

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

Ю.Д. Абрашкевич, Л.Є. Пелевін, О.А. Марченко

ПРОЦЕСИ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЦТВ

*Рекомендовано вченою радою
Київського національного університету будівництва і архітектури
як навчальний посібник для студентів, які навчаються
за спеціальністю 015 «Професійна освіта»,
спеціалізація «Професійна освіта. Машинобудування»*

КИЇВ 2019

УДК 658.5 621.9

A16

Рецензенти: *А.М. Онищенко*, д-р техн. наук, професор,
Національний транспортний університет;
М.П. Кузьмінець, д-р техн. наук, професор,
Національний транспортний університет;
М.К. Сукач, д-р техн. наук, професор,
Київський національний університет
будівництва і архітектури

Затверджено на засіданні вченої ради Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 17 від 26 жовтня 2018 року.

Абрашкевич Ю.Д.

A16 Процеси гнучких виробництв: навч. посібник /
Ю.Д. Абрашкевич, Л.Є. Пелевін, О.А. Марченко. – Київ: КНУБА,
2019. – 212 с.

ISBN 978-966-627-212-9

Розглянуто основні положення організації автоматизованих виробництв на машинобудівних підприємствах, питання розрахунків технологічних параметрів, проектування та компонування гнучких виробничих систем (ГВС). Наведено відомості та загальні вимоги до ГВС, транспортно-накопичувальних систем, систем забезпечення працездатності, контролю та управління.

Призначено для студентів, які навчаються за спеціальністю 015 «Професійна освіта», спеціалізація «Професійна освіта. Машинобудування».

УДК 658.5 621.9

© Ю.Д. Абрашкевич,
Л.Є. Пелевін,
О.А. Марченко, 2019
© КНУБА, 2019

ISBN 978-966-627-212-9

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. Виробництво та виробничий процес	7
1.1. Загальні положення	7
1.2. Показники, що характеризують виробничий процес	14
1.3. Організація промислового підприємства	15
Розділ 2. Гнучкі виробничі системи	21
2.1. Гнучкі виробничі системи та їх класифікація	21
2.2. Система забезпечення функціонування ГВС	23
2.3. Основні принципи організації ГВС	25
2.4. Поняття гнучкості та перспективи застосування ГВС	31
2.5. Основні характеристики гнучкого автоматизованого виробництва	33
2.6. Характерні елементи та види гнучкості	41
Розділ 3. Верстатна система ГВС	46
3.1. Структура та склад верстатної системи	46
3.2. Визначення кількості основного обладнання	57
3.3. Визначення складу та чисельності працівників	66
Розділ 4. Транспортна система	70
4.1. Транспортний модуль	70
4.2. Вантажно-розвантажувальні пристрої	82
4.3. Транспортні та перевантажувальні пристрої	94
4.4. Розрахунок кількості транспортних засобів	100
Розділ 5. Склади в гнучкій виробничій системі	103
5.1. Складський модуль ГВС	103
5.2. Послідовність проектування складів	112
5.3. Компонування складських підсистем	124
Розділ 6. Система інструментального забезпечення ГВС	131
6.1. Види, механізми та склад інструментального забезпечення	131
6.2. Розрахунки для проектування СІЗ з індивідуальною подачею інструменту	139
6.3. Структура потоків деталей в ГВС	144
6.4. Проектування заточувального відділення	146
Розділ 7. Структура системи управління ГВС	148
7.1. Рівні та підсистеми управління ГВС	148
7.2. Програмне управління технологічним обладнанням ГВС	152
7.3. Апаратне забезпечення систем управління ГАВ	155
7.4. Система технічного діагностування (СТД)	156
Розділ 8. Контрольно-вимірвальна система	160
8.1. Система автоматичного контролю	160
8.2. Система технічного контролю обладнання	162

Розділ 9. Прибирання стружки у механічних цехах	170
9.1. Способи прибирання стружки і машини для її збору та транспортування	170
9.2. Схеми збирання та транспортування стружки у механічних цехах	183
Розділ 10. Компонування та планування ГВС	188
10.1. Основні питання, що виконують під час складання плану ГВС	188
10.2. Складання компонувального плану цеху та схеми розміщення обладнання ГВС	195
Список літератури	209
Список умовних позначень	211

ВСТУП

Головною умовою розвитку сучасного виробництва є постійне підвищення конкурентної здатності продукції. Для цього необхідно підвищувати продуктивність, тобто скорочувати час усього виробничого циклу від проектування до виготовлення кінцевого виробу. Основою такого виробництва у машинобудуванні є всебічна комплексна автоматизація процесів із широким застосуванням гнучких виробничих систем (ГВС) на основі використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

З переваг використання гнучких виробничих систем слід виділити:

- здатність до швидкого переналаштування на випуск нової продукції;
- високий технічний рівень обладнання;
- реалізація прогресивних технологічних процесів з високим ступенем інтеграції виробництва;
- збільшення конкурентоспроможності та зниження собівартості продукції, яку випускають.

Ці системи сприяють вирішенню проблем з поліпшенням умов праці, стимулюють підвищення професійного рівня працюючих, створюють об'єктивні умови для підвищення продуктивності праці.

Гнучкі виробничі системи – це сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх працездатності в автономному режимі впродовж визначеного часу. У таких системах передбачено автоматизоване переналагодження під час виготовлення виробів визначеної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик. До складу системи забезпечення функціонування ГВС належать такі основні автоматизовані системи: транспортно-складська; інструментального забезпечення та контролю.

Важливість застосування гнучких виробничих систем на машинобудівельному виробництві та високий рівень витрат під час їх проектування та впровадження зумовлює потребу в підготовці спеціалістів з їх розробки та експлуатації.

Мета викладання дисципліни «Процеси гнучких виробництв» – засвоєння студентами основних понять та визначень гнучких виробничих систем машинобудівельного виробництва. Основними завданнями, що мають бути вирішені у процесі вивчення дисципліни, є теоретична підготовка до виробничо-технічної, організаційно-управлінської, проектно-конструкторської та дослідницької діяльності в галузі створення і впровадження нових технологій з використанням гнучких виробничих систем.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати:**

- місце та значення гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ) у науково-технічному прогресі;
- основні напрями розвитку ГАВ;
- передове автоматизоване устаткування з ЧПК;
- основні етапи та напрями роботи зі створення ГАВ;
- сучасні завдання робототехніки у машинобудуванні;
- методи управління і підвищення надійності й ефективності ГАВ;
- загальні принципи системного аналізу технологічних систем.

Уміти:

- виконувати організаційно-технологічне планування дільниць ГАВ;
- виконувати вибір прогресивного технологічного обладнання;
- обґрунтовувати впровадження ГАВ;
- здійснювати вибір автоматизованого технологічного устаткування для гнучких виробничих потоків;
- вирішувати завдання з планування й обліку переміщення виробів у системі ГАВ;
- визначати структуру та продуктивність гнучких виробничих систем.

Навчальний посібник призначено для самостійної роботи студентів і закріплення знань з курсу, підготовки до практичних та лабораторних занять і проведення підсумкового контролю.

Розділ 1. ВИРОБНИЦТВО ТА ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС

1.1. Загальні положення

Сучасне промислове виробництво характеризується розвитком підприємств машинобудування. Першим етапом в автоматизації виробництва стала поява верстатів з **числовим програмним керуванням (ЧПК)**, які дають можливість швидко переходити на обробку інших деталей шляхом зміни керуючих програм, оснащення та інструментальних налагоджень. Завдяки заміні універсальних металорізальних верстатів верстатами з ЧПК у п'ять разів скоротилася трудомісткість виготовлення деталей, проте залишилося досить багато ручних операцій, пов'язаних з переходом на обробку нових виробів. Скорочення втрат допоміжного часу та підвищення ефективності верстатів з ЧПК досягалися шляхом збільшення числа інструментів у магазині верстата, оснащенням верстатів автоматичними пристроями подачі заготовок на стіл верстата та видалення готової продукції на позицію очікування. Управління верстатами з ЧПК за програмами, що надходять від центральної ЕОМ, сприяло зниженню витрат на підготовку керуючих програм і централізації роботи дільниць і цехів. Подальше удосконалення виробництва зумовило створення **гнучких виробничих систем (ГВС)**, у яких як технологічне устаткування застосовують **гнучкі виробничі модулі (ГВМ)**. Технологічні можливості устаткування ГВС постійно удосконалюються. Різні системи в ГВМ дають можливість виконувати автоматичну зміну заготовок, інструменту та вимірювальних пристроїв; автоматичне відведення стружки із зони різання та подачу **мастильно-охолоджувальної рідини (МОР)**; роботу за програмою ЧПК.

Зараз відбувається зниження серійного випуску продукції. Масове виробництво поступається серійному, серійне – дрібносерійному, дрібносерійне – одиничному. Це пояснюється потребами та вимогами ринку. Така тенденція зумовила розвиток гнучкого виробництва, тобто його здатності з мінімальними витратами та в найкоротший термін переходити на випуск нових виробів. Це потребує не тільки технічної підготовки виробництва, а й гнучкої системи управління виробничими процесами.

Бізнес створюється для отримання прибутку від продажу певного набору продуктів або послуг певній групі споживачів. Для оптимального досягнення цієї мети потрібні заходи з упорядкування бізнесу, яких вживає його керівництво (менеджмент). Завдання керівників – вибудувати та підтримувати організаційну структуру, за якої можливе систематичне ухвалення рішень, планування, регулювання та безпосередні робочі процеси. Саме структура визначає потрібні для роботи підприємства взаємозв'язки людей один з одним і з матеріальними ресурсами.

Потрібно виділити чотири універсальні загальнозначущі принципи побудови організаційної структури підприємства:

1. **Доцільність.** Структура має відповідати завданням бізнесу. Виробниче підприємство організовують інакше, ніж підприємство сфери обслуговування.

2. **Рентабельність.** Мета бізнесу – отримання прибутків – досягають завдяки високій рентабельності.

3. **Рівновага.** Потрібно, щоб бізнес міг гнучко пристосовуватися до змін умов ринку, причому вигоди від виконаних перетворень мають перевищувати витрати на них.

4. **Координація.** Поділяючи загальні завдання бізнесу на окремі підзавдання, завжди потрібно орієнтуватися на оптимізацію процесу загалом, а не на вдосконалення виконання окремих підзавдань.

До цих чотирьох пунктів потрібно додати ще й п'ятий: усі перераховані принципи застосовують з позиції гуманності. З огляду на це, гуманність означає, що організація піклується про здоров'я та безпеку працівників, доручає їм цікаві завдання, підтримує здоровий виробничий клімат, забезпечує справедливу винагороду.

Основним завданням бізнесу є виробництво, тобто виготовлення товарів або надання послуг для задоволення потреб певних клієнтів. Збільшуючи кількість клієнтів, підприємство досягає своєї основної мети – отримує прибуток. Виробничий процес розглядають як поєднання управлінського фактора з виробничими, до яких належать працівники, засоби виробництва, виробниче обладнання, а також сировина та матеріали. Ці непов'язані один з одним фактори, можуть бути оптимально з'єднані між собою тільки під дією управлінських чинників у процесі виробництва або надання послуг. Управлінські

чинники – це сукупність діяльності з керівництва, планування, а також ухвалення та виконання рішень.

Роль людської праці у виробничому процесі визначається внеском кожного окремого працівника у створення ціни. На першому місці – професійна майстерність, що залежить від вроджених якостей людини та від того, наскільки повно їх було розкрито у процесі особистісного розвитку, навчання та практики. Тому професійна освіта та тренінги – найважливіший фактор підвищення кваліфікації працівника і, як наслідок, підвищення продуктивності його праці.

Операційні процеси можна умовно розділити на дві групи. У першій групі об'єднано процеси, пов'язані безпосередньо з виробництвом і є його прямими завданнями, у другій – процеси, пов'язані з виробництвом опосередковано. Приклади таких процесів – транспортування сировини чи продукції, технічне обслуговування обладнання. Залучених до них працівників часто називають допоміжним персоналом. Керівники різних рівнів здійснюють управління, контроль і нагляд за виконанням завдань, це їх внесок у загальний результат діяльності підприємства.

Крім здібностей самого працівника, на результат його праці впливає цілий ряд інших факторів. **Вид і складність роботи** може бути описано за допомогою вимог, що висувають до її виконавця, таких як кваліфікація, зусилля (розумові та фізичні), відповідальність, умови праці. Рівень розподілу праці, очевидно, позначається на продуктивності, причому, якщо раніше її прагнули підвищити завдяки посиленню спеціалізації, максимально звужуючи завдання, то нині більшого значення надають закінченості завдань. Завдяки такому підходу праця перестає бути монотонною та нудною, підвищується зацікавленість працівників. Оптимальний розподіл праці – один із компонентів загальної організації праці, мета якої – створити умови для отримання від працівників найліпших виробничих результатів.

Ергономіка робочого місця – це його відповідність фізичним параметрам людини, наприклад, добір такої висоти робочої поверхні сидіння або (під час роботи стоячи) майданчика, щоб усі необхідні предмети знаходились у межах досяжності та залишалось достатньо простору для ніг. Пристосованості місця для роботи досягають правильним підбором меблів та обладнання, розміщенням та яскравістю джерел світла, підтриманням у допустимих межах температури, рівня

шуму, вібрацій, запиленості. Додаткову цінність становить забезпечення зручної пози працівника та зручного захоплення інструментів. Питання, пов'язані з **технікою безпеки**, слід розглядати, насамперед, з огляду на збереження працездатності робітника. Важливо мінімізувати ймовірність нещасного випадку – наприклад, шляхом установки захисних пристосувань.

Оптимальне **інформаційне забезпечення** – запорука безпомилкової та безперебійної роботи. Чіткі та вичерпні інструкції, технічне керівництво – один із найважливіших компонентів системи управління, зокрема, такої як система управління якістю.

Під **соціальними умовами** праці слід розуміти задоволення соціальних потреб працівника, а також шанобливе ставлення до нього з боку керівництва. Ці умови визначаються стилем керівництва, стосунками в колективі, корпоративною культурою та етикою. Поняття **режиму** робочого дня охоплює питання розподілу часу співробітників – робочих годин і перерв – у межах затверджених норм і розцінок.

Методи і техніка виконання робіт – це різноманітні допоміжні засоби, якими користується працівник для виконання своїх завдань. Методи має бути узгоджено один з одним з огляду на час, простір та кількісні параметри. Оптимізації методів досягають шляхом вироблення найефективнішої послідовності рухів, наприклад, завдяки їх спрощенню або інтенсифікації, або механізації та автоматизації певних операцій.

Найбільш значимий фактор зацікавленості персоналу – це, безумовно, **винагорода** за працю. Працівники повинні брати участь в успіху підприємства, якому надали свою робочу силу, тому виникає завдання ввести справедливую систему індивідуального заохочення за підвищення продуктивності праці.

Застосовують різні методики визначення справедливої винагороди, особливо для працівників, котрі безпосередньо беруть участь у виробництві продукції. Зокрема, в Німеччині склалася двоступенева модель: спочатку встановлюють фіксовану складову, що залежить від складності завдань працівника, потім – змінну, яку розраховують для певного періоду відповідно до кількості відпрацьованого часу або виробленого продукту. Крім акордної заробітної плати, яка по суті є винагородою за результати праці, є також премії – додаткові виплати за певні наднормативні досягнення. Підставою для преміювання може бути, наприклад, економія

матеріальних ресурсів, підвищення ефективності експлуатації обладнання, особливо висока якість роботи. Існує цілий ряд різних систем преміювання.

До **засобів виробництва** належать ресурси тривалого користування, які можуть бути багато разів задіяні у виробничому процесі. Таким чином, їх вартість безперервно переходить на продукцію протягом усього, часто багаторічного, терміну експлуатації. У розширеному розумінні до засобів виробництва, крім обладнання, належать земельні ділянки, виробничі приміщення та споруди, а також нематеріальні ресурси – патенти, ліцензії, авторські права та ін.

Технічний рівень обладнання залежить від його новизни, зношеності та придатності до експлуатації. Новизна – це ступінь розвитку з огляду на поточні досягнення науково-технічного прогресу. Впровадження нових та вдосконалення наявних технологій сприяє постійному підвищенню ефективності. Таким чином, чим новіше обладнання, тим воно зазвичай і продуктивніше. Поступово обладнання застаріває. Інтенсивна експлуатація може призводити до деякого зниження продуктивності, і навіть якщо цього не відбувається, продуктивність починає відставати від сучасного рівня, оскільки на ринку з'являється обладнання з кращими характеристиками. У зв'язку з цим парк металорізальних верстатів у США оновлюється кожні сім років, у Німеччині – 6,5, у Японії – 6. Швидкість поступового зношення устаткування можна зменшити за допомогою регулярного обслуговування та догляду у поєднанні з захисними заходами, наприклад, завдяки нанесенню захисних покриттів.

Крім **технічного старіння** також існує економічне, коли наявні засоби виробництва стає неможливо використовувати через зміни характеру продукції.

Головні спеціальні чинники придатності обладнання – це його виробнича потужність, технічна гнучкість і технологічна придатність.

Виробнича потужність обладнання – це кількість продукції за одиницю часу (**кількісна потужність**). Суттєва також **якісна потужність** обладнання, що характеризує тип і якість його роботи з огляду, наприклад, на вартість його експлуатації та функціональність, тобто здатність виконувати певні завдання. Якісну потужність визначають з урахуванням таких параметрів як вимоги до кваліфікації

персоналу, простота обслуговування, кількість виконуваних операцій, допуски за якістю, габарити, міцність та ін.

Оптимальна виробнича потужність – це та кількість продукції за одиницю часу, яку випускатимуть на певному обладнанні з мінімальними витратами на одиницю продукції. Кожен вид устаткування розраховано на певну продуктивність відповідно до якої працює оптимально, відхилення від цього оптимуму в той або інший бік призводить до зростання витрат на одиницю продукції.

Виробничо-технологічна гнучкість устаткування – це його пристосовуваність до зумовлених попитом коливань завантаження та змін виробничих умов. Як і у випадку потужності, застосовують кількісні і якісні характеристики. **Якісною гнучкістю** називають можливість переналаштування обладнання на виконання інших технологічних операцій. **Кількісна гнучкість** – можливість регулювання обсягу виробництва шляхом варіації часу роботи. Чим вище гнучкість обладнання, тим вища його придатність для виробництва.

Однією з найважливіших складових продуктивності обладнання є його **технологічна придатність**, пов'язана із застосуванням оптимальних методів виробництва. При цьому вибір методу обов'язково мають здійснювати з урахуванням його **рентабельності**, яка зазвичай істотно залежить від обсягу виробництва.

Сировина та матеріали – ресурси, що становлять основу для виробництва продукції, а також використовуються для її зберігання. Ресурси потрібно поновлювати, створювати, купувати, доставляти зі складу для кожного виробничого циклу. Більшість підприємств завжди використовує матеріали вже заздалегідь добуті, перероблені, виготовлені іншими підприємствами, у яких придбані.

Вихідні матеріали (сировину) використовують безпосередньо у створенні продукції як її складову. *Допоміжні матеріали* також належать до складу продукції, але становлять її незначну частку, як у кількісному, так і вартісному відношенні. *Виробничі матеріали*, наприклад, енергія, мастильні та очисні засоби, до складу кінцевого продукту не належать взагалі, але їх витрачають у процесі виробництва.

До факторів, що впливають на продуктивність, належать **втрати**, тобто відходи, побічні продукти та брак. **Відходи** (стружка, тріски, тирса, обрізки) утворюються під час обробки матеріалів. Їх, як побічні

структури, можна переробляти і знову вводити у виробничий процес, що дає можливість істотно знизити рівень втрат. **Брак** – це напівфабрикати або готові вироби з недоліками, які, проте, встигли вже набути в результаті обробки певну ціну. Вони не можуть бути використані, оскільки не відповідають вимогам якості або мають інші порушення; таким чином, час і кошти, витрачені на них, остаточно втрачаються.

Характер продукції зумовлює склад матеріалів, застосованих для її виготовлення і те, як її обробляють. **Стандартизація** у процесі проектування продуктів дає можливість використовувати одну й ту ж деталь у різних виробках, завдяки чому скорочується їх різноманіття. Одночасно досягається повноцінніше використання переваг серійного виробництва (порівняно зі штучним і дрібносерійним). Додатково стандартизація дає перевагу під час комп'ютеризованого креслення та внесення змін до креслення. Витрати знижуються не тільки на стадії проектування, а й на наступних етапах – підготовки, виготовлення, зберігання – завдяки спрощенню продукту.

Стандартизація поширюється на різноманітні допоміжні пристрої, спеціальні інструменти, вимірювальні прилади, навчальні посібники тощо. Зведення виробу до єдиного стандарту з метою раціоналізації його виробництва називають **уніфікацією (типізацією)**. Найсуттєвішою є економія підготовчого-завершального етапу запуску у виробництво нового продукту. **Нормування** – це стандартизація компонентів і деталей, використовуваних для виготовлення продукту.

Система **класифікації** продуктів і процесів дає можливість знаходити в них подібні характеристики, що допускають кількісне вимірювання та порівняння.

Виробничі процеси класифікують за необхідними технологіями, допусками на похибки маси та форми виробів, чистотою поверхонь, технічними особливостями. З огляду на проектування продукції, параметрами класифікації можуть слугувати конструктивні ознаки, такі як форма, габарити та склад матеріалів.

Ефективність використання матеріалів більшою мірою залежить від якості проектування. Через нераціональний технологічний цикл, наприклад, занадто великі припуски, слабкі можливості обробки, збільшуються витрати. На ефективність використання матеріалів впливають їх фізичні та хімічні властивості (твердість, точка плавлення, еластичність тощо). Застосування невідповідних матеріалів, що погано

піддаються обробці, здатне призвести до суттєвого підвищення виробничих витрат.

Управлінські чинники у процесі виробництва товарів та надання послуг – це керівництво підприємством, планування та організація його діяльності. Вони забезпечують взаємодію трьох факторів (працівник, обладнання та матеріал) на основі внутрішніх відносин "клієнт-постачальник". Ці відносини регулюються угодами про цілі та результати, що діють на функціональних і організаційних стиках виробничого процесу.

1.2. Показники, що характеризують виробничий процес

Згідно з основними принципами бізнесу виробничі фактори мають бути поєднані рентабельністю (економічністю) і ефективністю.

Існують два різні підходи:

- а) мінімізація: результат фіксований, його досягають, витративши якнайменше коштів;
- б) максимізація: витрати коштів фіксовані, потрібно отримати найбільший результат.

Фактичне співвідношення витрат і результатів можна оцінювати за допомогою різних економічних показників, перш за все, продуктивності, економічності та рентабельності.

Продуктивність – це відношення обсягу виробленої продукції до обсягу витраченої праці:

$$\text{продуктивність} = \frac{\text{виготовлена продукція}}{\text{витрати праці}}$$

Для того щоб оцінити цей показник, потрібен еталон, з яким можна було б порівнювати. Для цього підприємства застосовують зіставлення власних показників з показниками інших підприємств, що дає змогу зрозуміти, наскільки ці показники високі чи низькі.

Економічність визначають як відношення результату до витрат у грошовому еквіваленті за певний період часу. Цей показник дає змогу контролювати ступінь успішності бізнесу. Очевидно, що вартість виробленої продукції повинна перевищувати видатки на її виробництво:

$$\text{економічність} = \frac{\text{вартість виготовленої продукції}}{\text{видатки виробництва}}$$

Рентабельність – показник, що характеризує досягнення підприємства за певний період (місяць, квартал, рік) порівняно з вкладеним капіталом, тобто віддачу від капіталу за цей період:

$$\text{рентабельність} = \frac{\text{результат}}{\text{обсяг капіталовкладень}}.$$

Для оцінювання різних аспектів бізнесу та рівня його досягнень використовують ряд інших економічних показників.

Принципи менеджменту застосовують також до процесів обслуговування, які створюють умови для досягнення потрібного результату, а також сприяють синхронізації виробництва та збуту.

1.3. Організація промислового підприємства

Організація промислового підприємства – це розмежування управлінських та оперативних задач, а також відповідних категорій працівників. З одного боку – ті хто планує, керує та контролює, з іншого – безпосередні виконавці робіт. Кожну конкретну виробничу задачу поділяють на безліч дрібних етапів. Розподіл праці у багатьох випадках залишає мало простору для творчості, оскільки з міркування спеціалізації, потрібної для підвищення продуктивності праці, кожному виконавцеві доручають невелике за змістом завдання.

Крім організації структури та процесів, виокремлюють організацію управління, при цьому оперативне керівництво необхідно відрізнити від керівництва, що займається розв'язанням стратегічних і тактичних задач. Функції менеджменту, що здійснює оперативне керівництво, визначаються його посадовими обов'язками та повноваженнями у межах організаційної структури та структури виробничого процесу. До кола завдань безпосереднього керівника належать заохочення працівників до своєї справи, підвищення їх кваліфікації та створення системи оцінок для справедливої винагороди за працю.

У рамках організаційної структури функції розрізняються **рівнем**: рівень тим вище, чим більша значимість і обсяг завдання. Керівника, котрий виконує деяку функцію та наділений повноваженнями щодо видачі розпоряджень і ухвалення рішень, називають **інстанцією**. Коли виконавці відділені від керівників великою кількістю проміжних

інстанцій, то йдеться про **багатоступеневу ієрархію**. Інстанція, як правило, виконує декілька функцій. На промислових підприємствах, наприклад, підрозділи виділяють за функціональною ознакою, як проектно-конструкторське бюро, відділ стандартизації, виробничий відділ, відділ технічного контролю та ін.

На рис. 1.1 представлено організаційну структуру (дерево ієрархії) промислового підприємства з можливим переліком його виробничих функцій.

Завдання підрозділів відображено у переліках посадових обов'язків керівника та співробітників, де визначено обсяг відповідальності та повноважень для кожної посади. Найважливішими функціями промислового підприємства є такі:

- збут (продаж продукції);
- розробка нових продуктів;
- постачання;
- виробництво;
- робота складів;
- вивезення відходів;
- фінансовий і виробничий облік;
- робота з персоналом.

Функція **збуту** охоплює всі завдання, пов'язані з представленням клієнту продукції та послуг підприємства. Крім власне продажу, зокрема встановлення контакту з клієнтом, розробка комерційних пропозицій, консультування, ведення переписки (листування) й обслуговування замовлень, до неї також належать аналіз ринку і реклама.

Дослідження ринку дає потрібну інформацію для оцінювання попиту на продукцію підприємства. Знаючи залежність між пропозицією та попитом у певному сегменті ринку, можна спланувати асортимент продукції та рекламну кампанію, орієнтовану на цей асортимент. Також ці дослідження допомагають правильно встановити зв'язок між кількістю та ціною товарів, здійснити цінову диференціацію.

Обслуговування замовлення складається з його прийому, підтвердження отримання, узгодження термінів і сервісу, до якого належить технічний супровід проданої продукції (постачання запасних частин, гарантійне та післягарантійне обслуговування, ремонт). Ще одна важлива функція – робота з рекламаціями в разі надходження скарг.

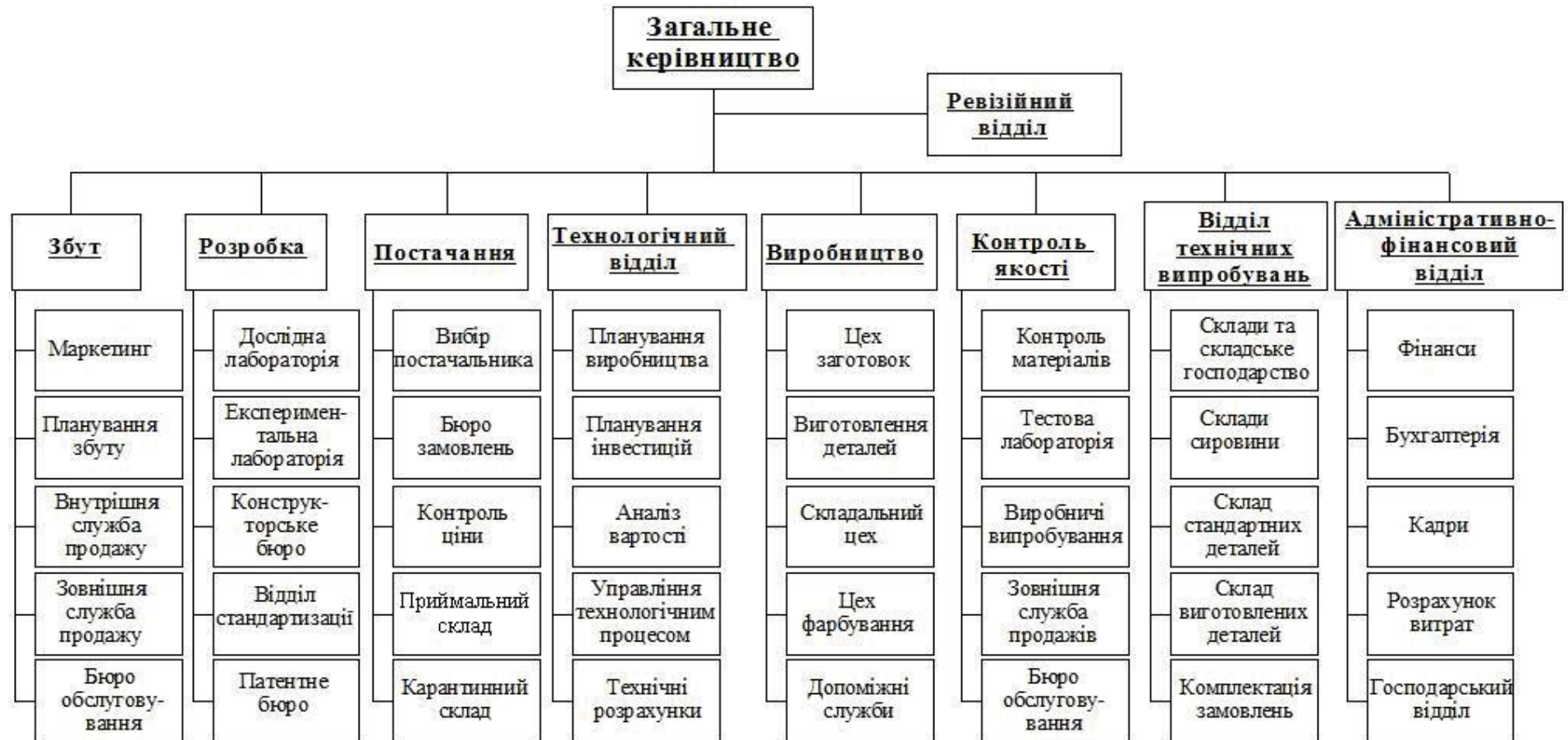


Рис. 1.1. Приклад організаційної структури промислового підприємства

До функцій дослідження та розробки належить **планування та розробка продукції**, проектні та конструкторські роботи, нормування; часто на підприємстві впроваджують також дослідне виробництво та патентне бюро. Під час планування та розробки продукції розрізняють стратегічний і оперативний аспекти.

Стратегічне планування тісно пов'язане з плануванням розвитку бізнесу, оскільки воно залежить від рішення керівництва підприємства про те, на якій стадії життєвого циклу знаходяться наявні продукти і які з них пора замінити новим. Потім на підставі цих міркувань і рішень визначають стратегічні напрями бізнесу та формують конкретні ринкові пропозиції для заданих сегментів ринку. Заключний етап – **оперативне планування продукції**, коли стратегічні рішення впроваджуються в конкретні продукти або послуги.

Новий продукт **розробляється** відповідно до запитів і побажань клієнтів, інформацію про яких дає аналіз ринку. В ході проектно-конструкторських робіт визначають його конструкцію та зовнішній вигляд, проводять необхідні технічні розрахунки, готують документацію. Результатом стають креслення, специфікація матеріалів та інша технічна документація, наприклад, розрахункові дані. Відділ стандартизації під час проектування стежить за дотриманням чинних національних та внутрішньозаводських стандартів і нормативів.

Дослідне виробництво – це виготовлення дослідних зразків, а також пробних серій із застосуванням обладнання та інструментів, які потім буде використано у промисловому виробництві. Далі відбуваються приймальні випробування, які часто проводять з клієнтом, після чого починається безпосередньо серійне промислове виробництво. Протягом усього часу роботи над проектом діє проектна група. До неї належать представники основних підрозділів, таких як відділи збуту, постачання, технологічний і виробничий. Ці співробітники забезпечують виконання проекту, враховуючи вимоги своїх відділів.

Створюючи продукти, потрібно ретельно контролювати патентну чистоту власних розробок, та у подальшому захищати їх власним патентом. Видача ліцензії є гарантією, що продукт не буде відтворено без належного дозволу.

Основні завдання, які вирішують у межах **функції постачання**, – планування програми виробництва, облік руху сировини та матеріалів, формування замовлень та отримання замовлених товарів. Програму виробництва планують на основі уже підтверджених замовлень клієнтів

або з прогнозованих показників збуту; крім того, беруть до уваги потребу в запчастинах. Наступним кроком є орієнтовне оцінювання виробничих потужностей і ресурсів, потрібних для виконання програми, відтак отримані показники зіставляють з наявними на даний момент. На підставі результатів зіставлення визначають тимчасові межі для виробничих завдань відповідно до програми; одночасно виконують вже підтвержені замовлення від клієнтів.

Далі оцінюють потребу у матеріалах для запланованої до випуску продукції та складають специфікацію, у якій враховують наявні на складі запаси та поточні виробничі завдання. На підставі виконаних розрахунків ініціюють заявку на матеріали; одночасно резервують матеріали для виконання наявних замовлень. Після узгодження цін вибирають постачальників, і їм надсилають замовлення. Стосовно всіх виконуваних замовлень проводять моніторинг: контролюють дотримання термінів, фіксують, чи своєчасно доставлено товар, а його якість перевіряють на відповідність вимогам, зазначеним у замовленні. У разі надходження претензій матеріали приймають для зберігання на складі сировини або на центральному складі. Паралельно проводять моніторинг запасів, таким чином інформація про їх фактичний обсяг завжди точна. У разі виникнення виробничої потреби матеріали вилучають зі складу та доставляють на робочі місця.

Для оптимального виконання виробничих завдань необхідний налагоджений технологічний процес. Його функціонування забезпечують допоміжні служби, які не вносять прямого вкладу у вартість продукції, але відіграють важливу роль. Підготовка виробництва охоплює планування робіт і визначення їх послідовності, розрахунок часу, вибір інструментів і обладнання. Бізнес-процес управління виробництвом регулює роботу з внутрішніми замовленнями, їх планування, своєчасне виконання, підготовку робочої документації.

Виробничий процес поділяють на стадії – наприклад, випуск заготовок, виготовлення деталей, фарбувальні роботи, попереднє та остаточне складання. Допоміжні служби забезпечують підготовку матеріалів та інших ресурсів, транспортування, проміжне зберігання, догляд за обладнанням та контроль якості. Для перевірки якості часто створюють самостійний підрозділ з подальшим поділом функцій, наприклад, контроль матеріалів і контроль технологічного процесу, зі своєю тестовою лабораторією або випробувальною ділянкою для перевірки працездатності й міцності готової продукції.

До складських функцій належать, зокрема, зберігання на складі, комплектація замовлень, пакування та відправлення вантажів. Зберігання на складі може бути централізованим або децентралізованим; на практиці склади часто поділяють за призначенням: головний склад, склад сировини, стандартних деталей, готових деталей. До завдань складів належить облік і моніторинг запасів, управління складським обладнанням і розпорядження тарою, такою як піддони. Відпускати готову продукцію починають з комплектації замовлення; якщо потрібно, продукцію відвантажують або відміряють у потрібній кількості, а також пакують.

Після перевірки комплектності за надрукованим пакувальним аркушем замовлення переміщується в зону комплектації. Звідси його відвантажують відповідно до зазначених у договорі умов щодо виду продукції, термінів поставки, упаковки, супровідної документації. У разі відправки за межі країни необхідне митне очищення. Рахунок за відвантаження передають клієнту разом із продукцією або відправляють окремо.

Вивезення відходів у більшості випадків покладають на спеціалізовані фірми; підприємства контролюють, щоб відходи були вивезені з дотриманням правил і зі складанням усієї необхідної документації.

Головні завдання роботи з персоналом – управління кадрами, планування кадрової політики, залучення робочої сили та розстановка кадрів.

Гнучкі виробничі системи реалізують не тільки основні технологічні функції, але й допоміжні, зокрема, транспортно-складські, контрольно-вимірювальні, видалення відходів виробництва тощо, та є складними системами, що базуються на новітніх досягненнях обчислювальної техніки, електроніки, робототехніки та числового програмного керування технологічними процесами. Їх створення та впровадження у виробництво потребує не тільки високого рівня технічної підготовки, а й значних зусиль і витрат з організації та координації робіт.

Запитання до самоперевірки

1. Що таке виробничий процес і які його характеристики?
2. Охарактеризуйте принципи побудови організації підприємства.
3. Які фактори впливають на якість праці?
4. Що таке якість виробничого процесу та які його характеристики?
5. Що таке організаційна структура виробництва та технологічного процесу?
6. Які функції працівників на промисловому виробництві?

Розділ 2. ГНУЧКІ ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ

2.1. Гнучкі виробничі системи та їх класифікація

Гнучка виробнича система – сукупність у різних поєднаннях технологічного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), роботизованих технологічних комплексів (РТК), гнучких виробничих модулів (ГВМ) і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу. Вона має властивість автоматизованого переналагодження під час виробництва продукції довільної номенклатури.

Досвід сучасного виробництва, розробок та проектів показує, що спектр рішень гнучких виробничих систем простягається від виробничих модулів на базі одного верстата з ЧПК до об'єднаних комп'ютером виробничих ділянок і цехів.

Основними характеристиками гнучкого виробництва є ступінь автоматизації, ступінь гнучкості та рівень інтеграції.

Ступінь автоматизації – це показник, що дорівнює відношенню обсягів робіт, виконуваних без участі та за участю людини, або співвідношення часу "безлюдної" роботи та часу роботи системи, коли потрібна участь людини. До цього показника належить ще й ступінь надійності роботи системи, який визначають співвідношенням часу роботи до загального часу простоїв системи, викликаних відмовою устаткування, систем управління, ЕОМ та інших компонентів.

Ступінь гнучкості – це фактично мобільність, зумовлена обсягом витрат, з якими можна перейти на випуск нової продукції, а також різноманітністю номенклатури виробів, оброблюваних одночасно або у порядку черги.

Рівень інтеграції – показник кількості різних виробничих завдань, функцій, які поєднують в систему та управляються центральною ЕОМ. Це конструювання, технологічна підготовка виробництва, оброблення, складання, контроль, випробування, діловодство, ремонт та утримання обладнання тощо.

Основними класифікаційними ознаками **гнучкого автоматичного виробництва (ГАВ)** є такі:

- масштабність структури;
- сфера використання (за групами галузевих виробництв, видами робіт, масою та габаритами продукції);

- технічний рівень (гнучкість, ступінь автоматизації, зростання продуктивності).

За масштабністю ГАВ поділяють так.

Гнучкий виробничий модуль (ГВМ)

Одиниця технологічного обладнання для виготовлення виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик з програмним керуванням, яка автономно функціонує, автоматично здійснює всі функції, пов'язані з їх виготовленням, придатна до вбудовування в гнучку виробничу систему.

Гнучка виробнича система (ГВС)

Сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом зазначеного інтервалу часу, що має властивість автоматизованого переналагодження для виготовлення продукції довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик.

Гнучка автоматизована лінія (ГАЛ)

Гнучка виробнича система, в якій технологічне обладнання розміщено відповідно до визначеної послідовності технологічних операцій.

Гнучка автоматизована ділянка (ГАД)

Гнучка виробнича система, що функціонує за технологічним маршрутом, в якому передбачено можливість зміни послідовності використання технологічного обладнання.

Гнучкий автоматизований цех (ГАЦ)

Гнучка виробнича система, що являє собою в різних поєднаннях сукупність гнучких автоматизованих ліній, роботизованих технологічних комплексів, гнучких автоматизованих ділянок, роботизованих технологічних ділянок для виготовлення виробів заданої номенклатури.

Гнучкий автоматизований завод (ГАЗ)

Гнучка виробнича система, що представляє собою сукупність ГАЦ.

За ступенями автоматизації ГВС поділяють на **гнучкі виробничі комплекси (ГВК)** та **гнучкі автоматизовані виробництва (ГАВ)**.

ГВК визначають як ГВС, що складається з декількох ГВМ, об'єднаних автоматизованою системою управління та автоматизованою транспортно-складською системою, яка автономно функціонує протягом заданого інтервалу часу та може бути вбудована в систему вищого рівня автоматизації.

ГАВ являє собою ГВС, що складається з одного або декількох ГВК, об'єднаних автоматизованою системою управління та транспортно-складською системою.

Роботизований технологічний комплекс (РТК)

Сукупність одиниці технологічного обладнання, промислового робота та засобів оснащення, яка автономно функціонує та здійснює багаторазові цикли.

- РТК, що призначені для роботи в ГВС, повинні мати автоматизоване переналагодження та можливість вбудовування в систему.
- Як технологічне обладнання може бути використано промислового робота.
- Засобами оснащення РТК можуть бути: пристрої накопичення, орієнтації, поштучної видачі об'єктів виробництва та інші засоби, які забезпечують функціонування РТК.

2.2. Система забезпечення функціонування ГВС

Забезпечення функціонування ГВС – це сукупність взаємопов'язаних автоматизованих систем, за допомогою яких виконують проектування виробів, технологічну підготовку їх виробництва, управління гнучкою виробничою системою за допомогою ЕОМ і автоматичне переміщення предметів виробництва і технологічного оснащення.

У загальному випадку до системи забезпечення функціонування ГВС належать такі:

- 1) автоматизована транспортно-складська система (АТСС) – система взаємопов'язаних автоматизованих транспортних і складських пристроїв для укладання, зберігання, тимчасового накопичення, розвантаження та доставки предметів праці, технологічного оснащення;
- 2) автоматизована система інструментального забезпечення (АСІЗ) – система взаємопов'язаних елементів, що охоплює ділянки

підготовки інструментів, їх транспортування, накопичення; пристрої для зміни та контролю за якістю інструментів, за допомогою яких відбувається підготовка, зберігання, автоматична установка та заміна інструментів;

- 3) система автоматизованого контролю (САК);
- 4) автоматизована система видалення відходів (АСВВ);
- 5) автоматизована система управління технологічними процесами (АСУТП);
- 6) автоматизована система наукових досліджень (АСНД);
- 7) система автоматизованого проектування (САПР);
- 8) автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ);
- 9) автоматизована система управління (АСУ).

За гнучкістю ГВС поділяють на такі системи:

- а) високої гнучкості, в яких номенклатура продукції, наведена для одного обробного модуля, перевищує 100 найменувань. Витрати часу на переналагодження для оброблення нової деталі у межах групи не перевищує 10 % корисного фонду часу роботи;
- б) середньої гнучкості – номенклатура продукції, наведена для одного модуля, від 20 до 100 найменувань. Витрати часу на переналагодження – до 20 %;
- в) малої гнучкості – номенклатура охоплює до 20 найменувань; витрати часу на переналагодження – більше ніж 20 %.

За ступенем автоматизації ГВС поділяють на системи:

- а) високого (вищого) ступеня – автоматичне керування та тризмінний режим роботи;
- б) середнього ступеня – безперервне автоматизоване управління у процесі багатостатного обслуговування з коефіцієнтом багатостатності понад два;
- в) низького ступеня – коефіцієнт багатостатності не перевищує двох.

Коефіцієнт багатостатності – кількість одиниць обладнання, яка обслуговується одним робітником (од.обл./люд.).

У закінченому ідеальному вигляді ГВС є найвищою, найбільш розвиненою формою автоматизації виробничого процесу.

2.3. Основні принципи організації ГВС

На сучасному рівні розвитку електронного машинобудування принцип суміщення високої продуктивності та універсальності означає універсальність та автоматизацію у програмно-керованому та програмно-переналагоджувальному обладнанні. Гнучкі виробничі системи, порівняно за продуктивністю з автоматичними лініями, а за гнучкістю – з універсальним обладнанням, відкривають величезні можливості для інтенсифікації виробництва. Наприклад, автоматизація трансформаторного виробництва в електронній промисловості ускладнена великою конструктивно-технологічною різноманітністю його продукції, що потребує створення систем з технологією гнучкого перебудування.

Прикладом таких систем у суднобудуванні може слугувати ГВС теплового різання корпусного металу, яка виконує в автоматичному режимі вибір листа металу необхідної марки та типорозміру, позиціонування його на робочому столі машини для теплового різання. Машина, керована ЕОМ, вирізає деталі різної конфігурації з оптимальним коефіцієнтом використання матеріалу. Автомат-комплектувальник збирає деталі в комплекти та передає на складання. Усією ГВС управляє обчислювальний комплекс на базі ЕОМ. Таким чином, монотонну та важку працю розмітника, різьбяр та комплектувальника замінено працею технолога-програміста та оператора.

Застосування ГВС дає змогу звести до мінімуму витрати на транспорт і маніпулювання, а також знизити кількість операцій під час загального підвищення гнучкості системи.

Виріб має бути максимально технологічним з точки зору можливості автоматизації його виробництва, наприклад, для розпізнавання, орієнтації та позиціонування деталей під час автоматичного складання потрібно передбачати в них відмітні зовнішні форми та ін. Крім того, вироби повинні мати високий ступінь конструктивної та технологічної подібності, необхідної під час організації групового виробництва.

Дотриматись цієї вимоги дає можливість уніфікація технології виробництва виробів і їх напівфабрикатів, конструкцій деталей, комплектуючих і виробів загалом. Усі компоненти ГВС, тобто пристосування, оснащення, автоматичні пристрої навантаження-вивантаження, обладнання мають задовольняти потреби гнучкої автоматизації.

Основними компонентами ГВС є: **гнучкий виробничий модуль (ГВМ), автоматичні складська та транспортна системи (АСС і АТС) і система автоматизованого управління (САУ).**

Гнучкий виробничий модуль має виконувати в автоматичному режимі такі функції:

- переналагодження на виготовлення іншого виробу;
- установлення виробів, що підлягають обробці в технологічному обладнанні, і вивантаження готових виробів;
- очистку установок від відходів виробництва;
- контроль правильності базування та встановлення оброблюваного виробу;
- контроль робочих середовищ і засобів, за допомогою яких виконують обробку, а також формування коригувальних впливів за результатами контролю;
- заміну засобів обробки та робочих середовищ;
- контроль параметрів оброблюваного виробу та формування коригувальних впливів за результатами контролю;
- автоматичне управління технологічним процесом на основі визначених критеріїв ефективності.

Автоматичні потокові лінії, що об'єднують комплекси агрегатних верстатів і верстатів-автоматів, які працюють автоматично, доцільно використовувати тільки там, де виробництво має масовий стійкий характер. Варто зауважити, що у промислово розвинених країнах багатосерійне та масове виробництво становить лише 20 %, а одиничне, дрібносерійне та серійне – 80 %.

З огляду на це, наступним кроком на шляху автоматизації виробництва є розробка програмованих, отже, переналагоджувальних засобів, тобто гнучкого обладнання. До таких засобів належать верстати з ЧПК, зокрема обробні центри, промислові роботи та інше обладнання. Ще більша гнучкість притаманна системам, керованим ЕОМ. Подібні системи називають по-різному: у Японії – гнучкою автоматизацією, гнучким виробничим комплексом; у США – гнучкою виробничою системою (FMS) (ГВС).

У нашій країні такого роду комплекси називають гнучким автоматичним виробництвом (ГАВ):

- число верстатів у ГВС коливається від 2 до 50. Однак 80 % ГВС складено з 4 або 5 верстатів і 15 % з 8...10;

- рідше трапляються системи з 30...50 верстатів (2...3 %);
 - найбільший економічний ефект від використання ГВС досягають під час обробки корпусних деталей, ніж від їх використання під час обробки інших, наприклад, деталей типу тіл обертання. Так, у Німеччині їх 60 %, в Японії – понад 70 %, у США – близько 90 %;
 - різним є й ступінь гнучкості ГВС. Наприклад, у США переважають системи для обробки виробів у межах 4...10 найменувань, у Німеччині – від 50 до 200;
 - нормативний термін окупності ГВС у різних країнах – 2...4,5 року.
- Завдяки ЧПК верстати стали автоматичними. Однак автоматизація, підвищивши їх продуктивність, не сприяла вирішальному росту продуктивності праці в цілому у машинобудуванні, незважаючи на значне підвищення потужності і точності деяких верстатів. Це пояснюють такими причинами.

За традиційної організації виробництва деталі знаходяться у механообробних цехах тільки 1 % часу створення та виробництва продукції, на верстаті – лише 5 % від часу знаходження її в цеху і лише 25...30 % від загального часу перебування деталей на верстаті витрачається безпосередньо на обробку різанням. Протягом десятиліть зусилля верстатобудівників, машинобудівників і дослідників були спрямовані переважно на зменшення часу наявності деталі на верстаті та в цеху. З цією метою оптимізувалися режими різання, удосконалювалися конструкції різальних інструментів та інструментальні матеріали, автоматизували робочі цикли верстатів. Тим часом практично поза увагою інженерів і дослідників залишалися інші етапи створення та виробництва продукції. Саме цим можна пояснити недостатньо високий рівень організації на ряді машинобудівних підприємств.

Інша причина полягає в тому, що для впровадження нового, прогресивнішого обладнання не створюють відповідних виробничих умов та не вживають заходів з організації праці. Це зумовлено традиційним, історично сформованим підходом: спочатку створюється нове обладнання, під нього проектують нову технологію, і вже потім нова організація праці, яка була третьою у черговості, не встигає вчасно перебудуватися. У результаті автоматизація устаткування знаходиться "у відриві" від усього комплексу виробничих завдань. Часто, вводячи нові верстати, залишають "старий" технологічний процес. Нерідко нові

верстати стають тільки "фасадом", що "прикриває" застарілу технологію виробництва, якщо організація виробництва не сприяє їх ефективному використанню.

Гнучке виробництво радикально змінює традиційні, вироблені роками підходи до організації виробництва. Потокова технологія, в основі якої закладено диференціацію процесу обробки деталей на численні операції та переходи, виконувані на різних верстатах, до середини 60-х років минулого століття втратила свої економічні переваги, оскільки продукція стала складнішою і її асортимент став змінюватися частіше.

Настав час обирати між подальшою спеціалізацією верстатів з автоматизацією допоміжних операцій та створенням універсальних багатоцільових верстатів з ЧПК для того, щоб деталь централізовано повністю відпрацьовувалася на одному верстаті. Вибір було зроблено, з'явилися обробні центри, а потім і ГВС.

У своєму розвитку ГВС пройшли ряд етапів, пов'язаних з різними рівнями автоматизації процесу виробництва. Виділяють чотири таких рівні.

Перший рівень автоматизації означає, як правило, управління послідовністю та характером рухів у процесі обробки з метою отримання заданої форми, розмірів і якості поверхні оброблюваної деталі. Найповніше це втілено в технологічному обладнанні з ЧПК.

На другому рівні автоматизації крім циклу обробки здійснюється автоматизація установки, закріплення, розкріплення та зняття деталей з верстата – автоматизація завантаження.

Третій рівень, крім автоматизації циклу обробки та завантаження деталей, означає автоматичне виконання таких функцій, які раніше виконував верстатник:

- контроль за станом інструменту та своєчасна його заміна;
- контроль за якістю обробки (розмірів, точності форми та взаємного розташування поверхонь тощо);
- контроль і налагодження технологічного процесу на основі адаптивного управління;
- контроль за станом працездатності верстата;
- виконання допоміжних функцій, наприклад, видалення стружки.

Четвертий рівень автоматизації характеризується автоматичним переналагодженням обладнання на обробку виробу іншого найменування. Тобто автоматично переналагоджуються верстати, пристосування, інструменти, цикли та режими обробки, завантажувальні пристрої, контрольні системи та ін.

Таким чином, **сутність концепції гнучкого автоматизованого виробництва** полягає в тому, що воно дає можливість переходити з випуску одного виробу до виготовлення іншого без переналагодження обладнання або з переналагодженням, що відбувається одночасно, без зупинки випуску поточного виробу.

Відмінність нової концепції від традиційної полягає в тому, що вона дає можливість повністю інтегрувати весь виробничий цикл – від ідеї до випуску готової продукції – шляхом автоматизації всього комплексу конструкторських робіт, технологічних процесів і функції управління на базі ЕОМ, причому як за одиничного або серійного, так і масового виробництв. Цю концепцію почали втілювати у металообробці та поширювати у складанні та інших видах виробництва, таких як заготівельне, випробування продукції та ін.

Подальший розвиток ГВС потребує налагодження чіткої системи зв'язку. Організація та управління виробництвом, а також діловодство необхідно здійснювати без паперової документації. Оптично-волоконні канали стануть головним засобом зв'язку на виробництві. Розвиток цієї техніки вже зараз досяг стадії, коли вона може успішно застосовуватися в ГВС. Такі канали зв'язку можуть використовуватися для передачі цифрової інформації, а також для контролю вимірювань. Наприклад, оптичні волокна можуть "оглядати" предмети розміром 0,2...0,3 мм (так званий технічний зір). Типовим прикладом застосування оптоволокон стануть вимірювання, підрахунок, фіксація деталей, виявлення зламаної кромки інструменту та ін.

Крім переваг ГВС, не можна не звернути увагу й на властиві їм недоліки. До них належать великі капітальні витрати на впровадження, складність обслуговування, необхідність наявності висококваліфікованого персоналу для їх обслуговування.

Досвід впроваджених ГВС у різних країнах показує широке коло галузей промисловості, в яких їх застосовують.

Близько 40 % ГВС впроваджено в автомобільній промисловості, майже 30 % – у приладобудуванні та загальному машинобудуванні,

приблизно 20 % – у верстатобудуванні, близько 10 % – в аерокосмічній та оборонній промисловості.

В автомобільній промисловості ГВС застосовують для виробництва практично всіх деталей двигуна, шасі, заднього моста, а також у процесі складання кузова та загального складання двигуна. Найпоширенішими деталями для обробки в ГВС є частини трансмісії та коробки передач. У верстатобудуванні найчастіше ГВС оброблюють станини, колони, столи, каретки, полозки; рідше – деталі коробок швидкостей і шпинделя. У приладобудуванні та загальному машинобудуванні ГВС використовують для обробки деталей фотокамер, корпусів швейних машин, корпусів турбін, гірничого обладнання, корпусів насосів та ін.

Майже 90 % ГВС створено на великих підприємствах (понад дві тисячі робітників), решта – на середніх підприємствах. Приблизно 75 % усіх створених ГВС призначено для обробки корпусних деталей, решта – тіл обертання. Деталі оброблюють партіями від 3 до 50 шт., проте в окремих ГВС – до декількох тисяч.

Кількість верстатів в одній ГВС коливається від 2 до 15 (середнє значення – 10 верстатів). Кількість різних типів верстатів в одній ГВС – від одного до шести (середнє значення – два).

В умовах широкономенклатурного (дрібносерійного) виробництва, коли продукція виготовляється малими партіями (200...500 деталей) за частотої їх зміни (100...800 найменувань), бажано використовувати ГВМ на базі **ОЦ (обробних центрів)**. Ступінь автоматизації таких ГВМ вищий, ніж у звичайних верстатів з ЧПК.

Аналіз промислового застосування ГВС засвідчив основні їх переваги перед іншими автоматизованими системами:

1. Технологічні:

- збільшення гнучкості та пристосовуваності виробництва у процесі розширення або зміни номенклатури виробів, зі зростанням кількості варіантів обробки та ін.;

- підвищення коефіцієнта завантаження верстатів, зменшення допоміжного часу завдяки швидкій зміні заготовок і різального інструменту, зменшення часу переоснащення виробництва, багатозмінність роботи;

- значне підвищення якості та точності обробки (зменшення числа переустановлень оброблюваних деталей, унеможливлення суб'єктивних факторів, зниження довідних робіт тощо);

- автоматизація основних і допоміжних операцій, транспортно-навантажувальних робіт.

2. Організаційні:

- скорочення часу від надходження заявки на обробку конкретної заготовки до отримання готової деталі;

- зростання гарантії вчасної обробки деталі;

- швидка й точна діагностика різного роду збоїв.

3. Соціальні:

- значне зниження ймовірності нещасних випадків;

- усунення монотонної стомливої праці;

- підвищення загального рівня виробництва та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

2.4. Поняття гнучкості та перспективи застосування ГВС

Розглядаючи ступінь гнучкості системи, необхідно уточнити саме поняття гнучкості, яке є багатокритеріальним і неоднозначним.

Різноманіття технічних, виробничих та інших завдань, що вирішують за допомогою гнучкої автоматизації, не дає можливості сформулювати єдині методи оцінки гнучкості. Тому доцільно охарактеризувати три форми гнучкості: структурну, технологічну й організаційну.

Структурна гнучкість охоплює кілька можливостей:

- свободу у виборі послідовності обробки;
- можливість під час виходу з ладу будь-якого ГВМ виконувати обробку на аналогічному обладнанні;
- можливість модернізації та нарощування ГВС.

Технологічну гнучкість визначають можливістю на наявному обладнанні виконувати кілька технологічних завдань, тобто здійснювати різну обробку.

Організаційна гнучкість значною мірою визначає структуру ГВС. При цьому слід мати на увазі таке.

Існує певна суперечність між прагненням максимально завантажити устаткування і забезпечити мінімальний виробничий цикл. Прагнення до скорочення виробничого циклу призводить до предметно-замкнутої структури, орієнтованої на виріб. Це у підсумку неминуче призводить нераціональне використання обладнання і трудових ресурсів.

На відміну від цієї структури, гранично технологічна структура орієнтована на засоби виробництва. Вона забезпечує найефективніше використання обладнання і дає можливість скоротити чисельність працюючих, але може призвести до подовження виробничого циклу та збільшення незавершеного виробництва.

Для нормального функціонування ГВС у її складі має бути ряд підсистем. В основі ГВС лежить блочно-модульний принцип. Гнучкість системи складається з гнучкості складових її цільових модулів.

- **Складський модуль** – це автоматичний склад. Він не є у звичайному розумінні складом-накопичувачем. Це радше розподільник з автоматичною системою пошуку та перевантаження у склад та зі складу на транспортні засоби палет, піддонів, магазинів і ящиків із заготовками, а в окремих випадках – з оснащенням та інструментом.

- **Транспортний модуль** – це комплекс автоматичних транспортних засобів (індивідуальні візки-робокари, різноманітні транспортери, конвеєри, рольганги, роботи та ін.) разом із системою автоматичного управління рухом цих засобів за маршрутом.

- **Установчий модуль** охоплює комплекс устаткування на ділянці установа заготовок у пристрої і на палети або набору їх у магазини та іншу тару, а також складання та зберігання технологічної оснастки.

Ці три модулі об'єднують у транспортно-складський модуль.

- **Інструментальний модуль** – це все інструментальне господарство, об'єднане у підсистему управління інструментом, включаючи ділянку підготовки та налагодження інструменту поза верстатом.

- **Виробничий модуль** – технологічне устаткування, яке утворює верстатну систему ГВС. Окремі одиниці цього обладнання (найчастіше – гнучкий виробничий модуль ГВМ) можуть функціонувати як самостійно, так і в складі ГВС. При цьому всі функції, пов'язані з виготовленням виробу, виконуються автоматично.

- **Контрольно-випробувальний модуль** – це ділянка контролю якості, до якої належать контрольно-вимірювальні машини з ЧПК, випробувальні стенди та ін.

- **Модуль АСУ** – це комплекс центральної ЕОМ, проміжних міні-комп'ютерів і мікропроцесорів разом з програмним і математичним забезпеченням.

Проблеми, що виникли під час застосування гнучких систем:

- у ГВС не досягнуто поставлених цілей з рентабельності. Виявлено, що причиною високої вартості обладнання були надмірні витрати на пристосування та транспортно-складську систему;

- розроблення та введення в експлуатацію ГВС виявилися складними та високовартісними;

- конструктивні елементи ГВС, наприклад, верстати, системи управління та периферійні пристрої, часто ставали непридатними та призводили до проблем зі стикування;

- тривалий термін виконання проекту від конструкції до запуску системи.

Перспективи застосування гнучких систем:

- одночасне підвищення ефективності та гнучкості;
- підвищення ступеня автоматизації, не зменшуючи гнучкості;
- вищий коефіцієнт використання верстатів, який повинен бути у 2...4 рази вищим порівняно із застосуванням окремих верстатів;

- зменшення часу підготовки виробництва;
- зменшення частки незакінченого виробництва, тобто менша кількість запасів деталей на складах, що призводить до зменшення продукції;

- сприятливі середовище та умови праці для робітників.

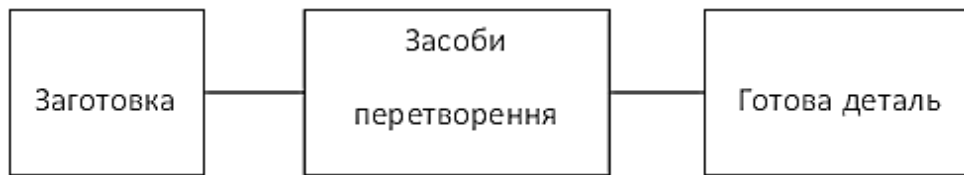
2.5. Основні характеристики гнучкого автоматизованого виробництва

Автоматизація – це комплекс заходів, спрямованих на звільнення людини не тільки від мускульних зусиль для виконання тих чи інших операцій (рухів), а й на заміну праці людини з управління технологічним процесом.

Автоматика – галузь науки та техніки, що охоплює загальні принципи побудови систем управління, зокрема теорію технічних засобів елементів, теорію автоматичного управління.

Технічна кібернетика – галузь науки, де вивчають найбільш загальні принципи управління інформаційними потоками (рис. 2.1).

Приклад



Принципова схема

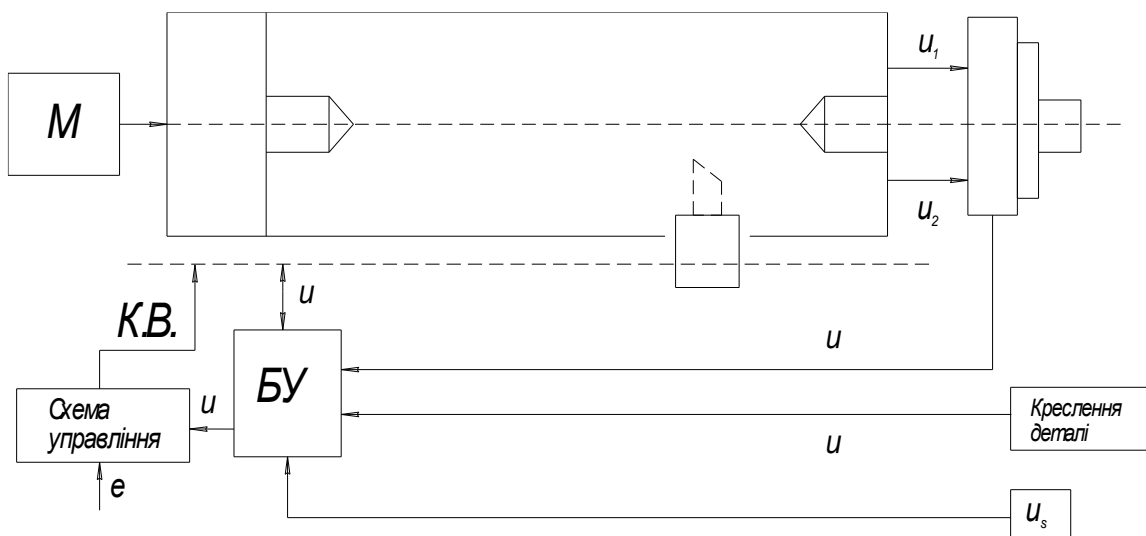


Рис. 2.1. Принципова схема:

БУ – блок управління; К.В. – керуючий вплив; М – привод;
 e – енергетичний потік; u – робоча інформація; u_s – додаткова інформація

Загальне завдання автоматизації – поєднання завдань з автоматички і кібернетики. При цьому завданням автоматички є синтез систем автоматичного управління (САУ), а кібернетики – прийом інформаційних потоків та управління ними.

Автомат – пристрій, що призначено для приймання, перероблення і передавання матеріалів, енергії та інформації без участі людини.

Автоматична лінія – комплекс основного та допоміжного обладнання, об'єднаного загальною схемою управління та транспортування і розміщеного відповідно до послідовності технологічних операцій (рис. 2.2).

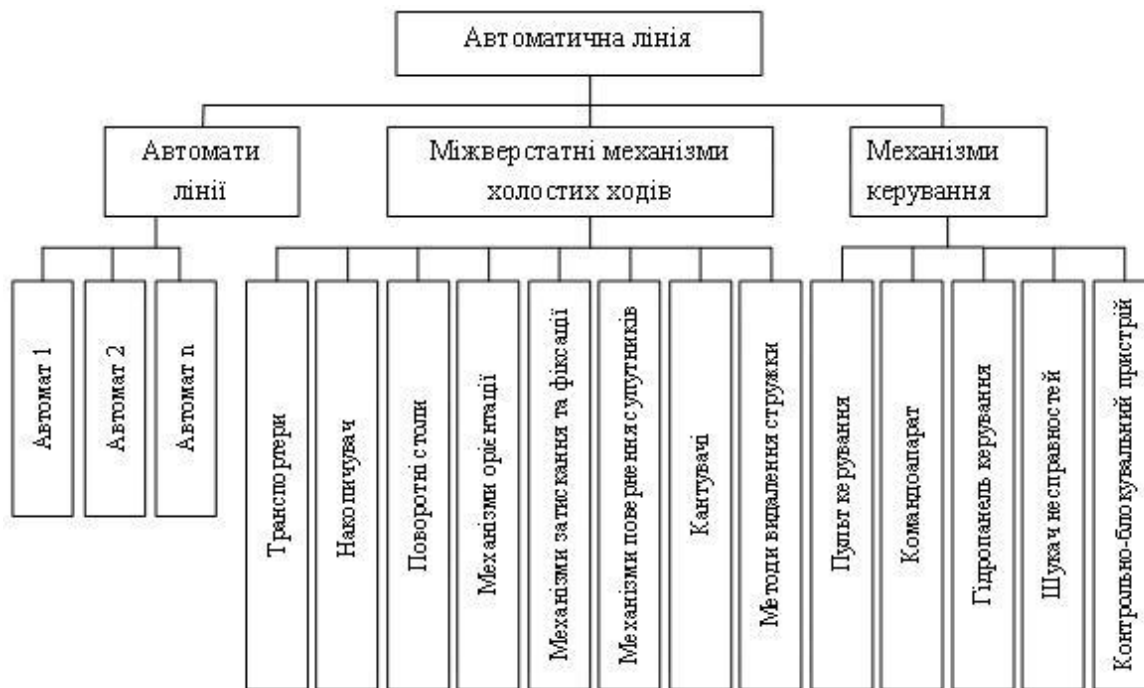


Рис. 2.2. Структурна схема типових автоматичних ліній (АЛ)

Головною організаційно-технологічною передумовою автоматизації є програма випуску на базі стандартизації (уніфіковані конструкції).

Організаційно-технічні передумови мають такі аспекти:

- організаційні;
- технологічні.

Організаційні складаються зі ступеня спеціалізації, паралельності, прямоочності, безперервності та ритмічності виробництва.

Однією з основних вимог для вирішення автоматизації складальних процесів є прямоочність виробництва.

Безперервне виробництво характерне для металургії та хімічного промисловості.

У машинобудуванні можливо підвищувати прямоочність у масовому виробництві шляхом диференціації операцій подальших концентрацій.

Технологічні передумови:

- масштаб виробництва;
- технологічність виробництва.

З масштабом тісно пов'язані спеціалізація, нормалізація, стандартизація, уніфікація.

Методи та засоби автоматизації обирають залежно від серійності виробництва. Найважче автоматизувати дрібносерійне виробництво.

Засоби автоматизації дрібносерійного виробництва: верстати з ЧПК, ЕОМ, методи та засоби групової технології, малопотужні модулі та комплекси з машинних модулів.

Засоби автоматизації серійного виробництва: верстати з цикловим програмним керуванням (ПК); копіювальні верстати, одношпindelні кулачкові автомати, верстати автоматизації масового виробництва (вибірково), агрегатні верстати.

Засоби автоматизації масового виробництва: багатошпindelні кулачкові верстати та автомати, автоматичні лінії, агрегатні верстати, верстати з ПК ПВС і ГАЛ, роторно-конверсійні лінії.

Елементи виробничого процесу – заготівельна, оброблювальна, складальна фази.

У серійному та одиничному виробництві першочергове значення мають універсальність та мобільність. Основними ступенями автоматизації виробництва є такі:

- автоматизація робочого циклу, створення машин, автоматів та напівавтоматів;
- автоматизація систем машин, створення автоматичних ліній (АЛ);
- комплексна автоматизація виробничого процесу.

Автоматична лінія складається зі структурних елементів.

Елементи – комплекс заходів, за допомогою яких виготовляють ті чи інші машини, вузли, апарати та інші вироби. До них належать – заготівельна фаза, фази обробки та збирання. Комплекс заходів охоплює також автоматизацію допоміжних цехів: інструментального, нестандартного обладнання та ін.

Типи автоматичних ліній (виходячи зі встановленого обладнання):

1. Лінії на базі верстатів зі ручним керуванням (висока універсальність та мобільність).

Застосовуються в одиничному та дрібносерійному виробництві, а також у масовому швидкозмінному.

2. Автомати та напівавтомати (висока циклічна продуктивність та ступінь автоматизації). Можливість їх адаптування під різні вироби менша ніж у верстатів універсальних.

3. Лінії на основі спеціалізованих та спеціальних автоматів і напівавтоматів (застосовують тільки в умовах масового виробництва).
4. Агрегатні верстати (компоновка з уніфікованих вузлів і механізмів).
5. Автоматичні лінії з агрегатних верстатів. Використовують у масовому та великосерійному виробництвах.
6. Лінії на основі універсальних верстатів-автоматів і напівавтоматів.
7. Автоматичні лінії зі спеціального обладнання (комплектність).
8. Багатоцільові верстати та автоматичні лінії з них.

Виокремлюють такі етапи розвитку автоматизації:

- Автоматизація циклу оброблення з метою отримання якості деталей, визначеної конструкторською документацією (кресленнями). Найчастіше використовують верстати з ЧПК, які дають змогу застосовувати обладнання в серійному, одиничному та багатосерійному виробництвах.
- Автоматизація навантаження та розвантаження технологічного обладнання. З цією метою часто використовують промислові роботи.
- Автоматизація контролю за перебігом автоматичного процесу з метою автоматизації технологічного процесу.

Види контролю:

1. Перевірка відповідності заготовок, інструменту, обладнання встановленим вимогам – наявність зворотного зв'язку, який дає можливість коригувати проблеми, що виникають.

2. Перевірка поточного стану інструменту та обладнання шляхом вимірювання температурних деформацій і порівняння поточних параметрів з еталонними.

3. Автоматизація переналагодження обладнання на обробку (складання) об'єктів, а також для виробництва іншого призначення.

Основні характеристики гнучкого автоматизованого виробництва (продуктивність; гнучкість; ефективність) визначають, по-перше, характеристиками основного (верстати) і допоміжного (промислові роботи, накопичувачі, системи автоматизованого контролю та вимірювань тощо) обладнання і, по-друге, вдалим компонованням обладнання у ГВС.

Продуктивність ГВС – найважливіший показник ефективності виробничого процесу. Найбільш надійним і зручним кількісним критерієм є продуктивність, яку вимірюють кількістю виробів, виготовлених за одиницю часу (шт./год), або її зворотна величина – трудомісткість виготовлення певного виробу (год./шт.).

Через прив'язку цих показників до конкретного виробу, вони є малоефективними для оцінювання продуктивності процесу виготовлення різних виробів в умовах роботи гнучкої системи. У ГВС виробляють не тільки різні деталі, але й їх різну кількість за одиницю часу.

Продуктивність неможливо розглядати без таких понять як гнучкість і мобільність.

Гнучкість:

- можливість обробляти на одній і тій же технологічній лінії різні деталі в різних поєднаннях;
- можливість змінити у будь-який момент стратегії виробництва залежно від потреби;
- модифікація оброблюваних деталей без залучення додаткових значних витрат;
- зміна складу технологічної лінії залежно від вимог;
- повторне використання значного відсотка наявних капіталовкладень у випадку, якщо доводиться повністю змінювати тип продукції.

Гнучкість і продуктивність дуже важко поєднувати, тому тільки з двобічного, взаємного аналізу цих факторів можна визначити їх оптимальне співвідношення, і цей аналіз повинен виконуватися спільно конструктором і споживачем.

Такий аналіз має сприяти визначенню того, якою мірою гнучка система виробництва може впливати на собівартість продукції та знижувати її. У собівартості продукції слід враховувати як пряму вартість створення виробництва так і всі непрямі витрати, які можуть бути змінені завдяки застосуванню нової сучасної системи виробництва.

На технічному рівні прикладом можуть бути системи максимальної гнучкості і низької продуктивності (система, що складається тільки з обробних центрів), якщо підвищувати продуктивність, «жертвуючи» якоюсь частиною гнучкості, доки не буде досягнуто протилежного, будемо мати традиційну систему з максимальною продуктивністю і майже неіснуючою гнучкістю.

Слід попередньо визначити, а потім і отримати потрібне співвідношення між гнучкістю та продуктивністю, використовуючи технологію числового програмного керування, технологію обчислювальної техніки та відповідного математичного забезпечення (поєднуючи таким чином технічні вимоги виробничого процесу з економічними аспектами, пов'язаними зі собівартістю готової продукції).

Гнучкі виробничі системи, призначені для обробки деталей, розміщують на полі різних виробничих систем у проміжку між обробними центрами (ОЦ), які застосовують у штучному та дрібносерійному виробництві, і автоматичними трансферлініями та спеціальними верстатами, застосовуваними під час великосерійного виробництва (рис. 2.3).

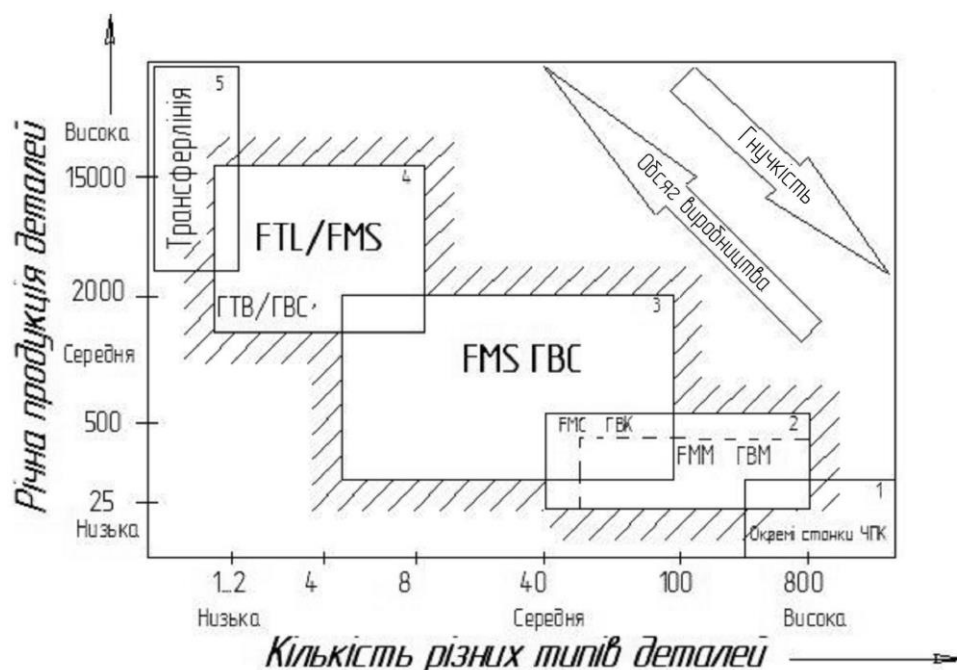


Рис. 2.3. ГВС серед різних методів виробництва:

1 – оздоблювальні верстати з ЧПК з ручним керуванням; 2 – гнучкий виробничий модуль (ГВМ, FMM); 3 – гнучка виробнича комірка (ГВК, FMS); 4 – ГВС серійного виробництва (FMS); 5 – ГВС або гнучка трансферлінія багатосерійного виробництва (FMS або FTL); 6 – стаціонарні трансферлінії або спецверстати багатосерійного виробництва

Можна сказати, що в ГВС прагнуть поєднати переваги дрібносерійного та великосерійного виробництва. Традиційне дрібносерійне виробництво, основане на окремих металообробних верстатах (наприклад, ОЦ), дуже гнучке, але ступінь автоматизації дуже низький, через що загальна рентабельність також є низькою.

Великосерійному виробництву вже давно притаманний високий ступінь автоматизації, отже і ефективність, але, з другого боку, не вистачає гнучкості та пристосовуваності до змін. Традиційна розбіжність між продуктивністю (ефективністю) та гнучкістю вирішується в ГВС завдяки застосуванню досягнень, придатних до експлуатації у сфері металорізальних верстатів, інструментальних систем, вимірювальної та датчикової технологій, методів переміщення матеріалу, та систем управління.

Велика частина вже наявних гнучких систем розташовується на третій ділянці (див. рис. 2.3), тобто ГВС серійного виробництва. Щодо властивостей різних виробничих систем і видів технологій, застосовуваних у них, то різниця між ділянками 3 і 2, а також між 3 і 4 – невелика. На другій ділянці є гнучкі виробничі комірки (FMC) і гнучкі виробничі модулі (FMM). Ці виробничі одиниці менші за розміром, ніж основна ГВС третьої ділянки.

Під поняттям ГВМ (гнучкий виробничий модуль) тут слід розуміти верстат з ЧПК, автоматизований за допомогою різних периферійних пристроїв. Таким є, наприклад, ОЦ, який має накопичувач палет, або модуль токарної обробки, що складається з токарного верстата та промислового робота. Коли два верстати пов'язуються між собою автоматичною системою транспортування деталей і маніпулювання ними, утворюючи працездатну одиницю, і коли така одиниця забезпечується необхідними контрольними пристроями, можемо говорити про гнучкі виробничі комірки (ГВК). Виробничі одиниці ГВМ і ГВК можуть бути використані як конструктивні одиниці для ширшої системи ГВС. На рис. 2.3 відображено ГВМ і ГВК.

Різниця між ГВС середньосерійного виробництва (третя ділянка на рис. 2.3) і ГВС для великосерійного виробництва (гнучка трансферлінія, четверта ділянка) лише в тому, що у великосерійному виробництві допускається трохи менше гнучкості, але це компенсується вищою продуктивністю, таким чином, часу у виробничому процесі на кожну деталь потрібно значно менше. Це зумовлює більше маніпуляційних операцій за одиницю часу та менше машинного часу, причому верстати і системи переміщення матеріалу ГПС під час великосерійного виробництва повинні мати відповідні характеристики.

Гнучкі виробничі системи зазвичай складаються з певної кількості верстатів, системи транспортування та розвантаження деталей і системи

управління (одна або декілька ЕОМ) та відповідного математичного забезпечення.

Верстати можуть бути спеціальні або універсальні, однакові або різні, більш чи менш гнучкі, оснащені або без будь-якої особливої апаратури.

Система транспортування може бути організована для транспортування деталей, оснастки, палет (супутників) або ж тільки для перевезення деталей; може бути більш жорсткою (наприклад, лінія на роликах з приводом) або більш гнучкою (наприклад, самохідні візки на рейках або на керуванні через кабель); може виконувати тільки подачу окремих деталей, які роботи будуть закріплювати або знімати з оснащення верстатів.

Також система може виконувати перевезення тільки деталей або разом з перевезенням інструментів.

Система управління може бути найпростішою (керування тільки рухом візків чи деталей) або складнішою, яка управляє програмою обробки деталей, магазином з інструментами, якістю обробки, стратегією, котрі змінюються залежно від вимог виробництва; нарешті, може бути найскладнішою системою комплексного управління цехом з усіма його складовими.

2.6. Характерні елементи та види гнучкості

Характерні елементи гнучкості:

а) на рівні модуля обробки (верстати):

- здатність виконувати різні операції для однієї і тієї ж деталі;
- здатність виконувати однакові або різні операції з різними деталями;
- здатність самоналаштування у разі виникнення критичної ситуації (наприклад, зміни товщини зрізаного металу, поломка різального інструменту та ін.);
- здатність самоконтролю виконуваних операцій (наприклад, діаметр отворів) і подальшого ухвалення рішень;
- здатність замінювати модулі обробки, які вийшли з ладу;
- здатність самокерування деякими з загальноприйнятих пристроїв (електронний щуп, пристрій контролю за інструментом, пристрій очистки палет та ін.).

б) на рівні модуля переміщення:

- здатність обслуговувати різні пункти в різних послідовностях;
- здатність переміщення різних деталей;
- здатність функціонувати як автоматично, так і в ручному режимі.

в) на рівні модуля управління (центрального):

- здатність керувати системою з метою пристосування її до різних виробничих номенклатур;
- здатність оптимізувати застосування оброблювальних машин як у звичайних умовах, так і під час виникнення поломок і несправностей;
- здатність взаємодії (діалогу) з усіма місцевими засобами автоматизації (верстати, системи транспортування та ін.), забезпечуючи їх необхідною інформацією або будь-якими засобами (наприклад, інструменти) з метою надійного функціонування системи у разі зміни стратегії виробництва.

г) на рівні системи в цілому:

- можливість збільшувати виробничу потужність та нарощувати засоби автоматизації в різні періоди залежно від потреб підприємства шляхом тільки додавання модулів, не маючи незавантажених модулів;
- допустимість несправностей на більшій частині з усіх модулів системи (резервування);
- можливість під'єднання системи до систем центральних ЕОМ підприємства.

Залежно від кількості випущеної продукції та від її номенклатури, системи можуть набувати певні характеристики.

Наприклад, за широкої номенклатури та невеликої кількості окремих видів продукції систему буде орієнтовано на обробні центри з максимальною гнучкістю та відносно обмеженою продуктивністю.

Вузька номенклатура та велика кількість окремих видів продукції означає, що система буде орієнтована, головним чином, на високу продуктивність за деяких втрат своєї гнучкості.

Найкращий шлях, яким слід йти у виборі будь-якої гнучкої системи, – поступовий перехід від простої, дуже гнучкої системи, здатної рости та збільшувати продуктивність, до розширеної залежно від вимог виробництва на підприємстві.

Види гнучкості

Машинна гнучкість – легкість перебудови технологічних елементів ГВС для виробництва заданої множини типів деталей.

Гнучкість процесу – здатність виробляти задану кількість типів деталей (можливо, з різних матеріалів) у різні способи.

Гнучкість виготовлення продуктів – здатність швидкого та економічного переходу на виготовлення нового продукту.

Маршрутна гнучкість – здатність продовжувати обробку заданої множини типів деталей за відмови окремих технологічних елементів ГАВ.

Гнучкість за обсягом – здатність ГВС економічно вигідно працювати за різних обсягів виробництва.

Гнучкість за розширенням – можливість легкого розширення ГВС завдяки впровадженню нових технологічних елементів.

Гнучкість роботи – можливість змінювати послідовність операцій щодо кожного з типів деталей.

Гнучкість за продукцією – можливість виготовляти різноманітні вироби, які здатна виробляти ГВС.

Усі компоненти фактично не є незалежними; визначальними є машинна та маршрутна гнучкості.

Зовнішня гнучкість – кількість різних деталей, які можуть бути оброблені економічно вигідно.

Внутрішня гнучкість – здатність ГВС економічно вигідно обробляти певний асортимент деталей у швидкоплинній послідовності їх типів.

Структурна гнучкість – це гнучкість, що визначається формою організації обробки.

Параметрична гнучкість – залежність від технологічних параметрів обладнання.

Ефективність роботи ГВС. Високий ступінь гнучкості виробничих систем і додаткові витрати, необхідні для їх впровадження потребують ретельного та всебічного аналізу економічної ефективності їх використання.

Економічний ефект впровадження ГВС не завжди можна визначити простим порівнянням вартості та інших показників основного устаткування та агрегатів. Спроби застосувати традиційні формули для підрахунку економічної ефективності впровадження ГВС часто

призводять до негативного результату. Поєднання в одній системі металообробки, контролю якості, транспортування тощо не просто становить, а нелінійно збільшує економічний ефект.

Досвід свідчить, що ефективність ГВС зростає поступово протягом певного періоду після початкових капітальних вкладень. Це є результатом таких факторів:

- набуття досвіду експлуатації ГВС;
- раннє впровадження ГВС дає змогу оновлювати виробництво, вдосконалюючи ЕОМ, програмне забезпечення та частково верстати (завдяки підвищенню швидкості обробки даних, збільшенню обсягу пам'яті ЕОМ, розвитку мікропроцесорної техніки та ін.);
- гнучкість ГВС дає змогу нарощувати виробничі потужності поступово, поетапно, обробляти одночасно кілька різних деталей;
- ГВС дає можливість удосконалювати конструкцію виробів практично без додаткових капіталовкладень, пов'язаних зі зміною конструкцій.

Слід зауважити, що витрати на впровадження першої ГВС значно вищі, але скорочуються у міру впровадження кожної наступної системи.

Повністю оцінити ефективність впровадження ГВС можна тільки на підставі всебічної оцінки їх технічних, організаційних, економічних переваг та соціальних наслідків. Для цього використовують напрацьовані методики порівняння економічної ефективності варіантів нової техніки.

Надійність – це здатність не втратити працездатність у певних умовах експлуатації протягом визначеного терміну служби.

Під працездатністю розуміють такий стан системи, за якого вона в даний момент часу відповідає усім вимогам, встановленим щодо основних параметрів, що характеризують нормальне виконання заданих функцій.

Надійність роботи системи є комплексним показником, зумовленим безвідмовністю, ремонтпридатністю та довговічністю системи.

Безвідмовністю називають властивість системи безупинно залишатися працездатною за певних режимів і рівнів експлуатації.

Показником безвідмовності є **ймовірність безвідмовної роботи** P_C , яку визначають як добуток ймовірності безвідмовної роботи її окремих верстатів (наприклад, за послідовного розташування):

$$P_C = P_1 \cdot P_2 \dots P_n.$$

Ймовірність безвідмовної роботи окремих верстатів або пристроїв визначають як добуток ймовірностей безвідмовної роботи окремих елементів верстатів:

$$P = B_1 B_2 \dots B_n.$$

Середнє напрацювання на відмову ($T_{o.c.p.}$) – значення тривалості або обсягу роботи об'єкта між відмовами за обумовлений інтервал часу:

$$T_{o.c.p.} = \frac{\sum T}{n},$$

де $\sum T$ – сума інтервалів часу безвідмовної роботи; n – кількість відмов за визначений період.

Коефіцієнт готовності (K_{Γ}) – відношення тривалості безвідмовної роботи (T_o) до суми тривалості безвідмовної роботи (T_o) та часу на ремонт (T_{ϵ}):

$$K_{\Gamma} = \frac{T_o}{T_o + T_{\epsilon}}.$$

Ремонтпридатність – це пристосованість вузлів і механізмів системи до запобігання та виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень і усунення їх наслідків шляхом ремонтів і технологічного обслуговування.

Довговічність – це властивість систем протягом тривалого часу (з перервами на ремонт) зберігати свою працездатність за певних режимів роботи й умов експлуатації.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть основні класифікаційні ознаки ГАВ.
2. Що таке роботизований технологічний комплекс?
3. Опишіть основні етапи розвитку автоматизованого виробництва.
4. У чому сутність блочно-модульного принципу побудови ГВС?
5. Опишіть поняття гнучкості для ГВС.
6. Які переваги та недоліки використання ГВС?
7. Які перспективи використання ГВС?
8. Що таке автоматична лінія та її типи?
9. Що таке «гнучкість»?
10. Які характерні елементи гнучкості на рівні модуля обробки?
11. Назвіть оціночні показники економічної ефективності впровадження ГВС.

Розділ 3. ВЕРСТАТНА СИСТЕМА ГВС

3.1. Структура та склад верстатної системи

Верстатна система – це керована сукупність верстатів і допоміжного обладнання, яку призначено для оброблення однієї чи декількох подібних заготовок або заготовок широкої номенклатури на основі одного, декількох або різних маршрутних технологічних процесів.

Склад обладнання системи визначається конструктивно-технологічними характеристиками оброблюваних деталей, конструкцій, транспортно-складських систем, промислових роботів, системи управління та рядом інших чинників, що характеризують специфіку ГВС.

Типовими операціями з виготовлення заготовок і деталей типу тіл обертання та корпусних є:

- рубання круглого прокату;
- кування та гаряче штампування;
- радіальне та торцеве розкочування;
- лиття.

Для роботизованих комплексів заготівельного великосерійного та масового виробництва характерне використання автоматизованих машин для лиття під тиском, лиття алюмінієвих і пластмасових виробів у металеві форми, кокільних, а також спеціалізованих машин для виготовлення оболонкових форм та зачистки виливків. Структурна побудова таких комплексів характеризується індивідуальним використанням основного ливарного устаткування, обслуговуваного промисловими роботами та автоматизованими допоміжними пристроями.

Основним елементом ГВС є технологічне обладнання, яке утворює так звану верстатну систему (виробничий модуль). Склад технологічного устаткування ГВС визначають відповідно до технологічного сімейства (групи) деталей, що підлягають обробці.

Верстатна система – це сукупність верстатів і верстатних модулів. Залежно від типу ГВС, вона може формуватися на базі верстатів загального застосування, спеціалізованих і спеціальних верстатів. Класифікацію верстатних систем ГВС показано на рис. 3.1.

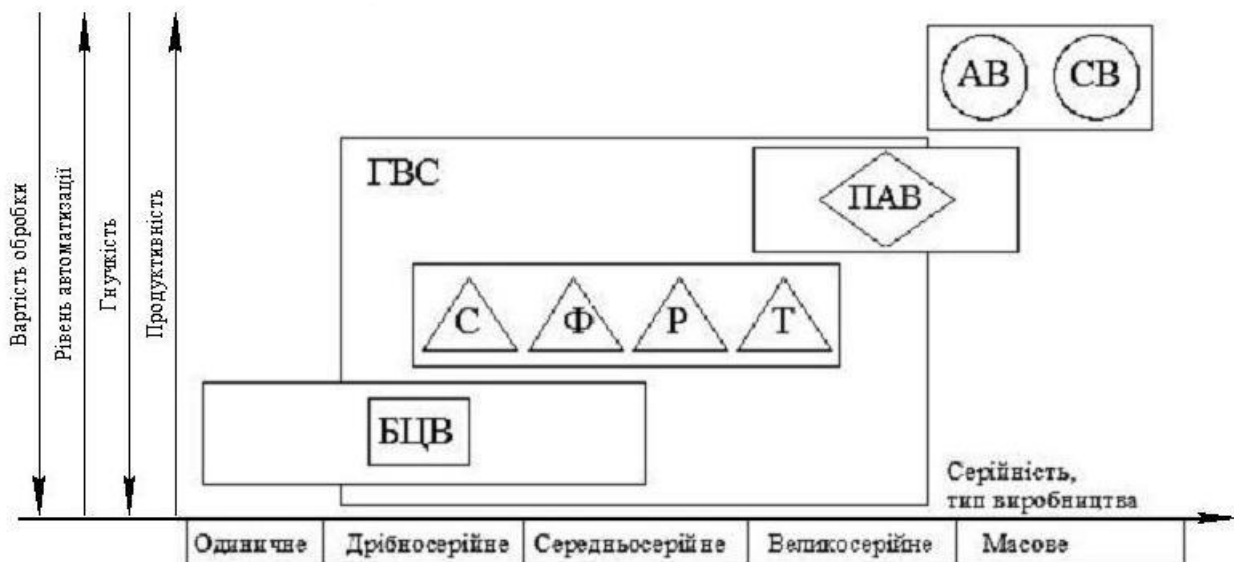


Рис. 3.1. Класифікація верстатних систем:

БЦВ – універсальні багатоцільові верстати з ЧПК типу ОЦ і ТОЦ; С, Ф, Р, Т – одноцільові свердлильні, фрезерні, розточувальні та токарні верстати з ЧПК; ПАВ – переналагоджувальні агрегатні верстати з автоматичною зміною багатошпиндельних головок (БШГ) – мультицентри; АВ, СВ – агрегатні та спеціальні верстати з ЧПУ

Однією з основних тенденцій сучасного машинобудування є дедалі ширше застосування для оброблення корпусних деталей БЦВ з ЧПК типу **обробний центр (ОЦ)**, а для обробки тіл обертання – типу **токарний обробний центр (ТОЦ)**. Структурну схему багатоцільового верстата типу ОЦ з ЧПК наведено на рис. 3.2.

Оснащені спеціальними пристроями та системами, що забезпечують тривалу роботу в автоматичному автономному режимі, БЦВ перетворюються в гнучкі виробничі модулі (ГВМ).

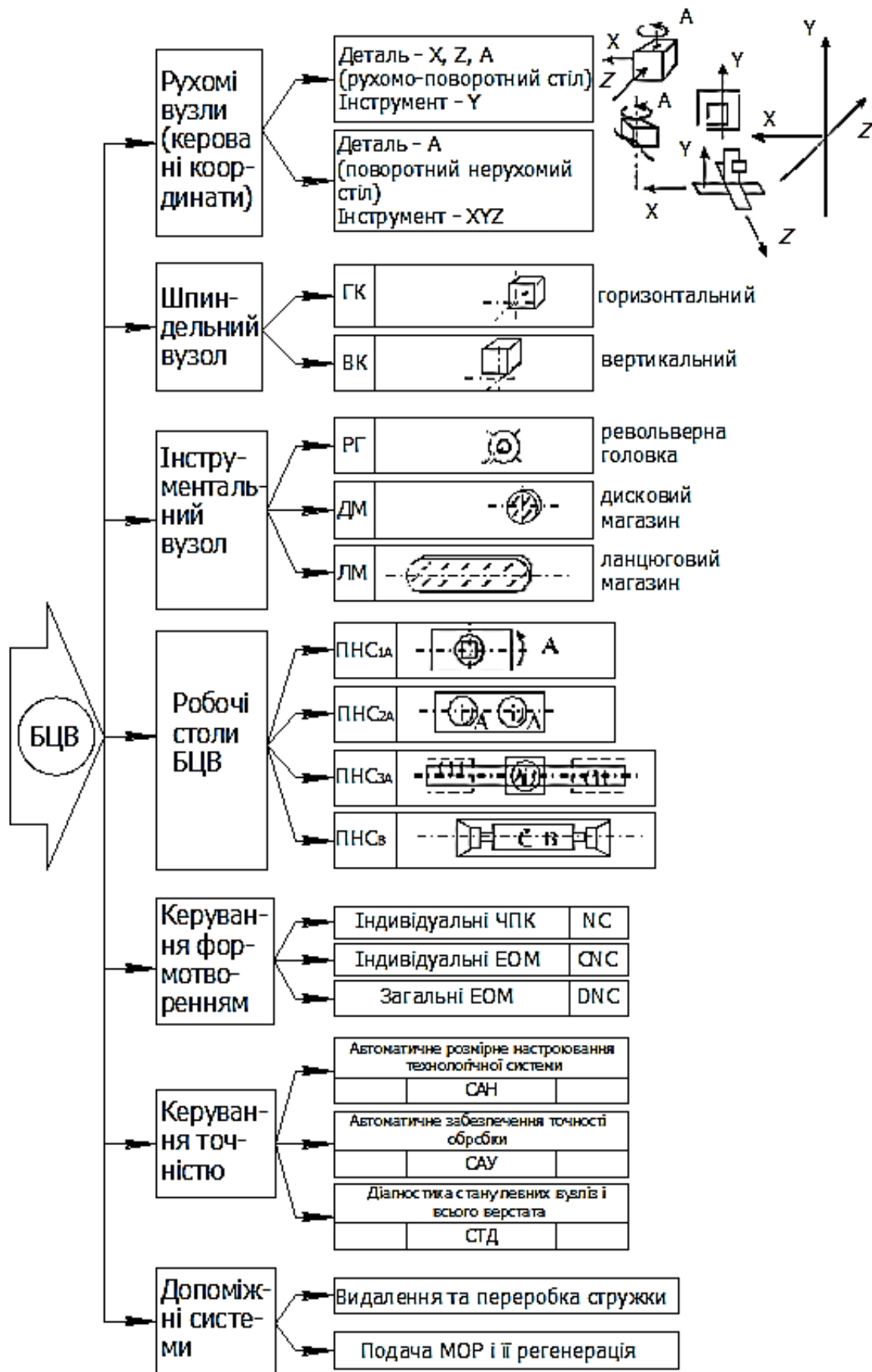


Рис. 3.2. Структурне виконання БЦВ з ЧПК типу ОЦ

З метою збільшення часу автономної роботи ГВМ їх оснащують багатомісними транспортно-накопичувальними пристроями (рис. 3.3). У найпростішому варіанті ГВМ може мати два робочих столи (рис. 3.3, *a*).

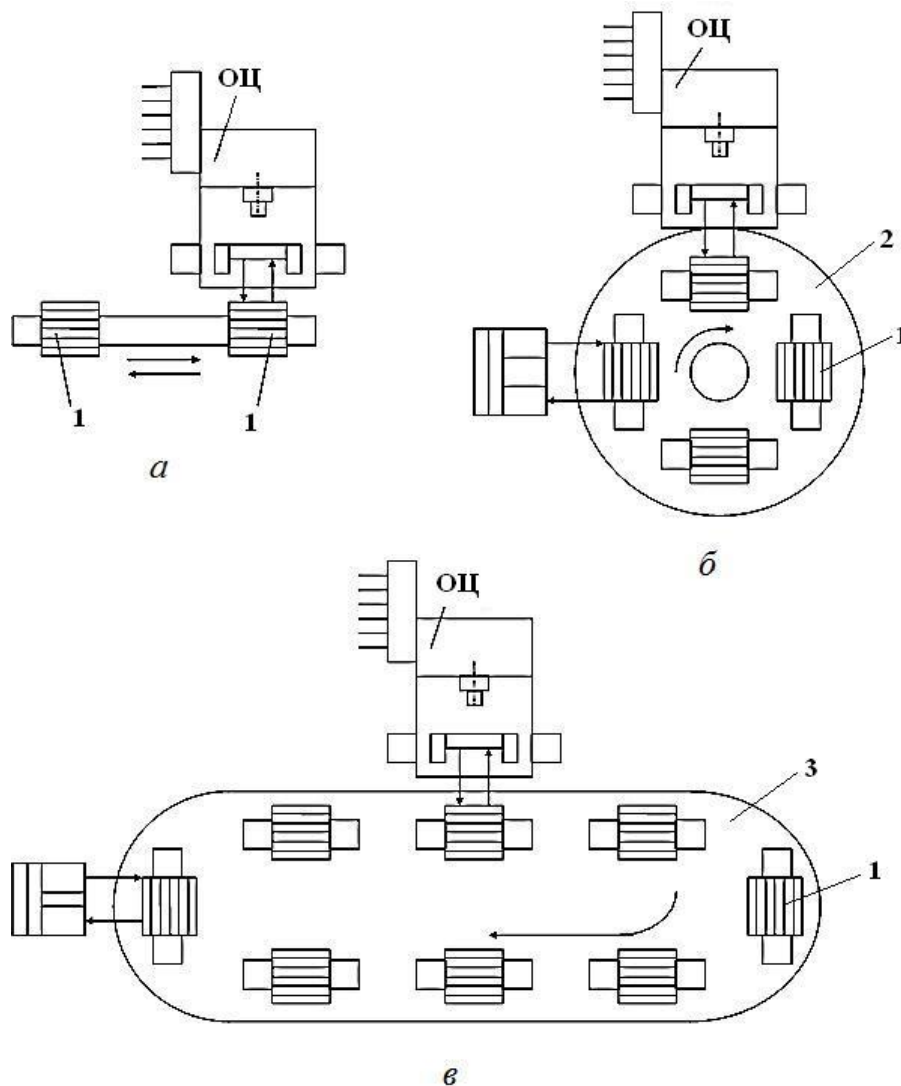


Рис. 3.3. Варіанти компонувань ГВМ:

a – з двома робочими столами; *б* – з круговим накопичувачем;

в – з накопичувачем овального типу

1 – робочий стіл; *2* – круговий накопичувач; *3* – овальний накопичувач; ОЦ – обробний центр

Досконалішим є ГВМ з кроковим конвеєром-накопичувачем палет на 4, 6, 8 або 12 заготовок. Такий модуль можна легко вбудувати у ГВС. У цьому випадку палети перевантажують на кроковий конвейер-накопичувач роботом або робочаром. За невеликої кількості палет із заготовками використовують поворотні транспортно-накопичувальні пристрої кругового типу (рис. 3.3, *б*), а за великої кількості палет – овального типу (рис. 3.3, *в*). З метою ощадливого використання

виробничої площі накопичувальні приверстатні пристрої можуть мати вертикальне виконання.

У разі використання ТОЦ актуальною є проблема автоматичного переналагодження патронів. Деякі фірми використовують патрони зі збільшеним ходом кулачків від приводу, інші – пристрої для автоматичної зміни кулачків у патронах, що складаються з робота-маніпулятора та поворотного магазину-накопичувача для зберігання кулачків.

Для підвищення гнучкості багатосерійного виробництва широко застосовують **переналагоджувані агрегатні верстати з ЧПК (ПАВ)**, іноді їх також називають мультицентрами.

Приклад компонування двостороннього переналагоджуваного агрегатного верстата з ЧПК наведено на рис. 3.4. У ПАВ магазин-накопичувач багатошпindelних головок (БШГ) найчастіше виконують у вигляді ланцюгового або роликового транспортера.

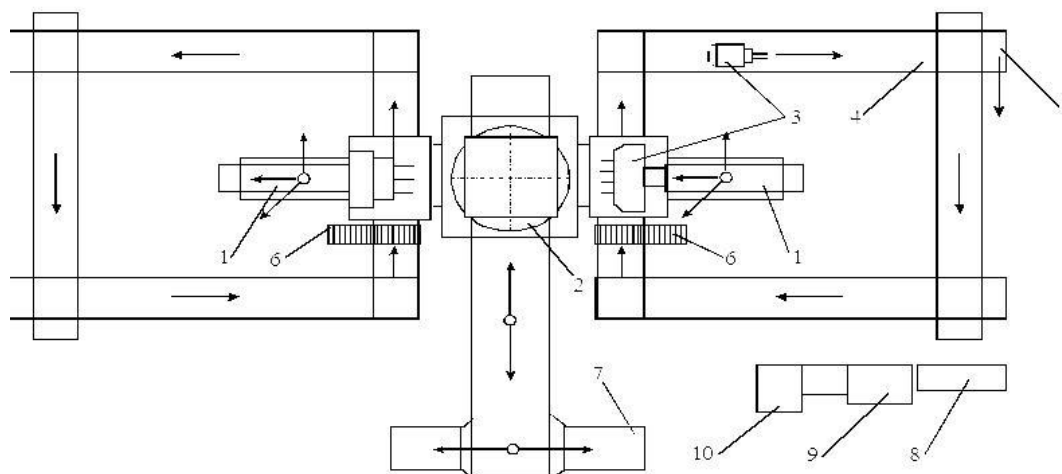


Рис. 3.4. Схема переналагоджуваного агрегатного верстата:

1 – силовий стій з приводною головою (хрестова рухлива стійка); 2 – нерухомо-поворотний стій з човниковим завантаженням; 3 – багатошпindelна головка (БШГ); 4 – накопичувач БШГ; 5 – позиція знімання БШГ з накопичувача; 6 – позиція завантаження БШГ на силовий стій; 7 – позиція зміни заготовок на супутнику; 8 – монітор системи управління; 9 – пристрій ЧПК типу CNC; 10 – пульт керування системою ЧПК

В умовах автоматизованого великосерійного та масового виробництва з метою підвищення гнучкості застосовують агрегатні верстати з ЧПК (АВ) та спеціальні верстати з ЧПК (СВ).

Для автоматизованих верстатів з ЧПК найбільш актуальним є завдання створення їх з агрегованих вузлів і конструкцій. Приклад компонування переналагоджуваного агрегатного верстата з ЧПК (мультицентра), складеного з окремих агрегованих блоків, показано на рис. 3.5.

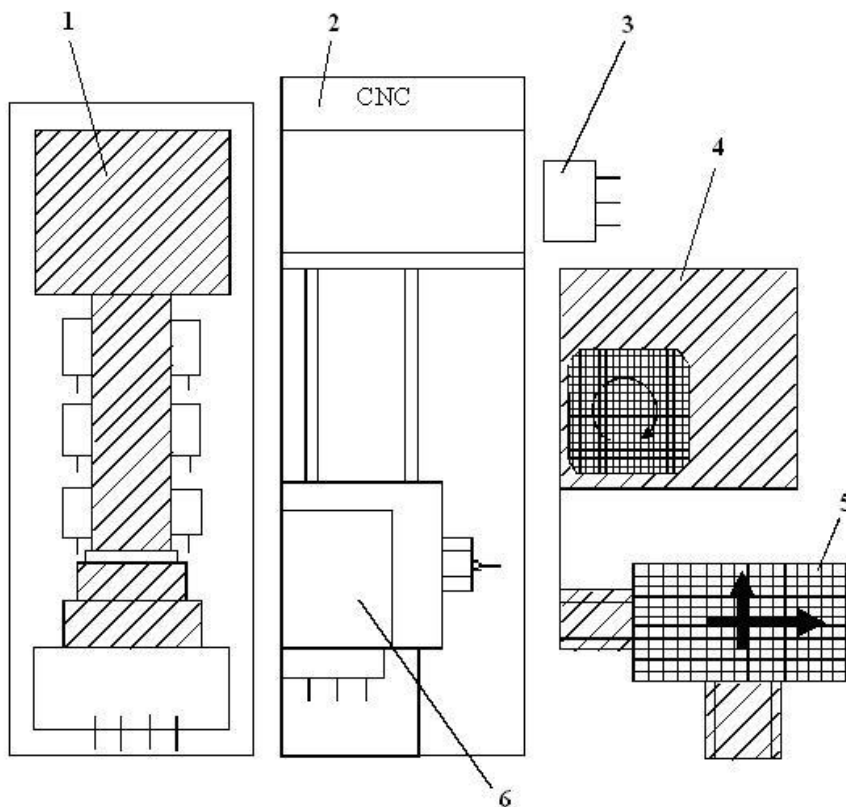


Рис. 3.5. Схема мультицентра з агрегованих вузлів:

1 – агрегат для зберігання інструментальних магазинів; 2 – агрегат управління (система ЧПК типу CNC); 3 – інструментальний магазин з багатошпindelними головками; 4 – поворотний нерухомий стіл (НПС 1А); 5 – хрестовий рухомий стіл; 6 – хрестова рухома стійка

Вартість верстатної системи становить 60 % і більше вартості усієї ГВС, тому формування оптимального складу технологічного обладнання є важливим завданням.

Вибирати верстати для ГВС слід або за принципом їх взаємодоповнення, або взаємозамінності.

Перший принцип ближче до традиційного – верстати розміщують на ділянці у технологічній послідовності. Наприклад, якщо на ділянці обробляють деталі типу тіл обертання, то верстати потрібно розташувати у такій послідовності: фрезерно-центрувальні, токарні, фрезерні, зубонарізні, свердлильні та ін. За такого розміщення кожен новий вид верстата розширює технологічні можливості ділянки.

Недоліком таких ГВС є їх низька надійність, тобто відмова одного з верстатів обмежує можливості системи в цілому та номенклатуру деталей, що виготовляються.

Другий принцип засновано на використанні верстатів однієї моделі, що підвищує надійність системи в цілому, але технологічні

можливості ГВС, побудованих на цьому принципі, невеликі. Цей недолік частково може бути усунено завдяки використанню взаємозамінних багатоцільових верстатів. У разі використання взаємозамінного обладнання його розміщення перестає відігравати важливу роль, а транспортний модуль проектують таким чином, щоб була можливість обслуговувати будь-які верстати ГВС у будь-якій послідовності незалежно від місця їх розміщення.

Існують різні пропозиції щодо компоновання устаткування ГВС. Розглянемо три варіанти.

Варіант 1. Беруть до уваги принципові особливості технології механічної обробки різних типів деталей. Відповідно до цього ГВС поділяють на три типи:

- **АВО** – для деталей типу тіл обертання;
- **АВК** – для корпусних деталей;
- **АВП** – для плоских і призматичних деталей.

Варіант 2. Беруть до уваги серійність виробництва. Відповідно до цього ГВС поділяються також на три типи:

- **спеціалізовані ГВС** для обробки невеликої за номенклатурою групи технологічно однотипних деталей;
- **широкономенклатурні ГВС** для обробки деталей у середньосерійному виробництві;
- **широкоуніверсальні ГВС** для обробки деталей у дрібносерійному виробництві.

Варіант 3. Беруть до уваги розташування устаткування у ГВС. За цим варіантом застосовують чотири схеми компоновання верстатів:

- послідовну (потокову);
- секційну;
- модульну;
- комбіновану.

На основі перших двох схем формуються гнучкі автоматичні лінії (ГАЛ). Модульну та комбіновану схеми використовують для створення гнучких автоматичних дільниць (ГАД).

Концепцію гнучкого автоматизованого виробництва може бути реалізовано тільки на основі «справжніх» ГВС. Зазначені ГВС будують за такими принципами:

1. Наявність групової обробки деталей;
2. Наявність багатоцільових верстатів типу ОЦ і ТОЦ;
3. Програмне керування верстатами безпосередньо від ЦЕОМ;
4. Наявність зворотного потоку інформації від верстатів до ЦЕОМ.

Створення ГВС у виробництві здійснюється в кілька етапів:

Перший етап. Впровадження групової технології, модернізація наявних ОЦ (ТОЦ) і верстатів з ЧПК з метою забезпечення можливості вбудовувати їх у ГВС. Придбання необхідного додаткового обладнання з ЧПК. Вибір схеми та планування ГВС з урахуванням систем транспорту, відведення стружки та інших відходів виробництва.

Другий етап. Переведення усіх верстатів з ЧПК на управління від ЕОМ. Підготовка та перепідготовка кадрів. Створення єдиної системи інструментального господарства.

Третій етап. Інтеграція ГВС з *автоматизованою системою технологічної підготовки виробництва (АСТПВ)* і *автоматизованою системою управління підприємством (АСУП)*. Єдине управління верстатами, складом і транспортом на базі ЦЕОМ.

Четвертий етап. Організація роботи ГВС у «безлюдному» режимі у вільну зміну.

П'ятий етап. Розроблення та впровадження різноманітних пристроїв, що підвищують надійність рівня автоматизації та гнучкості ГВС.

Накопичений досвід експлуатації ГВС дає можливість виявити їх основні переваги та недоліки. Завдяки впровадженню ГВС можна збільшити мобільність і фондovіддачу виробництва, домогтися зростання продуктивності праці та підвищення якості продукції (рис. 3.6).

Основні недоліки гнучких виробничих систем пов'язані переважно з їх високою вартістю, яку обчислюють десятками тисяч доларів і більше. Якщо витрати безпосередньо на верстати з ЧПК, що належать до складу ГВС, вважати за 100 %, то про витрати на решту «гнучкої автоматизації» можна дійти висновку на підставі схеми, яку наведено на рис. 3.7.



Рис. 3.6. Основні переваги ГВС

За вітчизняними та зарубіжними даними, основними показниками ефективності ГВС є такі:

- зменшення чисельності персоналу (у 3...5 разів);
- скорочення періоду підготовки виробництва (у 10 і більше разів);
- скорочення виробничого циклу (у 1,5...4 рази);
- збільшення обсягу випуску продукції (до 2-х разів);
- скорочення займаної виробничої площі (у 1,5...2 рази);
- термін окупності ГВС становить у середньому 2,5...3 роки.

Проблему для ГВС становить також велика номенклатура різноманітних документів, у тому числі й цілком нових.

Складність і недостатня надійність програмного керування та апаратного забезпечення призводять до тривалих простоїв, які можуть становити близько 60 % сумарного часу простоїв системи.

Дуже складним та високовартісним є вирішення питань автоматичного відведення і збирання стружки в умовах ГВС та деяких інших.

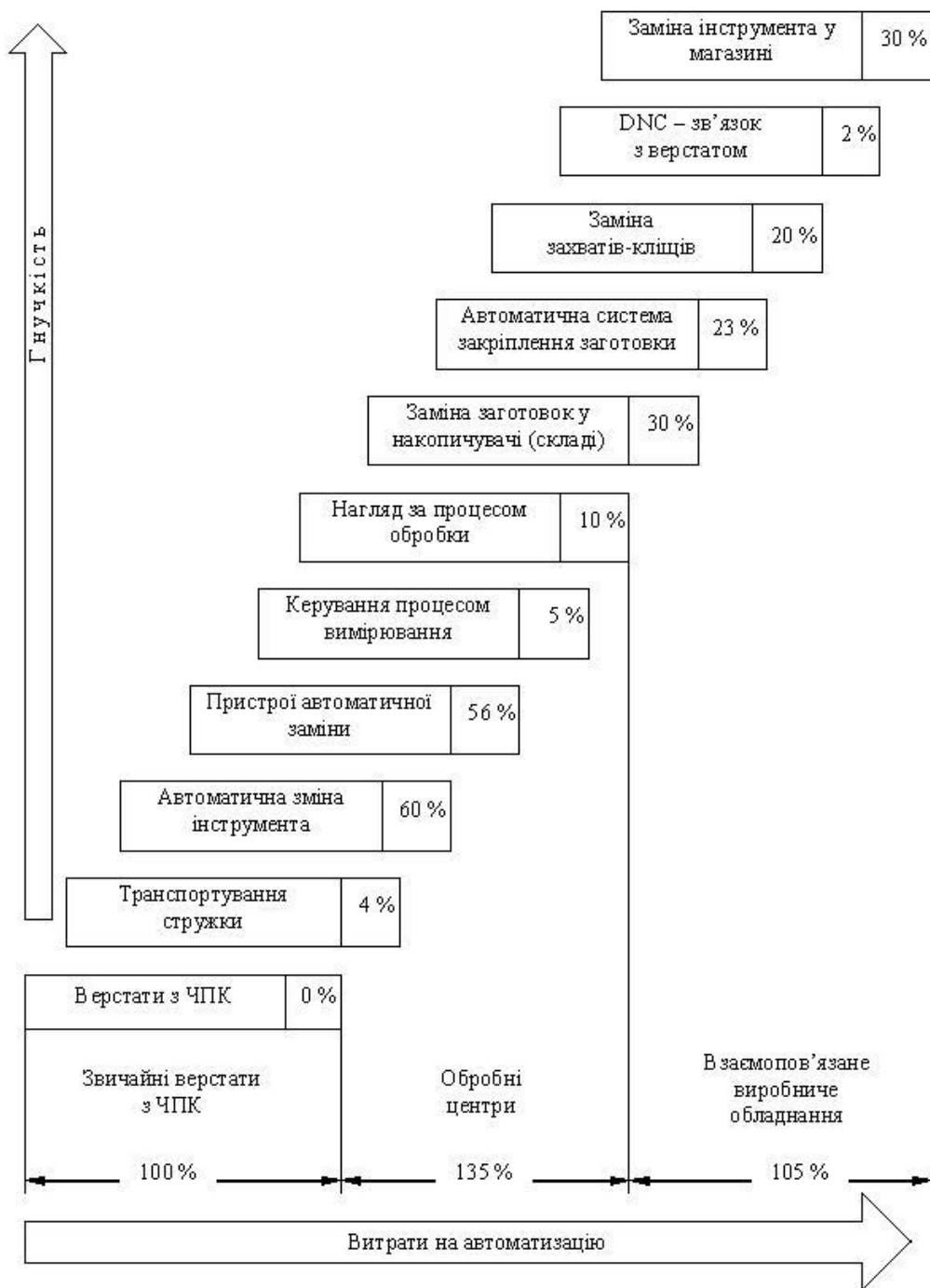


Рис. 3.7. Співвідношення витрат ГПС

Однак найбільшою перешкодою широкому використанню ГВС нині не вважають суто технічні проблеми. На думку багатьох, основна причина криється в нерозумінні основних принципів гнучкої організації виробництва. Впровадження ГВС потребує ґрунтовних організаційних змін, а також значно більшої уваги до планування та дотримання виробничої дисципліни. Якщо ГВС впроваджено без належних організаційних заходів, то навряд чи їх потенційні можливості буде

сповна реалізовано. Навіть навпаки, через це виникають різні непорозуміння між фахівцями.

Розвиток гнучкого виробництва слід орієнтувати не тільки на технологію та можливості технічного прогресу, але й на людину, її реальні можливості. Тому ГВС потрібно впроваджувати, насамперед, на тих виробництвах, де переважає фізична небезпечна для здоров'я та малокваліфікована праця, а також там, де є потреба у використанні великої кількості підсобної, допоміжної праці.

До деталей, оброблюваних у ГВС, висувають спеціальні вимоги:

- забезпечення нормальних умов механічної обробки різанням в автоматичному циклі;
- зручність програмування обробки;
- можливість автоматичного завантаження, транспортування та інших допоміжних переходів;
- конструкція деталей має забезпечувати можливість виконання якомога більшої кількості переходів за одну годину;
- клас точності обробки не повинен перевищувати точності, якої можна досягти на верстаті з ЧПК.

У ГВС застосовують велику кількість різноманітного взаємозамінного допоміжного інструменту та технологічного оснащення (супутників, затискних пристроїв та ін.), що призводить до похибок в обробці.

У цих умовах слід виконувати додаткове налагодження обладнання за результатами виконання перших проходів або обробки перших деталей, що призводить до втрати продуктивності та додаткових витрат. Щоб унеможливити постійні доналагоджування, слід висунути жорсткіші вимоги до точності контрольно-вимірювального та технологічного оснащення, що використовується на різальному та допоміжному інструменті.

Таким чином, у ГВС необхідно автоматично керувати процесом досягнення необхідної точності за допомогою спеціальних систем.

Гнучкість верстатних модулів визначають трьома видами зв'язків:

- транспортуванням заготовок і деталей між складом, позицією встановлення (зняття) деталей, контрольно-вимірювальним модулем. Розміщення верстатних модулів залежить від виду обраного транспорту (конвеєри, рольганги, рейкові візки або робокари), а також організації централізованого або децентралізованого складування заготовок

(загальний склад, загальні накопичувачі палет, індивідуальні накопичувачі у кожного верстата та різні комбінації цих трьох видів);

- подачею різального інструменту до верстатів (наявність центрального інструментального складу, єдиного для усіх верстатів; індивідуальні на кожен верстат змінні магазини або індивідуальна подача інструменту на кожен верстат з ділянки попереднього налаштування та ін.);

- інформаційними потоками між ЕОМ, що керують різними модулями системи, спільним використанням різних пакетів програмного забезпечення та пультами керування.

3.2. Визначення кількості основного обладнання

Методи визначення трудомісткості та верстатоемності механічної обробки деталей. Під час проектування цеху або ділянки слід мати відомості про трудомісткість виробу. **Трудомісткістю виробу** називають час, витрачений на його виготовлення та виражений у людино-годинах ($T_{\text{люд.год}}$).

Трудомісткість визначають за нормативами, що відображають застосування у виробництві сучасних методів та засобів.

Розрахункова трудомісткість складається з нормативного за технологічним процесом часу обробки на верстатах та ручних операціях, причому за багатOVERSTATного обслуговування сумарний час обробки на верстатах, які обслуговує один робітник, ділять на кількість обслуговуваних верстатів.

Верстатоемність виробів, потрібну під час розрахунків кількості обладнання, визначають за часом, витраченим на виготовлення виробу, і виражають у верстато-годинах роботи устаткування ($T_{\text{вр.год}}$).

Орієнтовно зв'язок між трудомісткістю та верстатоемністю виражають через середнє значення *коефіцієнта багатOVERSTATності* K_M (середня кількість верстатів, які обслуговує один робітник):

$$T_{\text{вр.год}} = T_{\text{люд.год}} K_M.$$

Залежно від етапу проектування, типу виробництва та інших факторів трудомісткість (верстатоемність) виготовлення деталі може бути визначено різними способами.

Для масового виробництва детально розробляють технологічний процес виготовлення кожної деталі. Основною розрахунковою величиною є *такт випуску* T – час, що витрачають на виготовлення деталі:

$$T = \frac{F_{\text{д.вр}} \cdot 60}{N},$$

де $F_{\text{д.вр}}$ – ефективний річний фонд часу роботи обладнання, год;
 N – річна програма випуску, шт.

Проектування цехів і ділянок для масового та серійного виробництва виконують за точною програмою:

– для масового виробництва: $T_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{\text{шт.}i,j}$;

– для серійного: $T_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{\text{шт.}x_{i,j}}$,

де $T_{\text{в}}$ – трудомісткість виготовлення виробу; $t_{\text{шт.}i,j}$ та $t_{\text{шт.}x_{i,j}}$ – штучний та штучно-калькуляційний час виконання j -ої операції обробки i -ої деталі; n – кількість деталей у виробі; m – кількість операцій з виготовлення деталі:

$$t_{\text{шт.}x_{i,j}} = t_{\text{шт.}i,j} + \frac{T_{\text{п.з.}i,j}}{n_{x1}},$$

де $T_{\text{п.з.}i,j}$ – підготовчо-завершальний час на j -ій операції виготовлення i -ої деталі; n_{x1} – число i -х деталей у партії.

На сьогодні під час технічного переозброєння підприємств серійного виробництва впроваджують ширше використання верстатів із ЧПК, зокрема ОЦ, та гнучких виробничих систем.

Для визначення трудомісткості виготовлення деталей у нових умовах можна скористатися відомостями про верстатоемність виготовлення деталей за технологією, скоригувавши дані щодо верстатоемності виготовлення тих деталей, які переводять для обробки на продуктивнішому обладнанні.

Для цього сумарну трудомісткість виготовлення за існуючою технологією поділяють за видами робіт, виконуваних на універсальних

верстатах (токарних, фрезерних, шліфувальних тощо), автоматах, напівавтоматах, верстатах із ЧПК.

Верстатоемність за видами робіт (T_i) коригують за допомогою коефіцієнта зростання верстатоемності на проектну програму ($K_{p.i}$) з урахуванням щорічного планового зниження.

Таким чином, верстатоемність розглянутого виду робіт за базовим варіантом, але на нову програму і у плановому році впровадження дорівнюватиме:

$$T_{\delta i} = T_i K_{p.i};$$
$$K_{p.i} = \frac{N_{\text{пр}}}{N_{\delta}} \left(1 - \frac{\alpha n_B}{100} \right),$$

де $N_{\text{пр}}$ – програма випуску у проектному варіанті; N_{δ} – програма в наявному виробництві; α – планований щорічний відсоток зниження верстатоемності; n_B – планований термін впровадження нової технології в роках.

Потім обсяги робіт, що переводяться на прогресивні види обладнання, коригують за допомогою коефіцієнта прогресивності $K_{\text{ПГ}}$, що відображає вищу продуктивність цього обладнання:

$$T_{\text{пр}i} = \frac{T_{\delta i}}{K_{\text{ПГ}}}.$$

Абсолютні значення коефіцієнтів прогресивності залежать від складності виготовлених виробів, технічного рівня діючого виробництва, партії запуску.

Чим складніші виготовлені деталі, тим нижчий технічний рівень діючого виробництва та менша партія запуску, тим більше $K_{\text{ПГ}}$ і навпаки.

У разі переведення виготовлення деталей типу тіл обертання на верстатах із ЧПК і ГВМ рекомендовано брати $K_{\text{ПГ}}$ 1,5...3, на токарні ОЦ – $K_{\text{ПГ}}$ 4...5. Під час переведення виготовлення корпусних деталей на ОЦ і ГВМ $K_{\text{ПГ}}$ 2...6.

Отримані у такий спосіб значення верстатоемності за видами робіт з урахуванням прогресивного обладнання застосовують для визначення кількості верстатів.

У проектуванні розрахункову верстатоемність на річну програму ділянки або цеху можна орієнтовно визначити за формулою:

$$T_{\Sigma} = T_{\Sigma 3} K_p K_{\gamma},$$

де $T_{\Sigma 3}$ – річна верстатоемність виготовлення деталей за заводськими даними; $K_p = N_{PP} / N_{\delta}$ – коефіцієнт зміни верстатоемності на річний проектний обсяг; K_{γ} – коефіцієнт посилення жорсткості, що є відношенням верстатоемності виготовлення деталей на ділянці або в цеху після впровадження нової технології до верстатоемності виготовлення аналогічних деталей за діючою на заводі технологією.

Коефіцієнт K_{γ} у проектуванні можна визначити на основі зіставлення верстатоемності виготовлення деталей-представників з порівнюваними варіантами, тобто з тими деталями, на які розроблено нові технологічні процеси:

$$K_{\gamma} = T_{PPi} / T_i,$$

де T_{PPi} та T_i – відповідно, проектна та заводська верстатоемність обробки деталей-представників.

За укрупненого проектування на етапі техніко-економічного обґрунтування проекту (ТЕП) трудомісткість виготовлення деталей виробу на річний випуск може бути визначено за показниками трудомісткості механічної обробки комплекту деталей одного виробу ($T'_{y\delta}$) або 1 т виробу ($T''_{y\delta}$).

У разі використання першого показника сумарна трудомісткість оброблення за річною програмою становить:

$$T_{\Sigma} = T'_{y\delta} N,$$

де N – річна програма випуску.

За умови використання другого показника

$$T_{\Sigma} = T''_{y\delta} M_{\epsilon} N,$$

де M_{ϵ} – маса виробу.

Зазначені показники трудомісткості визначають на основі аналізу трудомісткості виготовлення аналогічних виробів на передових заводах країни та за кордоном.

Визначення кількості основного технологічного обладнання. Залежно від стадії проектування, а також від вимог до ступеня кінцевої

точності результату під час визначення кількості основного технологічного устаткування застосовують або детальний, або укрупнений спосіб.

1. Для безперервно-потокової лінії вихідними даними для визначення кількості потрібного основного технологічного устаткування є виробнича програма та дійсний фонд часу роботи обладнання.

Верстатоемність – це час, потрібний для того, щоб верстат (або верстати) виконав певну операцію або всі машинні операції під час виготовлення деталі, вузла або усього виробу (у верстато-годинах або верстато-хвилинах).

Верстатоемність операції t_c дорівнює штучному часу ($t_{ум}$), який є сумою:

$$t_c = t_{ум} = t_a + t_B + t_{тех} + t_{орг} + t_{пер},$$

або

$$t_{ум} = (t_0 + t_B) \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right),$$

де α – відсоток втрат часу від оперативного часу:

$$t_{он} = (t_0 + t_B);$$

$$\alpha = 6..18 \%,$$

$t_a = t_M$ – машинний (основний) час:

$$t_M = \frac{L_i i}{n S},$$

де L_i – розмір оброблюваної під час даної операції поверхні, включно з переходами інструменту з робочою подачею, мм; i – кількість проходів; n – кількість обертів (ходів) інструменту або оброблюваної деталі за хвилину; S – подача на 1 оберт або подвійний хід, мм.

Час t_B характеризує витрати часу на допоміжні прийоми (встановлення, закріплення та зняття деталі, очищення від стружки, підведення та відведення інструмента, перемикання швидкостей та подач; вимірювання деталі; час, потрібний для фіксації супутника або деталі в автоматичних лініях та переміщення їх з позиції на позицію).

Час $t_{тех}$ – технічне обслуговування робочого місця, з розрахунку на одну деталь (час на зміну та підналагодження інструменту, усунення відмов та ін.).

Час $t_{орг}$ – час на організацію обслуговування робочого місця (підготовка верстата до роботи, очищення, змащування тощо).

Час $t_{пер}$ – втрати часу пов'язані з природними потребами робітника, тобто перерви.

Розрахункову кількість обладнання ($S_{роз}$) визначають зі відношення:

$$S_{роз} = \frac{t_{он}}{T} \approx \text{до найближчого цілого,}$$

де $t_{он}$ – оперативний час ($t_0 + t_{дон}$); T – такт випуску,

$$T = \frac{60 \cdot F_{д.см}}{N}.$$

Коефіцієнт завантаження верстата дорівнює:

$$K_3 = \frac{t_{ум}}{T S_{роз}}.$$

На практиці на роботу автоматичної лінії відчутно впливають втрати, пов'язані із зупинкою складного обладнання. Такі втрати враховують, вводячи коефіцієнт використання обладнання K_B .

Кількість обладнання на операцію у проекті дорівнює:

$$S_{пр} = S_{роз} / K_B,$$

де K_B – коефіцієнт використання устаткування, що є відношенням розрахункового числа одиниць технологічного обладнання, необхідного для забезпечення програми випуску виробів, до фактичного (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Допустимі значення коефіцієнтів використання та завантаження обладнання

Група обладнання	K_B	K_3	
		максимальний	середній із групи
Універсальні станки	0,09	0,95–1,00	0,08
Автоматичні та напівавтоматичні одношпиндельні	0,85	0,95–1,00	0,85
Те ж багатошпиндельні	0,80	0,90	0,90
Спеціальні агрегатні станки	0,80	0,90	0,90
Автоматичні лінії з жорсткими зв'язками	0,75	0,95–1,00	0,90
Верстати з числовим програмним забезпеченням	0,85	0,95	0,90
Обробні центри	0,85	0,95	0,90

2. Для змінно-потоккових та групових потоккових ліній кількість верстатів на кожну операцію розраховують за штучно-калькуляційним часом та програмою випуску кожної закріпленої за лінією деталі:

$$S_{роз} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт.к.і} N_i}{F_{д.вр}},$$

де $t_{шт.к.і}$ – штучно-калькуляційний час виготовлення i -ої деталі на верстаті; N_i – програма випуску i -ої деталі; n – кількість типів деталей.

Якщо невідомий підготовчо-завершальний час, то:

$$S_{роз} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт} N_i}{F_{д.вр} K_{П}},$$

де $K_{П}$ – коефіцієнт переналагодження, $K_{П} = 0,95$.

Якщо багатопредметна потокова лінія працює у різних тактах, то необхідним є дотримання умови:

$$\sum_{i=1}^n T_i N_i \leq F_{д.вр} K_{П}.$$

Кількість обладнання за найменуванням для подетально-групових ділянок та групових багатопредметних ліній визначають за формулою:

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m t_{шт.ік} N_i + \sum_{i=1}^n T_{н.з}}{K_{з.н} F_{д.см}},$$

де $t_{шт.ік}$ – штучний час обробки i -го виробу на k -й операції, що використовує j -е найменування обладнання; N_i – кількість i -х виробів, що підлягають випуску; $T_{н.з}$ – підготовчо-завершальний час i -ої деталі на j -му обладнанні; $K_{з.н}$ – запланований нормативний коефіцієнт завантаження обладнання; $F_{д.см}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання; i – індекс деталі, порядковий номер деталі (1, 2 ... n); j – індекс обладнання.

Визначена кількість обладнання: $S_{npj} = \frac{S_j}{K_{3j}}$.

Загальна кількість обладнання: $S = \sum S_{npj}$.

Розрахунок кількості основного технологічного обладнання за непотокового виробництва. За непотокового виробництва деталі виготовляють партіями. У процесі детального проектування цехів (за точної програми) та дільниць серійного виробництва кількість верстатів визначають за кожним типорозміром обладнання для кожної дільниці на основі даних про верстатоемності деталей, закріплених для оброблення за цією ділянкою:

$$S_{роз} = \frac{T_{c\Sigma}}{F_{д.вр}}$$

де $T_{c\Sigma}$ – сумарна верстатоемність обробки річної кількості деталей, оброблюваних на ділянці на верстатах певного типорозміру, верстатогод.:

$$T_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{шт.кij} N_i,$$

де $t_{шт.кij}$ – штучно-калькуляційні час виконання j -ої операції виготовлення i -ої деталі, верстатохв.; N_i – річна програма випуску i -х деталей; m – кількість операцій обробки i -ої деталі; n – кількість різних деталей.

Проектуючи за наведеною програмою, у формулу для визначення верстатоемності підставляють штучно-калькуляційний час операцій виготовлення деталі-представника та її наведену програму.

Укрупнений спосіб визначення кількості основного обладнання. Проектуючи цехи з великою, точно не виявленою номенклатурою виробництва, застосовують укрупнені способи розрахунків.

За укрупненого розрахунку всі деталі, що підлягають виготовленню, розподіляють на групи за технологічною однорідністю та в кожній групі вибирають представників, для яких встановлюють номенклатуру та кількість обладнання у детальний спосіб за технологічними операційними картами; верстатоемність інших деталей у групах та кількість обладнання для них визначають за верстатоемністю

та номенклатурою обладнання-представника за допомогою коефіцієнта зведення.

Кількість потрібного основного обладнання у процесі проектування укрупненим способом визначають за формулою:

$$S = \frac{T_{вр.год}}{F_{\partial} \cdot K_3 \cdot K_6}$$

або

$$S = \frac{N}{q \cdot m \cdot K_3 \cdot K_6},$$

де $T_{вр.год}$ – верстатоемність річного обсягу випуску виробів із запасними частинами у верстатогодинах; F_{∂} – середній дійсний річний фонд часу роботи обладнання для механічних цехів; K_6 – середній коефіцієнт використання обладнання; K_3 – середній коефіцієнт завантаження обладнання; N – заданий обсяг випуску виробів разом із запасними частинами; q – розрахункова продуктивність одного верстата за рік; m – проектна кількість змін;

$$T_{вр.год} = t_{вр.год} N K_{пр} K_{зан},$$

де $t_{вр.год}$ – верстатоемність комплекту оброблюваних деталей-представників (якщо є декілька груп деталей); $K_{пр}$ – коефіцієнт зведення; $K_{зан}$ – коефіцієнт, у якому враховано річний випуск запасних частин.

Проектуючи в укрупнений спосіб за техніко-економічними показниками, використовують досвід передових заводів. Як такі показники у розрахунку механічних цехів беруть до уваги випуск одним верстатом основного виробництва під час роботи в одну зміну та за стовідсоткового завантаження або верстатоемності. Обсяг випуску може виражатися в штуках, тоннах або тисячах гривень продукції, а верстатоемність – у верстатогодинах, потрібних для виготовлення одного виробу (комплекту, вузла), однієї тонни виробів або виготовлення виробів вартістю одна тисяча гривень:

$$S = \frac{N}{q m K_{3.H.}} \text{ або } S = \frac{h N}{F_{\partial} K_{3.H.}},$$

де N – програма річної продукції, яку випускають за рік (у тоннах, штуках або гривнях); q – річний випуск продукції одиниці обладнання за однозмінної роботи (у тоннах, штуках або гривнях); m – кількість змін; h – кількість верстатогодин, витрачених на одну тонну готової продукції; F_{∂} – дійсний річний фонд часу роботи одиниці обладнання; $K_{3.H}$ – планований нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість обладнання для компонування автоматичних ліній:

$$S = \frac{t_{on}}{T},$$

де t_{on} – оперативний час (сума основного технологічного та допоміжного часів); $T = \frac{F_{\partial}}{N_i}$ – такт роботи автоматичної лінії.

Кількість кожного типу верстатів для гнучких виробничих систем:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n N_{um_i} t_{0i}}{F_{\partial.c} K_3},$$

де S – кількість верстатів кожного типу (округлюють до цілого значення); N_{um_i} – річний обсяг випуску деталей одного типу; t_{0i} – технологічний час обробки деталей одного типу; n – кількість типів деталей; $F_{\partial.c}$ – дійсний річний фонд часу роботи ГВС з урахуванням установлених зміни та числа робочих днів у році, а також встановленого рівня усіх видів втрат робочого часу; K_3 – коефіцієнт завантаження верстата.

3.3. Визначення складу та чисельності працівників

Загальну чисельність працівників у механічному цеху становлять:

- виробничі робітники (верстатники);
- допоміжні робітники;
- молодший обслуговуючий персонал (МОП);
- службовці (інженерно-технічні працівники (ІТП і СКП)).

Для одиничного та серійного виробництва (непотокowe виробництво) чисельність виробничих робітників-верстатників визначають так:

1. За загальним нормувальним часом:

$$R_{cT} = \frac{T_{\Sigma K}}{F_{\partial.p.} K_M} = \frac{\sum T_K N}{F_{\partial.p.} K_M},$$

де $T_{\Sigma K}$ – сумарний нормувальний штучно-калькуляційні час, потрібний для оброблення на верстатах даного типу річної кількості деталей (разом із запасними); $F_{\partial.p.}$ – дійсний річний фонд часу роботи працівника; K_M – кількість верстатів, на яких одночасно може працювати один робітник (коефіцієнт багатостатності); T_K – штучно-калькуляційний час на обробку однієї деталі; N – кількість однойменних деталей, оброблюваних за рік на верстатах даного типорозміру.

2. За заданою кількістю верстатів кількість робітників-верстатників визначають, виходячи із заданої або узятої кількості верстатів:

$$R_{cT} = \frac{F_{\partial.e} m S_{прин} K_3}{F_{\partial.p.} K_M},$$

де $F_{\partial.e.}$ – дійсний річний фонд часу роботи верстата; $F_{\partial.p.}$ – дійсний річний фонд часу роботи працівників; m – кількість змін за добу:

$$F_{\partial.p.} = F_{н.p.} K_p,$$

де $F_{н.p.}$ – номінальний річний фонд роботи працівника, $F_{н.p.} = 2070$ год; K_p – коефіцієнт, у якому враховано час відпустки робітника та невиходи з поважних причин (за відпустки 15 днів – $K_p = 0,9$; 18 днів – $K_p = 0,89$; 24 дні – $K_p = 0,87$); K_M – залежить від виду обладнання (для універсальних верстатів – $K_M = 1$; для верстатів із ЧПК – $K_M = 2 \dots 3$).

Чисельність виробничих робітників-слюсарів становить 3...5 % від чисельності верстатників.

Допоміжних робітників (наладників верстатів (крім одиничного), мастильників, кранівників та ін.) наймають на підставі розрахунку залежно від характеру та обсягу виконуваних робіт, наприклад: наладників – від кількості верстатів; кранівників – кількості кранів.

Загальна чисельність допоміжних робітників становить 18...25 % від чисельності виробничих (верстатників).

Чисельність робітників-верстатників у поточному виробництві визначають за кількістю верстатів (робочих місць), що виконують певну операцію.

За багатOVERстатної роботи, якщо вона можлива, кількість верстатів, обслуговуваних одним робітником, визначають шляхом складання циклограми роботи.

Відсоток чисельності допоміжних робітників та інженерно-технічних працівників від чисельності виробничих за різних типів виробництва наведено в табл. 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2

**Кількість допоміжних робочих механічних та обробних цехів
(відсоток числа виробничих працівників)**

Цехи та лінії	Виробництво			
	одиничне та малосерійне	серійне	крупносерійне	масове
Механічні лінії	20...25	20...25	20...25	20...25
Складальні цехи	20...25	20...25	20...25	20...25
Автоматичні лінії	-	-	-	30...40
Автоматичні цехи	-	-	20...25	30...35

Таблиця 3.3

**Норми для визначення чисельності ІТП
механічних та складальних цехів**

Цехи	Число ІТП (відсоток числа основних верстатників механічного цеху або числа виробничих працівників складального цеху) під час виробництва			
	одиничне та малосерійне	серійне	великосерійне	масове
Механічні	24...18	22...16	21...15	20...15
Складальні	12...9	11...8	10...8	10...7

Чисельність наладників залежить від кількості обслуговуваних верстатів, наприклад: по одному наладнику на 11...18 токарних верстатів або на 3...6 автоматів; на 3...10 позицій автоматичних ліній.

Для ГВС чисельність наладників-операторів визначають залежно від кількості обслуговуваних модулів: по одному наладнику на 3–4 токарних модулі або на 2–3 шліфувальних модулі.

Розрахунок чисельності працівників у ГВС. Розрізняють три категорії працюючих на ГВС:

I – працюють на неавтоматизованих операціях (збирання пристроїв, установка заготовок на палетах, попереднє настроювання інструменту поза верстатом, деякі операції завантаження інструменту, деталей та інші подібні роботи);

II – працюють повністю на обслуговуванні однієї ГВС (оператори);

III – працюють певний робочий час на одній з ГВС, а решту часу – на інших (програмісти, системники та ін.).

Чисельність працівників на дільниці складання пристроїв і установки заготовок на палети розраховують за формулою:

$$R_{уст} = \frac{N(T_{ск.пр} + T_{уст.пр} + T_{уст.пал.})}{F_{д.р.}},$$

де N – річна програма випуску продукції в шт.; $T_{ск.пр}$ – час складання універсально-складального пристрою. Якщо установку заготовки виконують без пристосування, то $T_{ск.пр} = 0$; $T_{уст.пр}$ – час встановлення деталі у пристрій; $T_{уст.пал.}$ – час встановлення заготовки або пристрою із заготовкою на палеті; $F_{д.р.}$ – дійсний річний фонд часу роботи працівника.

Розрахунок кількості робітників на дільниці попереднього налаштування різального інструменту поза верстатом:

$$R_{інстр} = \frac{F_{д.е.} \sum_{i=1}^h \left(\frac{t_{різ_i} T_{наст_i}}{T_{стійк_i}} \right)}{F_{д.р.} (t_{шт})_{ср}},$$

де $(t_{шт})_{ср}$ – середній штучний час для всіх деталей оброблюваних на ГВС; $T_{наст_i}$ – час настроювання одного інструменту; $t_{різ_i}$ – норма часу різання на верстаті інструментом i -ої групи (типу) для виготовлення деталей; $T_{стійк_i}$ – стійкість інструменту i -ої групи (типу), хв; h – кількість груп (типів) різального інструменту, використовуваного у ГВС.

Запитання для самоперевірки

1. Якими видами зв'язків визначають гнучкість верстатних модулів?
2. Що називають верстатною системою?
3. Що таке трудомісткість виготовлення?
4. Що таке верстатомістність?
5. Як визначити кількість основного обладнання для непотокового виробництва?
6. Як визначити кількість основного обладнання для потокового виробництва?
7. Як визначають чисельності працівників ГВС?

Розділ 4. ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА

4.1. Транспортний модуль

Транспортний модуль – це транспорт, функціонально пов'язаний з основним і допоміжним обладнанням ГВС, використовується також для забезпечення переміщення заготовок, оброблених деталей, різального інструменту, змінних агрегатів і вузлів (наприклад, багатошпиндельних головок) та ін. До складу транспортного модуля можуть належати також пристрої для подачі мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), збирання та видалення стружки (відходів виробництва). Структуру транспортного модуля наведено на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Структура транспортного модуля ГВС

Головним завданням потоку матеріалів є транспортування заготовок і деталей, частково або повністю оброблених.

Слід зазначити, що гнучкість транспортної системи визначає гнучкість всієї ГВС.

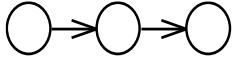
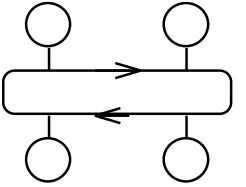
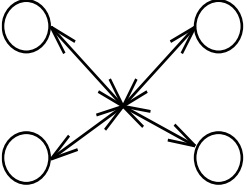
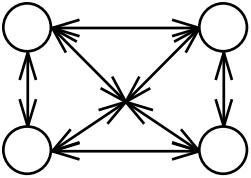
Загальне різноманіття транспортних систем, що застосовують у ГВС, класифікують так, як показано у табл. 4.1.

За лінійної структури транспортної системи, наприклад, у поточкових лініях, заготовки від однієї робочої позиції до другої передаються за допомогою транспортера в жорсткій і незмінній послідовності. Для гнучких технологічних систем така форма транспортної системи малоефективна.

Замкнена структура транспортної системи означає чітко визначений замкнутий напрямок переміщення заготовок. Така транспортна система зазвичай функціонує за допомогою роликівих транспортерів, втулко-роликівих ланцюгів та ін. Гнучкість системи в такому випадку досягається тим, що за несприятливих умов завантаження окремих робочих позицій заготовки можуть неодноразово циркулювати в ній. Однак це призводить до збільшення часу транспортування.

Таблиця 4.1

Структура транспортної системи ГВС

Структура організації транспортної системи		Послідовність позицій обробки	Принцип переміщення	Накопичувальні властивості	Використання центрального складу	Принцип керування
Лінійна		Жорстка	Переривчастий	Малі	Не використовується	Незмінний пошуковий
Замкнена		Довільна	Безперервний переривчастий	Великі	Часткове використання	Пошуковий цільовий
Променева		Довільна	Переривчастий	Великі	Використовується	Цільовий
Мережева		Довільна	Безперервний переривчастий	Великі	Використовується	Цільовий пошуковий

Променева структура транспортної системи характеризується довільною послідовністю розташування позицій обробки та допускає використання центрального складу. Можливості розглянутої структури транспортної системи досить високі.

За мережевої структури транспортної системи доставка заготовок на робочу позицію можлива як через центральний склад, так і минаючи його безпосередньо з попередньої позиції. Останнє є особливо важливим під час обробки великогабаритних і важких деталей.

Для згаданих структур транспортних систем можливе застосування проміжного накопичувача на кожній робочій позиції.

Вибір певної структури транспортної системи визначається характером оброблюваних деталей, складом устаткування, виробничими площами, необхідною гнучкістю ГВС та капітальними витратами. Найбільші можливості для ГВС мають променева та особливо мережева структура транспортної системи.

Як транспортні пристрої використовують рейкові та самохідні візки, різні крани та конвеєри. Використання конвеєрів і рейкових візків обмежує гнучкість автоматизованої верстатної системи. Нині більшість ГВС будують на базі самохідних візків (роботрейлерів, робокарів).

За призначенням робокари поділяють на такі види:

- робочий візок для транспортування вантажів;
- візок-тягач для переміщення вантажу у причіпних візках;
- візок-перекладач, який комплектують механізмами, що виконують навантажувально-розвантажувальні операції в автоматичному режимі.

До складу робокарів належать:

- платформа з приводом;
- система управління, що містить бортову ЕОМ;
- система стеження за рухом і пристрій шляхового контролю;
- система сигналізації та дотримання безпеки роботи;
- акумуляторна батарея;
- допоміжне технологічне обладнання.

Маршрут переміщення робокарів визначається системою наведення – індукційною або фотоелектричною. В індукційній системі наведення маршруту задається дротяним провідником, запакованим у підлозі, по якому тече струм частотою від 5 до 32 кГц. У фотоелектричній системі наведення маршруту задається потоком світла,

відбитого від смуги фольги, наліпленої на підлогу. Точність позиціонування робочарів становить 1...4 мм.

Транспортно-накопичувальна система (ТНС) може бути різних рівнів (рис. 4.2):

- міжцехових;
- цехових;
- локальних.

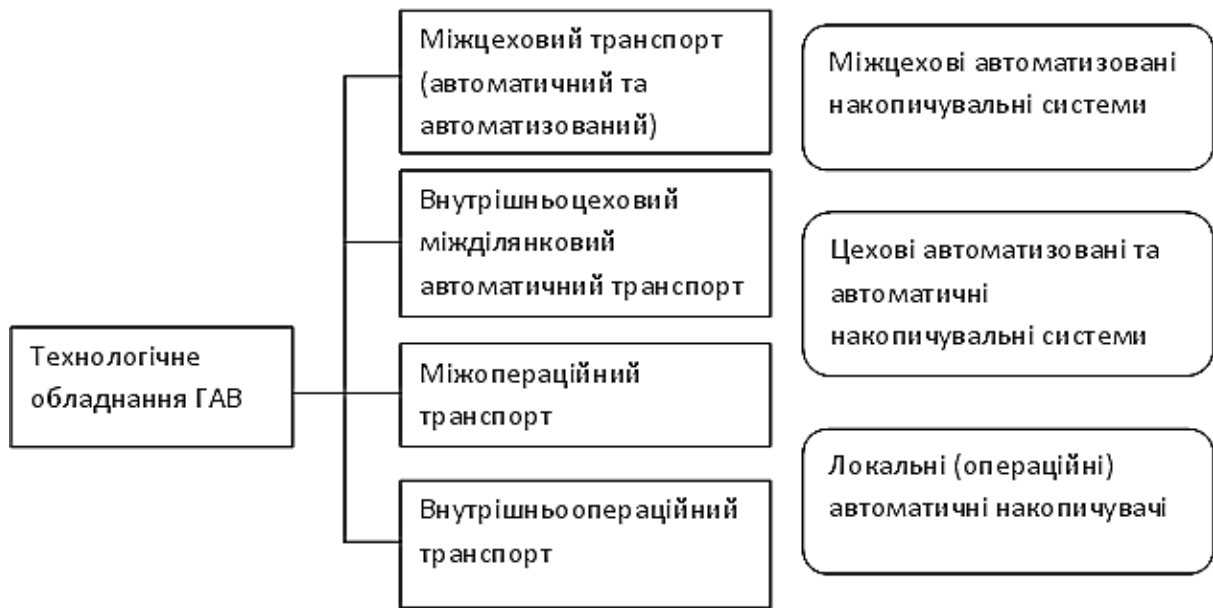


Рис. 4.2. Різновиди ТНС

Транспортні зв'язки охоплюють вантажопотоки міжцехові, міжділянкові, міжопераційні та всі елементи переміщень, зокрема орієнтацію, установку заготовки, зняття виробу, касетування та ін.

Вантажопотоки, їх зв'язки та потужність визначають з метою вибору транспортних засобів.

Вантажі потрібно класифікувати за транспортно-технологічними характеристиками:

- масою;
- розміром;
- формою;
- способом завантаження;
- видом матеріалу;
- властивостям матеріалу.

У загальному випадку вантажі ділять на такі основні класи:

- сипучі;
- штучні;
- довгомірні;
- короткі;
- штучно-масові;
- газоподібні;
- наливні.

Для докладнішої характеристики вантажопотоків з метою оптимального вибору транспортної системи можна використовувати такий розподіл:

- за групами маси транспортованих виробів:
 - мініатюрні до 0,01 кг;
 - легкі від 0,01 до 0,5 кг;
 - середні від 0,5 до 165 кг;
 - перехідної маси від 16 до 1255 кг;
 - важкі більше 1255 кг.
- за способом завантаження – в тарі, без тари, навалом, орієнтовані, у пакетах, на супутниках;
- за формою:
 - а) тіла обертання;
 - б) корпусні;
 - в) дископодібні (плоскі, пластинчасті);
 - г) спицеподібні тощо.
- за видом матеріалу:
 - а) металеві;
 - б) неметалеві та ін.
- за властивостями матеріалу:
 - а) тверді;
 - б) крихкі;
 - в) пластичні;
 - г) магнітні.

ТНС також поділяють за організаційно-технічними вимогами (рис. 4.3).

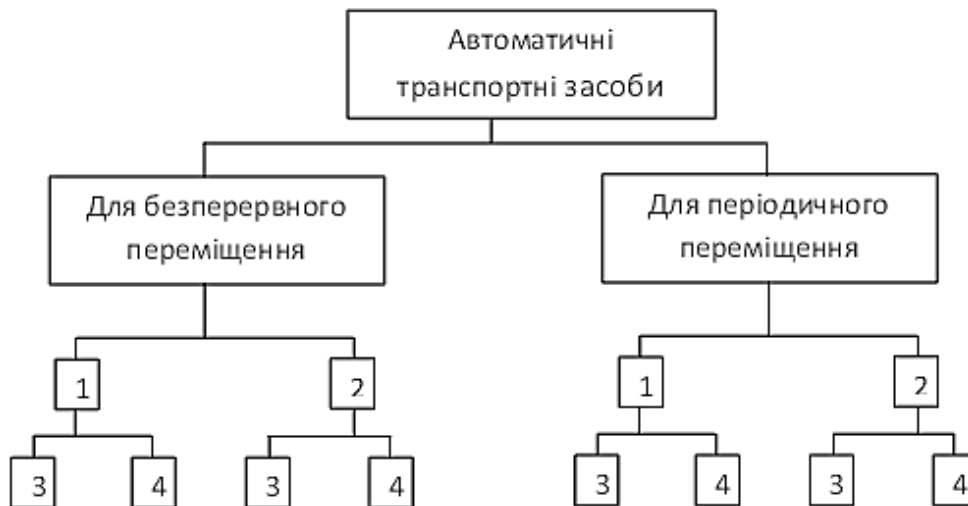


Рис. 4.3. Поділ ТНС за організаційно-технічними вимогами:
 1 – розгалужені потоки; 2 – не розгалужені; 3 – поворотні; 4 – прямоточні

Крім того ТНС можуть бути:

- одно- та двосторонні;
- одно- та багатоярусні;
- з перевантажувачами;
- з прямою трасою обслуговування;
- із замкненою трасою обслуговування;
- з розгалуженою трасою обслуговування.

Технічні засоби ТНС поділяють на дві групи: основне обладнання та допоміжне.

Основне обладнання: автоматичні стелажні та мостові крани-штабелери, транспортні та перевантажувальні роботи, конвеєри, накопичувачі, перевантажувальні та орієнтувальні пристрої, технічні засоби автоматичного керування та транспортно-складська тара.

Допоміжні засоби: штовхачі, скидачі, адресувальники, орієнтувачі, підйомники, живильники та ін.

Конвеєром називають машину для безперервного транспортування виробів. Відмінною особливістю багатьох конструкцій конвеєрів, крім виконання функцій з переміщення заготовок, є можливість утворення невеликих міжопераційних заділів, що дає можливість незалежної роботи верстатів у складі автоматичних ліній (АЛ). Конвеєри деяких конструкцій під час транспортування виконують розподіл заготовок на кілька потоків.

Типи конвеєрів із зазначенням параметрів їх застосування наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

**Рекомендовані швидкості
примусового переміщення деталей конвеєрами**

Тип конвеєра	Швидкість, м/хв	Застосування
Стрічковий	40...60	Для деталей масою 2 кг
Ланцюговий	4...15	Для кілець діаметром 24...160 мм
Роликотпривідний	8...12	Для деталей масою менше ніж 40 кг
	4...8	Для деталей масою 40...60 кг
Розподільний	4...12	Для кілець діаметром 24...160 мм
Двовалковий	0,5...0,8	Для кілець діаметром 24...160 мм
	1,2...1,5	Для валиків діаметром 10...30 мм
Гвинтовий	0,6...6	Залежно від такту обробки деталі
Вібраційний	2...5	Для кілець діаметром 24...35 мм
Пневматичний	6...20	Для деталей масою 1...2 кг
Кроковий:		
– із заціпками, що прибираються	до 10...12	Для деталей масою менше ніж 100 кг
– з поворотними захватними пристроями	до 30...40	Для деталей масою менше ніж 60 кг
– з керованими заціпками	6...8	Для деталей масою менше ніж 100 кг
Перекладальний	5...10	Для деталей масою менше ніж 40 кг
Пилкоподібний	4...10	Для валиків діаметром 10...20 мм
Гребінчастий	4...10	Для шатунів

За способом транспортування конвеєри поділяють на безперервної та переривчастої (дискретної) дії.

Конвеєри безперервної дії. Найпоширенішими є *стрічкові* (рис. 4.4, а) та *ланцюгові* (рис. 4.4, б) конвеєри. Робочим органом для переміщення заготовок 3 в таких конвеєрах слугує стрічка 4 (зазвичай металева) або втулко-роликовий ланцюг 7, що натягнуті на барабани 1 або зірочки 6, і змонтовані в корпусі 5. Для запобігання їх провисанню передбачено напрямні планки 2. Такі конвеєри застосовують для відносно легких заготовок 3, що допускають зношування поверхні через проковзування стрічки (ланцюга) під заготовками. Крім того, конвеєри з металевою стрічкою використовують для транспортування стружки.

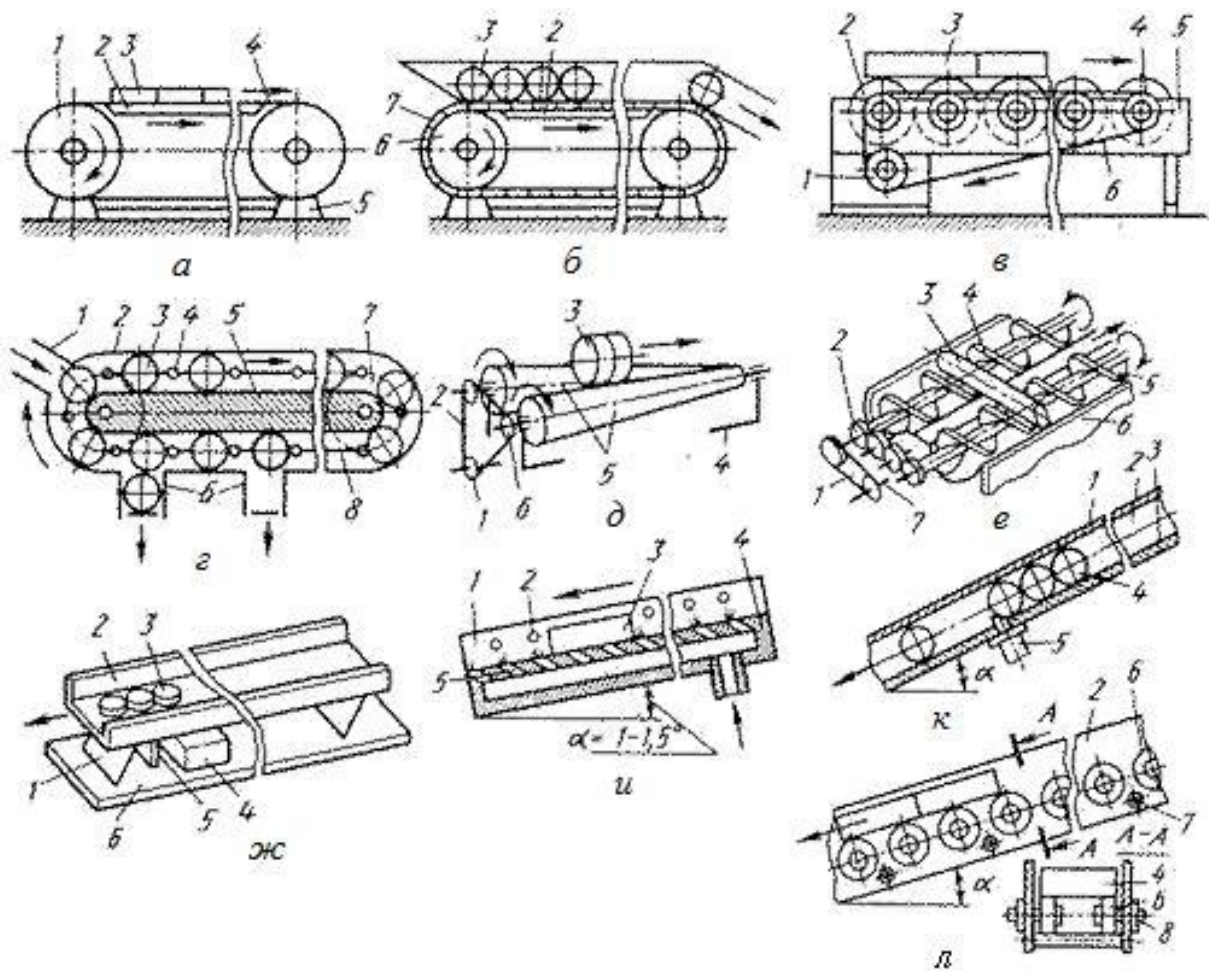


Рис. 4.4. Конвеєри безпервної дії

Роликові конвеєри складаються з роликів 2, закріплених на осях в корпусі 5 (рис. 4.4, в). Роликам передається обертання від приводу 1 через замкнений ланцюг 6 і зірочки 4, закріплені на осях роликів. Переміщення заготовок 3 або пристосувань-супутників відбувається під дією сил тертя, які виникають між твірною роликів і заготовками, що дає можливість подавати їх з підпором. Ролики посаджені на осі з невеликим натягом через фрикційні втулки, запресовані в ролики, що дає можливість їм проковзувати у момент знаходження під зупиненими заготовками.

Конвеєр-розподільник складається з корпусу 2, всередині якого на зірочках 7 натягнуто замкнений ланцюг 8 з консольно закріпленими (через крок) пальцями 4, що переміщують деталі 3 (кільця, фланці) по напрямній 5 (рис. 4.4, з). Заготовки подаються в конвеєр через механізм прийому 1 (з відсікачем), а видаються через механізми видачі 6. Такий конвеєр застосовують для розподілу заготовок, що котяться між паралельно діючими верстатами.

Двовалкові конвеєри використовують для переміщення з підпором циліндричних заготовок 3, наприклад, кілець, втулок, дисків (рис. 4.4, *д*). Під час переміщення заготовки обертаються, що дає можливість застосувати ці конвеєри для завантаження-вивантаження безцентрових круглошліфувальних верстатів. Валкові конвеєри мають різні виконання залежно від форми валків 5. Найпоширенішою конструкцією є конвеєр з конічними валками, з кутом конуса при вершині до 2°. Обертання двом валкам, закріпленим у корпусі 4, надається від приводу 1 через ланцюгову передачу 2 і зірочки 6, встановлені на осях валків.

Гвинтові конвеєри використовують для переміщення заготовок поперек і вздовж осі. У першому випадку (рис. 4.4, *е*) спіралі 4 гвинтів 5, що знаходяться в кориті 6, розташовано так, щоб заготовка 3 лежала між ними без перекосу. Гвинтам надається синхронне обертання від приводу 7 через ланцюгову передачу 1 і зірочки 2. Для переміщення заготовок уздовж осі гвинти встановлені таким чином, щоб виступи одного вільно входили у западини іншого. У такому разі заготовка переміщується по зовнішній поверхні спіралей між гвинтами.

Вібраційні конвеєри використовують тоді, коли складно переміщувати заготовки 3 іншими способами (наприклад, через їх зчепленість) (рис. 4.4, *ж*). Основним недоліком зазначених конвеєрів є можливість вібрації сусідніх металорізальних верстатів. Конвеєр складається з лотка 2, пружин 1 і основи 6. Лоток отримує рух від електромагнітного вібратора 4 (або від ексцентрикового механізму) з пружною ланкою 5.

Пневматичний напівсамопливний конвеєр (рис. 4.4, *и*). Переміщення заготовок 3 в корпусі 4 конвеєра, розташованого похило під кутом, меншим за кут тертя, здійснюється стисненим повітрям (тиск 0,01...0,02 МПа), що подається через отвори 5 або 2, просвердлені під кутом на опорній 4, а іноді й на бічних 1 поверхнях. Заготовки рухаються в корпусі під дією струменів стисненого повітря, що утворюють повітряний прошарок товщиною 0,01...0,02 мм між заготовками та поверхнею 4.

Лоткові самопливні конвеєри призначено для гравітаційного переміщення заготовок коченням по роликах чи ковзанням по похилій (у більшій частині – прямій) поверхні довжиною 2...5 і більше метрів (рис. 4.4, *к, л*). Кут нахилу конвеєрів встановлюється залежно від

способу переміщення заготовок, їх маси та матеріалу. Під час переміщення деталей коченням $\alpha = 5 \dots 10^\circ$ (рис. 4.4, *к*), а під час скочування по роликах $\alpha = 3 \dots 5^\circ$ (рис. 4.4, *л*). Для кожної конкретної заготовки та способу її переміщення проводиться підбір кута нахилу конвеєра з урахуванням допустимої швидкості зіткнення деталей, за якої на їх поверхні (під час ударів) не утворюються дефекти у вигляді забоїн, вм'ятин та ін. Конвеєр для переміщення заготовок 4 коченням складається з опорної 3 і двох бічних 2 стінок (рис. 4.4, *к*). Для запобігання мимовільному випадінню заготовок 4 (особливо за великого кута нахилу) передбачено запобіжну смугу 1. У конвеєрах для переміщення заготовок 4 по вільно обертових роликах 6 (рис. 4.4, *л*) останні встановлюють на осях 8, закріплених у бічних стінках 2, які між собою жорстко з'єднуються стяжками 7. Як ролики використовують шарикопідшипник або два шарикопідшипники, запресовані у втулку. Для зменшення швидкості переміщення заготовок у лоткових конвеєрах, застосовують амортизатори 5, звисаючі ремені, а також різні конструкції спусків.

Конвеєри переривчастої дії. Найбільш поширені **крокові конвеєри**. Вони бувають двох типів: із заціпками, що прибираються (рис. 4.5, *а*) або повертаються захватними пристроями (рис. 4.5, *б*). У першому типі конвеєрів заготовки 3 (супутники) переміщують по напрямних 2 захвати у вигляді підпружених храпових заціпок 4, закріплених на осях у штанзі 7, що здійснює зворотно-поступальний рух за допомогою гідравлічного циліндра 5. Під час руху штанги вперед заціпки впираються в заготовки та переміщують їх на крок. За зворотного ходу заціпки утоплюються в штангу і проходять під заготовкою, не пересуваючи її. Основним недоліком конвеєра є загострення стружкою храпових заціпок.

У другого типу конвеєрів (рис. 4.5, *б*) заготовки 3 переміщують по напрямних 2 за допомогою затискачів у вигляді прапорців 4, закріплених нерухомо на круглій штанзі 1, що здійснює послідовно зворотно-поступальний і обертальний рухи за допомогою гідравлічних циліндрів 5 і 7 та важеля 6. Під час руху штанги вперед прапорці впираються в заготовки та переміщують їх на крок. Потім штанга повертається на кут (за якого прапорці не торкаються) і повертаються у вихідне положення. Далі прапорці опускаються, і цикл повторюється. Ймовірність засмічення стружкою прапорців у цьому конвеєрі є меншою.

Перекладальні планкові конвеєри зазвичай застосовують для переміщення заготовок 3, для яких не допускається пошкодження обробленої поверхні під час ковзання по напрямних 2 (рис. 4.5, в). Заготовки рухаються по напрямних послідовним перекладанням за допомогою планки 1, що здійснює рух від обертових ексцентриків 4 за складним циклом: підйом, рух вперед, опускання, рух назад.

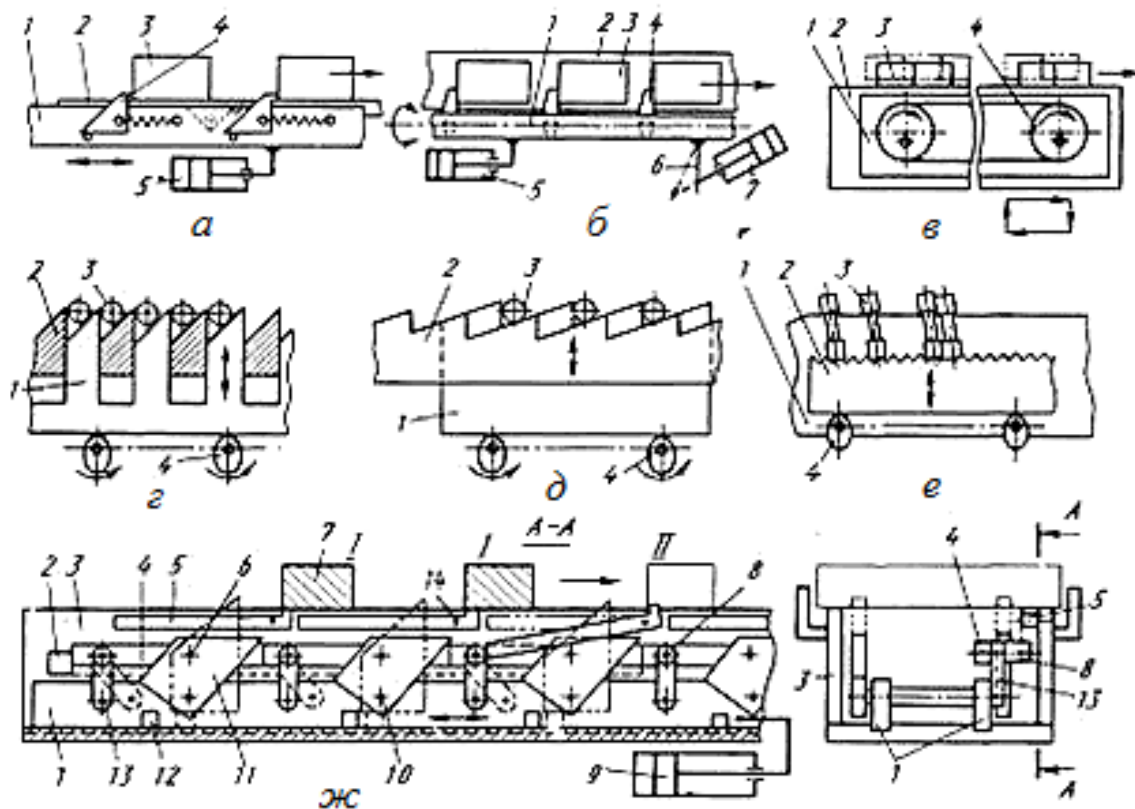


Рис. 4.5. Конвеєри переривчастої дії

Пилкоподібні конвеєри застосовують для переміщення заготовок типу вал перпендикулярно до осі. Конвеєр одинарної дії (рис. 4.5, з) складається з двох нерухомих пилкоподібних рейок 2, між якими розміщено дві рухомі рейки 1, що переміщуються вгору–вниз від кулачкового (кривошипного) механізму 4. У результаті цього руху рейки перекидають заготовки 3 через вершини нерухомих рейок. Щоб збільшити продуктивності в конвеєрах подвійної дії (рис. 4.5, д), рухомі рейки 1 зміщені щодо нерухомих 2 на пів кроку. Принцип роботи конвеєра аналогічний попередньому. Деталі скочуються по похилій частині рейок під дією сили тяжіння.

Гребінчасті конвеєри призначено для переміщення заготовок з заплечиками типу шатун (рис. 4.5, *е*) і мають дві напрямні 1, між якими розміщено гребінку 2, яка здійснює рух вгору–вниз (з амплітудою 8...10 мм) за допомогою привідного механізму 4. У процесі переміщення шатун 3 заплечиками великої головки спирається на гладкі напрямні 1, а нижньою частиною малої головки – на зубці гребінки під час нахилу шатуна на кут 6...10° від вертикальної площини у напрямку руху. У процесі підйому гребінки шатун зміщується великою головою по напрямних у бік нахилу, а за опускання гребінки він зміщується малою головою в той самий бік; як наслідок – шатуни переміщуються вперед.

Кроковий конвеєр-накопичувач з керованими заціпками. Розглянуті вище крокові конвеєри (рис. 4.5, *а, б*) не забезпечують можливості використання запасу заготовок, тому вони не можуть бути накопичувачами. Конвеєр з керованими заціпками, крім переміщення деталей, виконує функцію їх накопичення. Він складається з двох напрямних 3, по яких рухаються деталі 7 (рис. 4.5, *ж*) за допомогою подвійної штанги 1 з заціпками 11 (діють від гідроциліндра 9), що розміщуються між напрямними. На одній з напрямних 3 на осях 14 встановлено поворотні важелі 5 контролю наявності заготовки 7. Коли заготовка відсутня, короткий кінець важеля піднімається, а довгий опускається.

Заціпки на штанзі закріплені на осях 10. Над однією штангою встановлено планки 4, кожна з яких шарнірно, через вісь 6 зв'язана з заціпкою 11, а також зі штангою 1 через ланку 13, що несе ролик 8. Таке з'єднання утворює систему паралелограмів, які забезпечують керування положенням заціпок. Під час руху штанги 1 ліворуч крайня ліва планка 4, наштовхуючись на нерухомий упор 2 на направляючій 3, повертає всі ланки 13 і заціпки 11 (за годинниковою стрілкою) в неробочий стан. Під час переміщення штанги праворуч ролик 8 ланки 13 одного з паралелограмів наштовхується на опущений довгий кінець важеля 5 на вільній позиції II. У результаті цього за подальшого пересування штанги відбувається поворот ланки 13 і заціпки 11 даного паралелограма, а також через планки 4 ланок і заціпок наступних паралелограмів проти годинникової стрілки. Заціпки приймають робоче положення, спираючись на упори 12 (рис. 4.5, *ж*, штрихова лінія). Штанга, рухаючись вперед, захоплює на позиції I заціпки заготовки 7, що розташовані до позиції II, і переміщує їх на крок. Якщо позиція II

виявиться зайнятою, то поступово весь конвеєр заповниться заготовками. Після звільнення позиції *II* всі заготовки на конвеєрі пересунуться на крок.

Для переміщення деталей з остаточно обробленою опорною поверхнею застосовують також прохідний конвеєр-накопичувач з керованими підйомними заціпками, у якому деталі транспортуються перекладанням.

4.2. Вантажно-розвантажувальні пристрої

Основна роль навантажувальних пристроїв під час використання їх у **робототехнічному комплексі (РТК)** полягає у подачі заготовок і деталей в орієнтованому положенні під захоплювач **промислового робота (ПР)**.

У РТК застосовують найрізноманітніші конструкції навантажувальних пристроїв, які можуть бути поділені на три основні класи: магазинні завантажувальні пристрої, бункерні та вібраційні.

Магазинні завантажувальні пристрої – це комплекс функціональних механізмів, що виконують накопичення та видачу заготовок і деталей на вихідну позицію під захоплювач промислового робота.

Для накопичення та видачі об'ємних заготовок і деталей типу тіл обертання (гладких циліндрів, стержнів, ступінчатих валиків, конічних роликів тощо) найчастіше застосовують лоткові магазинні завантажувальні пристрої. Переміщення в таких завантажувальних пристроях відбувається під дією сил тяжіння самих заготовок і деталей. Залежно від конфігурації лотка магазинні пристрої можна поділити на прямолінійні, вигнуті, спіральні, змійкові тощо.

Після захоплення заготовки або деталі промисловим роботом всі наступні під дією сили тяжіння пересуваються на крок і кожна займає положення на вихідній позиції.

У загальному вигляді вантажно-розвантажувальні пристрої мають у своєму складі ємність для накопичення заготовок у вигляді бункера або магазину, захоплювально-орієнтувальний механізм, "руку" із захоплювачем, кантувач, перегрібач (за потреби), відсікач, привідний і передавальний механізми.

Бункер призначено для накопичення заготовок у неорієнтованому положенні (навалом).

Магазин слугує для накопичення заготовок в орієнтованому положенні. У багатьох випадках функцію магазину виконує прямий або спіральний похилий лотік.

Захоплювально-орієнтувальний механізм здійснює захоплення заготовки з бункера, її орієнтування та подачу у верстат. У разі використання у навантажувальному пристрої магазину захоплювально-орієнтувальний механізм відсутній. У цьому випадку заготовки потрапляють на верстат по лотку або за допомогою проміжного механізму.

Рука – механізм, що використовується для подачі заготовки (заготовок) з бункера або магазину в затискні пристрої (пристосування) верстата, зняття обробленої деталі (деталей) і передачі у відповідний пристрій.

Кантувач – механізм для повороту заготовки у процесі транспортування, під час обробки її на верстаті.

Відсікач – механізм для поштучного відокремлення заготовок (деталей) від загального потоку.

На рис. 4.6 показано типові механізми завантажувальних пристроїв.

У бункері (рис. 4.6, *а*) захоплення заготовок *1*, укладених навалом у чаші *2* і подача їх у лоток *5* (в орієнтованому положенні) здійснюється обертовим конусним дном *3* з шипами *4*.

У бункерах (рис. 4.6, *б, в*) захоплення заготовок *1* з чаші *2* і видача в лотік *5* проводяться за допомогою замкненої стрічки *7* з виступаючими стержнями *6* або диском *8* з отворами, куди падають заготовки *1*. Накопичення заготовок *1* в орієнтованому положенні (стопкою) у магазині (рис. 4.6, *е*) відбувається в касеті *10*, а видача в **робочу зону (РЗ)** – шибєрним живильником *11*. Накопичення та переміщення заготовок *1* в РЗ у прямому *5* (рис. 4.6, *з*) і спіральному *9* (рис. 4.6, *д*) похилих лотках відбуваються самопливом. Передача заготовок *1* з лотка *5* у РЗ здійснюється шибєрним *11* (рис. 4.6, *жс*) або дисковим *12* (рис. 4.6, *и*) живильниками. Передача заготовок з підвідного лотка *13* (рис. 4.6, *к*) до патронів *17* верстата і назад до лотка *14* здійснюється рукою з захоплювальним пристроєм *16*, що здійснює зворотно-коливальний рух разом зі зворотно-поступальним рухом уздовж осі *15*.

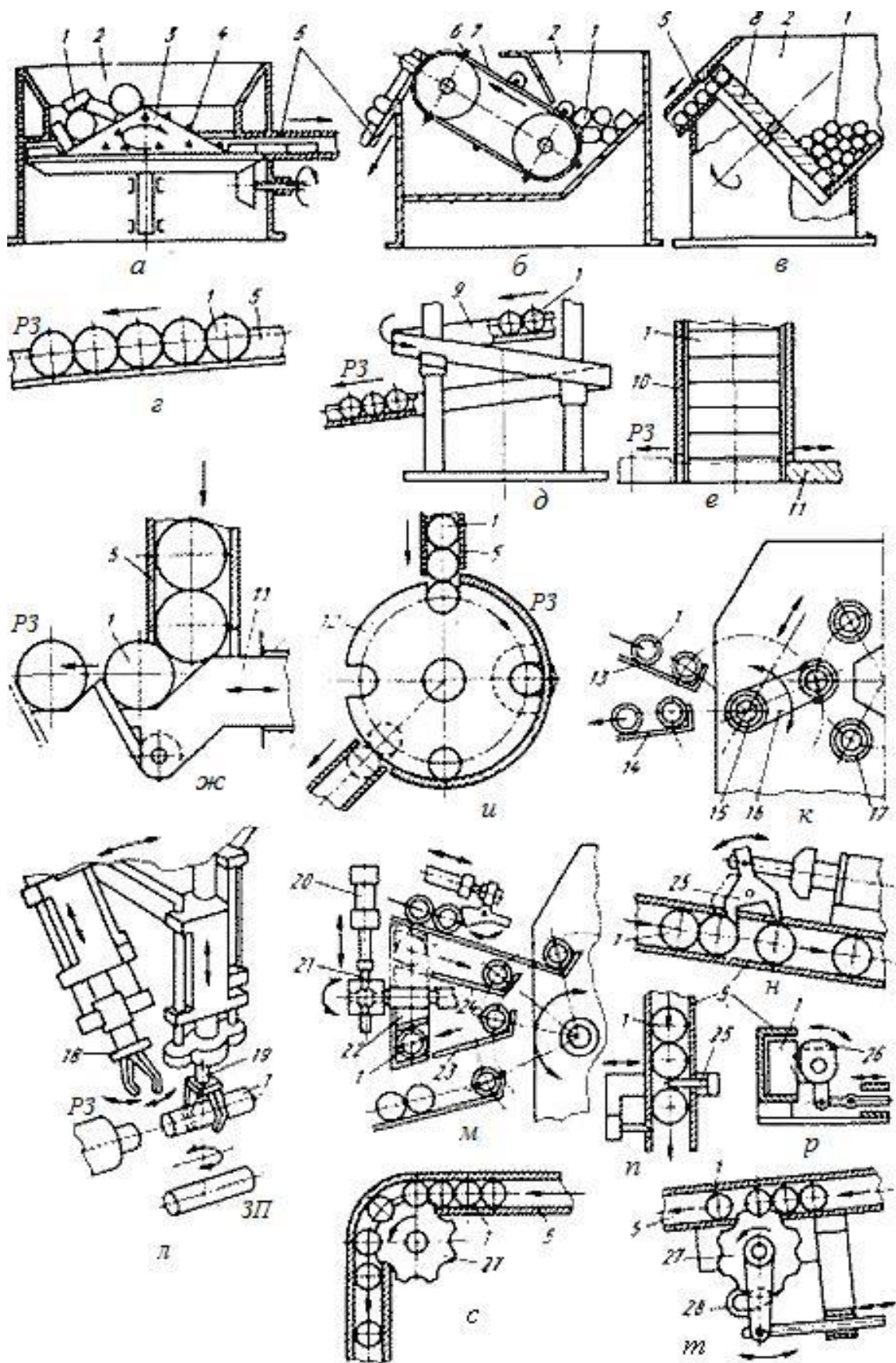


Рис. 4.6. Типові механізми завантажувальних пристроїв

Для передачі заготовок *1* з навантажувальної позиції (НП) у РЗ і вивантаження оброблених деталей (рис. 4.6, *к*) використовується рука з двома захоплювальними пристроями *18* і *19*. Такі завантажувальні пристрої застосовують у порталних автооператорах. Переміщення заготовки *1* з лотка *23* в лоток *24* виконується кантувальником у вигляді поворотної руки *22* (рис. 4.6, *м*) з приймачем для закріплення (викочування) заготовки, що здійснює зворотно-коливальний рух від гідроциліндра *20* через рейкову передачу *21*. В анкерних (рис. 4.6, *н, п*) і кулачкових (рис. 4.6, *р*) відсікачах робота полягає у почерговій дії двох штифтів *25* (або кулачків *26*), з яких один випускає чергову заготовку *1*, що викочується з лотка *5*, а другий – затримує всі інші.

Дискові відсікачі (рис. 4.6, *с, т*) – це диски *27* з виїмками для заготовок *1*. Під час повороту диска на деякий кут він захоплює заготовку та подає її в лоток *5*, одночасно утримуючи інші. Обертання диска може бути безперервним (рис. 4.6, *с*) або періодичним (рис. 4.6, *т*) за допомогою храпового механізму *28*.

Лоткові навантажувальні пристрої (рис. 4.7) застосовують для об'ємних деталей та деталей складної форми типу невеликих корпусних, кронштейнів, качалок тощо з плоскою нижньою поверхнею. В цьому випадку лоток може бути виготовлено у вигляді рольганга.

Довжину лотка розраховують відповідно до заданої продуктивності РТК, тобто необхідної кількості заготовок і деталей разового завантаження та геометричних розмірів цих заготовок і деталей.

Лотки поділяють на жорсткі прямі, зварені зі смуг *8, 9* (рис. 4.7, *б*), гнучкі прямі (рис. 4.7, *ж, к*) та вигнуті (рис. 4.7, *а, е, и*), відкриті (рис. 4.7, *б, в, ж, к*) та закриті (рис. 4.7, *а, е, и*). Опорною похилою площиною для деталей у лотках може бути смуга *б* (рис. 4.7, *а, б, ж*), стінка *20* (рис. 4.7, *е, и*), прутки *16* (рис. 4.7, *в*), шарикопідшипники *24* (рис. 4.7, *к*) або ролики *22* (рис. 4.7, *е*). Під час переміщення деталей у лотках часто виконується кантування (поворот) деталі *3* (рис. 4.7, *е, и*).

Кут нахилу підбирають залежно від граничної швидкості самоплинного переміщення деталей. У разі кочення по зовнішній поверхні круглих деталей (кілець, дисків та ін.) у лотках з опорними смугами кут нахилу лотків становить 10...15° (рис. 4.7, *а, б, ж*); під час ковзання клапанів *17* та інших деталей (поршнів, гільз) на торці в лотках з опорними смугами та прутками кут нахилу збільшується до 30° (рис. 4.7, *в*).

Для переміщення плоских деталей у лотках (рис. 4.7, е, к) по роликах чи шарикопідшипниках кут нахилу зменшують до 5° . У спіральній частині гнучких лотків кут нахилу зазвичай збільшують на 20...30 %.

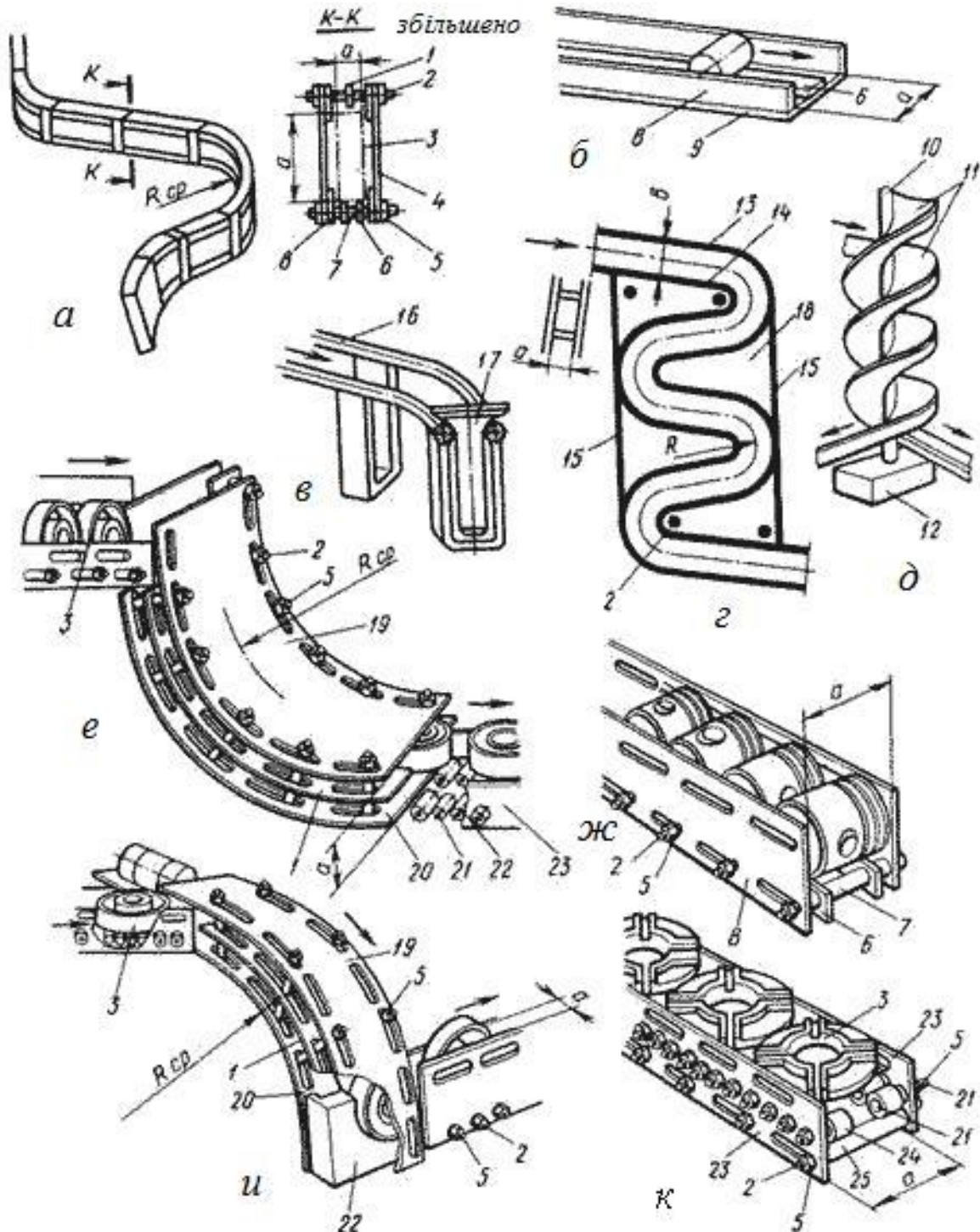


Рис. 4.7. Похилі лотки

Лотки збирають з уніфікованих деталей. Особливістю гнучких лотків є можливість їх припасування (в тому числі і середнього радіуса (R_{cp}) вигину лотка) за місцем залежно від розміщення обладнання у межах $\pm 5...10$ мм, що спрощує монтаж. Гнучкий лоток виготовляють зі сталеві стрічки, що подається в бухтах. У стрічці заздалегідь (з одного або двох боків) виштампувано прорізи для проходу з'єднувальних шпильок 2. В лотках (рис. 4.7, а, ж) смуга б з'єднується з бічними стінками 4, 8 за допомогою проміжних втулок 7, шпильок 2 з гайками 5 і запобіжними шайбами.

Для запобігання випаданню деталей з лотків, зверху розміщують запобіжну смугу 1 (рис. 4.7, а) або стінку 19 (рис. 4.7, е, и). Ролики 22 (рис. 4.7, е) або шарикопідшипники 24 (рис. 4.7, к) закріплюють на бічних стінках 23 на осях 21 за допомогою гайок 5. Бічні стінки цих лотків з'єднують між собою за допомогою довгих втулок 25, через які проходять шпильки 2. Після складання на шпильки нагвинчують гайки 5.

Радіус вигину лотка (R_{cp}) (рис. 4.7, а, е, и) зазвичай встановлюють у межах трьох...п'яти діаметрів транспортованої деталі 3. Зигзагоподібні спуски (рис. 4.7, з) збирають з опорних смуг 13, 14, приварених до зовнішніх стінок 15 і з'єднаних з бічними стінками 18 за допомогою шпильок 2 з гайками. Гвинтові спуски виготовляють одно- та двозахідними (рис. 4.7, д) з труби 10, встановленої на основі 12, до якої приварюють гвинтові спіралі 11.

Рідше ніж магазинні, у РТК використовують також **бункерні навантажувальні пристрої**. Деталі у бункер насипають навалом без їх попереднього орієнтування. За допомогою бункерних навантажувальних пристроїв здійснюється автоматична подача роликів, ковпачків, гільз, кілець, шайб, втулок, трубок, валиків та ін., тобто деталей досить простої форми та порівняно невеликих габаритів. До бункерного навантажувального пристрою належать такі функціональні механізми: бункер, механізм захоплення та орієнтування, механізм відводу надлишкових деталей, лоток для подачі деталі на вихідну позицію, відсікач.

Бункер повинен уміщати таку кількість деталей, яка може забезпечити безперервну роботу РТК протягом потрібного (робочого) часу. Найчастіше цей час беруть кратним ритму випуску продукції або він становить частину ($\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$) часу робочої зміни:

$$V_{\partial} = \frac{V_3 T}{t_{\text{шт}} K_V},$$

де V_3 – об'єм однієї заготовки, см³; T – період часу безперервної роботи після одного заправлення, хв; $t_{\text{шт}}$ – час на обробку однієї штуки, хв; K_V – коефіцієнт об'ємного заповнення (залежить від форми заготовок і їх стану в бункері; $K_V = 0,5 \dots 0,69$).

Форми бункерів вельми різноманітні. Найбільш поширеними є ківшоподібні та циліндричні. Дно та стінки бункера розташовано під кутом до горизонтальної площини, завдяки чому окремі деталі під дією власної ваги та сил тертя рухаються у напрямку до захоплювачів. Під час руху деталі, захоплені силами тертя обертового диска, пересипаються і одночасно перемішуються, займаючи у просторі положення, сприятливе для їх захоплення.

Захоплювачі можуть бути виконані у вигляді гачків, штирів, стержнів, які застосовують для захоплення деталей типу гільзи, ковпачки, кільця, шайби, порожнисті ролики.

Бункерні навантажувачі проектують та виготовляють з огляду на конкретну номенклатуру деталей. Крім того, інтенсивне перемішування заготовок і деталей у бункері призводить до псування їх зовнішніх поверхонь. Зважаючи на ці недоліки, бункерні навантажувальні пристрої рідше застосовують у РТК, ніж магазинні.

Автоматичний бункер (рис. 4.8, а) складається з основи 1, чаші 2 з відкритим верхом і скошеним дном, похилого підйомника 3, лотка 7 видачі деталей 6 і лотка 11 повернення в чашу деталей (типу кілець), які не встигли скотитися в лоток видачі. В підйомнику є два замкнені ланцюги 5, натягнуті на верхні та нижні пари зірочок, з яких верхнім зірочкам надається обертання від електродвигуна з редуктором 12 через ланцюгову передачу 10. Щоб запобігти заклинюванню деталей 6, у чаші 2 нижню частину ланцюгів 5, встановлених на зірочках 14, зігнуто для утворення рухомого дна.

Кут нахилу α підйомника 3 може змінюватися внаслідок його повороту на осі 13 під час нагвинчування гайок 9 (з правою та лівою різьми) на тяги 8. На ланцюгах 5 закріплено похилі планки 4 для захоплення деталей з чаші та підйому їх до лотка видачі. Нахил планок 4 може бути різним, залежно від виконання бункера.

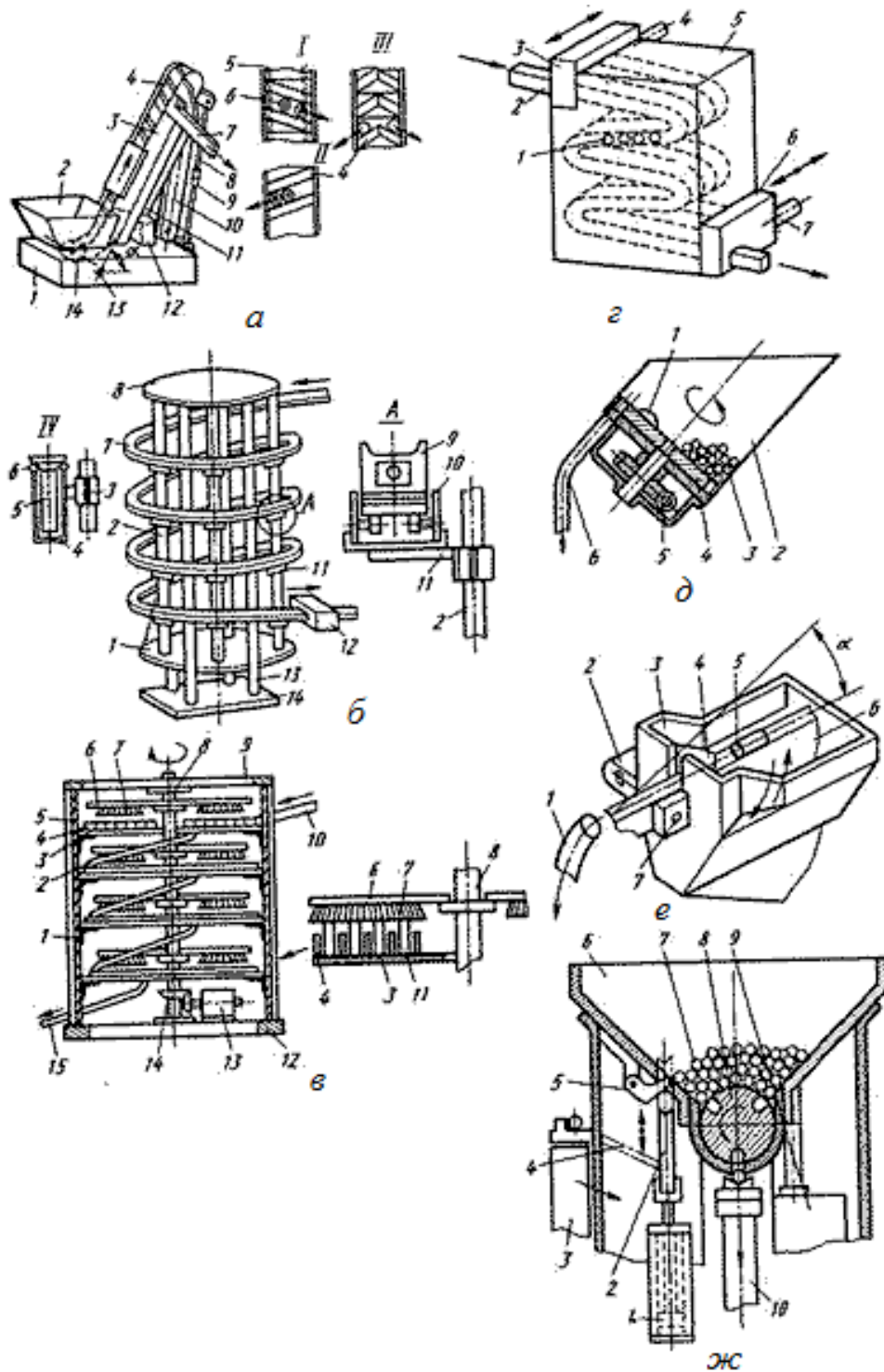


Рис. 4.8. Накопичувачі деталей

Автоматичний магазин зі спіральним лотком для поршнів, великих кілець, гільз (рис. 4.8, б) – це каркас, зварений з чотирьох швелерів 13, основи 14 і двох дисків 1, 8. На дисках жорстко закріплено вертикальні стяжки 2 з кронштейнами 11, що несуть один або кілька похилих спіральних лотків 7, які утворюють однозахідну або

багатозахідну спіраль (за кількістю лотків). На рис. 4.8, б показано однозахідний лотковий магазин. На лотку передбачено відсікач 12 для поштучної видачі поршнів 9 (або інших деталей).

Аналогічну конструкцію магазину застосовують для прийому, зберігання та видачі клапанів 5. У цьому випадку спіральний лоток виготовляють з дроту 6 (діаметром 8...10 мм), що кріплять до кронштейна 3 скобами 4 (рис. 4.8, б, виконання IV). Для ковзання головок клапанів 5 по спіральному дротовому лотку кут нахилу дорівнює 15...20°. З метою збільшення місткості випускають магазини для клапанів з обертовим барабаном, на якому змонтовано кілька спіральних лотків, що утворюють багатозахідну спіраль.

Автоматичний багатодисковий магазин для кілець, фланців (рис. 4.8, в) складається з каркаса, звареного з чотирьох швелерів 5, основи 12 та кришки 9. На швелерах 5, на кутиках 1 встановлено диски 3 з лотками 4, що виконані зі смуг у вигляді архімедової спіралі. У центрі магазину проходить вал 8, закріплений у підшипниках кришки 9 та основи 12. На валу, над кожним диском, встановлено чотири щіткотримачі 6, зі щітками 7 з капронових ниток. Валу 8 через конічну пару зубчастих коліс 14 надається обертання від електродвигуна з редуктором 13, змонтованим на основі. Деталі 11 надходять у магазин через похилий лоток 10 з'єднаний з лотком 4 верхнього диска. Виходять деталі по лотку 15 з лотка нижнього диска. Усі лотки дисків з'єднано між собою з'єднувальними лотками 2 таким чином, що забезпечується зв'язок кінця спіралі верхнього лотка (через отвір у центрі) з початком спіралі нижнього диска (у периферії). Деталі 11 у каналі лотка верхнього диска переміщуються від периферії до центру під дією обертових щіток. Дійшовши до отвору в диску, деталі провалюються в з'єднувальний лоток і по ньому надходять до початку спірального лотка другого диска, де рух деталей повторюється.

Автоматичний лотковий магазин для кілець та фланців – це зварний каркас 5 зі встановленими в кілька рядів похилими лотками 2 зигзагоподібної форми (рис. 4.8, г). Переміщення деталей 1 по лотках відбувається під дією сили тяжіння. Подача деталей у магазин відбувається за допомогою механізму розподілу 3 деталей по лотках, а видача – за допомогою механізму з'єднання 6 деталей в один потік, що працює від пневматичних циліндрів 4 і 7.

Автоматичний бункер з дисковим захоплювальним пристроєм для кульок, пальців, шайб (див. рис. 4.8, д) складається з чаші 2 з відкритим верхом, на дні якої на осі розміщено диск 4 з кишнями по його периферії для захоплення деталі 3. Диск приводиться в рух від електродвигуна через черв'ячну передачу 5. У диску закріплено перегрібач 1 для перемішування деталей. На дні чаші 2 передбачено отвір для проходу деталі з кишні диска 4 в трубу видачі 6.

Автоматичний бункер з ножовим захоплювачем для роликів (див. рис. 4.8, е) має чашу 3 з відкритим верхом і бічними похилими стінками, між якими розташовується плоский ніж 6 з призматичним заглибленням на верхній робочій частині. Ніж закріплено на осі 7 і він може здійснювати щодо чаші 3 коливальний рух від приводу 2. Навпроти переднього краю ножа розташовано трубку 1 видачі деталей 5. Коли ніж підіймається у верхнє положення, деякі ролики опиняються в призматичному поглибленні уздовж ножа і по ньому зісковзують до отвору скидача 4 і, пройшовши його, надходять у трубку 1. За неправильного положення на ножі ролик 5 скидачем 4 відкидається в чашу. Кут α нахилу робочої частини ножа у верхньому положенні становить 30...35°.

Автоматичний магазин з барабанним захоплювачем для валиків (див. рис. 4.8, ж) – це чаша 6 зі скошеними до центру стінками, між якими розміщено барабан 8 із трьома поздовжніми прорізами, виконаними по колу валика 7. У лівій скошеній стінці чаші передбачено отвір для проходу валика 7 під час завантаження його за допомогою шибера 2, що діє від гідравлічного циліндра 1. Напроти отвору знаходиться заціпка 5, що запобігає випадінню деталей з чаші в той час, коли шибера знаходиться в нижньому положенні. Барабану 8 надається, за потреби (під час завантаження деталей), обертання від приводу 9. Завантаження магазину валиками може здійснюватися або зверху, в чашу, або з підвідного конвеєра 3 через похилий лоток 4 або шибера 2. Видача валиків з магазину на відвідний конвеєр 10 відбувається під час повороту барабана 8.

Вібраційні навантажувальні пристрої відрізняються простотою конструкції, універсальністю, надійністю та економічністю. У цих пристроях переміщення деталей відбувається завдяки коливанням бункера або лотка за певним законом, а орієнтування – завдяки застосуванню спеціальних контактних і безконтактних методів і засобів.

Вібрація дає можливість вибрати заготовки і деталі з бункера без захоплювальних органів; зменшує сили тертя між заготовками, деталями та поверхнями завантажувального пристрою, що сприяє більш вільному розвороту та руху заготовок у бункері; запобігає пошкодженню поверхні та є у певних випадках єдиним способом автоматизації завантаження; унеможливорює утворення стійких склепінь і заторів у бункерах. Це підвищує маневреність і універсальність завантажувальних пристроїв і дає змогу одним і тим самим спіральним лотком подавати різні за розмірами та конфігурацією деталі (шайби, валики, зубчасті колеса тощо).

Вібраційний бункер для дрібних деталей (рис. 4.9), таких як шайби, ковпачки тощо, складається з чаші 8 підвішеної за допомогою верхніх 2 і нижніх 14 башмаків на трьох похилих стержнях 1 до плити 12. Між стержнями на плиті змонтовано вібратор 4, що складається з котушки електромагніту 11 з сердечником 10 і якорем 9, з'єднаний через алюмінієву прокладку 3 з дном чаші. В середині чаші знаходиться спіральний лоток 7 (у вигляді полиці), а вгорі – приймач 5 видачі деталей. Бункер на трьох пружинах 15 встановлено на основі 13, яка спирається на три гумові амортизатори 16. Під час увімкнення бункера чаша під впливом вібратора здійснює вібраційний (круговий) рух, у результаті чого засипані в чашу деталі 6 починають переміщуватися по спіральному лотку 7 вверх до приймача видачі.

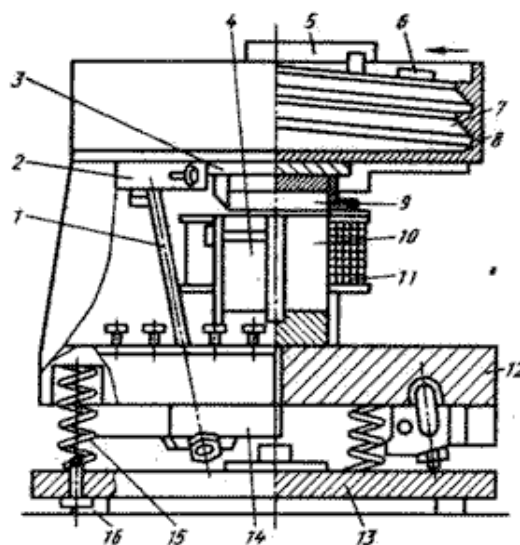


Рис. 4.9. Вібраційний бункер

Граничну технологічну продуктивність вібраційних завантажувальних пристроїв визначають за умови переміщення правильно орієнтованих заготовок, що рухаються щільним потоком одна за одною:

$$Q_T = \frac{60V_{\text{сер}}}{l},$$

де $V_{\text{сер}}$ – середня швидкість транспортування заготовок, м/с; l – довжина заготовки, м.

За принципом виконання функцій орієнтації всі методи поділяють на пасивні та активні. Пасивні методи орієнтації полягають у тому, що у разі неправильного розташування заготовки або деталі вона видаляється із загального потоку (наприклад, назад у бункер). На позицію захоплення надходять тільки правильно орієнтовані заготовки і деталі. За активного методу орієнтація відбувається шляхом послідовного примусового встановлення всіх заготовок і деталей у потрібне положення.

За характером впливу орієнтації на заготовки та деталі розрізняють контактний та безконтактний методи орієнтації. Контактний метод полягає в тому, що заготовки і деталі розміщують у потрібне положення шляхом безпосереднього механічного впливу орієнтувального органа. Безконтактний метод орієнтації означає, що вплив на заготовки й деталі відбувається без жорсткого контакту з орієнтувальним органом (гравітаційним і електромагнітним силовими полями, пневматичними та гідравлічними силами).

Завдання з орієнтації заготовок і деталей може бути вирішено на різних етапах автоматизованого технологічного процесу:

- орієнтація безпосередньо в навантажувальному пристрої;
- орієнтація на початковій для захоплення ПР позиції;
- орієнтація у процесі міжопераційного транспонування;
- орієнтація у процесі захоплення промисловим роботом;
- орієнтація під час переміщення заготовки або деталі промисловим роботом;
- орієнтація заготовок і деталей на робочій позиції.

4.3. Транспортні та перевантажувальні пристрої

Однією з проблем впровадження конвеєрів є автоматизація процесів завантаження та вивантаження. Все більшого значення під час застосування конвеєрних систем надають роботам-навантажувачам, які мають ряд переваг порівняно з іншими засобами:

- малогабаритність рухомого складу;
- великий діапазон регулювання продуктивності;
- максимальне звільнення проїздів після проходження транспортного робота для інших видів транспорту;
- автономність дії.

Найчастіше у ГВС використовують безрейкові автоматичні візки, які можуть бути вантажонесучими та тяговими (тягачі, буксири з причіпними платформами або візками). Можливості безрейкових вантажонесучих автоматичних візків дуже широкі, насамперед, за рахунок простоти створення нових транспортних шляхів, оснащення візків пристроями автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій, що відображено в класифікації **транспортних роботів (ТР)** на рис. 4.10.

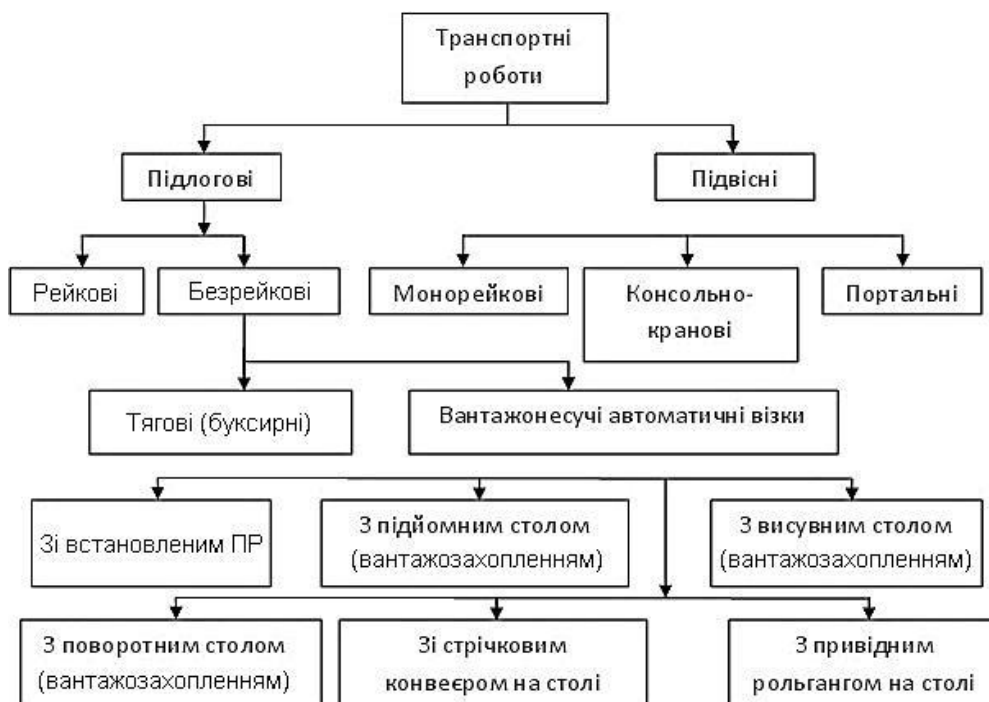


Рис. 4.10. Класифікація транспортних роботів

Для стеження за рухом транспортних роботів (візків) створено багато систем (рис. 4.11).

Найбільшого поширення набули транспортні роботи з індуктивною системою стеження за маршрутом, які переміщуються по світловідбивній смугі.

Індуктивні системи можуть бути активними та пасивними. Нині розроблено системи, у яких інформація про напрямок руху, повороти і зупинки передається від керуючої ЕОМ по індукційному кабелю, вздовж якого рухається візок.

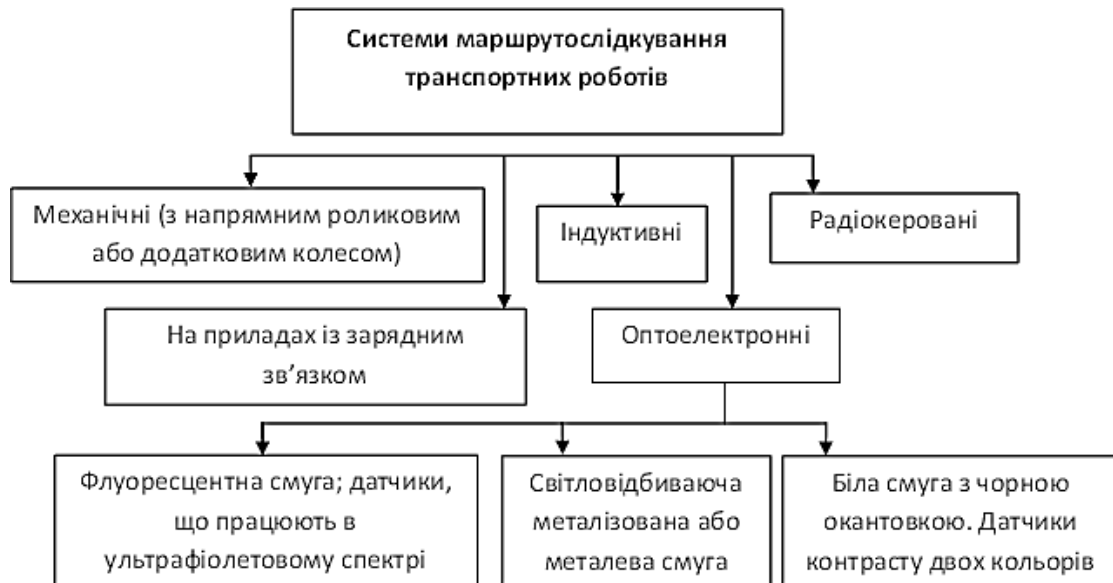


Рис. 4.11. Системи стеження за маршрутами транспортних роботів

Оптоелектронна система стеження за маршрутом складається зі світлових маяків, розташованих у суворій послідовності на стелі цеху, і датчиків на приладах із зарядним зв'язком, установлених на візку. Візок орієнтується під час руху на світлові маяки, а за точного позиціонування – на спеціальні мітки, нанесені на устаткування (верстати, склад, станцію контролю тощо), біля яких візок зупиняється.

Радіотелевізійні системи застосовують рідко через перешкоди від великої кількості сталевих споруд.

Для міжопераційного транспортування виробів використовують монорейкові транспортні роботи. Вони складаються з електровізка з приводом від спеціального шинопроводу, що переміщується по монорейці, і встановленого на ньому ПР, який виконує елементи технологічних операцій:

- орієнтацію;
- укладання;

- перенос і перестановку по програмованій траєкторії;
- навантаження та розвантаження підвісок вантажонесучих конвеєрів;
- іноді завантаження технологічного обладнання.

Підйомно-транспортні маніпулятори консольно-кранового типу мають обмежену зону дії, їх застосовують як допоміжні засоби.

Портальні підйомно-транспортні роботи здатні виконувати ширший діапазон робіт, зокрема обслуговування верстатів ГВС механічної обробки для міжопераційної передачі заготовок, оснащення та інструменту.

Пристрої для зміни заготовок на верстатах з ЧПК. На багатоопераційних верстатах (ОЦ) для підвищення їх продуктивності широко використовують спеціальні пристрої, що забезпечують автоматичну зміну оброблюваних заготовок. Ці пристрої являють собою багатопозиційні завантажувальні столи, на яких під час обробки однієї заготовки встановлюють і закріплюють наступну заготовку, що підлягає обробці. В усіх існуючих сучасних системах автоматичної зміни оброблюваних заготовок передбачають використання пристосувань-супутників і навантажувально-розвантажувальних пристроїв для їх автоматичної зміни. На столі верстата є вбудовані або накладні елементи для базування та закріплення пристосувань-супутників.

У системах з човниковим переміщенням пристосувань-супутників уздовж осі однієї завантажувальні пристрої розташовують з двох сторін від столу (рис. 4.12). Кожен завантажувальний пристрій виконано у вигляді тумби з конвеєром, напрямними та приводами переміщення супутників. Для зміни супутника стіл верстата спочатку переміщується по осі X до вільного завантажувального пристрою для передачі супутника з обробленою заготовкою, а потім до завантажувального пристрою, на якому знаходяться супутники з новою заготовкою.

Схема з паралельним переміщенням супутників уздовж осі Z зручніша для приєднання верстатів до загальної транспортної системи або до накопичувача супутників із заготовками (рис. 4.13). Якщо стіл верстата не має можливості переміщуватися уздовж осі X , то застосовують двомісні завантажувачі, які можуть переміщуватися по осі X . Це відбувається внаслідок переміщення самого завантажувача по напрямних або переміщення полозок по напрямних станини завантажувального пристрою.

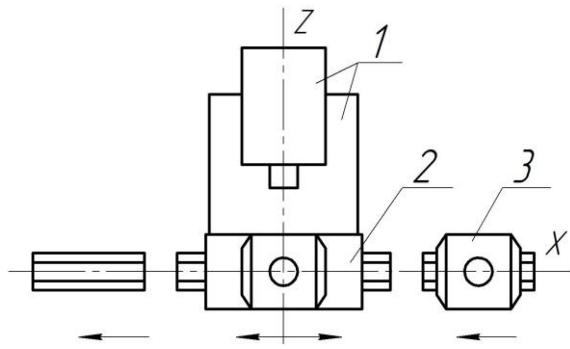


Рис. 4.12. Система з човниковим переміщенням пристосувань-супутників уздовж осі Z:
 1 – обробний центр; 2 – робочий стіл;
 3 – заготовка

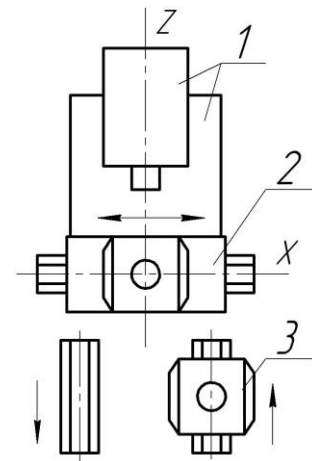


Рис. 4.13. Система з паралельним переміщенням супутників уздовж осі Z:
 1 – обробний центр; 2 – робочий стіл;
 3 – заготовка

Застосовують також Г-подібну схему розміщення столів-супутників (рис. 4.14). У такому разі завантажувальні пристрої розташовуються по обидва боки столу верстата в одному з крайніх його положень по осі X. За такого компоновання завантажувальних пристроїв переміщення супутників по обидвох платформах може здійснюватися одним приводом.

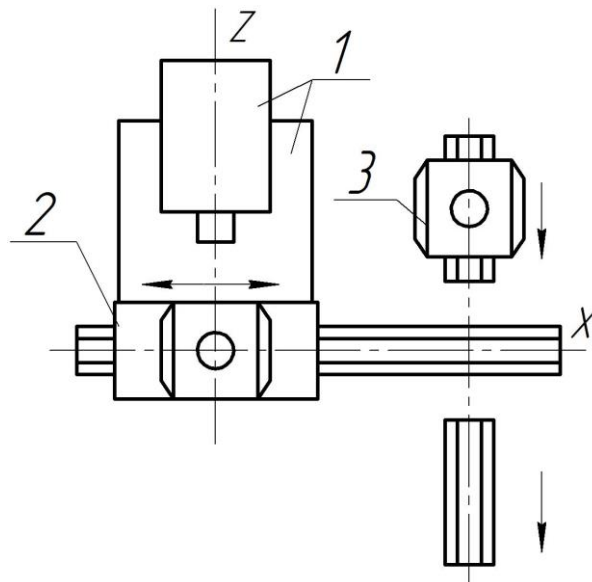


Рис. 4.14. Система з Т-подібним розміщенням столів-супутників:
 1 – обробний центр; 2 – робочий стіл; 3 – заготовка

Система з Г-подібною схемою компоновання позицій завантаження супутників має два одномісних завантажувальних пристроїв,

які розташовуються поблизу одного з крайніх положень рухомого стола або біля нерухомого стола під кутом один до одного (рис. 4.15). Таку схему застосовують у верстатах з поворотним столом, оскільки це потрібно для суміщення направляючих столу з направляючими кожного з завантажувальних пристроїв. Стіл верстата має здійснювати поворот на кут, відповідний куту між завантажувачами.

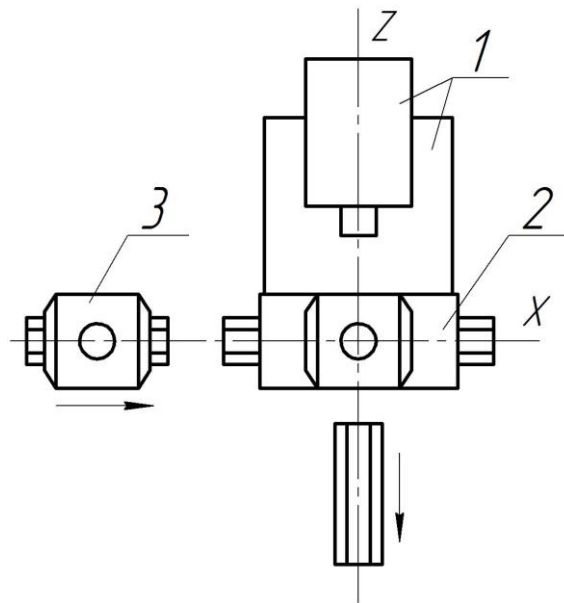


Рис. 4.15. Система з Г-подібної схеми розміщення позицій завантаження-розвантаження:
1 – обробний центр; 2 – робочий стіл; 3 – заготовка

Пристрій зміни супутників з позицією завантаження і поворотним столом забезпечує оператору зручний доступ як до верстата, так і до позиції завантаження під час заміни та підготовки до обробки різних заготовок (рис. 4.16).

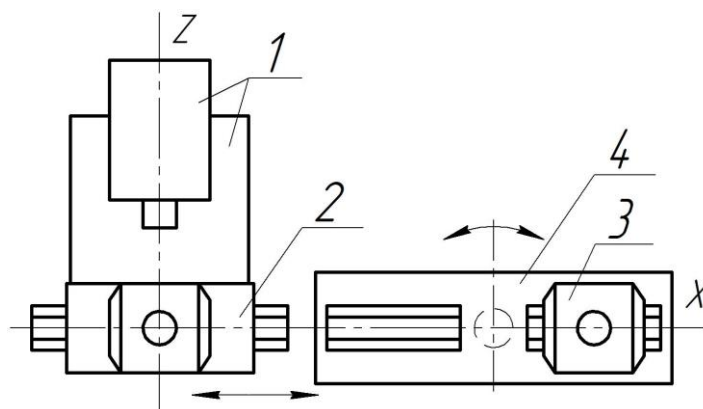


Рис. 4.16. Пристрій зміни супутників з позицією завантаження і поворотним столом:
1 – обробний центр; 2 – робочий стіл; 3 – заготовка; 4 – поворотний стіл

Багатопозиційний поворотний стіл з однією позицією завантаження-вивантаження показано на рис. 4.17.

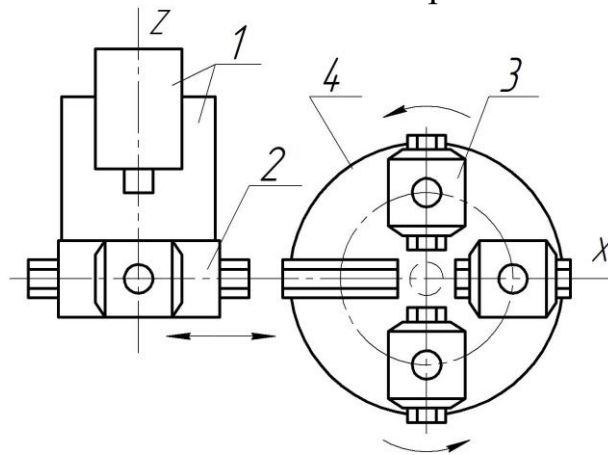


Рис. 4.17. Багатопозиційний поворотний стіл з однією позицією завантаження:
 1 – обробний центр; 2 – робочий стіл; 3 – заготовка; 4 – поворотний стіл-накопичувач

Застосовують також багатопозиційні системи завантаження супутників за кругового розташування позицій завантаження-вивантаження (рис. 4.18). У такій системі є механізм перевантаження супутників поворотного типу.

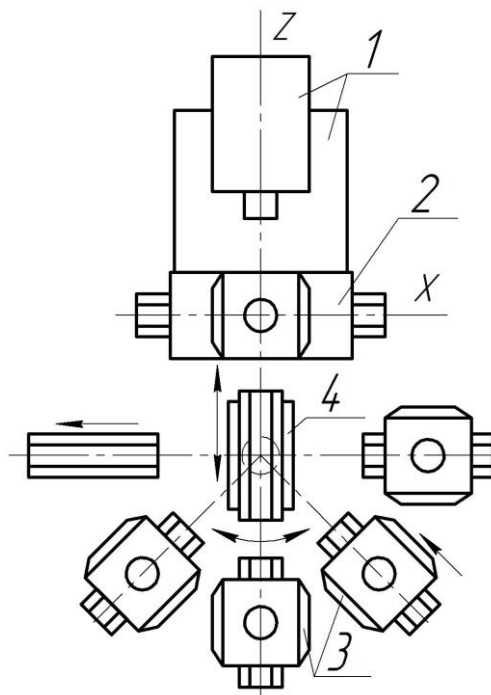


Рис. 4.18. Багатопозиційна система завантаження за кругового розміщення позицій завантаження-вивантаження:
 1 – обробний центр; 2 – робочий стіл; 3 – заготовка; 4 – поворотний стіл-перевантажувач

За лінійного розміщення позицій завантаження каретка перевантажника переміщується уздовж позицій завантаження-вивантаження лінійно (рис. 4.19).

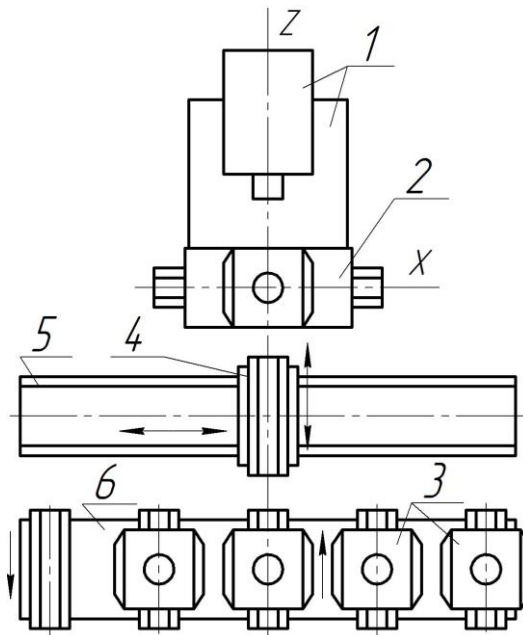


Рис. 4.19. Лінійне розміщення позицій завантаження-розвантаження:
 1 – обробний центр; 2 – робочий стіл; 3 – заготовка; 4 – перевантажувач заготовок;
 5 – направляючі для лінійного переміщення перенавантажувача;
 6 – стенд-накопичувач заготовок

Як за кругового, так і за лінійного розташування позицій завантажування на супутниках може бути встановлено різні заготовки, і їх обробку можна виконувати у будь-якій необхідній послідовності.

Компонування одномісних і багатомісних завантажувальних пристроїв вибирають у кожному конкретному випадку відповідно до умов експлуатації верстатів:

- планування обладнання;
- спрямованості технологічних потоків;
- схеми транспортування оброблюваних заготовок та ін.

4.4. Розрахунок кількості транспортних засобів

Вибір типу внутрішньоцехового транспорту та планування транспортної системи залежать від таких чинників:

- 1) тип та характер виробництва;
- 2) виробнича програма;
- 3) будівельна частина виробничого корпусу;
- 4) використання технологічного обладнання та ін.

Кількість транспортних засобів кожного типу залежить від машиноємності транспортних операцій $T_{\text{м.є.}}$, яку визначають за такою формулою:

$$T_{\text{м.є.}} = \frac{Q T_{\text{ц}}}{q_{\text{п}} 60}$$

$$\text{або } T_{\text{м.є.}} = \frac{Z_{\text{Т}} T_{\text{ц}}}{Z_{\text{Т.П.}}^I \cdot 60},$$

де Q – вантажопотік, т; $T_{\text{ц}}$ – середня тривалість одного рейсу або одного циклу роботи транспортного засобу, хв; $q_{\text{п}}$ – середня транспортна партія (кількість вантажів, перевезених за один рейс), т; $Z_{\text{Т}}$ – вантажопотік, од. тари; $Z_{\text{Т.П.}}^I$ – величина транспортної партії, од. тари.

Вантажопотік од. тари певної групи виробів визначають так:

$$Z_{\text{Т}i} = \frac{Q_i}{C_i},$$

де Q_i – вантажопотік певної групи, т; C_i – середня вантажомісткість тари, т.

Величину $T_{\text{ц}}$ визначають з урахуванням виконання таких транспортних операцій: руху транспорту до місця навантаження; вантаження; рух з вантажем; розвантаження; непередбачених затримок, час яких вважають рівним 0,15 часу руху транспортного засобу з вантажем.

Час руху транспортного засобу визначають залежно від довжини транспортного шляху та швидкості переміщення, яка не має перевищувати 80 м/хв для підлогового транспорту та 50 м/хв для підвісного транспорту.

Кількість транспортних засобів визначають за формулою:

$$N_{\text{тр}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{м.є.}} \kappa_{\text{с}}}{\Phi_0 \kappa_3},$$

де $\kappa_{\text{с}}$ – коефіцієнт попиту, що відображає нерівномірність надходження вимог на обслуговування за одиницю часу: $\kappa_{\text{с}} = 1,2 \dots 1,6$; κ_3 – коефіцієнт завантаження транспортного засобу: $\kappa_3 = 0,7 \dots 0,8$; Φ_0 – ефективний

річний фонд часу роботи певного типу обладнання, год; n – число вантажопотоків, що обслуговує даний тип транспорту.

Загальну кількість одиниць тари одного найменування визначають за формулою:

$$Z_{T.O.} = 1,15(Z_{T.E.} + Z_{T.P.M.} + Z_{T.B.}),$$

де 1,15 – коефіцієнт, у якому відображено кількість тари в ремонті та на транспортній системі; $Z_{T.E.}$ – кількість одиниць тари на цехових складах; $Z_{T.P.M.}$ – кількість одиниць тари на робочих місцях; $Z_{T.B.}$ – кількість одиниць тари для зберігання міжопераційних і складських заділів на дільницях.

Кількість транспортних робітників визначають виходячи з кількості транспортних засобів, які потребують обслуговування персоналом, і режиму їх робіт.

Запитання та завдання для самоперевірки

1. Класифікуйте вантажі за транспортно-технологічними характеристиками.
2. Яка організаційна структура транспортної системи?
3. Назвіть різновиди транспортно-накопичувальних систем.
4. Яка існує класифікація технічних стендів ТНС?
5. Що таке конвеєр?
6. Які конструктивні особливості завантажувальних пристроїв?
7. Назвіть особливості направляючих пристроїв (лотків).
8. Як розраховують лоткові завантажувальні пристрої?
9. Які є пристрої для накопичення деталей?
10. Як розрахувати місткість бункера?
11. Як розрахувати продуктивність вібраційного завантажувального пристрою?
12. Назвіть методи орієнтації заготовок та шляхи її вирішення.
13. Назвіть переваги транспортних робіт.
14. Опишіть систему з човниковим переміщенням пристосувань-супуників уздовж осі Z .
15. Опишіть систему супутників з позицією завантаження та поворотним столом.
16. Як обирають компоновку завантажувальних пристроїв?
17. Від чого залежить вибір типу внутрішньоцехового транспортера та планування транспортної системи?

Розділ 5. СКЛАДИ В ГНУЧКІЙ ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ

5.1. Складський модуль ГВС

Пристрої складування в ГВС використовують для зберігання заготовок, частково або повністю оброблених деталей, а також технологічного оснащення та різального інструменту. До них належать центральні склади (централізоване зберігання) і приверстатні накопичувачі малої місткості (децентралізоване зберігання). Приверстатні накопичувачі підвищують ефективність багатоопераційних верстатів з ЧПК за умови їх автономного використання, що особливо важливо у разі виходу з ладу окремих підсистем ГВС.

Центральний склад виконують у трьох варіантах: у вигляді стелажа-накопичувача зі штабелером, конвеєра-накопичувача та в комбінації першого з другим. В останньому варіанті зв'язок між ними здійснюється за допомогою спеціального транспортного візка.

Стелаж-накопичувач може бути різного конструктивного виконання: одно- та двостороннім, одно- та багатоярусним. Обслуговування стелажа здійснюється штабелером (рис. 5.1).

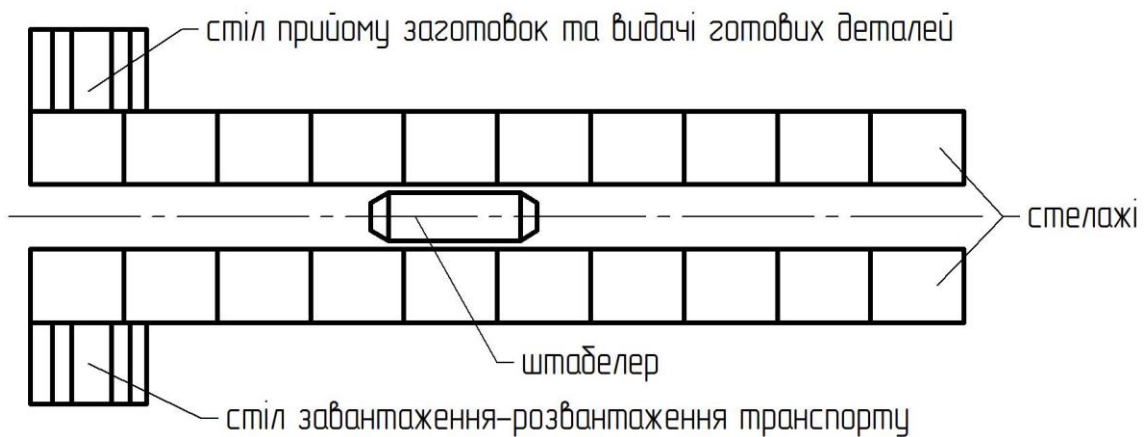


Рис. 5.1. Стелаж-накопичувач зі штабелером

Конвеєри-накопичувачі можуть бути замкненими ланцюговими, роликowymi, стрічковими та комбінованими роликo-ланцюговими.

Центральний склад, крім функцій зберігання, виконує функції вирівнювання потоків заготовок і оброблених деталей. Це необхідно для скорочення часу обслуговування верстатів. Центральний склад задовольняє

потреби, що виникають у системі, з урахуванням черговості надходження заявок або на основі заздалегідь визначених пріоритетів.

Наявність центрального складу обумовлює взаємну незалежність робочих позицій, так як він може виконувати функції проміжного накопичувача у процесі передачі заготовки з одного верстата на інший.

Способи зберігання заготовок на складі залежать від їх виду і технології обробки. Під час обробки корпусних деталей найбільшого поширення набула палетизація. В цьому випадку заготовки встановлюють вручну на універсальні пристосування-супутники (палети), що мають базову плиту з сіткою пазів і отворів, призначених для встановлення змінних базувальних і затискних елементів. Палети мають два точних координатних отвори, по яких здійснюється єдина установка їх на робочих позиціях верстатів, що працюють у ГВС. Використання палет на 30...35 % збільшує вартість складського модуля.

Нині на деяких іноземних фірмах (у Німеччині) застосовують переналагоджувані пристрої з ЧПК. У цих пристроях, жорстко закріплених на столах верстатів, переналагодження базувальних і затискних елементів здійснюється автоматично за заданою ЕОМ програмою. Отже відпадає потреба у палетах, і корпусні деталі встановлюють у пристрій промисловим роботом (ПР).

Заготовки тіл обертання зберігають у контейнерах або у магазинах. Всередині магазину встановлюють піддони, на яких на уніфікованих елементах знаходяться заготовки. Піддони у магазині зберігають штабелями. Магазин має привід, який висуває кожен піддон окремо для подачі його на тактовий стіл для переміщення в зону обслуговування промисловим роботом.

Складські модулі зазвичай передбачають хаотичне зберігання, тобто комірки складу не закріплюють за певним видом виробів або тари. Зазвичай об'єм складу ГВС механічної обробки становить 100...150 палет (магазинів).

Класифікація складів. Склади промислових підприємств поділяють:

- наклади прибуття (матеріали, комплектуючі вироби);
- проміжні виробничі склади (заготовки, напівфабрикати, інструмент, технологічне оснащення);
- склади відправлення (готова продукція).

За термінами зберігання вантажів склади поділяють на такі групи:

- 1) безпосереднього перевантаження (термін зберігання ($T_{зб}$) 0);
- 2) тимчасового зберігання ($0 < T_{зб} \leq 5$ діб);
- 3) короткострокового зберігання вантажів ($5 < T_{зб} \leq 20$ діб);
- 4) з середніми термінами зберігання ($20 < T_{зб} \leq 40$ діб);
- 5) тривалого зберігання ($40 < T_{зб} \leq 90$ діб);
- 6) довгострокового зберігання ($90 < T_{зб} \leq 365$ діб);
- 7) багаторічного зберігання ($T_{зб} > 365$ діб).

Важливою ознакою класифікації складів є розмір порцій прибуття та відправлення вантажів. Розміри порцій вантажів можуть різко коливатися навіть на одному й тому ж складі (табл. 5.1).

За кількістю найменувань одночасно складованих вантажів склади можна класифікувати як:

- склади однотипних вантажів (кількість найменувань від 60 до 100);
- багатоміністратурні склади (кількість найменувань вантажів – кілька сотень чи тисяч).

Кількість найменувань вантажів істотно впливає на вибір способу зберігання:

- на багатоміністратурних складах застосовують рядне зберігання (у клітинних стелажах);
- на складах однотипних вантажів – блочне зберігання (в штабелях або стелажах з багатомісними комірками).

За висотою зберігання вантажів слід розрізняти три основні групи одноповерхових складів:

- низькі (з корисною висотою зони складування не більше за 5 м);
- середньої висоти (з корисною висотою зони складування від 5 до 8 м);
- висотні (з корисною висотою зони складування понад 8 м).

За рівнем механізації та автоматизації склади поділяють на такі типи:

- немеханізовані;
- механізовані;
- високомеханізовані;
- автоматизовані;
- автоматичні.

**Класифікація складів поштучних вантажів за обсягом порцій
приймання та видачі одного найменування**

Співвідношення порцій приймання ($Q_{\text{П}}$) і видачі ($Q_{\text{В}}$) вантажів та місткості піддону (G)	Характеристика процесів		Типи складів
	Приймання вантажів на склад	Видачі вантажів зі складу	
$Q_{\text{П}} = G = Q_{\text{В}}$	По одному піддону з вантажем одного найменування	По одному піддону з вантажем одного найменування	Проміжні технологічні склади заводів; склади ГАВ
$Q_{\text{П}} = G > Q_{\text{В}}$		З відбиранням вантажів з піддону	
$Q_{\text{П}} = G < Q_{\text{В}}$		По кілька піддонів з вантажем одного найменування	
$Q_{\text{П}} > G = Q_{\text{В}}$	Великими порціями по кілька піддонів з вантажем	По одному піддону з вантажем одного найменування	Склади готової продукції заводів; перевалочні склади
$Q_{\text{П}} > G > Q_{\text{В}}$		З відбиранням з піддонів частини вантажів	
$Q_{\text{П}} > G < Q_{\text{В}}$		Великими порціями по кілька піддонів з вантажем одного найменування	
$Q_{\text{П}} < G = Q_{\text{В}}$	За допомогою докладання вантажів у складські піддони дрібними порціями	По одному піддону з вантажем одного найменування	Технологічні склади комплектації на заводах
$Q_{\text{П}} < G > Q_{\text{В}}$		З відбиранням частини вантажів з піддонів	
$Q_{\text{П}} < G < Q_{\text{В}}$		Великими порціями по кілька піддонів з вантажем одного найменування	

У немеханізованих складах застосовують ручну працю для перевантаження, переміщення і складування вантажів.

У механізованих застосовують засоби механізації з ручним керуванням для обслуговування зони зберігання вантажів, частину робіт виконують вручну.

Для високомеханізованих складів використовують засоби механізації з ручним керуванням на операціях складування, переміщення, навантаження та вивантаження, ручну працю на цих операціях не застосовують.

В автоматизованих складах застосовують напівавтоматичні механізми з введенням команд на клавіатурі або перфокартами на операціях переміщення або складування вантажів.

В автоматичних застосовують напівавтоматичні механізми з введенням команд від ЕОМ каналами зв'язку.

За технологією роботи склади ділять на комплектувальні та склади з пакетною переробкою вантажів.

За видом складування поділяють на штабельні та стелажні;

За взаємним розміщенням сховища та експедиції склади поділяють на потокові та тупикові.

За типом будівельної частини поділяють:

- на закриті склади, навіси, відкриті майданчики;
- одно- та багатоповерхові;
- одноповерхові та багатоповерхові.

За розміщенням на генплані заводу поділяють на окремо розташовані та зблоковані з виробничими корпусами.

На заводах систему складського господарства може бути побудовано за централізованим або децентралізованим принципом.

За найраціональнішої централізованої системи складського господарства в цехах і на дільницях немає своїх складів, а всі запаси сировини, готових виробів і напівфабрикатів зберігають на центральних складах.

За децентралізованої системи складського господарства в цехах і на дільницях є свої невеликі склади.

У системі централізованого складського обслуговування цехів і доставки вантажів зі складів по кільцевих маршрутах кожен такий маршрут охоплює певну кількість складів, цехів, дільниць, зокрема ГВС.

Під час застосування маятникових маршрутів склад має безпосередній зв'язок з певним цехом.

Типи автоматичних складів. Основними ознаками класифікації є наявність стелажних конструкцій, типи та конструкції стелажів і штабелювальних машин. Можливою є класифікація автоматичних складів ГВС і за іншими ознаками: обсягом і розмірами складів; функціональними призначеннями; типами та параметрами складської тари; розміщенням ділянок прийому та видачі вантажів по відношенню до зони зберігання; рівня та технічних засобів автоматизації тощо (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Класифікація за типами обладнання

Склади забезпечують взаємодію ГВС із зовнішніми відносно неї системами промислового підприємства. Через склади надходять і відправляються усі матеріальні потоки, потрібні для успішного функціонування ГВС.

Призначення автоматизованої складської системи ГВС:

1. Приймання, зберігання нормативного запасу, видача у виробництво та облік вихідної сировини, основних матеріалів і заготовок, допоміжних матеріалів, порожньої тари, інструменту та пристроїв, змінних захоплювачів і запасних частин для верстатів та ПР.

2. Накопичення та тимчасового зберігання готових виробів, відходів виробництва, бракованих деталей з метою забезпечення ефективного виробничого процесу в ГВС.

Склад може бути поєднанням різних технологічних дільниць:

- зони зберігання вантажів;
- дільниці прийому та видачі вантажів на внутрішньозаводський транспорт;
- дільниці укладки деталей або виробів у транспортно-складську тару;
- дільниці прийому та видачі вантажів із зони зберігання;
- дільниці прийому та видачі вантажів на внутрішньосистемний транспорт ГВС.

Найбільш поширений автоматичний стелажний склад, що має такі елементи:

- стелажні конструкції;
- автоматичні штабелювальні машини;
- транспортно-складська тара;
- пристрої для перевантаження тари (порожньої або навантаженої) з штабелювальних машин на накопичувач;
- підлогові накопичувачі (конвеєри або спеціальні пристрої);
- пристрій для передачі тари з накопичувача на транспортну систему ГВС або у зворотному напрямку;
- технічні засоби систем автоматичного управління складом.

Класифікація накопичувачів. Основними проблемами проектування накопичувачів ГВС є вибір типу та його розміщення, з одного боку, і кількості та розміру накопичувачів, з другого.

Під час розрахунку розміру міжопераційних накопичувачів *головним принципом* вважають такий: кількість виробів, що зберігають, має бути настільки малою, наскільки це є можливим за умови безперервної роботи виробничої системи, враховуючи можливість появи періодів, коли обслуговування не відбувається.

Типи накопичувачів можна класифікувати за режимом їх роботи та розміщення:

1. Внутрішній буферний (місцевий) накопичувач утворюється на місцях, розташованих на робочих позиціях вузлів системи. У цих місцях матеріал очікує наступної операції обробки чи транспортування в системі.

2. Розподільчий міжопераційний накопичувач – склад, розміщений у зоні власне виробничої системи, слугує, наприклад, як міжопераційний накопичувач між централізованим накопичувачем (зовнішнім) і

робочими позиціями системи або як розширений буферний накопичувач у системі. Такий накопичувач обслуговує тільки одну систему.

3. Централізований міжопераційний накопичувач (централізований накопичувач), розміщують поза виробничою зоною, його продуктивність розглядають згідно з потребами усього підприємства.

Різноманітні поєднання розглянутих типів накопичувачів дають змогу утворити чотири практично можливі моделі накопичувача.

1. *Суто буферний накопичувач:*

- деталі розміщені у буферних місцях по обидва боки від робочих позицій;

- максимальна місткість накопичувача визначається загальною кількістю деталей, що підлягають міжопераційному накопиченню. Під час розрахунку слід брати до уваги залежність загальної зміни кількості деталей від часу, оскільки узгодження змін з буферними зонами інших робочих позицій є неможливим;

- на стадії проектування слід також врахувати можливі потреби в розширенні та реконструкції системи, необхідність яких може виникнути пізніше, оскільки буферні зони тісно пов'язані зі схемою розміщення, через що згодом важко внести зміни.

2. *Буферний і розподільчий міжопераційний накопичувач:*

- за робочими позиціями закріплені окремі буферні місця, що сприяє безперервній циркуляції виробництва в системі;

- партія деталей, яку обробляють або повністю безпосередньо надходить на обробку на певній установці (системі), або частково накопичується у буферних зонах;

- решта деталей, що накопичуються (у кількості, яка необхідна в періоди, що не обслуговуються), або коли йдеться про велику кількість партій – розкладають у розподільчі міжопераційні накопичувачі; для цього не потрібні великі буферні зони на робочих позиціях, але виникає потреба у транспортуванні між міжопераційними накопичувачами та робочими позиціями;

- розраховуючи накопичувач, слід мати на увазі те, що розподільчі накопичувачі різних систем розміщено окремо один від одного, що не дає можливості узгодження змін ємності за допомогою використання резервів інших накопичувачів, тобто розподільчий накопичувач завжди пов'язаний з певною системою;

- як основу для розрахунку слід використовувати максимальну накопичувальну кількість деталей в усій системі, без урахування кількості, що накопичується у відповідних буферних зонах робочих позицій.

3. Буферні зони і централізований накопичувач:

- централізований накопичувач пов'язаний з діяльністю підприємства загалом;

- буферні зони розраховують за другою моделлю, а інші деталі від різних установок накопичуються централізовано.

4. Буферні зони, розподільче та централізоване накопичування:

- поєднання всіх згаданих типів, причому комплексне рішення складається з багатьох буферних зон, розподільчих накопичувачів і одного централізованого накопичувача, які утворюють одну ієрархічну систему міжопераційного накопичення всього підприємства;

- накопичувані деталі, що не належать до нижнього рівня, переходять на наступний ширший рівень;

- буферні зони розглядають згідно з другою моделлю;

- кожен з розподільчих міжопераційних накопичувачів розглядають відповідно за мінімальної загальної зміни кількості деталей, накопичуваних на даній установці, крім тих, що накопичуються у буферних зонах установки;

- централізований накопичувач розраховують на підставі суми максимальної кількості загальної зміни накопичуваних деталей різних систем (установок).

Транспортно-складська тара. Основою технічного оснащення, механізації та автоматизації процесів переміщення і складування вантажів на складах заводів є застосування багатооборотної транспортно-складської або спеціалізованої технологічної тари (касет, супутників).

Вибір параметрів складської тари – один із перших етапів проектування складської технології, оскільки тара пов'язує між собою номенклатуру перероблюваних вантажів, виробничі ділянки заводу, зовнішні та внутрішні вантажопотоки і всі елементи складської системи (стелажі, штабелювальне обладнання, складську будівлю).

Ув'язка тари з зовнішніми вантажопотоками складу має виконуватися шляхом кращого заповнення транспортних засобів навантаженими піддонами та забезпечення безперевалочного процесу транспортування вантажів від споживачів до постачальників у пакетах.

Транспортний пакет – це укрупнена вантажна одиниця, сформована з поштучних вантажів у тарі та без неї із застосуванням різних способів і засобів пакування, що не втрачає форму у процесі обігу та сприяє розвитку комплексної механізації вантажно-розвантажувальних і складських операцій.

Одним із основних засобів пакування є піддони (плоскі, стійкові та ящикові). Усі піддони можна класифікувати так:

- *за призначенням*: транспортні та технологічні (касети, супутники);
- *за видом вантажів*, що транспортуються:
 - а) універсальні (для вантажів широкої номенклатури);
 - б) спеціальні (для певних вантажів);
- *за конструкцією* (плоскі, стійкові, скринькові, одно- та двонастильні, одно- та двозаходні);
- *за матеріалом* (металеві, дерев'яні, пластмасові, картонні, композитні з застосуванням деревостружкових плит та інших матеріалів);
- *за тривалістю використання* (разового використання, багатооборотні);
- *за місцем застосування* (внутрішньоскладські піддони, для внутрішньозаводських перевезень, для зовнішніх магістральних перевезень);
- *за розмірами* (150×200, 200×300, 300×400, 400×600, 600×800, 800×800, 800×1000, 800×1200, 1000×1000, 1000×1200).

Багатооборотні піддони є частиною транспортно-складського обладнання ГАВ, дільниці, цеху, заводу.

Особливістю спеціальних технологічних піддонів для ГАВ є те, що на них певні вантажі (заготовки, напівфабрикати, деталі) розміщують у фіксованому положенні, а іноді й закріплюють заздалегідь, наприклад, на піддонах-супутниках.

5.2. Послідовність проектування складів

Склади проектують в одну стадію (робочий проект) або у дві стадії (проект і робоча документація).

Робочий проект складу виконують звичайно у два етапи. На першому етапі визначають технічну можливість та економічну доцільність основних технологічних, об'ємно-планувальних і

конструктивних рішень щодо складу та складають кошторис. На другому етапі розробляють робочі (монтажні) креслення складу.

На першому етапі вирішують такі завдання:

- можливі конкурентоспроможні варіанти складу (за способами складування, параметрами складської будівлі, компонованням технологічних ділянок та складу в цілому, типом і основними характеристиками складської тари, стелажного та штабелювального обладнання, технологією, механізацією, організацією та автоматизацією робіт).
- обґрунтований вибір рекомендованого варіанта складу за всіма зазначеними факторам;
- технологічні розрахунки складу (об'єм, параметри вантажних фронтів, приймально-відправні експедиції, внутрішньоскладський транспорт, продуктивність та потрібна кількість підйомно-транспортного устаткування тощо);
- технологія й організація складських робіт, порядок опрацювання вантажів і документів;
- техніко-технологічні показники та їх порівняння з відповідними нормативними показниками.

Після затвердження основних технічних рішень щодо першого етапу розробляють робочі креслення:

- робочі (монтажні) креслення розташування обладнання (плани, розрізи);
- відомості покупного устаткування;
- технологічні карти, що відображають зміст операцій, їх трудомісткість, способи та послідовність виконання;
- посадові інструкції складським працівникам.

Вихідні дані для проектування складів. Вихідні дані, потрібні для проектування нового складу або для реконструкції, розширення та технічного переозброєння існуючого наведено в табл. 5.2.

Основними даними є відомості про номенклатуру вантажів. У стовпчику 2 (табл. 5.2) за невеликої кількості найменувань (до декількох десятків) зазвичай вказують точні назви вантажів, з яких складається вся номенклатура. Якщо за невеликої кількості найменувань вантажів окремі модифікації, марки, типи продукції істотно не відрізняються за розмірами, масою, характером упаковки, можливостями укладки на

піддони, то їх також для спрощення подальших розрахунків доцільно об'єднувати в групи: заготовки, інструмент, пристосування, запчастини для обладнання, порожня тара, готові вироби, напівфабрикати, відходи виробництва, брак, допоміжні матеріали.

Таблиця 5.2

**Форма для складання вихідних даних
для проектування складу поштучних вантажів**

№ пор.	Назва вантажу	Річний вантажопотік, т/год	Запас зберігання, т, шт.	Число найменувань вантажів	Прибуття вантажів						Зберігання			Видача вантажів				
					Транспорт та умови прибуття	Одне місце вантажів			Розмір порцій прибуття	Технологічні операції прийому	Умови зберігання	Одне місце вантажів		Транспорт та умови видачі	Одне місце вантажів			Розмір порцій видачі одного найменування
						Упаковка, тара	Розміри, мм	Маса, кг				Розміри, мм	Маса, кг		Упаковка	Розміри, мм	Маса, кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Найменування вантажів... 2. Число замовлень за добу... 3. Число найменувань вантажів у замовленні... 4. Режим роботи складу (число днів роботи в році та число змін роботи за добу): – на прийомі... – на видачі...											5. Характеристики нерівномірності зовнішніх вантажопотоків. 6. Будівельні креслення споруд (для існуючого складу або того, що реконструюють). 7. Копіювання з креслення, складської бази або технічного планування цеху з розміщенням складу							

Кількість груп вантажів залежно від різноманіття номенклатури рекомендують брати від 5 до 60 (за потреби й більше).

Потім визначають параметри виробу-представника групи вантажів.

Спочатку визначають загальний запас вантажів розглянутої групи:

$$I = \sum_{i=1}^k I_i,$$

де I_i – запас зберігання вантажів i -го найменування, т; k – число найменувань вантажів у групі.

Довжину типового представника групи вантажів визначають за формулою:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^k (a_i \cdot I_i)}{I},$$

де a_i – довжина вантажу i -го найменування.

Ширину (B) і висоту (h) представника групи визначають за аналогічними формулами.

Потім визначають математичне сподівання об'єму, що займає представник групи:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^k (a_i B_i h_i I_i)}{I}.$$

Масу представника групи визначають за формулою:

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^k (g_i I_i)}{I}.$$

Річний вантажопотік (\bar{Q}) і запас зберігання (\bar{I}) представника групи знаходять за формулами:

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^k Q_i;$$
$$\bar{I} = \sum_{i=1}^k I_i.$$

Параметри вантажу (представника групи) зручно визначати за табл. 5.2.

У стовпчику 6 вказують вид транспорту (електричний візок, підвісний конвеєр, автотранспорт тощо) та умови доставки (наприклад, 80 % – автотранспортом, 20 % – у критих залізничних вагонах розсипом).

У стовпчику 7 – тип упаковки вантажів (скринькові, піддони, коробки та ін.).

У стовпчику 8, 9 – параметри типового представника кожної групи вантажів.

У стовпчику 10 – середня маса вантажу кожної групи у вагоні, автомобілі та ін.

У стовпчику 11 – стислий перелік особливих технічних операцій, які слід виконувати під час прийому вантажів (зважування, перерахунок, вхідний контроль якості тощо).

У стовпчику 12 – особливі технологічні вимоги до умов зберігання вантажів (температура, вологість, вертикальне чи горизонтальне розміщення вантажів у піддонах, можливість укладання вантажів один на одного, зазори між вантажами з урахуванням захоплення промисловим роботом та ін.).

У стовпчику 15 – дані про транспорт та умови відправки вантажів зі складу, аналогічні даним про прибуття вантажів (стовпчик 6).

У стовпчику 16 – тип упаковки, в якій вантажі видають зі складу.

Підсистеми складу. Розглядаючи будь-який склад як систему, в його структурі виділяють три функціональні підсистеми (рис. 5.3):

- прийом вантажів із зовнішнього, відносно складу, транспорту;
- зберігання вантажів;
- видача вантажів зі складу на транспорт.

Підсистемі прийому вантажів належать такі елементи:

- секції розвантаження Р;
- секції тимчасового зберігання ТЗ1;
- секції сортування та розкладання вантажів у складську тару С;
- необхідні транспортні засоби.

Підсистема зберігання вантажів має:

- зону зберігання З;
- накопичувач вантажів Н1 на вході;
- накопичувач Н2 на виході з підсистеми зі штабелерами, стелажими та іншими елементами для зберігання і переміщення вантажів.

Підсистема видачі вантажів на зовнішній транспорт містить:

- підйомно-транспортні засоби;
- секції відбирання та пакування вантажів:
 - відділ видачі ВВ;
 - комплектації замовлень К;
 - відділ тимчасового зберігання перед відправкою ТЗ2;
- секцію вантаження на зовнішній транспорт В.

Т1 ... Т16 – можливі транспортні переміщення між секціями.

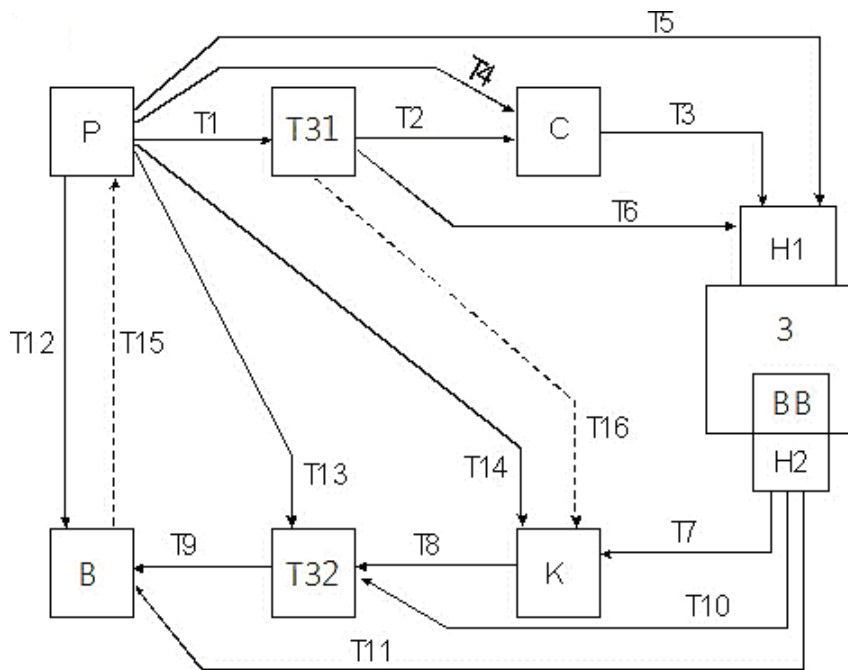


Рис. 5.3. Узагальнена структурно-функціональна схема складу:

————— переміщення вантажів;

----- переміщення тари

Обсяг робіт, що виконують на складі, в часі різняться залежно від моменту прибуття партії вантажів, їх кількості, а також наявності замовлень на видачу партії вантажів. Тому стан, у якому перебуває склад залежно від зазначених чинників, а також параметри складу можна визначити тільки в ймовірнісному вираженні. Можна виявити чотири основні технологічні операції, що виконують на складі:

- розвантаження;
- навантаження;
- сортування та прийом на зберігання;
- комплектація та видача зі сховища.

Відповідно до цих чотирьох операцій, залежно від їх комбінації, можливі 16 різних станів складу, за яких виконують різні за характером роботи.

Загальну структуру складської системи механоскладального виробництва показано на рис. 5.4.

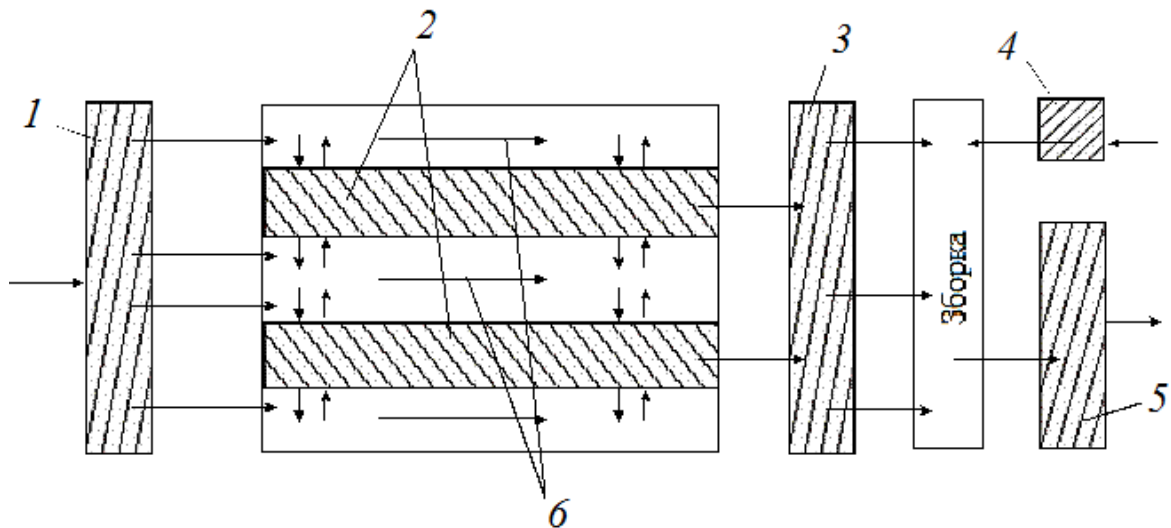


Рис. 5.4. Загальна структура складської системи:

1 – склад металу та заготовок; 2 – міжопераційний склад; 3 – тимчасовий склад готових виробів; 4 – склад комплектуючих; 5 – склад готових виробів; 6 – лінії технологічного процесу

На початку ліній механічної обробки зазвичай розміщують склад 1 металу та заготовок. Залежно від інтенсивності вантажопотоку та виробничої потужності цеху це може бути один централізований склад або декілька спеціалізованих за видами матеріалу або заготовок. У разі розміщення декількох цехів в одному корпусі необхідно розглянути доцільність створення централізованого складу заготовок.

Для зберігання заготовок між операціями технологічного процесу в умовах одиничного та серійного виробництва використовують міжопераційний склад 2. Для зберігання готових деталей в структурі складального цеху передбачають склад 3 з відділенням для комплектування деталей у потрібній кількості та асортименті на складання.

Для зберігання та видачі на складання комплектуючих виробів слугує склад комплектуючих 4.

Зібрані та випробувані вироби надходять на склад готових виробів 5 з експедицією, де остаточно комплектують вироби необхідною документацією, упаковують та відправляють споживачу.

Для потокового виробництва міжопераційний склад 2 не потрібен.

Підсистема зберігання прокату та штучних заготовок. Склади для прокату та штучних заготовок організують для механічних цехів одиничного та дрібносерійного виробництва.

У масовому виробництві склади заготовок зазвичай влаштовують при заготівельних цехах, а на початку ліній механічної обробки відводять зону шириною 2...3 м для розміщення тари із заготовками.

Склад прокату та штучної заготовки розміщують на початку прогонів механічного цеху або у спеціальному прогоні, перпендикулярному до верстатних прогонів.

У разі укрупненого проектування цехів площу складів визначають на підставі нормативних даних про запаси зберігання заготовок, напівфабрикатів і готових деталей, використовуючи техніко-економічні показники аналогічних складів:

$$S_{ск} = \frac{m_{\Sigma} t}{D q k_{\rho}},$$

де m_{Σ} – маса заготовок, напівфабрикатів, деталей, що проходять через цех протягом року, т; t – нормативний запас часу зберігання вантажів на складі, (календарні дні); q – середня вантажонапруженість площі складу, т/м²; D – число календарних днів у році; k_{ρ} – коефіцієнт використання площі: $k_{\rho} = 0,25...0,3$ – у разі обслуговування складу підлоговим конвеєром; $k_{\rho} = 0,35...0,4$ – у разі обслуговування стелажними та мостовими кранами-штабелерами.

За детального проектування складів враховують номенклатуру заготовок, напівфабрикатів, деталей і визначають основні параметри – число комірок, секцій, штабелерів, робочих місць шляхом планування обладнання та визначають число працівників.

При цьому визначають запас зберігання по кожній групі заготовок:

$$Q_i = \frac{m_i t_i}{365},$$

де m_i – маса заготовок, що надходять за рік, т; t_i – запас зберігання, днів.

Далі визначають необхідне число одиниць тари Z_{Ti} для розміщення необхідного запасу по кожній групі заготовок:

$$Z_{Ti} = \frac{Q_i}{C_{Ti}},$$

де C_{Ti} – середня місткість тари певного типу, яку визначають за формулою:

$$C_{Ti} = q_i K_{Ti},$$

де q_i – максимальна вантажопідйомність обраного типу тари; K_{Ti} – коефіцієнт використання тари за вантажопідйомністю, $K_{Ti} = 0,2 \dots 0,85$.

Кількість секцій стелажів:

$$Z_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^m Z_{Ti}}{Z},$$

де m – кількість груп заготовок, що зберігаються на складі; Z – кількість одиниць тари, що розміщується в одній секції даного типу стелажа.

Площа ділянок для тимчасового зберігання вантажів дорівнює:

$$S_m = \frac{m_p k_n t}{253 q'},$$

де m_p – маса вантажів, що надходять (відправляються) за рік, т; k_n – коефіцієнт, у якому враховано нерівномірність надходження ($k_n = 1,3$) і відправлення ($k_n = 1,5$) вантажів; t – час перебування вантажу на майданчику (2...3 дні); q' – вантажонапруженість приймального та відпускнуго майданчиків, що дорівнює половині середньої вантажонапруженості складу q :

$$q = \frac{Z_k C_{Ti} Z_e}{f_c},$$

де Z_k – число піддонів, розміщуваних в одній комірці; C_{Ti} – середня вантажомісткість тари, т; Z_e – число ярусів стелажів по висоті; f_c – площа, що займає одна секція стелажа, м².

Проектування підсистеми зберігання напівфабрикатів та виробів. До цієї підсистеми в загальному випадку належать міжопераційні склади, склади готових деталей і виробів.

Міжопераційні склади слугують для того, щоб забезпечити зберігання заділів, що виникають на різних операціях технологічного процесу в непотоковому виробництві. Вони можуть: 1) належати до загальної структури централізованого складу; 2) бути частиною автоматизованих транспортно-накопичувальних систем; 3) бути автономними на дільницях виготовлення деталей.

Вибір того чи іншого варіанта має бути тісно пов'язаний з вибором транспортної системи цеху.

Площу міжопераційного складу визначають за формулою:

$$S_{m.c.} = \frac{1,1 m t i}{D q K_g},$$

де m – маса деталей, оброблюваних у цеху (на ділянці) протягом року; t – запас зберігання, діб; i – кількість доставок напівфабрикатів деталей на склад:

$$i = n I,$$

де n – кількість операцій технологічного процесу; D – кількість календарних днів у році; q – вантажонапруженість складу, ($q \approx 15 \text{ т/м}^2$); K_g – коефіцієнт використання площі складу, $K_g \leq 0,5$.

Склад готових деталей слугує для накопичення та зберігання остаточно оброблених деталей, які очікують надходження на складання.

Площу такого складу визначають за формулою:

$$S_{z.det.} = \frac{1,1 m i}{q K_g},$$

де m – маса деталей і вузлів річного обсягу випуску, що підлягають зберіганням, т; i – кількість доставок готових деталей на склад; q – середня вантажонапруженість, т/м^2 , $q = 10 \dots 40 \text{ т/м}^2$; $K_g = 0,25 \dots 0,30$.

Підсистема зберігання технологічної оснастки та допоміжних матеріалів. У механічних і складальних цехах передбачають кладові для спеціальних пристосувань та інструментів, дільницю складання та зберігання універсальних верстатних пристосувань (УВП), кладові допоміжних (обтиральних) матеріалів.

Зазвичай самостійні кладові пристроїв та інструментального оснащення створюють у цехах одиничного, дрібносерійного та серійного виробництва за кількості верстатів понад 50 одиниць, а в цехах великосерійного та масового виробництва – за кількості більш як 200.

В іншому випадку створюють загальну кладову інструментів і пристроїв.

Інструментально-роздавальні кладові (ІРК) підпорядковують інструментальній службі заводу та використовують для забезпечення

робітників-верстатників і слюсарів різальним і вимірювальним інструментом, а за непотокового виробництва ще й пристроями (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Норми для розрахунку площі ІРК

Призначення кладової	Об'єкти зберігання	Норма площі на металорізальний верстат основного виробництва під час роботи цеха у дві зміни, м ²			
		тип виробництва			
		масове	велико- серійне	серійне	дрібно- серійне
Інструментально- роздавальна	Різальний та допоміжний інструмент	0,10...0,20	0,20...0,60	0,25...0,70	0,40...0,90
	Вимірювальний інструмент	0,10	0,10	0,15...0,30	0,30...0,50
	Різальний, допоміжний, вимірювальний інструмент	0,20...0,30	0,30...0,80	0,40...1,00	0,70...1,40
Пристроїв	Пристрої для встановлення деталей на станки	0,15...0,2	0,25...0,60	0,35...0,90	0,60...1,2
Інструмента- льної оснастки	Пристрої та всі види інструменту	0,35...0,50	0,55...1,40	0,75...1,90	1,30...2,60
Абразивів	Шліфувальні та полірувальні круги (на один шліфувальний, довідний верстат)	0,40...0,50	0,40...0,60	0,45...0,70	0,50...0,80
Допоміжних матеріалів	Обтиральні та господарські матеріали (на одиницю виробничого устаткування)	0,10	0,10	0,10	0,10

Примітка. Для цехів прецизійної обробки табличні дані потрібно помножити на k що становить 1,27.

Під час визначення чисельності комірників виходять з того, що один обслуговує таку кількість верстатів:

– за одиничного і дрібносерійного виробництва – 35...40;

- за серійного – 55...65;
- великосерійного – 75...85;
- масового – 95....105.

Ділянки зберігання УВП проектують відповідно до кількості ($Z_{\text{пр}}$) збірно-розбірних пристроїв, які збирають на ділянці протягом року:

$$Z_{\text{пр}} = N_{\text{оп}} m,$$

де $N_{\text{оп}}$ – кількість операцій, що виконують у цеху за рік з використанням УВП; m – середнє число запусків заготовок на рік.

Площу ділянки УВП визначають так.

Один слюсар збирає за рік до 1000 компонувань УВП. Площа для одного слюсаря становить не менше ніж 20 м². Якщо ділянку обслуговують двоє та більше слюсарів, то на одного слюсаря беруть від 12 до 20 м².

Розміщують дільницю поряд зі складом пристроїв.

Заготівельне відділення. У заготівельному відділенні виконують розрізування та центрування заготовок з пруткового матеріалу, обдирання прутків і труб. Заготівельне відділення, якщо немає централізованого загальнозаводського цеху (за наявності декількох механічних цехів), розміщують разом зі складом матеріалів і заготовок.

Номенклатуру та потрібну кількість обладнання заготівельного відділення під час проектування детальним способом визначають на підставі операційних карт на заготівельних операцій.

Для механічних цехів з невеликою кількістю автоматів, револьверних верстатів і верстатів, що потребують нарізаних заготовок з пруткового матеріалу, в заготівельному відділенні часто досить встановити ножівкову та циркулярну пилки, відрізний, центрувальний, токарно-обдирний, револьверний (для загострення прутків), правильний і рихтувальний верстат, прес для виправлення коротких заготовок у призмах і наждачне точило – всього близько 10-и верстатів.

Питому площу на один верстат беруть у 25...30 м², тоді площа всього відділення становитиме:

$$F_{\text{заг.від}} = (25...30) S_{\text{заг.від}},$$

де $S_{\text{заг.від}}$ – кількість верстатів, яку беруть для заготівельного відділення.

5.3. Компонування складських підсистем

Розміщення складів у ГВС залежить від типу та характеру виробництва, обсягу виробничої програми, типу внутрішньоцехового і внутрішньосистемного транспорту, будівельної частини виробничого корпусу, в якому розміщено ГВС, та інших факторів.

Всього можливі понад 20 компоновальних схем розташування автоматичних складів у ГАВ, що відрізняються кількістю складів, їх технічним оснащенням, типом і конструкцією транспортних пристроїв, взаємним розташуванням автоматичних складів і роботизованих технічних комплексів (РТК).

Компонування автоматичних складів з урахуванням транспортних підсистем і виробничих комплексів ГВС можна поділити:

1) *за кількістю складів*: з одним, двома, трьома складами (склад напівфабрикатів, готових виробів, оснащення та інструменту) та чотирма складами (склад напівфабрикатів, готових виробів, інструменту та оснастки, відходів виробництва) тощо.

2) *функціями штабелювальної машини*: склади, де штабелер обслуговує тільки секції сховища; склади, де штабелер обслуговує стелажі сховища та здійснює транспортування вантажів всередині ГВС (подачу напівфабрикатів до виробничого обладнання, готових деталей на склад з виробничої ділянки та ін.);

3) *транспортними зв'язками складів і виробничих ділянок*: з безперервним транспортом (підлоговим або підвісним); з дискретним транспортом (візками рейковими і безрейковими, каретками-операторами);

4) *розташуванням їх по відношенню до виробничих ділянок*: лінійне розташування – стелажі складу розміщено в одну лінію з рядом верстатів ділянки; поперечне – стелажі складу встановлено перпендикулярно до рядів верстатів; паралельне – стелажі розташовано паралельно рядам виробничих комплексів.

Найсуттєвішою характеристикою загального компонування складу є розміщення ділянок прийому та видачі вантажів щодо зони основного зберігання. За цією ознакою можливі такі загальні компоновання складів:

- **однобічні (тупикові)**, в яких ділянки прибуття та видачі вантажів розташовано з одного й того ж боку сховища (рис. 5.5).

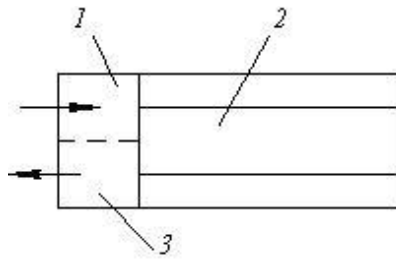


Рис. 5.5. Однобічне компонування складу:
 1 – ділянка прийому вантажів; 2 – ділянка зберігання вантажів;
 3 – ділянка видачі вантажів

• двобічні поздовжні (прохідні), в яких вантажі надходять у зону зберігання з одного кінця, а видають їх з іншого (рис. 5.6).

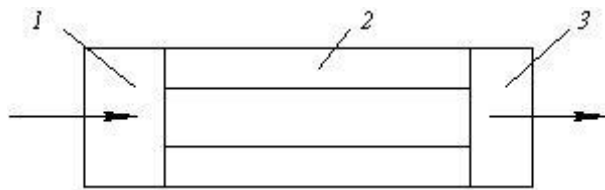


Рис. 5.6. Двобічне поздовжнє компонування складу:
 1 – ділянка прийому вантажів; 2 – ділянка зберігання вантажів;
 3 – ділянка видачі вантажів

• двобічні поперечні – вантажі надходять з торця сховища, а видають їх на бічній стороні або у зворотному напрямку (рис. 5.7).

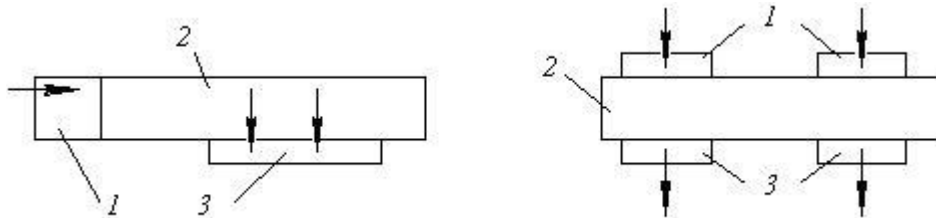


Рис. 5.7. Двобічні поперечні компонування складу:
 1 – ділянка прийому вантажів; 2 – ділянка зберігання вантажів;
 3 – ділянка видачі вантажів

Найпростіше компонування для невеликих ГВС складається із робота, розташованого у центрі, з одного боку від якого встановлено один складський стелаж, а з другого – виробничу дільницю ГВС.

Подачу заготовок та інструменту, видачу готових виробів з ГВС виконують на конвеєрі-накопичувачі 3, варіанти встановлення якого зображено на рис. 5.8.

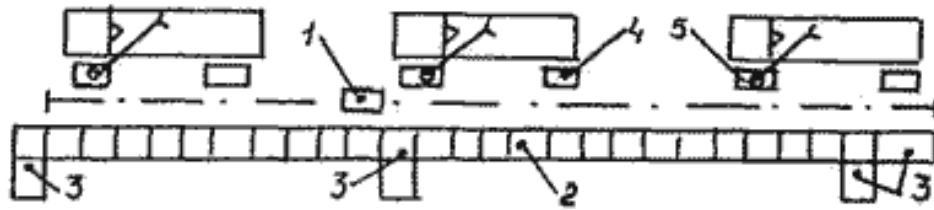


Рис. 5.8. Типове планування транспортно-складської системи ГВС:
 1 – автоматичний стележний кран-штабелер; 2 – стележ;
 3 – конвеєр прийому та видачі; 4 – перевантажувальний пристрій; 5 – робот

Недоліками цього компонування є велика довжина ГВС за невеликої ширини та незначна продуктивність за великої кількості верстатів і малого часу обробки деталей.

Аналогічним є центральне компонування автоматичного складу ГВС з двома стележами (рис. 5.9). Таке компонування є раціональним, оскільки склад максимально наближений до технологічного устаткування і транспортні зв'язки у ГВС найпростіші.

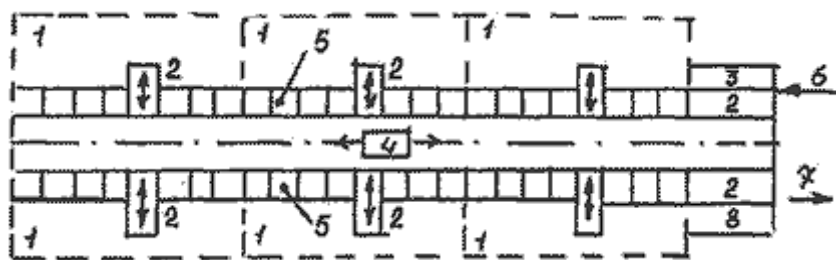


Рис. 5.9. Центральне компонування складу ГВС з автоматичним стележним краном-штабелером:

- 1 – виробнича ділянка; 2 – перевантажувальний пристрій; 3 – ділянка вхідного контролю;
 4 – автоматичний кран-штабелер; 5 – об'єднаний склад; 6 – надходження заготовок, інструменту, порожньої тари; 7 – вихід готових виробів; 8 – ділянка ВТК

У такому випадку кран-штабелер (транспортно-складський робот) виконує не тільки функції складування, а й розподіляє між виробничими комплексами матеріали, інструменти, заготовки, а також забирає від них готові вироби. Транспортні зв'язки всередині ГВС зведені до мінімуму завдяки тому, що виробничі комплекси розміщено поряд з пристроєм прийому та видачі вантажу з автоматичного складу. В результаті такого компонування з'являється можливість цілком відмовитися від

внутрішньосистемного транспорту та видавати вантажі зі складу безпосередньо на виробничі ділянки.

Пристрої для прийому-видачі вантажів на виробничі ділянки можуть бути вбудовані в стелажі. З цих пристроїв перевантажувальні роботи безпосередньо передають заготовки та встановлюють на верстати. За такого компоювання транспортну підсистему зводять до перевантажувальних пристроїв і роботів завдяки тому, що єдиний багатофункціональний склад безпосередньо наближений і взаємодіє з виробничими ділянками. Це сприяє ощадливому використанню виробничих площ, зниженню витрат на операції переміщення вантажів у ГВС, підвищенню продуктивності праці та надійності всієї транспортно-складської системи ГВС.

Однак під час створення ГВС в умовах існуючого цеху центральну компоювку ГВС не завжди можна здійснити, тому застосовують також лінійне компоювання складів щодо виробничих дільниць (рис. 5.10, 5.11), коли стелажні склади розташовують у кінці лінії верстатів. За такої компоювки склади можуть бути розташовані з одного або обох торців виробничої дільниці (залежно від розмірів ГВС, вантажопотоків, запасів зберігання вантажів та інших факторів), а внутрішньосистемні переміщення заготовок, інструменту та готових виробів можуть бути проведені тими самими автоматичними кранами-штабелерами, що обслуговують і стелажні склади (рис. 5.10), або спеціальною транспортною підсистемою, в якій застосовують конвеєри, підлогові та підвісні транспортні роботи (рис. 5.11). Спеціальні транспортні системи доцільно використовувати за великих вантажопотоків і необхідності досягнення значної продуктивності транспортної підсистеми ГВС.

Стелажні автоматичні крани-штабелери застосовують для обслуговування складів за великих вантажопотоків і незначних запасів зберігання, а мостові крани-штабелери – у разі значних запасів зберігання, порівняно невеликих вантажопотоків і великих розмірів самих заготовок та готових виробів.

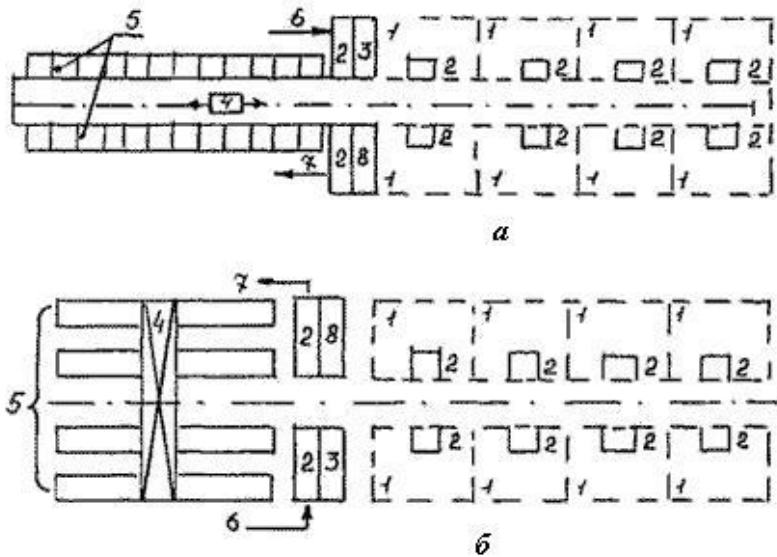


Рис. 5.10. Лінійні компонування складів ГВС:
з автоматичними стелажними (а) та мостовими (б) кранами-штабелерами,
які виконують складські і транспортні функції; 1 ... 8 – див. рис. 5.9

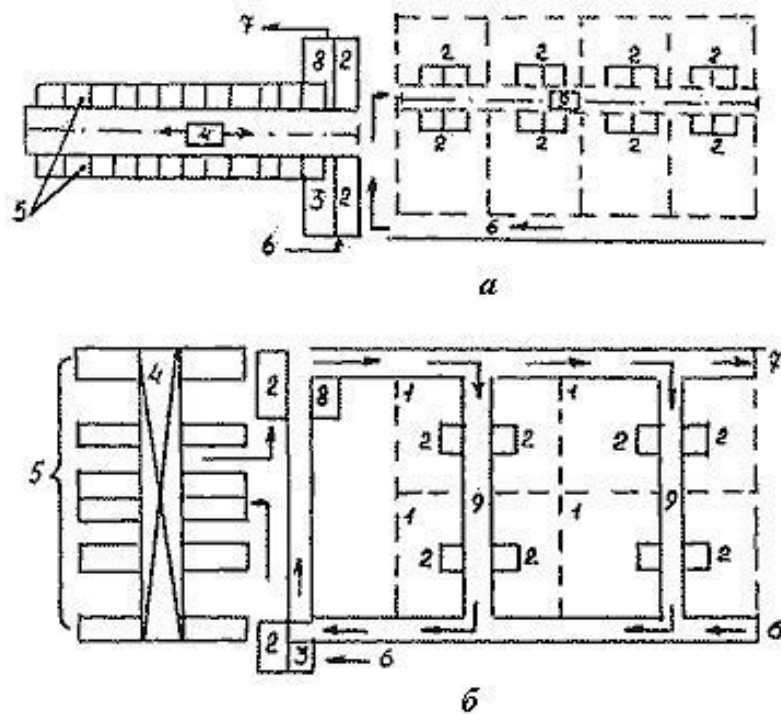


Рис. 5.11. Лінійні компонування складів ГВС:
з автоматичними стелажними (а) та мостовими (б) кранами-штабелерами
і додатковою транспортною системою 9; 1 ... 8 – див. рис. 5.9

У більших ГВС, наприклад ГАЦ, у деяких випадках доцільно застосовувати поперечне компонування автоматичного стелажного складу (рис. 5.12). Перевага такого компонування – наближення до квадратної у плані конфігурації ГВС (замість витягнутої в напрямку лінії верстатів).

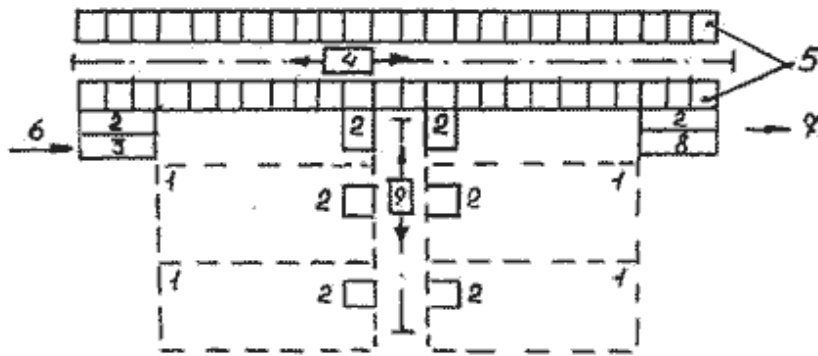


Рис. 5.12. Поперечне компонування автоматичного стелажного складу ГВС відносно виробничої системи з транспортною системою 9; 1 ... 8 – див. рис. 5.9

Автоматичні склади з гравітаційними стелажми (рис. 5.13), рекомендують застосовувати за обмеженої номенклатури заготовок і виробів. Їх переваги полягають у спрямованості вантажопотоку в стелажі та раціональному використанні виробничих площ.

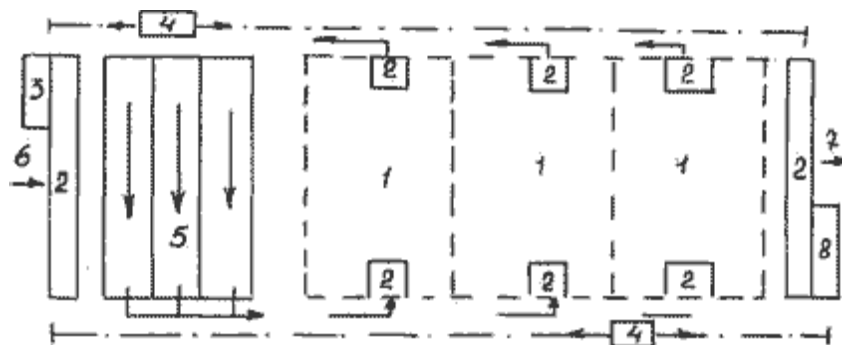


Рис. 5.13. Бічне компонування автоматичного (стелажного) складу відносно виробничих дільниць транспортної системи 9; 1 ... 8 – див. рис. 5.9

Підвісні автоматичні склади (рис. 5.14) використовують у тих випадках, коли на внутрішньоцеховому або внутрішньосистемному транспорті ГВС використовують підвісний штовхальний конвеєр з автоматичним адресуванням вантажів, що доцільно у масовому та великосерійному виробництвах і за дуже великої продуктивності виробничих комплексів.

Під час проектування складів ГВС найбільш раціональний варіант компонування обирають за техніко-економічними показниками (передусім, за наведеними витратами) під час порівняння декількох конкурентоспроможних варіантів.

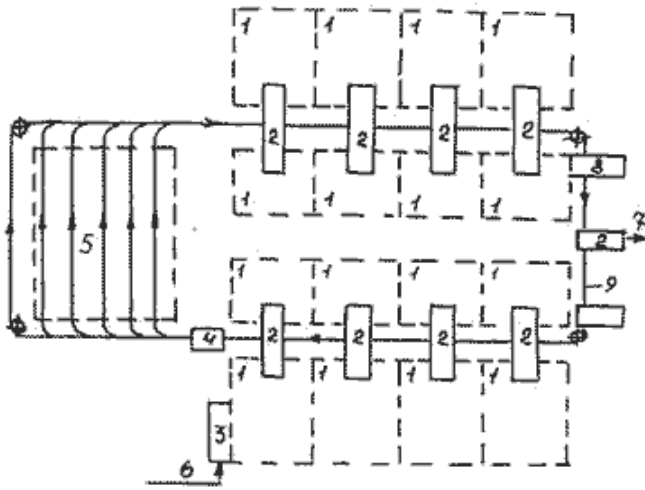


Рис. 5.14. Компонування автоматичного підвісного складу у поєднанні з підвісним штовхальним конвеєром 9, що здійснює внутрішньосистемні переміщення вантажів; 1 ... 8 – див. рис. 5.9

складу та кількості транспортних засобів.

Кількість транспортних засобів кожного типу визначають, виходячи з машинемісткості транспортних операцій.

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть класифікацію складів промислових підприємств.
2. Які основні вимоги до складів ГВС?
3. Як класифікують склади за рівнем механізації і автоматизації?
4. Яке призначення накопичувачів та як їх класифікують?
5. Що належить до автоматичного стелажного складу?
6. Яка існує класифікація транспортно-складської тари?
7. Які функціональні підсистеми складу?
8. Наведіть формулу для визначення площі складу прокату та поштучних заготовок.
9. Як визначити площу міжопераційного складу?
10. Які номенклатура та призначення заготівельного відділення?
11. Як поділяють компонування складів з урахуванням транспортних підсистем?
12. За якими показниками вибирають варіант компонування складів ГВС?
13. Як використовують крани-штабелери під час планування складів?
14. Які особливості складів під час їх роботи у ГВС?

Після розгляду компонувальних рішень складів ГВС можна дійти висновку, що варіант технічного оснащення, розміри, число складів та їх розташування істотно впливають на загальне компонування ГВС і його ефективність.

У проекті ГВС також має бути розв'язано задачу з визначення об'єму

Розділ 6. СИСТЕМА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГВС

6.1. Види, механізми та склад інструментального забезпечення

Для ефективної роботи ГВС у системі потрібно вирішити завдання автоматизованого забезпечення верстатів різальним інструментом. З огляду на це, у ГВС має бути центральний склад інструментів, приверстатних інструментальних магазинів, транспортна система доставки інструментів, а також ділянка підготовки інструментів до роботи та системи контролю їх працездатності на верстаті (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Структура інструментального модуля

Вартість інструментального забезпечення ГВС становить близько 20 % усіх витрат. Для зменшення затрат необхідно прагнути до скорочення номенклатури та кількості інструментів, що використовують у ГВС. Цього можна досягнути за рахунок реалізації таких заходів:

- заміна декількох (функціонально однакових і різних) інструментів одним;
- заміна фасонних інструментів формотворними інструментами;
- принципові зміни конструкції деталей;
- конструктивно-технологічна уніфікація геометричних елементів деталей.

Нині стосовно ГВС розроблено різні конструкції розточувальних оправок з автоматичним регулюванням вильоту різця з точністю до 0,005 мм, розгорток, що допускають накладання фасок за зворотного ходу тощо.

Найбільш успішно питання інструментального забезпечення ГВС вирішують у випадках, коли інструменти конструктивно компонують за блочно-модульним принципом. Цей принцип реалізовано, як для фрезерно-свердлильно-розточувального, так і для токарного інструменту.

Слід зазначити, що наявність у гнучкій виробничій системі центрального складу різальних інструментів має більше переваг. Особливо це стосується обробки широкого кола корпусних деталей, коли інструментів, установлених у магазині верстата, може не вистачати для обробки будь-якої певної заготовки.

Місткість центрального інструментального складу залежить від номенклатури оброблюваних деталей, частоти використання інструментів та їх стійкості. Зберігають інструмент у центральному складі на спеціальних палетах. Оптимальна місткість приверстатних магазинів становить 40...45 інструментів.

Доставку інструментів з центрального складу на верстат і їх заміну в приверстатних магазинах здійснюють за допомогою промислових роботів, робочарів та ін.

У випадку роботи в автоматичному режимі особливого значення набуває питання визначення працездатності різальних інструментів. Це складне питання вирішують за допомогою спеціальних пристроїв для контролю стану інструменту та визначення поломок. Роботу таких пристроїв засновано на різних методах: контроль струму в ланцюгу головного приводу, контактне обмацування, контроль різальної кромки лазерним та інфрачервоним випромінюванням тощо.

Робота верстатів із ЧПК, що належать ГВС, суттєво залежить від своєчасної зміни інструменту в магазинах верстатів.

До організації експлуатації різального інструменту в ГВС належать:

- приймання різального і допоміжного інструменту;
- комплектація та розмірне настроювання разом із допоміжним інструментом;
- доставка наладок інструментів до верстатів ГВС;
- спостереження за станом інструмента під час обробки деталей і його своєчасна заміна;
- систематизоване зберігання та облік.

Автоматизовані транспортно-накопичувальні системи інструментів призначено для виконання таких функцій:

- автоматичного транспортування та розподілу інструментів по верстатах комплексу;

- автоматичного завантаження та вивантаження з магазинів верстатів під час переходу на обробку іншої деталі та зберігання їх у центральних накопичувачах;
- виведення з автоматизованих верстатних комплексів інструментів на переналагодження та заточування;
- введення в автоматичні верстатні комплекси нових комплектів інструментів.

Ефективність організації системи інструментального забезпечення (СІЗ) визначають за такими чинниками:

- 1) зменшенням часу зміни інструмента та інструментальних магазинів на верстатах;
- 2) часом і трудомісткістю їх підготовки;
- 3) збільшенням терміну працездатності (стійкості) кожного інструмента;
- 4) скороченням і унеможливленням простоїв верстатів і всієї ГВС через проблеми пов'язані з використанням різального інструменту.

Організація подачі інструменту з центрального складу на верстати. Можливі три принципові схеми організації подачі інструменту з центрального складу на верстати (рис. 6.2).

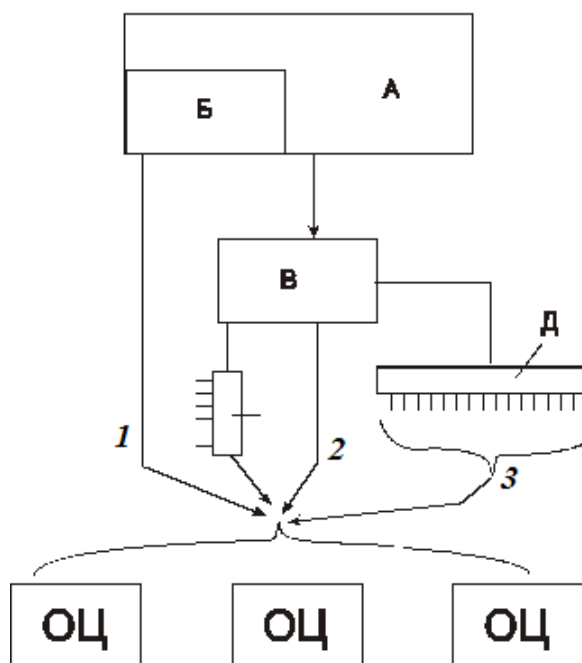


Рис. 6.2. Схема організації подачі інструменту зі складу на верстати:

- А – центральний склад; Б – ділянка налагоджування інструменту;
- В – інструментальна ділянка при ГВС; Д – проміжний склад;
- ОЦ – обробний центр; 1...3 – шляхи проходження інструменту

1. Подача з центрального складу А та через ділянку Б налагоджування інструменту при ньому безпосередньо до верстатів (шлях 1). За наявності великої кількості ГВС, які обслуговуються центральним складом, збільшує частоту транспортних потоків і значно завантажує роботою центральний склад; цю схему рекомендовано застосовувати як тимчасову на перших етапах впровадження ГВС.

2. Подача інструменту індивідуально з центрального складу на інструментальні дільниці окремих ГВС або змінними магазинами через ділянку В налагоджування інструменту при ГВС. Таку схему (шлях 2) застосовують дуже часто.

3. Подача інструменту з інструментальної дільниці В через проміжний склад Д, спільний для всіх верстатів типу ОЦ, і завантаження роботом зі стелажа складу В у стаціонарні магазини на верстатах.

Доставка інструменту на ОЦ безпосередньо з центрального складу обмежує автономію ГВС. Практично вибір має бути зроблено між другою і третьою схемами, кожна з яких має свої переваги та недоліки.

Друга схема потребує створення нових ОЦ зі змінними магазинами або істотної модернізації наявних ОЦ. Третя схема дає змогу автоматизувати завантаження інструментів роботами у магазини як нових, так і наявних ОЦ.

Переваги завантаження з загального стелажа дають можливість: мати на ОЦ невеликий магазин (або взагалі відмовитися від нього); мати ОЦ з магазинами різної конструкції, тоді як під час використання змінних магазинів усі верстати повинні мати однакові магазини. Подача кожному верстату свого магазину ускладнює автоматизацію, потребує додаткових пристроїв установки та перевезення різних магазинів, збільшує потоки і ймовірність простоїв через магазини. Завдяки наявності спільного стелажа інструменту можна скоротити загальну кількість інструменту, що знаходиться в обороті, отже – і собівартість продукції.

Однак за великої кількості ОЦ в одній ГВС створення загального інструментального стелажа та застосування роботів для завантаження інструментів здатні ускладнити свободу в розміщенні верстатів та іншого обладнання ГВС, тому застосування змінних або додаткових магазинів може виявитися доцільнішим.

Як видно з досвіду, попереднє налаштування інструменту поза верстатом і установка його у магазини на автоматизованому робочому місці не потребує значного часу: один оператор-настроювач за одну

зміну підготовлює інструменти, потрібні для забезпечення роботи десяти-дванадцяти ОЦ, що працюють у три зміни.

Важливе значення для нормальної роботи ГВС має *раціоналізація кількості та номенклатури різального інструменту*. Ця робота може відбуватися за такими напрямками:

- статистичний аналіз усієї наявної номенклатури різального інструменту за частотою та тривалістю користування;

- групування за типорозмірами та видами всієї номенклатури різального інструменту навколо найчастіше використовуваних видів і розмірів;

- статистичний аналіз усіх технологічних переходів на всю номенклатуру оброблюваних деталей, порівняння і класифікація за певними видами та кількістю типорозмірів різального інструменту, якими ці переходи зазвичай виконуються;

- аналіз можливості виконання різних технологічних переходів одним інструментом завдяки програмуванню складної траєкторії руху стола, шпинделя та їх разом;

- аналіз різноманітності посадочних місць різного інструменту на різних верстатах і прийняття обмеженого ряду розмірів посадочних конусів, циліндричних оправок та інших корпусів інструменту;

- аналіз можливості створення стандартних комбінованих і універсальних інструментів (наприклад, комбінований прохідний, підрізний і розточувальний різець);

- аналіз діаметрів і розмірів різьб кріпильних отворів, встановлення низки розмірів найчастіше використовуваних деталей, аналіз форми та ширини різних пазів, фасок, канавок і регламентація їх розмірів щодо скорочення діаметрів торцевих фрез для їх обробки;

- аналіз можливості заміни рідко використовуваних видів інструментів на часто використовувани шляхом збільшення (зменшення) тих чи інших розмірів деталей, які не впливають на їх функціональні властивості.

Характерними особливостями багатоопераційних верстатів з ЧПК є спеціальні накопичувачі – магазини для розміщення різального інструменту та механізації для їх автоматичного перевантаження в заданій послідовності з магазину в шпиндель верстата і навпаки.

Магазини інструментів багатоопераційних верстатів з ЧПК (рис. 6.3) виконують зазвичай невеликої місткості: від 12 до 60 інструментів. За кількості інструментів менше ніж 12 застосовують револьверні головки. Магазини інструментів місткістю 12...30 шт. виконують у вигляді барабанів (дисків). Магазини місткістю понад 50 інструментів виконують ланцюгової конструкції, рідко у вигляді барабанів з касетами або планетарного типу.

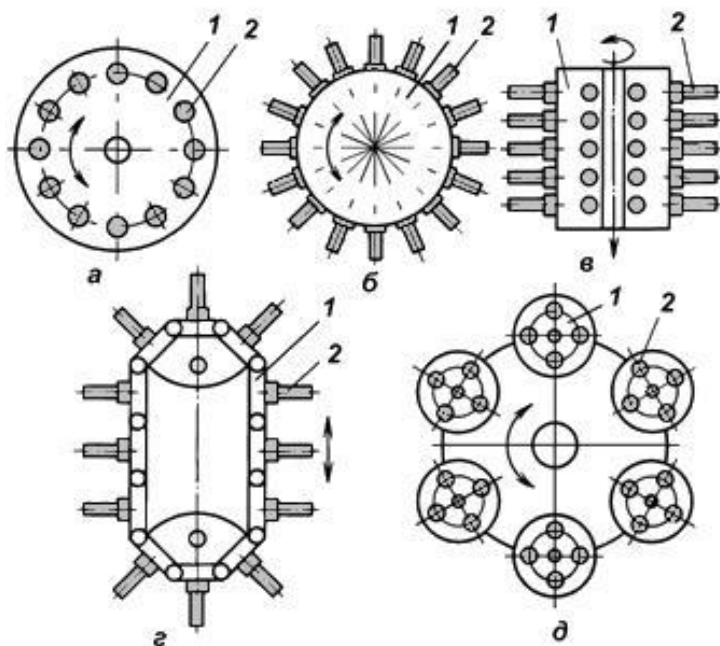


Рис. 6.3. Магазини інструментів верстатів із ЧПК:
a, б – дискові; *в* – барабанний; *г* – ланцюговий; *д* – планетарний;
 1 – магазин, 2 – інструмент

Залежно від компонування верстатів, їх можуть розміщувати на шпиндельній бабці, колоні, станині або поза верстатом.

Коли дисковий магазин розташовують на шпиндельній бабці, не потрібно додаткової координації положення магазину та шпинделя у разі заміни інструмента завантажувальним автооператором. Цикл роботи автооператора найпростіший, однак розташування магазину на шпиндельній бабці збільшує її розміри та масу, що зменшує точність обробки.

Розміщення магазину на станині розвантажує шпиндельну бабку, цикл заміни інструменту ускладнюється. Під час кожної заміни інструмента шпиндельна бабка повинна додатково переміщуватись з робочого положення у положення для зміни інструмента і назад.

Коли магазин встановлено на стійці, розміщеній поруч з верстатом, динамічні навантаження магазину не впливають на точність роботи верстата, однак збільшуються габаритні розміри верстата, отже, і площа, потрібна для його встановлення.

Багатосекційні магазини барабанного типу, маючи велику місткість, дають змогу використовувати під час роботи верстата одну із секцій магазину без переміщення всього запасу інструментів.

Конструкція магазинів ланцюгового типу така, що можна змінювати їх місткість без істотної зміни конструкції верстата.

Транспортно-накопичувальні системи інструментів у ГВС мають буферні накопичувачі, магазини інструментів барабанного або ланцюгового типу, які встановлюють біля кожного верстата, і центральний накопичувач для окремих налагоджень інструментів.

Механізми автоматичної зміни інструментів верстатів з ЧПК. Залежно від компонування верстатів і їх технологічних можливостей до пристроїв зміни інструментів належать:

- накопичувачі інструментів (револьверні головки, магазини шпindelних гільз, інструментальні магазини);
- навантажувально-розвантажувальні пристрої для знімання та встановлення інструменту в шпindel верстата (інструментальні завантажувальні автооператори);
- проміжні конвеєрні пристрої для передачі інструмента від накопичувача до завантажувально-розвантажувального пристрою за великих відстаней від шпинделя до накопичувача (автооператори, перевантажувачі);
- проміжні накопичувачі інструментальних налагоджень, які є місцем заміни інструменту за великого об'єму магазину.

Визначення складу системи інструментального забезпечення. Проектування системи інструментального забезпечення (СІЗ) в ГВС проводять у такій послідовності:

- за номенклатурою деталей оброблюваних у ГВС вибирають тип СІЗ;
- виконують розрахунок основних характеристик СІЗ з індивідуальною подачею інструменту;
- опрацьовують конструкції пристроїв СІЗ.
Кількість необхідних у ГВС інструментів визначають:
- номенклатурою оброблюваних деталей;
- складністю деталей (кількістю різних поверхонь, кожна з яких потребує для своєї обробки окремого інструмента);
- трудомісткістю обробки деталей;
- умовами експлуатації інструментів (ймовірністю поломки);
- стійкістю інструменту.

Тип системи СІЗ вибирають залежно від номенклатури оброблюваних деталей:

- за малої номенклатури (менше ніж 20 деталей) використовують СІЗ, за якої всі інструменти знаходяться в інструментальних магазинах верстатів ГВС;
- за середньої номенклатури (20...150 деталей) застосовують СІЗ з індивідуальною подачею інструменту;
- за широкої номенклатури (більше 150 деталей) використовують СІЗ з подачею (зі зміною) інструментальних магазинів.

СІЗ за малої номенклатури оброблюваних деталей. Зазвичай на один верстат планують обробку 3–4 різних заготовок. У такому разі ГВС будують за такою схемою (рис. 6.4).

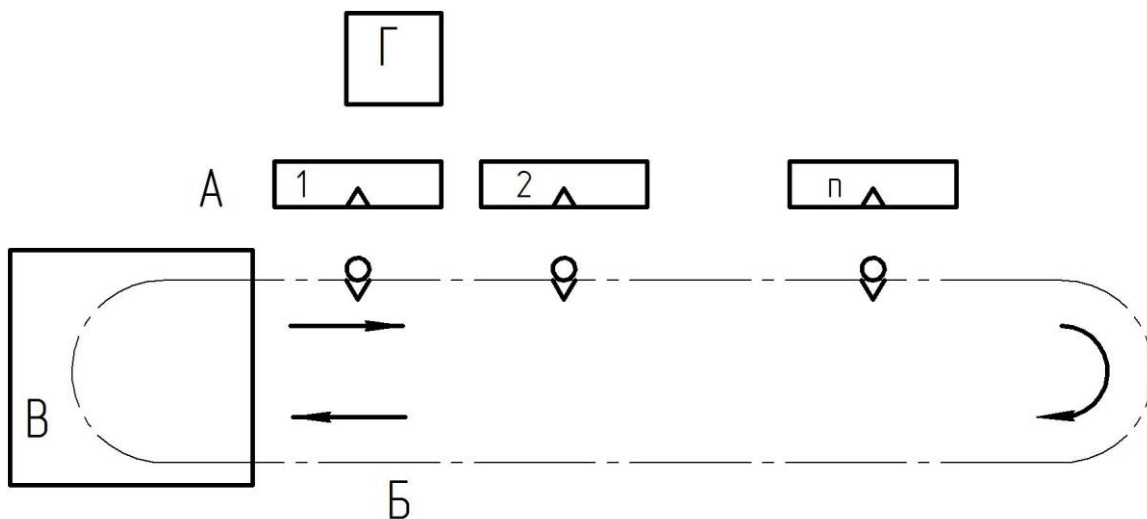


Рис. 6.4. СІЗ за малої номенклатури оброблюваних деталей:
 А – верстат з ЧПК; Б – автоматизована транспортна система подачі заготовок на верстат та видалення оброблених деталей;
 В – склад-накопичувач заготовок і супутників; Г – центральна ЕОМ

Усі потрібні інструменти знаходяться в індивідуальних магазинах верстатів.

СІЗ за середньої номенклатури оброблюваних деталей (рис. 6.5). СІЗ цього типу називають системами інструментального забезпечення з індивідуальною подачею інструменту.

Крім обладнання А...Г до ГВС із середньою номенклатурою оброблюваних деталей належать транспортна система інструментального забезпечення та склад (накопичувач) інструменту.

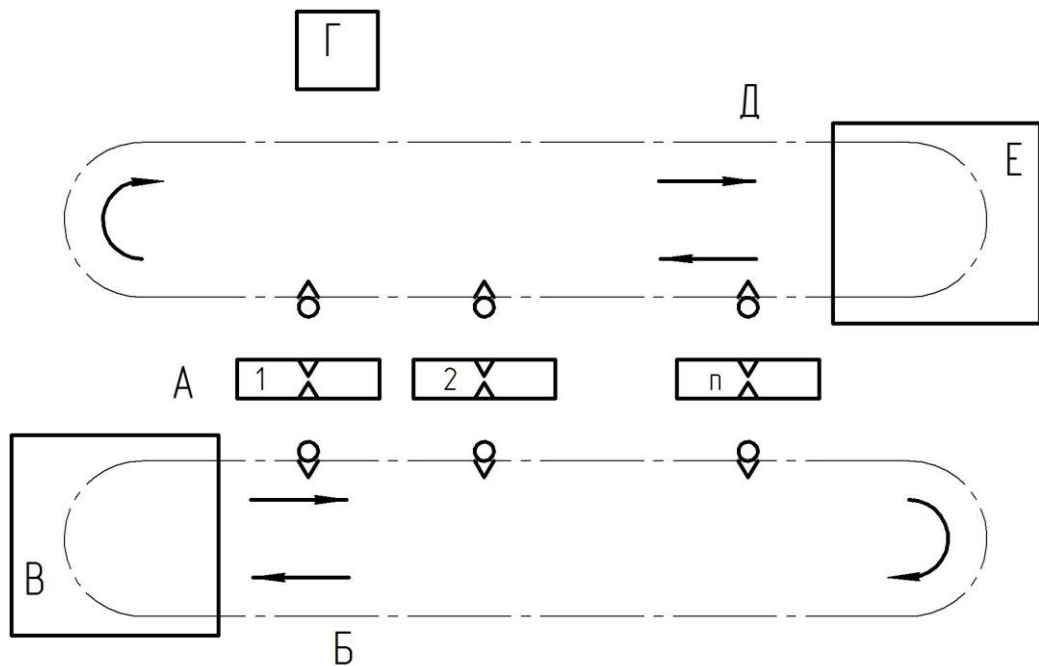


Рис. 6.5. СІЗ за середньої номенклатури оброблюваних деталей:

А...Г – див. рис. 6.4; Д – транспортна система інструментального забезпечення для подачі нового інструменту зі складу (накопичувача) на верстат і видалення з верстата на склад (накопичувач) зовнішнього інструменту; Е – склад (накопичувач) інструменту

Системи інструментального забезпечення таких ГВС організують двома способами:

1. Склади (накопичувачі, додаткові магазини) інструментів розміщують біля кожного верстата системи.
2. Склад інструменту – спільний для всіх верстатів системи.

6.2. Розрахунки для проектування СІЗ з індивідуальною подачею інструменту

Інструменти, що належать до складу СІЗ та потрібні для безперервної роботи ГВС зберігаються:

- а) в автоматизованій інструментально-роздавальній кладовій (ІРК), яка може бути розміщена як у межах ГВС, так і поза нею;
- б) накопичувачі автоматизованої інструментальної транспортної системи (ІТС), звідки інструменти подаються до верстатів ГВС автоматично;
- в) інструментальних магазинах верстатів ГВС.

Мета розрахунків – визначити вихідні дані для конструктивного опрацювання накопичувальних пристроїв СІЗ.

Вихідними даними є об'єм накопичувальних пристроїв.

Ємність ІРК розраховують з умови розміщення в ній інструментів, потрібних для обробки місячної програми встановлених деталей.

Ємність ІТС визначають на підставі результатів порівняння потрібної кількості інструментів для обробки двозмінної програми встановлених деталей і сумарної ємності інструментальних магазинів верстатів. При цьому передбачають, що ГВС працює в три зміни (дві зміни автономно, одну зміну – за участю оператора інструментального забезпечення).

Розрахунки виконують після визначення типу та кількості металорізального устаткування ГВС і розробки технологічного процесу на деталь-представника.

Для розрахунків необхідні такі вихідні дані:

- щодо деталей:
 - а) кількість установок, необхідних для обробки деталей (шт.);
 - б) загальна трудомісткість обробки (хв);
 - в) середній розмір партії запуску;
 - г) потрібна кількість найменувань інструментів для обробки деталі;
 - д) економічна стійкість кожного інструмента;
- за металорізальним обладнанням ГВС:
 - а) певна кількість верстатів ГВС;
 - б) ємність інструментальних магазинів-верстатів.

Ємність ІРК визначають за виразом:

$$E_{\text{ІРК}} = K_{\text{міс}} - K_{\text{Н}} - K_{\Sigma},$$

оскільки

$$K_{\text{міс}} = K_{\text{ін.міс}} + K_{\text{дубл.міс}},$$

то

$$E_{\text{ІРК}} = (K_{\text{ін.міс}} + K_{\text{дубл.міс}}) - (K_{\text{Н}} + K_{\Sigma}), \text{ шт.},$$

де $K_{\text{міс}}$ – загальна кількість інструментів, потрібна для обробки місячної програми встановлених деталей, шт.; $K_{\text{ін.міс}}$ – потрібна кількість найменувань інструментів для обробки місячної програми

встановлених деталей, шт.; $K_{\text{дубл.міс}}$ – потрібна кількість інструментів-дублерів для обробки місячної програми встановлених деталей, шт.; $K_{\text{Н}}$ – ємність накопичувачів ІТС; K_{Σ} – сумарна ємність інструментальних магазинів верстатів ГВС.

Потрібну кількість найменувань інструментів для обробки місячної програми встановлення деталей визначають за формулою:

$$K_{\text{ін.міс}} = \text{INT} \left(\frac{T_{\text{сер}}}{T_{\text{ін.сер}}} + 0,5 \right) \cdot S_{\text{пр}} + \\ + \text{INT} \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot (1-p)}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \text{INT} \left(\frac{60 \cdot T_{\text{міс}}}{T_{\text{сер}} \cdot \Pi_{\text{сер}}} + 0,5 \right) + 0,5 \right], \text{ хв},$$

де $T_{\text{сер}}$ – середня трудомісткість обробки однієї деталеустановки, хв; $T_{\text{ін.сер}}$ – середній час роботи одного інструмента під час обробки однієї деталеустановки, хв; $T_{\text{міс}}$ – місячний фонд часу роботи ГВС, год; p – коефіцієнт, у якому враховано повторюваність деяких видів інструменту, $p = 0,7 \dots 0,8$; $S_{\text{пр}}$ – певна кількість верстатів ГВС; $\Pi_{\text{сер}}$ – середній розмір партії запуску деталей річної програми; $\text{INT}(x)$ – функція округлення x до найближчого цілого;

$$T_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_{\text{заг.}i}}{n_i}}{n}, \text{ хв},$$

де $T_{\text{заг.}i}$ – загальна трудомісткість обробки i -ої деталі, хв; n_i – кількість деталей-установок під час обробки i -ої деталі, шт.; n – кількість найменувань деталей річної програми, шт.

$T_{\text{ін.сер}}$ – визначають за деталлю-представником:

$$T_{\text{ін.сер}} = \frac{T_{\text{заг.1}}}{k_1 \cdot n_1}, \text{ хв},$$

де $T_{\text{заг.1}}$ – загальна трудомісткість обробки деталі-представника, хв.; k_1 – розрахункова кількість найменувань інструментів для обробки деталі-представника, шт.; n_1 – кількість деталей-установок під час обробки деталі-представника, шт.

Місячний фонд часу роботи ГВС визначають за формулою:

$$T_{\text{міс}} = \frac{\Phi_3 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot S_{\text{пр}}}{12}, \text{ год},$$

де Φ_3 – річний фонд часу за тризмінної роботи ГВС, год, $\Phi_3 = 5340$ год;
 $\eta_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання верстатів ГВС, $\eta_{\text{в}} = 0,80 \dots 0,85$; $S_{\text{пр}}$ –
 певна кількість верстатів;

$$P_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{сер},i}}{n}, \text{ шт.},$$

де $P_{\text{сер},i}$ – середній розмір партії запуску i -ої деталі за річною програмою.

Потрібну кількість інструментів-дублерів для обробки місячної програми встановлених деталей визначають за формулою:

$$K_{\text{дубл.міс}} = INT \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot (1-p)}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \left(\frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot P_{\text{сер}}}{E_{\text{сер}}} - 1 \right) \cdot \frac{60 \cdot T_{\text{міс}}}{P_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} + 0,5 \right] +$$

$$+ INT \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot p}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \left(\frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot P_{\text{сер}}}{E_{\text{сер}}} \cdot \frac{60 \cdot T_{\text{міс}}}{P_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} - 1 \right) + 0,5 \right]$$

і остаточно отримуємо:

$$K_{\text{дубл.міс}} = INT \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot (1-p)}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \left(\left\{ \frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot P_{\text{сер}}}{E_{\text{сер}}} \right\} - 1 \right) \cdot \frac{60 \cdot T_{\text{міс}}}{P_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} + 0,5 \right] +$$

$$+ INT \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot p}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \left(\frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot 60 \cdot T_{\text{міс}}}{E_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} - 1 \right) + 0,5 \right],$$

де $E_{\text{сер}}$ – середня економічна стійкість інструменту (час роботи інструменту до переточування або між переточуваннями).

Якщо $\frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot P_{\text{сер}}}{E_{\text{сер}}} < 1$, то вираз

$$INT \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot (1-p)}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \left(\left\{ \frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot P_{\text{сер}}}{E_{\text{сер}}} \right\} - 1 \right) \cdot \frac{60 \cdot T_{\text{міс}}}{P_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} + 0,5 \right] = 0;$$

$$E_{\text{сер}} = \frac{\sum_{m=1}^k E_m}{k_1}, \text{ хв,}$$

де m – порядкові номери інструментів, що використовуються під час обробки деталі-представника; E_m – економічна стійкість інструменту m -го виду, що використовують для обробки деталі-представника.

Кількість інструментів, необхідних для обробки двозмінної програми установок деталей $K_{2\text{зм}}$ визначають так:

$$K_{2\text{зм}} = K_{\text{ін.2зм}} + K_{\text{дубл.2зм}},$$

де $K_{\text{ін.2зм}}$ – потрібна кількість найменувань інструментів, необхідних для обробки двозмінної програми деталяустановок, шт.; $K_{\text{дубл.2зм}}$ – потрібна кількість інструментів-дублерів для обробки двозмінної програми деталяустановок:

$$K_{\text{ін.2зм}} = \text{INT} \left[\frac{T_{\text{сер}}}{T_{\text{ін.сер}}} + 0,5 \right] + \text{INT} \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot (1-p)}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \text{INT} \left(\frac{T_{\text{міс}} \cdot 60}{\Pi_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} + 0,5 \right) + 0,5 \right];$$

$$K_{\text{дубл.2зм}} = \text{INT} \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot (1-p)}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \left(\frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot \Pi_{\text{сер}}}{E_{\text{сер}}} - 1 \right) \cdot \frac{60 \cdot T_{\text{міс}}}{\Pi_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} + 0,5 \right] +$$

$$+ \text{INT} \left[\frac{T_{\text{сер}} \cdot p}{T_{\text{ін.сер}}} \cdot \left(\frac{T_{\text{ін.сер}} \cdot 60 \cdot T_{\text{міс}}}{E_{\text{сер}} \cdot T_{\text{сер}}} - 1 \right) + 0,5 \right],$$

де $T_{\text{сер}}$ – середня трудомісткість обробки однієї деталяустановки, хв;
 $T_{\text{ін.сер}}$ – середній час роботи одного інструмента під час обробки однієї деталяустановки, хв; $\Pi_{\text{сер}}$ – середній розмір партії запуску деталей річної програми; $E_{\text{сер}}$ – середня економічна стійкість інструменту (час роботи інструменту до переточування або між переточуваннями); p – коефіцієнт, у якому враховано повторюваність деяких видів інструментів, $p = 0,7 \dots 0,8$; $T_{\text{міс}}$ – місячний фонд роботи обладнання.
 За двозмінної роботи ГВС визначають, виходячи з залежності:

$$T_{\text{міс}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Phi_3 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot S_{\text{пр}}}{a}, \text{ год,}$$

де Φ_3 – річний фонд часу за тризмінної роботи ГВС, год, $\Phi_3 = 5340$ год;
 η_B – коефіцієнт використання верстатів ГВС, $\eta_B = 0,80 \dots 0,85$; $S_{\text{пр}}$ –
 кількість верстатів; $a = 247$ – кількість робочих днів у році.

Після обчислення K_{23M} його порівнюють з сумарною ємністю K_{Σ}
 інструментальних магазинів верстатів ГВС.

Якщо $K_{23M} \leq K_{\Sigma}$, то існує можливість розмістити всі інструменти,
 необхідні для обробки двозмінної програми деталей установок, в
 інструментальних магазинах верстатів. При цьому накопичувачі не
 потрібні.

Якщо $K_{23M} > K_{\Sigma}$, то накопичувачі необхідні. Їх місткість
 визначають так:

$$E_H = K_{23M} - K_{\Sigma}.$$

Після розрахунків починають розробку конструкцій автоматичних
 інструментально-роздавальних кладових (АІРК) і накопичувачів
 автоматизованої транспортно-накопичувальної системи (АТНС) ГВС.

6.3. Структура потоків деталей у ГВС

Загальні характеристики потоків деталей у ГВС залежно від
 організації маршруту обробки деталей наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Принцип організації	Послідовність робочих позицій	Маршрут заготовок	Принцип керування	Накопичування	Переміщення
Лінійний	Жорстка	Жорсткий, частково різний	Примусовий, пошуковий	Мале	Непостійне
Замкнений	Будь-яка	Будь-який	Пошуковий, цільове керування	Велике	Постійне, непостійне
Зіркоподібний	Будь-яка	Будь-який	Пошуковий, цільове керування	Немає	Непостійне
Сітчастий	Будь-яка	Будь-який	Пошуковий, цільове керування	Велике	Непостійне, постійне

На вибір маршруту обробки суттєво впливають такі чинники:

- 1) транспортно-накопичувальна система (ТНС), котра пов'язує верстати в єдине ціле;
- 2) склад і число оброблюваних поверхонь;
- 3) вимоги до точності обробки;
- 4) можливість обробки деталі за одну, дві та більше установок;
- 5) кількість і технічні можливості верстатів, що належать ГВС;
- 6) ємність магазинів інструментів і склад розміщуваних у них інструментів;
- 7) використання принципів групової обробки;
- 8) організація роботи верстатів у режимі взаємозамінності та взаємодоповнення.

Якщо інструментальна ємність деталі не перевищує ємності магазину інструментів, то потенційно вона може бути повністю оброблена за одну установку. В такому випадку маршрут обробки деталі стає гранично простим, значно спрощуються завдання з формування та керування потоком деталей.

Якщо при цьому всі верстати технологічної системи забезпечено однаковими магазино-комплектами інструментів, то ідеї групового оброблення реалізуються більш повно. В таких умовах верстати можуть працювати в режимі взаємозамінності, будь-яку деталь можна обробити на першому звільненому верстаті.

Якщо деталь не можна обробити за одну установку від однієї технологічної бази, то у процесі оброблення її доводиться встановлювати заново на супутнику. Для цього супутник з деталлю кілька разів надходить на станцію збирання та розбирання. Після переустановлення деталь знову надходить на верстати для продовження процесу оброблення. Процес переустановлення і повернення деталі на верстати триває до її повної обробки. Потік деталей в цьому випадку має циклічну структуру.

За неможливості оброблення деталі на одній технологічній базі та перевищення ємності магазину інструментів верстата деталь послідовно оброблюють на кількох верстатах. Якщо сумарна ємність магазинів інструменту для всіх верстатів ГВС достатня для повної обробки такої деталі, то маршрут оброблення не матиме циклів, тобто матиме лінійний характер.

Маршрут руху деталі у процесі її оброблення значно ускладнюється, якщо деталь не може бути повністю оброблена від однієї технологічної бази та сумарна ємність магазинів інструменту для всіх верстатів ГВС недостатня для її повної обробки. У такому разі деталь у процесі оброблення перевстановлюється кілька разів. Крім того, для повної її обробки потрібна зміна магазинів інструменту, що призводить до небажаних простоїв верстатів і зниження коефіцієнта їх використання.

6.4. Проектування заточувального відділення

За сучасної організації роботи металообробних цехів заточування інструменту доцільно виконувати централізовано у спеціальних майстернях.

У разі проектування в детальний спосіб для визначення кількості заточувальних верстатів потрібно знати кількість інструментів, що підлягають заточуванню за рік, кількість заточувань кожного інструмента, а також час, потрібний для одного заточування.

Загальний час, потрібний для заточування одного інструмента на даній операції за обсягу випуску N деталей на рік, визначають за формулою:

$$T_3 = \frac{N t_{\text{XB}} t_3}{T_{\text{СТ}}},$$

де t_{XB} – час різання на даній операції; t_3 – час одного заточування, що визначають практично або розрахунковим методом; $T_{\text{СТ}}$ – стійкість інструмента до затуплення.

Визначають кількість верстатів потрібного типорозміру залежно від сумарного часу заточувальних операцій:

$$S_{3,i} = \frac{\sum T_{3,i}}{\Phi_{\text{Д}} \cdot K_3 \cdot K_{\text{В}}},$$

де $\Phi_{\text{Д}}$ – дійсний річний фонд часу роботи верстата з урахуванням кількості змін роботи на добу; K_3 – коефіцієнт завантаження заточувальних верстатів, $K_3 = 0,7$; $K_{\text{В}}$ – коефіцієнт використання, $K_{\text{В}} = 0,95$.

Сумарна кількість заточувальних верстатів у ГВС:

$$S = \sum_{i=1}^k S_{3,i},$$

де k – кількість типів заточувальних верстатів, які використовують у ГВС.

За укрупненого способу проектування потрібну кількість заточувальних верстатів беруть у відсотках від кількості верстатів основного виробництва, що вони обслуговують (табл. 6.2, 6.3).

Таблиця 6.2

Кількість заточувальних верстатів

Обслуговувані верстати, оснащені спеціальним інструментом	Кількість заточувальних верстатів, %
Черв'ячно-фрезерні	8 ... 16
Зубодовбальні і зуборізальні	3 ... 7
Протяжні	15
Зубостругальні	2
Зубофрезерні з дисковими головками	25
Зубофрезерні з головками для спірально-конічних шестерень	15
Шевінговані	5

Таблиця 6.3

Групи заточувальних верстатів загального призначення

Групи заточувальних верстатів загального призначення	Відношення до кількості заточувальних верстатів загального призначення, %
Універсально-заточувальні	40...45
Заточувальні для різців	20...25
Заточувальні для свердел	10...15
Універсально-шліфувальні	3...7
Плоскошліфувальні	3...7
Точила двосторонні	0,5...1,0

Примітка: Кількість довідних верстатів дорівнює 20...30 % від загальної кількості заточувальних верстатів, зазначених у таблиці.

Запитання для самоперевірки

1. У чому полягає організація роботи з різальним інструментом у ГВС?
2. Які типи магазинів інструменту використовують?
3. У якій послідовності проектують системи інструментального забезпечення у ГВС?
4. Від чого залежить кількість необхідних у ГВС інструментів?
5. Які чинники істотно впливають на вибір маршруту оброблення деталі?

Розділ 7. СТРУКТУРА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГВС

7.1. Рівні та підсистеми управління ГВС

До системи управління (СУ) ГВС належать апаратні та програмні засоби. Керування ГВС відбувається на основі ЧПК міні- та мікро-ЕОМ, мікропроцесорами та програмованими командоапаратами. Система управління зазвичай має кілька рівнів (табл. 7.1) і може бути налаштована на різні режими роботи: запуск, налагодження, робочий, планової зупинки та ін.

Таблиця 7.1

Рівні системи управління

Рівень управління	Керувальне обладнання	Масштаб керування
Верхній	Міні-ЕОМ з розширеною пам'яттю або середня ЕОМ	Керування системою, оптимізація роботи, диспетчеризація, зберігання масивів даних
Середній	Кілька міні-ЕОМ з меншою пам'яттю	Керування матеріальними потоками, взаємозв'язок роботи модулів ГВС
Нижній	Мікро-ЕОМ, мікропроцесори, УЧПК, командоапарати	Автономне керування модулями ГВС і технологічним обладнанням
Початковий	Датчики, кінцеві вимикачі	Стеження за станом роботи обладнання, параметрами технологічного процесу

Програмне забезпечення АСУ ГВС складається з *головної керуючої програми (ГКП)* і десяти підпрограм, кожна з яких виконує певні функції (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Підсистеми програмного забезпечення АСУ ГВС

№	Виконувані функції
1	Керування запуском устаткування ГВС
2	Коригування та відновлення інформаційних масивів
3	Керування технологічним обладнанням
4	Керування системою транспортування деталей
5	Керування системою транспортування інструменту
6	Керування налагоджувальними режимами
7	Керування плановою зупинкою
8	Формування інформаційних масивів і їх редагування
9	Підготовка та виведення інформації на АЦДП і дисплей
10	Введення, зберігання та редагування керівних програм обробки

Головна програма здійснює координацію роботи підсистем.

З огляду на функціональні відмінності програмного забезпечення, в АСУ ГВС виділяють дві великі підсистеми (рис. 7.1):

- технічного керування;
- організаційного керування.

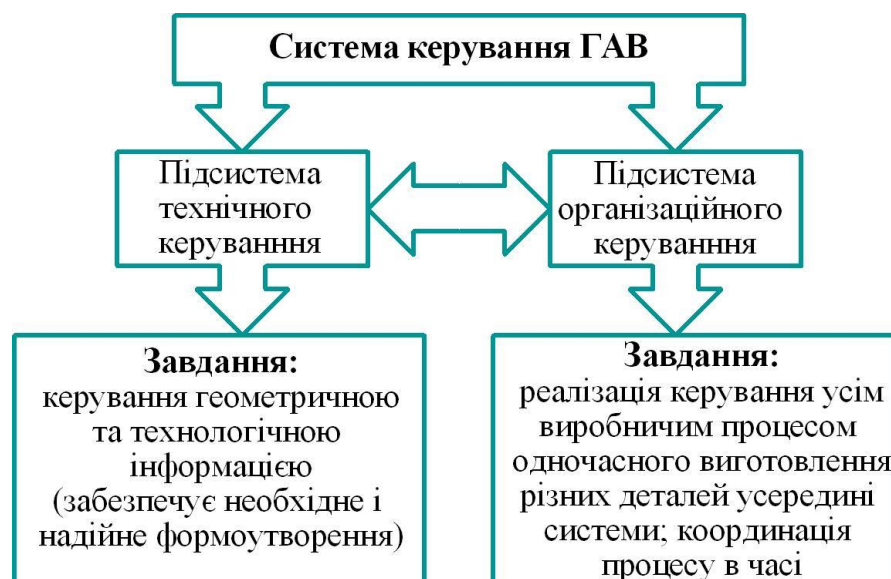


Рис. 7.1. Підсистеми управління ГВС

Технічна підсистема слугує для керування геометричною та технологічною інформацією. З її допомогою керують процесами формоутворення та налаштування обладнання, здійснюють адаптивне керування обробленням та технічне діагностування модулів ГВС.

Організаційна підсистема слугує для керування ходом усього робочого процесу ГВС ву часі. Основними функціями цієї підсистеми є облік і контроль стану деталей і заготовок, оптимізація маршруту оброблення відповідно до ситуації, керування матеріальними потоками заготовок, інструментів і деталей (диспетчеризація), накопичення та редагування бібліотеки керуючих програм з оброблення.

Завдання системи управління ГВС – безперервний контроль за станом ГАВ і вироблення нової виробничої програми відповідно до фактичного перебігу виробництва.

Підсистема технічного керування ГВС – керування геометричною та технологічною інформацією (забезпечує необхідне та надійне формоутворення).

Підсистема організаційного управління – реалізація керування усім виробничим процесом одночасного виготовлення різних деталей всередині системи. Координація процесу в часі.

Функції підсистеми технічного керування:

- числове програмне керування приводами обладнання для оброблення;
- автоматичне налагодження та переналаштування систем верстат–пристрій–інструмент–деталь (ВПД) окремих верстатів системи автоматичного налаштування (САН);
- адаптивне керування обробкою на верстатах з системами автоматичного керування;
- керування режимами різання, такими як: час (t), робочий хід (s), швидкість (V);
- керування силовими параметрами різання, такими як: обертовий момент ($M_{кр}$), складові сили різання (P);
- тепловими параметрами різання (T°).

Технічне діагностування елементів системи ГВС, потрібних для забезпечення формоутворення:

- 1) контроль за готовністю верстата до роботи;
- 2) оперативна циклова діагностика;
- 3) оперативна вузлова діагностика;
- 4) спеціальні методи діагностики;
- 5) діагностика за результатами обробки.

Функції підсистеми організаційного управління:

- облік і контроль стану деталей і заготовок;
- керування матеріальним потоком заготовок, готових деталей, інструменту, пристроїв (тобто диспетчеризація);
- оптимізація маршруту обробки за сформованою ситуацією;
- накопичення та редагування бібліотеки керівних програм;
- керування роботою підсистемами ГВС;
- облік і контроль ходу технологічних процесів всередині ГВС.

Нині поширені дві системи управління виробництвом:

- централізована;
- децентралізована.

Централізована система керування потребує обов'язкового керування виробництвом згори донизу, коли ухвалене на верхньому

рівні рішення передається наступному нижньому рівню, а рішення на нижньому рівні підлягає затвердженню наступним верхнім рівнем. З переходом на нижчі рівні обсяг інформації щодо різних показників зростає; при цьому рішення, ухвалені на вищому рівні, накладають обмеження на дії та ініціативу нижчого рівня керування. Таке строго ієрархічне керування часто не є оптимальним у разі зміни виробничого процесу та обмежує гнучкість виробництва.

Багаторівневе керування не гарантує забезпечення постійного контролю з боку верхнього рівня за безперервно мінливими ситуаціями на нижньому рівні: занадто великою є дистанція проходження команд і рапортів про їх виконання. Тому суто вертикальний поділ керування є неприйнятним для гнучкого виробництва, тобто вирішення усіх питань керування виробництвом має відбуватися ще й по горизонталі. Така система керування дає змогу обмінюватися інформацією через центральні банки даних по вертикалі та горизонталі, що сприяє технічній взаємодії, швидшому вирішенню питань у межах своєї компетенції та забезпечує краще виконання розпоряджень, ухвалених рішень відповідного вищого рівня по кожному вертикальному зв'язку.

Наприклад, вирішення проблеми нетехнологічності деталі з огляду на автоматизацію складання потребує участі персоналу ГВС складання, ГВС механообробки, заготівельних ГВС та відділу технічної підготовки виробництва. В умовах ГАВ рішення про перегляд конструкцій деталі втілюється практично негайно, без очікування чергового перегляду конструкції всього виробу. Цьому сприяє вертикальний та горизонтальний зв'язок ГВС, **системи автоматичного проектування (САПР) й автоматичної системи управління технологічним процесом виробництва (АСУТПВ).**

Обсяг інформації дуже великий, тому її своєчасну обробку виконують за допомогою ЕОМ.

Перші покоління ГВС працюють за принципом ієрархічного керування за допомогою ЕОМ, тобто централізованого керування. На сьогодні поширення набуло децентралізоване керування.

Якщо за централізованого керування його структура являє собою піраміду, витягнуту по висоті (вертикально) (рис. 7.2, а), то за децентралізованого керування вершина піраміди наближається до основи, а основа піраміди значно розширюється, тобто одночасно

зменшується кількість рівнів вертикального керування і збільшується зв'язок по горизонталі (рис. 7.2, б).

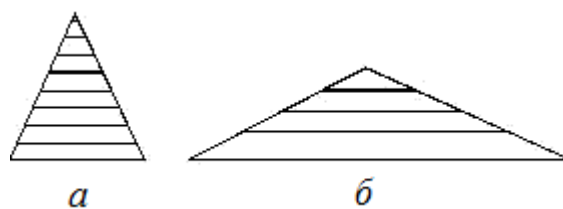


Рис. 7.2. Структура керування виробництвом:
а – централізована; б – децентралізована

7.2. Програмне управління технологічним обладнанням ГВС

У міжнародній практиці існують такі позначення систем ЧПК:

NC – числове програмне керування (ЧПК);

HNC – різновид пристрою ЧПК із заданням програми оператором з пульта за допомогою клавіш, перемикачів тощо;

SNC – пристрій ЧПК, що має пам'ять для зберігання всієї керуючої програми;

CNC – автономне керування верстатом з ЧПК, що містить міні-ЕОМ або процесор;

DNC – групове керування верстатами від загальної ЕОМ.

Ці системи можна поділити на дві групи:

- з постійною структурою, із введенням програми від перфострічки, магнітної стрічки або з клавіш (типу NC, HNC);
- зі змінною структурою, в яких основні алгоритми роботи задаються програмно і можуть змінюватися (типу SNC, CNC, DNC). Пристрої класів SNC і CNC побудовані на основі міні-ЕОМ.

Система CNC. Залежно від призначення, системи типу CNC поділяють так:

- системи, в яких керуючі алгоритми задано заздалегідь;
- системи, в яких можливе програмування керівних алгоритмів на бажання користувача.

Перевага CNC-систем – можливість використовувати одну й ту ж систему керування для різного устаткування (зокрема, для верстатів і промислових роботів).

У CNC-системах функції з розшифрування даних керування, введення в пам'ять, заповнення у буферній пам'яті, порівняння, обчислення тощо виконуються ЕОМ.

У такій системі є мінімум одна ЕОМ. Центральним вузлом обробки даних слугує мікропроцесор, з'єднаний через блоки введення-виведення з об'єктом керування. Діалог з оператором ведеться через зовнішні пристрої (пульти керування).

Функції системи CNC:

- а) зв'язок із системою DNC;
- б) керування заготовкою:
 - зміна заготовки (деталі);
 - розпізнавання заготовки (палети);
 - зміна оброблюваного розміру;
- в) керування інструментом:
 - спостереження за стійкістю;
 - зміна інструменту, магазинів;
 - контроль різальної кромки;
- г) керування верстатами:
 - пробні цикли;
 - діагностика стану;
 - геометричні переміщення;
 - оптимізація режимів різання.

Система DNC. У системах групового керування або прямого цифрового керування DNC відбувається централізоване керування від однієї ЕОМ, яка забезпечує зберігання однієї або декількох програм і розподіляє їх за запитами верстатів та іншого обладнання.

Застосовують три види DNC-систем:

1. DNC-системи з індивідуальним керування. Такі системи є класичними. В них один або декілька комплексів обладнання працюють незалежно від керівної машини.

2. DNC-системи послідовного типу. Основу побудови таких систем становить технологічний процес. Верстати з ЧПК у такому випадку пов'язані з автоматизованим конвеєром і автоматичними вантажно-розвантажувальними пристроями. Відповідно до технологічної послідовності операцій ЕОМ керує як верстатами, так і периферійними пристроями. За такої системи поломка одного верстата в лінії є причиною зупинки всієї лінії, тому необхідно мати кілька дублюючих систем.

3. DNC-системи гнучкого типу, у яких передбачено автоматичну зміну інструменту, оснастки та пристроїв. Оброблювані деталі переміщуються у спеціальних касетах або палетах. До функцій ЕОМ належить контроль в режимі реального часу як за потоком деталей і матеріалів, так і за інформаційним потоком. Такі системи є базовими для побудови ГВС.

Функції системи DNC:

а) керування:

- верстатами;
- транспортом;
- установкою заготовок;
- інструментом;
- складом;
- якістю та ін.;

б) зв'язок з системою CNC;

в) стеження:

- за процесом;
- логікою команд;
- відхиленнями;
- за можливістю виникнення нетипових ситуацій;
- сповіщення про відхилення тощо;

г) контролювання:

- виконання команд та ін.;
- розпізнавання заготовок, деталей, верстатів;

д) диспетчерування:

- задання послідовностей;
- видача керуючих програм тощо;

е) редагування:

- пошук помилок і несправностей;
- корекція програм;
- стан файлів та ін.;

ж) тестування:

- перевірка керуючих програм;
- перевірка налагоджень без використання верстата;
- виявлення помилок;

и) статистика:

- обсяг випуску;
- кількість відмов;
- види простоїв;
- причини відмов;
- фактичний час роботи;
- звітність тощо;

к) імітація:

- розрахунок варіантів;
- даних;
- ухвалення рішень;
- аналіз черговості;
- цілей, завдань з досягнення максимальної продуктивності та мінімальної собівартості за завданого розмаїття деталей.

7.3. Апаратне забезпечення систем управління ГАВ

Склад електронно-обчислювального устаткування ГАВ визначається багаторівневою архітектурою систем керування ГАВ.

Перший рівень (нижній) – керування окремими виконавчими системами та агрегатами;

Другий рівень – керування коміркою;

Третій рівень – керування ГВС;

Четвертий рівень – керування ГАВ і всім заводом.

На нижньому рівні управління знаходяться програми керування верстатів, за допомогою яких відбувається оброблення та переміщення деталі на верстаті. За допомогою цього програмного забезпечення на нижньому рівні можна контролювати матеріальні та геометричні відхилення, температуру різання та швидкість зношення різального інструменту.

Програмами керування ГВС для керування та контролю в реальному часі за обробленням і переміщенням деталі всередині комірки (обробка, перевірка, перевезення, буферне складування), слугують також для інформаційного зв'язку з ЕОМ, що керує всією системою ГВС.

Середній рівень – це керування функціональними підсистемами, які перебувають у діалозі з нижнім рівнем і з наступним верхнім рівнем. Керування цим рівнем потребує однієї або кількох міні-ЕОМ.

Верхній рівень – це рівень керування системою від центральної ЕОМ АСУ ГВС. На цьому рівні зберігаються керівні програми, накопичується і аналізується вся інформація, формуються дані для передачі інформації керуванню різними АСУ заводу (САПР, АСТПВ, ГВС складання тощо). Центральна ЕОМ верхнього рівня пов'язує АСУ ГВС з головною ЕОМ заводу.

7.4. Система технічного діагностування (СТД)

Для організації «безлюдної» технології в системі потрібно забезпечити постійний контроль технічного стану всіх елементів ГВС: штабелера, верстата, інструменту, пристроїв, транспортної системи, різноманітних датчиків, вимірювальних і контрольних систем тощо.

Систему технічного діагностування призначено для перевірки правильності функціонування, пошуку порушень у виконавчій, керуючій та контрольній частинах ГВС з метою запобігання раптовим відмовам, усунення відхилень, набору статистики для прогнозування стану систем і прискорення налагодження ГВС під час переходу з одного режиму роботи в інший.

Створення СТД охоплює:

- аналіз і оптимізацію складу діагностованих параметрів ГВС;
- розробку методів і засобів діагностування, принципів побудови оптимальних тестів для автоматичного устаткування;
- розробку основ синтезу спеціальних засобів технічного діагностування ГВС, що мають поліпшені характеристики відмовостійкості, контролепридатності та самоконтролю, спеціальних методів перевірки правильної роботи програмного забезпечення ГВС.

Під час створення системи технічного діагностування рекомендують керуватися такими принципами побудови:

– система технічного діагностування має бути складовою загальної системи керування технологічним обладнанням і створюватися на єдиній з нею методологічній та елементній базі так, щоб можна було використовувати загальні інформаційні канали;

– система технічного діагностування має ефективно функціонувати не тільки у процесі експлуатації технологічного обладнання, але й під час його налагодження, підготовки та ремонту;

– СТД за своїми функціями, структурою та застосовуваними технічними засобами має відповідати рівню автоматизації відповідного виробництва. Вбудоване в гнучкі автоматичні системи СТД обладнання має бути складовою системи керування виробництвом;

– діагностичну інформацію потрібно подавати в центральний пункт обслуговування технологічним обладнанням у розшифрованому та доступному для користувача вигляді. Необхідна інформація має надходити в запам'ятовувальній пристрій (із зазначенням часу та дати) для подальшого накопичення й аналізу, а також прогнозування стану технологічного обладнання та його окремих вузлів. За наявності центральної ЕОМ ця інформація має надходити до неї;

– за потреби подача діагностичної інформації має супроводжуватися світловими або звуковими сигналами.

Функції системи технічного діагностування

Автоматичний контроль за підготовкою верстата до роботи, видача дозволу на пуск:

- наявність заготовки на верстаті, інструменту в магазині, тиску в гідросистемі, МОР і повітря у магістралях;
- контроль подачі мастила до вузлів верстата.

Оперативний пошук місця та причини відмови або збою циклу. Сигнал про порушення циклу. Надання інформації про кількість та час простоїв. Подача сигналу на зміну інструменту:

- час виконання циклу і його елементів;
- ресурс різальних інструментів;
- час простоїв з організаційних причин: відсутність заготовок, інструментів, керівних програм, оператора та ін.

Визначення причин несправності вузлів. Оперативний профілактичний контроль стану вузлів і видача сигналу на виконання технічного обслуговування:

- момент у приводі подач;
- тиск у гідросистемі;
- перегрівання двигунів;
- зусилля затиску в пристосуванні;
- помилки в системі стеження координат.

Виявлення процесів, що повільно змінюються. Визначення ресурсу працездатності верстата:

- зони нечутливості приводу, точності позиціонування, швидкодії;
- точність установлення інструменту в шпинделі верстата;
- жорсткість стиків вузла;
- відносне розташування вузлів верстата.

Запобігання браку, контроль геометричної точності верстата та її прогнозування на наступний період експлуатації:

- відносне положення оброблюваних поверхонь;
- точність розмірів;
- шорсткість поверхні;
- похибка форми поверхонь.

Сучасні методи діагностування машин. Для цих цілей найчастіше використовують такі методи.

Метод тимчасових інтервалів застосовують на усіх видах обладнання:

- для аналізу простоїв;
- визначення показників надійності;
- контролю режиму роботи;
- системи керування;
- розрахунку кінематичних параметрів;
- отримання циклограм для модулів або ліній.

Шляхом порівняння з нормами цей метод дає можливість виконувати первинну локалізацію місця несправності.

Метод еталонних (нормованих) модулів придатний для усіх видів устаткування. Оснований на порівнянні експериментально визначених і розрахункових чисельних значень параметрів і показників якості (потужності, ККД, зусиль, крутних моментів тощо) з їх паспортними даними та нормами технічних умов.

Перевагою методу є можливість різнобічного використання отриманої інформації для перевірки на міцність і зносостійкість, прогнозування їх ресурсу, визначення витрат енергії тощо.

Метод еталонних (нормованих) залежностей є менш поширений. Оснований на порівнянні експериментально отриманих функціональних залежностей параметрів вузла, який перевіряють, з еталонними, знайденими розрахунковим або експериментальним шляхами.

Цей метод є перспективним як додатковий, що дає змогу підтвердити достовірність поставленого діагнозу.

Метод еталонних (типових) осцилограм – окремий випадок застосування методу еталонних залежностей, за допомогою якого зазвичай досліджують залежність параметрів від часу. Використовують під час профілактичних оглядів.

Метод зіставлення та накладення осцилограм оснований на аналізі одночасно записаних осцилограм різних параметрів або одного й того самого параметра, але за різних умов роботи механізму.

Метод ефективний у процесі діагностування нових конструкцій і під час профілактичних оглядів.

Кореляційні методи застосовуються для виявлення відхилень у характері залежності (взаємна кореляція) або в зміні параметра від часу (автокореляція). Придатний для виявлення значних дефектів.

Спектральні та спектрально-кореляційні методи засновано на виділенні та вимірюванні частин складних сигналів. Особливо часто використовують під час віброакустичних методів діагностування.

Метод визначення граничних (аварійних) станів ґрунтується на виявленні факту виходу пристроїв або систем у неприпустимі або невідповідні заданій програмі області. За допомогою цього методу визначають неприпустиме пониження рівня мастила, охолоджувальної рідини в ємностях, засмічення фільтрів та ін.

Тестові методи діагностування оснований на подачі стимулюючих впливів. Під час діагностування систем керування та ЕОМ у задані точки схеми подають електричні сигнали, реєструють та аналізують відгуки на них.

Розробку СТД рекомендують виконувати у вигляді п'яти підсистем:

- контроль готовності технологічного обладнання до роботи;
- оперативне циклове діагностування;
- оперативне вузлове діагностування;
- спеціальне діагностування;
- діагностування за результатами обробки заготовок.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть функції підсистеми технічного керування.
2. З чого складається система технічного діагностування?
3. Які позначення систем ЧПК використовують у міжнародній практиці?
4. Які існують методи діагностування машин?

Розділ 8. КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА

8.1. Система автоматичного контролю

Система автоматичного контролю (САК) у ГВС є його найважливішою ланкою: саме вона визначає можливість реалізації «безлюдного» виробничого процесу.

Система автоматичного контролю ГВС має сприяти, з одного боку, належному рівневі якості продукції шляхом контролю параметрів заготовок, інструментів, пристроїв, режимів обробки, вимірювання та випробування деталі, а з другого – максимальній ефективності ГВС завдяки підтримуванню її у працездатному стані шляхом контролю та діагностування технологічного обладнання, системи керування та програмного забезпечення.

Типова структура САК ГВС має три рівні: верхній, середній, нижній.

Об'єктом контролю верхнього рівня є сукупність модулів ГВС (транспортно-складського, контрольно-випробувального, виробничого та ін.), а засобом контролю – **керуючий обчислювальний комплекс (КОК)** на базі міні-ЕОМ.

Об'єктом контролю середнього рівня є окреме технологічне обладнання – верстат із ЧПК, робот тощо, а засобом контролю – КОК на базі мікро-ЕОМ.

Об'єктом контролю нижнього рівня – складові технологічного обладнання: керований рухливий орган, передавальна ланка, об'єкт оброблення та ін. Засобами контролю на нижньому рівні можуть бути різноманітні датчики: дотику, позиціонування, температури, вологості тощо.

Автоматичний контроль у ГВС відбувається безперервно на всіх стадіях виготовлення деталей: перед обробкою, під час обробки та після її закінчення (табл. 8.1).

Контроль перед обробкою, насамперед, спрямовано на забезпечення безперебійної роботи обладнання.

Контроль під час обробки потрібен не тільки для забезпечення безперебійної роботи обладнання, але й для запобігання отриманню дефектів і браку.

Мета контролю після обробки – статистичний аналіз якості виготовленої продукції.

Автоматичний контроль в ГВС

Види контролю	Перед обробкою	Під час обробки	Між двома технологічними процесами	Після обробки
Контроль заготовки (деталі)	<ul style="list-style-type: none"> - припуск (розподілення переходів); - твердість (розподілення проходів); - відповідність заготовці; - відповідність палеті; - положення 	<ul style="list-style-type: none"> - правильність заготовки; - правильність палети; - форма (вихідна, проміжна, остаточна); - якість: <ul style="list-style-type: none"> - розмір, допуск; - шорсткість; - розташування (трансформація); - коригування значень 	<ul style="list-style-type: none"> - форма; - якість: <ul style="list-style-type: none"> - розмір; - допуск; - шорсткість; - розміщення (поправочні значення) 	<ul style="list-style-type: none"> - форма; - якість: <ul style="list-style-type: none"> - розмір; - допуск; - шорсткість; - розміщення (статистика, тренди)
Контроль інструменту	<ul style="list-style-type: none"> - розміри інструмента (поправки); - форма інструмента (поправки); - зношування; - поломки; - правильність інструмента 	<ul style="list-style-type: none"> - зношування: <ul style="list-style-type: none"> - непередбачене; - накопичувальне; - поломка інструмента (заміна); - правильність параметрів різання: <ul style="list-style-type: none"> - режимів (коригування); - вібрація (ліквідація); - вид стружки 	<ul style="list-style-type: none"> - зношування (непередбачене); - поломка інструмента (заміна інструмента, заміна роду заготовки); - стружка 	
Контроль загальний	<ul style="list-style-type: none"> контроль наявності: <ul style="list-style-type: none"> - заготовки; - інструмента; - дані процесу обробки; - моделювання процесу обробки 	<ul style="list-style-type: none"> - збір даних процесу: <ul style="list-style-type: none"> - діагностика; - індикація збоїв; - корекція; - стоп системи 		<ul style="list-style-type: none"> - загальна статистика даних; - статистика помилок (тренд, аналіз причин, усунення причин)

У структурі системи автоматичного контролю у ГВС особливе значення має **система технічної діагностики (СТД)** технологічного обладнання, а також підсистеми контролю якості обробки на верстаті та контролю стану інструменту на верстаті.

8.2. Система технічного контролю обладнання

Система технічного контролю обладнання має п'ять підсистем:

- 1) контролю готовності верстата до роботи;
- 2) оперативної циклової діагностики;
- 3) оперативної вузлової діагностики;
- 4) спеціальних методів діагностики;
- 5) діагностики за результатами обробки деталей.

Функції кожної підсистеми СТД і параметри контролю представлено в табл. 8.2.

Засобами контролю першої підсистеми є кінцеві вимикачі, безконтактні датчики, датчики тиску та ін. За їх допомогою відбувається автоматичний контроль за підготовкою верстата до роботи, після чого подається дозвільний сигнал на вмикання верстата.

Таблиця 8.2

Функції та параметри контролю

Види контролю	Функції	Параметри контролю
Контроль готовності верстата до роботи	<ul style="list-style-type: none"> – Автоматичний контроль за підготовкою верстата до роботи. – Видача дозволу на пуск станка 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наявність заготовки на верстаті, інструмента в магазині, тиску в гідросистемі, МОР і повітря в магістралях. 2. Контроль подачі мастила до вузлів верстата
Оперативна циклова діагностика	<ul style="list-style-type: none"> – Оперативний пошук місця та причини відмови або збою по циклу. – Сигнал про порушення циклу. – Облік кількості та часу простоїв. – Видача сигналу на заміну інструмента 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Час виконання циклу та його елементів. 2. Ресурс різальних інструментів. 3. Час простоїв з організаційних причин: відсутність заготовок, інструментів, УП та ін.
Оперативна вузлова діагностика	<ul style="list-style-type: none"> – Визначення причин несправності вузлів. – Оперативний профілактичний контроль стану вузлів та видача сигналу на проведення техобслуговування 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Момент у приводі подач. 2. Тиск у гідросистемі. 3. Перегрів двигуна. 4. Зусилля зажиму в пристрої. 5. Помилка в системі стеження за координатами

Види контролю	Функції	Параметри контролю
Спеціальні методи діагностики	<ul style="list-style-type: none"> – Виявлення повільнозмінних процесів. – Визначення ресурсу працездатності верстата 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зони нечутливості приводу, точності позиціювання, швидкодії. 2. Точність установки інструмента у шпинделі верстата. 3. Жорсткість стиків вузлів. 4. Відносне розташування вузлів верстата
Діагностика за результатами обробки деталей	<ul style="list-style-type: none"> – Запобігання браку. – Контроль геометричної точності верстата та прогнозування її на наступний період експлуатації 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відносне положення оброблених поверхонь. 2. Точність розмірів. 3. Шорсткість поверхонь. 4. Похибка форми поверхонь

Оснoву оперативної циклової діагностики становлять датчики положення, датчики зворотного зв'язку, таймери ЕОМ системи управління верстатом. Ця підсистема виконує оперативний пошук місця та причини відмови по циклу.

За допомогою датчиків контролю системи сервісу керування верстатом (сили та потужності, струму, тиску тощо) виконують оперативну вузлову діагностику. Результатом її проведення є визначення причин несправності вузлів, оперативний профілактичний контроль за станом вузлів, видача сигналу на проведення технічного обслуговування та ін.

Контроль за якістю оброблення на верстаті. Для досягнення належної точності оброблення та профілактики браку в складі САК створюють систему метрологічного забезпечення.

Основною частиною цієї системи є автоматизований контроль за розмірами оброблюваної деталі безпосередньо на верстаті. Він здійснюється телеметричною (щуповою, лазерною) головкою.

Головку монтують на стандартній конічній інструментальній оправці та встановлюють у гніздо інструментального магазину верстата типу обробний центр (ОЦ). За командою головка переноситься в шпиндель верстата, який переводиться у режим вимірювання.

Перед вимірюванням головкою визначається фактичний стан заготовки на столі верстата та подається команда на зсув (корекцію) початку відліку системи координат. Під час вимірювання головкою визначається величина припуску, що підлягає зніманню для досягнення

високої точності оброблення будь-якої поверхні. Після закінчення оброблення проводиться обмір оброблених поверхонь і їх фактичні розміри виводяться у вигляді протоколу контролю.

На токарних верстатах вимірювальну головку жорстко закріплюють в одному з гнізд револьверної головки.

Контроль за станом інструменту на верстаті. Якість обробки деталей у ГВС значно залежить від стану різального інструменту, тому в структурі системи автоматичного контролю ГВС створюють підсистему контролю за станом інструмента безпосередньо на верстаті.

Кожен інструмент, що використовується в ГВС, має гарантований термін придатності (стійкості), а система управління ГВС визначає фактично відпрацьований інструментом час. Після відпрацювання терміну придатності інструмент не допускається до подальшого використання та замінюється дублером.

Така система контролю слугує для забезпечення роботи якісним інструментом, проте в ній є слабке місце – помилки під час призначення терміну придатності (стійкості), який може коливатися в широких межах залежно від якості виготовлення інструменту (матеріалу, термообробки, заточування та ін.), нестабільності властивостей оброблюваного матеріалу заготовки, змінності припуску, зміни умов охолодження та ін.

Аварійна ситуація може виникнути також через поломку інструменту, що часто має місце під час свердління отворів малих діаметрів, нарізування різьби мітчиком і виконання деяких інших операцій.

Тому, крім запровадження системи обліку часу роботи інструменту, у ГВС застосовують різні методи прямого або непрямого контролю.

Для виявлення поломки інструмента широко застосовують пневматичні та електричні детектори, що працюють за принципом кінцевого вимикача (за відсутності інструмента в шпинделі у період атестації детектор вимикає верстат). Набули поширення датчики дотику, сенсорні (безконтактні) датчики, які встановлюють на столі верстата. Під час їх використання інструмент, що встановлено у шпиндель, підводиться за програмою до датчика, що дає можливість визначити його фактичні розміри.

Для виявлення поломок свердел діаметром 5 мм та мітчиків М10 і більше застосовують пристрій для вимірювання виходу струму

навантаження двигуна шпинделя за верхню чи нижню межі. Верхня межа вказує на затуплення інструменту, нижня – на поломку.

Для виявлення зносу та поломки інструменту застосовують тензометричні пристрої вимірювання сили на приводах подачі шпинделя.

Вихідний контроль деталі після оброблення виконують на координатно-вимірювальних машинах.

Контрольно-вимірювальна система КВС (у технічній літературі існує інша назва – система автоматичного контролю (САК)) є найважливішою ланкою ГВС. За допомогою цієї системи вирішують такі завдання:

- одержання та надання інформації про властивості, технічний стан і просторове розташування контрольованих об'єктів, а також про стан технологічного середовища і виробничих умов;
- порівняння фактичних значень параметрів із заданими;
- передача інформації про розузгодження з моделями виробничого процесу для ухвалення рішень на різних рівнях керування ГВС.

Отримання та подання інформації про використання функцій КВС має забезпечувати:

- можливість автоматичної перебудови засобів контролю в межах заданої номенклатури контрольованих об'єктів;
- відповідність динамічних характеристик КВС динамічним властивостям контрольованих об'єктів;
- повноту та достовірність контролю;
- надійність засобів контролю.

Види контролю. Під технічним контролем розуміють перевірку відповідності об'єкта встановленим технічним вимогам.

Об'єктами технічного контролю є продукція, процеси її створення, застосування, транспортування, зберігання, технічного обслуговування та ремонту, а також відповідна технічна документація.

Стосовно ГАВ використовують два найважливіші терміни:

- контроль технічного стану;
- технічне діагностування (пошук дефектів).

Технічний контроль поділяють на два види:

- 1) виробничий контроль;
- 2) експлуатаційний контроль.

У виробничому контролі розрізняють:

- контроль якості продукції:
 - продукції допоміжного (підготовчого) виробництва;
 - продукції основного виробництва;
 - вхідний;
 - операційний;
 - приймальний;
 - приймально-здавальні випробування;
 - періодичні випробування;
- контроль технологічних процесів:
 - основних технологічних процесів;
 - процесів виготовлення технологічної оснастки;
 - технологічного середовища;
 - безперервний;
 - періодичний;
 - реєстраційний;
- експлуатаційний контроль (можливий на СТД) поділяють на:
 - контроль дотримання експлуатаційної та ремонтної документації;
 - контроль технічного стану та діагностування з пошуком дефектів, в якому виділяють такі види контролю:
 - контроль основного технологічного обладнання;
 - контроль засобів ТНС і СІЗ;
 - контроль засобів автоматичної системи управління (АСУ):
 - параметричний;
 - функціональне тестування.

Створюючи КВС, розробнику необхідно виконати такі завдання:

- встановити основні принципи функціонування КВС (централізація контролю, ступінь його автоматизації та поєднання з обробкою, використання статистичних методів, повнота контролю тощо);
- виявити й оптимізувати номенклатуру та характеристики вимірюваних параметрів продукції, режимів роботи елементів ГВС, працездатності обладнання, пристроїв, інструментів;

- визначити перелік інформації та форми її представлення у КВС, а також із КВС у систему управління ГВС;
- обрати засоби вимірювань, що забезпечують необхідну точність і надійність функціонування ГВС;
- визначити характеристики надійності обладнання, пристроїв та інструменту, а також періодичність контролю та працездатності;
- встановити функціональні зв'язки КВС у загальній системі керування ГВС.

Типова структура КВС ГВС має три рівні:

Верхній рівень забезпечує загальний контроль сукупності автоматичних комірок для координації їх взаємодії, перебудови та ремонту, видачі інформації на пульт керування ГВС і вирішення таких завдань:

- отримання, оброблення та узагальнення інформації, що надходить з нижчого рівня (від комірок);
- контроль обсягу і якості продукції та матеріально-технічного забезпечення (матеріалу, інструменту тощо);
- контроль за виконанням сукупності операцій, які виконує комірка;
- самоконтроль і контроль функціонування нижче розташованого рівня.

На *середньому рівні* відбувається контроль окремої автоматичної комірки та подання на верхній рівень узагальненої інформації про властивості, технічний стан і просторове розташування контрольованих об'єктів і складових комірки. При цьому вирішуються такі завдання:

- отримання та оброблення інформації про контрольовані параметри об'єкта, параметри функціонування комірки та її елементів, параметри технічного середовища;
- передача інформації на верхній рівень;
- контроль за якістю виготовлення об'єкта обробки на елементарних автоматичних системах, що належать до складу комірки;
- контроль за виконанням операцій;
- самоконтроль і контроль функціонування нижче розташованого рівня.

Нижній рівень забезпечує контроль об'єктів обробки, технічного стану та просторового розташування складових елементарної

автоматичної системи (верстата з ЧПК, робота для завантаження-розвантаження та ін.). На цьому рівні вирішують такі завдання:

- отримання та оброблення інформації про контрольовані параметри та функції об'єкта обробки складових елементарної системи;
- передача інформації на середній рівень;
- контроль за виконанням переходів;
- контроль за функціонуванням складових елементарної системи;
- подання інформації в систему технічного обслуговування для прогнозування відмов інструменту та обладнання.

Об'єктом контролю верхнього рівня є сукупність типових комірок (обробної, транспортної, складської, контрольної-вимірювальної, випробувальної) і робоче місце оператора, а засобом контролю – керівний обчислювальний комплекс на базі лінії ЕОМ.

Об'єктом контролю середнього рівня – осередок, що складається із сукупності елементарних систем, а засобом контролю – керівний обчислювальний комплекс на базі лінії ЕОМ.

Об'єктом контролю нижнього рівня є складові елементарної системи: керівний орган, передавальна ланка, виконавчий орган, об'єкт обробки, засоби контролю – різноманітні датчики.

КВС може функціонувати у п'яти режимах:

- запуск;
- робочий (номінальний);
- налагоджувальний (перебудови);
- планової зупинки;
- аварійний.

Режим запуску починається з опитування усіх елементів і систем ГВС. При цьому проводиться діагностика їх технічного стану, дається команда на вихід усіх систем у початкове положення, контролюється виконання цієї команди, перевіряється наявність і коди інструментів та заготовок. У цьому режимі відбувається контроль на усіх рівнях.

У робочому режимі КВС забезпечує контроль за якістю виготовлення продукції, потоками виробів, інструментів, енергії, інформації, функціонуванням допоміжних систем, періодично контролює технічний стан елементів і систем ГВС.

У налагоджувальному режимі керуюча інформація надходить на ЕОМ верхнього рівня, яка ухвалює рішення стосовно систем контролю на середньому та нижньому рівнях.

Режим планової зупинки має забезпечувати подальший запуск не з нуля, а від моменту зупинки.

Аварійний режим ініціюється (викликається) будь-яким рівнем КВС.

Контрольне відділення. У механічному цеху відводять площу для пунктів відділу технічного контролю (ВТК).

Площа для оперативного контролю виділяється лише в умовах непотокового виробництва, де її розміщують поряд з міжопераційним складом.

Під час потокового виробництва контрольні операції визначено заздалегідь, і робочі місця контролерів, оснащені інструментом, обладнанням і пристроями, розміщують по ходу технологічного процесу.

Площа для контрольних приміщень становить 1...3 % від площі, зайнятої обладнанням цеху.

Запитання для самоперевірки

1. Які завдання вирішує контрольно-вимірювальна система?
2. Які є функції та параметри контролю?
3. Які завдання стоять перед розробником КВС?
4. У яких режимах може функціонувати КВС?
5. Які види контролю Ви знаєте?

Розділ 9. ПРИБИРАННЯ СТРУЖКИ У МЕХАНІЧНИХ ЦЕХАХ

9.1. Способи прибирання стружки і машини для її збору та транспортування

У результаті механічної обробки металів різанням утворюється значна кількість стружки, яку можна визначити як різницю мас заготовок і деталей з розрахунку річного обсягу випуску.

Застосовують такі способи прибирання стружки з робочої зони верстатів: *механічний* – за допомогою транспортерів, скребків, щіток; *гравітаційний* – за якого стружка падає на похилі поверхні пристроїв та верстатів і потім потрапляє на транспортер під верстатами; *за допомогою допоміжних струменів* – змивання стружки струменем емульсії, відсмоктування стружки стисненим повітрям або видалення електромагнітом; *комбінований* спосіб.

Для полегшення видалення стружки із зони різання та подальшого її транспортування потрібно, щоб довжина стружки не перевищувала 200 мм, а діаметр її спірального витка був не більше 30 мм. Застосовують три системи прибирання стружки від верстатів:

- система А – автоматизована із застосуванням засобів безперервного транспорту (лінійних і магістральних конвеєрів);
- система М – механізована з використанням ручної праці, засобів малої механізації та колісного транспорту, що доставляє стружку в конвеєрах у відділення переробки;
- система К – комбінована, коли лінійні конвеєри доправляють стружку в тару, а потім колісний транспорт – у відділення збору та переробки.

У табл. 9.1 наведено умови застосування систем збирання стружки залежно від її кількості.

Таблиця 9.1

Умови застосування різних систем збирання стружки

Показник	Система М	Система К	Система А
Площа з якої отримують стружку, м ²	1000...2000	2000...3000	понад 3000
Кількість стружки, кг/год	100...300	300...700	800 і більше

Підготовка та переробка стружки залежить від її матеріалу та стану (сира, суха, дроблена, кручена) та відбувається в такій послідовності:

- сталева кручена: дроблення, знежирення, брикетування;
- сталева дрібна: знежирення та брикетування;

- чавунна суха: грохочення та брикетування;
- кольоровий метал невеликий: грохочення, магнітна сепарація, брикетування;
- кольоровий метал кручений: дроблення, просіювання, магнітна сепарація та брикетування.

Цехові дільниці збору та переробки стружки слід розміщувати біля зовнішньої стіни будівлі, поблизу виїзду з цеху.

Конвеєри для збору та транспортування стружки (табл. 9.2). Конвеєри скребкового типу рекомендують як лінійний магістральний транспортний засіб для прибирання елементної стружки. Їх впровадження дає змогу вивільнити виробничі площі, підвищити культуру виробництва за «безлюдної» технології, підвищити ефективність транспортних засобів.

Довжина конвеєра не обмежена.

Продуктивність – до 1,5 т/год.

Швидкість руху – до 0,2 м/с.

Таблиця 9.2

Конвеєри для прибирання стружки

Вид стружки	Лінійні конвеєри		Магістральні конвеєри	
	Тип	Ширина, мм	Тип	Ширина, мм
Сталева	Пластинчастий та гвинтовий Скребковий	400...500	Пластинчастий	800
Чавунна	Установка для гідрозмиву	180...500	Скребковий	800
Алюмінієва	Установка для гідрозмиву	250...450	Пластинчастий	600
Шліфувальний шлам		250...450	–	–

Гвинтові конвеєри випускають: з одним або з двома шнеками (гвинтами).

Гвинти двогвинтового конвеєра розміщено паралельно та мають праву і ліву спіралі.

Одногвинтовий конвеєр використовують для прибирання металеві елементної стружки (продуктивність – 4 т/год за довжини до 80 м).

Двогвинтовий конвеєр призначено для транспортування гвинтової та елементної стружки (продуктивність – до 7 т/год, довжина – до 100 м).

Пластинчасті та пластинчасто-голчасті конвеєри застосовують як лінійні і магістральні транспортні засоби.

Довжина прямих секцій становить 1,5 і 2 м, що дає можливість складати конвеєр будь-якої протяжності з інтервалом між двома секціями 0,5 м.

На несучому полотні пластинчато-голчастого конвеєра передбачено голки, що втоплюються у місці розвантаження на кінці конвеєра.

Продуктивність від 3,1 до 47 т/год.

Конвеєри застосовують біля верстатів, на автоматичних дільницях, в АЛ і ГВС, а також у цехах. Біля верстатів для збору та видалення стружки зі станини використовують гвинтові (рідше стрічкові) конвеєри, на дільницях – зазвичай гвинтові або скребкові конвеєри, в АЛ і ГВС – гвинтові, скребкові, рідше вібраційні та гідравлічні конвеєри і системи з них. У цехах для збирання стружки та транспортування її до місць переробки найчастіше застосовують системи зі стрічкових конвеєрів, рідше – гідравлічних. Стружку часто переміщують на значну відстань (70...100 м і більше) від верстатів до відділення переробки стружки. Переробляють стружку в брикети (зручні для перевезення) за допомогою гідравлічних пресів.

На рис. 9.1 зображено конвеєри для видалення стружки з верстатів.

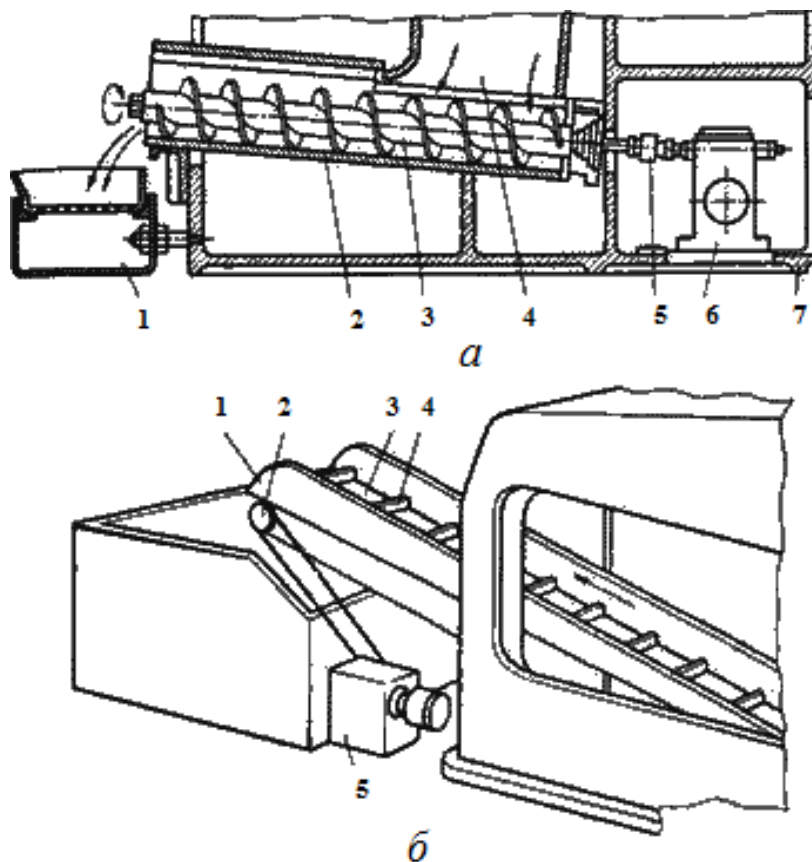


Рис. 9.1. Конвеєри для видалення стружки з верстатів

Найзручнішим в експлуатації є гвинтовий конвеєр (рис. 9.1, *а*) з одним гвинтом 3, що вільно (без опор) лежить у жолобі 2, який прикріплено до станини 7 верстата. Обертання гвинту надається від приводу 6 через муфту 5. Стружка на конвеєр надходить через люк 4, зроблений у станині. З конвеєра зібрана стружка викидається або у збірник 1 (коли станок не обслуговується цеховою системою видалення стружки), або на цеховий конвеєр для видалення стружки.

Стрічковий конвеєр (рис. 9.1, *б*) складається з короба 1, в якому на двох валиках 2 натягнуто сталеву або прогумовану стрічку 3 з прикріпленими скребками 4. Стрічці надається рух від приводу 5.

Для збирання та видалення стружки на ділянці використовують зазвичай скребкові або двогвинтові конвеєри. Скребковий ланцюговий конвеєр (рис. 9.2, *а*) має жолоб 15, змонтований у бетонованому каналі 14 і закритий зверху кришкою 6. На бічних стінках жолоба приварено косинці 2, 3, по них переміщуються ролики 5, закріплені на осях 4 ланок двох пластинчастих ланцюгів 10. Замкнені ланцюги 10 натягнуто на дві пари зірочок 8 і 11, першій з яких надається обертання від електродвигуна через редуктор 7. Через крок в 1...1,5 м на осях 4 ланцюгів закріплено скребки 1. У нижньому положенні скребки, рухаючись по жолобу 15, переміщують стружку, що надходить на конвеєр від верстатів 9, на поперечний кроковий скребковий конвеєр 12, змонтований у бетонному каналі 13 (або безпосередньо у збірник). Від верстатів 9 стружка в конвеєр надходить разом з мастильно-охолоджувальною рідиною (МОР), яка стікає по жолобу 15 через сітку 18 у шахту 17, звідки по трубі 16 відводиться в централізовану циркуляційну цехову систему подачі МОР до верстатів.

Скребковий штанговий конвеєр (рис. 9.2, *б*) складається зі штанги 1, що здійснює зворотно-поступальний рух у жолобі 5. На штанзі на осях 4 підвішено скребки 6. Зверху жолоб закрито кришкою 3. Під час робочого ходу штанги (вправо) скребки врізаються в стружку 7 і, повертаючись навколо своїх осей до упору 2 в штанзі, займають вертикальне положення, за якого переміщують стружку в жолобі на крок. За зворотного ходу скребки повертаються у зворотний бік і ковзають по поверхні стружки.

Двогвинтовий конвеєр (рис. 9.2, *в*) складається з чавунних секцій, зібраних у жолоб 1, в якому вільно (без опор) обертаються (в різні сторони) два гвинти 2, 10 (з лівим і правим напрямком витків) від

приводу 4 через шарнірну муфту 3. Гвинтові конвеєри є найефективнішими для переміщення як дрібної (роздробленої), так і крученої стружки. Стружка в жолобі не обертається разом з гвинтом (гвинтами) через тертя об стінки і тому пересувається уздовж жолоба. Конвеєр може бути одно- та багатогвинтовим (з парним числом гвинтів). Під час роботи двогвинтового (чотиригвинтового) конвеєра дрібна стружка, провалюючись між гвинтами, рухається по дну жолоба. Крупна кручена стружка відкидається і переміщується по верхній частині жолоба. У разі надходження великого сплутаного клубка стружки вона розбивається витками гвинтів на дрібні клубки і транспортується по середній частині та боках жолоба.

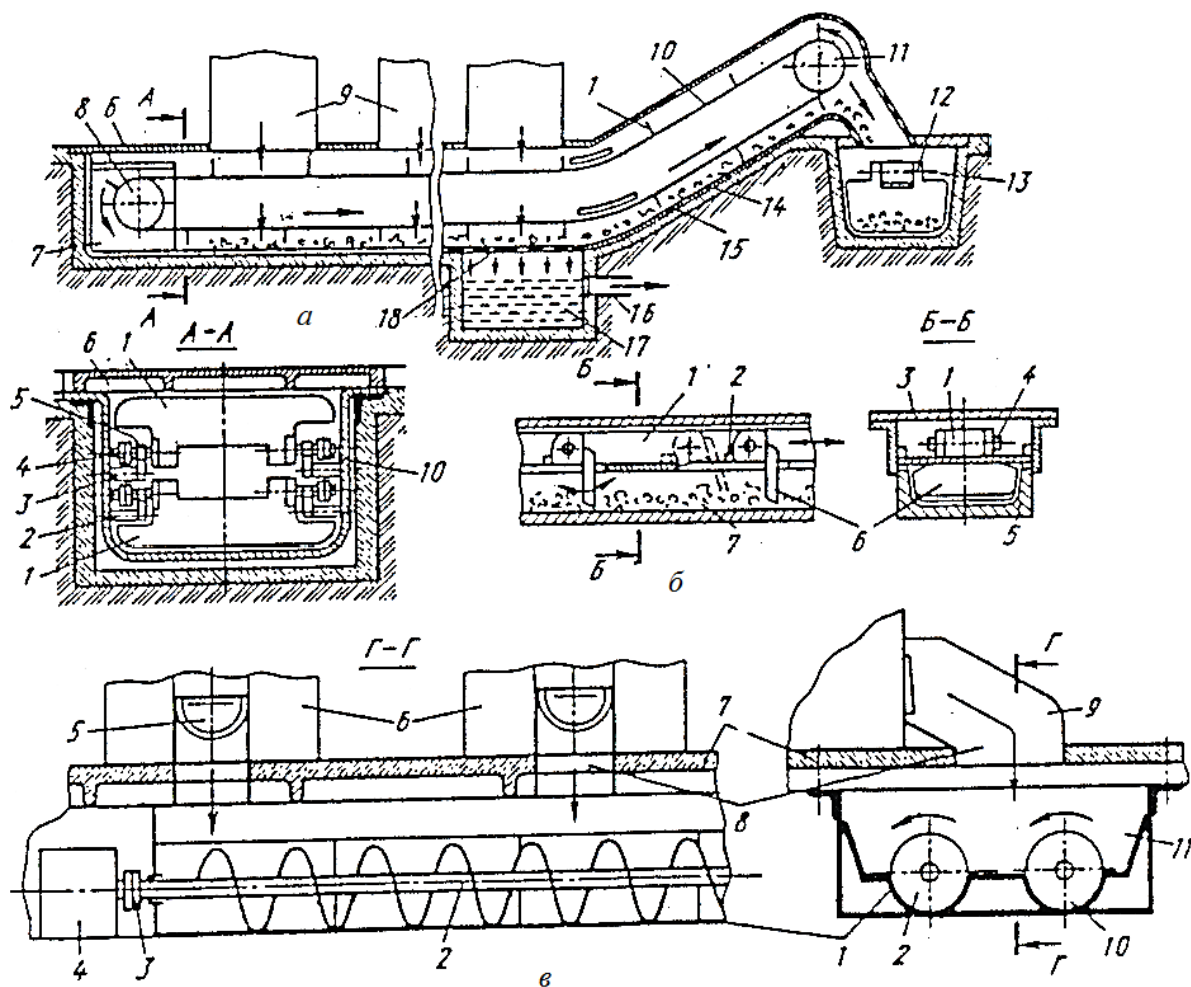


Рис. 9.2. Конвеєри для видалення стружки на ділянці верстатів

У цеху конвеєри для видалення стружки від АЛ і ГВС зазвичай встановлюють у бетонованих каналах (рис. 9.2, а) або, за наявності підвалу, під верстатами у підвішеному положенні, прикріплені до плит 7 перекриття будівлі (рис. 9.2, б). В останньому випадку в плитах

передбачають отвори 8 для проходу стружки, транспортованої одногвинтовими конвеєрами 5 від верстатів 6 на конвеєр 11. Отвори у плиті закривають змінними коробами 9.

Для переміщення дрібної стружки на невеликі відстані застосовують гідравлічні та магнітні конвеєри. Гідравлічний конвеєр (рис. 9.3) складається з жолоба 1, встановленого з ухилом 1° під верстатами або попереду них, спеціальних сопел 3 і решіток 2, що закривають жолоб зверху. Переміщення стружки відбувається за допомогою струменя МОР, що подається до сопел під тиском від насосної установки. Гідравлічний конвеєр особливо ефективний для видалення алюмінієвої стружки.

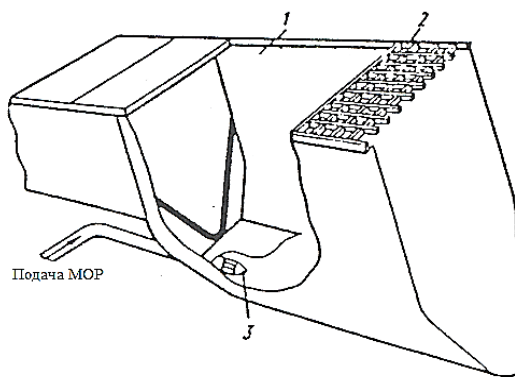


Рис. 9.3. Гідравлічний конвеєр

Магнітний конвеєр (рис. 9.4) складається із замкнутого ланцюга 4, натягнутого на зірочки 1, 7. Зірочки 7 надається обертання від електродвигуна через редуктор 9 і ланцюгову передачу 8. На ланцюзі, через крок, змонтовано постійні магніти 5.

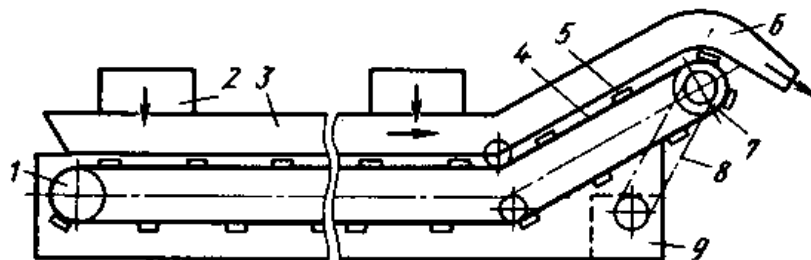


Рис. 9.4. Магнітний конвеєр

Над магнітами (з невеликим зазором) розташовано короб 3, виготовлений з корозійностійкої листової сталі. Під час переміщення ланцюга з магнітами останні захоплюють за собою стружку з верстатів 2, яка падає на робочу поверхню короба, і транспортують її до воронки 6.

Потрапляючи у воронку, стружка виходить із зони магнітного поля (в зоні зірочки 7) і зсипається з воронки в тару. Магнітні конвеєри застосовують тільки для стружки з феромагнітних матеріалів (сталь, чавун).

Як приклад цехових засобів транспортування стружки від верстатів до місць її переробки, на рис. 9.5 показано стрічковий конвеєр, що представляє собою короб 1, у якому на барабанах 2 і 8 натягнуто сталеву стрічку 3 з прикріпленими (через крок) скребками 4. Барабану 8 надається обертання від приводу 7. Опорні ролики 5 запобігають провисанню стрічки 3. Стружка надходить на конвеєр через воронку 6, а виходить через похилу частину 10 короба. Натяг стрічки регулюють пристроєм 9. Такі конвеєри встановлюють у підвалі (тунелі) або (рідше) на підлозі цеху.

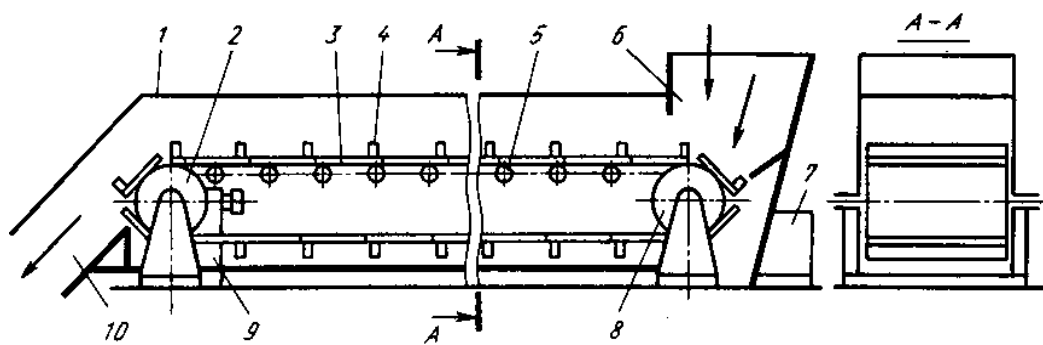


Рис. 9.5. Стрічковий конвеєр

Цехова система видалення стружки (рис. 9.6) складається з двох поздовжніх двогвинтових конвеєрів 2, 7, розташованих у каналах підлоги, на які надходить стружка від верстатів 8 за допомогою одnogвинтових конвеєрів 1, що знаходяться в станинах верстатів.

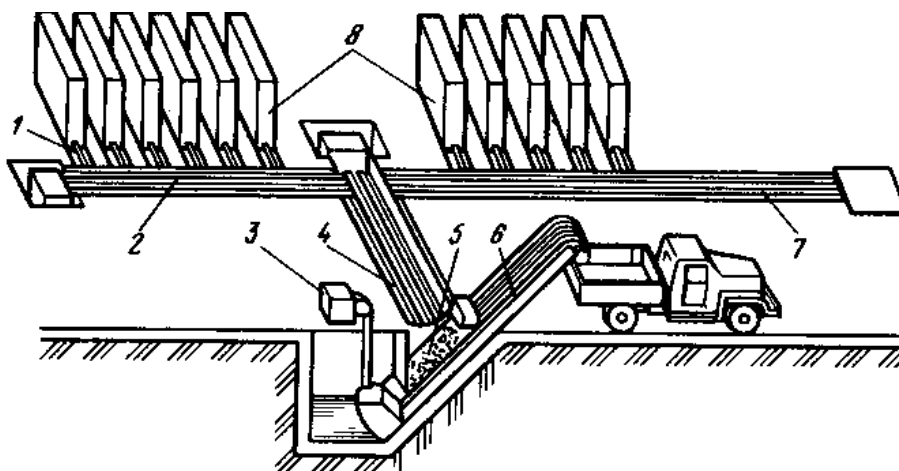


Рис. 9.6. Цехова транспортна система видалення стружки

Стружка 5 з поздовжніх конвеєрів передається на поперечний двогвинтовий конвеєр 4 для подальшого переміщення за допомогою похилого чотиригвинтового конвеєра 6 в автомобіль. Поздовжні та поперечний конвеєри працюють безперервно (у режимі верстатів), а похилий – періодично, у міру накопичення стружки. Похилий конвеєр 6 приводиться у рух електродвигуном з редуктором 3, розміщеним поза робочою зоною.

Розрахунок продуктивності конвеєрів для збирання та видалення стружки. У загальному вигляді продуктивність стрічкових конвеєрів для видалення стружки визначають за формулою:

$$Q_{CT} = F K V, \text{ м}^3/\text{хв},$$

де F – поперечний переріз жолоба конвеєра, м^2 (ширина жолоба, яку помножено на висоту середньої стружки, м); V – швидкість руху стрічки, $\text{м}/\text{хв}$; K – коефіцієнт заповнення жолоба стружкою, $K = 0,4 \dots 0,5$.

Продуктивність гвинтових конвеєрів:

$$Q_{ГВ} = F n_{ГВ} K P_{ГВ}, \text{ м}^3/\text{хв},$$

де $n_{ГВ}$ – частота обертання гвинтів, $\text{об}/\text{хв}$; $n_{ГВ} \leq 10 \text{ об}/\text{хв}$;

$$n_{ГВ} = \frac{V_{ГВ}}{P_{ГВ}},$$

де $P_{ГВ}$ – крок гвинта, м ; $V_{ГВ}$ – лінійна швидкість гвинта, $\text{м}/\text{хв}$.

Продуктивність скребкових конвеєрів:

$$Q_C = F n_C L_C K = \frac{F V_C L_C K}{2 L_C},$$

де n_C – число подвійних ходів за хвилину; L_C – хід штанги конвеєра, м .

$$n_C = \frac{V_C}{2 L_C}.$$

Усі описані вище системи прибирання стружки мають істотні недоліки:

- потребують прокладання постійних магістралей, що обмежують гнучкість системи;
- усі механічні вузли та пристрої зношуються, особливо сильно внаслідок контакту зі стружкою;
- електричні приводи механізмів працюють практично постійно, що призводить до значного споживання енергії.

Тому зараз для видалення стружки почали застосовувати електричні візки (робокари). Стружку, за незмінної системи видалення, розвантажують у контейнери стандартних розмірів, ємність яких має бути розраховано не менш ніж на одну зміну роботи верстата. Робокари відвозять контейнери зі стружкою на спеціальні майданчики.

Застосовують різні **способи відведення стружки із зони різання**: за допомогою приймачів-стружковідвідників спеціальної конструкції, розташованих поблизу різального інструменту; відсмоктування стружки потоками стисненого повітря; змивання стружки струменем емульсії; видалення стружки електромагнітом; механічним способом за допомогою транспортерів; комбінацією способів.

Видалення стружки за допомогою приймачів-стружковідвідників. Велику небезпеку становить зливна (стрічкова) стружка, яка утворюється під час точіння в'язких металів. Проблема стійкої зміни форми зливної стружки у процесі точіння сталей і організованого її відведення із зони різання вже давно перебуває у полі зору вітчизняних і зарубіжних фахівців. Відомі, наприклад, роботи з дискретного різання з переривчастою подачею різального інструменту; з коливного точіння; з дроблення зливної стружки дрібнорозміченими лунками на багатогранних непереточуваних пластинах. Усі відомі засоби керування зливною стружкою у процесі точіння сталей поділяють на дві групи (рис. 9.7): пристрої, що відводять зливну стружку без зміни її форми, та пристрої, що змінюють форму стружки у процесі різання на більш безпечну і транспортабельну.

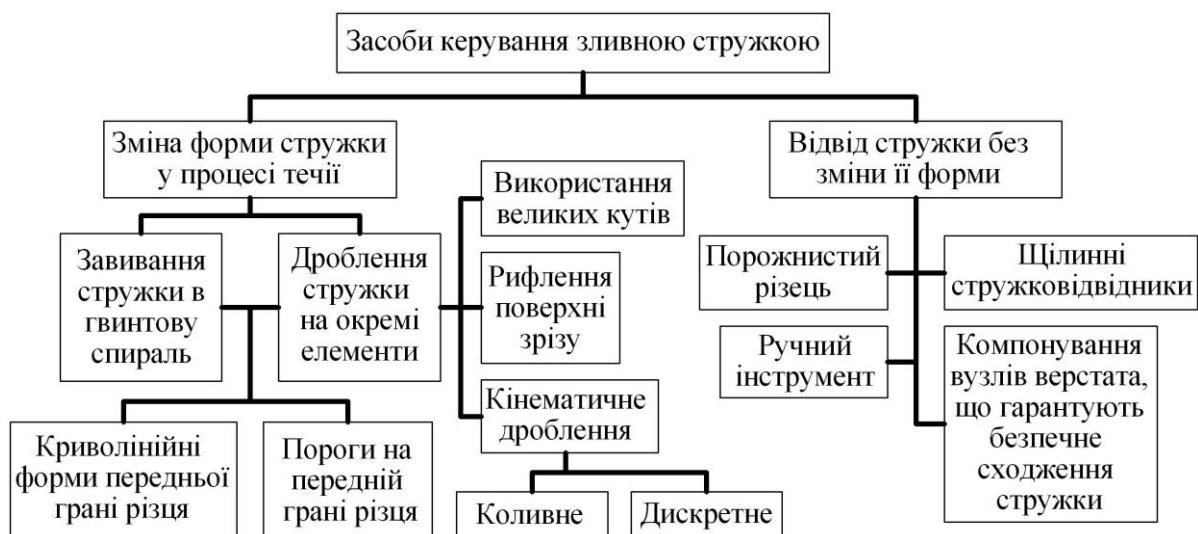


Рис. 9.7. Класифікація засобів керування зливною стружкою

Організованого відведення зливної стружки без зміни її форми досягають відповідним компонованням вузлів верстата, що забезпечує схід стружки на задній бік верстата у спеціальний стружкозбірник. Через значну пружність зливна стружка часто знаходить вихід у бік робочого місця, тому потрібне додаткове керування нею за допомогою ручних інструментів. Крім того, з огляду на великий об'єм, що займає зливна стружка, доводиться часто звільняти від неї стружкозбірник. Не вирішують проблему і вбудовані в нижню частину верстата шнекові транспортери.

Найкращий вихід у керуванні зливною стружкою – зміна форми стружки у процесі точіння – завивання та дроблення.

Для безперервного видалення стружки та пилу із зони різання під час оброблення крихких матеріалів застосовують різні пилостружкові відвідники.

На рис. 9.8 зображено пилостружкоприймач у вигляді патрубку, закріпленого в різцетримачі токарного верстата і поєднаного з пиловідвідним пристроєм за допомогою гнучкого металорукава.

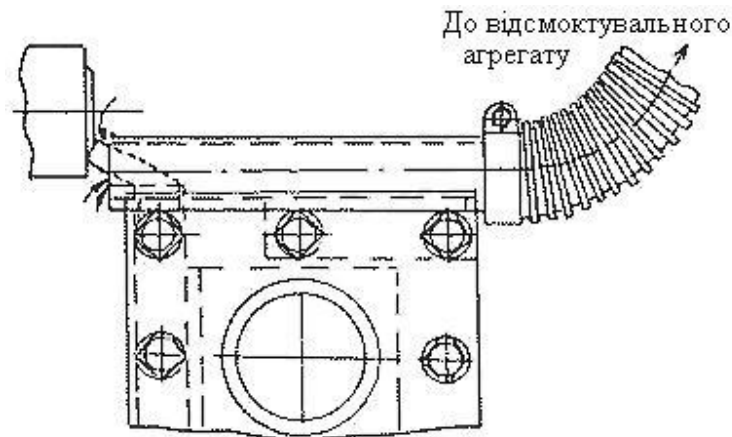


Рис. 9.8. Пилостружкоприймач у вигляді патрубку

На рис. 9.9 схематично зображено ежекційний пристрій для токарно-гвинторізних верстатів. Пристрій складається з порожнистого різця 1, з'єднаного у процесі точіння з патрубком 2, який прикріплено до лівого боку супорта. Патрубок 2 за допомогою рукава 3 з'єднано з патрубком візка 4. Візок, установлений під коритом верстата, виконує функції зі збору елементної стружки та очищення повітря від пилу. Очищення повітря від пилу здійснювалося за допомогою тканинного фільтра 5, натягнутого на жорстку раму, прикріплену затискачами до стінок візка 4. У праву частину патрубку 2 вбудовано сопло 6 для подачі стисненого повітря.

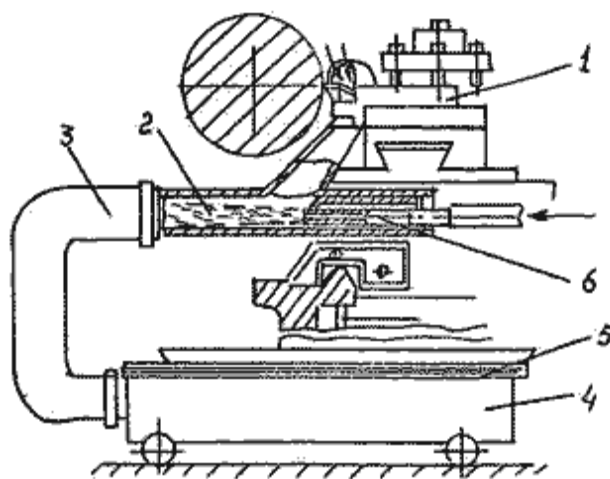


Рис. 9.9. Ежекційний пристрій для токарно-гвинторізного верстата

У конструкції різця-пилостружкоприймача (рис. 9.10), призначеного для зовнішнього поздовжнього і поперечного точіння (торцювання) виробів з крихких матеріалів застосовано спеціальну порожнисту державку 1 і короткий змінний різець 5, закріплений на рифленій пластині 4 болтом 3. Таким чином, державка і різець у зібраному вигляді утворюють канал, вхідний отвір якого розміщено над передньою гранню різця у безпосередній близькості до різальної кромки. Канал пилостружкоприймача у процесі точіння з'єднано з повітропроводом 2, через який проходить потік повітря, утворений вентилятором.

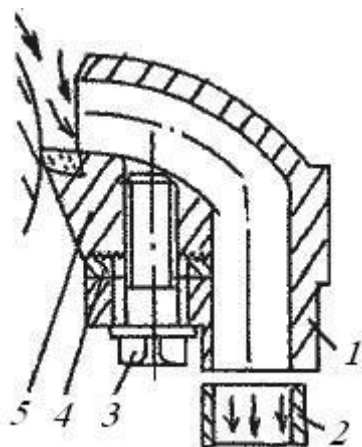


Рис. 9.10. Схема пристрою різця-пилостружкоприймача

Схему роботи пневматичного приймача з різцем типу «відігнутий прохідний» показано на рис. 9.11.

На рис. 9.12 відтворено схеми роботи різців-пилостружко-відвідників для різних видів обробки на токарному верстаті.

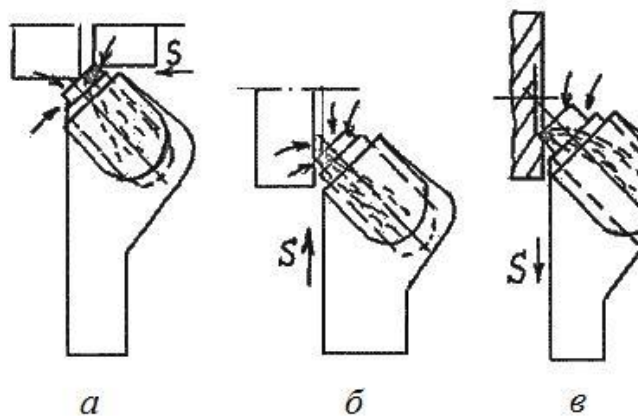


Рис. 9.11. Схема роботи різців-пилостружкоприймачів для різних видів обробки на токарних верстатах:
a, б, в – варіанти роботи різця залежно від напрямку подачі *S*

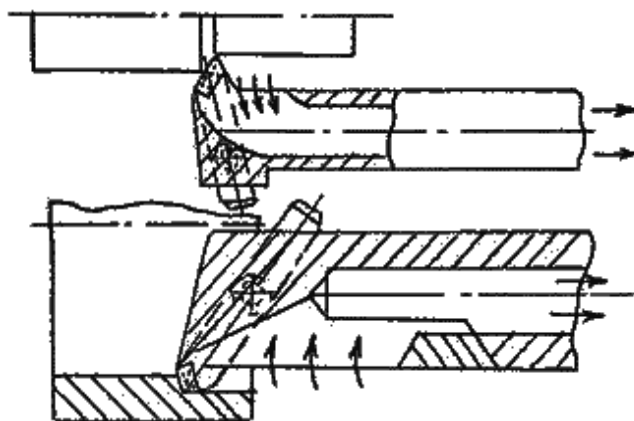


Рис. 9.12. Схеми роботи різців-пилостружковідвідників для різних видів обробки на токарному верстаті

У процесі проектування пилостружкоприймачів враховують таке:

1. Форму, напрямок і кінетичну енергію потоку стружки та пилових частинок, що утворюються в заданих умовах різання, а також форму, розмір і масу елементної стружки.

2. Вхідний отвір пилостружкоприймача має бути спрямовано у бік зустрічного потоку стружки і пилових частинок.

3. Бажана геометрична форма вхідного отвору пилостружкоприймача – прямокутна, що наближається до квадрата.

4. Відстань від робочої частини різального інструменту до вхідного отвору пилостружкоприймача має бути мінімальною.

5. Доцільно, щоб пилостружкоприймачі були конструктивно пов'язані з пристроями для закріплення інструменту.

Видалення стружки за допомогою стисненого повітря. Такий спосіб широко застосовують на автоматичних лініях з пристосуваннями-супутниками. У такому разі стружка видаляється за допомогою стисненого повітря, що підводять до оброблюваних деталей через спеціальні сопла (рис. 9.13).

Під час оброблення крихких матеріалів на агрегатних верстатах та автоматичних лініях у певних випадках застосовують обдув деталей струменем стисненого повітря з пристроєм, що відводить пил (пиловідводом) і елементну стружку (пиловідвід).

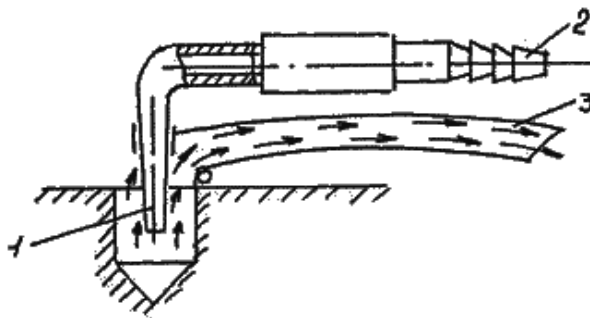


Рис. 9.13. Схема обдування струменем стисненого повітря з пристроєм, що відводить пил (пиловідводом) і елементну стружку:
1 – сопло; 2 – канал подачі стисненого повітря;
3 – канал для видалення пилу й елементної стружки (пиловідвід)

Видалення стружки за допомогою мастильно-охолоджувальної рідини (МОР). За такого способу відведена стружка збивається за допомогою МОР вниз у спеціально вбудовані резервуари або транспортери.

Нині у науково-технічній літературі з'явилися повідомлення про доцільність застосування у деяких випадках гідротранспортування стружки від верстатів і автоматичних ліній до ділянки її переробки. Йдеться про транспортування стружки по похилих жолобах за допомогою потоку рідини. На думку деяких авторів, доцільно за допомогою МОР переміщувати стружку у відстійник по похилих жолобах, розміщених у бетонованому тунелі. Осіла стружка в міру накопичення відділяється від відстійника конвеєром на просушку і переробку, а МОР після очищення подається насосом до верстатів для охолодження різальних інструментів.

Гідротранспортування застосовують, зокрема, на деяких ділянках різних заводів. У такому випадку кожна ділянка має свою насосну станцію, відстійник, системи спорожнення відстійників та відділення МОР від стружки. Жолоби прямокутного перерізу виконано з листової

сталі завтовшки 2...3 мм. На кожній ділянці встановлено фільтри для очищення МОР. У корпусі жолобів встановлено спеціальні сопла для активного руху рідини.

Комплексна трубопровідна гідротранспортна система використання МОР для ділянок абразивної обробки металів забезпечує поліпшення умов праці верстатників, знижує витрату різального інструменту та підвищує термін використання МОР.

9.2. Схеми збирання та транспортування стружки у механічних цехах

Для збирання та транспортування стружки застосовують такі засоби механізації: скребкові, одно- та двогвинтові, пластинчасті та пластинчасто-голчасті конвеєри. Такими конвеєрами стружку можна транспортувати від верстатних ліній та ділянок до тари, встановленої у приймальнику, в бункерну естакаду, розміщену поза цехом, або у цех з її переробки.

Технічне рішення щодо організації збирання та транспортування стружки ухвалюють залежно від річної кількості стружки, утвореної на одному квадратному метрі площі цеху. За цим принципом металообробні цехи заводів поділяють на чотири групи.

У першій групі кількість стружки, отриманої з 1 м² площі цеху, не перевищує 0,3 т/рік. Для подібних цехів рекомендовано засоби малої механізації (ручний візок, конвеєри та спеціальна тара) разом із вантажопідйомними механізмами та безрейковим транспортом. Заповнену стружкою тару вивозять на накопичувальний майданчик чи ділянку переробки.

До другої групи належать цехи, в яких на 1 м² площі припадає від 0,3 до 0,65 т стружки за рік. У такому разі доцільно застосовувати лінійні конвеєри зі спеціальною тарою, встановленою в кінці конвеєра, у приймальнику, на майданчику підйомника. Заповнену стружкою тару вивозять безрейковим транспортом.

У третій групі цехів з 1 м² площі цеху надходить від 0,65 до 1,2 т стружки на рік. Загальна кількість стружки в цеху повинна бути не менше ніж 3000 т/рік. Для таких цехів рекомендовано передбачати систему стружкоприбиральних конвеєрів з видачею стружки на накопичувальний майданчик чи бункерну естакаду, розміщену за межами цеху.

У четвертій групі цехів кількість стружки, утвореної на 1 м² площі, становить понад 1,2 т/рік, а на всій площі – 5000 т/рік. У такому разі варто повністю механізувати збирання і транспортування стружки з видачею її у відділення переробки.

Ланцюгові скребкові конвеєри призначено для транспортування елементної стружки від верстатних ліній та ділянок. Транспортують стружку об'ємною масою 0,06...0,2 т/м³, переміщуючи по відкритому жолобу скребками, тісно зв'язаними з дволанцюговим тяговим органом.

Розглянемо типові схеми збору та транспортування металеві стружки в цехах, що припадає на 1 м² площі на рік, за різного розміщення металорізального обладнання та накопичувальних майданчиків.

На рис. 9.14 зображено типову схему збирання та транспортування стружки в цехах першої групи.

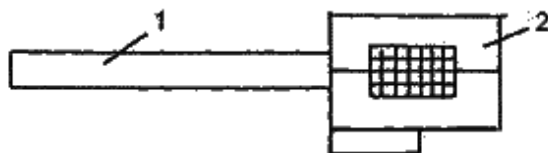


Рис. 9.14. Типова схема збирання та транспортування стружки в цехах першої групи:

1 – прямокутник зі встановленою на підйомнику тарою;

2 – конвеєр, що транспортує стружку в тару

Типову схему збирання та транспортування стружки в цехах другої групи зображено на рис. 9.15.

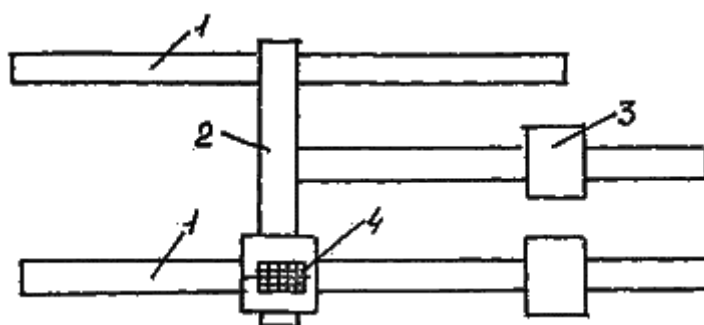


Рис. 9.15. Типова схема збирання та транспортування стружки в цехах другої групи:

1 – конвеєри лінійні; 2 – конвеєр магістральний;

3 – вузол пересипання стружки з одного конвеєра на інший; 4 – тару

На рис. 9.16 представлено схему механізації збирання та транспортування металеві стружки для цехів другої групи: завдяки системі двогвинтових лінійних і пластинчастого магістрального

конвеєрів відбувається транспортування стружки від робочих місць до стружкодробарки. Сталева стружка через ґратчасті люки 1, які відкриваються, зсипається на двогвинтові конвеєри 2 і транспортується на магістральний пластинчастий конвеєр 3, з якого за допомогою поворотної тачки пересипається в стружкодробарку.

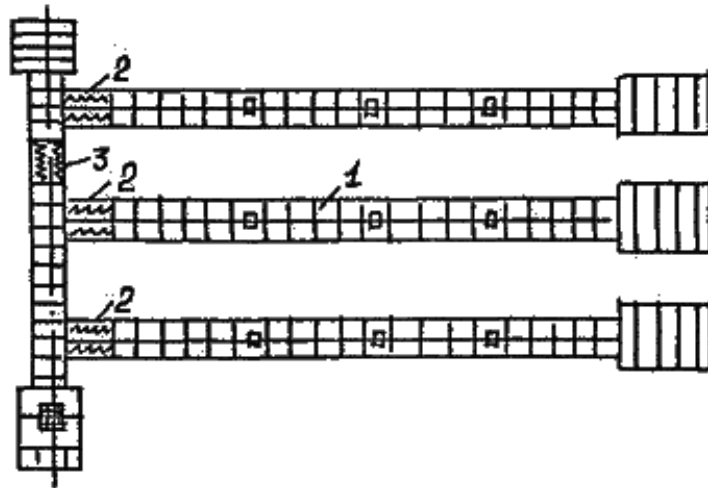


Рис. 9.16. Схема механізації збирання та транспортування металевої стружки для цехів другої групи

Типову схему збирання та транспортування стружки в цехах третьої групи зображено на рис. 9.17, 9.18.

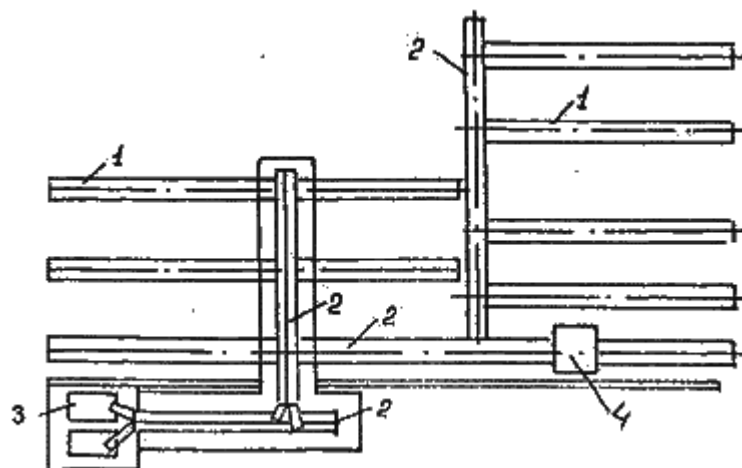


Рис. 9.17. Типова схема збирання та транспортування стружки в цехах третьої групи:

1 – лінійні конвеєри; 2 – конвеєри магістральні;
3 – бункерна естакада; 4 – вузол пересипання стружки

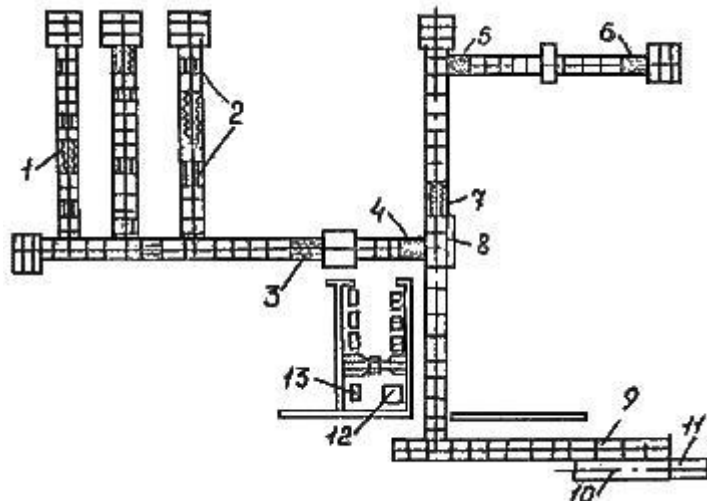


Рис. 9.18. Схема збирання та транспортування стружки в цехах третьої групи:
 1 – лінійні двогвинтові конвеєри; 2 – люки для засипання стружки на конвеєри;
 3, 4 – магістральні двогвинтові конвеєри; 5, 6 – вузли пересипання стружки,
 розташовані на одній осі, з одного двогвинтового на другий двогвинтовий конвеєр;
 7 – вузли пересипання стружки двогвинтових конвеєрів, розташованих перпендикулярно;
 8 – магістральний пластинчастий конвеєр; 9 – пластинчато-голчастий конвеєр;
 10 – конвеєр пластинчастий пересувний; 11 – бункер-накопичувач;
 12 – бак для збору МОР; 13 – тара, що розкривається

На рис. 9.19 показано типову схему збирання та транспортування стружки в цехах четвертої групи.

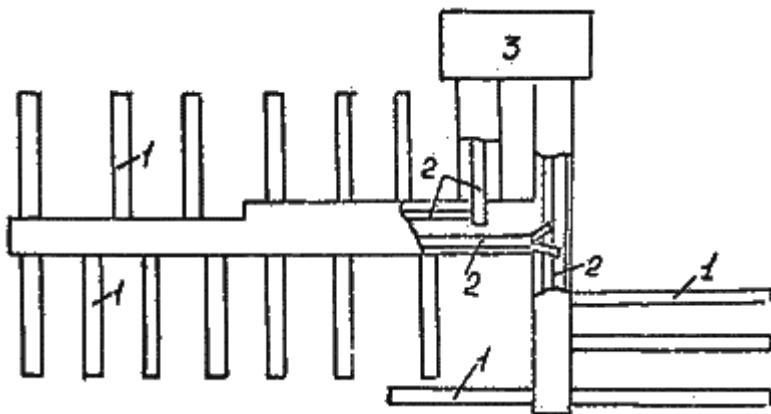


Рис. 9.19. Типова схема збирання та транспортування стружки
 в цехах четвертої групи:
 1 – лінійні конвеєри; 2 – магістральні конвеєри; 3 – ділянка переробки стружки

В автоматизованому виробництві транспортна система прибирання стружки забезпечує роздільний і незалежний від інших верстатів збір стружки на робочих місцях і транспортування її у місце

централізованого збору. Зазвичай транспортна система складається з ємностей, що висуваються з верстата чи знаходяться поряд, або вбудованих у верстат транспортерів для збирання утвореної стружки; візків або лінійних конвеєрів для транспортування стружки від верстата до магістрального конвеєра; магістрального конвеєра або центральної траси, розміщеної під антресолю, з рухомою кареткою-оператором для автоматичного захоплення та транспортування у місце збирання стружки верстатних ємностей; кантувача для перекидання стружкової ємності; контейнерів для роздільного збирання сталевих, чавунних і кольорових металів.

Збір та реєстрація МОР. Постачання металорізальних верстатів ГВС МОР організують по-різному залежно від кількості верстатів, які споживають той чи інший вид МОР. Для більшості верстатів створюють централізовані системи для збору та фільтрації МОР і потім подачі їх по циркуляційних трубопроводах до верстатів.

Ємності для МОР доцільно розміщувати в тунелях і підвальних приміщеннях.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть способи збирання стружки з робочої зони верстатів.
2. Як розрахувати продуктивність стрічкового конвеєра для видалення стружки?
3. Як визначити продуктивність гвинтового конвеєра для збирання стружки?
4. Накресліть схеми збирання та транспортування стружки у металообробних цехах.

Розділ 10. КОМПОНУВАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ГВС

10.1. Основні питання, що виникають під час складання плану ГВС

Для розроблення компоувального плану цеху, тобто вирішення питань розміщення усіх підрозділів, слід попередньо визначити основні параметри будівлі з метою найбільш раціонального взаємного розміщення дільниць відповідно до технологічних зв'язків і вимог до будівельної техніки.

Вибір параметрів будівлі. Найпоширенішою конструкцією будівлі для розміщення механоскладальних та механообробних цехів є одноповерхові багатопрогонні споруди прямокутної форми з підлогою на бетонній основі і перекриттям, яке підтримується системою колон, що утворюють прогони цеху. Колони з'єднують будівельними та підкроквяними фермами, на які укладають перекриття цеху.

Основними будівельними параметрами будівлі є:

L – ширина прогону (відстань між поздовжніми осями колон);

K – крок колон (відстань між поперечними осями колон);

H – відстань від поверхні чистої підлоги до низу несучих конструкцій покриття;

$L \times t_1$ – сітка колон.

У більшості випадків одноповерхові промислові будівлі мають ряд паралельних прогонів, відокремлених один від одного рядами колон.

Основні розміри будівлі у плані вимірюють між накресленими осями, які утворюють геометричну основу плану будівлі. Осі уздовж прогону будівлі (поздовжні) позначають великими буквами українського алфавіту. Осі, що перетинають прогони (поперечні), позначають цифрами. Позначення накреслених осей проставляють у кружечку (рис. 10.1).

Розмір прогону (L) вимірюють між поздовжніми накресленими осями. Він повинен бути кратним шести, тобто 6, 12, 18, 24, 30 м та ін.

Поперечний крок колон по периметру будівлі (\hat{E}) дорівнює 6 або 12 м, а всередині будівлі – 12 м.

Висота (H) від чистої підлоги до низу несучих конструкцій повинна бути кратна 0,6 м.

Сітка колон і висота прогонів залежать від технологічного процесу і розміщення виробництва (табл. 10.1).

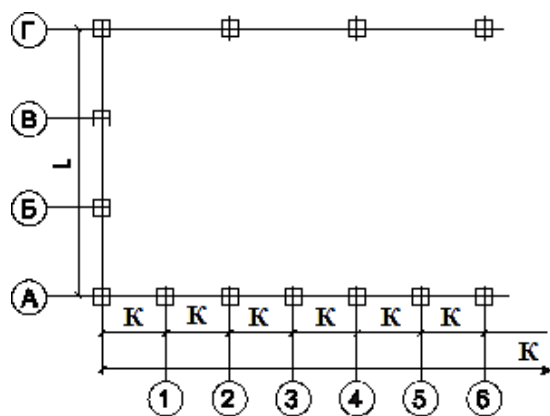


Рис. 10.1. Сітка колон

Таблиця 10.1

**Розміри уніфікованих прогонів і вантажопідйомності
підйомно-транспортних засобів**

Ширина прогону, м	Висота цеху до нижнього поясу ферм, м	Висота відмітки головки кранової рейки, м	Підйомно-транспортні засоби	
			тип крана	вантажопідйомність, т
18 24 30	6,0; 7,2; 8,4 7,2; 8,4 7,2; 8,4	—	підвісний	0,25...5,0
18 24	8,4; 9,6 10,8	6,15; 6,95 8,16	електричний мостовий	10; 20/5
18 24 30	12,6; 14,4	9,65; 11,45	те саме	10; 20/5; 30/5
30 36	16,2; 18,0	12,65; 14,45 12,0; 13,8	те саме	30/5; 50/10
30 36	16,2; 18,0 19,8	12,0; 13,8 15,6	те саме	100/20
30 36	19,8	11,2; 13,0 14,8	те саме	150/30

Для всіх конструктивних схем будівель крок внутрішніх колон дорівнює 12 м, а крок колон, розміщених по периметру будівлі – 6 або 12 м, залежно від конструкції основних огорожень.

Типи будівель для цехів машинобудівного заводу. Типи, конструкції та розміри будівель для цехів обирають залежно від таких факторів:

- а) призначення будівлі;
- б) характер та розміри об'єкта виробництва, обсяг виробленої продукції, характер технологічного процесу, характер застосованого устаткування;
- в) типи, розміри і вантажопідйомність кранів і транспортних пристроїв;
- г) вимоги щодо освітлення, опалення, вентиляції;
- д) умови видалення та відведення атмосферних опадів;
- е) можливість подальшого розширення будівлі;
- ж) особливості застосовуваного будівельного матеріалу.

Виробничі будівлі можуть бути одноповерховими та багатоповерховими.

Будівлі машинобудівних цехів будують переважно одноповерховими, оскільки застосовують важке обладнання і сама продукція також має велику вагу та габарити. Однак, коли це можливо за характером обладнання та виробів, зводять багатоповерхові будівлі.

Одноповерхові будівлі складаються переважно з декількох прогонів. Форма таких будівель повинна бути найпростішою, у вигляді прямокутника або квадрата, тому що зведення будівель складної конфігурації збільшує витрати на будівництво. Однак, виходячи з умов виробничого процесу, застосовують будівлі у вигляді букв П і Ш (для ковальського, пресового та інших цехів).

Загальні розміри та площі цехів визначають на основі планування обладнання і всіх приміщень цеху. Розміри будівель визначають за розмірами та кількістю прогонів.

Ширину окремих прогонів будинку визначають на основі планування розміщення обладнання і засобів транспорту.

Довжину прогону цеху визначають за сумою розмірів виробничих і допоміжних відділень, послідовно розміщених уздовж прогонів, проходів та інших ділянок цеху. Основним розміром, що визначає довжину прогону, є довжина технологічної лінії верстатів, розташованих уздовж цього прогону.

Висота прогону цеху залежить від розмірів виготовлених виробів, обладнання, розмірів і конструкцій мостових кранів, а також санітарно-гігієнічних вимог.

Встановивши необхідні основні розміри прогону – його ширину, висоту та крок колон, а також враховуючи обсяги виробництва та планування розміщення технологічного обладнання, обирають необхідну кількість прогонів, загальну ширину та довжину будівлі, що відповідають умовам даного виробництва, добирають стосовно них типові будівельні схеми секцій та будівель.

Висоту приміщень (тип позначки чистої підлоги до низу несучих конструкцій покриття на опорі) у будівлях без мостових кранів слід призначати таку:

- для прогонів, менших за 12 м: 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6,8;
- для прогонів 18 і 24 м: 5,4; 6,0; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8; 12,6 м.

За потреби висота приміщень може бути такою:

- для прогонів до 12 м: кратною 1,2 (за висоти до 10,8 м) і кратною 1,8 (за висоти більше 10,8 м);
- для прогонів 16 м і більше: кратною 1,8.

У будівлях з мостовими кранами висоту приміщень слід брати незалежно від вантажопідйомності кранів згідно з їх технічними характеристиками або іншими рекомендаційними даними.

Крок колон по середніх і крайніх рядах має дорівнювати 12 або 6 м на основі техніко-економічних показників. За потреби призначення кроку колон понад 12 м слід брати кратним 6.

На основі будівельних норм розроблено уніфіковані типові секції для одноповерхових і багатоповерхових будівель машинобудівної, легкої, харчової та хімічної промисловості. З таких секцій, які поділяють на основні та додаткові, компонують промислові будівлі.

Залежно від призначення і розмірів будівлі, вантажопідйомності кранового обладнання, її конструкція за видом застосованого матеріалу може бути металева, залізобетонна та змішана.

Металева конструкція складається з металевих колон і підкранових колій, форм, ліхтарів тощо. Такі конструкції застосовують для будівель з великими прогонами (30 м) і кранами великої вантажопідйомності (30 т). Металеві конструкції застосовують для будівель, в яких відбувається нагрівання несучих конструкцій.

Залізобетонна конструкція складається із залізобетонних колон, пов'язаних рамами, балками, підкрановими елементами будівлі. Залізобетонні конструкції можуть бути монолітними та збірними.

Стіни виробничих будівель слід зводити з панелей висотою 1,2 і 1,8 м. Стіни цегляного мурування виконують для будівель невеликого об'єму (до 5000 м³).

Змішані конструкції, що складаються із залізобетонних колон, підкранових балок, металевих ферм, використовують для цехів гарячої та холодної обробки.

Багатоповерхові будівлі заввишки у 2...5 поверхів, а іноді й вищі, можна використовувати для механічних і складальних цехів у процесі виробництва легких і дрібних виробів, наприклад, різального та вимірювального інструментів, приладів тощо. Нормативне корисне навантаження на підлогу в багатоповерхових будівлях дорівнює 500, 1000, 1500 кг/м² для верстатів малих і середніх розмірів. Для більших – не більше 2000 кг/м².

Багатоповерхові будівлі не проектують великими, для того щоб не погіршувати освітленість цехів боковим світлом. Зважаючи на це, ширина багатоповерхових будівель дорівнює 18, 24, 30 м.

Для багатоповерхових будівель за навантаження у 500, 1000, 1500 кг/м² застосовують сітку колон 6 × 6 і 9 × 6 м, а за 2000 і 2500 кг/м² – 6 × 6 м.

Висоту поверхів від позначки до відмітки чистої підлоги наступного поверху обирають зі значень 3,6; 4,8; 6,0 м, а для першого поверху – до 7,2 м.

Найпростішою зручною формою багатоповерхових будівель є прямокутна, за якої можливе використання уніфікованих габаритних схем, але може бути у формі П і Ш.

Розміщення сходових майданчиків може бути зовнішнім (у прибудовах) і внутрішнім (у самій будівлі).

Основи будівель і споруд. Для запобігання нерівномірному осіданню будівель і споруд їх треба розміщувати на досить міцному ґрунті. Шар ґрунту, що сприймає вагу всієї будівлі, називають основою.

За структурою ґрунти поділяють на скельні, піщані, глинисті, рослинні, насипні та змішані.

Нормальним вважають ґрунт, на який допускається навантаження 2,0...2,5 кг/см².

Фундаменти будівель і споруд. Підземна частина будівлі, що передає навантаження від наземної частини на основу, називають фундаментом.

Поверхню фундаменту, що безпосередньо передає навантаження на основу, називають подошвою фундаменту.

Глибина закладення фундаменту залежить від вологості ґрунту, положення рівня ґрунтових вод і глибини промерзання ґрунту.

Фундаменти під металорізальні верстати. Металорізальні верстати можна встановлювати:

- а) безпосередньо на підлозі;
- б) на окремих або спільних для декількох верстатів фундаментах.

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

Окремі фундаменти для металорізальних верстатів влаштовують 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.

Стіни та колони. За конструктивною ознакою стіни будівлі поділяють на несучі та каркасні (в каркасних будівлях).

Несучі зовнішні стіни роблять з цегли, природного чи бетонного каменю. Несучі та огорожувальні функції у них не розмежовані.

У каркасних будівлях несучі функції виконує каркас, що складається з колон і балок, а огорожувальні – стінове заповнення.

Перегородки. Внутрішні перегородки бувають різних видів залежно від призначення приміщення:

- а) дерев'яні оштукатурені;
- б) скляні з нижньою дерев'яною частиною;
- в) з металевої сітки з нижньою дерев'яною частиною;
- г) металеві засклені;
- д) цегляні;
- е) залізобетонні.

Нині рекомендують застосовувати каркасні перегородки з легких матеріалів, що допускають їх демонтаж.

Дерев'яні оштукатурені – ставлять у побутових, офісних та інших приміщеннях.

Скляні з нижньою дерев'яною частиною – для відділення заточних, шліфувальних, лекальних і особливо точних верстатів.

Металеві сітки з нижньою дерев'яною частиною використовують у приміщеннях для складів.

Цегляні і залізобетонні придатні для відділень покриттів металами, фарбувальних, термічних та ін.

Підлоги. Для механічних, складальних, інструментальних та інших цехів холодної обробки зручними є підлоги з дерев'яної торцевої дошки (твердих порід) по бетонній основі. Дошки роблять шестигранними або прямокутними.

Відкриті бетонні підлоги застосовуються рідко.

Асфальтові підлоги – зручні для цехового транспорту, але важко піддаються чищенню, вони холодні, отже, потрібні підставки біля верстатів. У кузнях – з кам'яної бруківки, цегли, бетону. У приміщеннях лабораторій, службових та офісних приміщеннях використовують ксилолітові підлоги. Ці підлоги зручні та добре піддаються чищенню.

Двері, ворота. Відстані від найбільш віддаленого робочого місця до виходу назовні в одноповерхових будівлях проектують у межах від 50 до 100 м, для багатоповерхових – від 30 до 75 м. Кількість евакуаційних виходів повинна бути не менше двох. Гранична ширина проходів повинна бути не менше 1 м, коридорів – 1,4 м, дверей – 0,8...2,4 м. Висота дверей не менше 2,0 м. Ширина воріт повинна перевищувати найбільшу ширину засобів транспорту не менше ніж на 600 мм і повинна бути не меншою за 1,8 м.

Висота воріт для пропускання засобів безрейкового транспорту повинна бути більшою за висоту транспорту не менше ніж на 200 мм і становити не менше 2,4 м.

Світлові ліхтарі (на даху). Світлові ліхтарі (рис. 10.2) широко застосовують для багатопрогонних цехів. Вони одночасно слугують для освітлення та природної вентиляції. Ліхтарі можна розміщувати як уздовж, так і поперек прогонів.

Світлові ліхтарі розрізняють за формою:

- трикутні;
- зубчасті;
- трапецеподібні;
- прямокутні;
- М-подібні.

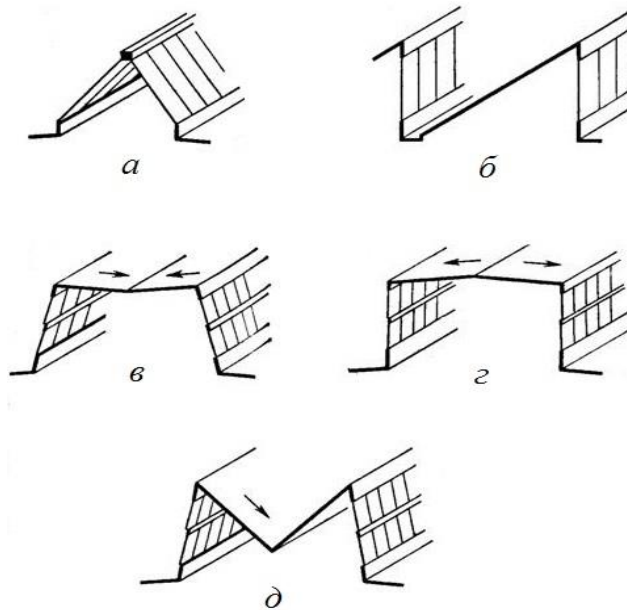


Рис. 10.2. Конструкції світлових ліхтарів

Трикутні ліхтарі (рис. 10.2, *a*) – виконують глухими, тобто такими, що не відкриваються, оскільки інакше дуже важко забезпечити водонепроникність притворів. Такі ліхтарі застосовують рідко.

Зубчасті з похилою або вертикальною заскленою поверхнею (рис. 10.2, *б*), зверненою на північ або північний схід, застосовують тоді, коли у приміщення не має проникати пряме сонячне світло.

Недоліком трапецеподібних ліхтарів (рис.10.2, *в*) є те, що на заскленій поверхні затримуються сніг і бруд. Перевагу слід надавати прямокутним (рис. 10.2, *г*) і М-подібним ліхтарям (рис. 10.2, *д*).

10.2. Складання компоувального плану цеху та схеми розміщення обладнання ГВС

Компоувальним планом або компоуванням цеху називають план, який виконано в заданому масштабі (зазвичай 1:200 або 1:400) з нанесенням на ньому в тому ж масштабі меж виробничих і допоміжних ділянок, службово-побутових приміщень, магістральних проїздів, але без детального зображення розміщеного обладнання.

У ході розробки компоувального плану вирішують питання взаємного розташування всіх підрозділів цеху та остаточно встановлюють основні параметри будівлі:

- конфігурація у плані;
- поверховість;
- сітка колон;
- висота прогонів.

Компонування нерозривно пов'язано з визначеною формою організації виробництва.

Визначення площ цеху. Після визначення організаційної структури цеху та складання переліку всіх його виробничих і допоміжних підрозділів виконують розрахунок необхідних площ.

За призначенням площі цехів поділяють на виробничі, допоміжні та службово-побутові.

До виробничої площі належать площі, зайняті виробничим обладнанням і робочими місцями біля цього устаткування, верстатами, стендами, а також робочими місцями для виконання слюсарних, складальних і допоміжних виробничих операцій, робочими місцями майстрів і контролерів, засобами механізації та автоматизації, міжопераційним транспортом, складами заготовок, проходами та проїздами між рядами верстатів (крім магістральних).

Допоміжна площа – це площі зайняті допоміжними підрозділами (ремонтними та інструментальними службами, лабораторіями, об'єктами складського господарства), а також магістральними проїздами між цехами.

На службово-побутових площах розміщують приміщення для адміністративно-технічного персоналу та громадських організацій, об'єкти санітарно-гігієнічного призначення, громадського харчування.

Загальною площею цеху називають сукупність виробничих і допоміжних площ без службово-побутових приміщень.

Основним показником для визначення загальної площі цеху і кожної з його виробничих ділянок у процесі розробки компонування плану цеху є питома площа (площа, яка припадає на один виробничий верстат). Питомі показники розробляють галузеві проектні організації.

До питомої загальної площі належать такі допоміжні приміщення: кладові інструментів, пристосувань, абразивів; відділу технічного контролю (ВТК); проміжних складів металу, напівфабрикатів і готових виробів (табл. 10.2).

Питомі площі механічних цехів

Цехи	Деталі, що оброблюються	Питома площа (крім автоматичної лінії)	
		виробнича	загальна
Механічні	Шестерні, поршні тощо	18	24
Автоматні:			
– з переважанням (до 70 %) багатопиндельних пруткових автоматів	Деталі масою менш як 0,04 кг	16	23
	Деталі масою понад 0,04 кг	24	35
– з переважанням одношпиндельних пруткових автоматів	Деталі масою менш як 0,04 кг	14	20
	Деталі масою понад 0,04 кг	18	25
– оброблення деталей верстатів	Середніх токарних	21...24	29...34
	Великих фрезерних	24...27	36...40
	Круглошліфувальних	20...24	30...35
Редукторів:	Дрібних	24...27	34...38
	Середніх	36...53	48...70
	Великих	60...75	80...100
З автоматичними лініями, що мають жорсткі зв'язки	–	25 (на кожену позицію)	35

До загальної питомої площі не належать приміщення для приготування, збирання та регенерації МОР, переробки стружки, майстерні для ремонту пристроїв, загострювального відділення.

Розрахунки, виконані за табличними даними питомих площ, уточнюють під час детального планування обладнання.

Умовні позначення елементів будівель, споруд, конструкцій, обладнання та транспортних засобів, які широко застосовують у процесі компонування та планування ГВС наведено у табл. 10.3.

Планування розміщення обладнання. Склад виробничих відділень і дільниць механічних цехів визначається характером виготовлюваних виробів, технологічним процесом, обсягом і організацією виробництва.

Основним принципом під час складання плану з розміщення устаткування в цеху є забезпечення прямого руху деталей у процесі їх оброблення відповідно до технологічного процесу.

**Умовні позначення елементів будівель, споруд, конструкцій,
обладнання та транспортних засобів**

Назва	Умовні позначення
Стіна, перегородка	
Отвір у стіні або перегородці:	
- не доходить до підлоги;	
- доходить до підлоги	
Проріз віконний	
Шлях підкрановий	
Монорейка з талем	
Кран мостовий	
Кран консольний	
Двері (ворота): одностулкові у прорізі; двостулкові у прорізі; відкотні одностулкові; розсувні двостулкові; підйомні	
Колона: залізобетонна; металева	
Канал для транспортування стружки	
Автоматична лінія	
Технологічне обладнання	
Місце обслуговуючого персоналу	
Стелаж багатоярусний однорядний	
Промисловий робот	
Проходи, проїзди	
Візок рейковий	
Огорожа майданчиків	
Місце складування	

Металорізальні верстати може бути розміщено одним із двох способів: за типом обладнання або відповідно до ходу технологічного процесу, тобто у послідовності виконання операцій.

За типами обладнання верстати розміщують тільки в невеликих цехах одиничного та дрібносерійного виробництва за малої маси і габаритів оброблюваних деталей, а також для обробки окремих деталей в серійному виробництві. У такому разі створюються ділянки однорідних верстатів: токарних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних та ін.

Відповідно до послідовності технологічного процесу розташовують верстати в цехах масового та серійного виробництва.

Під час розміщення верстатів керуються такими правилами:

1. Дільниці, зайняті верстатами, мають бути якнайкоротшими. У машинобудуванні довжина дільниць разом із зонами заготовок і готових деталей становить 40...80 м.

2. Технологічні лінії можуть розміщуватися як уздовж прогонів, так і поперек.

3. Верстати вздовж дільниці може бути розміщено у два, три та більше рядів. У разі встановлення верстатів у два ряди між ними залишається прохід для транспорту. За трирядного розміщення верстатів можуть бути два (рис. 10.3, *а*) або один прохід (рис. 10.3, *б*). В останньому випадку поздовжній прохід утворюється між одинарними і здвоєними рядами верстатів. У разі розміщення верстатів у чотири ряди вздовж дільниці влаштовують два проходи: біля колон верстати розміщують в один ряд, а здвоєний ряд – посередині (рис. 10.3, *в*).

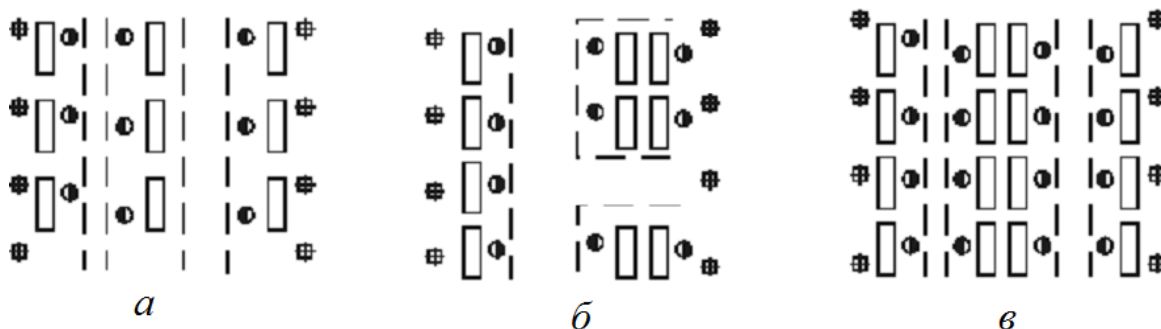


Рис. 10.3. Схеми розміщення верстатів

4. Верстати відносно проїзду встановлюють: вздовж, уперек (рис. 10.4) і під кутом (рис. 10.5, 10.6, *а*). Найзручніше розміщення вздовж проїзду та фронтальне. Верстати для роботи з прутками

розміщують завантажувальним боком до проїзду, а решту так, щоби сторона з приводом була повернута до стіни або колон. Верстати для роботи з прутками може бути також розміщено в шаховому порядку (рис. 10.6, б).

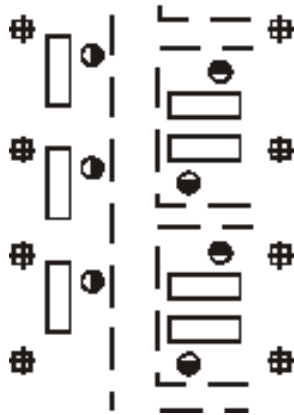


Рис. 10.4. Розміщення верстатів уздовж і впоперек проїзду

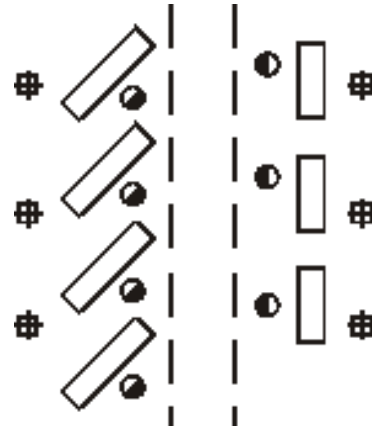
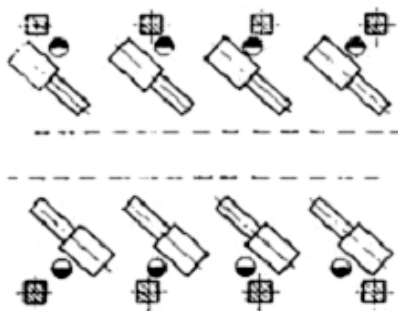
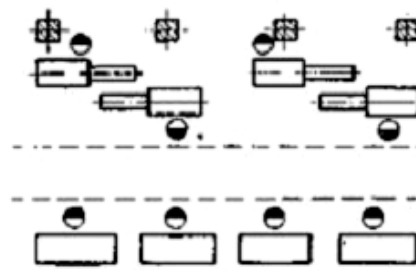


Рис. 10.5. Розміщення верстатів під кутом до проїзду



а



б

Рис. 10.6. Розміщення верстатів:
а – під кутом до проїзду; *б* – у шаховому порядку

5. Верстати один відносно одного може бути розміщено фронтально, «у потилицю» та тильним боком (рис. 10.7, табл. 10.4).

6. Великі верстати не повинні стояти біля вікон, оскільки це впливає на освітлення цеху.

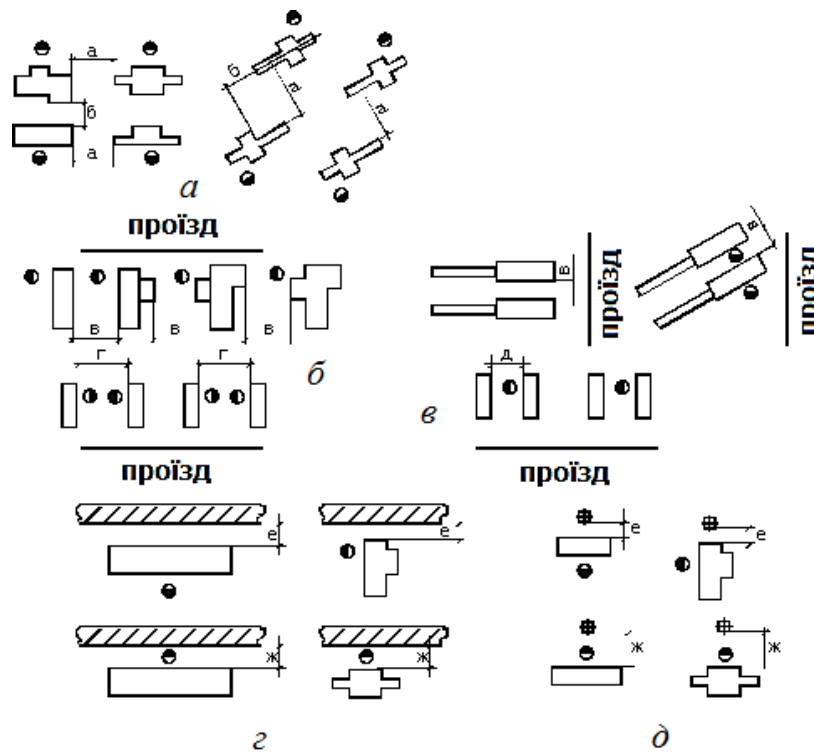


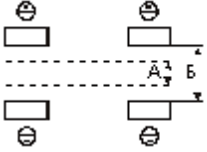
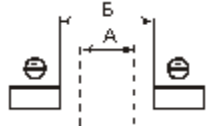
Рис. 10.7. Варіанти розміщення верстатів (див. табл. 10.4)

Таблиця 10.4

Норми відстаней між верстатами та від верстатів до стін і колон будівель (див. рис. 10.7)

Відстань		Норми відстаней між верстатами за їх розмірів у мм				
		до 1800 × 800	до 4000 × 2000	до 8000 × 4000	до 16000 × 6000	
Фронтальна між верстатами (а)		700	900	1500	2000	
Між тильними сторонами верстатів		700	800	1200	1500	
Між верстатами за поперечного розташування до проїзду	Коли верстати розташовано «у потилицю»	1300	1500	2000	—	
	Коли верстати розташовано фронтально і обслуговуються одним працівником	Одного верстата (г)	2000	2500	3000	—
		Двох верстатів (д)	1300	1500	—	—
Від стін або колон будівлі до верстатів	До тильної або бічної сторони верстата (е)	700	800	900	1000	
	До фронту верстата (ж)	1300	1500	2000	—	

**Норми ширини магістральних проїздів
у механічних і складальних цехах**

Схема	Вид транспорту	Вантажо- підйомність, т	А, мм	Б, мм
Проїзд поздовжній 	Електровізки (електрокари)	до 1 до 3 до 5	3000 3500 4000	3400 4000 4500
	Електронавантажувачі з підйомними вилами	до 0,5 до 1 до 3	3500 4000 5000	4000 4500 5500
Проїзд поперечний 	Вантажні автомашини	до 1 до 5	4500 5500	5000 6000

Визначаючи відстань між верстатами, від верстатів до стін і колон будівлі (табл. 10.4) потрібно враховувати таке:

- відстані беруть від зовнішніх габаритних розмірів верстатів, включно з крайніми положеннями рухомих частин, відчинених дверцят та постійних огорож верстатів;
- для важких і унікальних верстатів (габаритом понад 16000×6000 мм) необхідну відстань визначають для кожного конкретного випадку;
- у разі встановлення верстатів на індивідуальні фундаменти відстань від колон, стін і між верстатами беруть, зважаючи на конфігурацію та глибину фундаментів верстатів, колон та стін;
- у випадку різних розмірів двох поруч розташованих верстатів відстань між ними визначають за більшим із цих верстатів;
- під час монтажу верстати встановлюють у лінію за виступаючими деталями, що не тільки естетично, але й доцільно. За такого планування полегшується прибирання приміщення, вивезення будь-якого верстата з ділянки, а також доступ до верстатів для обслуговування.

У потокових лініях верстати також може бути встановлено в один ряд (рис. 10.8, а) або у два ряди (рис. 10.8, б), в останньому випадку деталей у процесі оброблення переходить з одного ряду до іншого. Потокова лінія може бути і з двома паралельними потоками деталей (рис. 10.8, в). Для оброблення деталей з великою кількістю операцій поточною лінією надають зигзагоподібну форму для того, щоб довжина кожної ділянки дорівнювала довжині інших ділянок, тобто дорівнювала 40...80 м, і щоб вихід готових деталей був у тому ж самому напрямку,

що й для інших поточкових ліній (рис. 10.8, з). Цифрами на рисунках позначено послідовність проходження деталі через верстати лінії.

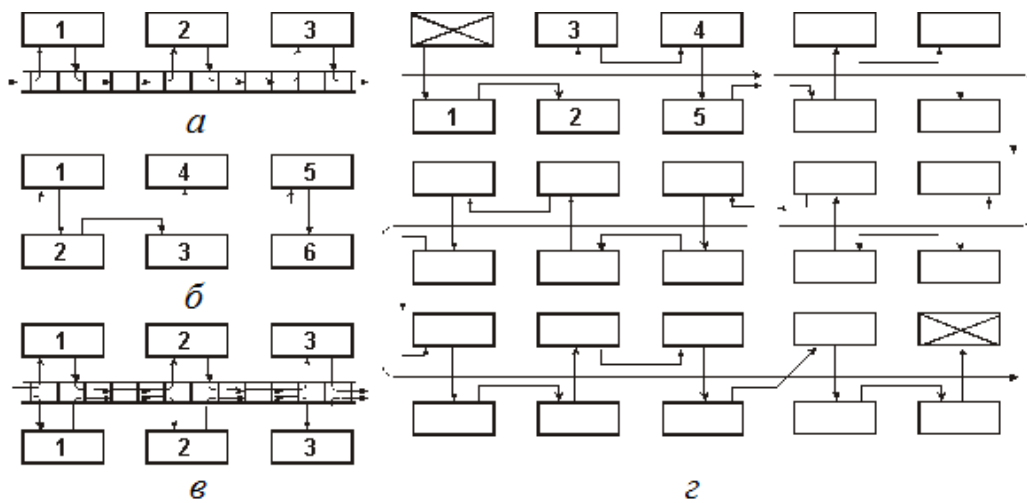


Рис. 10.8. Розміщення верстатів у поточкових лініях

Верстати у поточкових лініях із застосуванням рольгангів або інших конвеєрів можуть бути встановлені щодо них паралельно (рис. 10.9, а) або перпендикулярно (рис. 10.9, б); вони також можуть бути вбудовані в лінію рольганга або конвеєра (рис. 10.9, в).

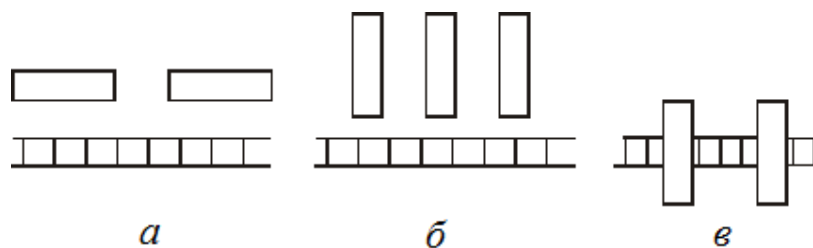


Рис. 10.9. Схеми розміщення верстатів щодо поточкових ліній

Компонування ГВС. Відомі різні підходи до проблеми розміщення обладнання у ГВС. Основне в них – прагнення ще до ухвалення рішення про компонування ГВС повністю продумати її структуру. Для досягнення найкращих результатів слід розглядати ГВС як закінчену систему, починаючи від замовлення на її проектування та закінчуючи відвантаженням замовнику. На практиці зазвичай спочатку встановлюють одну ділянку ГВС, а потім її планомірно нарощують до остаточного створення всієї системи. Тому під час проектування слід брати до розрахунку загалом всю ГВС, навіть якщо це спричиняє деякі

ускладнення під час її експлуатації, коли працює тільки частина системи.

До ГВС для механічної обробки належать не тільки верстати та склади, а й обладнання для виконання додаткових операцій, наприклад, миття та видалення стружки. Зазвичай ГВС містить кілька верстатів, супутники, затискні пристрої, заготовки, інструменти, робочари, підготовчу та інструментальну дільниці, склади та машинний зал. Якщо найпростіша ГВС складатиметься, наприклад, лише з двох верстатів, то для її реалізації не потрібні всі названі вище компоненти, проте їх все одно слід мати на увазі від самого початку проектування.

Відомо декілька типів компонування ГВС.

За довільного компонування (рис. 10.10, *a*) кілька верстатів у ГВС довільно розташовують у вигляді прямокутника.

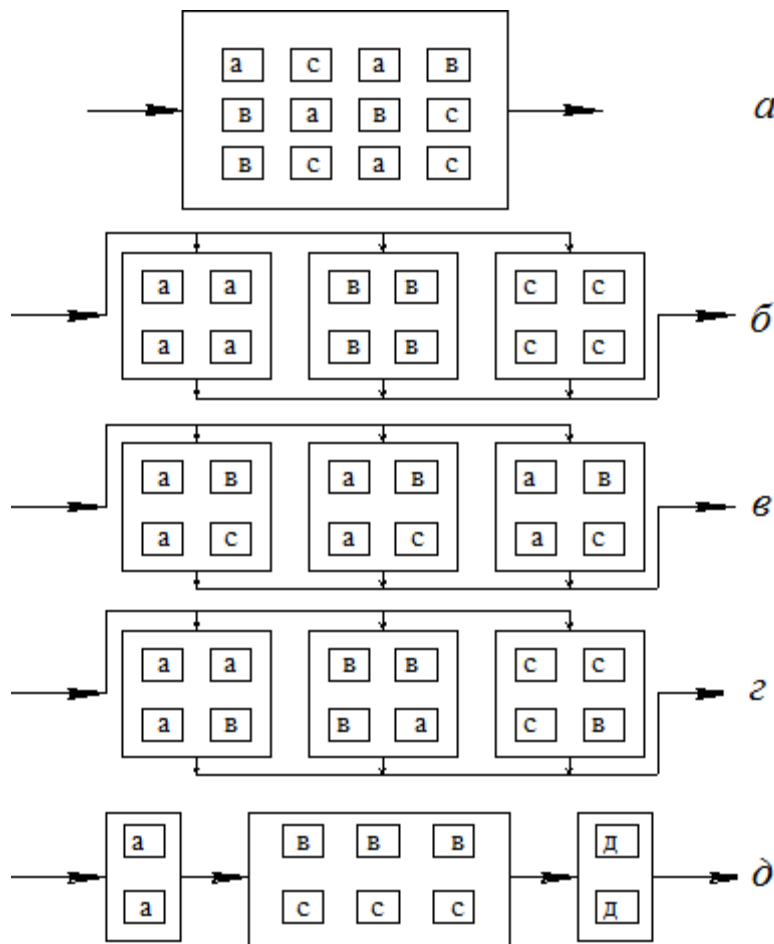


Рис. 10.10. Варіанти розміщення верстатних модулів:
a – довільне; *б* – функціональне; *в* – модульне; *г* – групове; *д* – поетапне;
 а, б, в, с – типи верстатних модулів

Недоліком такого компоювання є те, що за наявності у ГВС більше трьох верстатів транспортні маршрути ускладнюються та подовжуються.

За функціонального компоювання (рис. 10.10, б) верстати (токарні, фрезерно-розточувальні та шліфувальні) розміщують за функціональною ознакою так, щоб заготовки послідовно проходили від початку до кінця ГВС. Таке компоювання характерне для цехів дрібносерійного виробництва.

За модульного компоювання (рис. 10.10, в) аналогічні операції виконують одночасно однаковими гнучкими виробничими модулями. Таке компоювання характеризується певними можливостями резервування та за деяких умов може замінювати функціональне. Резервування полегшує застосування цього виду компоювання під час виконання термінових замовлень або вирішення несподіваних проблем.

За групового компоювання (рис. 10.10, г) кожна група верстатів призначена для оброблення певної номенклатури заготовок. Ця компоювання є розвитком принципу групової технології та дає змогу досягти найвищої продуктивності на операціях механічної обробки. За різних типів заготовок її можна застосовувати також для поетапного впровадження ГВС, оскільки кожна група модулів у системі може мати автономну структуру. У разі потреби можна скористатися можливостями переносу оброблення від однієї групи до іншої.

За ступінчастого компоювання, крім вибору ГВС, слід брати до уваги й ті операції, які зазвичай потрібно виконувати на інших дільницях. У багатьох випадках, наприклад, перед установленням заготовок на верстат, виникає потреба у фрезеруванні її базової площини, а для спрощення закріплення цієї заготовки може знадобитися просвердлити кілька технологічних отворів. В ідеальному випадку ці операції слід виконувати в умовах ГВС. Оскільки вони рідко є визначальними, то раціонально використовувати для цих цілей наявні фрезерні та радіально-свердлильні верстати, особливо якщо оператори ГВС зможуть їх завантажувати у перервах між установленням заготовок на супутники.

Після оброблення у ГВС може виникнути потреба проведення деяких додаткових операцій, наприклад, загартування та шліфування. Устаткування для виконання цих операцій доцільно розташовувати окремо від ГВС, створюючи три ділянки (ступінчасте компоювання ГВС): попередньої, основної і фінішної обробки (рис. 10.10, д).

Планування роботизованих технологічних комплексів (РТК).

РТК можуть бути частиною автоматизованої дільниці та лінії цеху. Промисловий робот (ПР) у такому разі виконує допоміжні операції типу «узяти – покласти», а іноді й основні операції – збирання, зварювання, фарбування.

Планування РТК може бути:

- лінійним;
- круговим;
- лінійно-круговим;
- об'ємним (у кілька поверхів).

За лінійного планування РТК (рис. 10.11) відсутня міжопераційна транспортна система, а передачу предметів виробництва від одного верстата до іншого виконують безпосередньо ПР, що належать до їх складу. Такі РТК можуть мати як централізоване керування, так і систему децентралізованого керування. Всі верстати працюють синхронно в єдиному ритмі відповідно до завданої програми послідовності робочих операцій і холостих ходів. Такі лінії з прямим жорстким зв'язком між верстатами є найпростішими та найменш вартісними, однак потребують суворо визначеного взаємного розміщення основного технологічного устаткування.

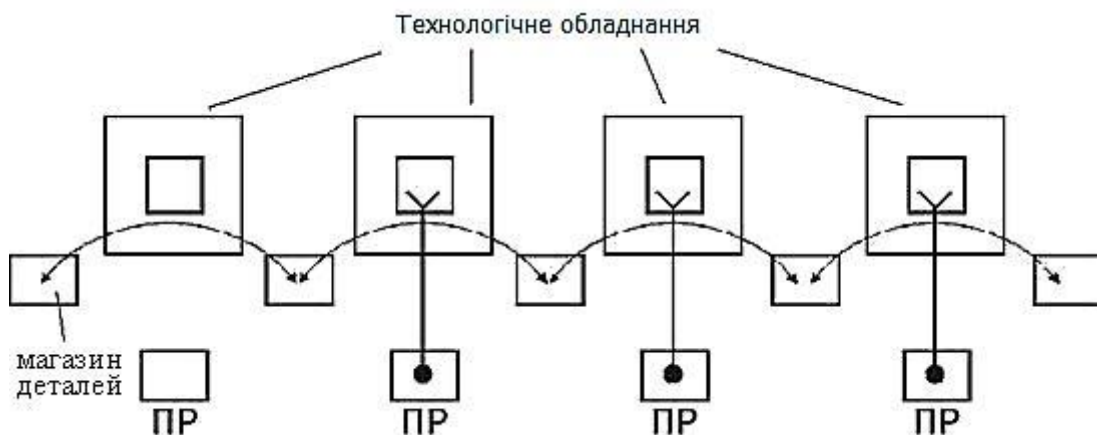


Рис. 10.11. Лінійне планування РТК

На рис. 10.12–10.14 показано складніший варіант лінійного планування РТК, у якому зв'язки між технологічним обладнанням виконують за допомогою операційних транспортних засобів. Це дає змогу територіально розділити окремі верстати і тим самим полегшити

компонування всього комплексу. Робота окремих верстатів у такому разі є незалежною.

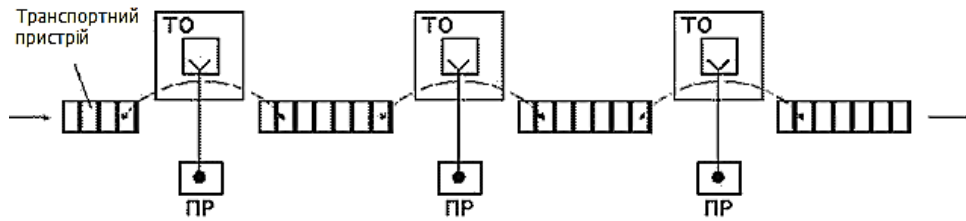


Рис. 10.12. Лінійне планування РТК з одностороннім розміщенням основного обладнання відносно транспортера

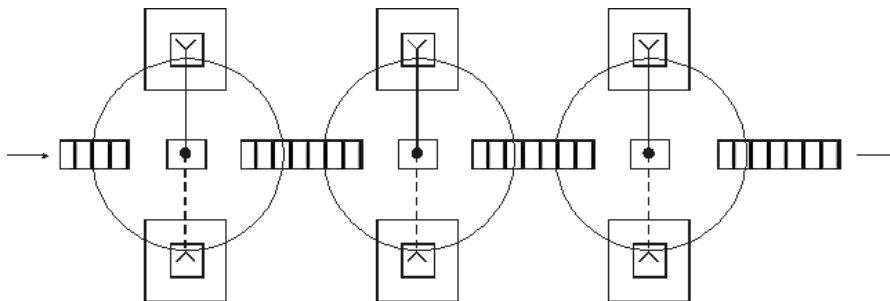


Рис. 10.13. Лінійне планування РТК з двостороннім розміщенням основного обладнання відносно транспортера

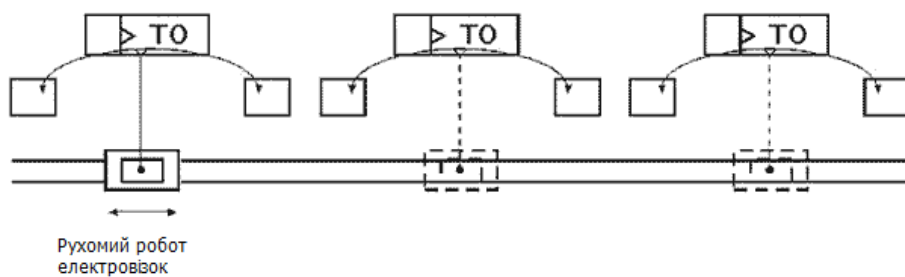


Рис. 10.14. Лінійне планування РТК з рухомим промисловим роботом (електровізком)

На рис. 10.15 відображено варіанти кругового планування РТК.

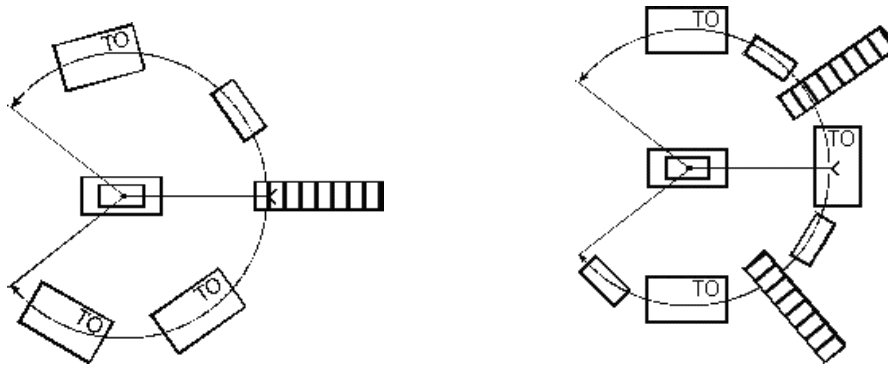


Рис. 10.15. Кругове планування РТК

Плануючи роботизований технологічний комплекс, слід подбати про його безпечне функціонування. Експлуатація роботів є особливо небезпечною, коли персонал перебуває в робочому просторі РТК.

Основний шлях запобігання небезпечним ситуаціям і травматизму під час роботи робототехнічних комплексів – неухильне дотримання загальних і спеціальних правил техніки безпеки, чітке визначення розмірів небезпечної зони, її огороження та блокування, що унеможливорює перебування в ній людини під час роботи ПР і технологічного обладнання, використання різноманітних систем блокування – фотоелектричних, локаційних, тактильних та ін.

Запитання для самоперевірки

1. Залежно від яких чинників вибирають типи, конструкції та розміри будівель?
2. Що називають фундаментом?
3. Як поділяють стіни будівлі за конструктивною ознакою?
4. Які вимоги ставлять до елементів будівель під ГВС?
5. Які площі належать до виробничої?
6. З чого складається допоміжна площа цехів?
7. Що вважають основним показником у визначенні загальної площі цеху?
8. Наведіть варіанти розміщення технологічного обладнання під час компонування цехів.
9. Які типи компонування ГВС вам відомі?
10. Назвіть види планувань РТК.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хартмут Биннер. Управление организациями и производством: от функционального менеджмента к процессному / Биннер Хартмут [перевод с немецкого]. – М.: Альбина Паблишерз, 2010. – 282 с.
2. Гавриш А.П. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства: учебник / А.П. Гавриш, А.И. Ефремов. – К.: Техника, 1982. – 215 с.
3. Гибкие производственные системы Японии [перевод с японского]. – М.: Машиностроение, 1987. – 115 с.
4. Гнучкі виробничі системи для механічної обробки / Е.М. Гуліда та ін. – Львів: Світ, 1992. – 152 с.
5. Хартли Дж. ГПС в действии / Дж. Хартли [перевод с английского]. – М.: Машиностроение, 1987. – 165 с.
6. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М.Е. Егоров. – М.: Высшая школа, 1963. – 480 с.
7. Технологические основы гибких производственных систем: учеб. для машиностр. спец. вузов / под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2000. – 255 с.
8. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки: справочник / Р.Э. Сафраган и др.; под ред. канд. техн. наук Р.Э. Сафрагана. – К.: Техника, 1989. – 175 с.
9. Никифоров А.П. Технология автоматизированного производства / А.П. Никифоров, В.Д. Артамонов. – 2000. – 101 с.
10. Полетаев В.А. Технологическая подготовка изготовления деталей на станках с числовым программным устройством: учеб. пособие / В.А. Полетаев. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1998. – 140 с.
11. Полетаев В.А. Проектирование технологических процессов автоматизированного производства: учеб. пособие / В.А. Полетаев. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2000. – 151 с.
12. Полетаев В.А. Проектирование машиностроительного производства: методическое пособие / В.А. Полетаев. – Иваново: Ивановский гос. энергетич. ун-т, 2007. – 184 с.
13. Промышленная робототехника / Л.С. Ямпольский и др.; под ред. Л.С. Ямпольского. – К.: Техника, 1984. – 264 с.
14. Черпаков Б.И. Робототехнические комплексы. – М.: Высшая школа, 1989. – 95 с.

15. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие / В.В. Клепиков и др. – М.: МГИУ, 2009. – 262 с.
16. Проектирование автоматизированных участков и цехов / под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1992. – 272 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т./ под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
18. Станочное оборудование ГПС: справочник / под ред. Е.С. Пуховского. – К.: Высшая школа, 1990. – 175 с.

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСВВ – автоматизована система видалення відходів
АСІЗ – автоматизована система інструментального забезпечення
АСКГВС – автоматизована система керування ГВС
АСУ – автоматизована система управління
АСУТП – автоматизована система управління технологічними процесами
АСНД – автоматизована система наукових досліджень
АТСС – автоматизована транспортно-складська система
БЦВ – багатоцільовий верстат
ВТК – відділ технічного контролю
ГАВ – гнучке автоматизоване виробництво
ГАД – гнучка автоматизована ділянка
ГАЗ – гнучкий автоматизований завод
ГАЛ – гнучка автоматизована лінія
ГАЦ – гнучкий автоматизований цех
ГВК – гнучкий виробничий комплекс
ГВМ – гнучкий виробничий модуль
ГВС – гнучка виробнича система
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина
КВМ – контрольна-вимірювальна машина
КВС – контрольна-вимірювальна система
КОК – керуючий обчислювальний комплекс
КП – керуюча програма
МОР – мастильно-охолоджувальна рідина
ОЦ – обробний центр
ПК – програмне керування
ПР – промисловий робот
РТК – роботизований технологічний комплекс
САК – система автоматизованого контролю
САПР – система автоматизованого проектування
САУ – система автоматизованого управління
СЗПР – система забезпечення профілактикою та ремонтом обладнання
СЗФ – система забезпечення функціонування
СТД – система технічного діагностування
СТПВ – система технологічної підготовки виробництва
ТНС – транспортно-накопичувальна система
ТОЦ – токарний обробний центр
ТПВ – технологічна підготовка виробництва
ТС – транспортна система
ТСС – транспортно-складська система
ЧПК – числове програмне керування

Навчальне видання

АБРАШКЕВИЧ Юрій Давидович,
ПЕЛЕВІН Леонід Євгенович,
МАРЧЕНКО Олександр Анатолійович

ПРОЦЕСИ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЦТВ

Навчальний посібник

Редагування та коректура *В.С. Ясінської*
Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукарєвої*

Підписано до друку 11.11.2019. Формат 60 × 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 12,32. Обл.-вид. арк. 13,25.
Тираж 30 прим. Вид. № 3/І-19. Зам. № 36/1-19.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.