

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

**Конспект лекцій
для студентів спеціальності «Прикладна механіка»**

Затверджено
на засіданні методичної ради
Протокол № від

Краматорськ
ДДМА
2020

Технологічні основи гнучких виробничих систем: конспект лекцій для студентів спеціальності «Прикладна механіка» всіх форм навчання. / Уклад. В. І. Тулупов, В.С. Медведєв. – Краматорськ: ДДМА, 2020. - 94 с

Конспект лекцій розроблений на підставі робочої програми з дисципліни «Технологічні основи ГВС». Містить теоретичні основи проектування виробничих процесів в ГВС і їх моделювання для отримання оптимальних структурно-компонувальних варіантів ГВС. Дані необхідні відомості по системам забезпечення працездатності ГВС. Розглянуто питання розробки технологічних процесів. Надані рекомендації щодо самостійного вивчення дисципліни.

Укладачі В.І. Тулупов, доц.
 В.С. Медведєв ст. викл.

Відп. за випуск С. В. Ковалевський, проф.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЙ У ГВС	6
1.1 Основні характеристики ГВС і тенденції його розвитку	7
<i>1.1.1 Класифікація ГВС</i>	7
<i>1.1.2 Область застосування ГВС</i>	12
1.2 Структура побудови та принципи ГВС	14
<i>1.2.1 Функціональна структура ГВС</i>	14
<i>1.2.2. Основоположні принципи ГВС</i>	16
<i>1.2.3. Гнучкість ГВС</i>	17
1.3. Моделювання ГВС	21
<i>1.3.1 ГВС - об'єкт моделювання</i>	21
<i>1.3.2 Стратегічне моделювання</i>	25
<i>1.3.3 Класифікація математичних моделей</i>	26
<i>1.3.4 Формалізація виробничого процесу</i>	29
1.4 Засоби моделювання	31
<i>1.4.1 Мережі Петрі</i>	31
<i>1.4.2 Теорія систем масового обслуговування</i>	33
<i>1.4.2.1 Рівняння Колмогорова для ймовірностей станів</i>	36
<i>1.4.2.2 Формула Літтла</i>	39
<i>1.4.2.3 Побудова моделей на основі теорії СМО</i>	42
<i>1.4.2.4 Багатоканальна СМО з відмовами</i>	43
<i>1.4.2.5 Одноканальна СМО з необмеженою чергою</i>	44
МОДУЛЬ 2. СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГВС	49
2.1 Технологічна система та обладнання ГВС	50
2.2 Технічні системи забезпечення працездатності ГВС	57

2.2.1 Автоматизована транспортно-складська система.....	58
2.2. 2. Автоматизована система інструментозабезпечення.....	63
2.2. 3. Автоматизована система збирання відходів.....	64
2.3 ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГВС.....	67
2.3.1 Автоматизована система управління.....	68
2.3.2 Автоматизована система контролю.....	73
2.3.3 Автоматизована система технологічної підготовки виробництва.....	80
2.3.4 Автоматизована система наукових досліджень.....	83
МОДУЛЬ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ	
І ПРОЕКТУВАННЯ ГВС.....	85
3.1 Розробка технологічних процесів в ГВС.....	86
3.1.1 Вибір деталей для обробки в ГВС.....	86
3.1.2 Структура маршрутного технологічного процесу.....	88
3.1.3 Структура операційного технологічного процесу.....	90
3.2 Розробка проекту ГВС.....	91
3.2.1 Передпроектний аналіз виробництва.....	91
3.2.2 Принципи компонування устаткування в ГВС.....	93
3.2.3 Технічне завдання на проектування ГВС.....	95
ЛІТЕРАТУРА.....	98

ВСТУП

В ході вивчення дисципліни «Технологічні основи гнучких виробничих систем» (ТО ГВС) студенти повинні освоїти теорію і набути необхідних навичок в проектуванні технологічних процесів в гнучких виробничих системах. Ці знання дозволять йому на виробництві ефективно застосовувати методи збільшення кількості і якості продукції, що випускається при збереженні необхідної чисельності обслуговуючого персоналу, а також ці знання будуть потрібні при виконанні дипломного проекту. Студентам необхідно засвоїти, що автоматизація виробництва є головним сучасним напрямком розвитку всіх галузей народного господарства.

При вивченні модуля 1 студенти повинні освоїти теоретичні основи проектування виробничих процесів в ГВС. Вивчити то, що використовуються засоби автоматизації розрізняють за своїми технічними і технологічними можливостями і призначенням. Так, в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництв застосовуються верстати з ЧПУ, гнучкі виробничі модулі (ГВМ), гнучкі виробничі системи (ГВС), а в умовах великосерійного і масового виробництв застосовуються автомати, автоматичні лінії (АЛ), автоматичні роторні і роторно- конвеєрні лінії (АРЛ і АРКЛ). Кожне з них має свої раціональні області застосування, щоб забезпечити отримання найбільшого економічного ефекту.

Необхідно вивчити сучасні методи розрахунку і моделювання виробничих процесів в ГВС. Так теорія систем є головним математичним інструментом при проектуванні ГВС. Ці знання допоможуть проектувати ефективні структурно-компонувальні варіанти побудови гнучких виробничих ділянок, цехів і заводів.

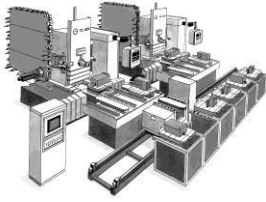
При вивченні модуля 2 студенти повинні освоїти призначення, функції і розрахунки систем забезпечення працездатності ГВС. Необхідно засвоїти, що відсутність хоч би однієї з систем призводить до порушень основоположних принципів ГВС, і, як результат, до зниження ефективності її застосування.

При вивченні модуля 3 студенти повинні освоїти проектування гнучких автоматизованих дільниць. Набути знання та навички в проектуванні технологічних процесів для умов ГВС. Освоїти проектування компоновок гнучких автоматизованих ділянок.

Знання повинні бути підкріплені вміннями:

- формулювати вихідні дані для проектування ГАВ;
- моделювання структур і компоновок ГАВ з використанням ЕОМ;
- розробляти технологічні процеси для умов «безлюдного виробництва».

МОДУЛЬ 1



ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЙ У ГВС

1.1 Основні характеристики ГВС і тенденції його розвитку

1.1.1 Класифікація ГВС

В даний час розроблений комплекс нормативної документації, спрямований на створення єдиної методичної основи ГВС. ГОСТ 26228-85 в якості узагальнюючого використовується термін «Гнучка виробнича система», під яким розуміється сукупність металообробного і допоміжного обладнання (транспортного, накопичувального, вантажно-розвантажувального та ін.), Забезпеченого засобами і системами забезпечення його функціонування в автоматичному режимі. Як правило, обладнання ГВС має систему ЧПУ, а в якості керуючого обчислювального комплексу використовують ЕОМ різного рівня.

Особливість ГВС полягає в тому, що обладнання ГВС протягом заданого періоду часу може працювати в автоматичному режимі, т. Е. З обмеженою участю обслуговуючого персоналу (так званий безлюдний режим роботи). Переналагодження обладнання на виготовлення нової продукції здійснюють в автоматизованому (за участю людини) режимі. Наявність систем забезпечення працездатності дозволяє здійснювати переналагодження обладнання з малими втратами часу. Такі виробничі системи мають властивість швидкого переналагодження, в силу чого вони отримали назву гнучкі виробничі системи.

Необхідно усвідомити, що гнучкі виробничі системи є особливою формою будь-якого з п'яти типів виробництва. Вони створювалися для автоматизації дрібносерійного виробництва. Однак, принципи, закладені в ГВС, дозволили їм поширитися в інші типи виробництв.

Першим етапом в автоматизації дрібносерійного виробництва стала поява верстатів з числовим програмним управлінням, які дозволяють швидко переходити на обробку інших деталей шляхом зміни керуючих програм, оснащення та інструментальних налагоджень. Заміна універсальних металорізальних верстатів верстатами з ЧПУ дозволила в 5 разів зменшити трудомісткість виготовлення деталей. Однак залишилося досить багато ручних операцій, пов'язаних з переходом на обробку нових виробів. Скорочення втрат допоміжного часу і підвищення ефективності верстатів з ЧПУ досягнуто шляхом введення технічних і інформаційних засобів. Так верстати оснащуються: автоматичними пристроями подачі

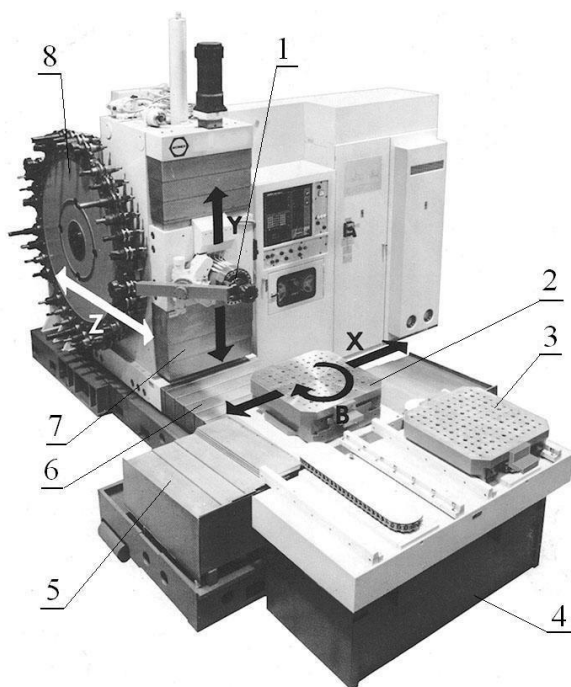
заготовок на стіл, інструментальними магазинами з великою кількістю інструментів, пристроями видалення відходів. Інформаційні засоби забезпечують управління системами ЧПУ, зв'язок з центральною ЕОМ, контроль технічних систем і процесів механічної обробки, технологічну підготовку виробництва.

Подальше вдосконалення виробництва визначило створення ГВС, в яких в якості технологічного обладнання застосовуються гнучкі виробничі модулі (ГВМ). Відповідно до ГОСТ 26228-85 під ГВМ розуміють одиницю технологічного обладнання, оснащену системою ЧПУ або будь-яким іншим пристроєм програмного керування, що функціонує як самостійно, так і в складі ГВС; при цьому всі функції, пов'язані з виготовленням деталей, повинні здійснюватися автоматично.

ГВМ в порівнянні з верстатами з ЧПУ характеризуються:

- високою точністю, а також підвищеною надійністю всіх систем, що виключає постійну присутність оператора;
- високою продуктивністю роботи;
- наявністю засобів контролю якості та технічної діагностики;
- можливістю вбудовуватися в ГВС шляхом зв'язку з ЕОМ верхнього рівня.

Свердлильно-фрезерно-розточувальний ГВМ представлений на рисунку 1.1.



1 - шпиндель; 2 - поворотний стіл зі столом супутником; 3 - стіл-супутник; 4 - накопичувач; 5 - напрямна для переміщення столу по осі X; 6 - напрямна для переміщення столу по осі Z; 7 - напрямна для переміщення шпинделя по осі Y; 8 - інструментальний магазин.

Рисунок 1.1 - Гнучкий виробничий модуль

Технічні можливості обладнання ГВС постійно вдосконалюються, а їхні технологічні можливості розширюються. Різні системи в ГВМ дозволяють здійснювати: автоматичну зміну заготовок, інструменту та вимірювальних пристроїв; автоматичний відвід стружки із зони різання і подачу МОР; роботу за програмою ЧПУ. Тому гнучкі виробничі модулі отримали коротку назву - обробний центр (ОЦ).

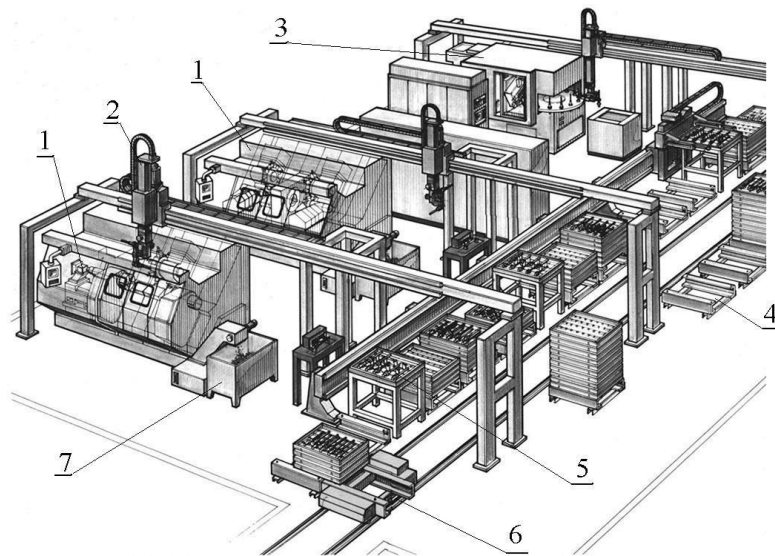
У сучасному верстатобудуванні спостерігаються тенденції створення широкої гама ГВМ з високим ступенем автоматизації та надійності. Саме розробка гнучких виробничих модулів різного технологічного призначення дозволяє вирішити проблему повсюдного впровадження ГВС і принципів гнучких технологій.

ГВС має порівняно великий виробничої та структурної гнучкістю, що виражається в можливості автоматичного переходу на обробку будь-якої освоєної деталі і функціонування при відмові окремих елементів. ГВС може автоматично функціонувати в другу і третю зміни при обмеженій кількості персоналу.

Класифікацію ГВС визначає ГОСТ 26962-86 за такими ознаками:

1 З організаційних ознак ГВС поділяють на гнучкі автоматизовані ділянки (ГАД), гнучкі автоматичні лінії (ГАЛ), і гнучкі автоматизовані цехи (ГАЦ).

Гнучка автоматизована ділянка (ГАД) - це ГВС, що складається з ГВМ, об'єднаних автоматизованою системою управління, в якій на відміну від ГАЛ передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного обладнання (рис.1.2).

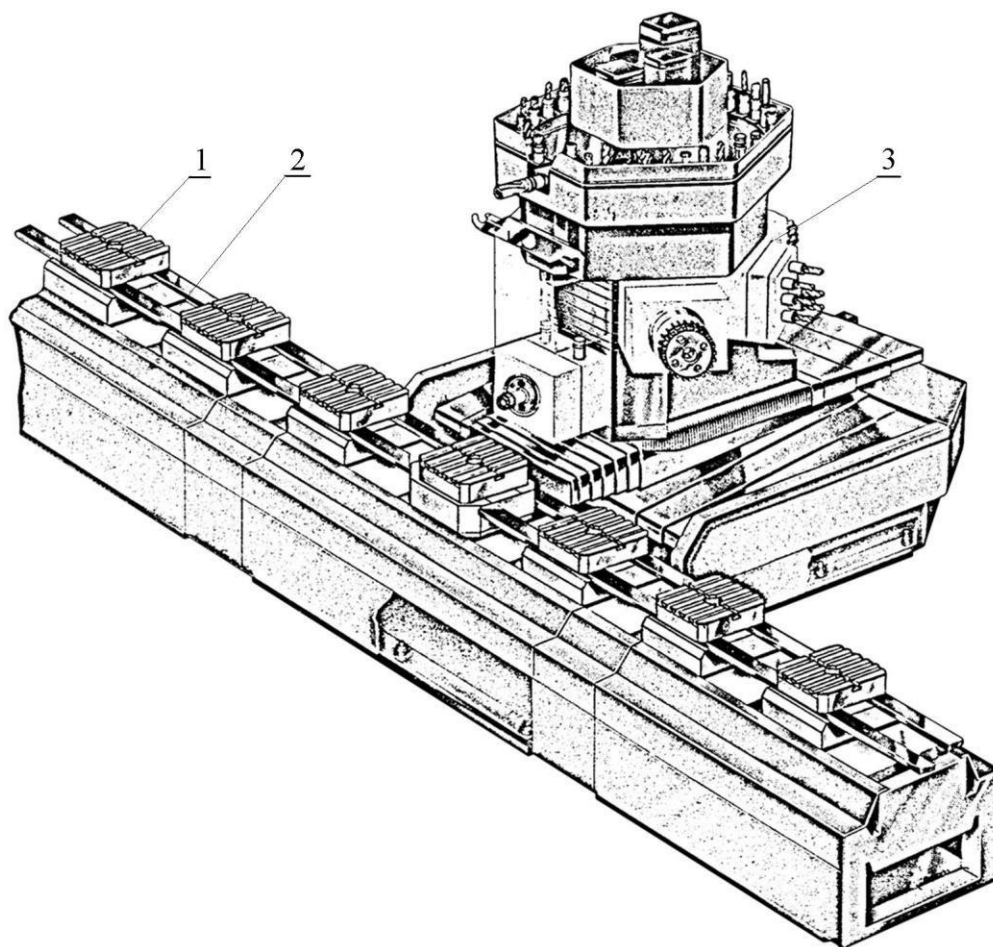


1 - токарний ГВМ; 2 - портальний робот; 3 - свердлильно-фрезерно-розточувальний ГВМ; 4 - склад; 5 - міжопераційний накопичувач; 6 - рейковий транспортний візок

Рисунок 1.2 - Гнучка автоматизована ділянка

До складу ГАД можуть додатково входити окремо функціонуюче технологічне обладнання, яке не пов'язане з іншою системою управління або загальної транспортною системою, а також неавтоматизовані робочі місця для виконання окремих ручних операцій. Наприклад, завантаження-вивантаження оброблюваних заготовок на пристосування-супутники може виконуватися вручну, а доставка супутників з заготовками на верстати і закріплення їх в робочій зоні верстата – автоматично.

Гнучка автоматизована лінія (ГАЛ) – це ГВС, що складається з гнучких виробничих модулів з ЧПУ або з обладнання, керованого програмованими контролерами, об'єднаного єдиною автоматизованою системою управління (рис. 1.3).



1 - стіл-супутник; 2 - транспортна система; 3 - блок з шести шпинделів

Рисунок 1.3 - Гнучка автоматизована лінія

Структурною особливістю ГАЛ є розташування технологи-го обладнання в прийнятій послідовності технологічних операцій. Відмінність від традиційних автоматичних ліній полягає в тому, що на ГАЛ можна обробляти заготовки, номенклатура яких була заздалегідь відома в період створення ГАЛ. Однак ці заготовки за своїми типорозмірів і характеру обробки однотипні і відповідають технічним можливостям обладнання

ГАЛ. На ГАЛ оброблювані заготовки переміщуються в транспортній системі тільки за заздалегідь визначеними маршрутами. При цьому гнучкість виробництва забезпечується за рахунок застосування верстатів з ЧПУ, можливості зміни на верстатах окремих агрегатів, вузлів і багатошпиндельних головок, повороту оброблюваної заготовки на 360 ° в транспортній системі та інших заходів.

До складу ГАД і ГАЛ можуть входити роботизовані технологічні комплекси (РТК). До складу РТК входять технологічне обладнання (верстати), промисловий робот (ПР) і додаткові засоби оснащення комплексу, наприклад, магазин заготовок, тактовий стіл та ін. Однак їх застосування в умовах розвитку автоматизації знижується. Це пов'язано зі слабким застосуванням в РТК інформаційних систем.

Гнучкий автоматизований цех (ГАЦ) – це ГВС, що представляє собою в різних поєднаннях сукупність ГАЛ, ГАД, РТЛ, РТУ і окремих одиниць технологічного обладнання (в тому числі ГВМ) для виготовлення виробів заданої номенклатури.

Гнучкий автоматизований завод (ГАЗ) – це комплексна виробнича система, що складається з ГАЦ, ГАЛ, ГАД та інших підрозділів, оснащених багатоцільовим і іншим технологічним обладнанням, що працює в режимі малолюдної або безлюдної технології. У ГАЗ зазвичай використовують сучасні передові технологічні процеси обробки. Неодмінною умовою ГАЗ є наявність апаратних засобів і програмного забезпечення для проектування продукції, виробничого планування, виготовлення, контролю і управління виробництвом.

2 За функціональним призначенням і комплексності через виготовлених виробів ГВС поділяють на:

- операційні - призначені для виконання однорідних технологічних операцій, які є частиною комплексного технологічного процесу обробки певної групи заготовок (валів, корпусів, станин тощо.), Наприклад лиття, обробки тиском, зварювання та пайки, обробки різанням, термообробки, нанесення покриттів, збірки, контролю, випробувань та ін.;

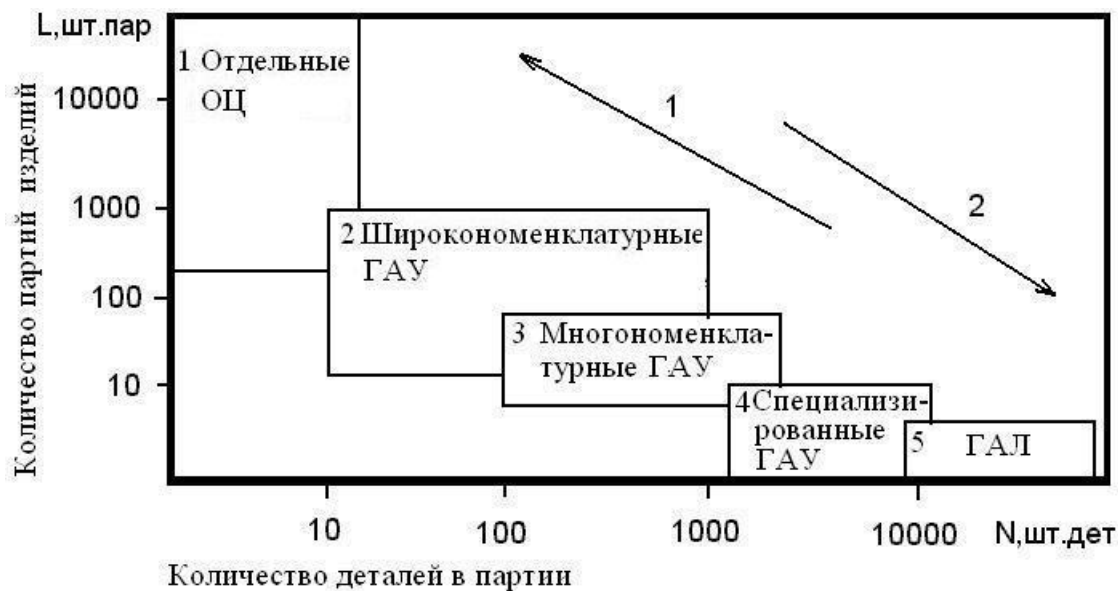
- предметні - системи машин, на яких виробляють повну (комплексну) обробку (від заготівлі до готового виробу) певної групи виробів, наприклад валів, втулок, корпусів, планок та ін.;

- вузлові - системи машин, продуктом виробництва яких є комплекти деталей і вузли певних типорозмірів. Доукомплектацію вузлів виробляють з складу покупних виробів. Вузлові ГВС забезпечують можливість ритмічного надходження вузлів на автоматизований складальний ділянку, на якому виконується складання і упаковка зібрані вироби.

3 За рівнем автоматизації ГВС характеризуються числом допоміжних функцій, які виконуються в автоматичному режимі. Рівень автоматизації ГВС в значній мірі залежить від рівня автоматизації основного технологічного обладнання (ГВМ), з яких комплектують ГВС.

1.1.2 Область застосування ГВС

Область застосування ГВС досить широка. Спочатку вони створювалися для автоматизації дрібносерійного виробництва. Однак, з огляду на високі показники, їх область застосування розширилася в великосерійне, масове виробництво, а також в одиничне виробництво. При впровадженні ГВС важливо визначити оптимальне відповідність між гнучкістю і продуктивністю. Підвищення гнучкості (або універсальності) будь-якого технологічного обладнання практично завжди тягне за собою зниження його продуктивності. Найбільша продуктивність досягається на автоматичних лініях, а найбільша гнучкість – на універсальному обладнанні. Суміщення високої продуктивності і універсальності можна домогтися в умовах застосування ГВС. На рисунку 1.4 наведено області застосування ГВС, а також напрями підвищення гнучкості і продуктивності при використанні різного устаткування.



1 - напрямок підвищення гнучкості; 2 - напрям підвищення продуктивності

Рисунок 1.4 - Области застосування ГВС

Зона 1 це зона одиничного і дослідно-експериментального виробництва. Тут використовуються окремі ОЦ і верстати з ЧПУ. Ці верстати хоча і працюють як самостійні одиниці обладнання, але можуть управлятися від центральної ЕОМ. Така організація вимагає менших капіталовкладень в розрахунку на один верстат, має високу гнучкість, але обмежену продуктивність.

Зона 2 це зона дрібносерійного і серійного виробництв. Тут застосовуються ГАД до складу яких входять різні ГВМ. Деталі

обробляються повністю на одному ГВМ з одного установа. Такі ділянки характеризують високою гнучкістю.

Зона 3 це зона серійного виробництва. Тут застосовуються ГАД складаються з ГВМ подібних за технологічними можливостями і допоміжного обладнання, що забезпечує роботу ділянки. Незважаючи на середній рівень гнучкості, такі ГАД мають високу пристосованість до зміни обсягу випуску і високу продуктивність.

Зона 4 це зона великосерійного виробництва. Тут застосовуються спеціалізовані ОЦ з агрегатними головками. Такі ОЦ мають модульну побудову. Передача заготовок проводиться за жорсткими транс-кравцем зв'язків. Продуктивність ділянок висока, а для її подальшого підвищення використовують паралельно працюють позиції.

Зона 5 це зона масового виробництва. У цій зоні застосовуються ГАЛ з жорсткими транспортними зв'язками. Оброблювані деталі конструктивно і технологічно однорідні. Налагодження устаткування, як правило, проводиться через тривалі інтервали. Тому ГАЛ мають високу продуктивність.

В етапах розвитку ГВС можна виділити кілька періодів:

60-70-ті роки – створення перших обробних центрів, промислових роботів. Розробка мікропроцесорів і створення на їх основі автоматизованих робочих місць (АРМ) конструктора і технолога;

80-ті роки – початок локально-комплексної автоматизації виробництва шляхом створення робототехнічних комплексів (РТК), гнучких модулів, гнучких автоматизованих ліній і ділянок;

90-ті роки – поява стійких гнучких цехових структур, заводів автоматів з технологією що гнучко перебудовується і високим рівнем машинного інтелекту техніки управління виробництвом.

На початку третього тисячоліття з'явилися ОЦ з паралельної кінематикою. У таких ОЦ шпindelь винесено з станини на гнучкі кінематичні ланки і став переміщатися навколо деталі. Це забезпечило зростання продуктивності праці. У токарних ОЦ розширені технологічні можливості аж до полігонального точіння, нарізання зубчастих коліс, стругання. Все це забезпечило стійкі тенденції до зменшення кількості груп верстатів.

Впровадження ГВС пов'язано, перш за все, зі зміною схеми організації виробництва, що тягне за собою появу нової прогресивної технології і обладнання для її реалізації.

1.2 Структура побудови та функції ГВС

1.2.1 Функціональна структура ГВС

Безперебійну роботу ГВС підтримують системи забезпечення працездатності. Їх умовно можна розділити на технічні та інформаційні. Згідно ГОСТ 26228-85 до складу ГВС входять наступні системи:

1 автоматизована транспортно-складська система (АТСС) – забезпечує транспортування, зберігання і комплектацію всіх вантажів;

2 автоматизована система інструментозабезпечення (АСІЗ) – забезпечує зберігання різального і допоміжного інструментів їх складання, настроювання доставки до технологічного устаткування. Після роботи забезпечує розбирання та відновлення інструментів;

3 автоматизована система збирання відходів (АСЗВ) – забезпечує збір і утилізацію стружки, пилу і МОР;

4 автоматизована система управління (АСУ) – забезпечує календарне планування, диспетчеризація, управління і індикацію;

5 автоматизована система контролю (АСК) – забезпечує контроль і діагностику технологічної системи (верстата, інструментів, пристосування і деталі), а також всіх процесів, що проходять ГВС;

6 система автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП) – забезпечує розробку технологічних процесів і керуючих програм;

7 автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) – забезпечує вхідний контроль креслень, підготовку оснащення і моделювання виробничих процесів;

8 автоматична система наукових досліджень (АСНД) – забезпечує збір зберігання інформації приходить, від усіх систем забезпечення працездатності. У АСНД проводиться обробка інформації з наданням рекомендацій щодо вдосконалення виробничого процесу.

Як правило інформаційні системи забезпечення працездатності входять до складу обчислювального комплексу. На рисунку 1.5 приведена структура ГВС.

У АСТПВ ведеться підготовка виробництва (підготовка заготовок, витратних матеріалів і т.д.) і після розробки технологічних процесів в САПРТП всі дані передаються в АСУ яка в свою чергу управляє інформаційними та технічними системами. АСК відстежує проходять процеси в технологічній системі і передає отримані дані в систему аналізу АСНД. Завдяки зворотного зв'язку в АСНД надходять дані з усіх систем. Після аналізу отриманих даних, прогнозуванні і виробленні рекомендацій АСНД передає рекомендації в АСТПВ, де відбувається корекція виробничих процесів.

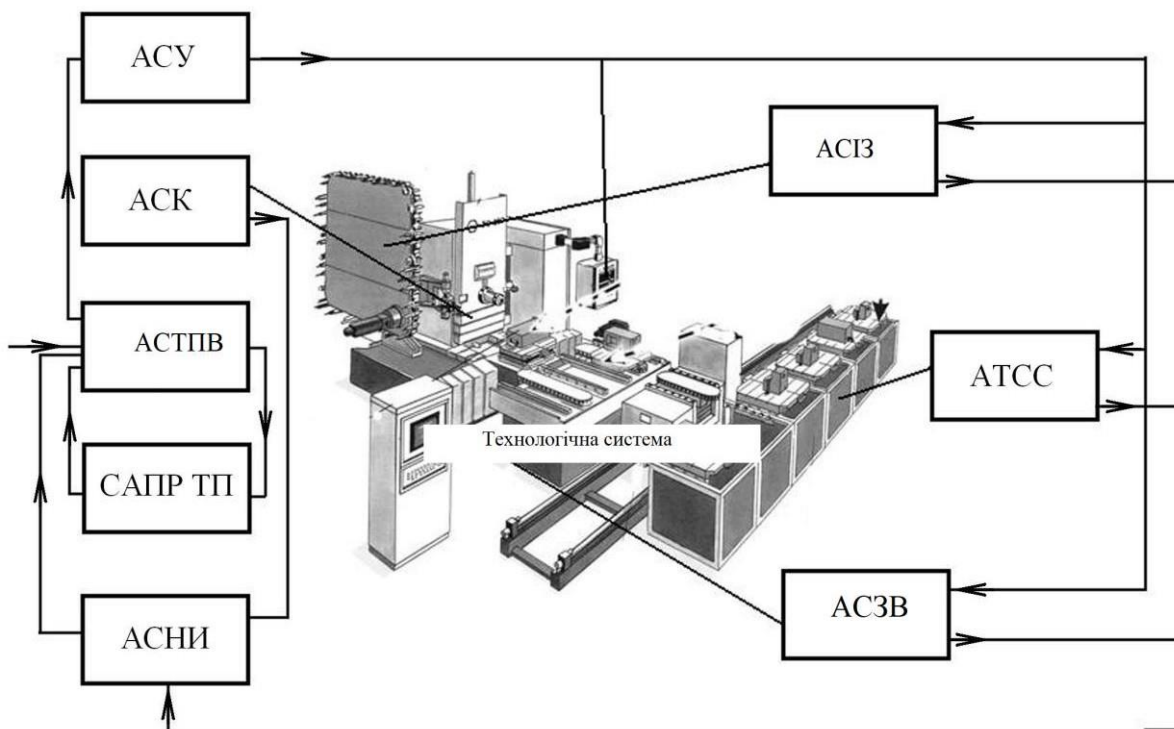


Рисунок 1.5 – Структура ГВС

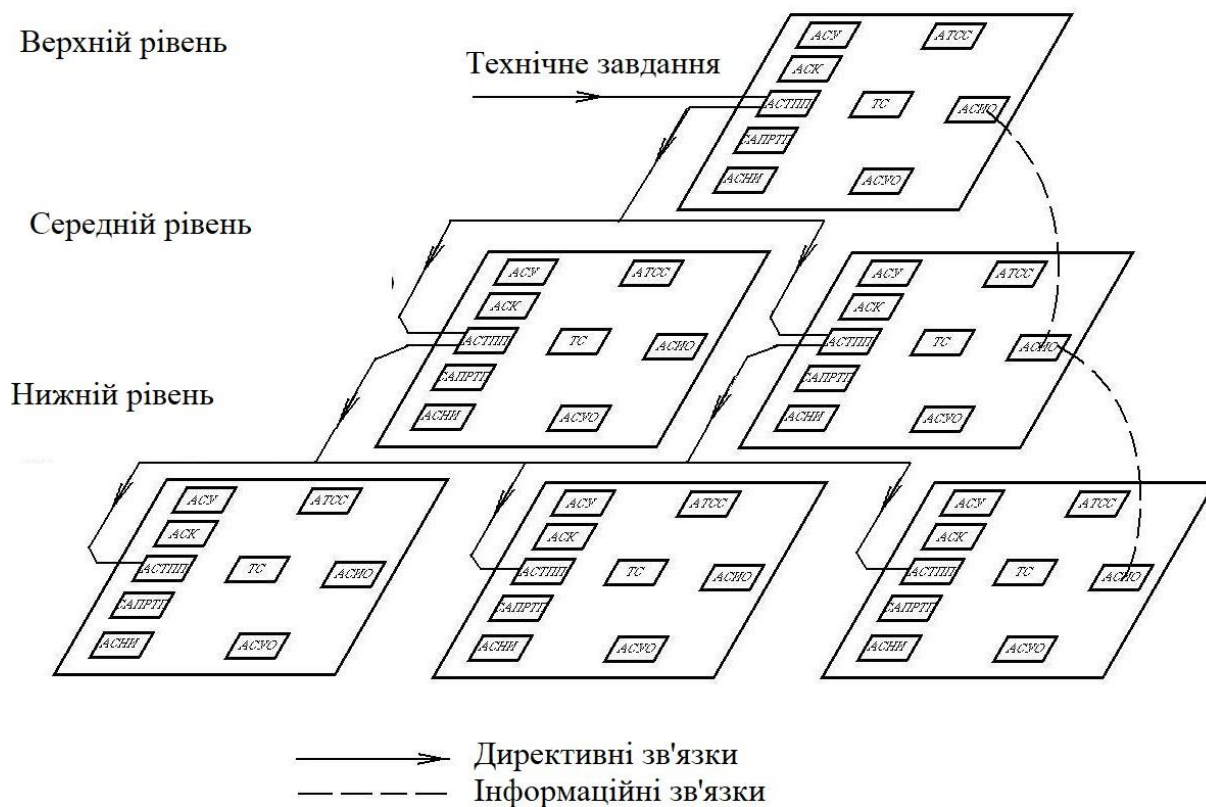


Рисунок 1.6 – Триврівнева система управління ГВС

ГВС побудовані за ієрархічним принципом (рисунок 1.6). Це забезпечує високу надійність в роботі і взаємозамінність в разі відмов. В ієрархічній структурі передбачаються рівні управління.

Як правило, в сучасних ГВС налічується 3-4 рівня управління. Кожен рівень управління має однакові структури. На всіх рівнях технічне завдання (вихідні дані) надходить в АСТПВ.

При виборі оптимального складу об'єктів на кожному рівні ГВС найбільш важливим завданням є визначення на перших стадіях проектування технічної продуктивності, надійності і вартості. Складність вирішення цього завдання складається в обмеженні вихідних даних, що визначає новизну об'єкта дослідження і незначною кількістю ГВС, які знаходяться в експлуатації. Остання обставина не дозволяє організувати статистичне дослідження ГВС. Проведення такого дослідження і розробки на його результатах відповідних кількісних рекомендацій (керуючих технологічних параметрів) є одним із першочергових завдань.

1.2.2 Основоположні принципи ГВС

В основу нормальної роботи будь-якого ГВС покладені п'ять основоположних принципів.

1 Принцип суміщення високої продуктивності і універсальності. Передбачає модульну побудову функціональних агрегатів. В результаті спеціальні агрегати мають високу продуктивність, а поєднання різних агрегатів в одній ГВС дозволяє забезпечити високу універсальність.

2 Принцип високої технологічної гнучкості. Передбачає можливість швидкого переналагодження технологічного обладнання на виконання різного виду операцій.

3 Принцип модульності. Передбачає побудову технологічного і допоміжного обладнання по змінним агрегатів (модулів). Це забезпечує швидке переналагодження обладнання та швидке усунення відмов.

4 Принцип концентрації операцій (максимальної предметної замкнутості). Передбачає об'єднання якомога більшої кількості операцій на одній одиниці технологічного обладнання. Це знижує матеріальні і фінансові витрати. Особливо зменшує витрати часу на транспортування заготовок і оснастки.

5 Принцип ієрархії. Передбачає наявність багаторівневої системи управління.

6 Принцип «безлюдного» виробництва. Передбачає зменшення кількості людей, зайнятих безпосередньо в роботі на технологічному обладнанні. Працівники підприємства повинні займатися контролем роботи систем забезпечення працездатності.

7 Принцип системної організації. Розбитий на два принципи.

7.1 Принцип самоорганізації. Передбачає наявність всіх систем життєзабезпечення на кожному рівні управління. Це дозволяє на кожному

рівні ієрархії технологічної системі функціонувати в автономному режимі. Також це дозволяє в разі відмов устаткування перерозподіляти роботи між іншими одиницями обладнання.

7.2 Принцип технологічної універсальності. Передбачає вільне включення до складу ГАД додаткового обладнання для обробки деталей різної номенклатури.

1.2.3 Гнучкість ГВС

Під гнучкістю ГВС розуміють її здатність швидко перебудовуватися на обробку нових деталей в межах, визначених технічними можливостями обладнання та технологією обробки групи деталей. Складність ГВС визначила наявність різних аспектів гнучкості, які в сукупності характеризують швидкість адаптації системи до зміни виробничої ситуації. Високий ступінь економічно доцільною гнучкості забезпечує більш повне задоволення вимог замовника, оперативний перехід до випуску нової продукції, збереження виправданого характеру дрібносерійного виробництва, узгодження термінів виготовлення з термінами постачання обладнання, автоматизацію технологічної підготовки виробництва на базі обчислювальної техніки, зниження витрат на незавершене виробництво. В даний час розрізняють ряд аспектів гнучкості.

Гнучкість стану системи полягає в її здатності добре функціонувати при різних зовнішніх і внутрішніх змінах. Зовнішні зміни пов'язані з появою нового асортименту виробів, застосуванням більш прогресивної технології, підвищенням кваліфікації обслуговуючого персоналу. Внутрішні зміни або неполадки визначаються наявністю збоїв в системі управління верстатами і матеріальними потоками, відхиленням в часі обробки, відсутністю оператора, якістю обробки.

Гнучкість дії повинна забезпечувати можливість легко включати в систему нові верстати та інструменти для збільшення її потужності в зв'язку зі збільшенням обсягу виробництва. Це властивість дозволяє оперативніше стежити за змінами вимог ринку, кон'юнктури, проявів моди і мобільно нарощувати потужність випуску в залежності від вимог розвитку індустріального виробництва.

Процеси обробки деталей в гнучких системах засновані на принципах групової технології, яка передбачає класифікацію деталей за ознаками форми, технології, обладнання, що застосовується і т. ін.

Гнучкість системи групування повинна проявлятися в можливості розширення сімейства оброблюваних деталей шляхом включення нових, що з'явилися в зв'язку зі зміною номенклатури виробництва. Така система дозволяє розширити жорсткі рамки типу деталей, швидко і успішно перебудовувати виробництво однотипної продукції на якісно новому рівні.

Гнучкість технології визначається здатністю системи враховувати зміни в складі виконуваних технологічних операцій і оцінюється розміром

підмножини операцій, які можуть бути виконані системою в разі зміни виробничої ситуації. Система управління повинна оцінювати вірогідність появи певної технологічної операції і можливість її виконання в гнучкому комплексі. Інший оцінкою гнучкості технології може служити час адаптації, тобто час, необхідний для переналагодження системи на виконання групи операцій.

У многостаночній системі при виконанні операцій по черзі на кожному верстаті повинна бути вирішена задача мінімізації перевезень і скорочення транспортних затримок. При цьому необхідно враховувати час переналагодження і переходу до інших операцій на кожному верстаті. Зазвичай технологія допускає різні послідовності виконання операцій. З одного боку, це відкриває можливість раціонального побудови технологічного процесу з урахуванням ряду стратегій управління, в тому числі вирішуються питання оптимального завантаження верстатів, черговості випуску деталей по номенклатурі в межах тимчасового графіка, мінімізації переміщень робота і ін. З іншого боку, необхідність мати в системі різні матеріальні потоки викликає ряд складнощів, які полягають в блокуванні деяких верстатів при недостатньому обсязі буферно-накопичувальних пристроїв, появи конкуруючих операцій, просте певних видів верстатного обладнання. У зв'язку з цим вирішення порушених проблем може бути досягнуто шляхом математичного моделювання технологічних операцій і виробничих ситуацій.

Система з високою гнучкістю технології має високу **гнучкість обладнання**, яка характеризує здатність системи справлятися з переналагодженнями в верстатах. Проблема забезпечення гнучкості обладнання вирішується шляхом організації заділів перед верстатами, вибору однотипних багатоопераційних верстатів з ЧПУ, уніфікації транспортних пристроїв, затискних елементів і наборів інструментів, автоматизації підготовки управляючих програм. Загальна гнучкість обладнання системи залежить від гнучкості верстатної одиниці, тому при проектуванні комплексів слід прагнути включити в їх склад однотипне обладнання, що дозволяє оперативніше нарощувати потужність системи шляхом створення паралельних потоків, ефективно боротися зі збоями в окремих верстатах і швидко освоювати нові технологічні процеси шляхом виділення для цієї ж мети групи верстатів.

Гнучкість технології на рівні верстатного обладнання може бути збільшена шляхом розширення можливостей верстата: досконалим програмним управлінням, безперебійним забезпеченням інструментом в автоматичному циклі, переходом з трикоординатної до п'ятикоординатної обробки та ін.

Гнучкість транспортної системи виражається в безперебійної і оптимальному завантаженні металорізального обладнання за певною, наперед заданої стратегії управління. Це відноситься не тільки до своєчасного забезпечення верстатної системи заготовками, а й до забезпечення всього ГАД різальним інструментом. Система керування

транспортними засобами повинна враховувати можливі збої технологічного обладнання, і її реакція на збої повинна бути адекватною в новій ситуації. Транспортна система повинна мати досить об'ємний склад, який дозволив би звести до мінімуму затримки, пов'язані з очікуванням заготовок. Побудова транспортних маршрутів пов'язано з раціональним плануванням комплексу, яка повинна вирішуватися з урахуванням мінімізації переміщень матеріальних потоків. Для підвищення гнучкості транспортної системи необхідно передбачати на її вході наявність сенсорних пристроїв, що забезпечують розпізнавання заготовок і кодованого інструменту.

Сумарна гнучкість верстатного комплексу багато в чому залежить від **гнучкості системи забезпечення інструментом**. Необхідно віддавати перевагу централізованого харчування ГВМ інструментом, що дозволяє зменшити кількість використовуваних інструментів в порівнянні з індивідуальним харчуванням окремих ГВМ. При цьому значно зменшуються прості устаткування, підвищується коефіцієнт його використання, спрощуються заточка і настройка інструменту.

Гнучкість системи управління комплексом характеризується тим, що оптимізація технологічного процесу може і повинна тривати після запуску системи. Гнучка система управління забезпечує найбільш раціональну побудову маршрутів обробки і транспортних потоків з точки зору різних критеріїв: забезпечення максимального випуску продукції, задоволення вимог збірки, досягнення найвищих показників якості шляхом оптимізації режимів різання, оптимального календарного планування випуску по номенклатурі та ін. Система управління повинна не тільки мати бібліотеку мікроінструкцій з управління процесом механічної обробки, а й мати здатність вдосконалення шляхом запам'ятовування додаткових інструкцій, пов'язаних зі зміною виробничої ситуації.

Організаційна гнучкість виробництва, яка полягає в можливості простого і негайного переходу на обробку будь-якої з освоєних системою деталей, дозволяє керівництву оперативніше ліквідувати організаційні прості устаткування, які не пов'язані з його надійністю, а в більшій мірі викликані відсутністю необхідних заготовок, інструменту, обслуговуючого персоналу та ін.

Організаційна гнучкість істотно залежить від **гнучкості обслуговуючого персоналу**. Важливою умовою забезпечення високого коефіцієнта використання комплексу є освоєння суміжних професій всередині бригади, досягнення взаємозамінності обслуговуючого персоналу.

Розглянуті аспекти гнучкості верстатних систем знаходяться в протиріччі з продуктивністю. Тому при збільшенні гнучкості технології необхідно мінімізувати погіршення продуктивності і при цьому домагатися максимального використання обладнання шляхом зменшення часу переналагодження при переході на обробку іншої деталі. Рішення таких конкурентних завдань може бути отримано шляхом математичного моделювання виробничих ситуацій на ЕОМ.

Збереження всіх принципів гнучкості верстатних систем дає можливість здійснити ідею комплексної автоматизації дрібносерійного виробництва на основі застосування сучасного технологічного обладнання з ЧПУ, обчислювальної техніки і промислових роботів.

Для порівняльного аналізу і оптимізації ГВС необхідно мати можливість оцінювати ступінь гнучкості системи за допомогою інтегрального показника, який повинен відображати функціонально-технічні можливості системи і не містити економічних показників. Як показник гнучкості прийнята величина g що монотонно змінюється від 0 до 1. Ступінь гнучкості визначається числом різних функціональних станів n (кількість переналадок), які ГВС може дискретно приймати в межах своїх технічних можливостей, і часом переходу t_{ij} (час переналагодження) з одного функціонального стану i в другий j . Тоді в якості першої складової показника ступеня гнучкості приймають **технологічну гнучкість**

$$g_1 = \left(1 - \frac{1}{n} \right) \quad (1.1)$$

Цей вислів прагне до одиниці при $n \rightarrow \infty$ і обертається в нуль при $n = 1$.

Час T переходу від одного стану ГВС до іншого визначається як сума часів кожного переходу:

$$T = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij}. \quad (1.2)$$

Другою складовою показника гнучкості є організаційна гнучкість, яку можна визначити як відношення суми часів всіх переходів ГВС до планового періоду часу T_n , прийнятому за базовий при атестації і порівняльній оцінці ГВС. Як T_n може бути прийнятий, наприклад, дійсний фонд часу ГВС за певний період часу:

$$g_2 = \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij}}{T_n} \right), \quad (1.3)$$

при

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij} \leq T_n. \quad (1.4)$$

Цей вислів прагне до одиниці зі зменшенням сумарного часу переходів ГВС і обертається в нуль з наближенням сумарного часу переходів з одного стану в інший до T_p .

Інтегральний показник ступеня гнучкості ГВС визначають як

$$G = g182. \quad (1.5)$$

Оцінка гнучкості виробничих систем необхідна при визначенні їх економічної ефективності та доцільності застосування ГВС в різних виробничих умовах.

1.3 Моделювання ГВС

1.3.1 ГВС як об'єкт моделювання

Рішення задач проектування, створення і експлуатації виробничих систем неможливо без широкого застосування моделювання як способу наукового пізнання реальної дійсності. Моделювання дозволяє досліджувати властивості реальної системи шляхом заміни цієї системи або окремих її елементів деякої моделлю, за своїми властивостями що відтворює властивості реальної системи. Призначенням моделювання виробничих систем є опис руху матеріальних та інформаційних потоків по робочих позиціях їх обробки або збирання в часі. Результати, одержані за допомогою моделей, є важливим, а іноді і єдиним джерелом інформації, який дослідник використовує: при проектуванні нової виробничої системи або процесів, які в ній протікають. Важливо, в процесі моделювання, отримати оцінки якості та ефективності роботи системи.

Моделі діляться на математичні та фізичні. При аналізі ГВС зазвичай застосовуються математичні моделі. Вони дозволяють визначити технологічні параметри ГВС на етапі її проектування.

Використання математичних моделей, які вигідно відрізняються ГВС або її частина, скорочує терміни розробки системи і матеріальні витрати. При цьому важливо забезпечити системний підхід до процесу моделювання.

Принципи системного підходу до моделювання. При розробці ГВС виникають наступні завдання:

- 1 вибір оптимальної структури системи;
- 2 оптимізація організації взаємодії елементів;
- 3 визначення оптимальних режимів функціонування;
- 4 облік впливу зовнішнього середовища;
- 5 вибір законів функціонування елементів.

Загальними властивостями складних систем є:

- 1 наявність великого числа взаємодіючих елементів;
- 2 система і що входять до неї елементи в більшості своїй є багатofункціональними;
- 3 взаємодія елементів в системі може відбуватися по каналах обміну інформацією, енергією, матеріалами та ін .;
- 4 наявність у системи загальної мети, незважаючи на різноманітність входять до неї елементів;
- 5 змінність структури (зв'язків і складу системи), що забезпечує багаторежимний характер функціонування, можливість адаптації, як в структурі, так і в алгоритмі функціонування;
- 6 взаємодію елементів в системі і з зовнішнім середовищем в більшості випадків носить випадковий (стохастичний) характер;
- 7 система є людино-машиною, так як частина функцій виконується автоматично, а інша – людиною (слід зазначити високу ступінь автоматизації, зокрема, широке застосування засобів автоматики та обчислювальної техніки для управління і механізації праці людини);
- 8 управління в більшості систем носить ієрархічний характер.

Дослідження складних систем тягне за собою необхідність розробки методів їх дослідження та аналізу результатів. При цьому з точки зору результатів далеко не байдуже, з яких позицій здійснюється підхід до досліджень і які причини, на яких базується проведення експерименту. При аналізі і синтезі складних систем отримав розвиток системний підхід, в основу якого покладено розгляд досліджуваного об'єкта або процесу як системи, що складається з взаємодіючих елементів, побудова математичної моделі для нього і дослідження його властивостей методом моделювання.

До числа завдань, що вирішуються на основі системного підходу, відносять: визначення загальної структури системи; організацію взаємодії між підсистемами; облік впливу зовнішнього середовища; вибір оптимальної структури та оптимальних алгоритмів функціонування. При цьому ГВС, як набір об'єктів, представляється як цілісна система, але розділяється на ряд об'єктів.

Поділ об'єктів – властивість, характерна для будь-якої складної системи, яке відображає одну зі сторін її структури. Так, все елементи ГВС можуть бути віднесені до основних і допоміжних її складових частин. До основних відносять верстати, координатно-вимірювальні машини та ін., до допоміжних – проміжні накопичувачі, пристрої транспортування. І при цьому кожна складова частина системи може бути окремим елементом, або їх сукупність, характер і допустиму межу поділу складної системи залежать від типу розв'язуваних завдань. Правильне вихідне розбиття є важливою передумовою побудови вихідної математичної моделі системи (процесу), оскільки нераціональне розбиття системи ускладнює її аналіз.

Цілісність об'єктів визначає іншу сторону їх структури і характеризується зв'язками складових частин на різних рівнях розбиття, а також загальними властивостями об'єкта системи як цілого. Для більш глибокого розуміння властивості цілісності слід розглядати два аспекти:

1 властивості системи не є сумою властивостей її елементів або частин;

2 властивості системи залежать від властивостей елементів і частин, так як зміна в одному елементі викликає зміна у всіх інших елементах і в цілому у всій системі.

Освіта системи більш високого рангу (рівня) супроводжується появою нових закономірностей, що відображають її істота, критерії, цілі, нові завдання і функції. Однак закономірності, що діють в системі нижчого рангу, продовжують функціонувати в кожній складовій частини системи, але домінуюче значення набувають нові закономірності, що відображають зв'язки всередині новоствореної системи.

З урахуванням цих міркувань ГВС можна уявити як адаптивно-взаємопов'язану систему виробництва, яка містить безліч активних автоматизованих елементів (верстати з ЧПУ, пристрої транспортування матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків), безліч зв'язків між ними, призначених для автоматичного виготовлення деталей.

Багаторівнева система моделювання. Верстатна система є активним елементом і виконавцем автоматизованого виробництва, тобто приватною системою, що забезпечує виготовлення деталей із заданими параметрами в послідовності, яка визначається виробничою системою більш високого рангу, з якою пов'язані граничні елементи верстатної системи. Особливість взаємодії верстатної системи з системою більш високого рангу, всередині якої вона функціонує, визначається векторами входів і виходів, які в цілеспрямованій системі формують її певні стани.

Залежності між параметрами в складній системі є різноманітними і складними, в результаті чого побудова єдиної моделі виявляється скрутним. Тому для моделювання складних систем використовують принцип багаторівневого (ієрархічного) опису, яке передбачає впровадження різних формальних мов опису, кожен з яких відображає функціонування системи відповідно до поняттями і відносинами, прийнятими на тому чи іншому рівні ієрархії. Щоб отримати таке математичний опис, необхідно вибрати параметри, що дозволяють описувати функціонування системи: по-перше, як елемента більш широкої системи; по-друге, як цілісне явище; по-третє, як складну систему, структуру якої необхідно представити з достатньою для даного рівня деталізацією.

Багаторівневий опис системи характеризується рядом спільних властивостей.

1. Вибір рівня опису системи, в термінах якого вона описується, в основному, залежить від мети дослідження. Для багатьох систем вибір рівня опису є природним і визначається її призначенням. Виділення декількох рівнів для досліджуваної системи дозволяє вести паралельне побудова моделей на кожному рівні опису різними фахівцями.

2 В загальному випадку опису функціонування системи на різних рівнях не пов'язані між собою, тому принципи і закони, які

використовуються для опису системи на будь-якому рівні, не можуть бути формально виділені з принципів, використовуваних на інших рівнях.

3 Вимоги, що пред'являються до роботи системи на верхньому рівні, виступають як умови або обмеження для нижченаведених рівнів.

4 На кожному рівні є власний набір принципів, що становлять мову опису системи.

5 Розуміння системи зростає при послідовному переході від одного рівня до іншого. Чим нижче проводиться спуск по ієрархічних рівнях, тим більше детально розкривається система, чим вище піднімається, тим ясніше стає сенс і призначення всієї системи.

При створенні ГВС структурна модель зазвичай розглядається на рівнях організації, функцій управління і технічних засобів. У зв'язку з цим вводяться поняття організаційної, функціональної та технічних структур.

При аналізі організаційної структури ГВС як об'єкта управління вирішуються завдання: опису складу ГВС і побудови її структурної схеми; визначення функцій підсистем та розкриття їх структурної схеми; опису матеріальних та інформаційних зв'язків; побудови узагальненої структурної інформаційної моделі ГВС.

При аналізі функціональної структури вивчають функції управління в структурних підсистемах ГВС; вибирають склад автоматизованих функцій і їх взаємозв'язку; складають узагальнену функціональну структуру завдань управління ГВС.

При аналізі технічної структури визначають основні елементи, які беруть участь в основних інформаційних процесах (підготовці, зборі, передачі, зберіганні та відтворенні інформації); складають формальну структурну модель системи технічних засобів з урахуванням топології розташування елементів системи, інформаційного та енергетичного взаємодії їх між собою і з зовнішнім середовищем.

Незалежно від рівня розгляду моделі системи спільне завдання структурного аналізу дозволяє отримати, виходячи із заданого опису елементів системи і зв'язків між ними, висновок про структурні властивості системи і її підсистемах.

Таким чином, модель - це уявлення системи з точки зору прийнятої концепції про неї. Звідси можна зробити висновок: традиційний поділ ГВС на підсистеми, функції, документи, роботи не слід розглядати як незмінне, оскільки воно буде уточнюватися в міру поглиблення знань про діючі закономірності.

1.3.2 Стратегічне моделювання

На двох стадія стратегічного моделювання виконується розробка технічного проекту і робочого проекту.

Технічний проект визначає:

- 1 номенклатуру продукції;
- 2 технологічні процеси;

- 3 тип і кількість технологічного обладнання;
- 4 структурно-компонувальна побудова (резервування групи верстатів для певних груп операцій);
- 5 організацію транспортування деталей, розрахунок кількості транспортних засобів та іншого обладнання АТСС;

Робочий проект визначає:

- 1 плани-графіки роботи обладнання;
- 2 прив'язку впровадження нових технологічних процесів безпосередньо до цього устаткування.
- 3 прив'язку програмного забезпечення.
- 4 оптимізацію режимів обробки.

Схематично процес стратегічного моделювання представлений на рисунку 1.7.

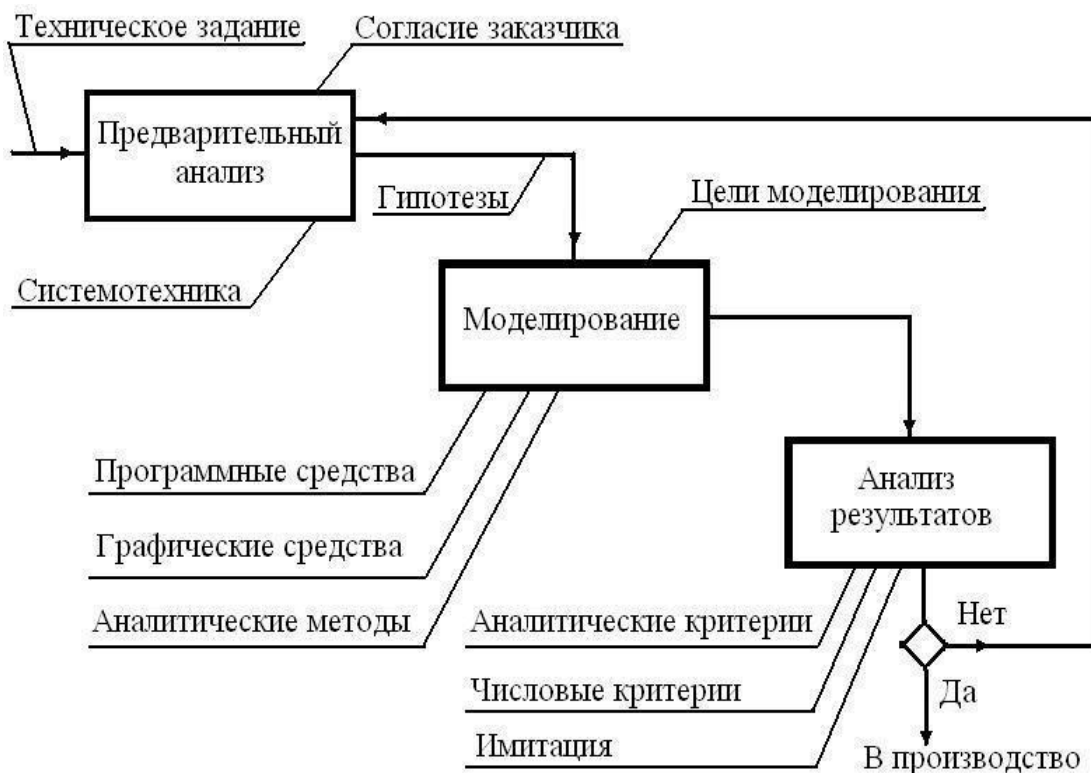


Рисунок 1.7 – Схема процесу стратегічного моделювання

1.3.3. Класифікація математичних моделей

Класифікація дозволяє узагальнити накопичений досвід, упорядкувати поняття предметної області. Не є винятком в цьому сенсі і математичне моделювання. У таблиці 1.2 показані види математичних моделей за різними ознаками класифікації.

Таблиця 1.2 – Класифікація математичних моделей

Ознаки класифікації	Види математичних моделей
1 Належність до ієрархічним рівнем.	1 Моделі мікрорівню; 2 Моделі макрорівню; 3 Моделі метарівню.
2 Характер відображаються властивостей.	1 Структурні; 2 Функціональні.
3 Спосіб подання властивостей об'єкта.	1 Аналітичні; 2 Алгоритмічні; 3 Імітаційні.
4 Спосіб отримання моделі.	1 Теоретичні; 2 Емпіричні.
5 Особливості поведінки об'єкта.	1 Детерміновані; 2 Імовірнісні

Наведена класифікація математичних моделей може бути застосована по відношенню до будь-яких об'єктів.

Математичні моделі на мікрорівні виробничого процесу відображають фізичні процеси, що протікають, наприклад, при різанні металів. Вони описують процеси на рівні переходу (або прийому).

Математичні моделі на макрорівні виробничого процесу описують технологічні процеси.

Математичні моделі на метауровне виробничого процесу описують технологічні системи (ділянки, цехи, підприємство в цілому).

Структурні математичні моделі призначені для відображення структурних властивостей об'єктів. Наприклад, в САПР ТП для представлення структури технологічного процесу, розподілення виробів за цехами, використовуються структурно-логічні моделі.

Функціональні математичні моделі призначені для відображення інформаційних, фізичних, тимчасових процесів, що протікають в працюючому обладнанні, в ході виконання технологічних процесів тещо.

Аналітичні математичні моделі являють собою явні математичні вирази вихідних параметрів як функцій від параметрів вхідних і внутрішніх. З огляду на те, що далі буде розглядатися цілий ряд аналітичних моделей, поговоримо про них більш детально.

Аналітичне моделювання ґрунтується на непрямому описі об'єкта, що моделюється за допомогою набору математичних формул. Мова аналітичного опису містить наступні основні групи семантичних елементів: критерій (критерії), невідомі, дані, математичні операції, обмеження. Найбільш істотна характеристика аналітичних моделей полягає в тому, що модель не є структурно подібної об'єкту моделювання. Під структурним подобою тут розуміється однозначна відповідність елементів і зв'язків моделі елементам і зв'язкам модельованого об'єкта. До аналітичних

відносяться моделі, побудовані на основі апарату математичного програмування, кореляційного, регресійного аналізу. Аналітична модель завжди є конструкцією, яку можна проаналізувати і вирішити математичними засобами. Так, якщо використовується апарат математичного програмування, то модель складається в основі своїй з цільової функції і системи обмежень на змінні. Цільова функція, як правило, виражає ту характеристику об'єкта (системи), яку потрібно обчислити або оптимізувати. Зокрема, це може бути продуктивність технологічної системи. Змінні висловлюють технічні характеристики об'єкта (системи), в тому числі варійовані, обмеження – їх допустимі граничні значення.

Важливим моментом є розмірність конкретної аналітичної моделі. Часто для реальних технологічних систем (автоматичних ліній, гнучких виробничих систем) розмірність їх аналітичних моделей настільки велика, що отримання оптимального рішення видається дуже складним з обчислювальної точки зору. Для підвищення обчислювальної ефективності в цьому випадку використовують різні прийоми. Один з них пов'язаний з розбивкою завдання великої розмірності на завдання меншої розмірності так, щоб автономні рішення завдання в певній послідовності давали вирішення основного завдання. При цьому виникають проблеми організації взаємодії завдання, які не завжди виявляються простими. Інший прийом передбачає зменшення точності обчислень, за рахунок чого вдається скоротити час вирішення завдання.

Алгоритмічні математичні моделі висловлюють зв'язку між вихідними параметрами і параметрами вхідними і внутрішніми у вигляді алгоритму.

Імітаційні математичні моделі – це алгоритмічні моделі, що відображають розвиток процесу (поведінку досліджуваного об'єкта) в часі при завданні зовнішніх впливів на процес або об'єкта (рисунок 1.8). Наприклад, це моделі систем масового обслуговування, задані в алгоритмічній формі.

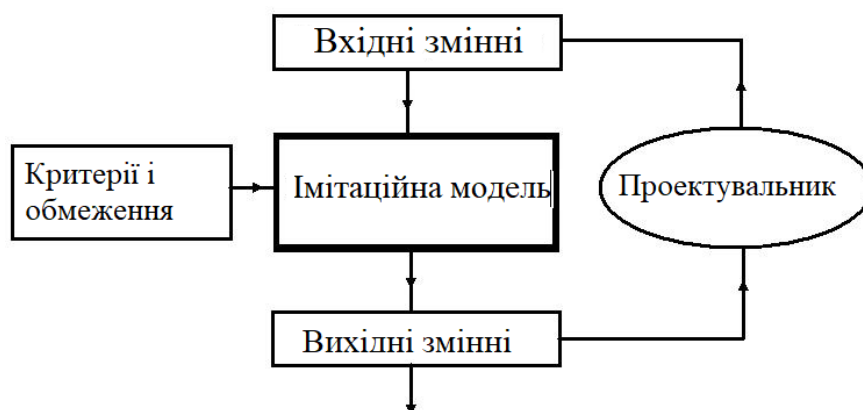


Рисунок 1.8 – Схема імітаційної моделі

Імітаційне моделювання ґрунтується на прямому описі об'єкта, що моделюється. Суттєвою характеристикою таких моделей є структурний подібність об'єкта і моделі. Це означає, що кожному суттєвому з точки зору розв'язуваної задачі елементу об'єкта ставиться у відповідність елемент моделі. При побудові імітаційної моделі описуються закони функціонування кожного елемента об'єкта і зв'язку між ними.

Робота з імітаційною моделлю полягає в проведенні імітаційного експерименту. Процес, що протікає в моделі в ході експерименту, подібний до процесу в реальному об'єкті. Тому дослідження об'єкта на його імітаційній моделі зводиться до вивчення характеристик процесу, що протікає в ході експерименту.

Цінним якістю імітації є можливість управляти масштабом часу. Динамічний процес в імітаційній моделі протікає в так званому системному часу. Системний час імітує реальний час. При цьому перерахунок системного часу в моделі можна виконувати двома способами. Перший спосіб полягає в «русі» за часом з деяким постійним кроком. Другий спосіб полягає в «русі» за часом від події до події, при цьому вважається, що в проміжках часу між подіями в моделі змін не відбувається.

Теоретичні математичні моделі створюються в результаті дослідження об'єктів (процесів) на теоретичному рівні. Наприклад, існують вирази для сил різання, отримані на основі узагальнення фізичних законів. Але вони не прийнятні для практичного використання, тому що дуже громіздкі і не зовсім адаптовані до реальних процесів обробки матеріалів.

Емпіричні математичні моделі створюються в результаті проведення експериментів (вивчення зовнішніх проявів властивостей об'єкта за допомогою вимірювання його параметрів на вході і виході) і обробки їх результатів методами математичної статистики.

Детерміновані математичні моделі описують поведінку об'єкта з позицій повної визначеності в сьогоденні і майбутньому. Приклади таких моделей: формули фізичних законів, технологічні процеси обробки деталей та ін.

Імовірнісні математичні моделі враховують вплив випадкових факторів на поведінку об'єкта, тобто оцінюють його майбутнє з позицій ймовірності тих чи інших подій. Приклади таких моделей: опис очікуваних довжин черг в системах масового обслуговування, очікуваних обсягів випуску надпланової продукції виробничою дільницею, точності розмірів в партії деталей з урахуванням явища розсіювання тещо.

1.3.4 Формалізація виробничого процесу

Вихідним моментом при формалізації опису та подальшого моделювання виробничого процесу в ГВС є його представлення у вигляді складної системи, що функціонує як якийсь безліч агрегатів, підпорядкованих вирішенню єдиного завдання. Для формалізації виробничого процесу в ГВС необхідно попереднє вивчення структури

складових його агрегатів, результатом чого є опис процесу, що дозволяє визначити кількісні характеристики агрегатів, ступінь і характер взаємодії між ними, місце і значення кожного агрегату в виробничому процесі. Змістовне опис виробничого процесу в ГВС визначає параметри моделювання. Для цього необхідно: визначити мету досліджень; виділити розглянуту ГВС як елемент певної системи, щоб дослідити поведінку ГВС як цілого; виділити в ГВС складові її елементи і формально їх описати; вивчити взаємодію елементів ГВС.

Розглянемо виробничий процес як сукупність операцій, причому кожна з них характеризується двояко. З одного боку, виробнича операція виконується над заготівлею, що представляє собою елемент речового потоку, що перетворюється в ході виробничого процесу. Поняття речового потоку введено в зв'язку з тим, що в ГВС виготовлення деталей повторюється і всі процеси відновлюються, в результаті відбуваються постійне надходження нових заготовок, інструменту, оснащення та випуск готових деталей. Структура речового потоку, т. Е. Склад і послідовність в потоці його різних елементів, визначає послідовність виконання виробничих операцій і тим самим структуру виробничого процесу.

Рятувальна операція вимагає певних технічних засобів. Такими засобами є: верстати, інструменти, оснащення та ін. Отже, опис елементів виробничого процесу в ГВС та моделювання їх функціонування зводиться до формального опису та моделювання технологічного обладнання та елементів речового потоку.

Незважаючи на різноманітність ГВС, що відрізняються один від одного функціональним призначенням, рівнем автоматизації та іншими параметрами, в них можна виявити загальні ознаки.

1 Структурно будь-яка ГВС складається з кінцевого безлічі технологічних машин (ОЦ, транспортних засобів, накопичувачів та ін.) ТМ $\{TM1, TM2, \dots, TMS\}$, в яких реалізуються технологічні операції. Технологічні машини представляють собою структурні елементи системи, т. Е. Агрегати А $\{A1, A2, \dots AS\}$.

2 ГВС включає кінцеве безліч структурних зв'язків R $\{r1, r2, \dots rn, rn-k, \dots\}$ між агрегатами і зовнішніми системами. Ці зв'язки мають різний характер і забезпечують передачу заготовок, інструменту, виготовлених деталей, а також довідкову та керуючу інформацію між агрегатами, забезпечуючи функціонування ГВС.

3 Кожен агрегат має вхід і вихід, службовці, відповідно, для прийому і видачі заготовок, деталей, інструменту та інформації.

4 Агрегати ГВС функціонують не ізольовано один від одного, а у взаємодії, при якому властивості одного агрегату залежать від умов, які визначаються поведінкою інших.

5 Всі технологічні операції є кінцевими за часом.

6 ГВС функціонує в часі, взаємодіючи із зовнішнім середовищем, і в кожен момент часу може знаходитися в одному з можливих станів S (t).

7 Тривалість технологічних операцій T $\{1 \in L\}$ з виготовлення різних

деталей на різних агрегатах є випадковою взаємно незалежною величиною.

8 Момент надходження 1-й деталі на j -й агрегат є величина випадкова.

9 Маршрути обробки деталей в ГВС є безліч можливих маршрутів M $\{M_1, M_2, \dots, M_S\}$.

10 Послідовність запуску заготовок для обробки може бути:

– детермінованою, коли вся послідовність надходження партій або окремих заготовок в обробку передбачається заздалегідь відомої n $\{n_1, n_2, \dots, n_N\}$, тобто фіксованою послідовністю, що задається підсистемою оперативного планування;

– стохастичною, що є реалізацією випадкового запуску з певної сукупності партій або окремих заготовок, що визначається вимогами збірки або неритмічністю заготівельного виробництва.

В якості математичного апарату, найбільш просто і адекватно відображають способи розбиття складних систем на частини, зручно використовувати схему агрегатів і агрегатних систем, коли складна система розглядається як агрегатна, а її елементи описуються у вигляді кусочно-лінійних агрегатів A $\{A_1, A_2, \dots, A_S\}$. Ввівши поняття кусочно-лінійних агрегатів (надалі - агрегатів) – своєрідних модулів, на які можна розділяти складні динамічні системи, можна будувати моделі таких систем у вигляді сукупності агрегатів, пов'язаних між собою. Таким чином, при формалізованому описі ГВС будемо представляти її як безліч складових агрегатів, між якими мають місце зв'язку R $\{r_1, r_2, \dots, r_n, r_{n-k}, \dots\}$. Структуру ГВС прийнято зображати спрямованим або ненаправленим графом. Вершини графа позначають технічні засоби (агрегати), а ребра - відносини, що зв'язують агрегати.

1.4 Засоби моделювання

1.4.1 Мережі Петрі

Мережі Петрі є ефективним інструментом моделювання дискретних процесів. Вони являють собою графічне і математичне засіб моделювання, яке застосовується до систем самих різних типів. Їх основними властивостями є: мультипрограмне, паралелізм, асинхронність розподілених, паралельних, недетермінованих і / або стохастичних систем обробки інформації, і ієрархічність модельованих об'єктів. В якості графічного кошти мережі Петрі можуть використовуватися для наочного уявлення модельованої системи, подібно до блок-схемами, структурним схемам і мережевим графіками.

Мережа Петрі представляється у вигляді

$$N = \{P, T, F, H, \mu\}, \quad (1.6)$$

де P - безліч станів технічної системи;
 T - безліч подій (переходів);
 F - матриця переходів подій в стану $F : T \times P$;
 H - матриця переходів з станів в події $H : P \times T$;
 μ - початкова маркування мережі (початкові умови).

У графічному поданні мережі Петрі є двочастковий граф з двома типами вершин (рисунок 1.9). Вершини $p \in P$ зображують кружками, а вершини $t \in T$ - рисками (бар'єрами). Дуги відповідають функціям інцидентності подій і переходів.

При маркуванні по всіх позиціях мережі Петрі приписуються деякі натуральні числа $\mu : P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$. На графі маркування відбивається наявність або відсутність в гуртках точок, які називаються маркерами. Мережа досяжна якщо число маркерів в позиції стану дорівнює кількості інцидентцій виходять з вершини подій.

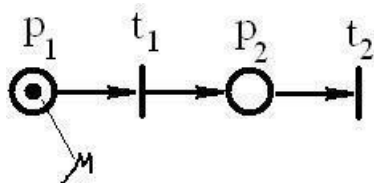


Рисунок 1.9 – Графічне представлення мережі Петрі

Перехід від однієї маркування до іншої здійснюється за допомогою спрацювання переходів. Перехід t може спрацювати тільки при маркуванні μ , якщо він є порушеними. Це означає, що в кожній позиції подій t число маркерів не менш кількості інцидентцій, що з'єднують цю позицію з позицією станів. В результаті спрацювання переходу t , що задовольняє умові (маркування μ замінюється маркуванням μ^*), тобто в результаті спрацювання з усіх вихідних позицій подій t вилучається $F(p, t)$ маркерів і в кожен наступну позицію подій додається $H(t, p)$ маркерів. Це означає, що μ^* досяжна з μ і позначається:

$$\mu^t \rightarrow \mu' . \quad (1.7)$$

Функціонування мережі Петрі – це послідовна зміна маркувань в результаті спрацювання порушених переходів.

Система переходів $\mu^t \rightarrow \mu'$ є умовою досяжності.

Введене в мережах поняття маркер дозволяє моделювати динаміку функціонування систем і паралельні процеси. Як математичного кошти аналітичне подання мережі Петрі дозволяє складати рівняння стану, рівняння алгебри та інші математичні співвідношення, що описують динаміку систем.

Апаратне забезпечення можна розглядати на декількох рівнях, і мережі Петрі можуть моделювати кожен з цих рівнів:

1 на нижньому рівні ЕОМ побудовані з простих пристроїв пам'яті і вентилів.

2 на середньому рівні в якості основних компонент системи використовуються функціональні блоки і регістри.

3 на верхньому рівні цілі обчислювальні системи можуть бути компонентами мережі ЕОМ.

Сильним властивістю мереж Петрі є їх здатність моделювати кожен з цих рівнів. Мережі Петрі найбільш часто застосовуються при складанні програмного забезпечення.

1.4.2 Теорія систем масового обслуговування

Системою масового обслуговування (СМО) називається будь-яка система, призначена для обслуговування будь-яких заявок (вимог на обробку), що надходять у випадкові моменти часу.

Прикладами СМО є телефонна станція, гнучкий виробничий модуль, автоматизований склад. Теорія систем масового обслуговування займається вивченням випадкових процесів, що протікають в СМО.

Будь-який пристрій, безпосередньо займається обслуговуванням заявок, називається каналом обслуговування. СМО бувають як одне, так і багатоканальні. Прикладом одноканальної СМО є гнучкий виробничий модуль з одним ОЦ; а приклад багатоканальної – той же ГВМ до складу структури якого входять кілька верстатів, що обслуговуються одним роботом.

Розрізняють СМО з відмовами, з чергою і змішані. У СМО з відмовами заявка, що прийшла в момент, коли всі канали зайняті, отримує відмову і покидає систему. У СМО з чергою заявка, що прийшла в момент зайнятості всіх каналів, не покидає систему, а стає в чергу і чекає, поки не звільниться який-небудь канал. Змішані СМО включають елементи черги попередніх.

У практиці механічної обробки переважно застосовуються системи з чергою і змішані. Число місць в черзі може бути як обмеженим, так і необмеженим. Так в міжопераційному накопичувачі завжди є кінцеве число осередків (тобто чергу обмежена), а автоматизованому складі, в силу безперервного надходження і видачі деталей, чергу необмежена.

Сукупність подій, наступних один за іншим в якісь випадкові інтервали часу на обробку (або з обробки), називається потоком подій. Розрізняють потоки заявок і потоки обслуговування. Потоки мають імовірнісні характеристики, а у окремо взятої події в потоці таких характеристик немає. Кількісно вони характеризуються інтенсивністю потоку заявок λ і інтенсивністю потоку обслуговування, μ , які визначаються:

$$\lambda = \frac{1}{t_3}, \quad \mu = \frac{1}{t_{об}} \quad (1.8),$$

де t_3 і $t_{об}$ середній інтервал часу появи заявок на вході і середній час обслуговування відповідно.

Потоки подій розрізняються за своїми характеристиками, тому введено поняття види випадкових потоків.

Стационарний потік – це випадковий потік, в якому імовірнісні характеристики незмінні в часі.

Нехай $(t_0, t_0 + 1)$ – довільний проміжок часу. Імовірність того, що в ньому відбудеться k подій ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$) залежить від довжини t і не залежить від початкового моменту часу. Така ймовірність складе $\omega_R(t)$. Тут не вказують початковий момент часу t_0 , а тільки довжину проміжку t .

Ординарний потік – це потік, в якому події з'являються поодиночі, а не групами.

Позначимо через $P(t)$ ймовірність того, що в довільному проміжку t відбудуться не менше двох подій:

$$P(t) = \omega_2(t) + \omega_3(t) + \dots \quad (1.9)$$

На підставі нормувального умови (повної групи подій):

$$\omega_0(t) + \omega_1(t) + \omega_2(t) + \dots = 1, \quad (1.10)$$

тоді

$$P(t) = 1 - \omega_0(t) - \omega_1(t). \quad (1.11)$$

Будемо припускати, що $P(t)$ при нескінченно малих t є нескінченно мала величина вищого порядку, тобто, що

$$\frac{P(t)}{t} \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow 0, \quad (1.12)$$

тому події не можуть з'являтися групами.

Потік без наслідків – так називається потік, якщо для двох непересічних ділянок часу τ_1 і τ_2 число подій, що потрапляють на один з них, не залежить від того, скільки подій потрапляє на інший.

Нехай $t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n$ розглянемо послідовні проміжки часу $(t_0, t_1), (t_1, t_2), (t_2, t_3), \dots, (t_{n-1}, t_n)$, що не накладаються один на одного. Через $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ позначимо число подій наступаючих в ці проміжки. Загальний потік володіє ймовірнісними характеристиками, які складаються з імовірнісних характеристик потоків в проміжках. Тому число подій в

кожному проміжку є випадковими величинами незалежними один від одного.

Регулярний потік – це потік, в якому події слідуєть одне за іншим через певні проміжки часу. Цей випадок характерний для автоматичних ліній, де деталі переміщуються по конвеєру через рівні проміжки часу, які визначаються тактом автоматичної лінії. Для дрібносерійного виробництва такий вид потоку не характерний.

Найпростіший потік (або Пуассонівський) – це потік, який володіє трьома властивостями: стаціонарності, ординарності, не має наслідків. Він підкоряється закону Пуассона з щільністю ймовірності:

$$f(t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^m}{m!}, \quad (1.13)$$

де e – основа натурального логарифма;

λ – інтенсивність потоку;

t – час;

m – кількість станів системи.

Вивчення потоків подій показав, що вони найчастіше є пуассонівським. Це означає, що сам потік є стаціонарним, неординарним і без наслідків, а інтервали часу між подіями в потоках мають показове (пуассонівським) розподіл з параметром, рівним інтенсивності відповідного потоку. В теорії СМО їх називають найпростішими потоками.

У найпростішому потоці математичне очікування M дорівнює середньому квадратичному відхиленню σ .

$$M = \sigma = \frac{1}{\lambda} \quad (1.14)$$

Це рівність дозволяє розробляти нескладні формули для розрахунків технологічних параметрів ГВС.

Якщо все потоки подій найпростіші, то процес, що протікає в СМО, є марковський випадковий процес з дискретними станами і безперервним часом [1]. У них, при виконанні деяких умов, існують фінальні стаціонарні режими, при яких як ймовірності станів, так і інші характеристики процесу не залежать від часу. Прийнято, що стан, в якому знаходиться СМО, позначається S_n , а відповідна йому фінальна ймовірність – P_n . Перехід з одного стану в інший здійснюється під дією потоків λ або μ .

1.4.2.1 Рівняння Колмогорова для ймовірностей станів

Завданням дослідження потоків подій є пошук ймовірностей станів, в яких може перебувати система. За можливостям станів можна розрахувати

кількість деталей в черзі i в цеху, час очікування в чергах, коефіцієнти завантаження обладнання та інше.

Розглянемо ГАД з двох ОЦ. Такий ГАД може мати чотири стану з відповідними можливостями:

стан S_0 з ймовірністю $P_0(t)$ – жоден ОЦ не працює;

стан S_1 з ймовірністю $P_1(t)$ – працює тільки перший ОЦ;

стан S_2 з ймовірністю $P_2(t)$ – працює тільки другий ОЦ;

стан S_3 з ймовірністю $P_3(t)$ – працюють обидва ОЦ.

Очевидно, що $\sum P_i(t) = 1$ – в теорії систем СМО це називається нормувальною умовою (нагадаємо, що в теорії ймовірності це називається повною групою подій).

У розміченому графі станів перехід зі стану в стан відбувається під дією потоку замовлень з інтенсивністю λ або потоку обслуговування з інтенсивністю μ . Розмічений граф станів наведено на рисунку 1.10.

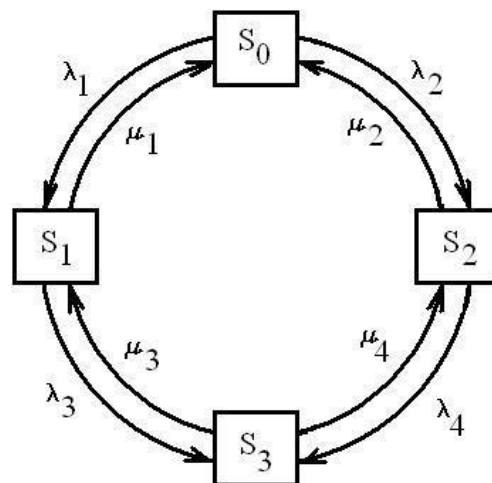


Рисунок 1.10 – Розмічений граф станів

Для виведення системи рівнянь Колмогорова розглянемо частину розміченого графа станів у стану S_0 . Дамо приріст для t , рівне Δt , і отримаємо: $P_0(t + \Delta t)$. Це може бути в двох випадках:

1 в момент t система була в стані S_0 , а за час Δt не вийшла з цього стану;

2 в момент t система була в стані S_1 , а за час Δt перейшла в стан S_0 .

Випадок 1. Якщо ймовірність того, що система вийде зі стану S_0 за час Δt

$$P(t) = (\lambda_1 + \lambda_2)\Delta t,$$

то ймовірність, що вона не вийде з S_0 (з рівняння повної групи подій):

$$P(t) = 1 - (\lambda_1 + \lambda_2)\Delta t.$$

Звідси:

$$P(t) = P_0(t)(1 - (\lambda_1 + \lambda_2)\Delta t).$$

Випадок 2. Ймовірність другого випадку складається з ймовірності S_1 і ймовірності переходу з S_1 в S_0 :

$$P(S_1 \rightarrow S_0) = P_1(t)\mu\Delta t$$

Оскільки потоки мають однакові характеристики, то ймовірність $P_0(t + \Delta t)$ знайдемо складанням незалежних потоків подій:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t)(1 - (\lambda_1 + \lambda_2)\Delta t) + P_1(t)\mu\Delta t,$$

розкриємо дужки і розділимо на Δt :

$$\frac{P_0(t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{P_0(t)}{\Delta t} - \frac{P_0(t)(\lambda_1 + \lambda_2)\Delta t}{\Delta t} + \frac{P_1(t)\mu\Delta t}{\Delta t},$$

вирішимо рівняння

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = P_1(t)\mu - (\lambda_1 + \lambda_2)P_0(t)$$

Зліва – похідна. Тому, розмірковуючи аналогічно:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = \mu_1 P_1 - (\lambda_1 + \lambda_2) P_0 \quad (1.15)$$

Це і є перше рівняння системи Колмогорова. Решта рівняння можна отримати, користуючись таким правилом:

Ліва частина – похідна ймовірності подій.

Права частина – сума творів ймовірностей всіх станів, з яких йдуть стрілки в даний складання, помножене на інтенсивності відповідних

потоків подій, мінус сумарна інтенсивність всіх потоків, які виводять систему з даного стану, помножена на ймовірність цього стану.

Отримаємо систему рівнянь Колмогорова для розміченого графа, представленого на рисунку 1.10:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0}{dt} = \mu_1 P_1 + \mu_2 P_2 - (\lambda_1 + \lambda_2) P_0 \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda_1 P_0 + \mu_3 P_3 - (\lambda_2 + \mu_1) P_1 \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_2 P_0 + \mu_1 P_3 - (\lambda_1 + \mu_2) P_2 \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_2 P_1 + \lambda_1 P_2 - (\mu_1 + \mu_3) P_3 \end{array} \right. \quad (1.16)$$

У практичній діяльності незручно користуватися диференціальними рівняннями, тому досліджуємо систему для отримання алгебраїчного рівняння.

Задаємо початкові умови. Якщо ми знаємо точно, що система знаходиться в якомусь стані S_i , то тоді при $t=0$ $P_i(0)=1$. Інші ймовірності в цій системі будуть дорівнюють нулю.

Наприклад: якщо при $t=0$ $P_0(0)=1$, то $P_1(0)=P_2(0)=P_3(0)=0$.

Друга умова: при $t \rightarrow \infty$ система прагне до меж $P_i(t)$.

У теорії випадкових процесів доведено: якщо число станів n звичайно, і з кожного з них (за кінцеве число кроків) можна перейти в будь-яке інше, то фінальні ймовірності існують.

Тому $\lim_{t \rightarrow \infty} P_i(t) = P_i$ ($i=1,2,\dots,n$).

Якщо кількість випробувань прямує до нескінченності, то $P_i \rightarrow const$, а $\frac{dP_i}{dt} = 0$. При цьому переходимо до алгебраїчних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\lambda_1 + \lambda_2) P_0 = \mu_1 P_1 + \mu_2 P_2 \\ (\lambda_2 + \mu_1) P_1 = \lambda_1 P_0 + \mu_3 P_3 \\ (\lambda_1 + \mu_2) P_2 = \lambda_2 P_0 + \mu_1 P_3 \\ (\mu_1 + \mu_3) P_3 = \lambda_2 P_1 + \lambda_1 P_2 \end{array} \right. \quad (1.17)$$

Із системи рівнянь Колмогорова, як правило, визначаються фінальні ймовірності. Отримані рівняння однорідні, тому замість одного з рівнянь потрібно поставити нормувальну умова $\sum P_i = 1$.

1.4.2.2. Формула Літтла та побудова моделей СМО.

Рівнянням Колмогорова зручно користуватися для моделювання невеликих верстатних систем. Однак, якщо в гад кількість ОЦ буде більше двох, то система рівнянь виходить досить громіздкою. Разом з тим, при моделюванні процесів не завжди важливо знати, які канали працюють одночасно. Тому можна скористатися графом «загибелі-розмноження», який представлений на рисунку 1.11.

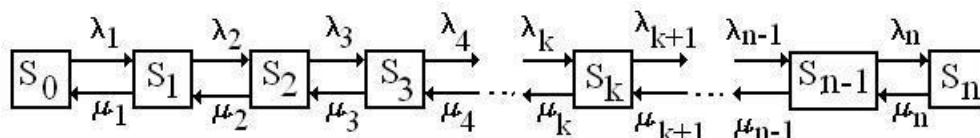


Рисунок 1.11 – Граф «загибелі-розмноження»

Нашим завданням, як і раніше, буде пошук фінальних ймовірностей і зв'язків між потоками подій і часом перебування в черзі.

Користуючись графом «загибелі-розмноження», складемо і вирішимо рівняння для фінальних ймовірностей. Для першого, другого і наступних переходів рівняння матимуть вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 P_0 = \mu_1 P_1 \\ \lambda_2 P_1 = \mu_2 P_2 \\ \dots\dots\dots \\ \lambda_k P_{k-1} = \mu_k P_k \\ \dots\dots\dots \\ \lambda P_{n-1} = \mu P_n \end{array} \right.$$

Найдемо \$P_1\$ з першого рівняння:

$$P_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} P_0 \tag{1.18}$$

З другого рівняння найдемо \$P_2\$:

$$P_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} P_1 = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{\mu_1 \cdot \mu_2} P_0 \tag{1.19}$$

Розмірковуючи аналогічно, отримаємо рівняння для \$P_k\$:

$$P_K = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \dots \cdot \lambda_n}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \dots \cdot \mu_n} P_0 \quad (1.20)$$

Підставами значення P_1 в нормувальних умовах $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ і отримаємо:

$$P_0 \left(1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{\mu_1 \cdot \mu_2} + \dots + \frac{\lambda_1 \cdot \dots \cdot \lambda_n}{\mu_1 \cdot \dots \cdot \mu_n} \right) = 1,$$

Звідси знайдемо P_0 :

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{\mu_1 \cdot \mu_2} + \dots + \frac{\lambda_1 \cdot \dots \cdot \lambda_n}{\mu_1 \cdot \dots \cdot \mu_n} \right)^{-1}. \quad (1.21)$$

Таким чином, визначені всі фінальні ймовірності $P_0 \dots P_n$. Слід пам'ятати, що інтенсивності потоків замовлень і обслуговування величини відомі, так як відомі норми часу обробки деталей на ОЦ і дисципліна надходження деталей зі складу в гад.

Тепер можна знайти рівняння для розрахунку кількості заявок в СМО і час їх обслуговування.

Розглянемо будь-яку автоматизовану ділянку. Позначимо через $X(t)$ – кількість заявок прийшли в систему, а через $Y(t)$ – кількість заявок обслужених в системі. Заявки приходять і обслуговуються, як показано на рисунку 1.12.

Очевидно, що заштрихована частина графіка являє тією частиною заявок, які залишилися не обслужених. Залишок заявок знайдемо так:

$$Z(t) = X(t) + Y(t). \quad (1.22)$$

Якщо розглянути тривалий період T і обчислити для нього середнє число заявок, то воно дорівнює:

$$Z_{cuc} = \frac{1}{T} \int_0^T Z(t) dt. \quad (1.23)$$

Якщо період T чималий, але кінцевий, то можна перейти від знака інтеграла до знаку суми:

$$Z_{cuc} = \frac{1}{T} \sum_i t_i \cdot \frac{\lambda_i}{\lambda}$$

Помножимо праву частину на $\frac{\lambda}{\lambda}$ та перегрупуємо рівняння:

$$Z_{сис} = \frac{1}{T\lambda} \sum t_i \lambda,$$

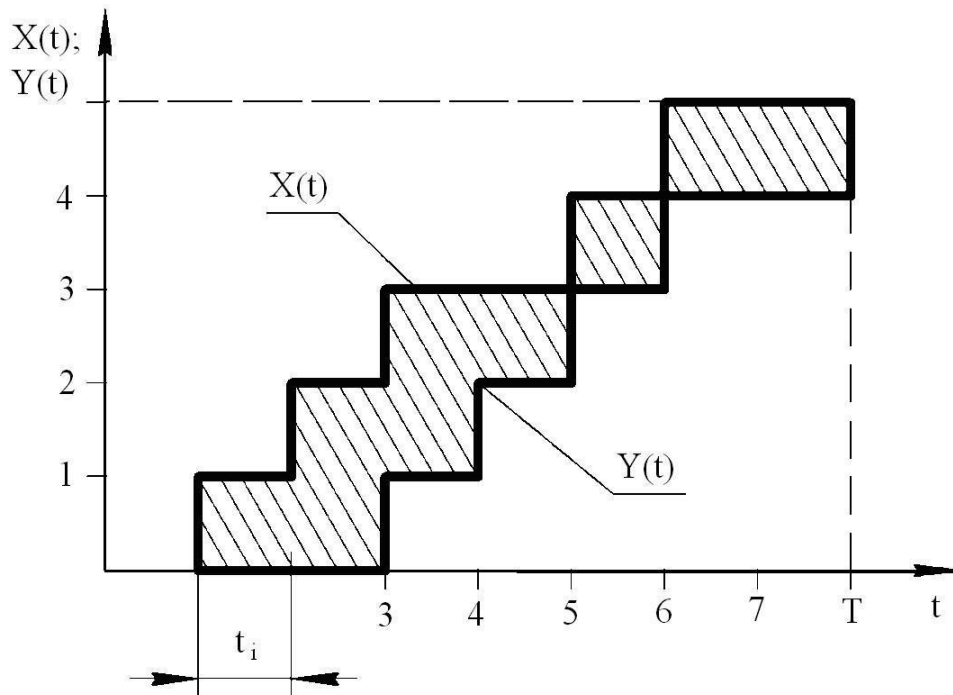


Рисунок 1.12 – Обслуговування заявок в СМО

В отриманому рівнянні $T\lambda$ – є середнім числом заявок, що приходять за елементарний проміжок часу T , а $t_{сис} = \frac{t_i}{T\lambda}$ – є середнім часом перебування заявки в черзі. Після перетворень отримаємо:

$$Z_{сис} = \lambda \cdot t_{сис}, \quad (1.24)$$

звідки:

$$t_{сис} = \frac{1}{\lambda} Z_{сис}. \quad (1.25)$$

Це формула Літтла. За допомогою її, надалі, будемо знаходити зв'язок між кількістю заявок в системі часом перебування в системі.

Аналогічно можна отримати формулу Літтла для випадку очікування заявок в черзі:

$$t_{оч} = \frac{1}{\lambda} Z_{оч}. \quad (1.26)$$

1.4.2.3 Побудова моделей на основі теорії СМО

На початковому етапі створення моделі має бути поданий розглянутий процес у вигляді СМО, для чого необхідно: виявити елементи, що виконують роль каналу обслуговування (ОЦ, транспортний засіб, ремонтна бригада і ін.); визначити характер і параметри вхідного потоку і потоку обслуговування; визначити можливість утворення черги і характер її обслуговування; визначити порядок проходження заявок через канали обслуговування, тобто структуру СМО з багатьма каналами обслуговування; оформити модель системи графічно.

На наступному етапі виконується математичний опис роботи моделі СМО, для чого необхідно виконати перераховані дії.

1 Скласти перелік станів СМО. У будь-який момент часу СМО може бути в одному з станів, який визначається за кількістю заявок, що знаходяться в системі. Визначити напрямок переходу СМО зі стану в стан.

2 Побудувати граф станів.

3 Визначити параметри потоків λ та μ . Перевірити потоки на стаціонарність, ординарність і відсутність наслідків. У разі відсутності одного з властивостей потоку слід перетворити умови задачі.

4 Розмаїття граф станів, для чого кожній вершині графа приписати ймовірність P , тобто ймовірність знаходження системи в одному з станів, а кожній інцидентній привласнити значення інтенсивності.

5 Скласти рівняння ймовірностей по розміченому графу станів.

6 Обґрунтувати існування сталого режиму роботи СМО. Сталий режим роботи, спостерігається, якщо відношення $\rho = \lambda/\mu$, зване коефіцієнтом завантаження каналу, менше одиниці. Іншими словами, стійкий режим роботи системи можливий, якщо середнє число заявок на обслуговування, що надходять в систему в одиницю часу, менше середнього числа заявок, що обслуговуються каналом обслуговування. В іншому випадку чергу буде необмежено зростати.

7. Вирішити рівнянь щодо ймовірностей P_i і визначити необхідні технологічні характеристики роботи СМО.

1.4.2.3 Многоканальна СМО з відмовами

Розглянемо роботу міжопераційного накопичувача з позиціями n (каналами) для зберігання заготовок. В накопичувач приходять заготовки з інтенсивністю λ , і йдуть з накопичувача в ОЦ з інтенсивністю μ .

Потрібно знайти технологічні параметри роботи накопичувача: ймовірність відмови в обслуговуванні $P_{\text{отк}}$, відносну продуктивність накопичувача Q , коефіцієнт завантаження накопичувача K .

В даному випадку це багатоканальна система, в якій $n + 1$ заявка не буде обслужена, так як кількість позицій в накопичувачі n .

Система може бути в наступних станах:

- стан S_0 з ймовірністю P_0 – накопичувач вільний;
- стан S_1 з ймовірністю P_1 – зайнята одна позиція;
- стан S_k з ймовірністю P_k – зайнято k позицій;
- стан S_n з ймовірністю P_n – зайняті всі n позицій.

Граф системи представлений на рисунку 1.13.

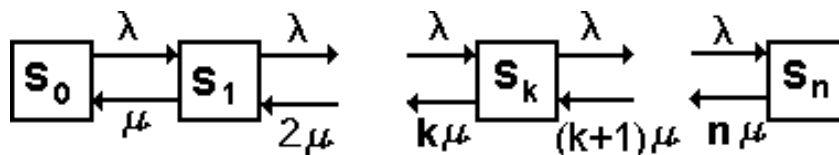


Рисунок 1.13 – Граф багатоканальної системи з відмовами

За формулою 1.21 визначаємо P_0 :

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2\mu^2} + \frac{\lambda^3}{2 \cdot 3\mu^3} + \frac{\lambda^4}{2 \cdot 3 \cdot 4\mu^4} + \dots + \frac{\lambda^k}{k! \cdot \mu^k} + \dots + \frac{\lambda^n}{n! \cdot \mu^n} \right)^{-1}$$

Члени розкладання ряду при P_0 будуть:

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0; \quad P_2 = \frac{\lambda^2}{2\mu^2} P_0; \quad P_n = \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} P_0.$$

Введемо позначення: $\frac{\lambda}{\mu} = \rho$. Це наведена інтенсивність потоку заявок

або коефіцієнт завантаження каналу. Тоді фінальні ймовірності будуть:

$$P_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho^n}{n!} \right)^{-1} \quad (1.27)$$

$$P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0$$

Це формули Ерланга, які були виведені для розрахунку будь-яких багатоканальних систем з відмовами.

Відмова буде в тому випадку, якщо всі n каналів зайняті:

$$P_{отк} = P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0. \quad (1.28)$$

Відносна продуктивність (частка прийнятих заготовок від кількості заготовок тих, що прийшли в накопичувач з системи) складе:

$$Q = 1 - P_{отк} = 1 - \frac{\rho^n}{n!} P_0. \quad (1.29)$$

Абсолютна продуктивність складе:

$$A = \lambda Q = \lambda \left(1 - \frac{\rho^n}{n!} P_0 \right) \quad (1.30)$$

Середня кількість зайнятих каналів (коефіцієнт завантаження) складе:

$$K = \frac{A}{\mu} = \rho \left(1 - \frac{\rho^n}{n!} P_0 \right) \quad (1.31)$$

Для СМО з відмовами і обмеженими чергами середня кількість зайнятих каналів можна визначити за формулою:

$$K = 0 \cdot P_0 + 1 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2 + \dots + n \cdot P_n \quad (1.32)$$

Завдання з багатоканальними системами з відмовами характерні при розрахунках УОК, системах АСУ, міжопераційних накопичувачів.

1.4.2.5 Одноканальна СМО з необмеженою чергою

Розглянемо роботу ГВМ без міжопераційного накопичувача, який забезпечується заготовками безпосередньо з цехового складу. У ГВМ приходять заготовки з інтенсивністю λ , і йдуть з ГВМ в склад з інтенсивністю μ .

Потрібно знайти технологічні параметри роботи ГВМ: кількість заготовок в системі $Z_{сис}$, кількість заготовок у черзі $Z_{оч}$, час перебування заготовок в системі та черзі $t_{сис}$ і $t_{оч}$, коефіцієнт завантаження ГВМ K .

В даному випадку це одноканальна система, а оскільки, вона забезпечується зі складу, в якому встановлюється динамічна рівновага між минулими і прийшли заготовками, то чергу буде необмеженою.

Система може бути в наступних станах:

- стан S_0 з ймовірністю P_0 – ГВМ вільний;
- стан S_1 з ймовірністю P_1 – ГВМ обробляє заготовку, черги немає;
- стан S_2 з ймовірністю P_2 – ГВМ обробляє заготовку і одна заготовка стоїть у черзі;
- стан S_k з ймовірністю P_k – ГВМ обробляє заготовку і $k-1$ заготовок стоїть у черзі.

Граф системи представлений на рисунку 1.14

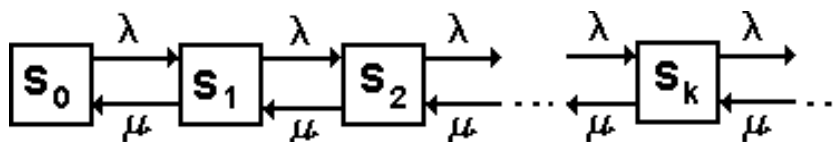


Рисунок 1.14 – Граф одноканальної системи з необмеженою чергою

Перевіримо систему на існування сталого режиму роботи. Якщо $\rho < 1$ – режим роботи сталий і фінальні ймовірності існують, а якщо $\rho \geq 1$ – немає усталеного режиму роботи. При цьому черга в складі росте до нескінченності. Цікавим є випадок при $\rho = 1$. В цьому випадку ГВП працездатна тільки в разі регулярного потоку (наприклад – автоматична лінія). В іншому випадку чергу зростає до нескінченності.

Фінальна ймовірність P_0 визначається за формулою 1.21:

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 + \dots + \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^K + \dots \right)^{-1}.$$

Замінімо $\frac{\lambda}{\mu} = \rho$ та отримаємо:

$$P_0 = \left(1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^K + \dots \right)^{-1}.$$

Рівняння 1.33 представляє собою нескінченний ряд геометричної прогресії. при $\rho < 1$ геометрична прогресія сходиться і має рішення, а при $\rho \geq 1$ геометрична прогресія розходиться і рішення не має.

Сума збіжної геометричній прогресії складе:

$$1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^K + \dots = \frac{1}{1 - \rho}.$$

Звідси

$$P_0 = \left(\frac{1}{1 - \rho} \right)^{-1} = 1 - \rho. \quad (1.33)$$

Ймовірності $P_0, P_1 \dots P_K$ знайдемо:

$$P_1 = \rho \cdot P_0 ; P_2 = \rho^2 \cdot P_0 \dots P_K = \rho^K \cdot P_0 ,$$

або

$$P_1 = \rho(1 - \rho) ; P_2 = \rho^2(1 - \rho) \dots P_K = \rho^K(1 - \rho) . \quad (1.34)$$

Як видно, ймовірності $P_0, P_1 \dots P_K$ утворюють геометричну прогресію зі знаменником ρ . Ймовірність P_0 з них максимальна. Іншими словами, якщо система справляється з роботою, то ймовірне число заявок в системі прагне до 0.

$$Z_{cuc} = \sum_{K=1}^{\infty} k\rho^K (1-\rho).$$

Визначимо середня кількість заготовок (заявок) в системі. Математичне сподівання кількості заготовок складе:

$$Z_{cuc} = 0 \cdot P_0 + 1P_1 + 2P_2 + \dots + kP_K + \dots = \sum_{K=1}^{\infty} kP_K.$$

Підставимо значення P_K :

Винесемо $\rho(1-\rho)$ та отримаємо:

$$Z_{cuc} = \rho(1-\rho) \sum_{K=1}^{\infty} k\rho^{K-1}.$$

Член $k\rho^{K-1}$ є похідною ρ^K :

$$Z_{cuc} = \rho(1-\rho) \sum_{K=1}^{\infty} \frac{d}{d\rho} \rho^K.$$

Міняємо операції суми і похідною:

$$Z_{cuc} = \rho(1-\rho) \frac{d}{d\rho} \sum_{K=1}^{\infty} \rho^K.$$

Сума $\sum_{k=1}^{\infty} \rho^k$ є сума нескінченно спадної нескінченно спадної геометричної прогресії з першим членом ρ та знаменником ρ . Її сума дорівнюється: $\sum_{K=1}^{\infty} \rho^K = \frac{\rho}{1-\rho}$, а її похідна дорівнює $\frac{1}{(1-\rho)^2}$.

Підставляємо похідну в формулу розрахунку кількості заготовок в системі і отримаємо:

$$Z_{\text{сис}} = \rho(1-\rho) \frac{1}{(1-\rho)^2} = \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (1.35)$$

За формулою Литтла:

$$t_{\text{сис}} = \frac{1}{\lambda} \cdot Z_{\text{сис}} = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)}. \quad (1.36)$$

Для знаходження $Z_{\text{сис}}$ та $Z_{\text{оч}}$ спочатку визначимо вірогідність зайнятості каналу $P_{\text{заг}}$. Очевидно, що число заявок в черзі дорівнює числу заявок в системі мінус число заявок, що знаходяться на обслуговуванні.

$$Z_{\text{оч}} = Z_{\text{сис}} - Z_{\text{обсл.}}$$

Число заявок на обслуговуванні може приймати значення 0 або 1 (канал вільний або зайнятий). Математичне сподівання в цьому випадку дорівнює $P_{\text{заг}}$. Отже:

$$P_{\text{заг}} = 1 - P_0 = \rho.$$

Тому, $Z_{\text{обсл.}} = P_{\text{заг}} = \rho$. Звідси:

$$Z_{\text{оч}} = Z_{\text{сис}} - \rho = \frac{\rho}{1-\rho} - \rho = \frac{\rho^2}{1-\rho}. \quad (1.37)$$

За формулою Литтла час перебування заявки в черзі складе:

$$t_{\text{оч}} = Z_{\text{оч}} \cdot \frac{1}{\lambda} = \frac{\rho^2}{\lambda \cdot (1-\rho)}. \quad (1.38)$$

Коефіцієнт завантаження ГВМ складе:

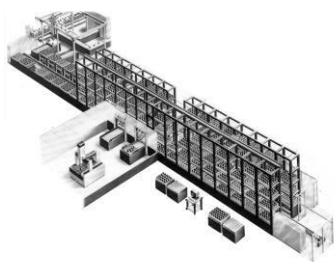
$$K = \frac{\lambda}{\mu} = \rho. \quad (1.39)$$

У одноканальних системах з необмеженою чергою відносна продуктивність дорівнює 1, а абсолютна продуктивність дорівнює λ .

Інші види систем масового обслуговування можна розрахувати за аналогією з наведеним СМО.

МОДУЛЬ 2

СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГВС



2.1 Технологічна система та обладнання ГВС

Склад верстатів в ГВС залежить, перш за все, від технологічного призначення системи для обробки деталей певного типу. Проектування набору і компонування верстатного устаткування зазвичай передують роботи по класифікації оброблюваних деталей, поділу їх на групи, створення технологічних процесів на основі принципів групової технології. Верстатний парк гнучкої системи повинен повністю забезпечувати технологічні потреби обробки групи деталей, для якої проектується ця система. Крім того, він повинен володіти запасом технологічних можливостей, під яким мається на увазі можливе розширення номенклатури оброблюваних деталей в зв'язку з мінливістю виробництва. Тільки в цих умовах буде дотримуватися принцип збереження живучості гнучкої системи.

Технологічне обладнання для ГВС вибирають виходячи з технологічних особливостей обробки деталей на конкретному підприємстві з урахуванням способу отримання заготовок, розмірів, матеріалів і форми оброблюваних деталей, необхідної точності і якості оброблених поверхонь, розмірів партій запуску і річних програм.

До складу гнучких систем обробки входять, як правило, гнучкі виробничі модулі (оброблювальні центри). Іноді в систему включають універсальні і автоматизовані верстати для виконання операцій підготовки баз і доводочних операцій. В гнучкі комплекси включають 2 ... 25 верстатів, причому кількість і якісний набір їх диктуються технологічними потребами системи. Для підвищення живучості комплексів передбачають переважно включення однотипних верстатів або верстатів-дублерів. Загальна кількість верстатного устаткування також визначається можливостями керуючої ЕОМ. При невеликому числі верстатів її використання виявиться неефективним, а при надмірно великому (понад 20) ускладнюється система управління гнучким комплексом.

Відповідно до принципів побудови ГВС, до основного технологічного устаткування висувають такі вимоги: можливість обробки в автоматичному режимі широкої номенклатури деталей при максимальній концентрації операцій, що дозволяє скоротити кількість обладнання і число переустановлень, поліпшити якість обробки і скоротити тривалість

виробничого циклу; необхідність пов'язувати технологічні бази заготовок з устаткуванням та обладнанням; виконання принципу сталості баз при переході на інший верстат; забезпечення роботи обладнання в автоматичному циклі; можливість швидкого переналагодження обладнання при зміні об'єкта виробництва; компоновочная і програмна стиковка обладнання з транспортно-складськими системами і вимірювальними установками.

Для використання ОЦ в складі ГВС необхідні конструктивні, технологічні і організаційні рішення, спрямовані на автоматизацію закріплення заготовок, зміни інструменту, контролю якості обробки, контролю за зносом і поломкою інструменту, видалення стружки із зони різання, очищення базових і настановних поверхонь пристосувань, закриття зони різання, діагностики несправностей основних механізмів і ін.

Загальний підхід до підготовки ОЦ полягає в тому, щоб забезпечити їх роботу протягом двох-трьох змін по випуску якісних деталей без участі оператора (з багатOVERSTATним наглядом).

Підключення верстата до транспортних систем передбачає оснащення його пристроями автоматизованої подачі заготовок і видалення готових деталей (найчастіше здійснювану промисловим роботом), подачі необхідного інструменту та видалення зношеного, подачі МОР і видалення стружки, введення керуючої програми (КП).

Оснащення верстата комплексом засобів забезпечення надійної роботи передбачає застосування пристроїв автоматичного контролю розмірів і введення необхідних корекцій в КП обробки, поломки і зносу інструменту, умов різання, часу роботи, інструменту та зіставлення його з гарантованим терміном придатності, а також пристроїв адаптивного управління, що оберігають верстат від перевантаження і забезпечують його автоматичну наладку.

Найбільш зручними для використання в ГВС є обробні центри, що дозволяють ефективно використовувати принципи концентрації операцій сталості баз, здійснити послідовну і одночасну обробку багатьма інструментами.

ОЦ для обробки корпусних деталей оснащують столами-супутниками, які з нижнього боку мають уніфікований профіль, що дозволяє точно і міцно фіксувати стіл-супутник із закріпленою на ньому деталлю на станині ОЦ.

Подачу заготовок і видалення готових деталей на токарні ОЦ здійснюють зазвичай без супутників, застосовуючи спеціальні роботи і накопичувачі.

Для подачі і видалення інструменту застосовуються магазини інструментів, ємність яких достатня для обробки протягом декількох встановлень деталей, а також використовуються змінні магазини інструментів за принципом: одне найменування деталі – один магазин.

При створенні багатоцільових верстатів прагнуть збільшити місткість інструментальних магазинів шляхом установки здвоєних магазинів або

шляхом організації інструментального складу, повністю автоматизувати зміну інструменту за допомогою різних маніпуляторів, застосовувати касетні інструментальні магазини з великою місткістю і компактністю, автоматизувати контроль якості і діагностики стану інструменту, оснастити верстати багатопозиційними пристроями зміни пристосувань-супутників, пов'язаних з накопичувачами або з центральним складом, збільшувати кількість одночасно беруть участь в роботі шпинделів, розширити коло виконуваних операцій за допомогою додавання до свердлильно-фрезерно-розточувальні токарних і шліфувальних; переводити робочі шпинделі з вертикального в горизонтальне положення і навпаки.

Модернізація конструкцій ОЦ сприяє розширенню можливості вбудовування їх в ГВС.

Одним з найбільш елементарних компонентів ГВС є гнучкий виробничий модуль, який являє собою ОЦ, обладнаний автоматизованими пристроями завантаження заготовок, видалення оброблених деталей і накопичувачем заготовок і деталей. Такий ОЦ повинен обробляти різні деталі, а також мати пристрій, що визначає терміни служби інструментів, ставити діагноз неполадок в роботі.

Формування гнучких виробничих модулів на базі токарних ОЦ виробляють шляхом застосування спеціалізованих роботів-автооператором, а також накопичувачів заготовок і деталей. Технологічні можливості токарних ОЦ, як правило, ширше ніж у верстатів з ЧПУ. Деякі види обробки представлені на рисунку 2.1.

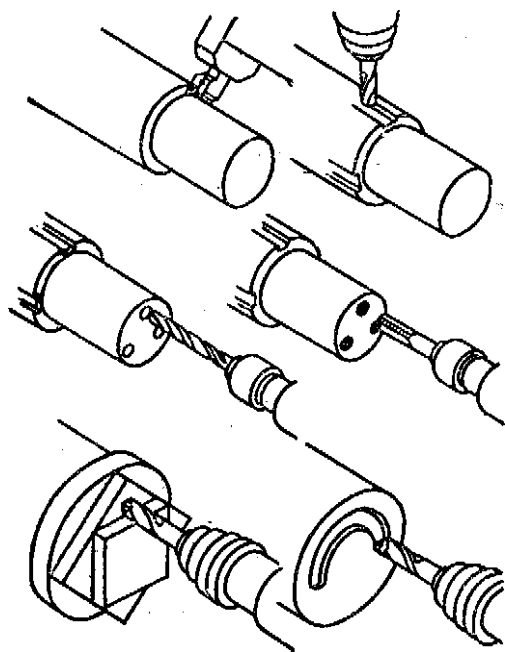


Рисунок 2.1 – Операції, що виконуються на токарних ОЦ

Модулі на базі ОЦ призначені для обробки деталей призматичної форми типу корпусів, плит складної криволінійної форми, дисків, важелів і забезпечують одночасну обробку деталей з різних сторін фрезеруванням,

свердлінням, розточування, нарізування різьблення в автоматичному режимі. Управління здійснюється від пристрою ЧПУ типу CNC і забезпечує високу точність позиціонування. Деталі закріплюють на супутниках, що дає можливість, застосовуючи транспортні роботи, легко вбудовувати верстатний модуль в гнучку виробничу систему.

Основними напрямками розвитку одиничних модулів є: збільшення їх технологічних можливостей шляхом розширення обсягу інструментальних магазинів і способів кріплення деталей, зниження втрат допоміжного часу в результаті вдосконалення транспортно-завантажувальних пристроїв, уніфікація окремих елементів верстатних модулів (керуючих і транспортно-накопичувальних систем), що сприяє широкому застосуванню модулів при створенні гнучких систем більш високого рівня.

Токарні ОЦ створюють на базі одношпindelних токарних верстатів з ЧПУ, оснащених промисловими роботами. Застосування порталних роботів дозволяє створювати ОЦ меншого габариту, встановлювати на порталі одно- і багаторуки роботи, що виконують, крім завантаження-вивантаження заготовок, зміну нерухомого та інструменту, що обертається, кулачків патронів або самих патронів; забезпечує доступ в робочу зону верстата з фронтальної сторони. Функціональні можливості порталних роботів можуть бути розширені за допомогою пристроїв автоматичної зміни захоплень, а також шляхом використання спільно з робокар.

Перспективними є ГВС на базі токарних ОЦ, інструментальні головки яких оснащені обертовими інструментами, завдяки чому з'являється можливість при незмінній установці деталі крім основних токарних операцій виконувати різні допоміжні оздоблювальні операції.

Токарні ГВМ, що входять до складу ГВС, оснащують пристроями автоматичної зміни кулачків патрона, самих патронів або змінною їх частини, яку монтують на деталі поза верстата.

Найбільшого ефекту при створенні гнучких систем досягають шляхом використання агрегатно-модульного принципу побудови технологічного і допоміжного обладнання. Це забезпечує:

- збільшення гнучкості при побудові компонентів і систем в цілому;
- можливість переходу до типового проектування, скорочує обсяг і терміни розробки конструкторської документації створення комплексів завдяки запуску у виробництво основних його уніфікованих елементів паралельно з розробкою конструкторської документації;
- зниження вартості виготовлення компонентів гнучких систем внаслідок серійного виготовлення уніфікованих елементів на спеціалізованих заводах;
- розширення фронту робіт по автоматизації виробництва в машинобудуванні шляхом залучення потужностей заводів-споживачів для складання і монтажу, агрегатів і систем з уніфікованих елементів;
- збільшення надійності роботи гнучких систем в зв'язку із застосуванням апробованих конструкцій уніфікованих елементів.

Модульний, або агрегатний, принцип побудови обладнання заснований на системному підході, який передбачає одночасний аналіз і узагальнення більшості відомих задач по автоматизації даного виробництва. На цій основі розробляється комплекс технічних засобів, функціонально доповнюють один одного і дозволяють komponувати на них широку номенклатуру автоматизованого обладнання, яке забезпечує виконання будь-якої з приватних завдань. Одночасно розробляється комплекс організаційно-технічних заходів, що створюють можливість виготовлення, комплектації, ефективної експлуатації та ремонту цих технічних засобів.

Розробка агрегатного комплексу технічних засобів значно складніше розробки окремих моделей устаткування. Агрегатний комплекс технічних засобів може і повинен розвиватися як безперервно удосконалюється і нарощувана система, що дає великий економічний ефект.

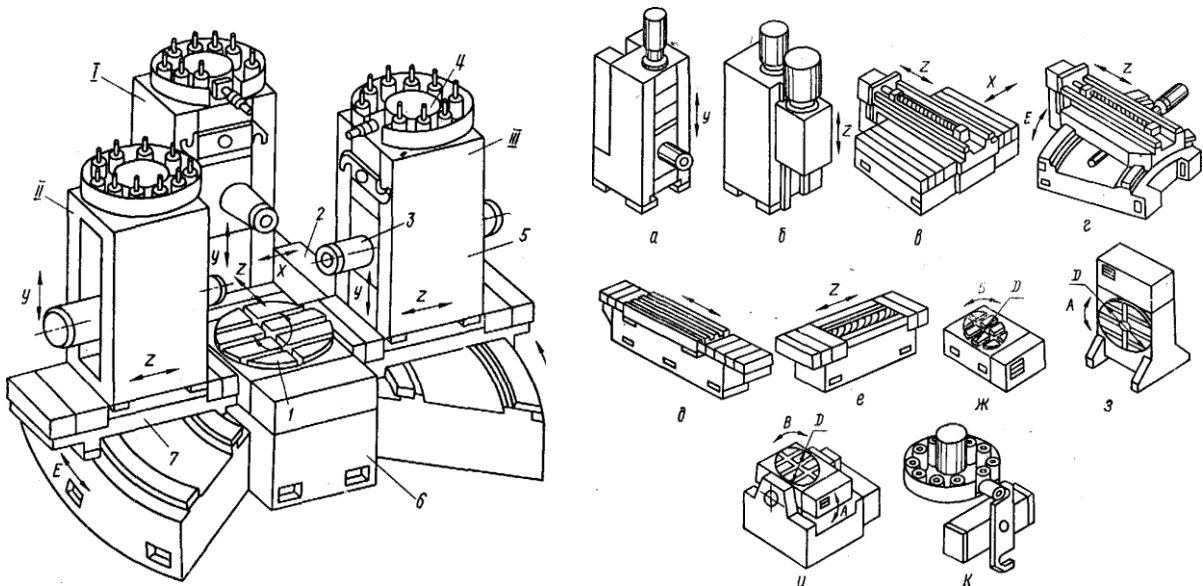
До основних уніфікованим елементам верстатів, керованих по числовій програмі, відносять елементи, які виконують взаємне просторове переміщення інструменту і оброблюваної деталі (столи прямолінійного і кругового переміщення), а також елементи, що забезпечують необхідні швидкість і силу різання (шпиндельні бабки).

Основною особливістю уніфікованих елементів верстатів нового покоління є можливість управляти їх роботою від пристроїв з ЧПУ, що забезпечує їх швидку автоматичну переналагодження на обробку інших деталей.

На рисунку 2.2 приведена типова компоновка обробного центру модульної конструкції.

ОЦ включає в себе уніфіковані вузли, такі як стіл поворотний, станина центральна 6, арочна стійка 5 з вбудованою шпиндельною бабкою 3 (три стойки). На кожній стойці розміщені: механізм автоматичної зміни інструментів 4, стіл хрестовий і два хрестово-поворотних столів 7. Оброблювану деталь закріплюють на планшайбі поворотного столу, встановленого на центральній станини, і обробляють з трьох сторін одночасно трьома силовими агрегатами. На кожному агрегаті забезпечується переміщення по трьох координатах.

На всіх трьох силових агрегатах шпиндельні бабки переміщаються по напрямних стійок в вертикальному напрямку (координати Y). Стійка зі шпиндельною бабкою на агрегаті встановлена на хрестовому столі і переміщається в напрямках осі шпинделя (координата Z) і перпендикулярно до цього напрямку (координата X).



а – стойки з горизонтальною шпindelною бабкою; б – стойки з вертикальною шпindelною бабкою; с – столи хрестової; е – стіл хрестово-поворотний; д, е, ж, з – столи поворотні з вертикальною віссю обертання і, поворотний з горизонтальною віссю обертання, і – стіл поворотньо-похилий; к – механізм автоматичної зміни інструменту
 Рисунок 2.2 – Уніфіковані вузли обробного центру

Кожен силовий агрегат оснащений інструментальним магазином і механізмом автоматичної зміни інструменту. На верстаті можлива автоматична комплексна обробка деталі за один установ. Таким чином, модульні верстати з ЧПУ відносять до класу верстатів типу «обробний центр».

Основою компоновок модульних верстатів з ЧПУ є уніфіковані вузли (рис. 2.3), що включають в себе стойки зі шпindelними бабками, поворотні, прямолінійні і хрестові столи, механізми зміни інструменту. З розроблених десяти типів уніфікованих вузлів можливо виконати до тридцяти різних компоновок верстатів.

Агрегативання відноситься також до транспортних пристроїв гнучких систем – промисловим роботам (ПР), створення яких з використанням агрегатних вузлів дозволяє уніфікувати їх виробництво, підвищити ступінь їх універсальності (гнучкості), розширити сферу застосування.

Проведена стандартизація основних вузлів промислових роботів, таких як робочі приводи і двигуни, захватні пристрої приладів промислового зору та ін. За результатами робіт фірми "Міцубісі" по створенню промислових роботів на агрегатній основі можна навести такі їх переваги: елементи всіх рухів мають модульну конструкцію, що дозволяє за бажанням споживача вибрати конструкцію оптимального типу; забезпечується взаємозамінність між двопозиційними гідравлічними і пневматичними сервоприводами; можлива конструкція робота, скомпонованого у прямокутно-циліндричній системі координат; діапазон

переміщення рук робота широкий завдяки телескопічній конструкції; існує реальна можливість спрощення робота при використанні тільки однієї або двох координат; забезпечується висока точність позиціонування; спрощується ремонт робота в процесі експлуатації.

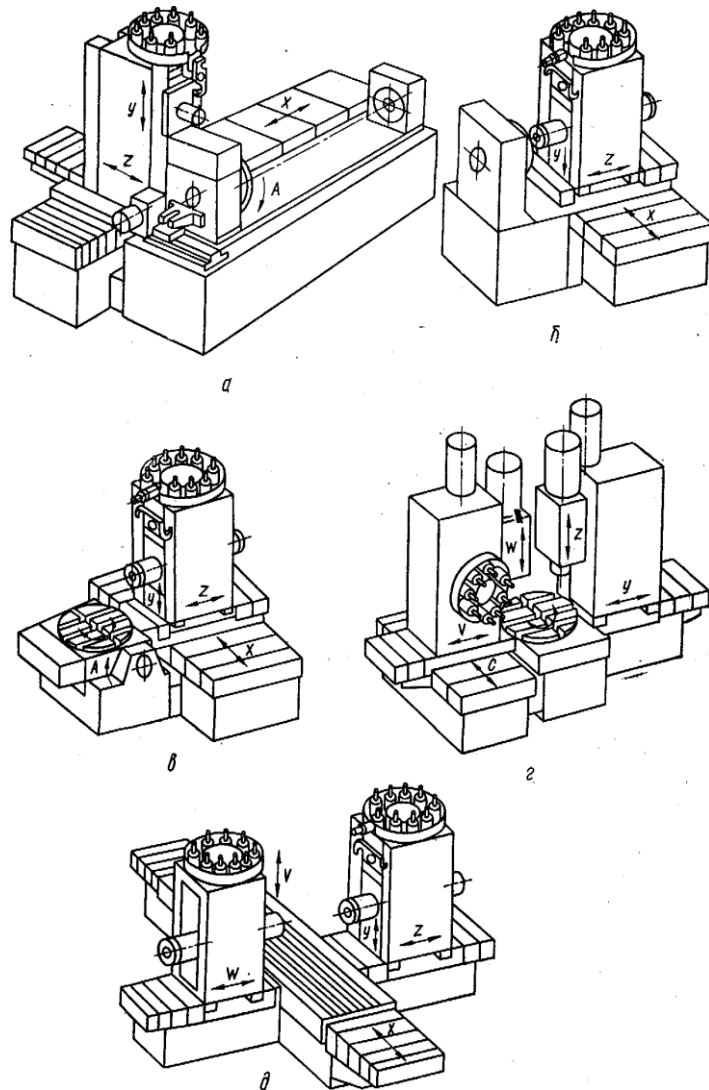


Рисунок 2.3 – Типові компоновання обробних центрів

Оптимальне рішення гарантується тим, що вибір верстатів проводиться з урахуванням їх вартості та технологічних можливостей. Творчим рішенням, що забезпечує формальний процес оптимізації, є вибір ознак, що пов'язують вартість верстатів з їх технологічними можливостями, і трансформація цих ознак для можливості ранжирування деталей за складністю обробки.

Компоновання основного технологічного устаткування ГВС визначається виробничими можливостями, обсягом продукції, що випускається і характером оброблюваних деталей. Раціональна компоновка обладнання дозволяє підвищити економічну ефективність ГВС шляхом зменшення займаної площі, застосування більш простих транспортних

систем, оптимізації переміщень промислових роботів, скорочення допоміжного часу, що витрачається на транспортування деталей і інструментів, підвищення ремонтпридатності обладнання.

2.2 Технічні системи забезпечення працездатності ГВС

2.2.1 Автоматизована транспортно-складська система

Основні функції АТСС полягають в організації накопичення, переробки та переміщення виробів, що обробляються в ГВС.

Автоматичні склади призначені для накопичення вихідної сировини, основних матеріалів і заготовок, допоміжних матеріалів, порожньої тари, зберігання інструментів і пристосувань, змінних захоплень для промислових роботів, накопичень готових виробів, тимчасового зберігання відходів виробництва, бракованих деталей.

Роботи-штабелери транспортують вантажні одиниці; завантажують і вивантажують стелажі, приймальні пристрої технологічного обладнання, транспортні механізми; розподіляють вантажні одиниці між основним технологічним обладнанням. До їх складу можуть входити автоматичні крани-штабелери, мостові крани і ін.

Накопичувачі призначені для накопичення вантажних одиниць перед технологічним обладнанням, створення технологічних заділів, необхідних для ритмічної і безперебійної роботи обладнання, згладжування порушень технологічного ритму. В якості накопичувачів можуть бути використані також приймальні пристрої, транспортні пристрої (наприклад, конвеєрні накопичувальні лінії, які набираються з окремих секцій) та ін.

Перевантажувальні та завантажувально-розвантажувальні пристрої дозволяють змінювати напрямок руху вантажних одиниць без її повороту, повертати вантажну одиницю на 90 ... 360 градусів, завантажувати і вивантажувати крани-штабелери, транспортні роботи, конвеєрні механізми, пов'язувати між собою вантажно-розвантажувальний транспортне та технологічне обладнання.

Транспортні роботи (рейкові) транспортують вантажні одиниці, завантажують і вивантажують приймальні пристрої технологічного обладнання, транспортні механізми, розподіляють вантажні одиниці між основним технологічним обладнанням.

Транспортні перевантажувальні рейкові роботи призначені для міжопераційного транспортування вантажних одиниць, автоматичного завантаження (розвантаження) конвеєрів, штабелювання вантажних одиниць.

Транспортні перевантажувальні для підлоги (конвеєрні) роботи призначені для автоматичного завантаження (розвантаження) тари на рухомий транспорт за заданою програмою транспортування і накопичення вантажних одиниць.

Автоматичні безрейкові транспортні засоби (робокари) дозволяють здійснювати транспортування вантажів з автоматичного складу до модулів обробки і назад по командам центральної ЕОМ або бортового комп'ютера.

Конвеєри і підвісні дороги можуть бути ланцюговими, роликowymi, стрічковими, пластинчастими, підвісними і підлоговими, з автоматичним адресуванням і ін. Їх основними функціями є транспортування і накопичення вантажних одиниць.

Головними параметрами модулів АТСС є вантажопідйомність (маса бруто) і габарити в плані переробляється вантажний одиниці.

У таблиці 2.2 наведені області застосування транспортно-складського обладнання за типами виробництва.

Таблиця 2.2 - Области застосування транспортно-складського обладнання за типами виробництва

Види робіт	Одиничне виробництво	Дрібно-серійне виробництво	Середньо-серійне виробництво	Велико-серійне виробництво
Складування	накопичувачі (2-5 дет.)	Тактові столи (18-20 дет.)	Стелажні склади	Роторно-конвеєрні склади
Переміщення всередині складу	Маніпулятори, поворотні столи	Портальні роботи	Роботи-штабелери	Конвеєри
Переміщення деталей по ділянці	Робототехнічні візки	Робототехнічні візки	Робототехнічні візки	Конвеєри
Завантаження в ГВМ	Роботи, маніпулятори	Роботи, маніпулятори	Роботи, маніпулятори	Живильники

Існують наступні принципи організації складування: централізований, децентралізований і комбінований.

Централізований принцип організації полягає в тому, що всі заготовки зберігаються в одному центральному складі цеху (або ділянки цеху). Обмін заготовками між різними групами устаткування також здійснюється через центральний склад. Цей принцип організації складування використовується в багатоменклатурному виробництві з невеликим вантажопотоком і при малих термінах і обсягах зберігання заготовок. Для зниження величини вантажопотоків необхідно заготовки зберігати і передавати групами на одному піддоні.

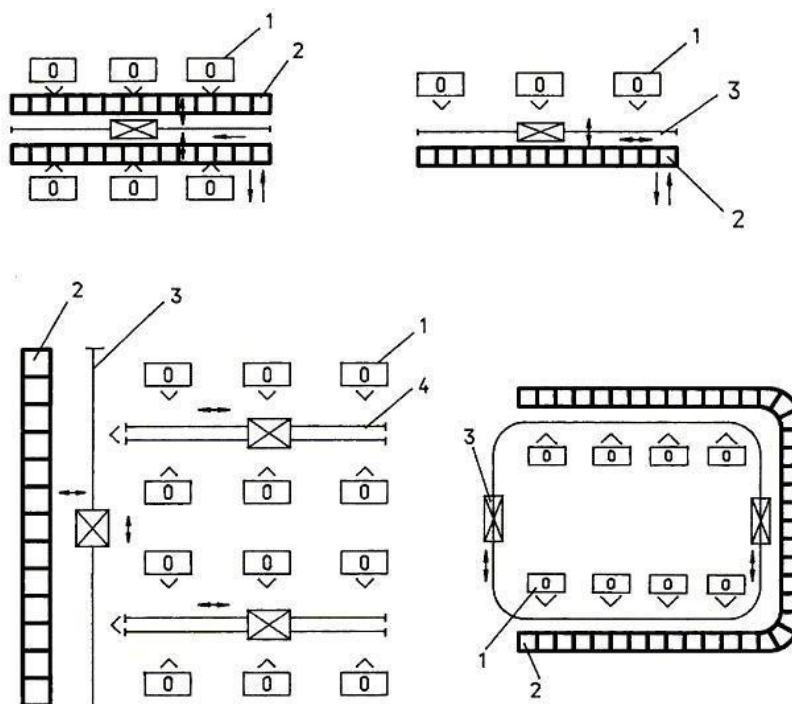
Схеми ділянок з централізованим принципом зберігання наведені на рисунку 2.4.

Децентралізований принцип зберігання заготовок передбачає наявність складів тільки на виробничих ділянках. Такі склади зазвичай називаються міжопераційному накопичувачами. Крім спеціальних міжопераційних накопичувачів, використовуються також накопичувачі і тактові столи, що входять до складу виробничих модулів. Такий принцип

зберігання використовується при наявності великих вантажопотоків. Схеми ділянок з децентралізованими принципами зберігання наведені на рисунку 2.5.

Комбінований принцип зберігання передбачає наявність централізованого складу та міжопераційних накопичувачів. Перевага такого принципу полягає у великій гнучкості і ефективності виготовлення виробів широкої номенклатури.

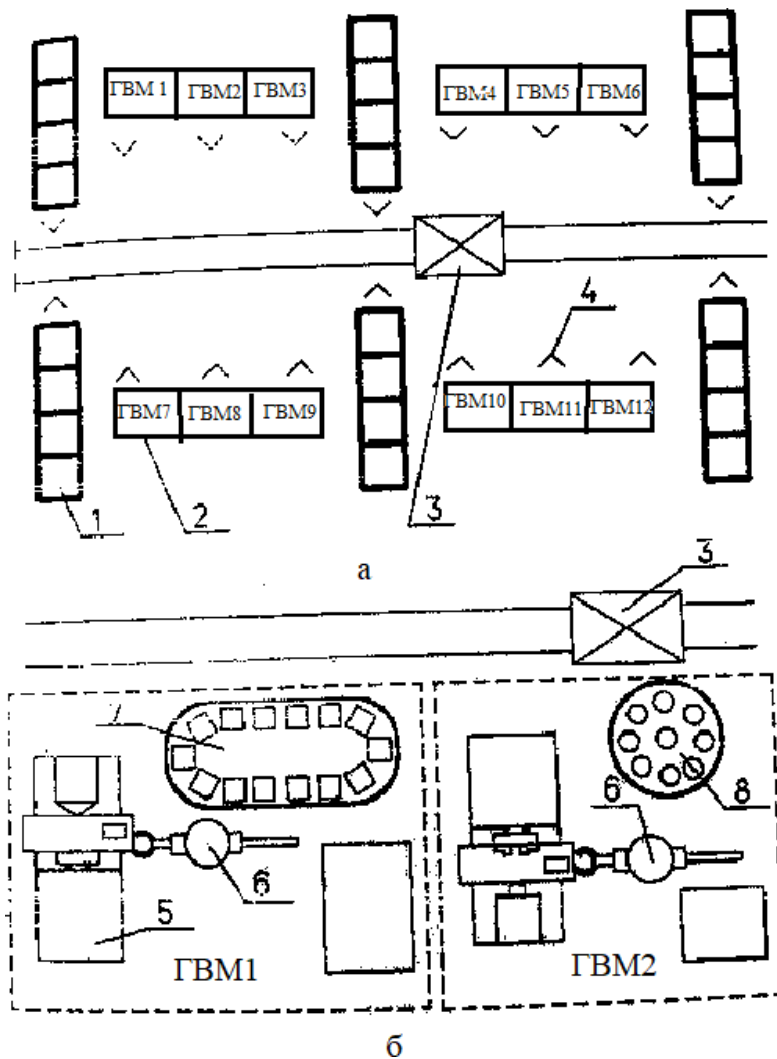
Необхідність передачі заготовок через склад викликана тим, що непотокове виробництво характеризується нестабільними входять і виходять вантажопотоками.



1 – технологічне обладнання; 2 – склад; 3 – кран-штабелер;
4 – транспортна візок

Рисунок 2.4 – Схеми планувальних рішень з центральним складом

Основною причиною нестабільності вантажопотоків є багато-номенклатурність виробництва і, як наслідок, верстатомісткість виконання операцій, що змінюється. Тому умова функціонування автоматизованого складу полягає в тому, щоб приймати з транспортної системи матеріальний потік з одними параметрами, розміщувати і зберігати вантажі і видавати їх назад в транспортну систему з іншими параметрами.



1 – міжопераційний склад; 2 – ГВМ; 3 – транспортний візок;
4 – позиція завантаження і вивантаження; 5 – технологічне обладнання;

Рисунок 2.5 – Схеми планувальних рішень з міжопераційними складами (а), тактовими столами і накопичувачами, вбудованими в ГВМ (б)

Вибір принципів організації зберігання заготовок слід проводити на підставі розрахунків ємності складів. При цьому оптимальним принципом вважається той, який передбачає меншу кількість осередків складу.

Ємність складу розраховується з урахуванням того, що ГВВ повинен стійко функціонувати в умовах зміни номенклатури виготовлених деталей і обсягу їх випуску.

З цією метою процес функціонування ГВВ розглядається як випадковий, з заданими середніми значеннями і розкид параметрів.

Для централізованого принципу зберігання очевидно, що при будь-якій гранично великій місткості складу існує ймовірність того, що він переповниться. Тому при проектуванні необхідно вибрати таку ємність складу E , щоб ймовірність роботи його без переповнення була не менше

заданої величини P . Імовірність P можна трактувати як частку часу, протягом якого склад не був переповнений. Наприклад, при $P = 0,99$ склад з 100 днів роботи в середньому буде перебувати в переповненому стані один день. Величину P задають, виходячи з конкретних умов виробництва.

При закріпленні осередків складу за групами устаткування склад вважається переповненою, якщо переповнена хоча б одна група осередків, закріплена за будь-якої групою обладнання. Нехай P_i – ймовірність того, що осередки складу, закріплені за i -ю групою обладнання, не переповнені, тоді задана ймовірність того, що склад у цілому не переповнений, буде

$$P = \prod_{i=1}^M P_i, \quad (2.1)$$

де M – кількість груп верстатів.

У першому наближенні можна вважати всі ймовірності P_i однаковими, тоді

$$P_i = \sqrt[M]{P}. \quad (2.2)$$

Зазвичай в системах масового обслуговування (СМО) надходження заявок на обслуговування підпорядковується закону Пуассона. Тоді ймовірність того, що на складі знаходиться не більше E_i деталей, які очікують обробки на i -й групі устаткування, складе:

$$P(e_i \leq E_i) = 1 - \rho^{E_i + r + q}, \quad (2.3)$$

де ρ_i – коефіцієнт завантаження ГВМ, $\rho_i = \lambda / \mu$;

E_i – кількість осередків для зберігання заготовок;

r – кількість заготовок, які обробляються або чекають обробки у верстатів;

q – кількість заготовок, що переміщуються на транспортних візках.

Логарифмуючи рівняння (2.3), отримаємо:

$$E_i = \frac{\ln(1 - P_i)}{\ln \rho_i} - (r + q). \quad (2.4)$$

Тоді загальна місткість складу

$$E = \sum_{i=1}^M E_i \quad (2.5)$$

Для децентралізованого принципу зберігання необхідно визначити довжину черги до ГВМ, яка фактично є ємністю межопераційного складу. Ємність накопичувача складе:

$$e_i = \frac{\rho (k\rho)^k}{k!(1-\rho)} P_0. \quad (2.6)$$

Імовірність того, що в СМО немає заявок складе:

$$P_0 = \left[\sum_{j=0}^{k-1} \frac{(k\rho)^j}{j!} + \frac{(k\rho)^k}{k!(1-\rho)} \right]^{-1},$$

де k – кількість ГВМ, що виконують однакові операції по обробці заготовок;

Такі розрахунки необхідно провести для кожної групи обладнання. При цьому отримуємо дані для всіх і міжопераційних складів.

Після визначення оптимального варіанту зберігання заготовок необхідно вибрати складське устаткування.

2.2.2 Автоматизована система інструментозабезпечення

ОЦ забезпечуються збільшеними інструментальними складами в порівнянні з верстатами з ЧПУ. Обробка деталей в ГВС вимагає високопродуктивного інструменту, розрахованого на високу надійність роботи в автоматичному режимі. Найбільш ефективна ГВС при використанні систем інструменту блочно-модульної конструкції.

Такий інструмент складається з окремих елементів (модулів), які можуть компонуватись в оптимальні конструкції інструменту. Блочно-модульні інструменти підрозділяються на наступні модулі:

- 1 базові хвостовики, що встановлюються в шпинделі верстатів;
- 2 власне власники інструментів, призначені для безпосередньої установки (базування і закріплення) різальних інструментів;
 - різцетримачі,
 - різцеві головки;
 - Борштанги;
 - елементи, призначені для установки насадними або кінцевого осевого інструменту з циліндричним або конічним хвостовиком;
 - кулачкові та цангові патрони,
 - державки;
 - оправлення;
 - патрони для мітчиків;
 - центрошукачі,

- вимірювальні щупи.

У хвостовиках, власниках і перехідниках є спеціальні посадочні і приєднувальні поверхні, що забезпечують точне базування і закріплення модулів.

Шляхом заміни одного або декількох модулів модульні допоміжні інструменти без їх знімання можуть бути використані багаторазово для різних операцій. При затупленні інструменту, заміні підлягає не весь інструмент, а тільки один модуль – безпосередньо власник або інструмент. При підготовці виробництва модульні інструменти збираються і розбираються для компоновання великої кількості конструкцій інструментів, для різних верстатів. Елементи блочно-модульних інструментів мають високу уніфікацією. Інструменти, компонований з модульних елементів (що різко скорочує термін виготовлення інструменту), можуть використовуватися замість спеціальних. Модульні інструменти значно дешевше (особливо, при централізованому виготовленні) цілісних інструментів, що застосовуються для конкретних операцій.

Допоміжний інструмент, призначений для установки, базування і закріплення різальних інструментів, становить основу існуючих модульних інструментальних систем. Його технічний рівень істотно впливає на точність, продуктивність, тривалість простоїв металорізальних верстатів, що входять в модулі обробки.

Допоміжний інструмент повинен забезпечувати достатню жорсткість, високу точність і стабільність установки різального інструменту, можливість виконання всіх технологічних переходів, передбачених технічною характеристикою верстата, швидкозмінність, міжрозмірну уніфікацію, настройку інструменту поза верстатом.

Розроблена ЕНІМС і ВНДІ система допоміжного інструменту встановлює три підсистеми інструменту: інструмент з циліндричним базують хвостовиком (для кріплення на токарних верстатах), інструмент з базує призмою (для кріплення на токарних верстатах); інструмент з конічним і циліндричним хвостовиком (для кріплення на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах).

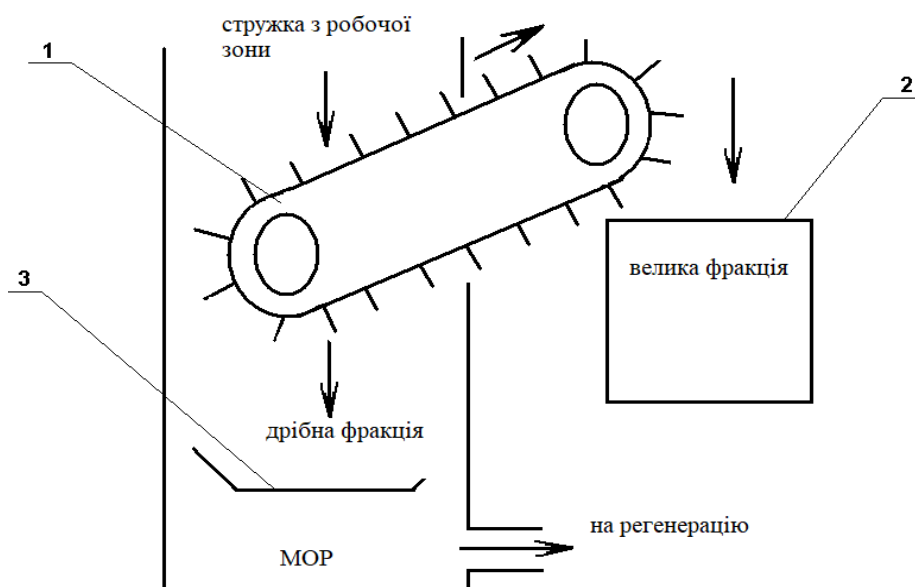
2.2.3 Автоматизована система збирання відходів

До відходів виробництва в ГВС відносяться стружка, МОР і пил. В умовах автоматичного режиму обробки видалення стружки із зони різання є одним з важливих умов надійної, якісної і високопродуктивної обробки виробів на металорізальному обладнанні ГВС. Наявність стружки може привести до порушення нормальної роботи на оброблюваній поверхні, викликати передчасний знос різального інструменту, його затуплення і поломку.

Для видалення стружки використовуються системи, що складаються з наступних основних елементів: систем для відводу пилу та стружки, які

здійснюють видалення стружки із зони різання; пристроїв транспортування стружки за межі верстата або ділянки; циклонів і фільтрів, що забезпечують відділення стружки від повітря і МОР; системи магістрального транспортування стружки до пристроїв переробки; системи переробки стружки, що забезпечує знежирення, дроблення і брикетування стружки.

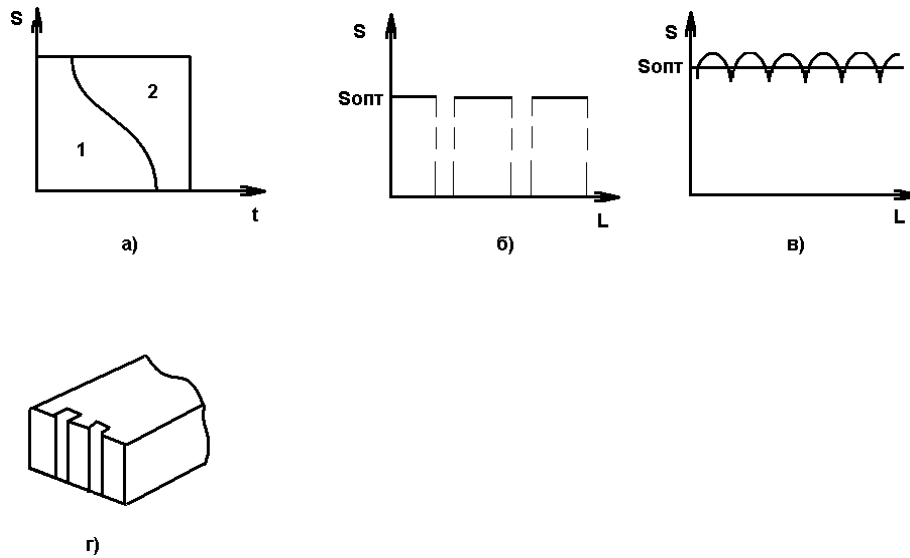
Прикладом пристрою прибирання стружки є скребковий транспортер виносного типу з кутом нахилу транспортера – близько 20° (рис. 2.6). Швидкість переміщення стрічки – до 4 м / хв, довжина транспортера – до 900 м. Транспортер встановлюється поруч з верстатом. Стружка потрапляє із зони різання на скребковий транспортер 1. Шкребки стрічки транспортера переміщують стружку вгору, де вона через вікно корита потрапляє в жолоб конвеєра 2. Дрібна стружка через невеликі отвори в транспортері 1 потрапляє на піддон 3 з дрібним ситом для стікання МОР.



1 – скребковий транспортер; 2 – конвеєр; 3 – піддон
Рисунок 2.6 – Організація прибирання відходів з робочої зони ОЦ

Для надійної роботи системи видалення і переробки стружки повинна бути забезпечена необхідна однорідна фракція стружки (зазвичай довжиною 1-2 см). Різноманіття різальних інструментів, форм і матеріалів, оброблюваних заготовок призводить до утворення стружки різних форм і розмірів (зливна, елементна та ін.), що залежать від виду, режимів обробки і фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. У зв'язку з цим одним з найважливіших завдань, пов'язаних з видаленням стружки, є її формування.

ЕНІМС розроблені рекомендації щодо застосування методів дроблення стружки. На рисунку 2.7 представлені методи подрібнення, а в таблиці 2.3 наведені області їх використання методів.



1 – зона надійного стружкодроблення; 2 – зона ненадійного стружкодроблення

Рисунок 2.7 – Методи стружкодроблення

Таблиця 2.3 – Области використання методів стружкодроблення

Вид обробки	Матеріал заготовки			
	Конструкційна сталь	Високо-вуглецева сталь	нержавіюча сталь	жароміцна сталь
	Номер методу за рекомендацією ЕНІМС			
свердління, розсвердлювання	4	4	4	4
чорнове точіння	1	1	4, 6	4, 6
чистове точіння	1, 5	1, 5	5	5
чорнове розточування	2	2, 3	4, 6	4, 6
чистове розточування	1,5	1,5	5	5
точіння канавок і виточок	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 4	3, 4

Використовуються такі методи:

1 Вибір геометрії різальної частини інструменту, при якому використовуються стружколамачі у вигляді лунок, уступів або канавок, які виконуються на гранях різальної кромки різця. Застосовуються також накладні стружколамачі, закріплені на верхній межі різальних пластинок.

2 Вибір режимів різання, тобто знаходження такого співвідношення глибини різання і подачі, при якому має місце ефект стружколомання (рис. 2.7, а).

3 Вибір схем переміщення інструменту короткими ходами, наприклад, при обробці канавок або чорновому розточуванні (рис. 2.7В).

4 Переривання подачі (рис. 7, б).

5 Формування стружкорозділювальних канавок, здійснюване для чистових проходів. Прорізка канавок проводиться на глибину 0,05 ... 0,06 мм, (рис. 2.7, г).

6 Додаткові відносні переміщення інструменту (осцилюючі руху).

Етап транспортування стружки забезпечується скребковими транспортерами або по трубопроводах. До складу агрегатів для збирання стружки входять мийно-сушильні агрегати, які служать для мийки та сушки деталей, що є окремою операцією технологічного процесу. Мийка та сушка здійснюється перед кожною чистовою і фінішною операцією і, як правило, перед чорновий. Час виконання мийно-сушильної операції 12 ... 15 хвилин. Мийно-сушильні агрегати розрізняються по місткості робочої зони. Залежно від цього, в робочу зону можна подавати як окремі деталі (великогабаритні), так і піддони з деталями.

Пил, що виникає на фінішній обробці, утилізується в циклонах.

2.3 Інформаційні системи забезпечення працездатності ГВС

До інформаційних систем забезпечення працездатності ГВС відносяться:

АСУ – автоматизована система управління;

АСК – автоматизована система контролю;

САПРТП – система автоматизованого проектування технологічних процесів;

АСТПВ – автоматизована система технологічної підготовки виробництва;

АСНД – автоматизована система наукових досліджень.

2.3.1 Автоматизована система управління.

Система управління складається з засобів обчислювальної техніки в вигляді керуючого обчислювального комплексу із засобами програмного забезпечення і реалізує наступні функції:

1 оптимальне управління роботою технологічної системи;

2 управління системами: транспортної, складської, інструментозабезпечення, технічного обслуговування, контролю якості, охорони праці;

3 оперативне планування завантаження обладнання – розробка оперативних завдань для верстатів і систем обслуговування (переробка, передача і накопичення інформації, що відноситься до узгодження переміщення в просторі і часі заготовок, інструментів, оснащення та ін.);

4 оперативний облік виконання планових завдань;

5 управління технологічним і допоміжним обладнанням (переробка, передача і накопичення інформації, що відноситься до технологічних режимів обробки, маршрутами і ін.);

6 зберігання керуючих програм в довготривалій і оперативній пам'яті ЕОМ;

7 автоматизація контролю і коригування керуючих програм;

8 збір, первинну переробку і зберігання технічної і технологічної документації в ЕОМ;

9 розрахунок техніко-економічних показників роботи ГВС.

Вимоги до АСУ:

1 автоматизація виконання всіх зазначених функцій за допомогою ЕОМ;

2 наявність диспетчерського центру на випадок аварійного управління виробництвом;

3 лінійність всіх систем управління і точність відпрацювання сигналів;

4 технічно обґрунтована швидкість спрацьовування всіх приймачів;

5 модульність конструкції СУ, що дозволяє швидко усувати відмови і реалізує принцип гнучкості;

6 зручність обслуговування.

Реалізація вищезгаданих функцій з дотриманням пред'явлених вимог здійснюється на основі ієрархічної побудови структури АСУ. Під ієрархією структури управління розуміється багатоступінчастий пірамідальний принцип її побудови з підпорядкуванням нижчих рівнів вищим. При такій структурі функції контролю і управління виробництвом розподіляються на кілька рівнів, з пріоритетом керуючих сигналів старших рівнів.

Крім того, структура АСУ передбачає перерозподіл різних функцій по різних рівнів (рисунку 2.8).



Рисунок 2.8 – Структура АСУ

Верхній рівень забезпечує технологічну підготовку виробництва і календарне планування, що передбачає моделювання та розробку планів запуску продукції, приходу, переміщення і догляду матеріальних та інформаційних потоків, за результатами чого здійснюється управління ТПП.

Середній рівень містить в собі функції оперативного контролю та управління (диспетчеризація), що передбачає діагностування підсистем ГВС, відображення інформації, облік і документування. На основі прогнозів від АСНД зібрана інформація забезпечує прийняття рішень та реалізацію функції управління об'єктами на середньому рівні.

Нижній рівень забезпечує відпрацювання не тільки програм ЧПУ. Тут відпрацьовуються програми управління всіх технічних систем. Об'єктами управління є металорізальні верстати, накопичувачі, роботи та ін. На цьому рівні здійснюється контроль їх життєдіяльності (час відпрацювання на відмову та ін.), Результати якого передаються на верхні рівні разом прогнозами від АСНД.

Управління та зворотні зв'язки забезпечені наявністю датчиків зворотного зв'язку і приймачів керуючих програм.

З метою ув'язки структурних елементів АСУ при прийнятті рішень про орієнтацію на конкретні засоби інформаційного забезпечення розробляються схеми інформаційних потоків, які відображають склад, обсяг і маршрути руху інформації між засобами АСУ.

Основою для побудови схеми інформаційних потоків, крім планувального розміщення всіх елементів ГВС, служать схеми матеріальних і енергетичних потоків. Інформаційну зв'язок здійснюють в

числовому, текстовому або графічному вигляді. Числова інформація передає кількісні параметри, отримані при розрахунках і вимірах. Текстова інформація висловлює якісні властивості виробничого процесу і відображає умови, при яких відбувається описуваний процес. Графічна інформація являє собою графіки, схеми і кресленики.

Для складання математичної моделі ГВС, крім матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків, потрібно знати і тимчасові зв'язки, що визначають момент надходження матеріалів, енергії та інформації на кожен об'єкт ГВС.

Розроблена схема інформаційних потоків наноситься на планування ГВС (рис. 2.9).

Схема інформаційних потоків (див. рис.2.9) дозволяє оцінити вимоги до елементів системи управління:

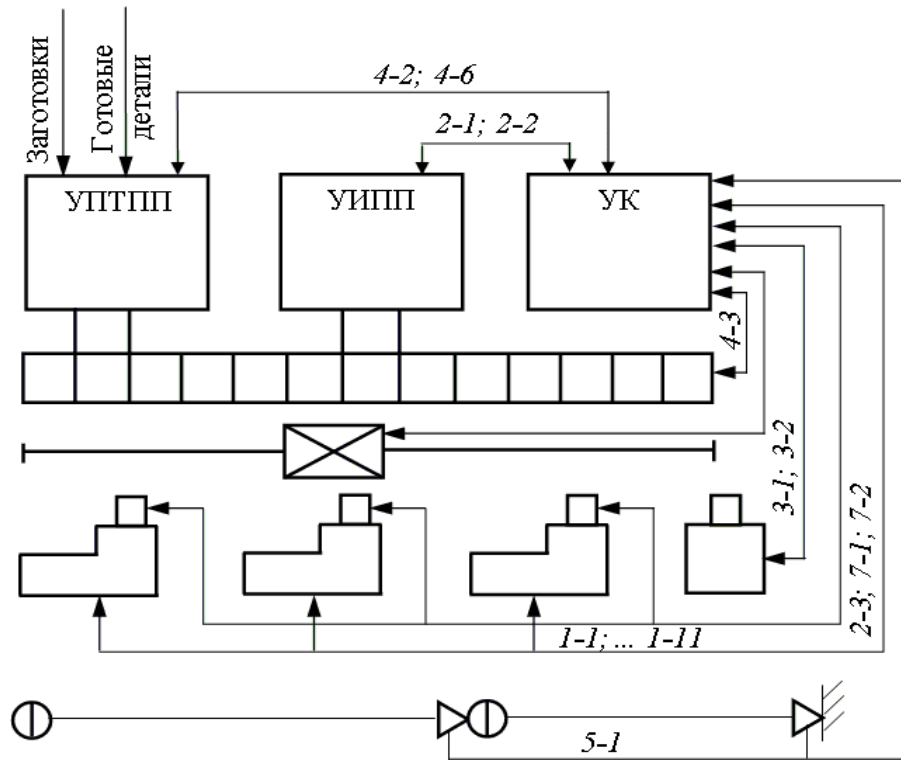
- 1 число входів і виходів пристрою збору і переробки інформації;
- 2 характеристики периферійних пристроїв;
- 3 швидкодію процесорів керуючих ЕОМ;
- 4 обсяг оперативної пам'яті і ємність носіїв інформації.

На основі аналізу вибираються елементи АСУ з оптимальними технічними характеристиками. Паралельно з розробкою системи управління виробництвом проводиться проектування програмного забезпечення системи.

На базі процесів виготовлення виробів задають дані для проектування автоматизованої системи керування ТЗ, в яких вказують функції системи, режими її роботи, способи виведення обладнання з збійних ситуацій. В технічному завданні вказують число керуючих програм, необхідних для виготовлення виробів, час їх виконання на обладнанні, допустимий час затримки при передачі кадрів на пристрої ЧПУ обладнання та обсяг інформації по корекціям.

Сучасні АСУ припускають, модульне побудова і включають:

- 1 Модуль управління діагностикою та контролем (АСУ СК);
- 2 Модуль управління транспортно-складською системою (АСУ ТСС);
- 3 Система управління інструментозабезпеченням (АСУ СІЗ);
- 4 Управління системою технічного оснащення (АСУ СТО);
- 5 Управління системою охорони праці (АСУ СТО);



1-1 – програми управління верстатами; 1-2 – сигнал готовності до роботи; 1-3 – сигнал «Робота»; 1-4 – запит про завантаження верстата; 1-5 – сигнал «Переналадження»; 1-6 – сигнал «Простий»; 1-7 – запит про розвантаження верстата; 1-8 – сигнал про закінчення обробки; 1-9 – сигнал «Кінець простою»; 1-10 – сигнал про кількість оброблених деталей; 1-11 – сигнал про введення корекції в ЧПУ верстата; 2-1 – змінне завдання ділянки інструментальної підготовки виробництва (УППВ); 2-2 – інформація про готовність інструментів; 2-3 – запит про інструмент; 3-1 – сигнал про браковані деталі; 3-2 – інформація про роботу контрольно-виміральної машини (КВМ); 4-1 – сигнал датчиків столу накопичувача; 4-2 – зміна завдання ділянки підготовки транспортної партії (УПТТП); 4-3 – сигнал датчиків про завантаження складу; 4-4 – запит про завантаження накопичувача; 4-5 – запит про розвантаження накопичувача; 4-6 – інформація про готовність транспортної партії; 5-1 – інформація від світлокаціонних датчиків; 6-1 – керуюча команда крану-штабелера; 6-2 – сигнал датчиків крана-штабелера; 6-3 – інформація про роботу крана-штабелера; 6-4 – сигнал «Збій в роботі»; 7-1 – сигнал «Відмова»; 7-2 – повідомлення про причини простою

Рисунок 2.9 – Схема інформаційних потоків ГВС

Управління діагностикою та контролем (АСУ СК). Діагностування підрозділяється на функціональну діагностику, при якій проводиться вимірювання параметрів, що характеризують стан обладнання, і статистичну, при якій реєструється зміна стану обладнання і проводиться розрахунок експлуатаційних показників його роботи. Для діагностування система оснащується датчиками, що визначають готовність обладнання до роботи, що роблять пошук місця і причин відмови та ін.

Призначення системи діагностики – забезпечити функціонування обладнання шляхом оперативного визначення критичних і аварійних ситуацій. Це виконується шляхом збору інформації про стан відповідальних вузлів основної та допоміжної систем, переробки цієї інформації за алгоритмом і прийняття рішень про можливість подальшого функціонування елементів цих систем і виведення інформації про несправності.

Управління транспортно-складською системою (АСУ АТСС). Вихідними даними для визначення характеристик цього модуля є номенклатура виробів, періодичність їх випуску, розміри, маса, характеристики штабелерів, автооператором, підйомних столів і т.д., кількість захватних пристроїв в ПР і позицій на поворотних столах, кількість стелажів і число осередків.

При розробці АСУ транспортними і складськими потоками необхідно:

- 1 визначити пріоритетність обслуговування обладнання;
- 2 розробити режими «Запуск» і «Планове зупинення»;
- 3 організувати потоки заявок на доставку до місця призначення рухомих пристроїв;
- 4 організувати захист системи і вихід з збійних ситуацій;
- 5 організувати підготовку інформації для виконавчих пристроїв, пристроїв відображення і передачу її, при необхідності, в інші підсистеми.

Існують два рівня управління складською і транспортною системами. На першому рівні вирішуються завдання: управління приводами транспортних засобів; точного їх позиціонування; зупинки транспортних засобів у аварійних ситуаціях; завантаження і розвантаження накопичувачів і складу. На другому рівні здійснюється управління матеріальними потоками, оцінка причин, що викликали відхилення процесу транспортування і складування від заданого, облік руху та зберігання вантажу.

Управління інструментозабезпеченням (АСУ СІЗ). Реалізується на основі інформації про номенклатуру інструменту, його стійкості, маршрутах переміщення, параметрах СІЗ, що визначають розміри інформаційних і моделюють потоків з урахуванням умов і параметрів зв'язку з іншими допоміжними системами.

Управління системою технічного оснащення (АСУ СТО). Передбачає контроль роботи автоматичних систем видалення стружки, роздачі МОР, подачі електроенергії та стисненого повітря. Інформація про роботу цих систем надходить на ЕОМ, де визначається їх стан.

Управління системою охорони праці (АСУ ОП). Робота системи зводиться до перевірки датчиків, контролюючих безпечну роботу обслуговуючого персоналу і санітарні умови праці, різних блокувальних пристроїв, а також до відпрацювання сигналів з датчиків на аварійне відключення обладнання.

Загальне програмне забезпечення і загальне спеціальне програмне забезпечення найчастіше не розробляються, так як вони поставляються разом з обчислювальною машиною. При розробці технічного завдання на проектування спеціального програмного забезпечення вказують всі необхідні дані, отримані в ході технологічного проектування ГВС, а також мову і структуру керуючих програм, можливість їх редагування.

2.3.2 Автоматизована система контролю.

Система контролю реалізує наступні функції:

- 1 контроль технічних засобів ГВС та деталей;
- 2 діагностика працездатності автоматичного обладнання, що входить до складу технологічної, транспортної, складської систем і системи інструментозабезпечення, контролю;
- 3 контроль положення заготовок і деталей;
- 4 контроль положення робочих органів технологічного і допоміжного обладнання;
- 5 зберігання інформації про виготовлених виробках (їх конфігурації, технічних вимогах і ін.);
- 6 настройка контрольно-вимірювальних пристроїв;
- 7 своєчасне виявлення шлюбу;
- 8 операційний і приймальний контроль якості;
- 9 видача інформації за результатами контролю в АСНД і систему управління.

Технічні пристрої контролю ГВС в загальному випадку включають:

- 1 інформаційні пристрої, що є первинними вимірювальні перетворювачі (датчики) для збору інформації про властивості, технічний стан і просторовому положенні контрольованих об'єктів, а також про стан технологічного середовища;
- 2 проміжні перетворювачі, прилади або обчислювальні пристрої, які здійснюють аналіз отриманої інформації і порівняння отриманих фактичних значень із заданими;
- 3 керуючі обчислювальні пристрої, що виробляють сигнали оповіщення, індикації або управління, необхідні для своєчасного введення, корекції або прийняття інших заходів.

Номенклатура основних параметрів, що контролюються в ГВП та застосовність технічних пристроїв контролю може бути систематизована за трьома періодами виробничого процесу:

- 1 контроль, вироблений перед початком циклу обробки з метою визначення справності та готовності до роботи технологічного обладнання, наявності та надійності закріплення пристосування, заготовки та інструменту, перевірки заданого положення та ідентифікації всіх технологічних об'єктів, що беруть участь в обробці;
- 2 контроль, вироблений під час циклу обробки (або при перериванні циклу), який має на меті перевірку параметрів технологічного процесу –

зусилля різання, температури в зоні різання, точності обробки переміщень, діагностику стану інструменту, контроль основних розмірів деталі по переходах;

3 контроль, що проводиться після закінчення циклу обробки, завданням якого є перевірка кінцевих положень робочих органів верстата (повернення в задану точку), контроль стану інструменту і розмірів обробленої деталі.

Розглянемо основні модулі АСК, їх характеристики і функціональне призначення.

Пристрої контролю справності основних систем технологічного і допоміжного обладнання. Системи технологічного і допоміжного обладнання ГВС, що включають верстати, промислові роботи, транспортні і завантажувальні пристрої, автоматичні склади, є складними об'єктами контролю і діагностування, що мають в своєму складі пристрої, в яких відбуваються фізичні процеси різного виду, що характеризуються як безперервно, так і дискретно змінюються параметрами.

Висновок про технічний стан таких систем і їх елементів може ґрунтуватися на контролі досить великої кількості як статичних, так і динамічних характеристик, наприклад, напруги і струмів в колах електроприводів і блоків їх управління, частот обертання роторів двигунів, що крутять моментів, тиску і температури масла в гідросистемах, витрати робочої рідини, температури відповідальних механічних вузлів, швидкостей і прискорень робочих органів, точності лінійних і кутових переміщень, зусиль і деформацій в механізмах, шуму і вібрацій при роботі вузлів, часу спрацьовування реле або муфт, спектральних характеристик коливань пружної системи та ін.

Засоби отримання інформації про характеристики елементів систем можна розділити на три групи:

1 штатні пристрої, як правило, вже наявні в обладнанні для забезпечення його циклів роботи (реле, електромагніти, шляхові перемикачі, датчики швидкості і переміщень);

2 Додаткові пристрої, що вбудовуються в відповідно до обраних параметрів діагностування (вібродатчики, реле тиску, витратоміри, датчики температури, струму і ін.);

3 Спеціальні контрольно-вимірювальні пристрої, що працюють автономно або підключаються за запитами (контрольно-вимірювальні системи, вимірювальні роботи-маніпулятори, вібровимірювачі стенди тощо).

Пристрої для визначення наявності технологічних об'єктів, їх положення в просторі і ідентифікації. Пристрої визначення наявності об'єкта (інструменту, пристосування, заготовки, деталі та ін.) на технологічній позиції, призначені для сигналізації про наявність об'єкта в поле зору системи випромінювач-приймач, можуть застосовуватися як в модулях обробки, так і в транспортно-накопичувальних складських

системах, а також в промислових роботах в якості елементів що додають їм чутливість.

Принцип дії заснований на виявленні інфрачервоного випромінювання, відбитого об'єктом, і переривання об'єктом потоку інфрачервоного випромінювання, що надходить від випромінювача на приймач.

Як пристрої для визначення положення технічних об'єктів в просторі використовують індикатори контактів типів, які дозволяють визначити координати заданих точок об'єктів в системі координат верстата і здійснити контроль розмірів заготовок, деталей і інструменту на верстаті перед циклом обробки, в період переривання обробки і після її закінчення. За допомогою індикаторів може бути також визначено наявність пошкоджень кромки інструменту.

Основним елементом індикаторів є датчик дотику, що працює за принципом електроконтактного датчика і видає електричний сигнал при торканні наконечником щупа поверхні деталі або інструменту.

У комплект індикатора входять датчики дотику, що зберігаються в магазині інструментів і при вимірюванні встановлюються в шпindelь верстата, датчик дотику для інструменту, що закріплюються на базовій поверхні верстата, передавачі сигналів, приймачі, електронні блоки і деякі допоміжні елементи.

Зчитування кодів, що визначають шифр інструменту, деталі або вантажу, може здійснюватися або при установці об'єкта на позиції контролю (наприклад, на столі верстата або в осередку складу), або в динамічному режимі – при переміщенні об'єкта повз голівки, що зчитує, встановленої нерухомо.

Пристрої контролю стану різального інструменту. Існує кілька типів пристроїв, заснованих на різних принципах дії.

Фотоелектричні пристрої контролю різального інструменту призначені для визначення поломок інструменту, контролю граничного зносу інструменту типу різців, а також ідентифікації типу заготовки, що надходить на верстат. Пристрої працюють на принципі машинної обробки зображення робочої зони технологічного обладнання.

Оптоелектронні датчики положення (ОДП-1), що виробляють електричні сигнали при суміщенні поверхні об'єкта з фіксованою точкою простору, можуть застосовуватися для визначення поломки інструменту, вимірювання геометричних розмірів інструментів, контролю, позиціонування робочих органів технологічного обладнання, виявлення технологічних об'єктів в заданих зонах.

Лазерні вимірювачі об'єктів призначені для визначення розмірного зносу різця перед початком обробки. Можуть використовуватися для контролю координатних переміщень супорта верстата.

Вимірювачі працюють на основі дифракції Фраунгоффера в зоні отвору, утвореного діафрагмою приладу і різальної кромки різця.

Контроль стану інструменту в процесі обробки в даний час проводиться непрямыми методами. До них відносяться контроль струму, споживаного головним приводом, вимір зусилля різання і його складових, температури в зоні різання, електричних характеристик в зоні контакту «інструмент - деталь», характеристик механічних коливань, що виникають в зоні різання.

На вимірі потужності або струму, споживаних електродвигуном головного приводу, заснований принцип дії пристроїв активного контролю режимів різання і стану різального інструменту. Такі пристрої дозволяють також підтримувати постійної потужності різання за рахунок корекції швидкості подачі для токарної та фрезерної обробки при спільній роботі із ЧПУ модуля обробки.

Модулі контролю якості продукції. До складу модулів входять ВТК, що включає вимірювальну лабораторію, яка розробляє схеми і плани контрольних перевірок засобів вимірювань і виконує найбільш складні з них, контрольно-перевірочні пункти (КПП), цехові контрольні пункти (КП) і випробувальні відділення.

Способи контролю якості виробів класифікують за призначенням - приймальний, профілактичний, який прогнозує; взаємодії з об'єктом виготовлення - активний (прямий і непрямий), пасивний (після кожної операції або через кілька операцій), параметричний (кількісний, допускового) і функціональний; конструктивному рішенню - внутрішній (самоконтроль) і зовнішній; реалізації в часі - безперервний (в процесі виготовлення) та періодичний (тестовий).

Перспективним є активний контроль при обробці, що дозволяє виключати шлюб шляхом своєчасної корекції процесу виготовлення і підвищити продуктивність за рахунок поєднання часу виготовлення згодом контролю.

При проектуванні системи контролю якості (СКЯ) слід приділяти увагу питанням зниження трудомісткості контрольних операцій шляхом використання автоматичних контрольних пристроїв, що дозволяють проводити контроль широкою номенклатури виробів.

Класифікація СКЯ в ГАВ представлена на рисунку 2.10.

Вибір контрольних засобів і методів контролю залежить від точності вимірюваних виробів, їх номенклатури, форми і розміру, числа контрольованих параметрів, умов вимірювань, необхідної продуктивності і економічності. Кожен метод і використовуваний при цьому методі засоби вимірювання мають власної похибкою і ефективною областю використання. При виборі засобів вимірювання похибка вимірювання приймається не більше 10 ... 15% допуску контрольованого параметра. Контрольно-вимірювальні засоби діють по одному з трьох методів: прямим, непрямим і комбінованим.

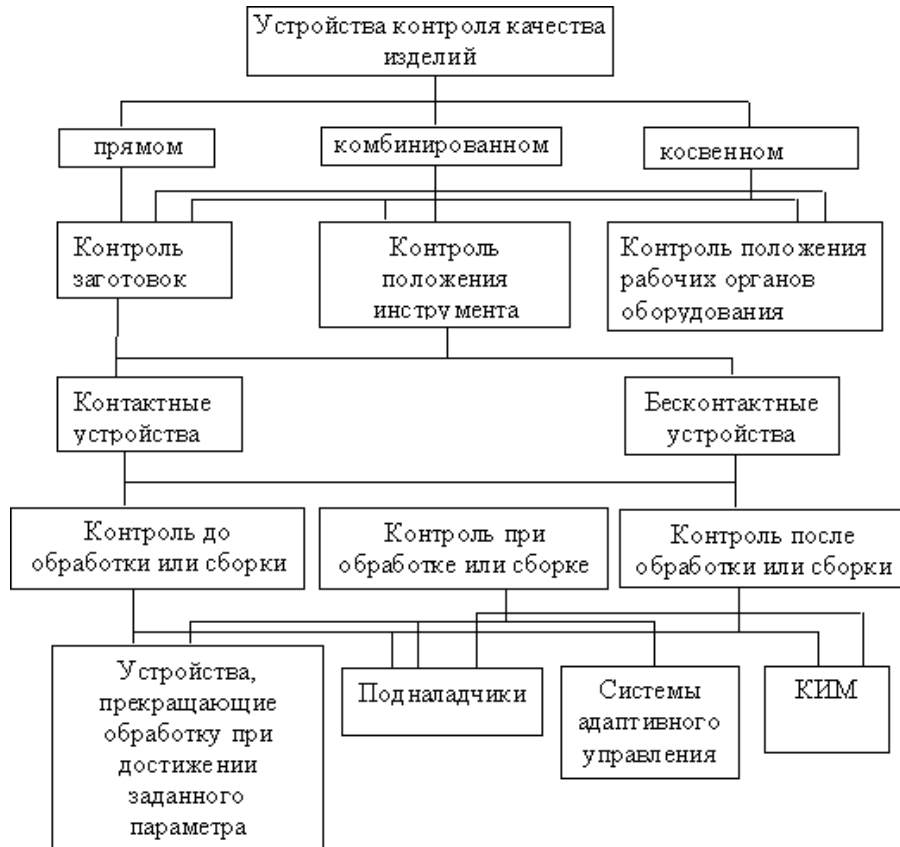


Рисунок 2.10 – Класифікація СКЯ

При прямому методі використовують кошти, що мають контакт з вимірюваною поверхнею, і безконтактні засоби, що визначають контрольований параметр як при обробці, так і після неї.

Непрямий метод не володіє зазначеним властивістю, але дозволяє отримувати інформацію про контрольований параметр за влучним висловом одного або декількох елементів обладнання, наприклад за величиною переміщення робочого органу верстата, несе різальний інструмент. При комбінованому методі вимірювання одночасно відбувається контроль параметрів виготовляється вироби та елементів обладнання.

Великий вплив на вибір засобів контролю надають умови протікання процесу обробки, зокрема, можливість доступу контрольно-вимірювальних засобів в робочу зону, температура в зоні обробки і ін. При механообробке важливим фактором, який впливає на вибір засобів контролю, є тип стружки.

Перспективним шляхом скорочення трудомісткості контролю якості виробів є використання систем адаптивного управління процесом обробки виробів, що підвищують якість продукції, що виготовляється. Розроблено системи адаптивного управління: пружними переміщеннями ТЗ за рахунок зміни розміру статичної та динамічної настройки; швидкістю зношування різального інструменту, відносним становищем деталей і зусиллями при

складанні, а також багатовимірні адаптивні системи, що дозволяють управляти одночасно декількома параметрами.

За технічним вимогам деякі вироби повинні проходити контроль параметрів якості не тільки в статичному стані, але і в динамічному, для чого в ГВС застосовують випробувальні станції. Випробування поділяють на виробничі і випробувальні.

Виробничі випробування зазвичай входять в процес виготовлення виробу і, в свою чергу, поділяються на обкатку вхолосту і випробування під навантаженням. Експериментальні випробування не пов'язані з виробничою програмою, їх проводять в експериментальних цехах.

Контроль якості виробів може бути організований на робочій позиції і в контрольних відділеннях. Контроль на робочій позиції здійснюють на технологічному обладнанні або біля нього. Контроль якості при обробці за допомогою засобів активного контролю не подовжує цикл виготовлення виробу, а контроль вироби на обладнанні після виготовлення призводить до його простою. Причому точність проведення контролю в цьому випадку нижче в порівнянні із зовнішнім контролем.

Застосування пасивного контролю якості часто не впливає на тривалість виробничого циклу, так як контроль виробів може бути проведений при транспортуванні або складуванні вироби. Контроль якості на КП організовується, якщо: застосовують різнотипні або великогабаритні засоби контролю, які незручно доставляти до робочих позиціях; засоби контролю на робочих позиціях не забезпечують необхідну точність через температурних деформацій, вібрацій та ін.; перевіряють велику кількість виробів, зручних для транспортування; перевіряють продукцію після останньої операції перед її здачею на склад.

При вхідному контролі заготовок перевіряють їх відповідність за розмірами, масі, фізико-хімічним параметрам, зовнішнім виглядом. Контролюються геометричні розміри поверхонь, що використовуються як бази.

Контроль при установці заготовок в тару проводиться для забезпечення орієнтації заготовок при їх автоматичної установки.

Контроль заготовок на механічному обладнанні передбачає вимір розмірів відповідних поверхонь і їхнє становище на верстаті, що знижує похибку установки.

Контроль точності готових деталей проводять на КП. Тут же контролюють точність, шорсткість та ін. Заключний етап – випробування готової продукції.

Деталі машинобудування, особливо корпусні, виготовлені в ГВС, є досить складними об'єктами контролю. Як правило, в структурі технологічного процесу механічної обробки передбачається транспортування деталей до місця їх вимірювання і точна установка в приймальному пристрої модуля контролю якості.

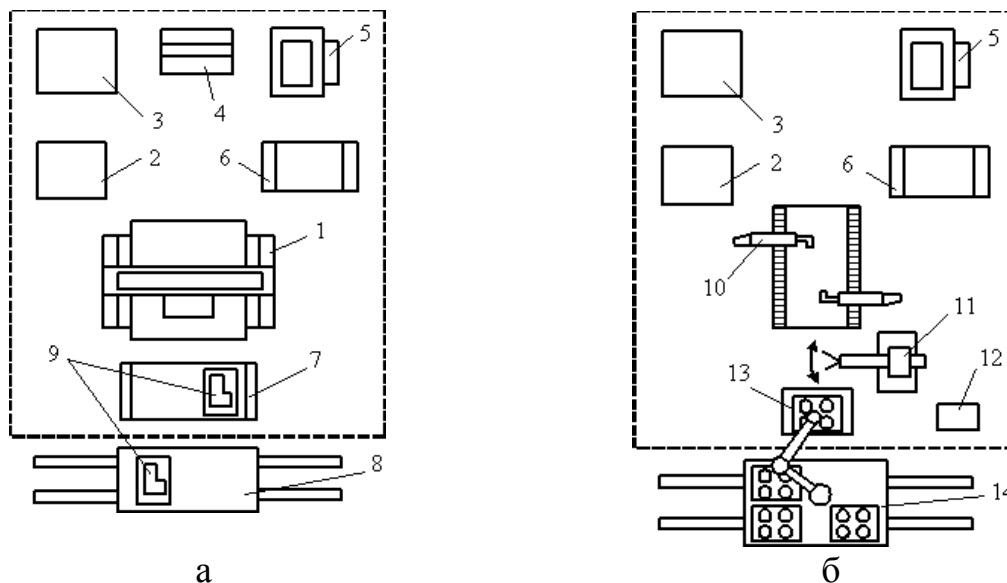
Модуль контролю якості здійснює вхідний, міжопераційний і остаточний контроль розмірно-геометричних параметрів деталей. Після

обробки результатів контролю на ЕОМ може бути видано висновок про придатність деталі, визначені можливі відхилення розмірів, і, при необхідності, внесена корекція в технологічний процес.

Модулі контролю якості корпусних деталей будуються на базі програмованих координатно-вимірювальних машин (КВМ) з використанням контактних і безконтактних вимірювальних пристроїв (щупових головок) різного призначення. Управління модулем здійснюється в автоматичному режимі – від власної ЕОМ. Модуль може контролювати наступні параметри: внутрішні діаметри отворів, довжину внутрішніх і зовнішніх поверхонь, ширину канавок, точність циліндричних, конічних і сферичних поверхонь, відхилення розташування і форми, кути, радіуси, різьблення та ін.

Модулі контролю якості деталей тіл обертання можуть бути побудовані з використанням спеціальних прецизійних стендів, що забезпечують точну установку, центрування, затиск і переміщення деталей, індикаторів контакту або вимірювальних роботів. Контрольованими параметрами є внутрішні і зовнішні діаметри, довжина внутрішніх і зовнішніх поверхонь, ширина і глибина канавок, відхилення форми і розташування поверхонь, радіуси, кути та ін.

Компонувальні схеми модулів контролю якості продукції для корпусних деталей і деталей типу тіл обертання показані на рисунку 2.11.



1 – координатно-вимірювальна машина; 2 – керуюча ЕОМ;
 3 – пристрій зв'язку з АСНД; 4 – фотозчитувальний пристрій;
 5 – АЦДП; 6 – дисплей; 7 – пристрій перевантаження деталей;
 8 – транспортна візок; 9 – палета з деталлю; 10 – вимірювальне
 пристрій; 11 – промисловий робот; 12 – система управління
 роботом; 13 – стіл-накопичувач; 14 – транспортний робот

Рисунок 2.11 – Схеми компонування модулів контролю якості продукції ГВС корпусних деталей (а) і деталей типу тіл обертання (б)

2.3.3 Автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ).

Автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) передбачає вирішення технологічних задач в обсязі понад 60% в автоматизованому режимі «людина-машина». АСТПВ є первинною ланкою в структурі ГВС, куди спочатку надходить інформація про об'єкт виготовлення, що включає конструкторську документацію, програму, терміни випуску і ін.

Після обробки вхідних даних АСТПВ видає завдання в САПРТП на проектування технології і розробку керуючих програм. На базі вхідних даних і результатів САПРТП формується потік інформації в АСУ, що забезпечує прямий зв'язок АСТПВ з іншими системами ГВС.

Якісні та кількісні результати функціонування ГВС надходять в автоматизовану систему наукових досліджень (АСНД), яка здійснює аналіз і передає корективи зі зміни параметрів технологічного процесу в АСТПВ. В результаті формується зворотний зв'язок АСТПВ з усіма підсистемами ГВС.

Наявність двостороннього зв'язку АСТПВ з іншими системами забезпечує гнучкість функціонування ГВС, можливість оптимальної організації технологічного процесу і оперативне зміна його параметрів на всіх рівнях.

Таким чином, АСТПВ призначена для приведення виробництва у вихідний режим і забезпечує 4 групи функцій.

1. Визначає технічні можливості ГВС (чи можливо взагалі виготовлення деталі на тому чи іншому ГПУ):

1.1 контроль конструкторського креслення (найчастіше контроль розмірних ланцюгів – чи можливо виготовлення розмірів з заданими допусками);

1.2 система технологічної оцінки процесів механічної обробки і збірки (чи можлива обробка деталей з такими габаритами і ін., наскільки зручна обробка такої деталі на даному обладнанні).

2. Функція проектування технологій:

2.1 системи проектування технологічних процесів складання і механічної обробки;

2.2 проектування та збирання оснастки;

2.3 розробка операційних карт;

2.4 розробка керуючих програм.

3. Функція, спрямована на моделювання і раціональне структурно-компонувальна побудова дільниці:

3.1 математичне моделювання;

3.2 імітаційне моделювання.

4. Функція, спрямована на сервісне обслуговування:

4.1 контроль вихідних даних;

4.2 діагностика ходу рішення;

4.3 діалог для забезпечення втручання людини в хід рішення.

У сучасному виробництві до автоматизації проектування висувають такі вимоги:

- 1 інформаційна ув'язка з іншими системами ГВС;
- 2 використання прогресивних методів автоматизованого проектування;
- 3 раціональний розподіл функцій між технологом-проектувальником і ЕОМ;
- 4 функціональна взаємозв'язок САПР конструкторської та технологічної документації;
- 5 модульність побудови САПР ТП з виділенням окремих підсистем технологічної підготовки виробництва.

Остання вимога передбачає поділ САПР ТП на підсистеми, функції і зміст яких представлені нижче.

Підсистема управління. Виконує функції оперативного регулювання діяльності всіх технологічних служб.

Підсистема відпрацювання конструкції на технологічність. Містить відомості про типові конструкції деталей і нормалізованих елементах, типові технологічні процеси, відомості про матеріали, точності і якості обробки поверхонь, видах хіміко-термічної обробки тощо. Основні функції підсистеми:

- 1 оцінка конструкції на технологічність на основі кількісних і якісних показників;
- 2 прогнозування технологічності конструкції на стадії проектування нових виробів;
- 3 зниження номенклатури виробів шляхом їх уніфікації та стандартизації;
- 4 розвиток конструктивної подібності та уніфікації поверхонь для типізації технологічних процесів;
- 5 опрацювання конструктивних форм виробів, що дозволяють з необхідною точністю і жорсткістю встановлювати вироби на обладнанні при виготовленні, транспортуванні, складуванні та контроль якості;
- 6 забезпечення мінімальної кількості операцій за рахунок використання єдиних технологічних баз;
- 7 зміна конструкції виробу з метою використання стандартного інструменту, уніфікованої оснащення, транспортних і інших засобів.

Підсистема проектування технологічних процесів. Включає інформацію про типових технологічних переходах, операціях, містить бази даних обладнання, технологічного оснащення, різального інструменту, вимірювального інструменту, підпрограми визначення та оптимізації режимів різання. На систему покладаються такі функції:

- 1 проектування маршрутних технологічних процесів;
- 2 проектування операційних технологічних процесів;
- 3 формування типових і групових технологічних процесів.

Підсистема технічного нормування. Являє собою пакет програм розрахунку норм часу на основі баз даних по нормуванню технологічних процесів. Основною функцією є розрахунок часу обробки, що формує основу для календарного планування і контролю в АСУ. Існує два типи систем: дослідно-статистичного і розрахунково-аналітичного нормування.

Підсистема розробки керуючих програм. Забезпечує автоматизовану розробку керуючих програм для верстатів з ЧПУ і систем забезпечення ГВС.

Підсистема проектування оснащення. Функціонує паралельно з проектуванням технологічного процесу. Ґрунтується на базах даних, що містять класифікатори пристосувань, різального і вимірювального інструмента, типові схеми базування, бібліотеки нормалізованих і уніфікованих елементів пристосувань, нормативні матеріали та ін. Підсистема припускає:

- 1 орієнтацію на уніфіковану оснащення, вибір стандартних пристосувань;
- 2 доопрацювання універсальних і нормалізованих пристосувань;
- 3 проектування спеціальної оснастки;
- 4 забезпечення необхідної точності виготовлення виробу;
- 5 можливість закріплення широкої номенклатури заготовок – гнучкість;
- 6 забезпечення вільного доступу різального, слюсарно-складального і контрольно-вимірювального інструмента;
- 7 можливість використання її для транспортування і зберігання напівфабрикатів.

2.3.4 Автоматизована система наукових досліджень

Автоматизована система наукових досліджень (АСНД) призначена для збору і обробки внутрішньої і зовнішньої інформації.

Функції АСНД:

- 1 збір технологічної інформації (зовнішньої і внутрішньої);
- 2 збір організаційної інформації (про запаси заготовок, кількості деталей, персоналу і тещо);
- 3 зберігання інформації;
- 4 переробка інформації.

Наведемо приклад функціонування АСНД. При обробці валів діаметри коливаються в певному діапазоні значень. Недоцільно зберігати інформацію за результатами опрацювання кожного валу, краще скласти рівняння регресії і зберігати тільки його. Аналізуючи рівняння, ми можемо прогнозувати точність обробки в майбутньому.

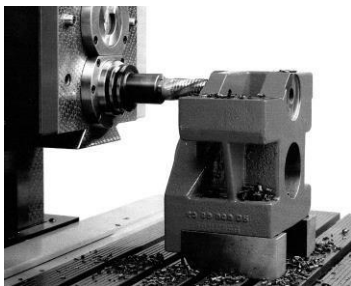
Спочатку збираються дискретні дані, які обробляються для отримання рівняння регресії, розподілу випадкової величини розкиду розміру або ін. Після обробки першої партії дискретні дані витираються, замість них залишається математична модель. В результаті в пам'яті зберігаються не

самі результати обробки, які займають великий обсяг, а тільки їх математичні моделі. При виготовленні інших партій деталей математична модель коригується.

Розглянуті функції характерні для нижнього і середнього рівня ГВС. Функції верхнього рівня ГВС спрямовані на забезпечення зв'язків з іншими підприємствами або пошук необхідної інформації.

МОДУЛЬ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ І ПРОЕКТУВАННЯ ГВС



3.1 Розробка технологічних процесів в ГВС

3.1.1 Вибір деталей для обробки в ГВС

Вибір деталей є відповідальним етапом технологічного проектування ГВС. Випадково підібрана, непродумана номенклатура може привести до неефективності будь-яких, навіть найдосконаліших в технічному відношенні проектних рішень.

Нижче перераховані основні критерії вибору деталей для обробки в ГВС.

Конструктивно-технологічна подоба. Необхідно підбирати деталі, що мають схожість за габаритними розмірами, конфігурацією, характером конструктивних елементів, числа і взаємного розташування оброблюваних поверхонь і особливо за складом операцій і маршруту технологічних процесів. Чим вище ступінь подібності, тим більше можливостей для скорочення номенклатури оснастки і інструменту, застосування методів груповий обробки.

Подоба марок матеріалів. Одночасна обробка на ГВС деталей з різномірних матеріалів створює проблеми, пов'язані з поділом стружки, веде до ускладнення організації роботи ГВС і зростання номенклатури інструментів. Якщо в процесі обробки можливе утворення зливної стружки, методи її дроблення повинні бути точно визначені до початку розробки проекту ГВС, в іншому випадку обробку таких деталей переводити на ГВС не рекомендується.

Верстатомісткість і число встановивши. На основі дослідів експлуатації перших ГВС можна рекомендувати, щоб до складу автоматизованої лінії або ділянки входило не менше чотирьох і не більше 12 верстатів. Точно встановлених обмежень по числу переустановлень немає, проте в першу чергу необхідно вибирати деталі, які можуть бути повністю оброблені не більше ніж за два-три установа. Мінімальна верстатомісткість однієї операції (по всій номенклатурі деталей) залежить від числа верстатів в системі, пропускної здатності транспортної системи і допоміжних технологічних позицій. Максимальна верстатомісткість операції визначається надійністю обладнання ГВС, наявністю і ступенем досконалості систем адаптації. У першому наближенні верстатомісткість

однієї операції повинна бути не менше 10 ... 15 хв (для ГВС на базі токарних верстатів з тактовими столами 0,5 ... 2,0 хв.) І не більше 2 ... 3 год.

Склад обладнання ГВС. Номенклатура перекладаються для обробки в ГВС деталей повинна, по можливості, забезпечувати використання однотипного обладнання. Якщо необхідне застосування спеціалізованих верстатів різних моделей, до складу ГВС повинно входити не менше двох одиниць кожної з них. Особлива увага повинна бути приділена питанням сумісності різнотипного обладнання, як між собою, так і з основними агрегатами і системами ГВС (однакові приєднувальні розміри супутників, касет, хвостовиків допоміжного інструменту, однакові пристрої ЧПУ та ін.).

Ступінь замкнутості маршруту обробки. В першу чергу на обробку в ГВС необхідно переводити деталі, які можуть бути повністю оброблені в ній без переривання маршруту для виконання поза системою будь-яких специфічних операцій. Такі операції ускладнюють організацію виробничого процесу в ГВС та збільшують тривалість виробничого циклу. На підставі досвіду створення перших ГВС встановлено, що відношення трудомісткості операцій, що виконуються в ГВС, до загальної трудомісткості обробки деталей повинно бути не менше 0,8 ... 0,9.

Заготовки для ГВС. Заготовки деталей, що обробляються на автоматизованих лініях і ділянках, повинні відповідати таким основним вимогам:

1 мінімальний припуск, достатній для забезпечення заданої точності і шорсткості оброблюваної поверхні;

2 розподіл припуску має бути рівномірним по поверхні заготовки і стабільним для всієї партії деталей;

3 сталість фізико-механічних властивостей по всій поверхні;

4 сталість рівня залишкових напружень, що не викликає деформування деталі при обробці;

5 база повинна мати відносно високу точність форми і розташування поверхонь і забезпечувати надійне кріплення деталі при обробці;

6 характер відведення стружки від різальних крайок інструментів повинен бути вільним, що виключає заклинювання і поломку інструментів, особливо при обробці отворів малого діаметра;

7 розкид припуску не повинен перевершувати допустимого значення, що забезпечує ефективний затиск заготовки в заздалегідь налаштовану оснащення;

8 задирки на обох торцях заготовок повинні бути зняті і кромки притуплені;

9 відхилення від неперпендикулярності торців заготовки до котра утворює не більше 0,5 мм для заготовок діаметром до 100 мм і не більше 1,0 мм для заготовок діаметром понад 100 мм.

Досвід показує, що заготовки, виготовлені одним і тим же способом, мають значні коливання припусків. Це вимагає зазвичай додаткових зусиль при виконанні початкових операцій обробки деталей: програма обробки

повинна бути індивідуальною для кожної деталі, потрібна організація вхідного контролю і ін.

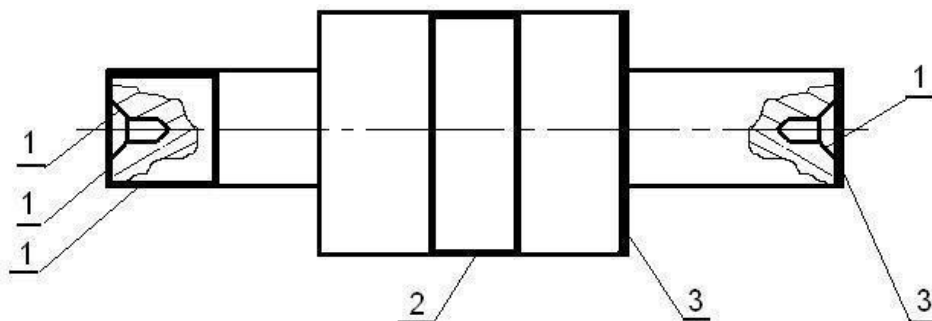
З огляду на, що створення автоматизованих виробництв ведеться, як правило, в умовах діючих виробництв з усталеними вимогами до заготовок, необхідно передбачати створення допоміжних ділянок з універсальних верстатів для обдирних операцій, які забезпечують сталість розподілу припусків в заготовках. При цьому треба враховувати, що чим вище точність заготовки, тим імовірніше можливість включення операцій підготовки поверхні в виробничі процеси ГВС.

3.1.2 Структура маршрутного технологічного процесу

В умовах ГВС маршрутний технологічний процес, як правило, розбитий на три етапи.

Етап 1. На універсальному обладнанні виконуються операції підготовки баз. Для реалізації цього етапу на ділянці встановлюються універсальні верстати (відрізні, токарні, фрезерні та інші). Вони забезпечують обробку базових поверхонь.

Схема розташування баз на заготівлі приведена на рисунку 3.1. Обробляються три види баз: для установки деталі, для захоплення маніпулятором і контролю положення заготовки.



1 – бази для установки деталі; 2 – база для захоплення маніпулятором; 3 – бази для контролю положення деталі

Рисунок 3.1 – Бази у деталі типу тіл обертання

Базами для установки деталей типу вал є шийки, торець або центрувальний отвір. В деталях типу фланець і кільце базами, як для установки заготовки, так і захоплення маніпулятором доцільно вибирати отвір заготовки. В процесі виконання операції механічної обробки отвір може бути використано для переустановлення деталі. У корпусних деталях базами є опорна, спрямовуюча і наполеглива поверхні. Вони ж одночасно можуть служити і базами для контролю положення заготовки. Бази для

захоплення маніпулятором не виконуються, так як заготовки встановлюються в пристосування-супутники оператором, на слюсарній ділянці.

На операціях з обробки баз недоцільно виконувати чорнову обробку (обдирання) заготовок, так як це збільшує час обробки і, тим самим знижує загальну економічну ефективність отримання деталей.

Етап 2. Виконуються операції: механічної обробки, мийні, транспортні, електрофізичні і електрохімічні. Як правило, після чорнової обробки виконується термічна обробка (нормалізація), яка передбачає транспортування деталі в цех термічної обробки. Це пов'язано з витратою часу на транспортування, тому нормалізацію доцільно замінювати віброобробка. Устаткування для неї встановлюється безпосередньо в механообробному цеху.

Мийні операції проводяться в мийно-сушильному агрегаті. Вони повинні виконуватися після кожної операції механічної обробки. У мийно-сушильних агрегатах заготовки обмиваються мастильно-охолоджувальною рідиною, а потім висушуються гарячим повітрям. Штучний час виконання операції приблизно 12...15 хв.

Задирки на ребрах між суміжними поверхнями заготовки з'являються внаслідок виведення інструменту після проведення обробки. Зняття задирок проводиться на електрофізичних верстатах. Для підвищення ефективності процесу зняття задирок необхідно розробляти операції механічної обробки, що передують електрофізичній операції, таким чином, щоб задирки перебували на заданих ребрах заготовки. Це досягається правильним рухом інструменту на інструментальних переходах.

Транспортування деталей проводиться за спеціальними технологічних процесів і алгоритмам. Подача заготовок зі складу проводиться робототехнічними візками. Передача деталей з одного ОЦ на інший може проводитися тільки через склад, так як в умовах ГВС час виконання операцій не синхронізується. Якщо заготовка не може бути виготовлена за одну установку від однієї технологічної бази, то в процесі обробки тіла обертання переустановлюються маніпулятором, а корпусні деталі переустановлюються оператором, на слюсарних дільницях. Після переустановлення заготівлі вона надходить на ГВМ для подальшої обробки.

У маршрутну технологію механічної обробки транспортна операція може вводитися в тому випадку, коли заготовка повинна змінити своє становище і це вплине на хід технологічного процесу.

Етап 3. На останньому етапі виконується контроль геометричних розмірів, а в разі необхідності – фізико-механічних властивостей поверхневого шару виготовленої деталі. Геометричні розміри контролюються на координатно-вимірювальних операціях. Вони, зазвичай, завершують маршрутний технологічний процес. У тому випадку якщо вимір з достатньою точністю можна провести датчиками дотику, встановленими на ОЦ, координатно-вимірювальна операція не вводитьися.

3.1.3 Структура операції технологічного процесу

У зв'язку зі специфікою установки заготовок на ОЦ особливого значення набуває поняття переходу. Розрізняють допоміжні, елементарні, інструментальні та позиційні переходи.

Допоміжний перехід полягає в переміщенні інструменту без зняття стружки. Слід записувати допоміжні переходи, на яких здійснюється переміщення заготовки або інструменту по осях X, Y, Z і їх поворот за координатами A, B, C. Перші переходи завжди є допоміжними. У них задаються дії по установці деталі, контролю її положення і введення корекції в систему ЧПУ. У процесі механічної обробки в допоміжних переходах задаються повороти і переміщення заготовки за відповідними координатами. Послідовна обробка декількох однакових поверхонь, зазвичай пов'язана з послідовним переміщенням інструменту або заготовки. Задаються також переходи по заміні різального інструменту і його переміщення в задані координати. Система координат приведена на рисунку 3.2.

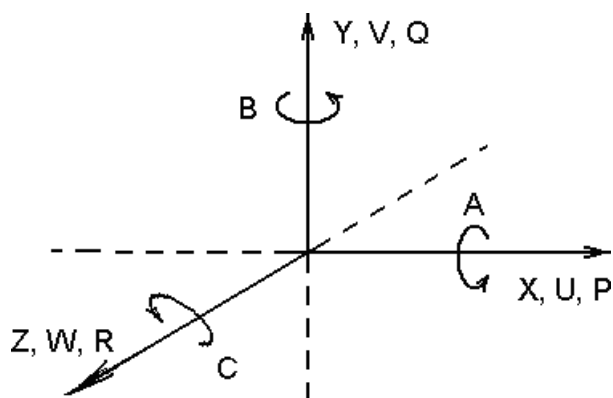


Рисунок 3.2 – Система координат системи ЧПУ

Елементарний перехід полягає в обробці однієї елементарної поверхні одним інструментом за заданою програмою.

Інструментальний перехід полягає в обробці однієї або декількох поверхонь при безперервному русі одного інструмента за програмою. Він характерний для токарних ОЦ, але може застосовуватися і для свердлильно-фрезерно-розточувальних ОЦ

Позиційний перехід – це сукупність інструментальних і допоміжних переходів, виконуваних при незмінній позиції заготовки по незмінною програмою. Він характерний для операцій на свердлильно-фрезерно-розточувальних ОЦ

На початку операції механічної обробки йде допоміжний перехід що забезпечує подачу заготовки в зону різання. Потім – допоміжні переходи контролю положення заготовки та введення корекції для компенсації похибки установки заготовки. Далі йдуть переходи по зняттю припуску і

допоміжні переходи. Слід враховувати температурний режим заготовки. При цьому призначати послідовність обробки необхідно таким чином, щоб температура заготовки змінювалася рівномірно без перегріву окремих її частин.

Особливістю формування операції є також наявність координатно-вимірювальних переходів. Вони встановлюються перед початком обробки для визначення положення деталі в просторі і в кінці операції – для визначення справжніх розмірів деталі. Вимірювання в кінці операції встановлюється в тому випадку, якщо точність деталі не потрібна для її контролю на координатно-вимірювальній машині.

3.2 Розробка проекту ГВС

3.2.1 Передпроектний аналіз виробництва

Тривалість циклу проектування ГВС і висока вартість їх виготовлення зумовлюють необхідність проведення до початку проектних робіт технологічної опрацювання та дослідження діючого виробництва з метою визначення доцільності створення ГВС і ефективності її роботи.

Методика проведення, перелік і зміст робіт з аналізу технологічних процесів з метою їх автоматизації залежать в першу чергу від серійності виробництва. При масовому і великосерійному виробництві розглядають, як правило, весь технологічний процес виготовлення виробу, починаючи з заготівлі та закінчуючи упаковкою. При дрібно- та середньосерійному виробництві об'єктом аналізу, як правило, є одне з виробництв підприємства, наприклад механоскладальне або ковальсько-пресове.

Метою техніко-економічного аналізу при масовому і великосерійному виробництві є виявлення найбільш ефективних шляхів скорочення трудомісткості виготовлення виробів і вибір видів і складових частин ГВС у відповідності з конкретними виробничими умовами.

Методами досягнення цієї мети є:

- 1 зміна технології;
- 2 заміна матеріалу;
- 3 зміна конструкції;
- 4 механізація окремих операцій;
- 5 комплексна механізація і автоматизація процесів виготовлення найбільш трудомістких деталей і вузлів;
- 6 використання багатоопераційного автоматичного обладнання, в тому числі на збірці.

Найбільш ефективним найчастіше є використання декількох з перерахованих методів, наприклад одночасна зміна матеріалу конструкції і застосування високопродуктивного автоматичного обладнання.

При виконанні техніко-економічного аналізу дрібно- та середньосерійного виробництва може бути рекомендовано проведення наступних робіт:

1 збір та систематизація загальних відомостей про об'єкт автоматизації (дільниця, цех), технічний опис існуючого об'єкта;

2 розробка існуючої схеми технологічних транспортних операцій на об'єкті автоматизації;

3 розробка пропозицій щодо підвищення рівня механізації і автоматизації;

4 обґрунтування, обсяг і зміст пропонованої реконструкції виробництва;

5 техніко-економічний аналіз виробництва з урахуванням пропозицій по пп. 2 і 3;

6 розробка пропонованої остаточної схеми технологічних і транспортних операцій на об'єкті;

7 визначення стадій і етапів проведення робіт за пп. 2 і 3;

8 затвердження документа.

У п. 1 «Збір та систематизація загальних відомостей по виробу» наводять такі дані: завод-виробник, найменування та призначення виробу, планований обсяг випуску на поточний рік, планований обсяг випуску на найближче п'ятиріччя, планована і фактична собівартість, планована і фактична трудомісткість виготовлення, перспективи зміни конструкції виробу. При техніко-економічному аналізі складають:

- повний перелік вузлів і деталей з їх кресленнями;

- трудомісткість виготовлення і собівартість вузлів і деталей.

При виконанні техніко-економічного аналізу дрібно- та середньосерійного виробництва може бути рекомендований наступний перелік робіт: збір і систематизація загальних відомостей про об'єкт автоматизації (дільниця, цеху); аналіз існуючих схем технологічних і транспортних операцій на об'єкті автоматизації; розробка пропозицій щодо підвищення рівня механізації і автоматизації.

Заключним етапом передпроектного аналізу повинні з'явитися висновки і пропозиції щодо доцільності організації автоматизованих виробництв і техніко-економічної ефективності їх функціонування.

Матеріали передпроектного аналізу повинні стати основою для подальшої розробки технічних завдань на створення автоматизованих виробництв.

3.2.2 Принципи компоновання устаткування в ГВС

Для розробки компоновочного плану ГАД і ГАЦ, тобто вирішення питань розміщення всіх вхідних в нього підрозділів, необхідно попередньо визначити основні параметри будівлі, що забезпечують найбільш

раціональне взаємне положення ділянок з урахуванням існуючих між підрозділами технологічних зв'язків і вимог будівельної техніки.

Існує кілька типів компоновок ГВС:

Довільна, при якій кілька верстатів в ГВС довільно розташовують у вигляді прямокутника. Недолік такого компонування в тому, що при наявності в ГВС понад три верстатів транспортні маршрути ускладнюються і подовжуються.

Функціональна, при якій верстати (токарні, фрезерно-розточувальні і шліфувальні) розташовують за функціональною ознакою так, щоб заготовки послідовно проходили з початку до кінця ГВС. Ця компоновка характерна для цеху дрібносерійного виробництва.

Модульна, при якій аналогічні операції виконуються паралельно однаковими гнучкими виробничими модулями. Така компоновка володіє певними можливостями резервування і при деяких умовах може замінити функціональну. У свою чергу, резервування полегшує застосування цієї компонування при виконанні термінових замовлень або рішення несподівано виниклих проблем.

Групова, при якій кожна група верстатів призначена для обробки певної номенклатури заготовок. Ця компоновка є розвитком принципу групової технології та забезпечує найвищу продуктивність на операціях механічної обробки. При різних типах заготовок її можна застосовувати також для поетапного впровадження ГВС, оскільки кожна група входить до ГВС модулів може володіти автономної структурою. У разі крайньої необхідності існують деякі можливості перенесення обробки від однієї групи до іншої.

Плани гад наведені на рисунках 3.3 – 3.6. На рисунках використовуються такі скорочення:

УВК – управляюче-обчислювальний комплекс;

ГВМ – гнучкий виробничий модуль;

ПБ – дільниця підготовки базових поверхонь;

АСИО – автоматизована система інструментозабезпечення;

И – дільниця складання, налаштування і відновлення інструменту;

М – мийно-сушильний агрегат;

КИМ – координатно-вимірвальна машина;

Б – дільниця утилізації відходів;

Ш – дільниця фінішної (шліфувальної) обробки;

ПЗВ – позиція завантаження-вивантаження деталей і заготовок;

СУ – слюсарна дільниця;

К – контроль;

ТР – транспортний візок.

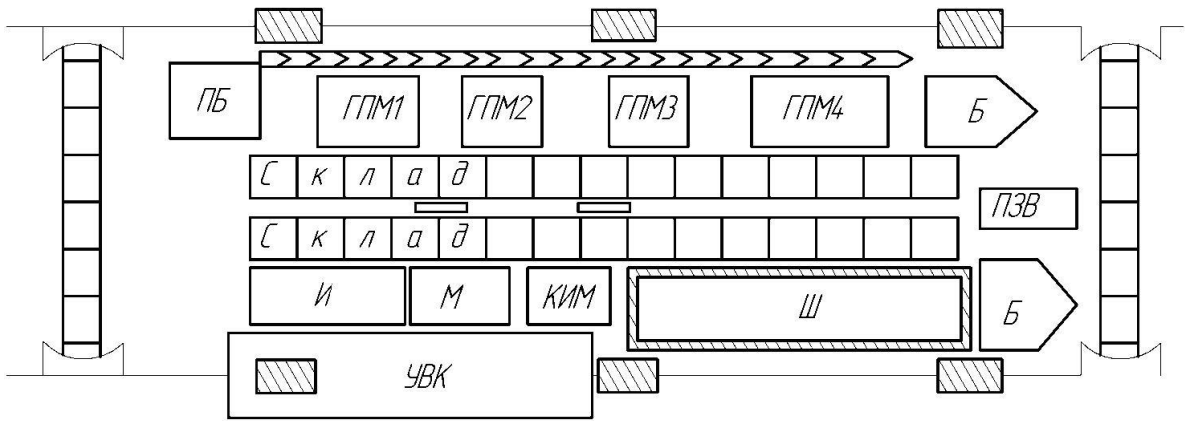


Рисунок 3.3 – План ГАД с легкими токарными ОЦ

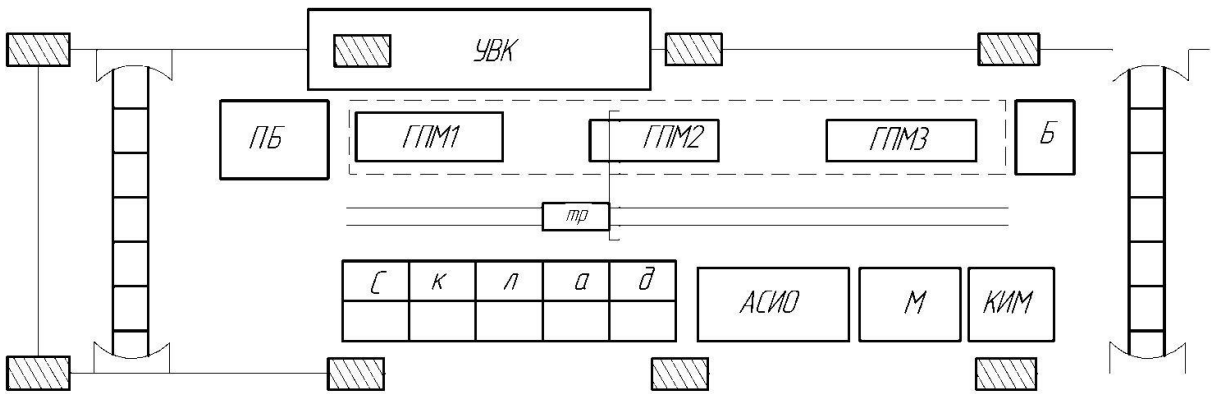


Рисунок 3.4 – План ГАД з важкими токарними ОЦ

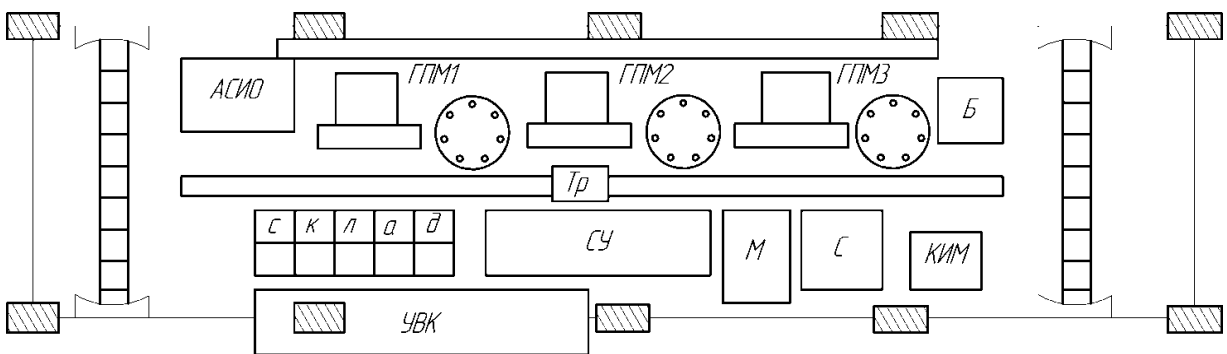


Рисунок 3.5 – План ГАД зі свердлильно-фрезерно-розточувальними ОЦ

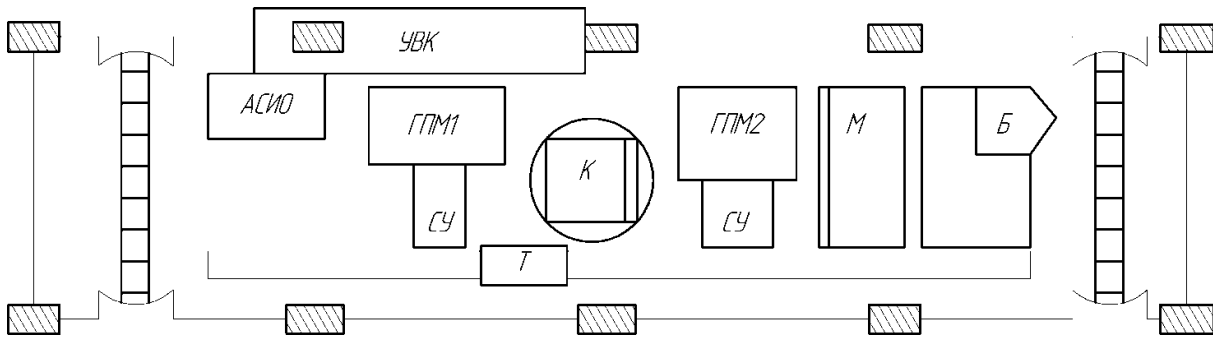


Рисунок 3.6 – План ГАД з важкими свердлильно-фрезерно-розточувальними ОЦ

ОЦ і допоміжне обладнання на ГАД можна встановлювати

1 безпосередньо на підлозі;

2 на окремих або загальних для кількох верстатів фундаментах.

Безпосередньо на підлозі можна встановлювати легкі і середні верстати загального призначення зі спокійним ходом.

Окремі фундаменти для металорізальних верстатів влаштовуються з метою рівномірного розподілу на ґрунт динамічних зусиль і запобігання коливань станин, а також поширення коливань на навколишню площу і сусіднє обладнання.

Фундаменти під обладнання не повинні бути пов'язані з фундаментом будівлі.

3.2.3 Технічне завдання на проектування ГВС

Технічне завдання (ТЗ) є основним документом для створення ГВС. Роль і значення цього документа істотно вище значення ТЗ на проектування традиційних, неавтоматизованих виробництв. ТЗ на ГВС не тільки визначає вимоги до окремих функціональних агрегатів і підсистем, а й забезпечує їх збалансованість і чітке взаємодія.

При сформованій практиці проектування ГВС технічне завдання є єдиним загальносистемним документом, який регламентує інтеграцію окремих елементів ГВС в єдину систему; тому процес розробки ТЗ з повною підставою можна вважати найважливішою складовою частиною технологічного проектування ГВС.

Технічне завдання на створення ГВС має включати в себе, в загальному випадку, такі розділи:

1 Загальний опис і основні виробничо-технологічні параметри. У цьому розділі наводять: формулювання цільового призначення і області застосування ГВС; підставу для розробки; основні характеристики ГВС (габарити, маса, конструктивні особливості, верстатомісткість оброблюваних деталей, продуктивність, режим роботи, число одиниць обладнання та оснащення, чисельність обслуговуючого персоналу і ін.);

структурну схему з внутрішніми і зовнішніми зв'язками; попередню технологічну планування з описом роботи ГВС.

2 Технологічний процес і оснащення. В даному розділі наводять перелік операцій, які виконуються в ГВС, з прив'язкою до відповідних технічних засобів. Класифікатор оброблюваних деталей. Технологічні процеси (маршрутні і операційні) обробки типових деталей з режимами різання, схемами базування, номенклатурою і стійкістю різального інструменту. Розрахунком елементів основного і допоміжного часу; загальні переліки технологічної оснастки; зведену таблицю характеристик деталеоперацій (верстатомісткість, закріплення за обладнанням; необхідне число інструментів та ін.). Технологічні процеси, що виконуються на допоміжних позиціях (закріплення заготовок на супутниках, ручний контроль оброблених деталей, складання та настроювання інструментів, збірка і переналагодження пристосувань на супутниках) з розрахунком часу їх виконання; технологічні процеси переналагодження ГВС; технологічні процеси, що виконуються на автоматизованому допоміжному обладнанні (очищення деталей від стружки, зберігання, накопичення, транспортування деталей, їх автоматизований контроль і ін.).

3 Розрахунок основних параметрів ГВС. Тут приводять: підстави вибору структурно-компонувального рішення ГВС, розрахунки фонду часу роботи обладнання і коефіцієнтів використання верстатів; вибір їх моделей і розрахунок їх кількості; визначення величини партій запуску і розрахунок періодичності переналадок; розрахунок числа технологічних позицій; розрахунок характеристик транспортної системи (місткість автоматизованого складу), характеристик системи інструментального забезпечення, числа супутників, оптимізації просторового розміщення ГВС і ін. Параметри розраховують методами теорії масового обслуговування.

4 Технічні вимоги до обладнання, оснащення і технологічним позиціям. У розділі наводять: загальні та спеціальні вимоги до основного (металорізального) обладнання, в тому числі до його модернізації і додаткового оснащення спеціальними системами; вимоги до обладнання та систем для транспортування, маніпуляції, зберігання, контролю деталей, видалення стружки і МОР, до систем інструментального забезпечення, обладнання та організаційної оснастки технологічних позицій, різального і допоміжного інструменту, супутникам і пристосуванням.

5 Організація виробництва і управління. Приводять загальні і спеціальні вимоги до систем організації виробництва і організації праці обслуговуючого персоналу. Вимоги до систем документообігу, регламентують зовнішні зв'язки ГВС. Розраховують кількість і визначають функції обслуговуючого персоналу. Визначають порядок роботи ГВС в збійних і аварійні ситуації, визначають структуру комплексу технічних засобів і програмно-математичного забезпечення системи управління. Організаційно-технологічні вимоги до них та ін.

6 Вимоги техніки безпеки і промислової санітарії. Приводять вимоги до обладнання, систем організації праці, що забезпечують безпечні та

комфортні умови праці обслуговуючого персоналу при монтажі, налагодженні, експлуатації та ремонті ГВС.

7 Розрахунок показників техніко-економічної ефективності і лімітної ціни. Розрахунок проводять з дотриманням умов порівнянності, бажано, для декількох варіантів структурно-компонувальних рішень ГВС (наприклад, для ділянки з автономно працюючих ГВМ).

Розробку ТЗ доцільно вести в два етапи: спочатку укрупнено визначити основні параметри, після чого приступати до уточнених розрахунках і деталізації вимог.

На підставі загального ТЗ при необхідності розробляють окремі ТЗ на обладнання, агрегати, оснащення, системи управління та ін. ТЗ повинні розробляти кваліфіковані технологи при безпосередній участі конструкторів-розробників створюваного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

