

Лекція 1.

1.1. Організаційно-технологічні та організаційно-економічні основи планування, моделювання та верифікації процесів у ГВС

1.1.1. Сучасна концепція організації виробництва

Провідною формою організації сучасної виробничо-господарської діяльності є організація виробництва по типу гнучких виробничих систем (ГВС) за модульним принципом.

Тенденція створення ГВС, що здатні швидко переналагоджуватись відповідно до заданих умов, прогресує дуже швидко, тому, що у сучасних умовах розвитку економіки та промисловості України з її інтеграцією на світовий промисловий ринок в цілому, має переважати концепція організації виробництва для умов «ринку продавця» коли пропозиція перевищує попит. Це умови конкурентної боротьби за споживача. При цьому пріоритетними стають проблеми ефективної реалізації виготовленої продукції.

В цих умовах динамічність і невизначеність попиту на ринку роблять недоречним створення і підтримку великих запасів. Одночасно виробники дуже зацікавлені в отриманні кожного нового, навіть дрібного замовлення [3]. Все це обумовлює потребу в гнучких виробничих потужностях, які здатні швидко реагувати на кон'юнктуру попиту. При цьому запас виробничої потужності виникає при наявності якісної та кількісної гнучкості виробничих систем.

Якісна гнучкість забезпечується за рахунок наявності універсального обслуговуючого персоналу і гнучкого виробництва із застосуванням ГВС, що являють собою сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПУ, гнучких виробничих модулів та комірок (ГВМ та ГВК), окремих одиниць технологічного обладнання (ТО), систем забезпечення функціонування гнучких переналагоджуваних систем в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу. Вони (тобто ГВС) мають властивість автоматизованого переналагодження в процесі виробництва продукції довільної номенклатури або надання послуг виробничого характеру і дозволяють майже повністю виключити ручну працю при навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських роботах, здійснити перехід до малолюдної технології.

При цьому розвиток сучасного виробництва можливий лише в тому випадку, якщо воно здатне швидко змінювати асортимент і кількість продукції. Відбувається переосмислення промислової політики підприємствами, яка раніше була спрямована на вирішення завдання з розширення виробництва за рахунок наявності на складах запасів готової продукції. Сьогодні необхідно адаптуватися до змін попиту за рахунок створення запасу виробничої потужності та універсальності обладнання.

Універсальність обладнання забезпечує гнучкість виробництва і одночасно вимагає наявності професіоналізму обслуговуючого персоналу.

Запас виробничої потужності виникає при наявності якісної та кількісної гнучкості виробничих систем. Запас виробничої потужності формується під впливом великої кількості виробничо-технічних факторів. На зростання і поліпшення використання виробничої потужності впливає:

- кількісний та якісний склад діючого та резервного (бездіючого) обладнання;
- раціональне розташування обладнання з метою поліпшення його використання та умов праці верстатників;
- рівень механізації та автоматизації виробничих процесів;
- досконалість діючих технологічних процесів (ТП);
- досконалість технологічності конструкції об'єктів виробництва (ОВ), їх стандартизація та уніфікація ТП;
- час роботи ТО, зокрема час простою обладнання, коефіцієнти змінності і завантаження обладнання;
- рівень кваліфікації робітників.

Таким чином якісна гнучкість забезпечується за рахунок наявності універсального і професійного обслуговуючого персоналу і гнучкого виробництва.

Особливу увагу при цьому необхідно приділяти нормам витрат, які мають суттєвий вплив на вартість продукції. Норми витрат матеріальних ресурсів – це максимально допустима кількість сировини, матеріалів, палива, що витрачається на виготовлення одиниці продукції певної якості і виконання технологічних операцій.

1.1.2. Види гнучкості

Гнучкість є здатністю виробничої системи оперативно адаптуватися до зміни умов функціонування з мінімальними витратами або взагалі без витрат.

Гнучкість є здатністю виробничої системи оперативно адаптуватися до зміни умов функціонування з мінімальними витратами або взагалі без витрат. Гнучкість є одним з ефективних засобів забезпечення стійкості виробничого процесу.

Гнучкість може забезпечуватися різними способами, що приведені нижче.

Гнучкість верстатної системи (гнучкість обладнання). Вона відображає тривалість і вартість переходу на виготовлення чергового найменування деталей (напівфабрикатів) в межах закріпленого за ГВС асортименту. Показником цієї гнучкості прийнято вважати кількість найменувань деталей, що виготовляються в проміжках між налагодженнями.

Асортиментна гнучкість. Вона відображає здатність виробничої системи до оновлення продукції. Її основними характеристиками є терміни і вартість підготовки до виробництва нового найменування деталей (напівфабрикатів) або нового комплексу логістичних операцій.

Показником асортиментної гнучкості є максимальний коефіцієнт оновлення продукції або комплексу логістичних операцій, при якому функціонування виробничої системи залишається економічно ефективним.

Технологічна гнучкість. Це структурна і організаційна гнучкість, яка відображає здатність виробничої системи використовувати різні варіанти технологічного процесу для згладжування можливих відхилень від попередньо розробленого графіку виробництва.

Гнучкість обсягів виробництва. Вона проявляється у здатності виробничої системи раціонально виготовляти деталі (напівфабрикати) в умовах динамічності розмірів партій запуску.

Основним показником гнучкості обсягів виробництва є мінімальний розмір партії (матеріальних потоків), при якому функціонування даної системи залишається економічно ефективним.

Гнучкість розширення системи. Інакше її називають **конструктивною гнучкістю** виробничої системи. Вона відображає можливість модулювання даної системи, її подальшого розвитку (розширення). За допомогою конструктивної гнучкості реалізуються можливості об'єднання декількох підсистем в єдиний комплекс.

Показником конструктивної гнучкості є максимальна кількість одиниць обладнання, яке може бути задіяне в ГВС при збереженні основних проектних рішень з транспортно-складської системи і системи управління.

Універсальність системи. Даний вид гнучкості характеризується безліччю деталей (напівфабрикатів), які потенційно можуть бути оброблені в ГВС. Оцінкою універсальності системи є прогнозна кількість модифікацій деталей (напівфабрикатів), які будуть оброблені в ГВС за весь період її функціонування. Кожна ГВС розробляється для задоволення потреб і стратегії конкретного підприємства. Тому вона є спеціалізованою не тільки за своїм технологічним призначенням, але і за всім спектром виробничо-господарських завдань.

Найважливішою інтегруючою системою в сфері основного виробництва є автоматизована транспортно-складська система (АТСС). По суті, завдяки їй забезпечується функціонування ГВС.

1.3. Сучасні типи виробництва їх техніко-економічні характеристики

Тип виробництва визначається комплексною характеристикою технічних, організаційних та економічних особливостей виробництва, обумовлених широтою номенклатури, регулярністю, стабільністю та обсягом випуску продукції.

Основним показником, що характеризує тип виробництва, є коефіцієнт закріплення операцій K_{30} . Коефіцієнт закріплення операцій для групи робочих місць визначається як відношення числа всіх різних технологічних операцій, які виконані або підлягають виконанню протягом місяця, до кількості робочих місць:

$$K_{30} = \sum O_i / P,$$

де O_i – кількість операцій, що виконуються на i -му робочому місці;

P – кількість робочих місць на ділянці або цеху.

Відповідно до цього існує п'ять типів виробництв в залежності від кількості видів кінцевої продукції та обсягу випуску в натуральних показниках.

I тип. Одиначне виробництво. До нього належать підприємства, що випускають складні вироби на замовлення. Одиначне виробництво відрізняє потенційно велика різноманітність продукції та її штучний випуск. Таке виробництво характеризується універсальним устаткуванням (верстати з ЧПУ, обробні центри, ПР, ГВК і ГВС) і висококваліфікованим персоналом (наладчики і верстатники широкого профілю).

Коефіцієнт закріплення операцій для одиначного виробництва звичайно є більшим 40.

Особливість організації одиначного виробництва полягає у тому, що через велике різноманіття ОВ, порядку і способів їх обробки виробничі ділянки будуються за технологічним принципом з розстановкою обладнання за однорідними групами. При такій організації виробництва деталі в процесі виготовлення проходять через різні ділянки. Тому при передачі їх на кожну наступну операцію (ділянку) необхідно ретельно опрацювати питання контролю якості обробки, транспортування, визначення робочих місць для виконання наступної операції. При цьому особливості оперативного планування і управління полягають у своєчасній комплектації та виконанні замовлень, контролю за просуванням кожної деталі по операціях, забезпеченні планомірного завантаження ділянок і робочих місць.

Для підприємств, у яких переважає одиначний тип виробництва, характерними є відносно висока трудомісткість виробів і великий обсяг незавершеного виробництва внаслідок тривалого пролежування деталей між операціями. Структура собівартості виробів відрізняється високою часткою витрат на заробітну плату. Ця частка, як правило, становить 20-25%.

II, III та IV тип – це різні варіанти **серійного виробництва**, що характеризується виготовленням чи ремонтом виробів періодично повторюваними партіями.

Залежно від кількості виробів у партії чи серії і значення коефіцієнта закріплення операцій розрізняють: **дрібносерійне** (II тип), **середньосерійне** (III тип) і **багатосерійне** (IV тип) виробництво. Коефіцієнт закріплення операцій для

- **дрібносерійного** виробництва від 21 до 40 (включно),
- **середньосерійного** виробництва - від 11 до 20 (включно),
- **багатосерійного** виробництва - від 1 до 10 (включно).

Чим вища серійність, тим нижчою є універсальність обладнання і вужчою є спеціалізація робітників. Кількість видів готової продукції є нижчим, випуск – значним.

Для організації серійного виробництва характерним є те, що цехи, як правило, мають у своєму складі предметно замкнуті ділянки, обладнання на яких поставлено по ходу типового технологічного процесу. В результаті виникають порівняно прості зв'язки між робочими місцями і створюються передумови для організації прямогочного переміщення деталей в процесі їх виготовлення.

Відмітна особливість серійного виробництва полягає у тому, предметна спеціалізація ділянок робить доцільною обробку партії деталей паралельно на декількох верстатах, що виконують наступні одну за одною операції. Як тільки на попередній операції закінчується обробка декількох перших деталей, вони передаються на наступну операцію до закінчення обробки всієї партії.

Таким чином, в умовах серійного виробництва стає можливою паралельно-последовна організація виробничого процесу.

Для підприємств серійного виробництва характерні значно менші, ніж в одиничному, трудомісткість і собівартість виготовлення виробів. У серійному виробництві, порівняно з одиничним, вироби обробляються з меншими перервами, що знижує обсяги незавершеного виробництва.

V тип – масове виробництво відрізняє мінімальна кількість видів продукції, що випускається, і максимальні обсяги випуску, на більшості робочих місць виконується одна робоча операція. Коефіцієнт закріплення операцій для масового виробництва приймається рівним 1. На такому виробництві використовується спеціалізоване обладнання, конвеєри, конвеєрні лінії, технологічні комплекси.

Технологічні процеси механічної обробки розробляються більш ретельно, за переходами. За кожним верстатом закріплюється відносно невелика кількість операцій, що забезпечує найбільш повне завантаження робочих місць. Устаткування розташовується ланцюжком по ходу технологічного процесу окремих деталей. Робочі спеціалізуються на виконанні однієї або двох операцій. Деталі з операції на операцію передаються поштучно. В умовах масового виробництва зростає значення організації міжопераційного транспортування, технічного обслуговування робочих місць. Постійний контроль за станом різального інструменту, пристосувань, устаткування – одна з умов забезпечення безперервності процесу виробництва, без якого неминуче порушується ритмічність роботи на ділянках і у цехах. Необхідність підтримки заданого ритму у всіх ланках виробництва стає відмінною особливістю організації процесів при масовому виробництві.

У розвитку сучасного промислового виробництва відзначені тенденції зменшення сфери масового і багатосерійного виробництва. Це призводить до збільшення кількості малих і середніх підприємств. Відповідно відбувається технічне переоснащення виробництва на універсальне устаткування, ГВС. Виробники отримують все більше замовлень на виробництво невеликих партій і навіть одиничних виробів. При цьому з боку покупця все частіше висувається вимога задовольнити потребу за мінімально коротким терміном (добу, годину) з високим ступенем гарантії.

1.2. Короткі теоретичні відомості щодо складу гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем (ГКІС) та гнучких виробничих систем (ГВС)

1.2.1. Загальні положення

Сучасний етап розвитку промисловості та економіки України значною мірою визначається технологічним рівнем автоматизації процесів наукових досліджень, проектування, технологічної та економічної організації, а також підготовки виробництва. Значна роль у цьому належить гнучким комп'ютерно-інтегрованим системам (ГКІС), центральною частиною яких є гнучкі виробничі системи (ГВС), побудовані на базі гнучких виробничих модулів (ГВМ) та гнучких виробничих комірок (ГВК), необхідним та обов'язковим компонентом яких є промислові роботи (ПР).

ГКІС – складна система, у якій інтегроване технологічне обладнання, різне пристосування, засоби автоматизації та обчислювальної техніки. Інформаційна інтеграція у ГКІС досягається шляхом створення та використання загальних баз даних (БД) або баз знань (БЗ), які дозволяють більш ефективно вирішувати питання розробки і проектування виробів, підготовки виробництва, планування та управління виробництвом, вирішення задач матеріально-технічного забезпечення, охоплюючи всі процеси підприємства.

ГКІС включає функціональні взаємопов'язані системи, послідовність розташування яких в організаційно-функціональній структурі ГКІС (див. рис. 1.1.1) відображає етапи функціонування циклу „дослідження – проектування – технологічна підготовка – виробництво” при розробці нових конструкцій, вузлів, систем, коли необхідно проаналізувати не тільки їх втілення в металі, але і саму ідею створення виробу. Складові ГКІС наступні:

– **АСНД – автоматизована система наукових досліджень.** Залучається на етапі дослідження при розробці нових виробів і дозволяє різко підвищити ефективність та якісні показники створюваних конструкцій і систем. Метою роботи цієї системи є аналіз можливості втілення ідеї нового виробу та вироблення концепції його створення. Результатом роботи АСНД є формування технічного завдання (ТЗ) та ескізного проекту (ЕП);

– **САПР – система автоматизованого проектування.** Система, що застосовується на етапі проектування виробництва і забезпечує автоматизацію процесу конструювання нових виробів з формуванням конструкторської документації (КД) технічних і робочих проектів виробів. Процес конструювання полягає у проведенні різних розрахунків об'єктів і систем, дослідженні їх

динамічних, геометричних та інших властивостей, моделюванні роботи виробу в умовах зміни зовнішнього середовища (імітаційне моделювання), виготовлення креслень, специфікацій, розмноження технічної документації. При роботі з САПР використовується БЗ, яку складають методики, випробувані раніше на підприємствах, довідково-нормативні матеріали, різні алгоритми. Використання БЗ в металообробці дає можливість здійснювати автоматизовану розробку ТП, автоматизований вибір і проектування інструментів та оснащення, складання послідовності обробки виробів на технологічному обладнанні (ТО), розробку управляючих програм обробки виробів на ТО з числовим програмним управлінням (ЧПУ);

– **АСТПВ** – **автоматизована система технологічної підготовки виробництва**. Система, що застосовується на етапі проектування і безпосередньо зв'язана з виготовленням продукції. Цю систему використовують для відпрацювання конструкції виробу на технологічність, розробки ТП виготовлення і контролю складання виробу. Застосування системи дозволяє визначити необхідні технологічні операції та відповідне устаткування, на якому вони будуть здійснюватись, з метою пошуку раціональних технологічних маршрутів виконання технологічних операцій. Крім цього проводиться нормування витрат ресурсів і режимів роботи устаткування;

– **ГВС** – **гнучка виробнича система**. Використовується на етапі виробництва і є центральною частиною ГКІС. ГВС побудована на базі гнучких виробничих модулів (ГВМ), основою яких є промислові роботи (ПР), містить різне технологічне обладнання, , АСТПВ та системи забезпечення функціонування, управляється засобами обчислювальної техніки та має властивість автоматизованого переналадження при зміні програми виробництва виробів, різновиди яких обмежені технологічними можливостями обладнання;

– **АСУВ** – **автоматизована система управління виробництвом**. Це багаторівнева автоматизована система управління організаційно-економічного класу, мета якої координувати і синхронізувати роботу всіх функціональних елементів ГКІС в інтегрованому виробництві для реалізації найбільш ефективного управління технологічними режимами виробничих ланок, диспетчеризації матеріальних потоків і планування процесу виробництва.

ГКІС: склад, структура, функціональні зв'язки

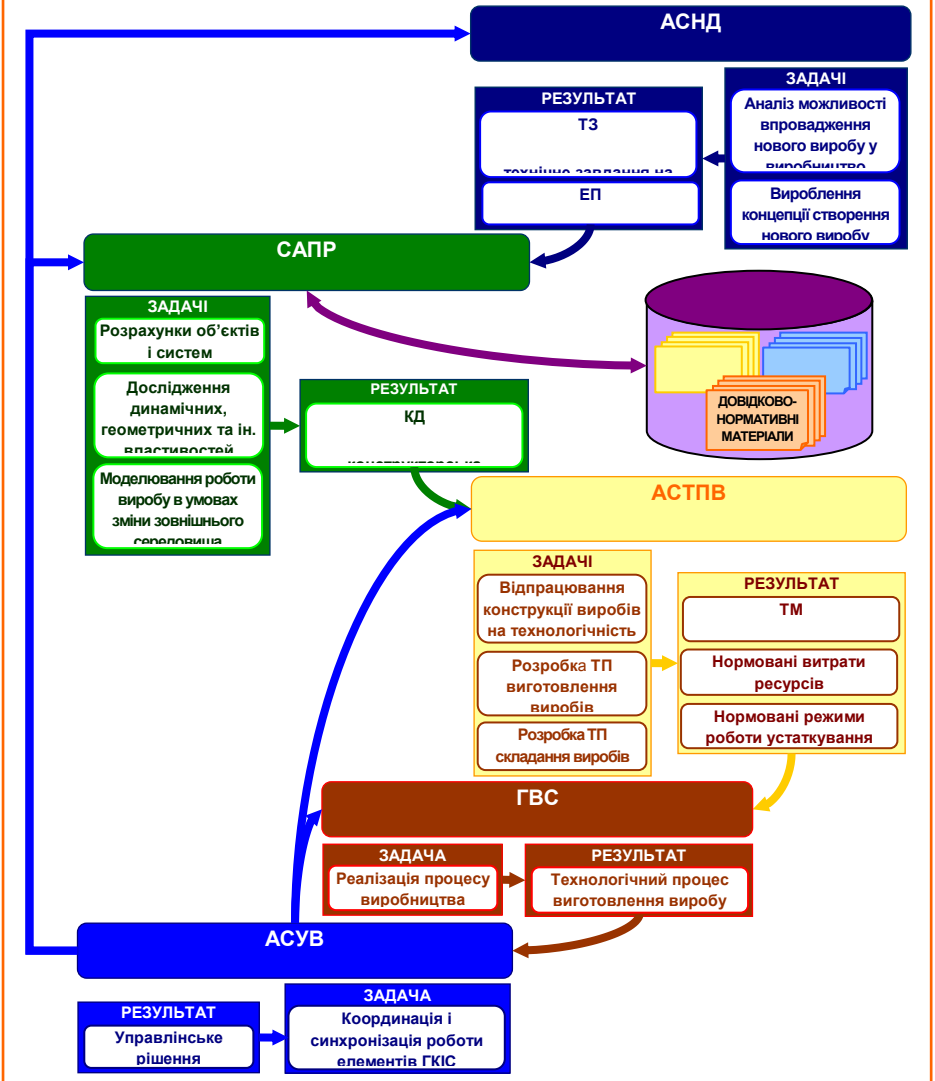


Рис. 1.2.1. Організаційно-функціональна структура ГКІС



ГВС – це сукупність у різних поєднаннях устаткування з числовим програмним управлінням, ГВК, виробничих модулів (ГВМ), окремих одиниць ТО і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, що має властивість автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик.

Під ГВС розуміють виробничу структуру (лінію, дільницю, цех, завод), що функціонує на основі безлюдної/малолюдної технології, робота усіх виробничих компонентів якої координується як єдине ціле з багаторівневою системою управління, яка забезпечує швидку зміну програм функціонування компонентів ГВС при переході на випуск нової продукції.

ГВС містить взаємопов'язані функціональні підсистеми (рис. 1.2.2):

- технологічну підсистему, що складається з комплексів:
 - ❖ *основного технологічного обладнання* (ОТО), на якому виконуються основні технологічні операції, наприклад, свердлування, точіння, пресування, слюсарно-складальні операції, операції клепання, склеювання тощо;
 - ❖ *допоміжного технологічного обладнання* (ДТО), на якому виконуються допоміжні технологічні операції, що направлені на упорядкування виробничого середовища. До складу допоміжних технологічних операцій, що виконуються на ДТО і забезпечують виконання основних технологічних операцій, що виконуються на ОТО відносять операції транспортування об'єктів виробництва (ОВ) до місця їх обробки, відсікання ОВ від загального потоку, орієнтування, позиціонування, встановлення/зняття ОВ на/з ТО;
 - ❖ *промислових робіт* (ПР), що використовуються у виробничому процесі для виконання рушійних функцій, аналогічних функціям людини, при переміщенні предметів виробництва та/або технологічного оснащення;
- підсистему управління, що складається з організаційно-технічних АСУ та автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП);
- сервісну підсистему, що призначена для діагностики і ремонту ТО;
- підсистему підготовки виробництва, що призначена для підготовки ТП, управляючих програм (УП) до ТО з ЧПУ, інструментів та пристроїв.



Об'єкти виробництва (ОВ) – деталі, складальні одиниці, комплектуючі вироби, з якими взаємодіють ПР та інше технологічне обладнання.

Загалом аналіз діючих ТП, зокрема ТП механічної обробки різанням, показав, що від 20 до 70% допоміжного часу для дрібних і середніх деталей і від 50 до 70% для великих деталей займають допоміжні технологічні операції, автоматизація яких дозволяє скоротити цей час. Тому у сучасних умовах розвитку промисловості та економіки України значною мірою розширюються сфери використання ПР як гнучких засобів автоматизації ТП.

Автоматизація ТП в цілому можлива при функціональній взаємодії ПР, ОТО та ДТО, що упорядковує виробниче роботизоване середовище (див. рис. 1.2.3).

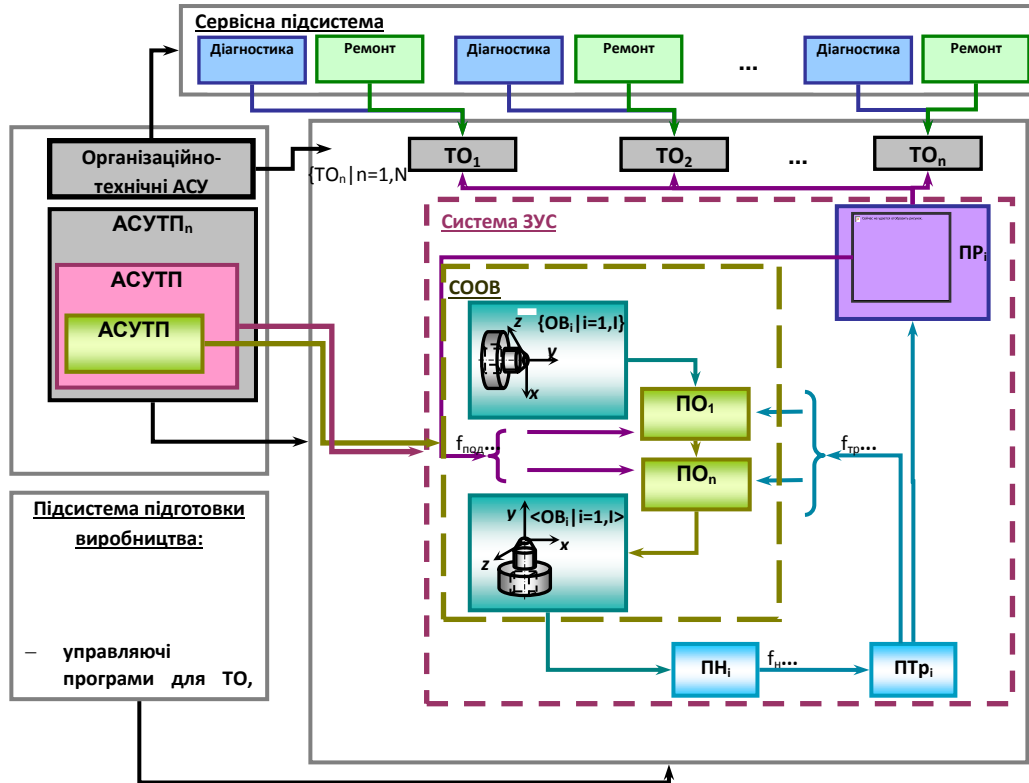


Рис. 1.2.2. Організаційно-функціональна структура ГВС: ЗУС – система засобів упорядкування середовища; СООВ – система упорядкування об'єктів виробництва; ОВ – об'єкти виробництва; ПН – пристрої накопичення; ПТр – пристрої транспортування; ПО – пристрої орієнтування; ПР – промислові роботи; ТО – технологічне обладнання; ПОП та КОП – початкове та кінцеве орієнтоване положення ОВ відповідно

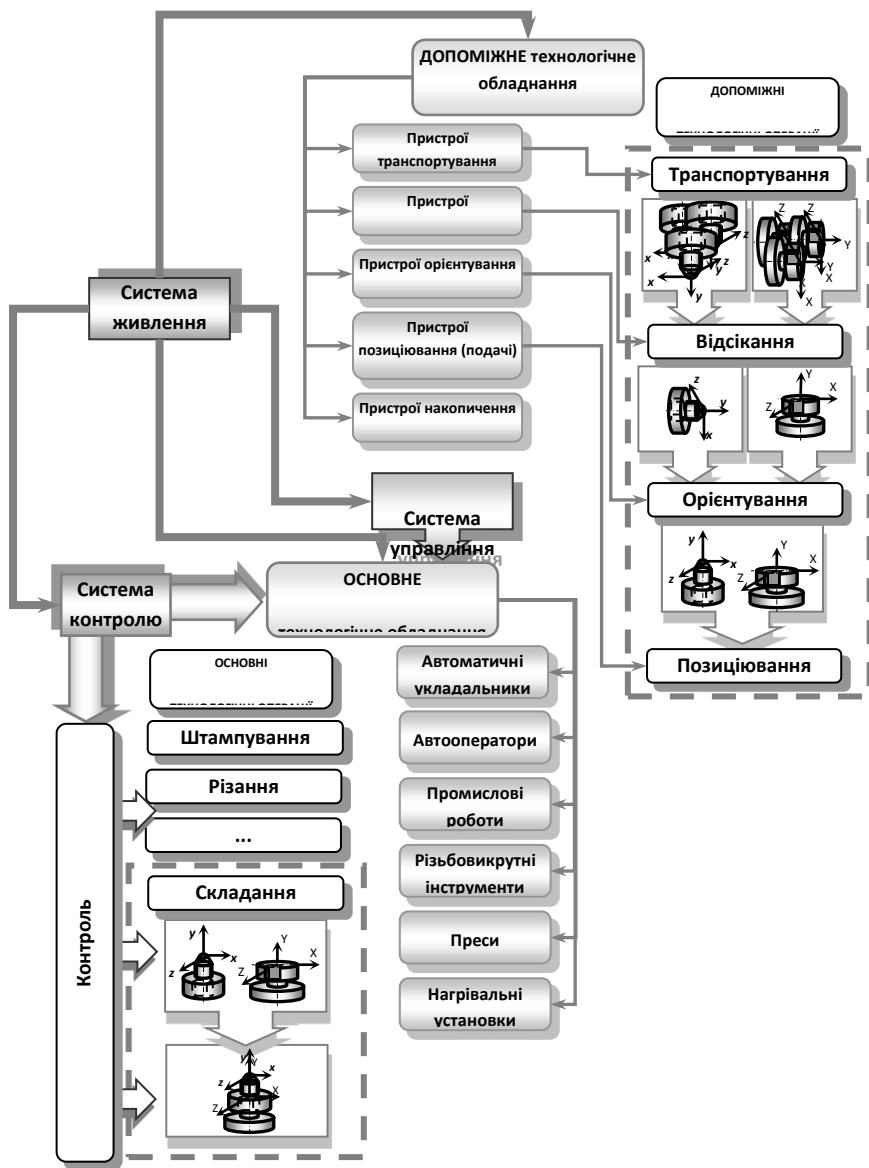


Рис. 1.2.3. Структура та склад автоматизованого ТП

Виробниче роботизоване середовище утворюють ОВ, технологічне оснащення, тара, комплектуючі тощо. Під **упорядкуванням виробничого роботизованого середовища** розуміють деяке оптимальне та раціональне розміщення ОВ, що дозволяє досягти максимальної продуктивності праці, зменшення витрат часу при виробництві і, як результат, підвищення якості виготовленої продукції та ефективності роботи підприємства в цілому.

Упорядкування роботизованого середовища дозволяє зменшити ступінь невизначеності по відношенню до ОВ за рахунок забезпечення інформації про їх параметри (тип, положення, орієнтацію). Упорядкування роботизованого середовища забезпечується або оснащенням ПР системами відчуття (при цьому підвищується універсальність ПР), або застосуванням ЗУС – спеціальних автоматичних пристроїв, які виконують певні функції процесу упорядкування ОВ, з якими взаємодіє ПР (при цьому підвищується спеціалізація виробничої системи).

При проектуванні автоматизованого виробництва на базі ПР та технологій, що реалізуються на них, на сьогодні виділились два основних напрямки, що відрізняються принципом упорядкування ОВ, а також ступенем універсальності та автоматизації ПР (рис. 1.2.4).

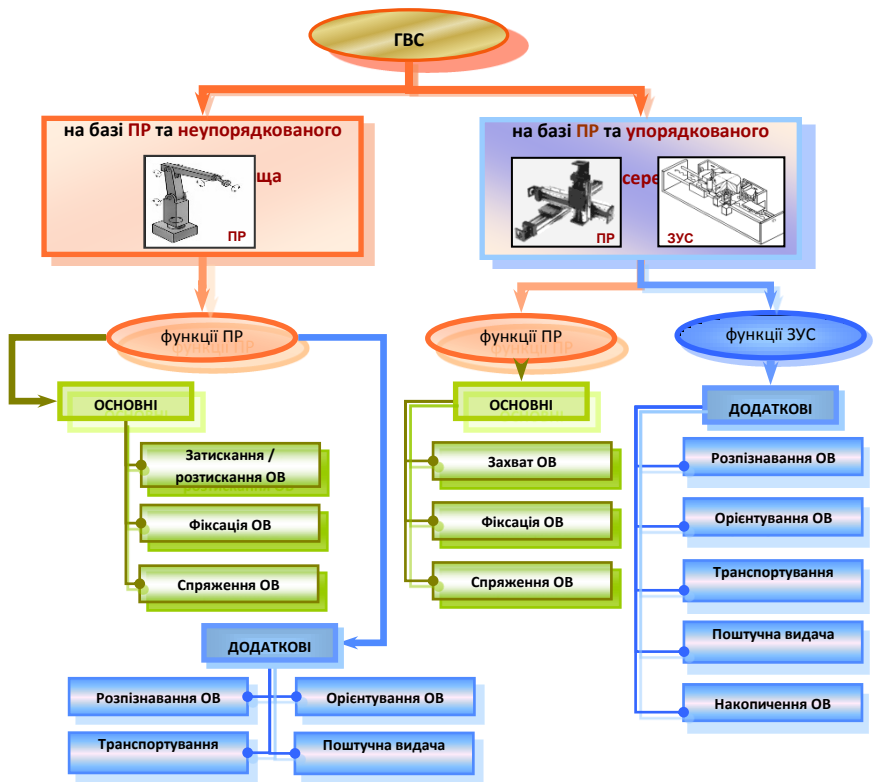


Рис. 1.2.4. Основні напрямки створення ГВС