line machines) займається ряд провідних верстатобудівних фірм. Лідером у цій галузі промисловості є швейцарська фірма Pfiffner.

Pfiffner - це всесвітньо відомий виробник агрегатних верстатів з поворотним діловим столом, заснованих на агрегатно-модульному принципі. Модельний ряд верстатів серії Hydromat[®] побудований спеціально для середньосерійного, великосерійного та масового виробництва найскладніших металевих деталей. Агрегатні верстати Hydromat[®] можуть виготовляти деталі

як із пруткових та рулонних матеріалів, так і з використанням автоматичної подачі заготовок. Одночасна високоточна обробка деталей на кожній станції забезпечує високу ефективність обладнання.

Кожен верстат Hydromat® спеціально конструюється та налаштовується для обробки конкретного типу деталей. Можливість горизонтальної та вертикальної установки робочих станцій забезпечує можливість виконання найскладніших завдань у найкоротші терміни. Універсальність верстатів Hydromat® забезпечує можливості негайного задоволення постійно зростаючих запитів світового ринку.

На верстатах серії Hydromat® обробка деталей відбувається одночасно на кількох станціях. «Серцем» верстата є поворотно-ділительний стіл, на якому закріплюються деталі, що обробляються. Цанги, кріпильні лещата та спеціальні пристрої можуть використовуватися при виготовленні деталей із прутка діаметром від 3 до 45 мм або для кріплення попередньо оброблених заготовок з максимальними розмірами 100x100x100 мм. До 8 вертикальних шпинделів може бути встановлений на комплекті, що містить від 10 до 16 горизонтальних робочих станцій для поперечної обробки або спеціальних застосувань. Всі операції виконуються одночасно на всіх станціях, що забезпечує винятково короткий час виготовлення кожної деталі.

Свердління, токарна та фрезерна обробка, розгортання та нарізування різьблення – всі ці операції виконуються спеціальними обробними вузлами, розташованими навколо поворотно-ділительного столу. Така конструкція гарантує високоточне виготовлення найскладніших деталей у найкоротший термін. Для забезпечення максимальної універсальності цих процесів фірма Pfiffner розробила систему спеціальних стандартизованих взаємозамінних обробних вузлів (рис.5.20).

Ці взаємозамінні вузли можуть використовуватися на верстатах різних типів, незалежно від їхнього року випуску. У разі необхідності переходу до іншого технологічного процесу, застосування даної системи дозволяє переналагодити або, певною мірою, змінити конструкцію будь-якого верстата серії Hydromat®. Ця унікальна особливість верстатів даної серії робить виробничий цикл максимально гнучким і забезпечує можливість для будь-якої фірми швидко реагувати на запити ринку, що змінюються.

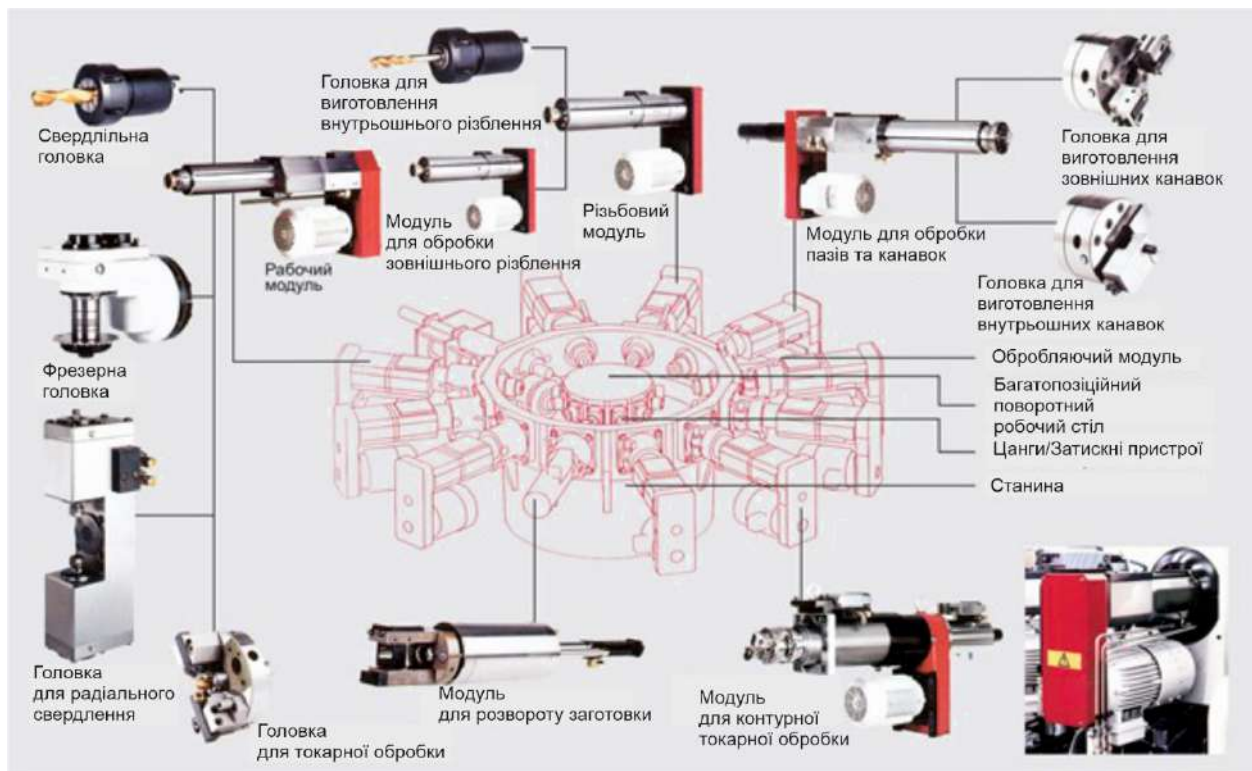


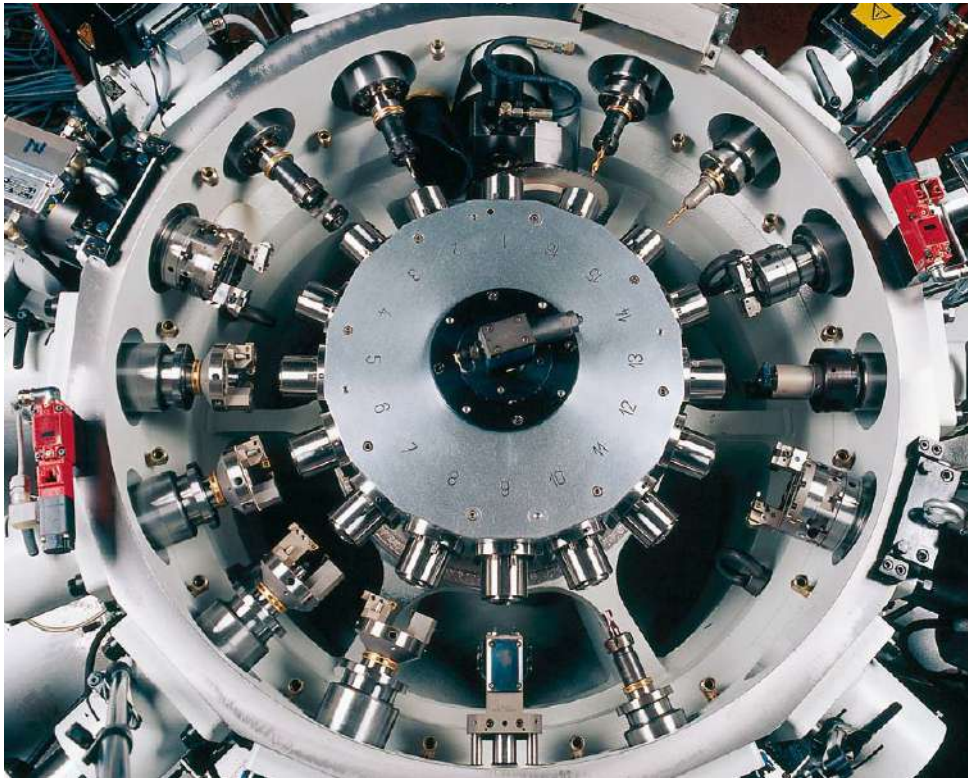
Рисунок 5.20 Обробні вузли, що використовуються фірмою Pfaffner

Флагманом фірми є агрегатний верстат з поворотно-діловим столом НВ 32/16 (рис.5.21).

Цей агрегатний верстат скомпонований на основі агрегатних верстатів, розроблених ще в 50-х роках минулого століття. Х.Гебель у своїй роботі розглядав компонування такого типу (рис.5.22).

Сучасний верстат НВ 32/16 відрізняється від перших прототипів агрегатних верстатів великою кількістю силових вузлів, і компактнішим їх розташуванням на станині, а також набагато меншими габаритними розмірами самого верстата.

Даний верстат призначений для середньосерійного та великосерійного виробництва. Hydromat® НВ 32/16 відрізняється максимально допустимим розміром оброблюваної заготовки, а також кількістю робочих станцій, що встановлюються. При цьому цей верстат має модульне виконання. Таке конструктивне рішення дозволяє уніфікувати робочі станції, керуючі вентилі та інструментальні головки для всіх верстатів серії Hydromat®. Це, у свою чергу, збільшує варіативність виконання обладнання та дозволяє проводити швидко переоснащення верстата.



*Рисунок 5.21 Агрегатний верстат з поворотно-розподільчим столом
Pfiffner Hydromat® HB 32/16*

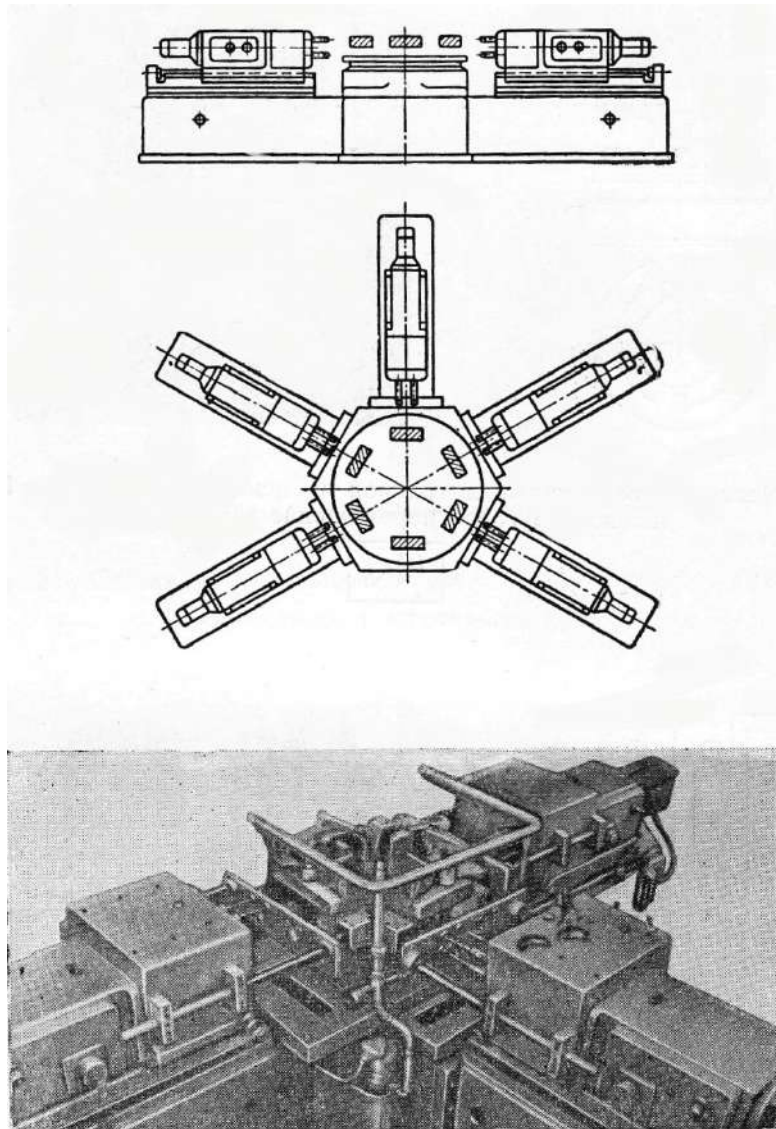


Рисунок 5.22 Перші моделі АВ з радіально розташованими горизонтальними головками та горизонтальним круговим переміщенням заготовок

Компонування агрегатного верстата моделі *НВ 32/16* показано на рисунку 5.23. Всі агрегати цього верстата змонтовані на станині, це пояснюється умовою розташування силових агрегатів щодо поворотного ділильного столу та їх числом. Заготовки обробляють у стандартних одномісних цангових затискачах типу В 45, В 32 або В 32-45 (рис.5.24), які транспортуються за технологічним циклом обробки на поворотно-діловому столі. Поворотно-ділильний стіл шістнадцятипозиційний, що відповідає п'ятнадцяти робочим позиціям та одній завантажувальній, верстат не має додаткового вузла вивантаження, готові деталі автоматично викидаються між першою та останньою станцією без використання додаткової робочої станції. На столі рівномірно може встановлюватися до 16 горизонтальних, також передбачена установка до 8 вертикальних станцій (рис.5.25), залежно від деталі, що

обробляється. Наявність керованого ЧПУ модуля (рис.5.26) з можливістю багатоканальної (багатоконтурної) обробки дає можливість одночасно і незалежно керувати позиціями агрегатного верстата.

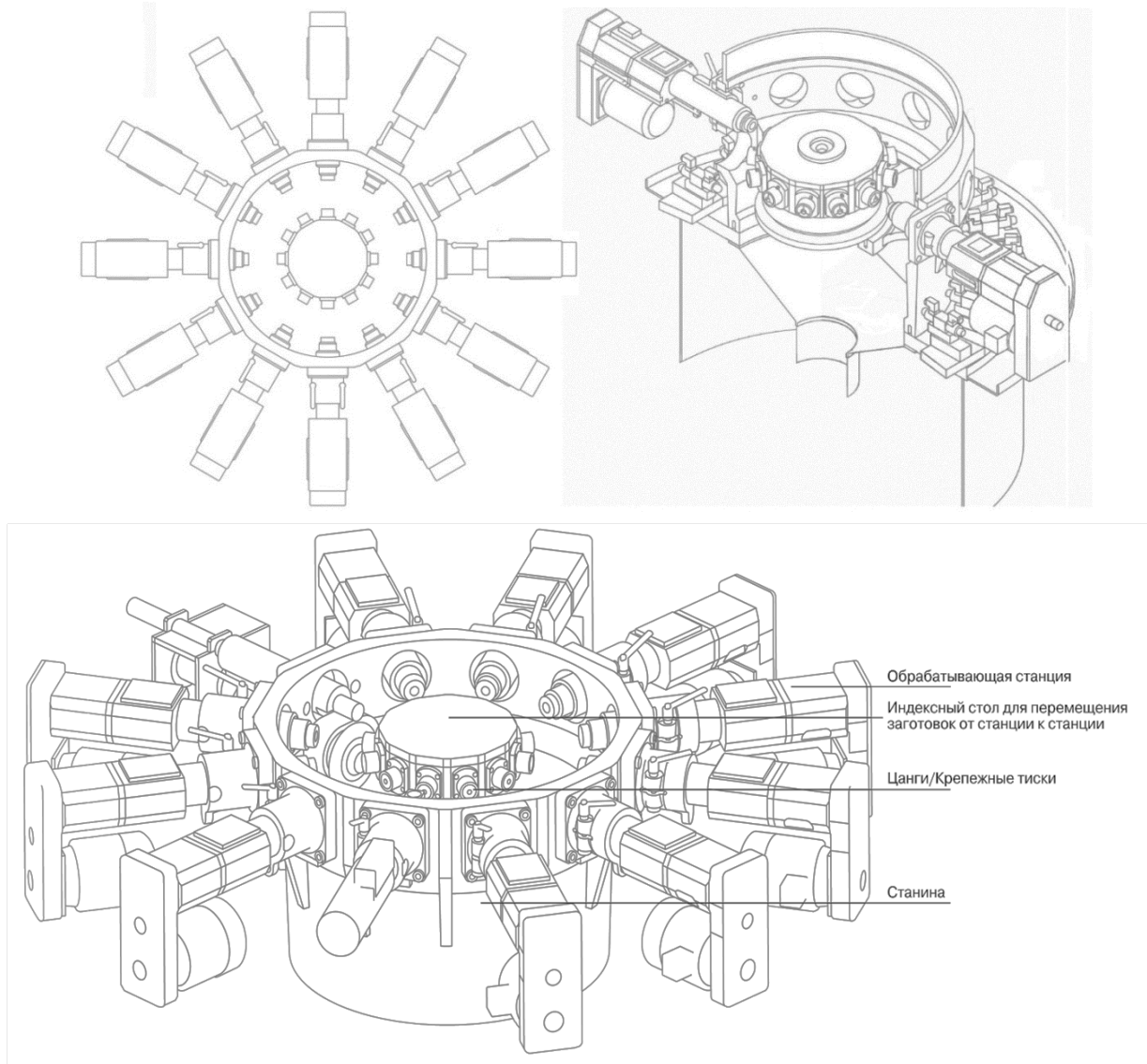


Рисунок 5.23 Компонування агрегатного верстата НВ 32/16



Рисунок 5.24 Поворотно-розподільчий стіл із цанговими затискачами



Рисунок 5.25 Вертикальний супорт для встановлення вертикальних вузлів.



Рисунок 5.26 Модуль контурної токарної обробки для виробництва деталей складних форм

Профільні заготовки та заготовки у вигляді прутка можуть мати діаметр до 45 мм та максимальну довжину 150 мм. Обробка заготовки може виконуватися з двох сторін, спеціальний поворотний вузол витягує заготовку з цангового затиску, повертає її на 180° і повертає цанговий затискач.

Даний верстат має гідравлічну систему управління, яка дозволяє проводити плавне регулювання кожного робочого руху, швидкості подачі заготовки, а також швидкості обробки кожної робочої станції. Як альтернативне рішення на верстаті може бути встановлена електрогідравлічна система управління. В цьому випадку робота обробних станцій регулюється та контролюється за допомогою пульта управління.

Приклад типової послідовності обробки деталі з усіма технологічними переходами наведено на рис.5.27. Технічні характеристики агрегатного верстата Pfiffner Hydromat® НВ 32/16 наведено у табл.5.2.



Рисунок 5.27 Приклад типової послідовності обробки

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики Pfiffner Hydromat® НВ 32/16

Кількість обробат. станцій	16
Кількість обробат. вузлів небокрай. макс. вертик. макс. загальна кількість вузлів	16 8 24
Поворотний стіл індексація швидкість переміщення	16 станційний 0,7 сек.
Цангових затискачів кількість тип макс. діаметр затиску	16 У 32 32 мм
Заготовка макс. довжина заготовки	150 мм
Вага верстата, включаючи завантажувальний магазин для прутка (4 м)	близько 6500 кг
Габарити верстата довжина ширина висота	9,8 м 4,0 м 2,9 м

Ще дві моделі промислових верстатів Pfiffner з поворотним столом серії HS 12 і HS 16 (рис.5.28), що відповідають вимогам середніх та великих виробничих підприємств, знайшли своє місце на світовому ринку АС.

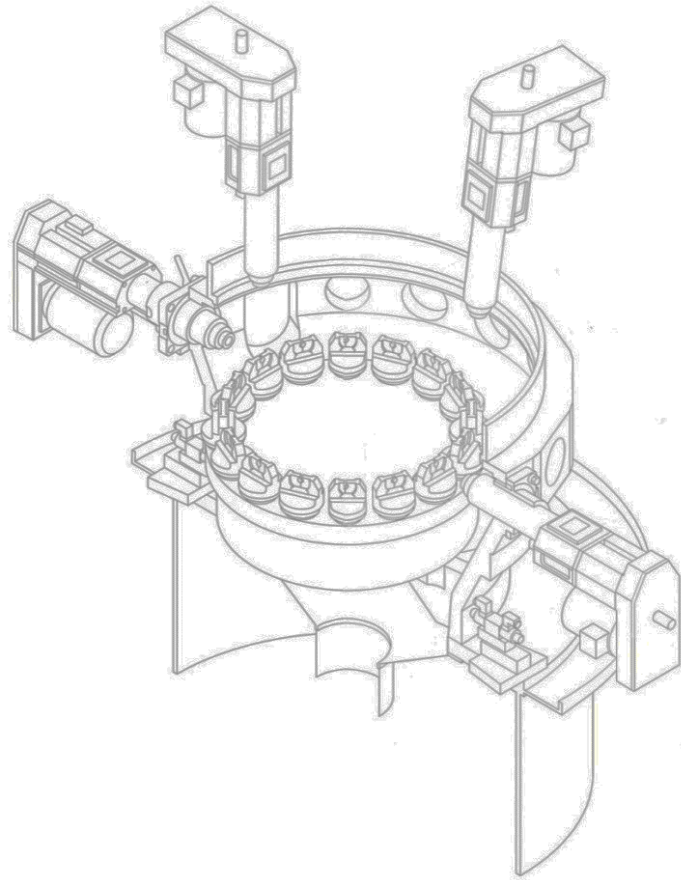


Рисунок 5.28 Компонування грегатного верстата з поворотно-розподільчим столом Pfiffner серії Hydromat[®] HS

На відміну від інших верстатів з поворотним столом серії Hydromat[®] моделі HS оснащені додатковими затискними патронами, що обертаються. 12 або 16 затискних патронів, яким можуть бути присвоєні будь-яка індексація та напрямок обертання, дозволяють проводити обробку деталі з 5 сторін, не перезакріплюючи її.

Верстати серії Hydromat^{HS} 12 можуть бути оснащені в максимальній комплектації 12 горизонтальними та 6 вертикальними робочими станціями. Верстати серії HS 16 дозволяють встановлювати до 16 горизонтальних та 8 вертикальних станцій.

Агрегатно-модульний принцип, що реалізується у конструкції всіх верстатів серії Hydromat[®], знайшов своє застосування і в даних моделях. Універсальність вузлів дозволяє легко модернізувати обладнання. Затискні патрони, що гідравлічно керуються, підбираються індивідуально для оброблюваної заготовки. Сила затиску плавно регулюється за допомогою гідравлічної системи керування. Завдяки цьому верстат може обробляти як заготовки кубічної форми з довжиною до 100 мм, так і заготовки у вигляді прутка діаметром до 45 мм і макс. довжиною 200 мм.

Як і у всіх інших верстатів серії Hydromat[®], дані моделі дозволяють проводити за допомогою гідравлічної системи управління плавне регулювання кожного руху, швидкості подачі заготовки, а також швидкості обробки для кожної робочої станції. У верстатах, обладнаних електрогідравлічною системою управління, робота обробних станцій регулюється та контролюється за допомогою пульта управління. Різноманітні варіанти налаштувань та комплектації верстатів серії Hydromat[®] дозволяють швидко та без значних витрат проводити переналадження обладнання, адаптуючи його до нових виробничих завдань. Х.Гебель у своїй роботі також передбачив варіант такого компонування (рис.2.29)

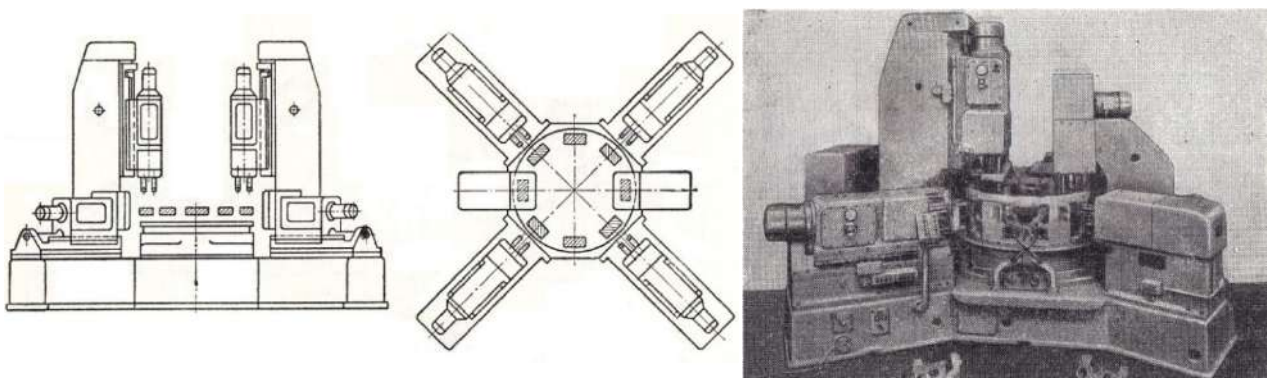


Рисунок 5.29 Модель АС з вертикальними та радіально розташованими горизонтальними головками навколо поворотно-ділительного столу

Технічні характеристики агрегатного верстата Pfiffner Hydromat® HS12 та HS16 наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики Pfiffner Hydromat® HS12 та HS16

	HS 12	HS 16
Кількість обробл. станцій	12	16
Кількість обробл. вузлів		
небокрай. макс.	12	16
вертик. макс.	6	8
загальна кількість вузлів	18	24
Поворотний стіл		
індексація	12-ти станційний	16-ти станційний
швидкість переміщення	1,0 сек.	1,0 сек.
Гідравлічні		
цангові затискачі		
кількість	12	16
Заготовка кубічної		
форми		
макс. довжина сторони	120 мм	100 мм
Пруткова заготовка		
макс. діаметр прутка	45 мм	45 мм
макс. довжина заготовки	200 мм	150 мм
Вага верстата	близько 8000 кг	близько 8500 кг
Габарити верстата		
довжина		5,7 м
ширина		4,0 м
висота		2,9 м

Іншим відомим виробником АС є швейцарська компанія ALMAC SA. Верстати цієї фірми призначені для обробки дрібних та мікро-деталей. ALMAC MCT 644 – це агрегатний верстат з поворотним столом та змінними палетами, призначений для високоточної швидкісної обробки. Верстат має від 24 до 26 ступенів рухливості і замінює сім звичайних вертикальних обробних центрів. На останній робочій станції знаходиться вимірювальний прилад для контролю якості виробу.

Компонування MCT 644 показано на рис.5.30, як і у випадку Pfiffner Hydromat^{HS} 12 і HS 16, вона подібна до перших АС побудованих у 50 роках ХХ століття.

MCT 644 - має не тільки високу продуктивність, характерну для агрегатних верстатів, але і «гнучкістю» (можливістю переналадження).

Кожна з 7 робочих станцій оснащена окремим програмуванням, здатна виконувати кілька операцій і повністю автоматизована. На додаток до виробничої гнучкості та адаптивності, верстати надійні та стабільні. Зварна конструкція верстатів виконана на чавунній станині, що несе навантаження, вона забезпечує достатню масу для високої стійкості і високу якість обробки деталей.

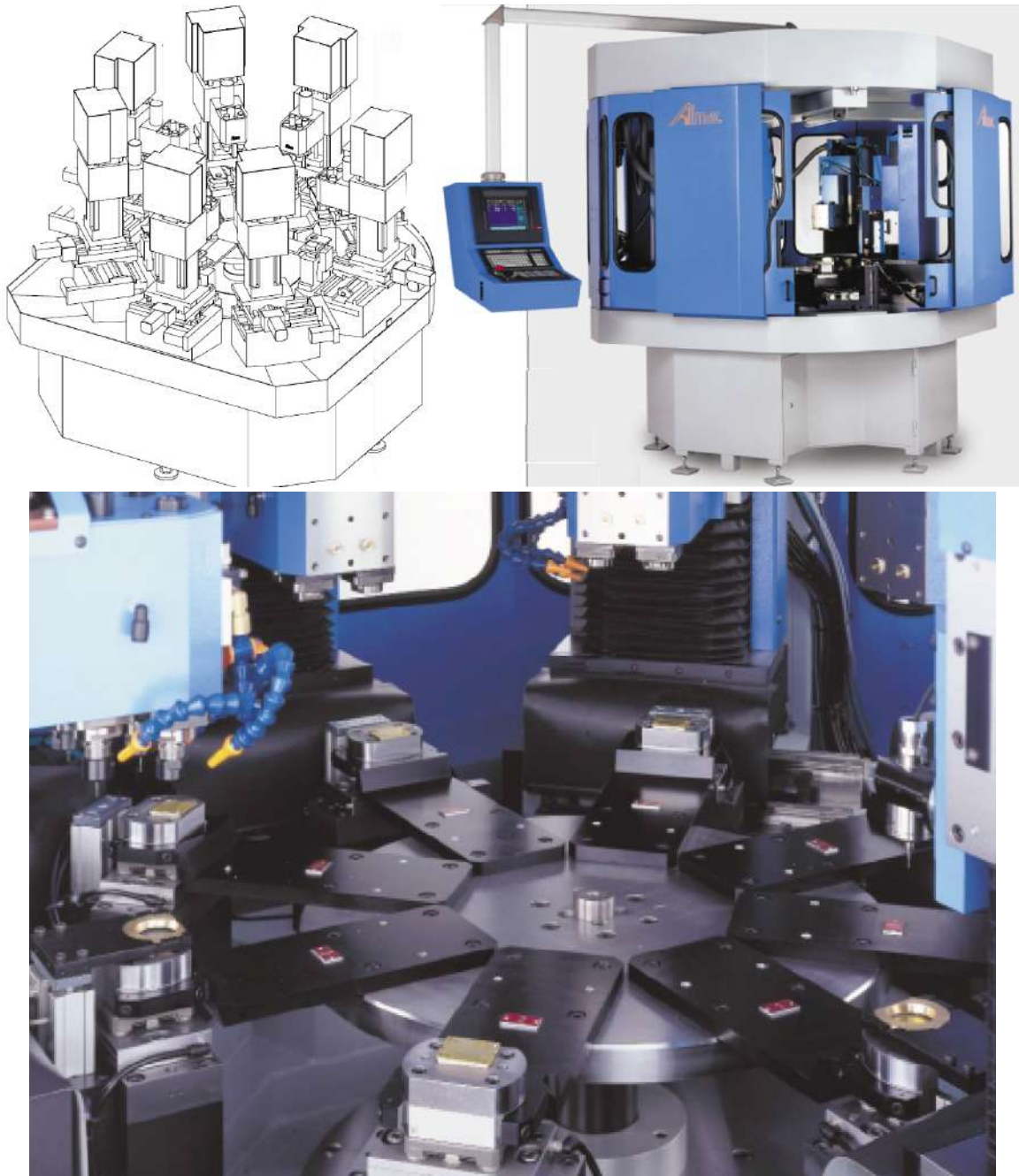


Рисунок 5.30 Компонування а грегатного верстата з поворотно-розподільчим столом ALMAC MCT 644

Оброблювані деталі можуть встановлюватися вручну, а також за допомогою робота автоматичного завантаження, який може бути зовні або інтегруватися в базову конфігурацію. Це дозволяє виконувати обробку цілодобово та дає можливість працювати автономно та незалежно. Вся система знаходиться під постійним контролем та управлінням ЧПУ та вимірювальних пристроїв.

МСТ 644 оснащений X і Y санками, встановленими на лінійних рейках. Вертикальна вісь кожної робочої станції, виготовлена з твердого чавуну, де прямокутні втулки направляються вздовж 4 рейок. Поворотно-розподільчий стіл наводиться в рух за допомогою асинхронного безщіткового двигуна з цифровим зворотним зв'язком. X, Y і Z осі забезпечені оптичними шкалами Heidenhain, які здатні зчитувати до однієї десятої мікрона. Сьома робоча станція, призначена для моніторингу та вимірювань, вона оснащена динамічними датчиками Renishaw, які працюють як автоматична корекція та виявлення поломки інструменту системи. Спеціалізоване обладнання та загальний дизайн МСТ 644 забезпечують максимальні можливості обробки. На кожну робочу станцію механічної обробки може бути встановлене до чотирьох вертикальних шпинделів, тоді як 5 і 6 робоча станція може бути оснащена вертикальним і горизонтальним шпинделями (2+2). Це дає МСТ 644 в цілому 24 шпинделя (28, якщо вимірювальна станція буде замінена на додаткову робочу станцію), і 24 осі - або 26 якщо є завантажувально-розвантажувальний пристрій. Завантажувально-розвантажувальний пристрій оснащений пристроєм для очищення від стружки.

Технічні характеристики АВ МСТ 644 наведено у таблиці 5.4.

Тайванська фірма WE FUN INDUSTRIAL CO., LTD. на своєму веб-сайті <http://www.we-fun.com> пропонує агрегатний верстат з поворотно-діловим столом моделі WF 32/12 (рис.5.31). Цей верстат здатний обробляти широкий діапазон пневматичних та гідравлічних з'єднань та відповідні частини із пруткового металу. Середній час, витрачений одну операцію, становить приблизно шість секунд.

Таблиця 5.4 – Технічні характеристики АВ ALMAC MCT 644

Переміщення X Y Z	150 мм 120 мм 230 мм
Подання швидкість подачі швидка подача точність	від 0 до 12 000 мм/хв 40 м/хв 0.0001 мм
Системи приводу двигун система упр. з обр. зв'язком кульова опора	асинхронний двигун цифровий Ø 20 x 10 мм
Піддони плаваючий системи передачі час передачі	тип 3R (601-7.P) поворотний кулачок 2 сек
Стандартний шпиндель швидкість кількість та параметри механічна енергія державка інструменту макс. діаметр затиску	від 1000 до 20 000 хв ⁻¹ станції 1-4: вертикальна (4х) станції 5 та 6 вертикальна (4х) або вертикально-горизонтальна (2/2) 0.8/1.9 кВт ISO 10 біконічні цанги ESX 16 10 мм
Жорстке нарізання різьблення	на 3 робочих станціях
Вимірювальний пристрій 7 робоча станція	датчик Renishaw Ø 0,2 мм
Бак з охолоджувальною рідиною Об`єм витрата фільтрація	300 л 40 л/хв 35 µm
Регулювання температури потужність	1300 Вт при температурі +3 °С
Цифрове керування потужність встановленого двигуна напруга пневматичний тиск	15 кВт 3 x 400 В, 50 Гц 6 бар
Вага верстата машина + блок керування	5000 кг
Розміри машини довжина ширина висота	2480 мм 3300 мм 2400 мм
Розміри блоку керування довжина ширина висота	2000 мм 1000 мм 2000 мм

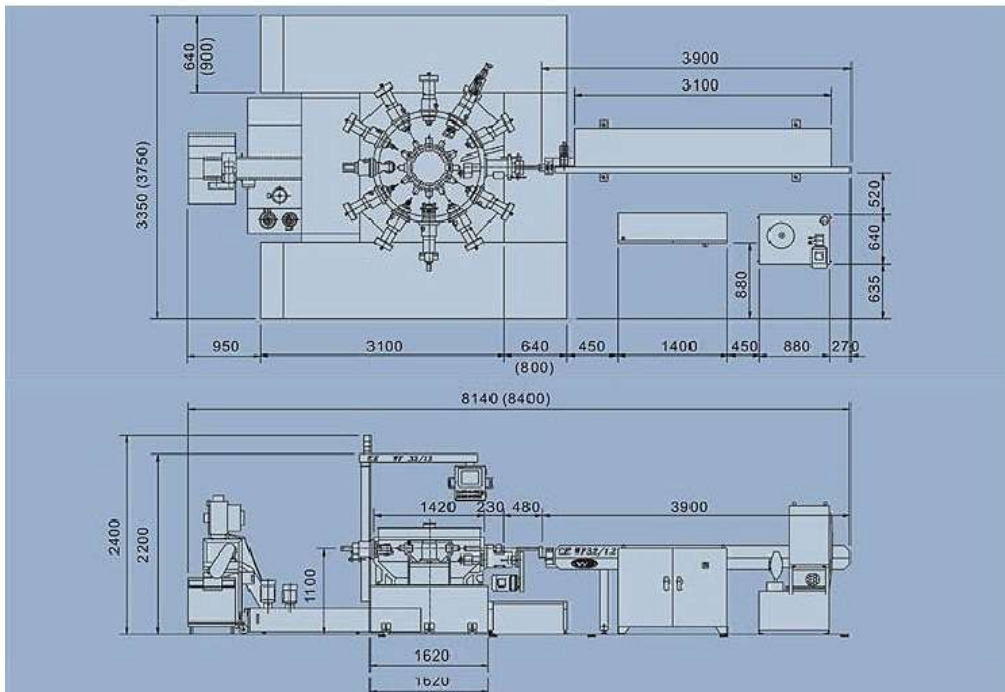
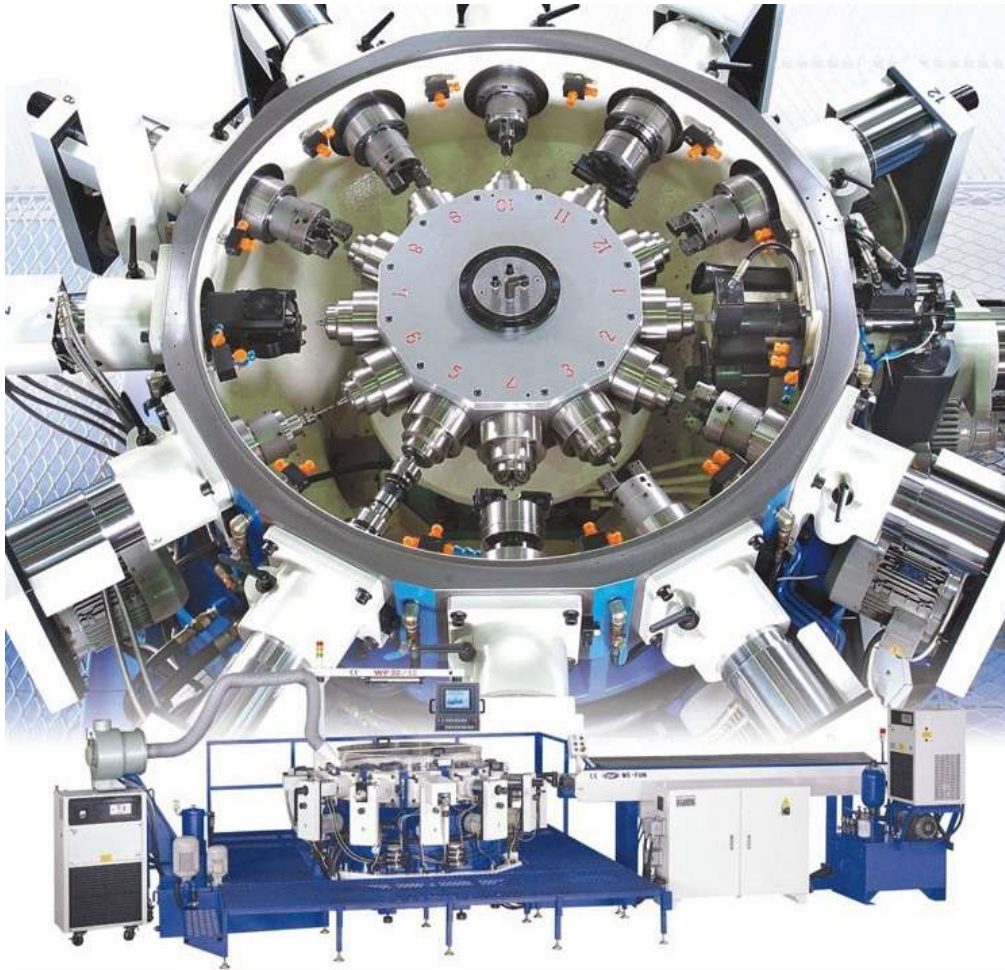


Рисунок 5.31 – Компонування АВ з поворотним столом WF 32/12

Завдяки великій виробничій потужності обробка деталей здійснюється за один прохід, що економить час, енергію та трудомісткість. WF 32/12 підходить

для обробки різних матеріалів: мідь, алюміній, нержавіюча сталь та ін. Заготовка довжиною до 3 метрів може подаватися автоматично. Перевагою даного металорізального верстата є обробка деталей на підвищених швидкостях, надійність, простота експлуатації та обслуговування.

Верстат, залежно від оброблюваної деталі, може бути оснащений 10, 12 або 16 робочими горизонтальними станціями, які змонтовані на стані круглої форми. Агрегатний верстат WF 32/12 призначений для виконання механічних операцій: свердління, точення, фрезерування, нарізування різьблення, розточування, довбання і т.д. Поворотно-ділительний стіл може мати від 10 до 16 позицій, що відповідає кількості робочих станцій. Заготовка у вигляді прутка подається на першу робочу позицію по конвеєру транспорту, де відбувається операція відрізання, після чого вона транспортується по технологічному циклу на планшайбі поворотно-ділительного столу. За повний оберт столу знімається готова деталь. Верстат не має додаткового вузла вивантаження, готова деталь викидається між першою та останньою робочими станціями, що дозволяє заощадити на одній робочій позиції.

Верстат оснащений сучасною системою ЧПУ, що дозволяє легко програмувати кожну робочу позицію під конкретну операцію.

Розміри та технічні параметри агрегатного верстата WF 32/12 наведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5. 5 Технічні характеристики АВ WF 32/12

Максимальний діаметр заготовки Ø	32 мм 27 мм 22 мм
Максимальна довжина готової деталі	80 мм
Матеріал заготовки	Латунь, сталь, алюміній та нержавіюча сталь.
Бак охолоджувальної рідини швидкість двигун	800 л / хв 5 л.с. (7 $\frac{1}{2}$ HP)
Подачі дроту, довжина	до 3000 мм
Гідромотор	(7 $\frac{1}{2}$ HP)
Двигун шпинделя	2HP × 4P × 10
Потужність серводвигуна	1.5 кВт
Швидкість обертання шпинделя	100 ~ 5000 об/хв
Джерело живлення	35 л.с.
Розміри машини довжина ширина висота	8400 мм 3350 мм 2200 мм
Вага верстата	6500 кг

Італійська фірма IMTT (Italian Machine Tools Technologies) на своєму веб-сайті <http://www.imasgroup.it> представляє сучасний верстат IMASFLEX 150. IMASFLEX 150 (рис.5.32) – агрегатний верстат з горизонтальним поворотно-діловим столом оснащений 10-ма позиціями, де до 9-ти з них можуть бути обладнані двома трьохкоординатними обробними вузлами з ЧПУ, з одним горизонтальним та іншими вертикальними шпинделями. Десята позиція використовується для завантаження та розвантаження заготовок. Вузли можуть використовувати різні види робочих головок, залежно від операції, частота обертання шпинделя може досягати від 15000 до 40000 об/хв завдяки використанню високочастотних двигунів. Отже, у повній конфігурації верстат оснащений 18 вузлами з 3 незалежними осями з ЧПУ та 18 шпинделями, які можуть працювати одночасно. Затискний пристрій для заготівель фіксується на супутнику, керованому приводом з ЧПУ, який може не тільки повертатися, а й обертатися, так що 9 позицій можуть діяти як токарний верстат. Максимальний хід осей дозволяє обробляти заготовки, габарити яких вписуються в паралелепіпед 130x150x130 мм.

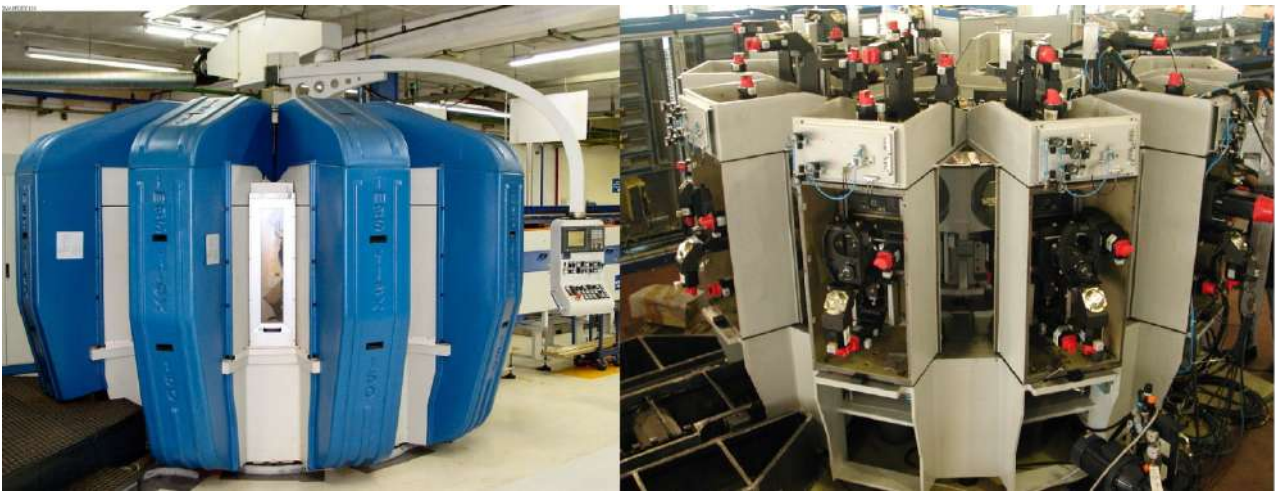


Рисунок 5.32 – Компонування АВ з поворотним столом IMASFLEX 150

Верстат може бути легко і повністю інтегрований з обладнанням подачі прутка (рис.5.33), яке оснащено керованою системою ЧПУ відрізною позицією, для легкого регулювання довжини прутка, що відрізається. Коли деталі потребують обробки за 2 установи, то IMASFLEX 150 може бути доданий етап позациклової обробки. Зовнішній вузол може бути нерухомим або поворотним; він керується тією ж стежить і програмною системою і повністю інтегрований з основною стадією.



Рисунок 5.33 АВ повністю інтегрований з обладнанням подачі дроту

Верстат скомпонований так, що відстань між двома суміжними обробними вузлами забезпечує оператору легкий доступ до шпинделя для зміни інструменту або затискного пристосування при зміні виробництва. Область обробки повністю ізольована, гарантуючи захист довкілля та тривалий термін служби вузлів верстата. Будь-яке втручання в роботу вузлів верстата для технічного обслуговування може бути виконане із зовнішнього боку простим видаленням маленьких та легких перегородок.

Іншою моделлю цієї ж фірми є IMASFLEX 300 (рис.5.34) - агрегатний верстат, на якому може бути обладнано до 10 позицій, перша з яких призначена для завантаження та розвантаження заготовок, а інші можуть бути оснащені вертикальними вузлами з ЧПУ.

Компонування IMASFLEX 300 не є оригінальним, Х.Гебель у своїй роботі передбачив можливість побудови таких верстатів і навів приклад перших верстатів такої конструкції (рис.5.35).

Деталі рухаються від позиції до позиції через високоточний горизонтальний поворотний стіл, що обертається за допомогою двигуна з програмним управлінням.



Рисунок 5.34 Компонування АВ із поворотним столом IMASFLEX 300

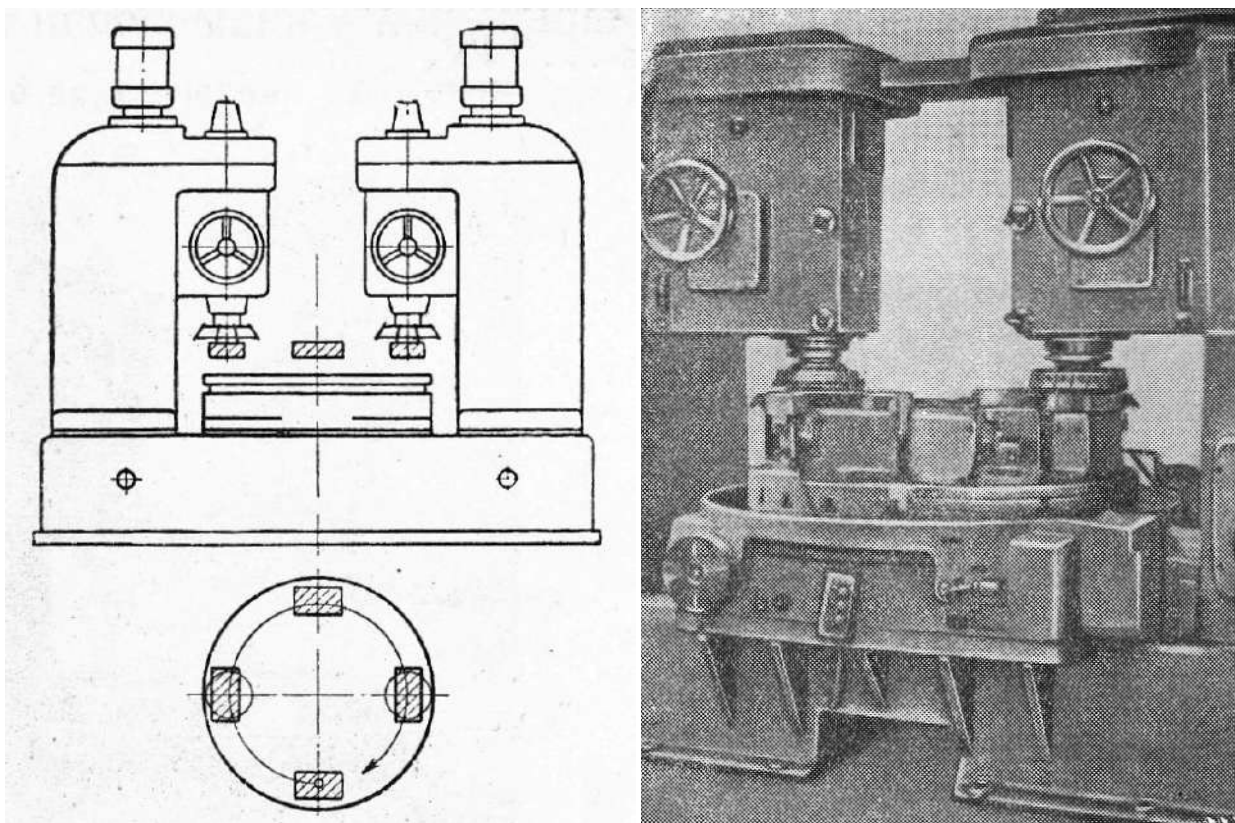


Рисунок 5.35 АВ з кількома вертикальними головками та горизонтальним круговим переміщенням заготовок

Стіл обладнаний поворотними супутниками; кожен супутник фіксує затискний пристрій і може мати виняткові характеристики, такі як, плавне регулювання сили затиску через програму обробки деталей. Кожен супутник може повертатися на 360° навколо горизонтальної осі з кроком до 1 градуса, що

дозволяє таким чином обробляти 5 сторін деталі на кожній позиції. Поворот супутника здійснюється за допомогою двигуна з програмним керуванням, як опція, доступний плавний поворот. Завдяки особливостям проектування обертання супутника здійснюється під час повороту столу, дозволяючи скоротити суттєвий час. Програмно керований двигун дозволяє супутникові робити дуже швидкий поворот без обмежень у кількості поворотів.

Поворотний стіл, обробні вузли та револьверні головки IMASFLEX 300 виготовлені з якісного чавуну для отримання високої жорсткості та вібраційної стійкості. Санки на осях X, Y та Z оснащені оптичною шкалою для точності позиціонування. При всіх обертальних рухах (стіл, супутники, револьверні головки) використовуються триступінчасті шестерні Hirth, які поєднують великі швидкості обертання та незначне зношування з позиційною повторюваністю, типовою для з'єднання Hirth.

Кожен обробний вузол оснащений шестишпindelною головкою револьверної (рис.5.36), спроектованої IMAS. Інша важлива особливість IMASFLEX 300 – це розпізнавання супутника за допомогою програмного забезпечення, яке дозволяє кожному вузлу розпізнавати яке затискне пристосування знаходиться перед ним у будь-який час циклу, це дозволяє суттєво скоротити час, і, відповідно, збільшити продуктивність, а також автоматично регулювати відхилення різних вузлів.

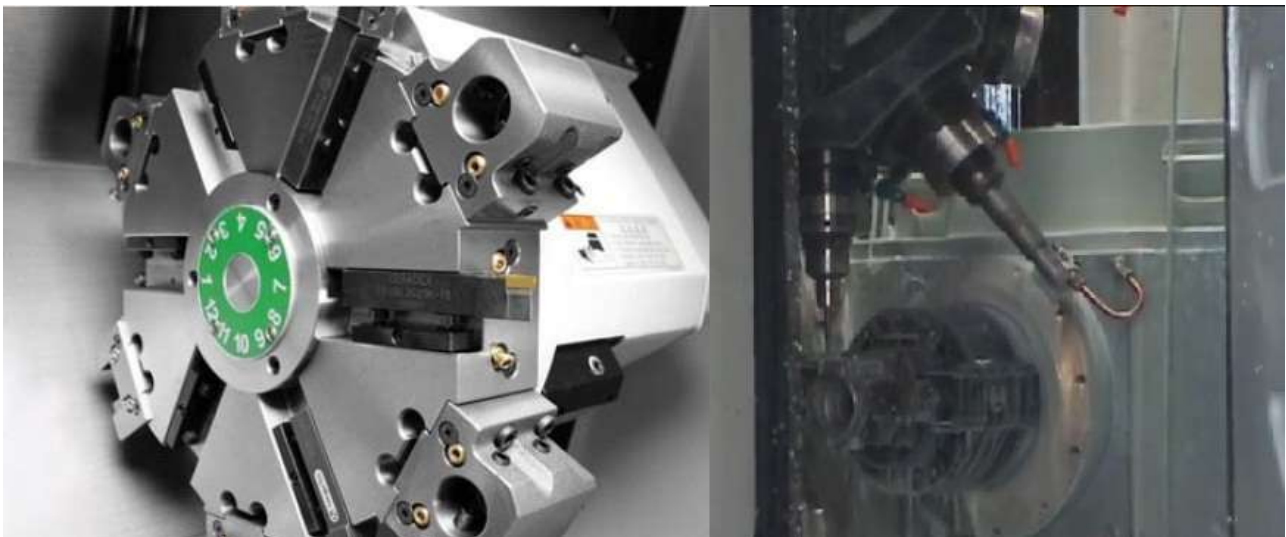


Рисунок 5.36 Шестишпindelна револьверна головка фірми IMAS

Всі верстати IMASFLEX обладнані потужними та гнучкими системами керування Fanuc 16 iMB та пакетом програмного забезпечення GO!. Верстат

обладнаний замкнутою системою циркуляції СОТС, що включає двоступінчасту фільтрацію та секцію високого тиску для внутрішнього охолодження; звукоізолюючим покриттям, витяжкою випарів, системою фільтрації та спеціальною платформою для запобігання ковзанню, це гарантує кращу ергономіку та дотримання умов з охорони навколишнього середовища.

Ще одним виробником агрегатних верстатів із поворотним столом є німецька фірма Variomatic, на своєму сайті <http://www.variomatic.de> вони представляють агрегатний верстат RTC600.

Variomatic RTC600 (рис.5.37) був спеціально розроблений для масового виробництва деталей в електротехнічній, будівельній (замки, кріплення та різні фітинги), апаратно-приладобудівної та автомобільної промисловості. RTC600 має агрегатно-модульну конструкцію, тому верстат легко переналагоджується, і без особливих зусиль може бути адаптований до необхідних операцій механічної обробки.



Рисунок 5.37 агрегатний верстат з поворотним столом Variomatic RTC600

На ньому можна виконувати операції: свердління, різьблення, точення, протягування, розгортання, зенкування, поворот деталі, видалення задирок, шліфування, зняття фасок і т.д. Компонування цього верстата показано на рис.5.38.

затискні механізми (рис.5.39), керування якими здійснюється від гідроциліндрів для затиску деталей, які живляться від малопотужної гідростанції. Поворотно-ділительний стіл дванадцятипозиційний, що відповідає одинадцяти робочим позиціям та одній завантажувально-розвантажувальній позиції, він встановлений у центрі багатопозиційного верстата. Силкові агрегати, залежно від оброблюваної деталі, можуть бути горизонтальними, вертикальними та встановленими під будь-яким кутом до оброблюваної деталі, причому конструкцією передбачена можливість встановлення одночасно кількох силових агрегатів на одну робочу позицію, наприклад, одночасно горизонтальну і вертикальну головку.

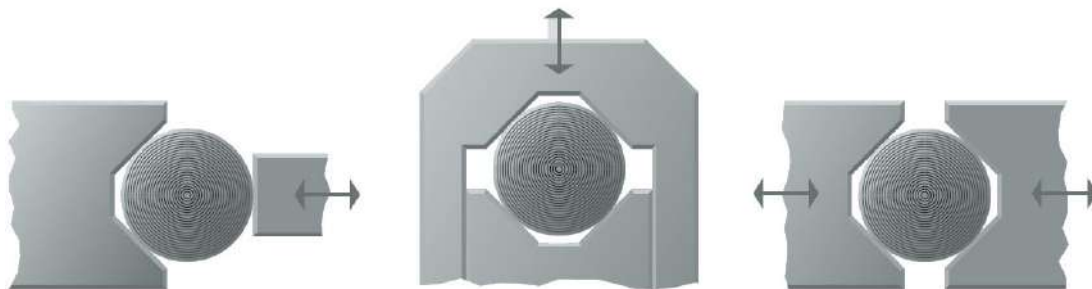


Рисунок 5.39 Двокулачковий затискний механізм

На одній із робочих станцій встановлено спеціальний поворотний вузол, який витягує заготовку із затискного пристрою, повертає її на 180° і повертає у затискний пристрій. Це уможливує за повний оборот планшайби поворотно-ділительного столу зняти готову деталь.

Основними частинами цього АВ є силкові агрегати, що мають індивідуальний привід. Силкові головки мають електромеханічний, так і гідравлічний привід. Ці вузли мають дуже малі габаритні розміри, що забезпечують високу точність, і до того ж мають властивість швидкої переналадження. Поворотно-ділительний стіл приводиться в дію за допомогою централізованого електромеханічного приводу.

Для забезпечення високої продуктивності (в середньому 360 дет/год) даний верстат обладнаний завантажувально-розвантажувальним пристроєм. Також є можливість установки подачі пруткового матеріалу в зону різання, тоді заготовка у вигляді прутка подається на першу робочу позицію по транспортувальному конвеєру, де відбувається операція відрізання, після чого вона транспортується по технологічному циклу на планшайбі поворотно-розподільчого столу. Готова деталь у цьому випадку викидається у спеціальний лоток між першою та останньою позицією.

Технічні характеристики АВ Variomatic RTC600 наведено у табл.5.6.

Таблиця 5.6 Технічні характеристики АВ Variomatic RTC600

Кількість обробл. станцій	від 6 до 12
Кількість обробл. вузлів	
небокрай. макс.	11
вертик. макс.	11
загальна кількість вузлів	22
Поворотний стіл індексація швидкість переміщення	12-ти станційний 0,6 сек.
Гідравлічні двокулачкові затискачі кількість	12
Заготовка кубічної форми макс. довжина сторони	100 мм
Пруткова заготовка макс. діаметр прутка макс. довжина заготовки	80 мм 200 мм
Вага верстата	близько 9000 кг
Габарити верстата довжина ширина висота	9200 6425 2930
Матеріал заготовки	Латунь, сталь, алюміній та нержавіюча сталь.

Італійська фірма VIGNOTTO, яка спеціалізується на випуску сучасних агрегатних технологічних систем та іншого спеціального металообробного обладнання на своєму сайті <http://www.vignotto.it> представляє високопродуктивні агрегатні верстати з горизонтальним та вертикальним переміщенням заготовок. Верстати головним чином призначені для масового виробництва гідро- та пневмоз'єднань, різних клапанів, фітингів та автомобільних запчастин.

Металорізальний верстат моделі V111 показаний на рис.5.40, цей агрегатний верстат є малогабаритним, і призначений для таких операцій як: свердління, точення та різьбонарізування.

Усі агрегати цього верстата змонтовані на квадратній станині, що має розмір 1500x1500 мм. У центрі АТСМ розташований поворотно-ділильний стіл із вертикальною віссю обертання. Стіл чотирьохпозиційний, 3 робочі позиції та одна завантажувальна, крутний момент на стіл від безщіткового серводвигуна передається за допомогою зубчастої передачі.

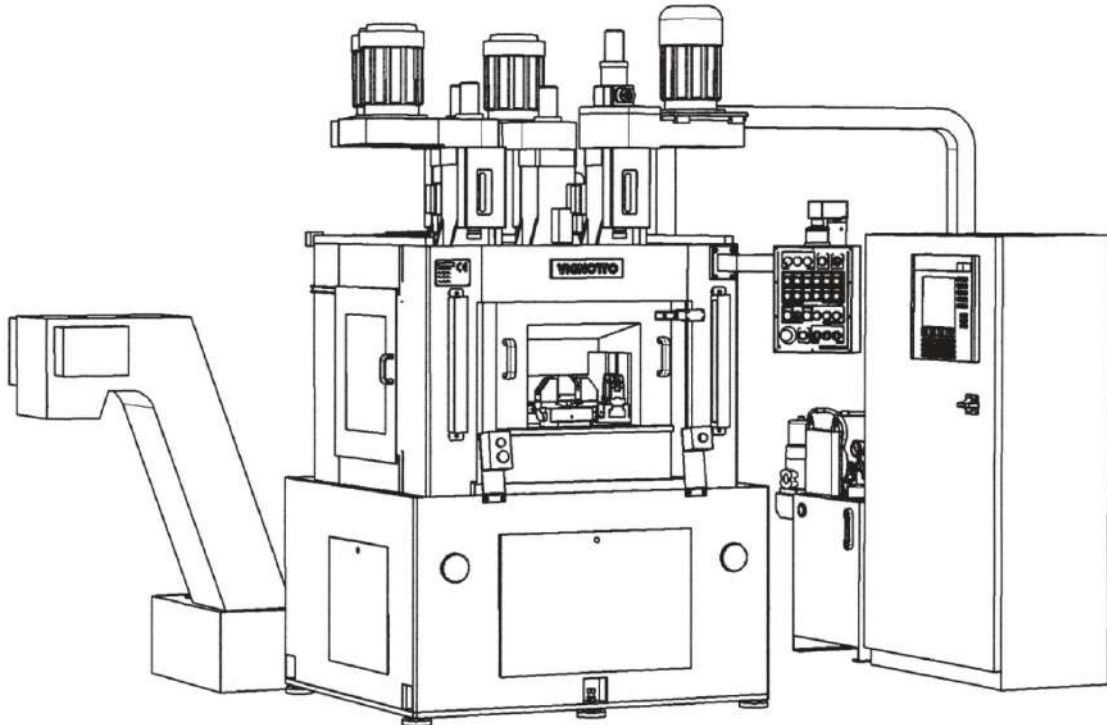
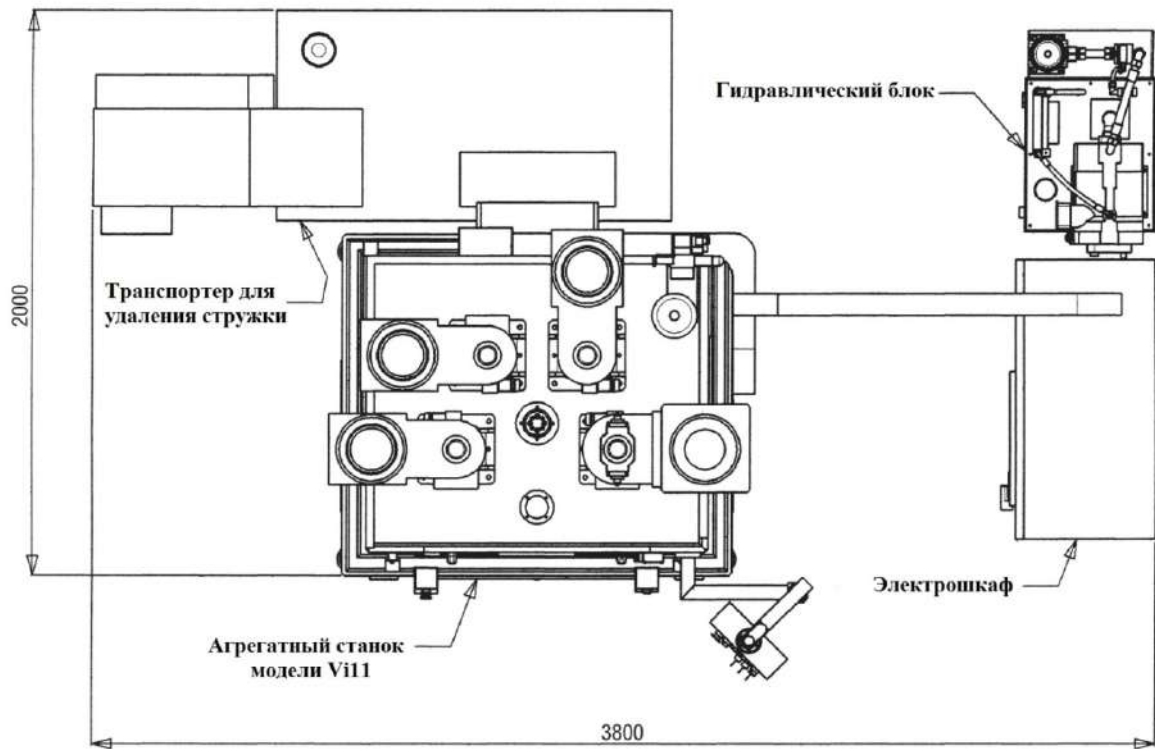


Рисунок 5.40 Компонування агрегатного верстата з поворотним столом VIGNOTTO Vi11

Для завантаження заготовок використовується робот-маніпулятор, готова деталь при розтисканні затискного пристрою випадає на конвеєр транспортування, після чого вона транспортується в лоток або візок для готових деталей. Заготовка затискається в гідравлічному одномісному патроні, що самоцентрується, який живиться від малопотужної гідростанції. Усі обробні вузли встановлені вертикально. Поруч зі верстатом встановлюється електрошафа і гідравлічна система, верстат також оснащується транспортером для видалення стружки.

Технічні характеристики агрегатного верстата VIGNOTTO Vi11 наведено у табл.5.7.

Таблиця 5.7 – Технічні характеристики АВ VIGNOTTO Vi11

Станіна	квадратної форми, зварна конструкція
Кількість обробних станцій	4
Поворотний стіл вісь кількість позицій двигун приводу вид передачі час повороту столу	вертикальна 4 безщітковий серводвигун з високоточним редуктором HIRTH зубчаста передача з точністю $0,3^0$ 0,6-0,8с (залежно від маси заготовки)
Затискний пристрій тип макс. діаметр затиску регулювання сили стиснення	одномісний патрон, що самоцентрується, виготовлений із загартованої сталі. 26 мм регулятор тиску незалежно на кожному патроні
Гідравлічна станція ємність масляного бака типу насоса	120 л поршневий насос з регульованою потужністю
Система ЧПУ тип серводвигуни/приводи ПК/дисплей	BECKHOFF Danaher Motion промислових ПК компанії BECKHOFF
Кількість встановлюваних ЧПУ модулів	3
Стандартний шпиндель тип діаметр корпусу номінальний хід пінолі привід потужність двигуна швидкість обертання шпинделя	F95-40 95 мм 135 мм асинхронний векторний привід до 7,5 кВт 4 фіксовані швидкості або плавне регулювання
Габарити верстата довжина ширина висота	3800 мм 2000 мм 2000 мм

Іншою моделлю АВ фірми VIGNOTTO є Vi03, це агрегатний верстат з поворотним барабаном, призначений для масового виробництва нетрудомістких деталей. Його продуктивність може досягати до 2000 деталей на годину. Х.Гебель у своїй роботі розглядав компоновання такого типу (рис.5.41).

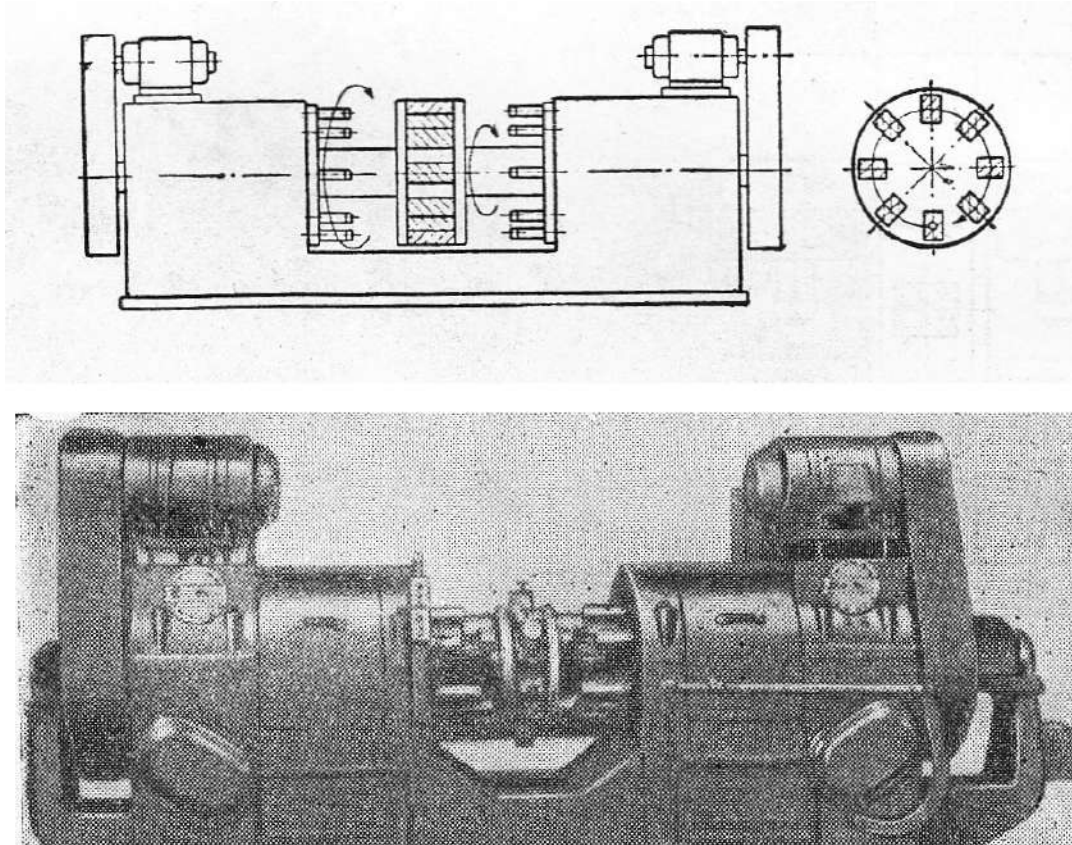


Рисунок 5.41 Компоновання агрегатного верстата з кількома горизонтальними головками і вертикальним круговим переміщенням заготовок

Металорізальний верстат моделі VIGNOTTO Vi03 показаний на (рис.5.42)

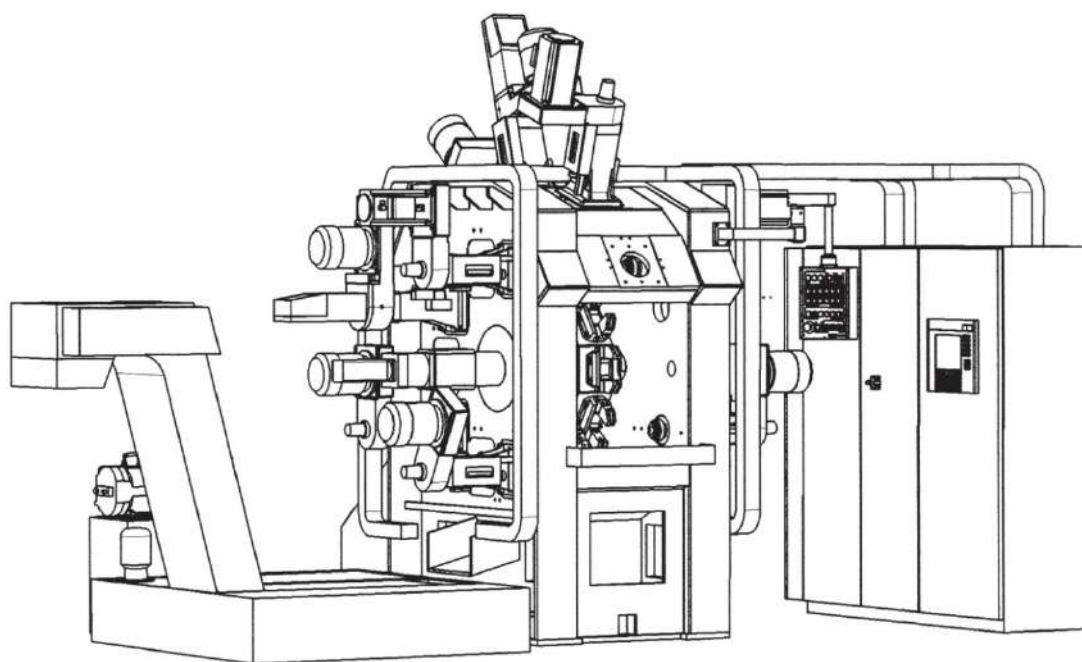
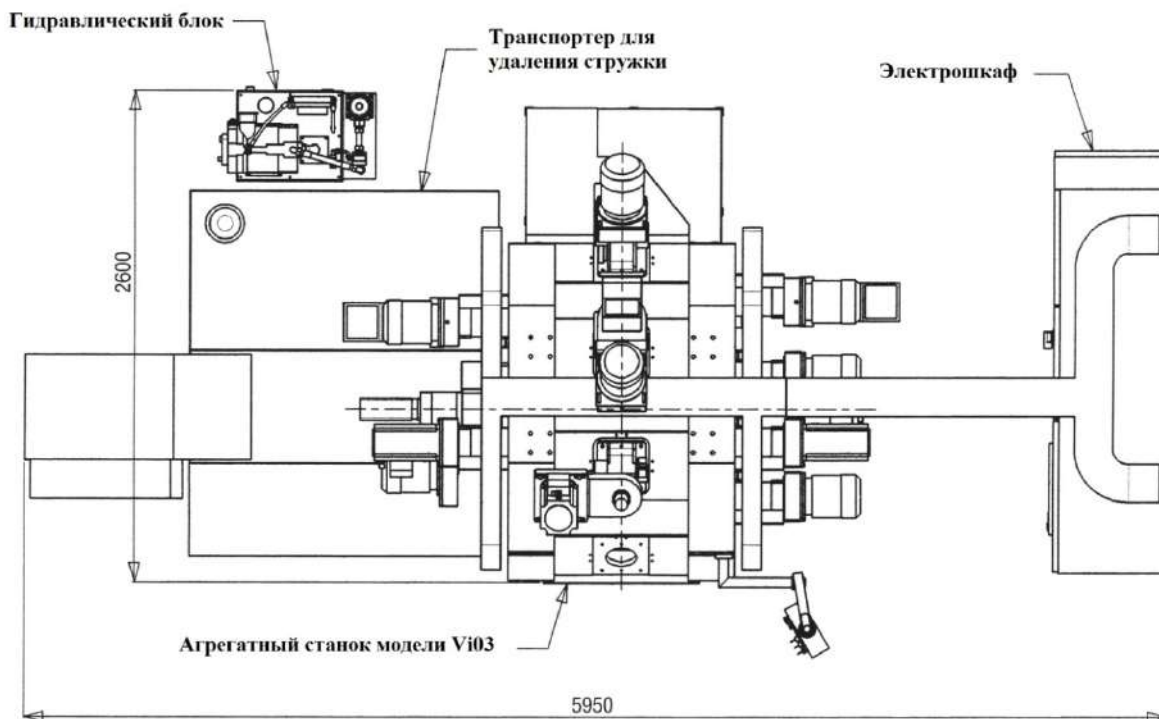


Рисунок 5.42 – Агрегатный верстат із поворотним столом VIGNOTTO Vi03

Всі агрегати верстата змонтовані на станині і розташовані перпендикулярно до поворотного барабана, як з лівого, так і з правого боку від нього, що дозволяє обробляти деталь з декількох сторін. Також, залежно від

конкретної деталі, може бути встановлене кілька робочих вузлів радіально до поворотного барабана, що дозволяє обробляти деталь ще з одного боку. VIGNOTTO Vi03 оснащений десятипозиційним поворотним барабаном, що відповідає одній контрольній, одній завантажувально-розвантажувальній, та восьми робочим позиціям. Як затискний пристрій, як і в моделі Vi11, використовується стандартний одномісний патрон, що самоцентрується. VIGNOTTO Vi03 є повністю автоматичною АТСМ, для завантаження-розвантаження деталей використовується робот-маніпулятор, який має функцію «технічного зору», що дозволяє усунути таку монотонну людську працю, як правильне вкладання заготовок у спеціальний лоток. Заготовки до роботи надходять за допомогою вібробункера та стрічкового конвеєра, з якого робот забирає заготовки. Верстат також оснащений конвеєром для транспортування стружки.

Технічні характеристики VIGNOTTO Vi03 наведено у табл.5.8.

Ще одним італійським виробником сучасних АВ є фірма Picchi, яка входить до складу [Bugatti Group](http://www.picchimachines.it), на своєму сайті <http://www.picchimachines.it> виробник надає інформацію про безліч АТСМ, одним з них є сучасний агрегатний верстат для обробки фітингів TR 6- 9/0SE (рис.5.43).

Під час проектування верстата інженери за основу взяли класичне компонування. Верстат обладнаний поворотно-розподільчим барабаном з блокуючим пристроєм Hirth на 6 настановних місць. Поворотно-ділительний барабан рухається двигуном Brushless і особливо точним редуктором з епіциклоїдним зачепленням. Час повороту барабана одну позицію становить лише 0,35 сек., повний цикл 0,45 сек. Поворотно-ділительний барабан може бути оснащений двомісним затискним пристроєм для одночасної обробки двох деталей, тобто при необхідності може одночасно оброблятися до 12 заготовок.

Усі силові агрегати верстата змонтовані на високоміцній монолітній станині прямокутної форми. Загальна кількість агрегатом дорівнює 9, з них 6 розточувальних одиниць, і 3 різьбонарізних.

Шість розточувальних агрегатів типу UFE 125 (ISO 40) з ходом шпинделя 125 мм і діаметром пінолі 100 мм забезпечують високу точність завдяки використанню кульковинтової передачі від двигуна Brushless. Регулювання пропускної спроможності здійснюється за допомогою електроклапану. Також є можливість безступінчастого регулювання швидкості підведення інструменту для кожної установки: швидке підведення, повільне підведення, дуже повільне підведення, швидке відведення. Підведення контролюється спеціальним лінійним потенціометром.

Таблиця 5. 8 – Технічні характеристики АВ VIGNOTTO Vi03

Станіна	прямокутний. форми, зварна конструкція
Кількість обробних станцій	23
Поворотний барабан вісь кількість позицій двигун приводу вид передачі час повороту столу	горизонтальна 10 безщітковий серводвигун з високоточним редуктором HIRTH зубчаста передача з точністю 0,3 ⁰ 0,5-0.8с (залежно від маси заготовки)
Затискний пристрій тип макс. діаметр затиску регулювання сили стиснення	патрон, що самоцентрується, виготовлений із загартованої сталі. 26 мм регулятор тиску незалежно на кожному патроні
Гідравлічна станція ємність масляного бака типу насоса	120 л поршневий насос з регульованою потужністю
Система ЧПУ тип серводвигуни/приводи ПК/дисплей	BECKHOFF Danaher Motion Промислових ПК компанії BECKHOFF
Кількість встановлюваних ЧПУ модулів ліва сторона права сторона радіально всього	9 9 5 23
Стандартний шпиндель тип діаметр корпусу номінальний хід пінолі привід потужність двигуна швидкість обертання шпинделя	F95-40 95 мм 135 мм асинхронний векторний привід до 7,5 кВт 4 фіксовані швидкості або плавне регулювання з векторним перетворенням частоти
Габарити верстата довжина ширина висота	5950 мм 2600 мм 3500 мм



Рисунок 5.43 Компонування а грегатного верстата з поворотно-розподільчим барабаном Picchi TR 6-9/OSE

Три різьбонарізні агрегати для нарізування різьблення мітчиком типу UMP 80 (ISO 40) з ходом 80 мм. Подача ходового гвинта у масляну ванну здійснюється двигуном Brushless. Підведення інструменту контролюється спеціальним лінійним потенціометром.

Багатошпіндельна головка може бути встановлена на будь-яку з позицій, це обумовлюється особливостями деталі, що обробляється.

Автоматичне навантаження та розвантаження деталей здійснюється за допомогою робота-маніпулятора.

Пульт керування з ЧПУ Siemens 840D та персональний комп'ютер з операційною системою Windows використовується для збереження програм роботи та самонавчання, а також для керування окремо кожним силовим вузлом АВ.

Продуктивність верстата при нетрудомістких деталях може досягати 3600 – 4000 деталей на годину.

Італійська фірма [Porta Solutions](http://www.porta-solutions.com) на сайті <http://www.porta-solutions.com> представляє кілька різних систем, у тому числі TRANSFER TRO барабанного комплектування (рис.5.44).



Рисунок 5.44 Загальний вигляд АВ барабанного компонування фірми [Porta Solutions](#)

Модель TRANSFER TRO належать до найбільш традиційних сучасних АВ барабанного типу з горизонтальною віссю обертання. TRANSFER TRO підходить для обробки деталей по 2 або 3 осях.

Верстат може бути оснащений від 4 до 8 затискними пристроями, що відповідає індексації поворотного барабана і від 4 до 21 робочими станціями. Робочі станції та поворотно-ділительний барабан (рис.5.45) контролюються за допомогою ЧПУ модуля.



Рисунок 5.45 Загальний вигляд поворотно-ділительного барабана

У TRANSFER TRO обробні вузли використовуються виключно з кульковою гвинтовою передачею виробництва фірми FMU (рис.5.46).

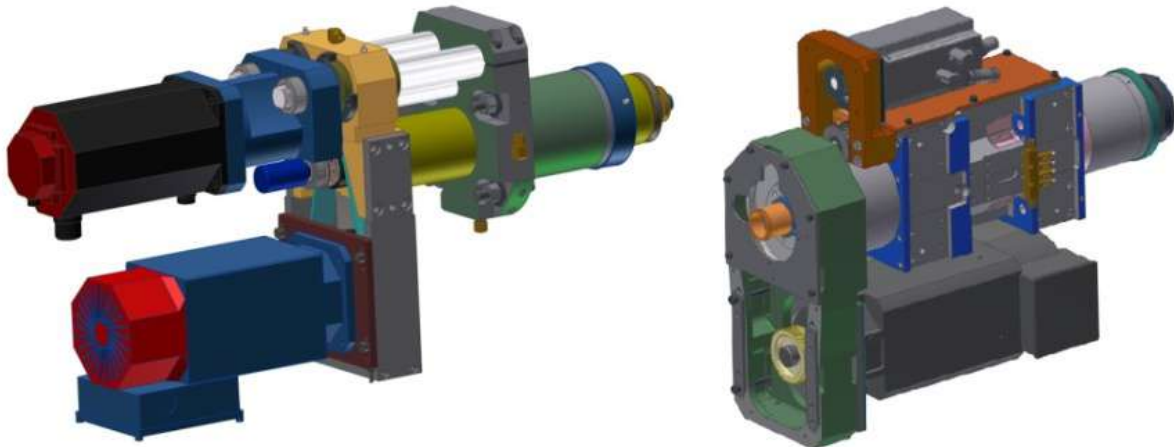


Рисунок 5.46 3D модель робочого модуля з ЧПУ

Цей вибір фірма Porta Solutions пояснює можливістю суттєвого скорочення тертя, досягнення високої швидкості рухів і точності, що повторюється, а також усунення таких недоліків як: фільтрація та витоку масла. Також такі силові вузли гарантують високу надійність, порівняно з традиційними гідравлічними або сервоклапанними вузлами.

Кількість одномісних гідравлічних затискних пристроїв (рис. 5.47) відповідає кількості позицій столу.



Рисунок 5.47 Загальний вигляд затискного пристрою, встановленого на АВ TRANSFER TRO фірми [Porta Solutions](#)

Фірма Porta Solutions використовує безщітковий, керований від ЧПУ модуля, поворотно-ділильний барабан (рис.5.48). Діаметр барабана складає 2300 мм, а час повороту на одну позицію становить лише 0,16 секунд. Кількість

позицій барабана може змінюватись від 4 до 8, залежно від оброблюваної деталі.

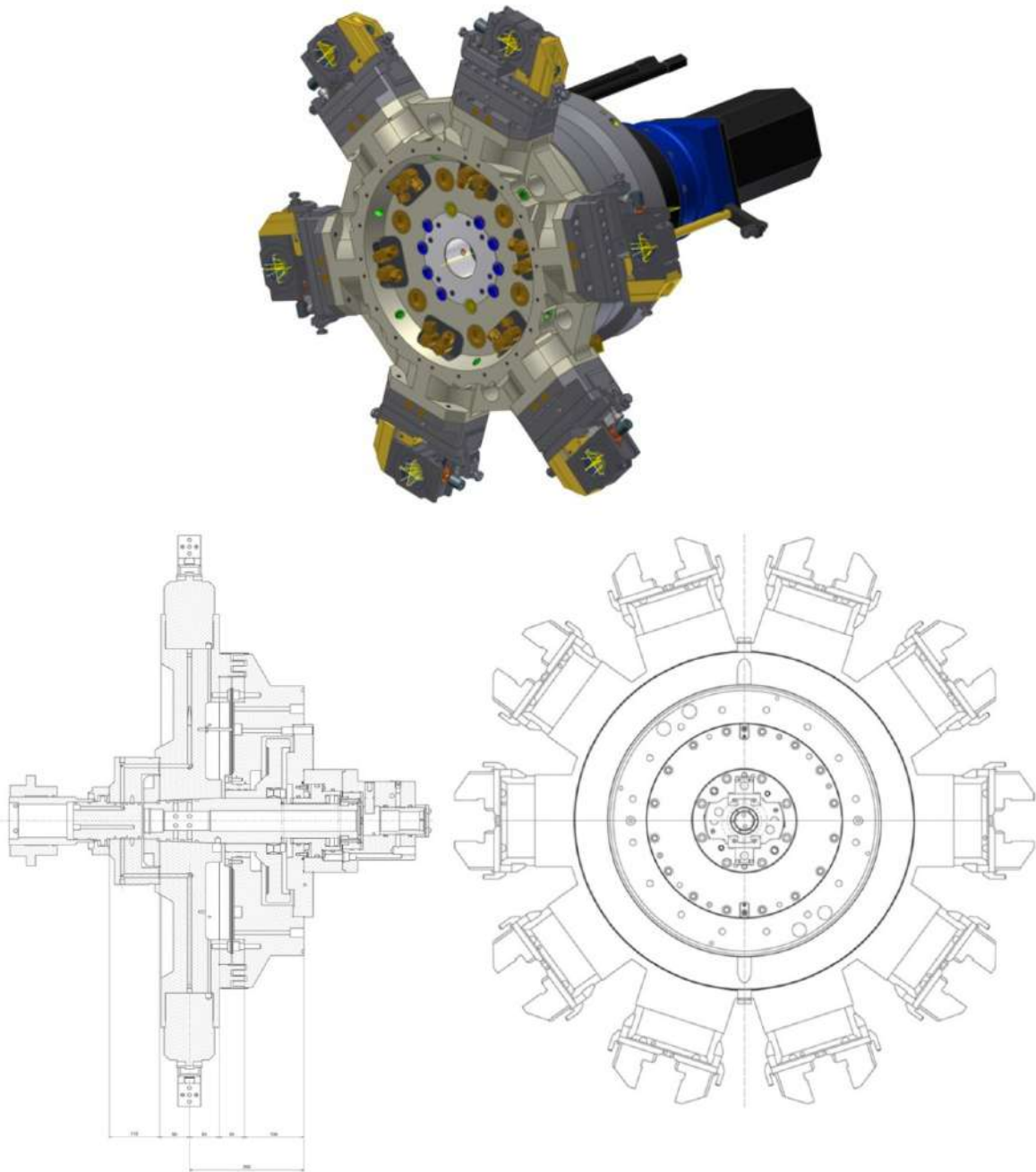


Рисунок 5.48 Компонування поворотно-розподільчого барабана встановленого на АВ моделі TRANSFER TRO фірми [Porta Solutions](#)

Станина TRANSFER TRO (рис.5.49) складається з товстих сталевих листів, і має зварну конструкцію, що забезпечує необхідну жорсткість і вібростійкість. Ергономічний дизайн станини сприяє легкому доступу оператора до всіх елементів верстата.

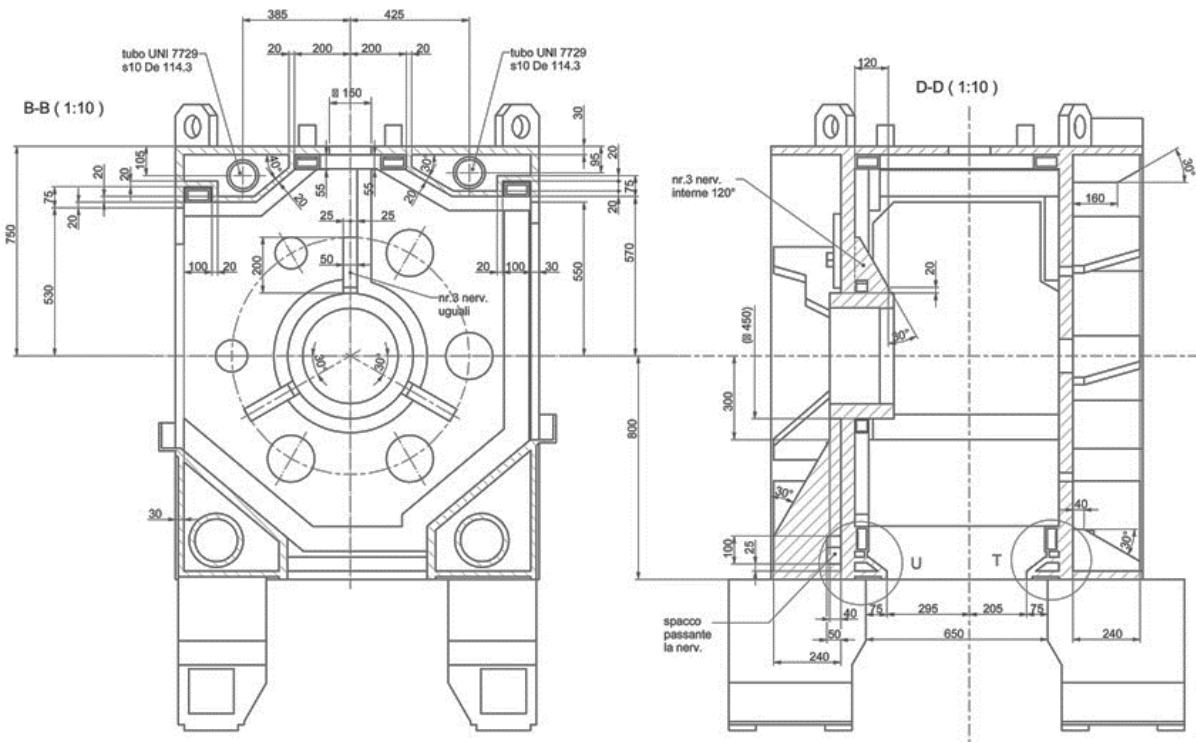


Рисунок 5.49 – Станіна TRANSFER TRO фірми Porta Solutions

Двокоординатний агрегатний верстат італійського виробництва ВТВ ТРО 10S-12U HSK63 CN-EL (рис.5.50) представлений на сайті компанії ww2.btb.it. Даний верстат призначений для обробки сталевих деталей різних розмірів та форм автомобільної промисловості, що дозволяє виконати повну обробку виробу за високої продуктивності.



Рисунок 5.50 Загальний вигляд АВ барабанного компонування фірми ВТВ

Верстат складається з 10-ти позиційного вертикально поворотного барабана, де перша робоча станція – завантажувальна, вісім робочих станцій, та десята – розвантажувальна позиція з пристроєм пневматичного вивантаження та шарнірним стрічковим транспортером.

Технологічна система може бути оснащена 17 обробними вузлами, з яких:

- 11 токарних блоків із кульковими ходовими гвинтами з ЧПУ, 5 з яких оснащені системою охолодження під високим тиском, робочий хід становить 135 мм;

- 1 свердлильно-фрезерний блок із кульковими ходовими гвинтами, з ЧПУ, робочий хід 135 мм;

- 3 розточувальні головки з кульковими ходовими гвинтами з ЧПУ, хід каретки 12 мм;

- 2 гідравлічні протяжки з ЧПУ.

WINEMA RV20 Flexmaster (рис.5.51) це агрегатний верстат із ЧПУ німецького виробництва, призначений для обробки деталей за одну установку.



Рисунок 5.51 Компонування агрегатного верстата WINEMA RV20 Flexmaster

На верстаті можна обробляти заготовки діаметром від 4 до 30 мм, заготовки у вигляді дроту до 42 мм. WINEMA RV20 Flexmaster має восьмипозиційний поворотний барабан, який має горизонтальну вісь обертання. Для обробки заготовки може використовуватися максимально до 14 осьових (7 зліва та 7 праворуч) та 3-х радіальних вузлів. Всі вузли верстата обладнані модулем ЧПУ, що дозволяє програмувати кожен вузол окремо, до того ж їх можна легко перепрограмувати під нову деталь, що робить даний верстат дуже гнучким.

На першу робочу позицію заготовка у вигляді прутка і труб (діаметром до 42 мм) трапляється спеціальним транспортувальним пристроєм, де вона затискається в стандартному цанговому затискному патроні, на першій позиції відбувається операція відрізання, і далі заготовка транспортується по технологічному циклу на поворотно-діловому. Максимальна довжина заготовки може досягати 180 мм. Заготовки іншої форми подаються за допомогою робота-маніпулятора. Технічні характеристики WINEMA RV20 Flexmaster наведено у табл.5.9.

Таблиця 5.9 Технічні характеристики АВ WINEMA RV20 Flexmaster

Максимальний діаметр заготовки у вигляді прутка	42 мм
Максимальна довжина сторони заготовки кубічної форми	50 мм
Максимальна довжина заготовки	180 мм
Кількість затискні станції	8
Вихід готових деталей, шт/хв.	1 - 50
Кількість обробних вузлів	17 (14 осьових, 3 радіальних)
Максимальний перебіг стандартної обробної станції	90 мм
Затискні пристрої	гідравлічний цанговий затискний патрон
Система ЧПУ\	Siemens 840 D
Вага (залежить від комплектації)	8500 кг

Турецька фірма [TTM Makine San ve Tic . Ltd .Ş ti](http://www.cnctransfer.com) на своєму сайті <http://www.cnctransfer.com> представила модель агрегатного верстата з високим ступенем гнучкістю та точністю обробки CNC-F1-TWINPLUS (рис.5.52).

Цей верстат оснащений дванадцятипозиційним поворотно-розподільчим барабаном з горизонтально розташованими робочими вузлами праворуч і ліворуч від нього (11 ліворуч, 11 праворуч), 12 робоча позиція використовується для завантаження/розвантаження деталей. На кожній з 12 позицій поворотно-ділительного барабана встановлено двомісний затискний

пристрій, що дозволяє обробляти одночасно по 2 деталі. Затискні пристрої приводяться в дію від малопотужних гідравлічних або пневматичних станцій.



Рисунок 5.52 Загальний вигляд АВ барабанного компонування фірми TWINPLUS

Кожна робоча станція оснащена багатошпинделем із сервоприводом, тому вони здатні працювати на високих швидкостях із високими допусками точності. Для досягнення максимальної продуктивності верстат здатний працювати в інтеграції з двома роботами FANUC 200IC або MITSUBISHI RV-6SQ, тим самим збільшуючи продуктивність та мінімізуючи витрати на виробництво. Продуктивність верстата, залежно від оброблюваної деталі, може досягати до 2400 деталей на годину.

Запитання для самоконтролю :

1. У чому полягає модульний принцип та принцип агрегування при створенні технологічного обладнання?
2. Які переваги і недоліки мають агрегатні верстати та автоматичні лінії на їх основі?
3. Як при порівнянні різних структур технологічних операцій з інтенсивності знімання металу в одиницю часу поводитьься багатомісна паралельно-послідовна обробка на багатопозиційних агрегатних верстатах?
4. Яку відмінну особливість мають спеціальні агрегатні верстати в порівнянні зі верстатами інших типів?
5. Кого можна вважати основоположником агрегатного верстатобудування і які відомі фірми займаються випуском верстатів агрегатно-модульної конструкції?
6. У чому особливість компонетики агрегатних верстатів? Що розуміється під якістю компонування та як його визначають?
7. У чому полягає принцип представлення компоновок металорізальних верстатів за Враговим?
8. Які правила упорядкування структурних формул компоновок верстатів за методикою Врагова?
9. Які класифікаційні ознаки для позначення компоновок агрегатних верстатів запропонував використовувати Х.Гебель?
10. Які провідні верстатобудівні фірми займаються випуском багатопозиційних агрегатних верстатів (rotary transfer machines) та автоматичних ліній (transfer line machines)?

6 ПОРТАТИВНІ ВЕРСТАТИ ЯК ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

6.1 Призначення портативних верстатів

Мобільні верстати дозволяють виконувати ті ж роботи, що і стаціонарні, з двома тільки відзнаками: не виріб доставляється до верстата, а верстат доставляється до виробу, що обробляється; не виріб монтується на верстаті, а верстат монтується безпосередньо на виробі, що обробляється. Мобільність створює унікальні можливості економії часу та засобів при ремонті важкого обладнання, габаритних виробів, трубопроводів, систем нафто- та газопереробки, промислового обладнання та багатьох інших.

Мобільні верстати разом з інструментом кріпляться безпосередньо на виробі, що обробляється, і дозволяють робити точні операції навіть у дуже обмеженому просторі.

6.2 Причини виникнення портативних металорізальних верстатів

Найчастіше ремонт габаритного обладнання передбачає виконання операції механічної обробки з точністю, недосяжною при використанні ручного інструменту. При цьому демонтаж та переміщення виробу або значно збільшує простий обладнання (отримання спеціальних дозволів для пересування логістичними маршрутами до місця ремонту, тривалість вилучення виробу з конструкції), або взагалі неможливо технічно (виріб знаходиться у приміщенні, яке не підготовлено для вивезення обладнання без реконструкції).

До того ж верстати, що дозволяють обробляти частини такого обладнання, є унікальними і дорогими і, як правило, мають високий ступінь завантаження на підприємствах, що їх використовують, що накладає додаткові ризики на терміни виконання ремонту. Купівля таких верстатів ремонтним підприємством для разових робіт є недоцільною через високу вартість. У зв'язку з цим постає завдання скорочення термінів операцій демонтажу, переміщення та обробки при ремонті габаритного обладнання, що впливають безпосередньо на вартість ремонту. на користь застосування мобільних верстатів.

Сучасні мобільні верстати за рахунок використання інноваційних конструкційних рішень дозволяють проводити обробку габаритних виробів без їх переміщення з тією ж точністю та продуктивністю, що й верстати стандартної конструкції. При цьому забезпечується проста, швидка установка

та складання мобільного верстата безпосередньо на виробі. Зазначені верстати зручні та економічні у транспортуванні з використанням стандартного вантажного (іноді та легкового) автотранспорту або літака.

6.3 Приклади компонування мобільних верстатів агрегатно-модульної конструкції для ремонту деталей і вузлів турбоагрегатів, що не демонтуються.

З початку ХХ століття турбіна витіснила парові машини та стала основним двигуном для приведення електрогенераторів у дію. Турбінобудування є основою сучасного енергомашинобудування, що визначає потенціал промисловості та економіки загалом. При цьому розвиток атомного енергомашинобудування відноситься до домінуючих тенденцій нинішнього, п'ятого технологічного устрою, який переживає економічно передові країни світової цивілізації.

Харківський турбогенераторний завод, збудований у 1934 році за проектом американської фірми Дженерал Електрик і який розпочинав з випуску турбін як її ліцензіат, сьогодні має замкнутий цикл виробництва турбін від проектно-конструкторських робіт до натурних випробувань та всесвітньо відомий бренд «ТУРБОАТОМ». За накопиченим досвідом розробок та обсягом встановлених потужностей турбін для АЕС АТ «ТУРБОАТОМ» успішно конкурує з найбільшим у Європі німецьким транснаціональним концерном Сіменсом та найбільшою багатонаціональною виробничою групою Японії Міцубісі. Разом із великою французькою компанією Альстом та американською транснаціональною Дженерал Електрик (рис.6.1) входить до четвірки світових конкуруючих лідерів атомного енергомашинобудування, на частку яких сумарно припадає 2/3 глобального ринку.

Свої трудові успіхи, прокладаючи свій дев'ятий десяток, АТ «ТУРБОАТОМ» упродовж усієї своєї історії нерозривно пов'язує з навчально-науково-виробничою співпрацею з вітчизняною вищою технічною школою, насамперед із НТУ «ХП».

Для забезпечення конкурентоспроможних експлуатаційних характеристик і технологічності виробництва турбін необхідні наукомісткі знання з металознавства, динаміки та міцності машин, технології машинобудування, автоматизованого управління.

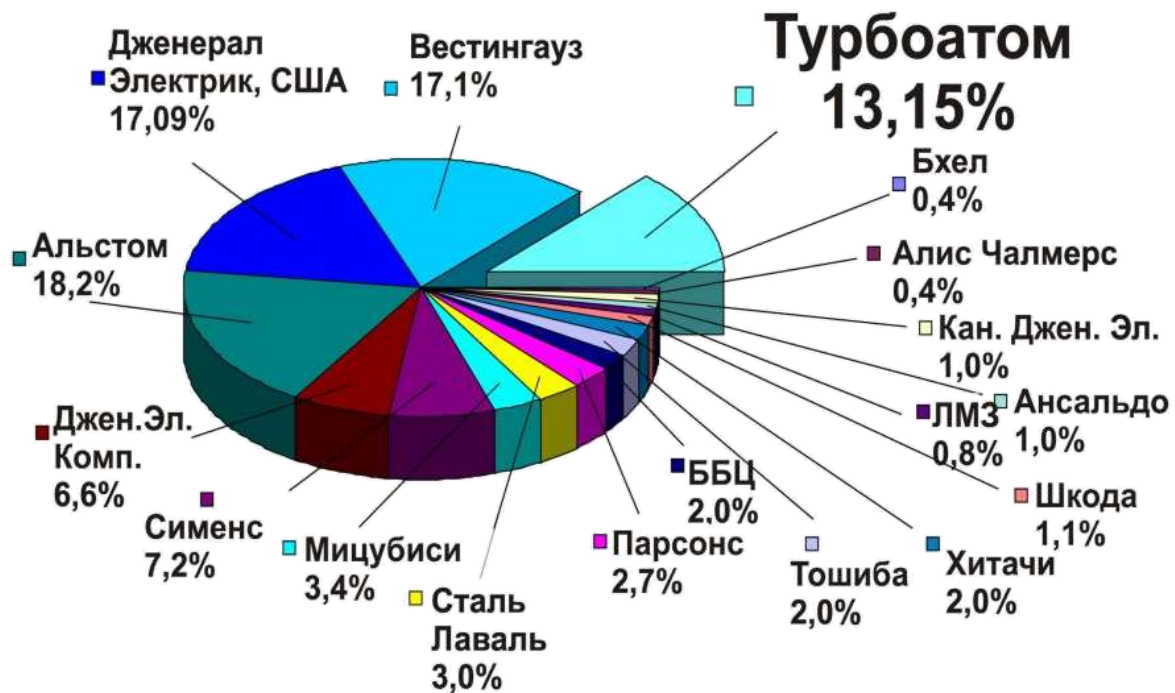


Рисунок 6.1 Розподіл встановлених потужностей турбін для АЕС по фірмам-виробникам

Не випадково одночасно із закладкою у Харкові турбогенераторного заводу у 1930 році у Харківському механіко-машинобудівному інституті (ХММІ, нині НТУ «ХПІ») створюється низка факультетів та кафедр, залучених до підготовки фахівців та вирішення конструкторсько-технологічних інженерно-наукових проблем становлення та розвитку вітчизняного турбобудування. Створюється унікальна кафедра турбінобудування (1930 р.), науково-дослідна лабораторія, яка в сучасній історії України офіційно визнана її національним надбанням (з 2006 р.), кафедра динаміки та міцності машин (1930 р.), кафедра металознавства та термічної обробки металів (1932 р.), кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів (1934 р.) та ін.

Актуальним виробничим завданням заводу «ТУРБОАТОМ» є ремонт деталей та вузлів турбоагрегатів, що експлуатуються в Україні та за кордоном. Недоцільність, а іноді й технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей унеможлиблює їх поточний ремонт в умовах заводу. У цьому випадку ефективним і єдино можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь великогабаритних деталей, що не демонтуються, і вузлів турбоагрегатів.

Середній вік енергетичної інфраструктури зараз перевищує 40 років. Для того щоб забезпечити безпечну експлуатацію, довготривалу надійність і потужність, що генерує, основні об'єкти ГЕС повинні пройти серйозну реконструкцію. Такі роботи також знизять кількість незапланованих простоїв та знизять витрати на технічне обслуговування та позапланові ремонти.

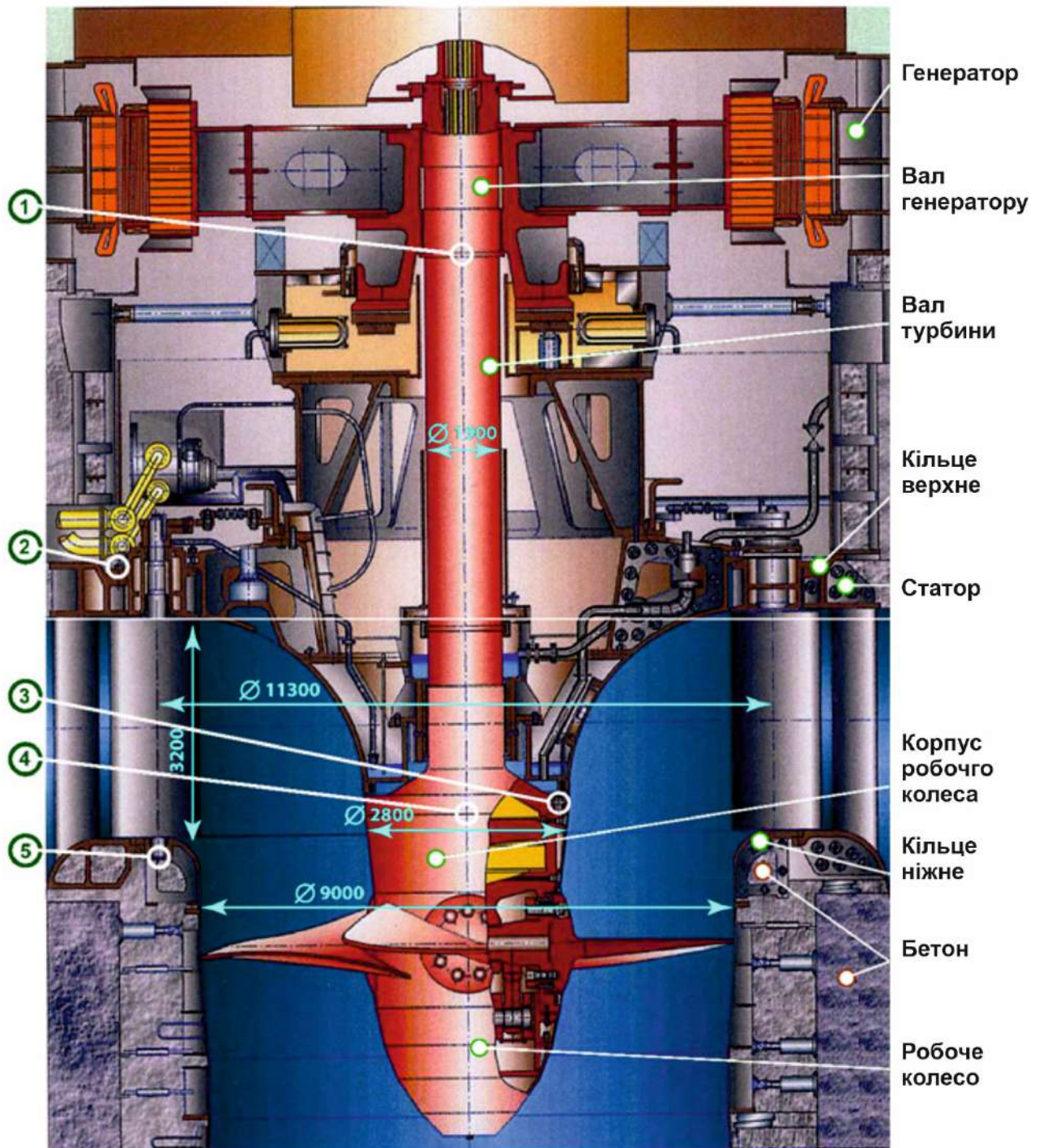
У рамках реалізації Енергетичної стратегії України до 2035р. щодо продовження експлуатації діючих енергоблоків станцій та програми участі в модернізації обладнання ГЕС України, передбачено реконструкцію та підвищення потужності ГЕС Дніпровського каскаду: 3 агрегати Київської ГАЕС, 7 агрегатів Канівської ГЕС, 2 агрегати Дніпровської ГЕС-2, 2 агрегати Середньодніпровської ГЕС, 2 агрегати. Основні цілі реконструкції — це збільшення терміну служби ГЕС, підвищення її потужності, вироблення, надійності та безпеки обладнання та споруд, виконання вимог щодо захисту навколишнього середовища, покращення якості електроенергії, що виробляється за рахунок реконструкції системи управління.

Одним із основних напрямків розвитку гідроенергетики в останні десятиліття стало створення нового обладнання для реконструкції та модернізації застарілого енергетичного обладнання як України, так і зарубіжжя. У ці роки значно скоротилося будівництво нових великих енергетичних об'єктів не лише в Україні, а й в інших країнах. Водночас у гідроенергетиці дедалі більше проявляється тенденція до реконструкції та технічного переоснащення діючих електростанцій. Цей напрямок у багатьох випадках розглядається як пріоритетний, оскільки дозволяє отримати позитивні результати за значно менших витрат (капітальні витрати у 2-3 рази нижчі, ніж при новому будівництві).

Як правило, модернізація силового обладнання торкається основних робочих органів турбіни – робочого колеса, лопатки направляючого апарату, частини механізмів турбіни типу «Каплан» (рис.6.3).

З одного боку, це знижує загальні витрати, а з іншого, обмежує пошук оптимального рішення для проточної частини гідротурбіни через збереження, як правило, таких елементів тракту як спіраль, статор, труба, що відсмоктує.

Таким чином, у межах існуючих розмірів блоку і форм підведення та відведення води необхідно досягти максимально можливого рівня основних параметрів турбіни (номінальна та максимальна потужність, ККД, запаси по кавітації, допустимий діапазон роботи з навантажень та ін.) за рахунок удосконалення робочого процесу в основному напрямному апараті та робочому колесі



1. Обробка отворів фланцевого з'єднання «Вал турбіни-Вал генератору»
2. Обробка опорних поверхонь статора турбіни під верхнє кільце
3. Обробка отворів фланцевого з'єднання «Вал турбіни-Корпус робочого колеса»
4. Обробка радіальних творів з'єднання «Вал турбіни-Корпус робочого колеса»
5. Обробка пазу під шнур у кільці напрямного апарату

Рисунок 6.3 Поздовжній розріз гідроагрегату типу «Каплан» із зазначенням місць необхідної механічної обробки деталей під час ремонту та монтажу

Заміна заставних частин при реконструкції пов'язана з об'єктивними труднощами і, як правило, виконується їхнє інструментальне обстеження, розрахунок залишкового ресурсу та реконструкція в умовах ГЕС.

Особливість конструкції направляючого апарату Середньодніпровської ГЕС, Кременчуцької ГЕС полягає в тому, що нижнє та верхнє кільця забетоновані та неможливо демонтувати для реконструкції у заводських умовах. Згідно з проектом реконструкції, нижнє кільце, що існує, модернізується на станції. На місці установки воно піддається дроборуйнівному очищенню і проходить ретельний контроль, що не руйнує. При ремонті проводиться заварка та зачистка виявлених дефектів, наплавлення нержавіючої сталі завтовшки 5 мм горизонтальної поверхні нижнього кільця в зоні розташування торців лопаток направляючого апарату в закритому положенні, а також проводиться новий паз під шнур ущільнювача.

До вузлів, що також підлягають модернізації, відноситься статор турбіни. У процесі модернізації статора необхідно виконати механічну обробку контактних поверхонь (залежно від конструкції гідроагрегату) під установку камери робочого колеса кришки турбіни опорного кільця. Особливість полягає в тому, що статор забетонований та його неможливо демонтувати для реконструкції в заводських умовах.

Модернізуються робоче колесо, вал турбіни, вал генератора.

Залежно від станції та обсягу робіт із модернізації існує кілька компоновок. Наприклад, на Дніпровській ГЕС-2 та Київській ГАЕС вал генератора залишається існуючим, а вал турбіни змінюється на новий. Доопрацювання фланцевого з'єднання валів між собою виконують на ГЕС при збиранні лінії гідроагрегату в проектне положення.

На Канівській ГЕС вал турбіни залишається існуючим, а робоче колесо турбіни змінюється новим. Доопрацювання фланцевого з'єднання колеса та валу між собою виконують на ГЕС при зборі лінії гідроагрегату в проектне положення.

Найчастіше ремонт габаритного обладнання передбачає виконання операції механічної обробки з точністю, недосяжною при слюсарному способі ручним інструментом, і використання мобільних портативних верстатів у цьому випадку є чи не єдиним виходом.

Агрегатно-модульний принцип розробки та виробництва металорізальних верстатів, що застосовується в даний час, заснований на використанні уніфікованих або нормалізованих функціонально та конструктивно закінчених вузлів та механізмів (модулів), що випускаються або верстатобудівними

фірмами (обмежено для своїх моделей верстатів), або вироблених спеціалізованими фірмами, що випускають досить широкий ряд різних вузлів та механізмів для різних типорозмірів. Аналіз типу та техніко-технологічних характеристик сучасних силових агрегатів дозволяє зробити висновок про різноманіття вибору уніфікованої елементної бази для створення верстатів та перспективності даного технологічного обладнання.

Нижче наведено приклади реалізованих на заводі « ТУРБОАТОМ » компоновок мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь великогабаритних деталей, що не демонтуються, і вузлів турбоагрегатів.

На рис.6.4 наведено приклад реалізованої компоновки мобільного портативного верстата для фрезерування паза під ущільнювальний шнур у нижньому кільці направляючого апарату гідротурбіни Кременчуцької ГЕС .

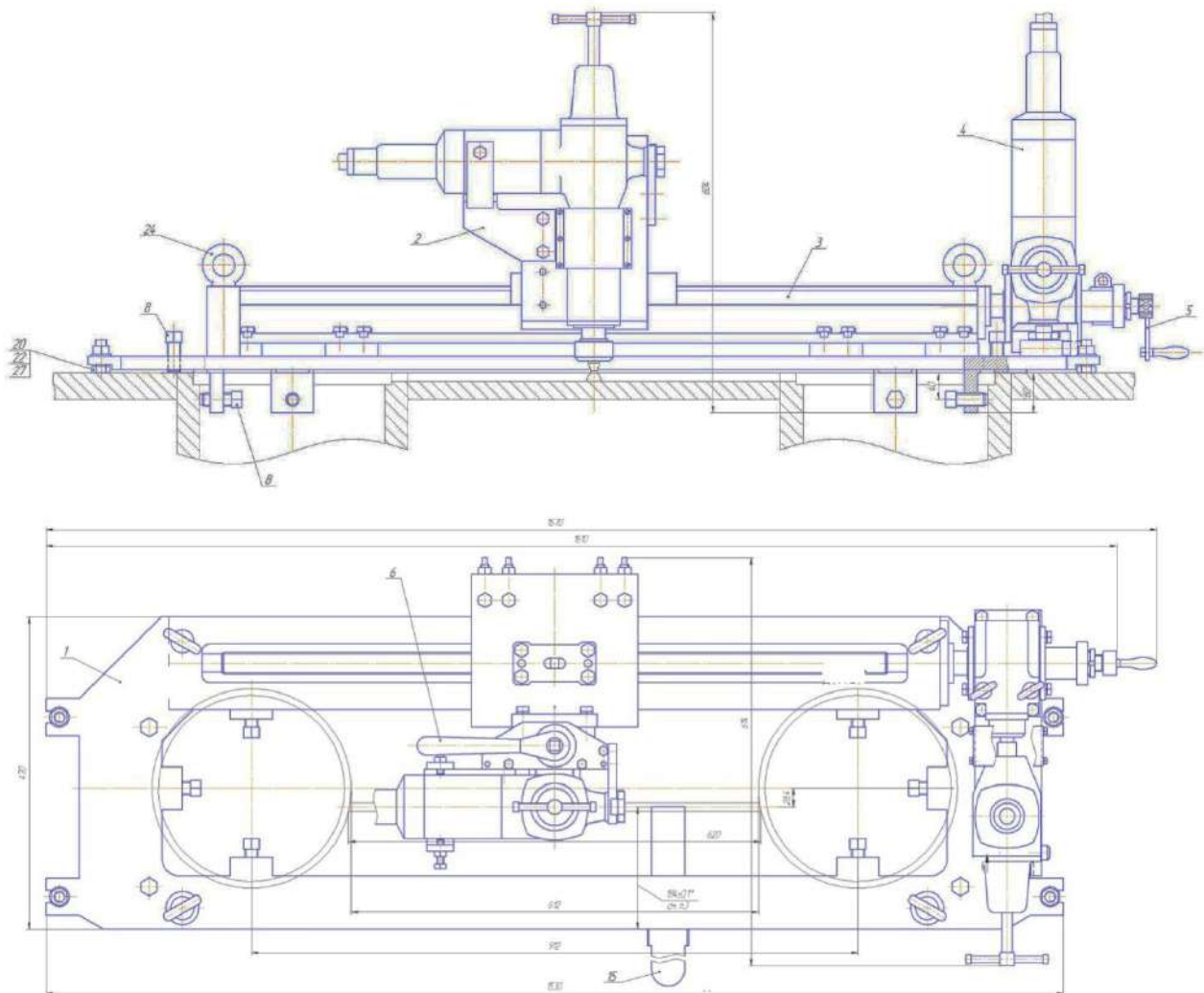


Рисунок 6.4 Компоновання мобільного портативного фрезерного верстата

Мобільний верстат складається з опори, фрезерної головки, що включає пристрій вертикальної подачі, механізму горизонтальної подачі і приводу горизонтальної подачі. Перед обробкою верстат опорою поз. 1 встановлюється центруючими виступами в отвори $\text{Ø}280\text{A}$, центрується щодо осі паза, що фрезується, розміченої на нижньому кільці напрямного апарату, і закріплюється.

На рис. 6.5 показано компонування портативного свердлувального верстата для обробки отворів $\text{Ø}30\text{H}7$ в циліндрі та корпусі робочого колеса ЛАРДЖІ ГЕС (Індія).

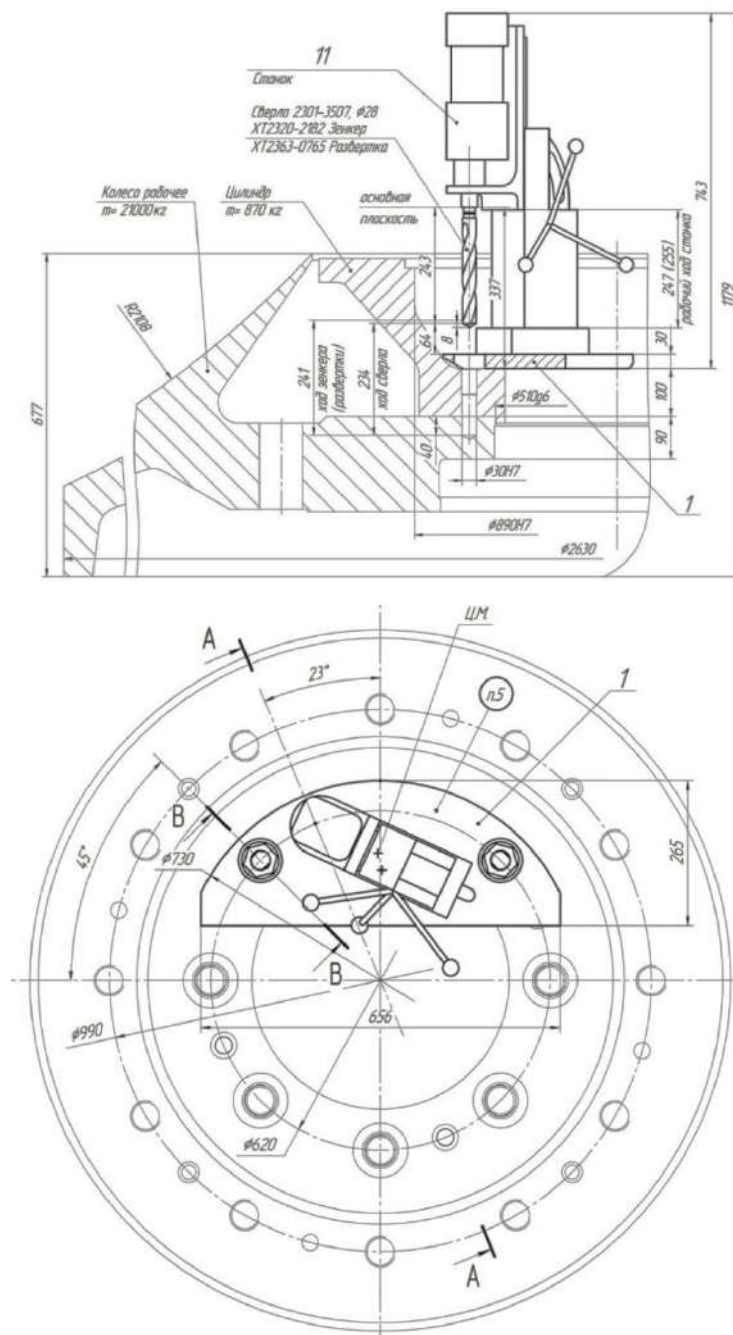


Рисунок 6.5 Компонування мобільного свердлильного верстата

На рис. 6.6 наведено компонування портативного розточувального верстата для спільної обробки 9 осьових отворів з $\varnothing 128$ мм до $\varnothing 144H7$ мм у фланцевому з'єднанні валу генератора та валу турбіни гідроагрегату Середньодніпровської ГЕС.

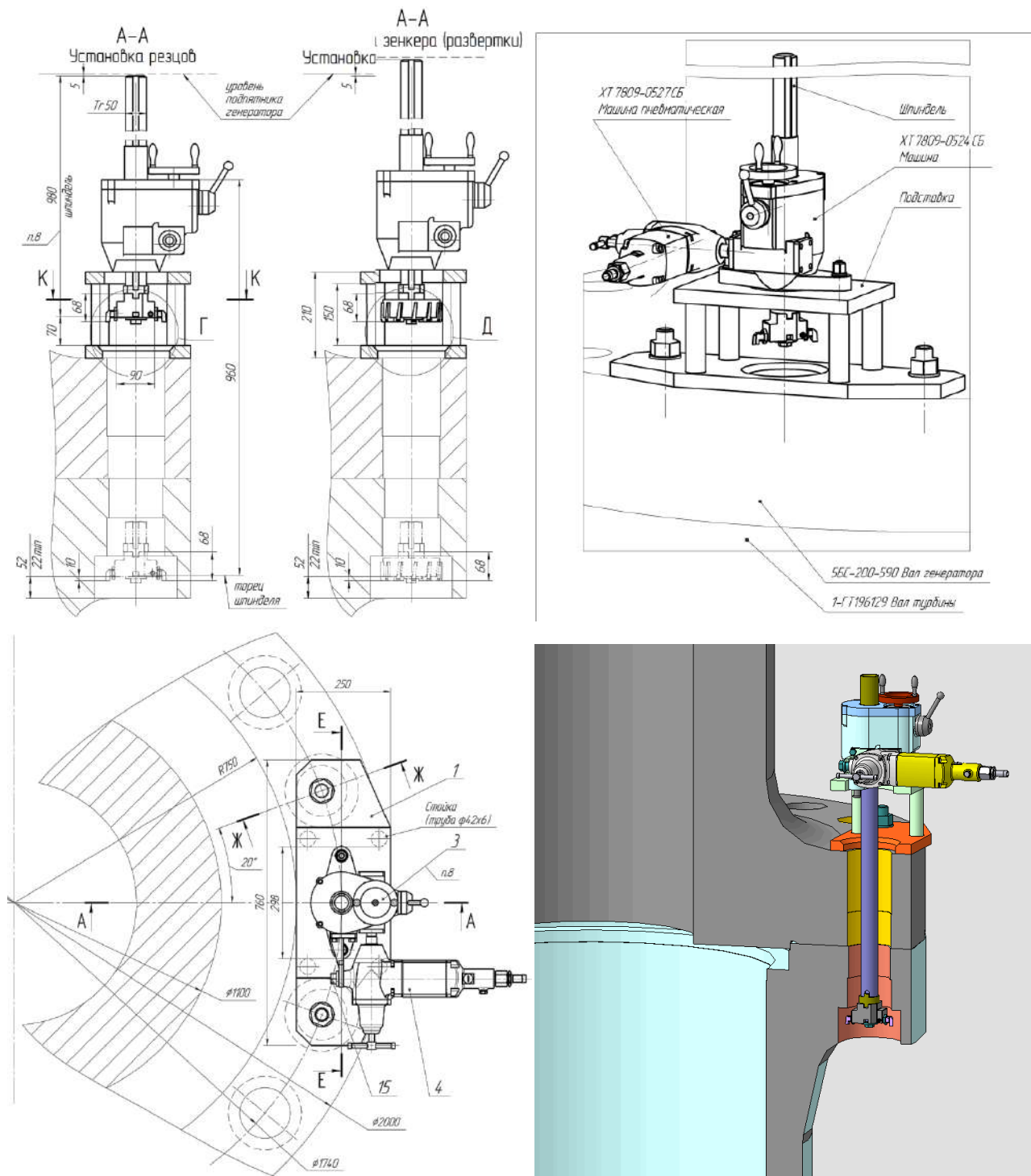


Рисунок 6.6 Компонування мобільного портативного розточувального верстата

Для вирішення завдання щодо спільної обробки отворів під радіальні шпонки у з'єднанні корпусу робочого колеса та валу турбіни гідроагрегату після складання у проектне положення лінії агрегату на Середньодніпровській ГЕС, було створено портативний верстат агрегатно-модульної конструкції (рис. 6.7) . Фланцеве з'єднання валу турбіни та корпусу робочого колеса має діаметр $\text{Ø}2790\text{мм}$, знаходиться на глибині 9000мм у шахті турбіни. Спільному обробленню підлягають 6 радіальних отворів $\text{Ø}170\text{Н}7\text{мм}$. Верстат скомпонований та виготовлений на основі агрегатно-модульного принципу. У ньому використовуються уніфіковані агрегати – силова ріжуча машина ХТ7809-0524, пневматична машина ХТ7809-0527 та базові елементи позиціонування. Габаритні розміри – $740\times 600\times 1150\text{мм}$, вага у зборі – 182 кг .

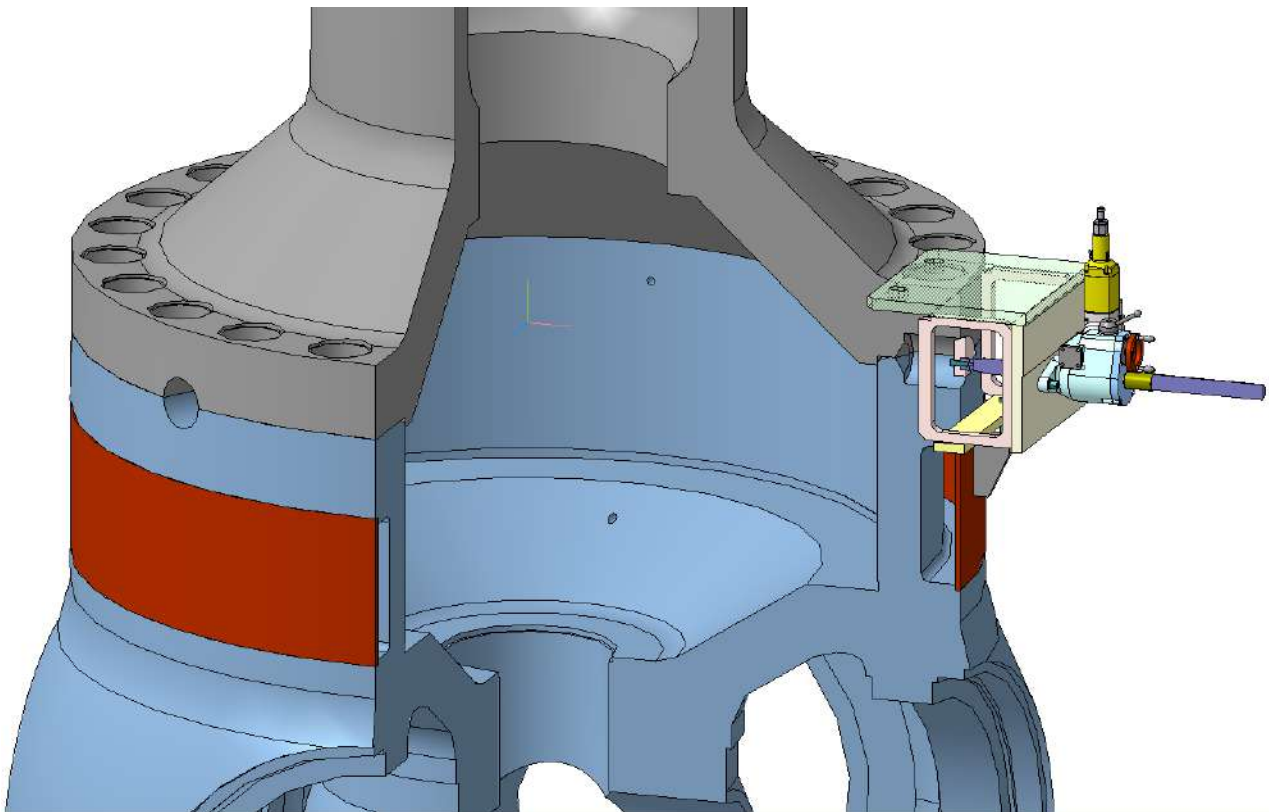


Рисунок 6.7 Мобільний портативний верстат для розточування

На рис.6.8 зображено мобільний портативний верстат для обробки 16 дренажних отворів $\text{Ø}177\text{Н}11\text{ мм}$ у крайніх трубних дошках конденсатора турбіни К-1000-60/3000 Южно-Української АЕС.

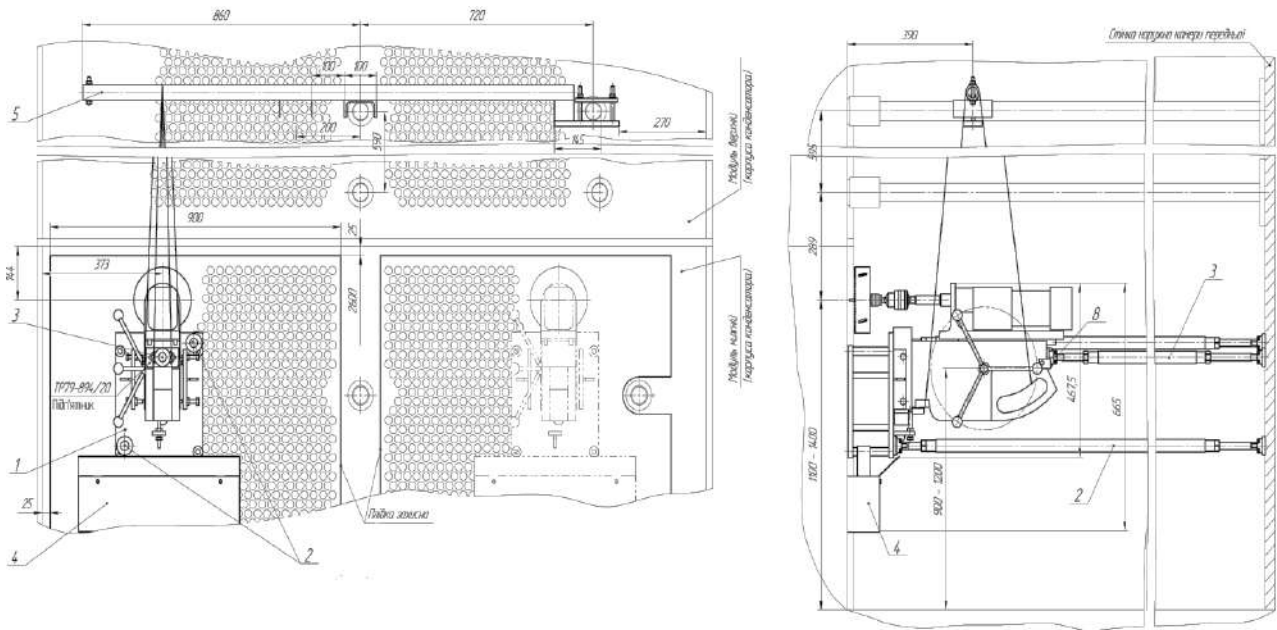


Рисунок 6.8 Мобільний портативний верстат для свердління

Роботи виробляються в передній камері конденсатора, дуже обмеженому робочому просторі. Діаметр люка для попадання в камеру $\varnothing 450\text{мм}$, робочий простір від дошки до стінки камери $1100 \times 1750\text{мм}$. Матеріал дошки для обробки – аустенітна сталь TP316L, товщина $S=30\text{ мм}$.

На рис.6.9 зображено мобільний портативний верстат для обробки 8 отворів $\varnothing 30\text{H7}$ у циліндрі та корпусі робочого колеса ЛАРДЖІ ГЕС (Індія).

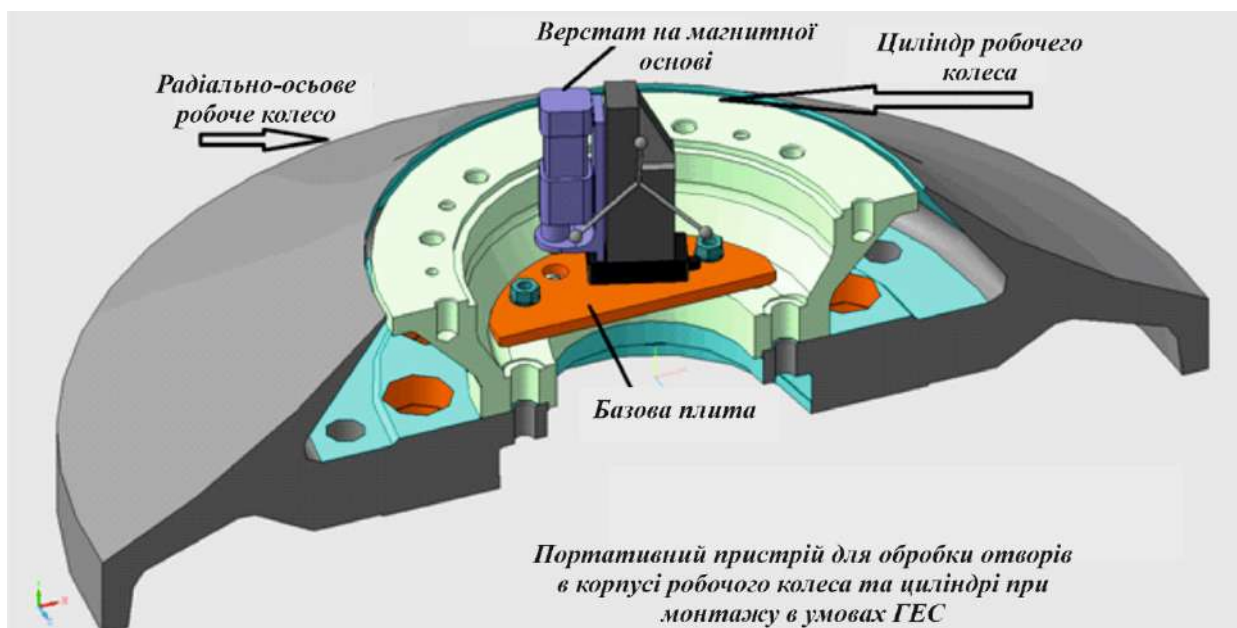


Рисунок 6.9 Мобільний портативний верстат для свердління

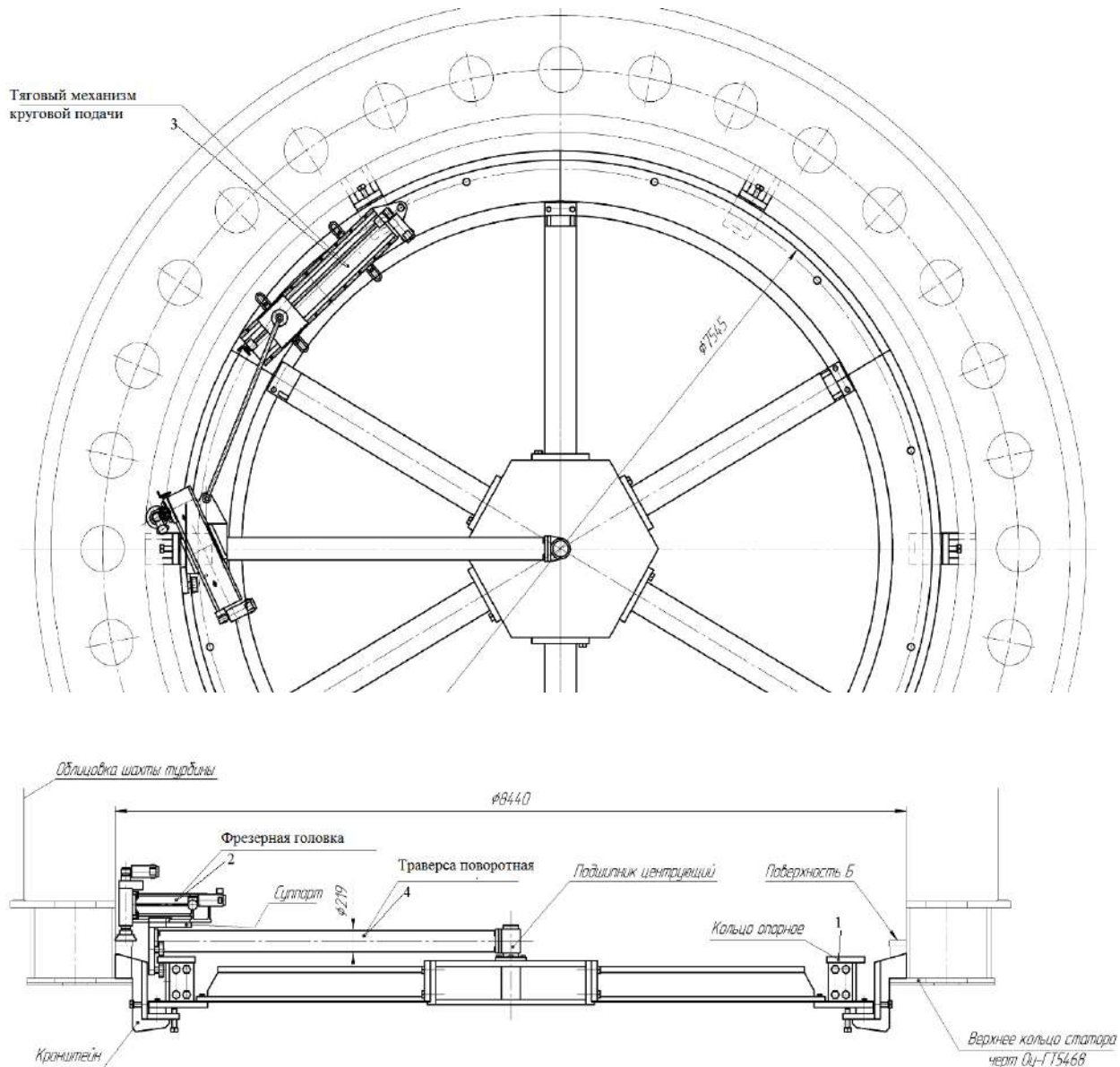


Рисунок 6.11 Мобільний портативний верстат

На обробленій поверхні необхідно забезпечити площинність 0,15мм, шорсткість Ra6,3мкм. Статор має внутрішній діаметр Ø8400мм, зовнішній діаметр Ø11900мм, знаходиться на глибині 12000мм у шахті турбіни. У ньому використовуються уніфіковані агрегати - силова ріжуча машина ХТ7809-0524, машина для пневматичного приводу ХТ7809-0527, консоль для кругової обробки, тяговий механізм з пневмоприводом ХТ7809-0527 і базові елементи позиціонування (включають пристрій подачі). 3, траверси поз.4 кріплення фрезерної головки. Пристрій укомплектований деталями для центрування фрези по осі обробки, набором різального та вимірювального інструменту. Габаритні розміри під механічну обробку – зовнішній діаметр Ø8440, внутрішній діаметр під позиціонування Ø7545, вага у зборі – 4370 кг.

За результатами розробок та систематизації компоновок на заводі «ТУРБОАТОМ» створено каталог портативних верстатів, що висвітлює досвід їх розробки для вирішення завдань із технологічного забезпечення механічної обробки великогабаритних деталей турбоагрегатів під час ремонту та модернізації. Він може використовуватися надалі для вибору прототипів та поповнення новими конструкціями. Як класифікаційні ознаки використовується кількість формотворчих рухів, положення шпиндельного вузла в просторі, вид обробки, структурна формула компоновання.

Запитання для самоконтролю:

1. У чому полягає призначення портативних верстатів та їх переваги?
2. Які причини виникнення портативних металорізальних верстатів?

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Александров Л.В. Карпова Н.Н. Методы прогнозирования технических решений с использованием патентной информации. - М.: ВНИИПИ, 1991. -113с.
2. Багриновский К.А. и др. Современные методы управления технологическим развитием. - М.: РОССПЭН, 2001. - 272с.
3. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: (Основы компонетики) – М.:Машиностроение, 1978. – 208 с.
4. Гёбель Х. Компоновка агрегатных станков и автоматических линий. //Пер. с нем. – М.: ГНТИ МЛ, 1959. – 189 с.
5. Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование. М.: Энергоиздат, 1982. - 208 с.
6. Денисов Ю.Д., Соколов А.В. Технологическое прогнозирование и научно-технические приоритеты в индустриально развитых странах. - М., 1998.-87с.
7. Дерзский В.Г. и др. Прогнозирование технико-экономических параметров новой техники. - Киев: Наукова думка, 1982. - 175 с.
8. Дитер И.Г. Технологический маркетинг. - М.: Янус-К, 2003.- 478с.
9. Добров Г.М. и др. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. - Киев: Наукова думка, 1974. - 160 с.
10. Добров Г.М. Прогнозирование науки и техники. - М.: Наука, 1977. - 209 с.
11. Иванов В.В. Анализ временных рядов и прогнозирование экономических показателей. – Харьков: ХНУ им.Каразина, 1999.- 229 с.
12. Капица С.П. и др. Синергетика и прогнозы будущего. – М: Едиториал УРСС, 2003. - 288 с.

13. Лисичкин В.А. Отраслевое научно-техническое прогнозирование. - М.: Экономика, 1981. -232с.
14. Максименко В.И., Эртель Д. Прогнозирование в технике и науке. М: Финансы и статистика, 1982. 238 с.
15. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование. - М.: Прогресс, 1977.-592 с.
16. Обрабатывающее оборудование нового поколения. Концепция проектирования /В.Л.Афонин, А.Ф.Крайнев, В.Е.Ковалев и др.; под ред. В.Л.Афонины. М.: Машиностроение, 2001.-256 с.
17. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. М: Машиностроение, 1988 - 368 с.
18. Поляков В.В. Мировой рынок: вопросы прогнозирования: Учебное пособие. - КноРус, 2004. - 240 с.
19. Прогнозирование технологического развития. Управление наукой в странах ЕС. Том 2. /Хариольф Групп, Кнут Блинд, Керстин Кульс. - М.: Наука, 1999, -392с.
20. Прогностика. Общие понятия. Объект прогнозирования. Аппарат прогнозирования. Терминология. - М.: Наука, 1978, вып. 92 - 32 с.
21. Сторожук О.А. Моделирование и вариантное прогнозирование развития техники. М.:Машиностроение, 2005 – 252 с.
22. Чабровский В.А. Прогнозирование развития науки и техники. - М.: Экономика, 1983. - 152 с.
23. Черняк В.З. История и философия техники. М: КНОРУС, 2006 – 576 с.
24. Янсен Ф. Эпоха инноваций. М: ИНФРА-М, 2002- 308 с.
25. Янч Эрих. Прогнозирование научно-технического прогресса. М.:Прогресс, 1974. – 586 с.

Навчальне видання

ПЕРМЯКОВ Олександр Анатолійович

ЯКОВЕНКО Ігор Едуардович

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ. Вступний курс

Навчальний посібник для студентів спеціальностей

131 «Прикладна механіка»,

133 «Галузеве машинобудування»

Роботу до видання рекомендував проф.Шелковий О.М.

Відповідальний за випуск доц. Іванова М.С.

В авторській редакції

Підп. до друку 28.03.2024.

Гарнітура TimesNewRoman. Ум. друк. арк. 10.

Видавничий центр НТУ «ХП»

Свідоцтво про державну реєстрацію серія ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
