

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя

Кафедра автоматизації  
технологічних процесів та  
виробництва



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ**

з дисципліни

**“Обладнання та основи створення гнучких  
автоматизованих виробництв”**

для студентів спеціальностей:

7.05020201, 8.05020201 «Автоматизоване управління  
технологічними процесами»;

7.05020202, 8.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані  
технологічні процеси і виробництва»

Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни “Обладнання та основи створення гнучких автоматизованих виробництв” для студентів спеціальностей: 7.05020201, 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами»; 7.05020202, 8.05020202 «Комп’ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва» / Укл. В.Б.Савків. – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 28 с.

Рецензент: к.т.н., професор Проць Я.І.

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв (протокол № 5 від 10 грудня 2014 р.) та вченою радою факультету комп’ютерних технологій (протокол № 4 від 22 грудня 2014 р.).

## ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНО-КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ГНУЧКОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ

### 1. Типові структурні схеми побудови ГВС.

#### 1.1. Вимоги до типових структурних схем.

Перш ніж приступити до розробки компоновки ГАВ, необхідно уточнити термінологію, яка склалася в літературі і практиці проектування. У відповідності до стандартів гнучкою виробничою системою являється сукупність в різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів гнучких виробничих модулів окремих одиниць технологічного обладнання і системи забезпечення її функціонування в автоматичному режимі на протязі заданого інтервалу часу, що володіє властивістю автоматизованого перенастроювання при виробництві виробів різної номенклатури в межах технічних характеристик технологічного обладнання. Крім цього, визначено види ГВС по організаційних ознаках: гнучка автоматизована лінія (ГАЛ), гнучка автоматизована дільниця (Г АД), гнучкий автоматизований цех (ГАЦ). Під ГАД розуміють гнучку виробничу систему, яка функціонує по технологічному маршруту, в якому передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного обладнання. В цьому ж документі дано визначення ГВМ, РТК, системи забезпечення функціонування ГВС, АТСС, автоматизованої системи інструментального забезпечення.

Для спрощення задач необхідно обмежити число конкретних схем ГВС. При цьому для обмеження числа типових схем необхідно виділити всі суттєві особливості ГВС як складної технічної системи, які відображають в повній мірі цілі їх створення, принципи ефективного функціонування і степінь впливу на весь виробничий процес. Аналіз цих особливостей дозволяє сформулювати основні вимоги до ТСС:

1. ТСС повинні забезпечувати можливість реалізації ГВС у вигляді автоматичної системи робочих і допоміжних машин, яка дозволяє за допомогою управління досягти суттєвого підвищення ефективності виробництва.
2. ТСС повинні бути орієнтовані на обробку однорідної групи деталей по габаритам, технології і класу. В цих межах вони повинні бути універсальні за рахунок високої степені технологічної гнучкості.
3. ТСС повинні забезпечувати реалізацію вільного технологічного маршруту при одно- і багатопозиційній обробці деталей в будь-якій послідовності і при будь-якій величині партії деталей, аж до їх поштучного виготовлення.
4. ТСС повинні відповідати вимогам гнучкості по потужності, тобто найбільш простим чином забезпечувати розширюваність системи.
5. ТСС повинні забезпечувати надійне функціонування виробничої системи при будь-яких збуреннях, пов'язаних із зміною завдань і ресурсів.
6. Формування ТСС повинно проводитися на основі аналізу взаємодії основних структур ГВС – організації – технології – обладнання – управління.

7. Структура ГВС повинна допускати методологічну єдність проведення етапів синтезу, аналізу і реалізації управління, загальність і достовірність ориманих результатів.
8. В основі побудови ТСС повинні лежати принципи уніфікації і стандартизації.
9. Кількість ТСС повинна бути мінімальною.

Вирішують проблему шляхом декомпозиції цієї складної задачі на ряд етапів:

- 1) морфологічний аналіз відомих технічних рішень ГВС і розбивання на основні класи;
- 2) аналіз степеня відповідності цих класів комплексу вимогам до ГВС;
- 3) виділення класів, які відповідають цим вимогам, і їх системний аналіз;
- 4) формування ГВС в рамках вказаних класів з врахуванням специфіки виробничих задач.

## 1.2. Класифікація ГВС

У відповідності до стандартів встановлено наступні ознаки класифікації ГВС: організаційний, комплексність виготовлення деталей, вид обробки, різновидність оброблюваних виробів, автоматизація.

Користуючись класифікацією, даною в цьому документі, і методикою морфологічного аналізу, розглянемо можливі структурні вирішення ГАД.

ПО організаційній ознаці ГВС класифікують як ГАЛ, ГАД, і ГАЦ.

Комплексність виготовлення виробів відображає можливі напрямки забезпечення виробництва. Існують операційні ГАД, які виконують операції технологічного процесу виготовлення виробів (деталей, складальних одиниць). ГВС для виробництва деталей здійснюють виготовлення деталей по технологічному процесу. ГВС для виробництва комплектів виробляють комплекти деталей, які входять в складальну одиницю. Четвертий тип ГВС призначений для виробництва складальних одиниць, включаючи виготовлення деталей і складання.

По виду обробки ГВС групують для литва, обробки тиском, зварювання і паяння, обробки різанням, термообробки, отримань покриттів, складання, контролю і випробовувань, багатоцільові і інші. Причому багатоцільова ГВС реалізує декілька видів обробки.

Різновидність виробів приводить до систем для обробки: корпусних деталей, площинних деталей, деталей типу тіл обертання і інших. Крім того, розглядають універсальні ГВС і складальні одиниці. Універсальна ГВС здійснює обробку деталей декількох класифікаційних груп.

По степені автоматизації ГВС розбиті на три рівні (табл. 1).

При проектуванні ГВС необхідно крім приведеної стандартної класифікації враховувати і додаткові компоненти у вигляді складу верстатного обладнання, кількості операцій, тимчасового зв'язку між верстатами, наявності нагромаджувачів, виду міжверстатного транспорту.

## Автоматизація ГВС

Виконувана функція	Класифікаційна група по рівню автоматизації		
	1	2	3
Нагромадження матеріалів, заготовок і виробів (на складі)	+	+	+
Нагромадження оснащення, інструмента	+	+	+
Транспортування матеріалів, заготовок і виробів по маршруту: склад – робоче місце – склад	+	+	+
Транспортування оснащення і інструменту по маршруту: склад – робоче місце – склад	+	+	+
Управління технологічними процесами	+	+	+
Управління виробничим процесом (планування, диспетчерування і т.д.)	(+)	(+)	(+)
Захист від аварійних ситуацій	+	+	+
Зміна керуючих програм	(+)	+	+
Завантаження (розвантаження) матеріалів, заготовок і виробів	–	+	+
Подача допоміжних матеріалів до робочих місць	–	+	+
Видалення відходів виробництва від робочих місць	–	+	+
Встановлення і закріплення заготовок в пристосуваннях (супутниках)	–	–	+
Контроль якості виготовлення	–	–	+
Технологічна підготовка виробництва	–	–	(+)
Проектування виробів	–	–	(+)

**Примітка.** Знак “+” означає автоматичне виконання функцій. Знак “–” – неавтоматичне. Знак “(+)” – автоматизоване.

По складу робочих позицій ГВС можуть будуватися із одноцільових верстатів, оброблювальних центрів, мультицентрів, багатоцільових одно– і багатошпіндельних верстатів.

По кількості операцій процес може бути одноступеневий при обробці за один установ і багатоступеневий.

Бувають структури із синхронізованим і несинхронізованим ТП. При обмеженій номенклатурі деталей використовують синхронізоване обладнання, що підвищує продуктивність ГВС. Для підвищення степені гнучкості вибирають один із двох варіантів несинхронізованої ГВС: з незалежною роботою верстатів; з асинхронною роботою верстатів і асинхронною транспортною системою.

Наявність нагромаджувачів визначається тимчасовим зв'язком і формою організації виробництва. При синхронізованій структурі в нагромаджувачах немає необхідності (хіба що для підвищення надійності роботи при відмовах

верстатів). При несинхронізованих ТП ємність нагромаджувачів визначається, з одного боку, тривалістю обробки деталей, з другого, – часом, на протязі якого верстати можуть працювати без участі операторів.

Вид міжопераційного транспорту:

- автономний транспорт (АТ) – візки, транспортери, рольганги, роботи, крани, конвеєри;
- єдина АТСС – теж, що і АТ, але пов'язана з робочими позиціями єдиною системою управління. Розрізняють системи, які забезпечують прості (АТСС – 1) і складні (АТСС – 2) траєкторії переміщень. АТСС – 1 організують переміщення по лінійних або кругових траєкторіях. Типові структури АТСС зображені на рис. 1.

### 1.3. Типові структурно-компонувальні вирішення ГВС.

Узгоджена робота всіх елементів ГВС повинна базуватися на організації такого просторового і часового зв'язку цих елементів, який дозволить синхронізувати роботу всієї системи в умовах змінної структури і тривалості технологічних процесів. В теперешній час найбільшого поширення отримали декілька основних типів структур, які відрізняються різними формами синхронізації робочих машин (рис. 2).

Перший тип (рис. 2, а) характеризується використанням машин, які працюють незалежно одна від одної, і базується на використанні багатоцільових верстатів, призначених для повної обробки за один установлений класів і габаритів, що виключає використання міжверстатного транспорту (тобто синхронізація не потрібна). Структура являється досить ефективною, так як дозволяє забезпечити високе завантаження верстатів і мінімальний час пролежування деталей (рис. 2, а). Для розділення грубих високо інтенсивних і прецизійних фінішних переходів застосовують другий тип ГВС з двохпозиційною обробкою. Для цих структур характерний двонаправлений рух асинхронного транспорту між верстатами, наявність міжверстатних нагромаджувачів, повна взаємозамінність верстатів в межах чорнових і чистових груп операцій. Через різні трудомісткості чорнових і чистових переходів виникає нагромадження деталей між верстатами (рис. 2, б).

Прагнення до подальшого розчленування ТП і реалізації його елементів на окремих верстатах, подібно до автоматичних ліній, привело до появи структур третього типу – багатOVERстатних комплексів, які дозволяють здійснити паралельну, послідовну і змішану обробку при забезпеченні різних маршрутів (рис. 2, в). Структури цього типу відрізняються складними маршрутами міжверстатних переміщень деталей.

Напрямок розвитку ГВС може стати використання структури четвертого типу, побудованої на базі синхронної транспортної системи (рис. 2, г).

При виборі схеми ГАД необхідно враховувати:

1. особливості виробництва – серійність, комплектність виготовлення деталей, номенклатуру виробів, кількість і характер переналадок;

2. характеристики заготовок – габарити, форма, маса, матеріал, об’єм знімання металу, співвідношення видів обробки.

Вибір типових схем ГВС потребує аналізу таких якісних показників, як гнучкість, стабільність якості, мінімум обслуговуючого персоналу, зручність обслуговування, кількість змін і т.д., що в результаті забезпечує високу ефективність виробництва.

## **2. Побудова структурно-компонувальної схеми ГАД.**

### **2.1. Поняття базового комплексу ГВМ і вимоги до компонентівних схем.**

Оснoву оброблювального ГВМ складає базовий комплект (БК), який включає металорізальний верстат з ЧПК або оброблювальний центр (ОЦ) і пристрій автоматичного завантаження-розвантаження верстата (промисловий робот або спеціальний пристрій). В склад ГВМ входить ще нагромаджувач заготовок, а зв’язок модуля з автоматизованим складом здійснюється за допомогою транспортного візка.

Типовий БК для обробки корпусних деталей (рис. 3, а) складається із оброблювального центра 1 і пристрою 2 автоматичної зміни палет. Еволюція ГВМ до рівня ГАД здійснюється додаванням до БК нагромаджувальної системи у вигляді стійок 3 (рис. 3, б) або горизонтально замкнутого конвейера 4 палет (рис. 3, в). При об’єднанні групи ОЦ з пристроями автоматичної зміни палет, зв’язаних із стійками 5, конвейером 6, на початку якого розміщені налагоджувальні пункти 7, маємо систему типу гнучкого виробничого комплексу (рис. 3, г). Розвитком цієї схеми являється модифікація із заміною стійок на конвейер палет (рис. 3, д) або автоматизований склад 8 палет (рис. 3, е), установка яких виконується краном 9.

ГВС, яка забезпечує повний цикл обробки складних деталей і яка складається із декількох ГАД, вміщує групу ОЦ, зв’язану автоматичним складом заготовок 10 і палет 11 транспортними візками 12 із визначеною трасою переміщення (рис. 3, ж).

В якості основних критеріїв для попередньої оцінки компонентівної схеми рекомендують відстань середнього шляху переміщення міжверстатного транспортного засобу і площу, яку займає ГАД. Аналіз компоновок ГАД показує, що лінійна схема розташування верстатів у порівнянні із круговою дозволяє більш ефективно використовувати площі, організовувати оптимальну систему відводу стружки і покращити умови ремонту обладнання.

При розробці компоновки ГАД слід керуватися наступним вимогами.

1. Взаємне розташування технологічного обладнання повинно забезпечити можливість його експлуатації з врахуванням взаємозв’язку з АТСС, постачальними відділеннями ПКД (пункт комплектації деталей), ПКІ (пункт комплектації інструменту) і ПР. Компоновка ПКД і ПКІ зображена на рис. 4.
2. Розташування обладнання ГАД повинно забезпечити оптимізацію вантажопотоків АТСС і оптимізацію траєкторій в циклограмі роботи ПР.

3. Взаємне розташування обладнання повинно забезпечувати можливості проведення профілактик і ремонтних робіт.
4. При розробці планування слід врахувати вимоги охорони праці і техніки безпеки.
5. Відстань між суміжними одиницями обладнання регламентується нормами технологічного проектування машинобудівних заводів.

## 2.2. Послідовність розробки компоновки ГАД

1. Накреслити сітку колон приміщення ГАД. Сітка колон – 18×12 м, переріз колон – 0.4×0.4 м (М 1:1000).
2. Скопіювати і вирізати необхідну кількість обладнання (габаритки) (М 1:1000), в тому числі верстати, прийомно-видаючі пристрої, транспортні засоби.
3. Розмістити попередньо технологічне обладнання для визначення можливості обслуговування його транспортними засобами (необхідна проробка декількох варіантів розміщення).
4. Провести вибір і розрахунок необхідної кількості транспортних засобів.

На етапі вибору і розрахунку обладнання кількість транспортних засобів визначено по ліміту річного фонду часу. По компоновці ГАД проводять уточнюючий розрахунок транспортних засобів по ліміту оперативного часу.

Розрахунок здійснюють по формулі:

$$N_m = \frac{N_e \cdot t_{u.m}}{T_{on.min}} = \frac{N_e \cdot t_{u.m}}{T_{um.min} \cdot K}$$

де  $N_e$  – кількість верстатів, що обслуговуються, шт;

$t_{u.m}$  – час циклу транспорту, хв;

$T_{on.min}$  – мінімальний оперативний час обробки одного установа, хв;

$T_{um.min}$  – штучний час обробки деталі, хв;

$K$  – кількість деталей на палеті, шт.

Для візка:

$$t_{u.m} = \frac{\sum L}{V_m} + 4t_p + 2t_z$$

де  $\sum L$  – довжина шляху для повного циклу, м;

$V_m$  – швидкість руху транспорту, м/с;

$t_p$  – час розгону-гальмування, хв;

$t_z$  – час циклу завантаження-розвантаження тари, хв.

У випадку використання промислових роботів для транспортування час циклу визначається із циклограми роботи РТК (приклад в табл. 2).

5. Виконати попередню компоновку (взаємне ротаування) підсистем ГАД (комплекс технологічного обладнання АТСС, ПКІ, ПКД).
6. Використовуючи компоновку, виконати планування ГАД з врахуванням взаємного розташування кожної одиниці обладнання в підсистемах.



7. Наклеїти габаритки, оформити остаточно компоновку, узгодити з викладачем. Визначити виробничу площу, яку займає ГАД.

Таблиця 2.

## Циклограма роботи ПР

Переміщення (цикл)	Координата	Відстань (шлях)	Час, с	
			на зупинку і розгін	на виконання циклу
1. Підійти до АПП із вихідного положення	XУ	*	2	
2. Опустити руку	Z	1	2	3
3. Захопити плиту – супутник		–	–	3
4. Підняти руку	Z	1	2	3
5. Перемістити до нагромаджувача ПС	XУ	*	2	3
6. Опустити руку	Z	1	2	3
7. Звільнити ПС	–	–	–	3
8. Підняти руку	Z	1	2	3
9. Переміститися для захоплення чергової ПС	У	0,4	2	2,5
10. Опустити руку	Z	1	2	3
11. Захопити ПС		–	–	3
12. Підняти руку	Z	1	2	3
13. Переміститися до АПП	XУ	*	2	3
14. Опустити руку	Z	1	2	3
15. Звільнити ПС	–	–	–	3
16. Підняти руку	Z	2	2	3
17. Переміститися до другої ПС в АПП	У	0,2	2	2,2
18. Повторити цикли 2, 16 для другої ПС				
Сумарна тривалість циклу ПР $I_{\text{цт}}=$				

\*Відстань визначається з попередньої компоновки п.3.

### 2.3. Основи для вибору оптимальної структури технологічного процесу ГАД з використанням промислового робота

Основна умова ефективного використання дорогого обладнання (ОЦ, верстатів з ЧПК, роботів) – його повне завантаження при роботі в складі ділянки. Основні рухи робота виконуються при зупинці верстата, який обслуговується. Тому умова ефективності ГАД перетворюється в умову рівномірного завантаження його обладнання пропорційно до вартості, тобто:

$$\frac{n_p \cdot B_p}{t_p} = \frac{n_e \cdot B_e}{t_e} \quad (1)$$

де  $n_p, n_e$  – кількість роботів і верстатів;

$B_p, B_e$  – вартість робота і верстата;

$t_p, t_e$  – час робочих ходів робота і верстата.

Якщо один робот обслуговує декілька верстатів, тобто  $n_p=1$ , то умова (1) набуде вигляду:

$$n_e = \frac{B_p \cdot t_e}{B_e \cdot t_p} \quad (2)$$

Верстати з ЧПК працюють з тривалим циклом при концентрованій обробці, тому умова рівномірного завантаження приводить до необхідності багатопозиційної структури ГАД. Вона може бути диференційованою, тоді робот переміщається по фронту верстатів, повертаючись при круговій компоновці або рухаючись прямо при лінійній.

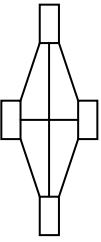
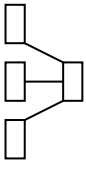
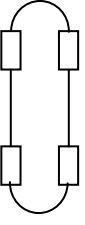

Паралельна структура можлива при наборі в групи великої кількості виробів із сумарним випуском, який забезпечує економічно необхідну продуктивність такої складної лінії. В різних потоках одночасно можуть оброблятися різні вироби, що накладає додаткові умови на оснащення робота суміжними захоплювачами і на можливості пристрою керування.

Розрахунок затрат часу, продуктивності і завантаження обладнання робиться на основі циклограм. Вони представляють собою графіки, які показують залежність координати переміщення механізмів від часу, а в спрощеному варіанті – чергування періодів роботи и простоїв обладнання. Будь – які параметричні і структурні зміни, наприклад збільшення інтенсивності режимів обробки або перестановка обладнання, відображаються в циклограмі через зміни часу виконання окремих рухів.

На рис. 5...11 зображені компоновочні схеми комплексів і ділянок, реалізованих в промисловості.

## Література

1. Устройство промышленных роботов / Юревич Е.И., Аветиков Б.Г., Корытко О.Б. и др. – Л.: Машиностроение, 1980.
2. Белянин П.Н. Промышленные роботы и их применение. – М.: Машиностроение, 1983. – 311 с.
3. Белянин П.Н. Робототехнические системы для машиностроения. – М.: Машиностроение, 1986. – 252 с.
4. Гавриш А.П., Воронец Б.М. Робототизированные механообрабатывающие комплексы машиностроительного производства. – К.: Техніка, 1984. – 199с.
5. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. – 407 с.
6. Гибкие автоматизированные производственные системы / Л.С. Ямпольский, О.М. Калинин, М.М. Ткач и др.; Под ред. Л.С. Ямпольского. – К.: Техніка, 1985. – 280с.
7. Попов Е.П. Робототехника и гибкие производственные системы. – М.: Наука, 1987. – 190 с.
8. Промышленная робототехника и гибкие автоматизированные производства: Опыт разработки и внедрения / Под ред. Е.И. Юревича. – Л.: Лениздат, 1984. – 223 с.
9. Промышленная робототехника / Под ред. Л.С.Ямпольского. – К.: Техніка, 1984. – 264 с.
10. Робототехника и гибкие производственные системы: В 9 т. / Под ред. И.П. Макарова. – М.: Высшая школа, 1986.
11. Робототехника. / Под ред. Е.П. Попова, Е.И. Юревича. – М.: Машиностроение, 1984. – 287 с.
12. Юревич Е.И. и др. Промышленная робототехника и гибкие автоматизированные производства. – Л.: Лениздат, 1985. – 223 с.
13. Ямпольский Л.С. і ін. Елементи робототехнічних пристроїв і модулі ГВС. – К.: Вища школа, 1992. – 432 с.

Степінь вільності при обробці виробів за допомогою комплексно-автоматизованих систем	Принцип здійснення потоку виробів			
	Лінійний 	Лінійний з нагромаджувача 	Централізований 	Послідовний 
Зміщення обробки по часу	—	+	+	+
Зміна послідовності виробничого циклу для окремих робочих машин	—	—	+	+
Зміна послідовності виробничого циклу для окремих виробів	—	—	○	+
Обробка на допоміжних робочих машинах (при необхідності з застосуванням другого технологічного процесу)	—	—	○	+

+ — реалізоване  
 ○ — умовно реалізоване  
 — — не реалізоване  
 1) — з центральною системою потоку інструменту

Рис. 1. Типові структури транспортно-нагромаджувальних систем

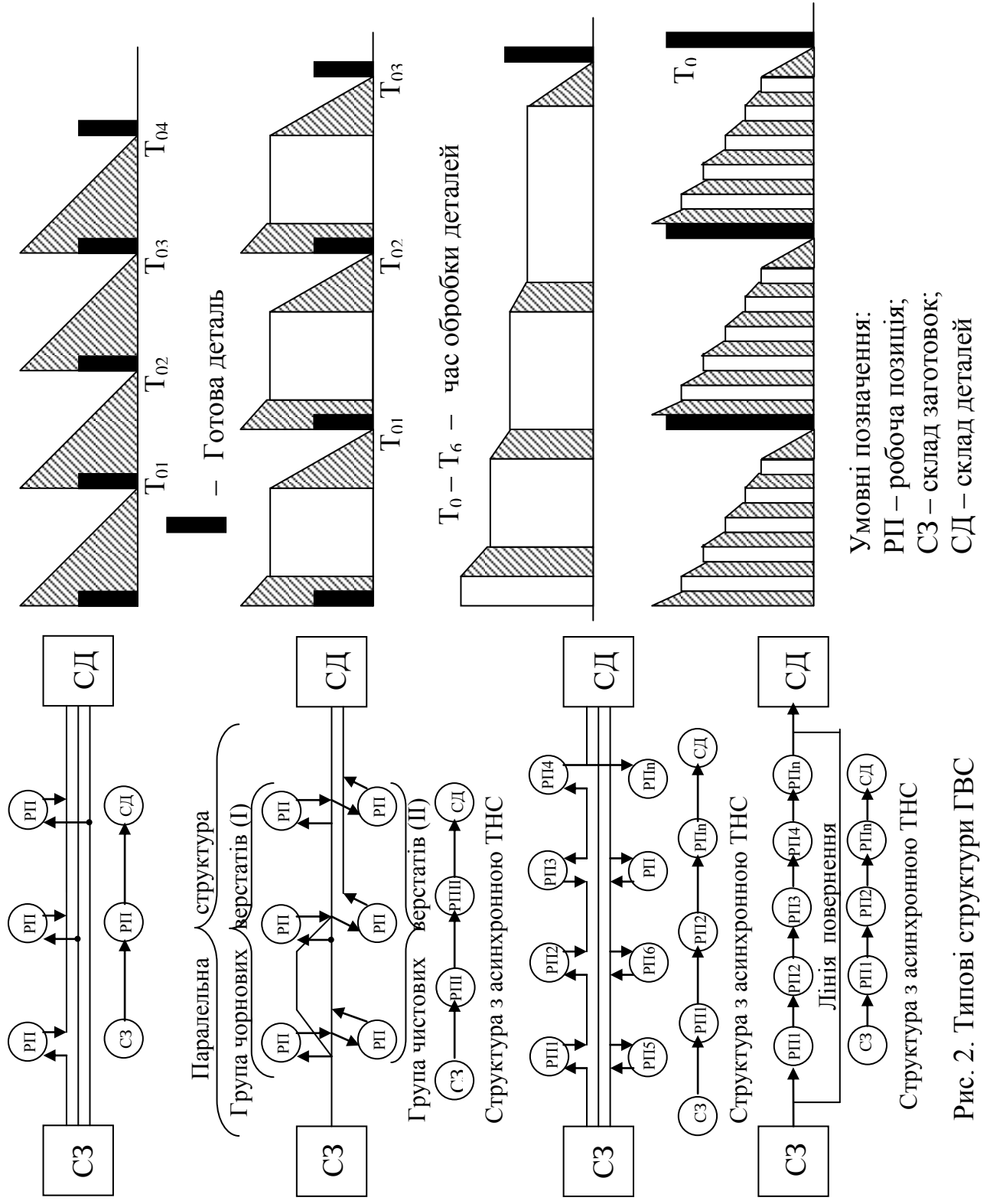


Рис. 2. Типові структури ГВС

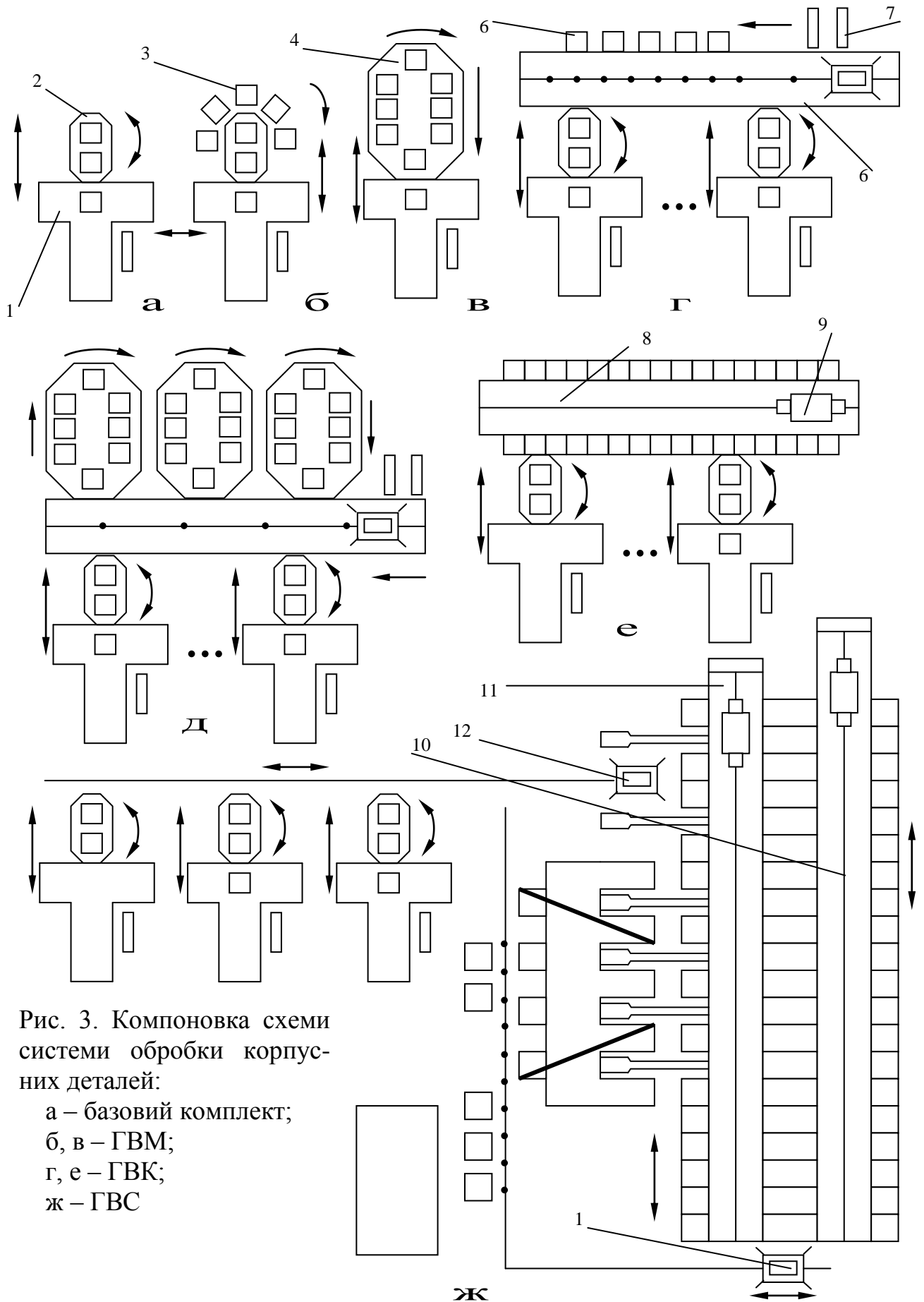


Рис. 3. Компонка схемы системы обработки корпусных деталей:

- а – базовый комплект;
- б, в – ГВМ;
- г, е – ГВК;
- ж – ГВС

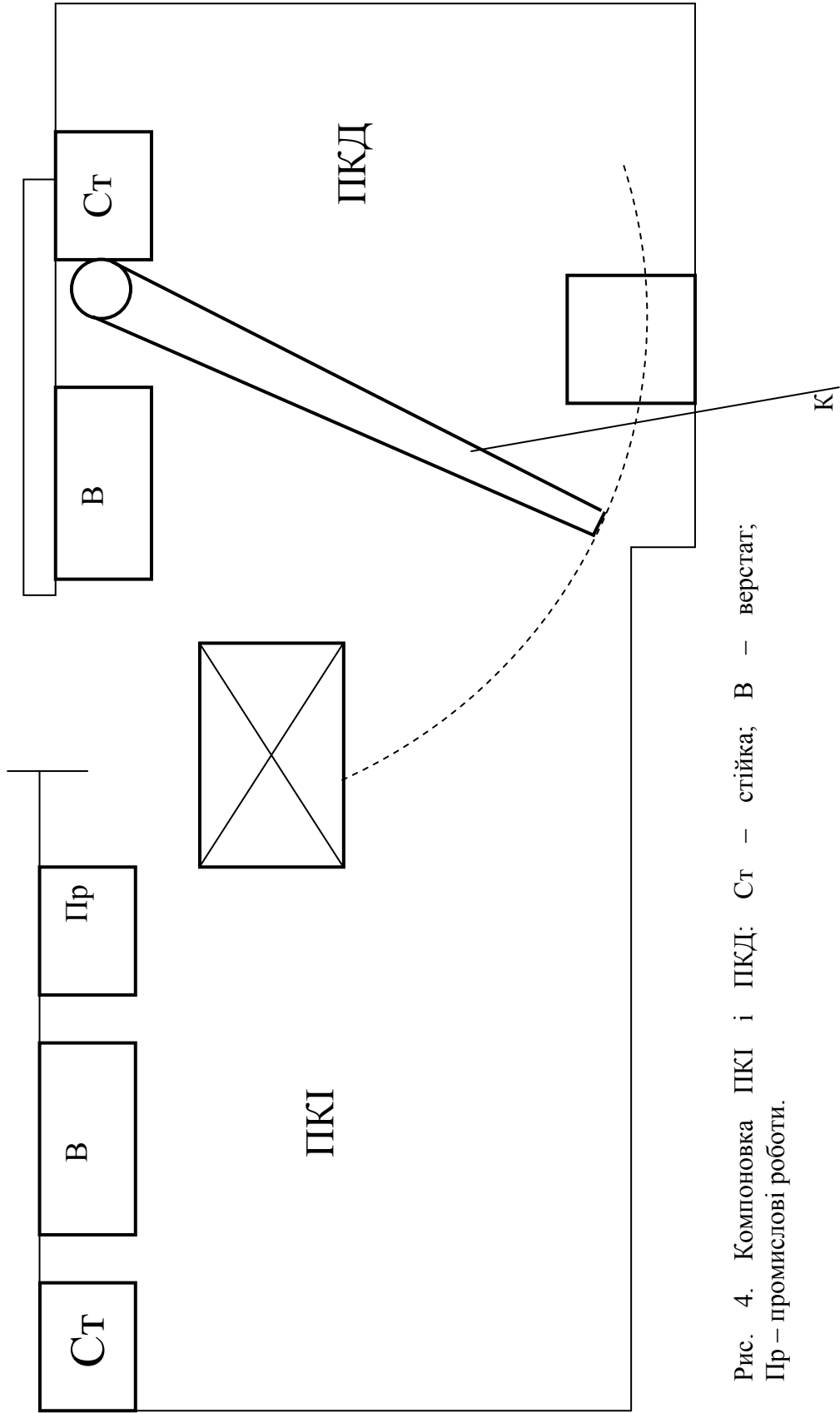


Рис. 4. Компонівка ПКІ і ПКД: Ст – стійка; В – верстат;  
Пр – промислові роботи.

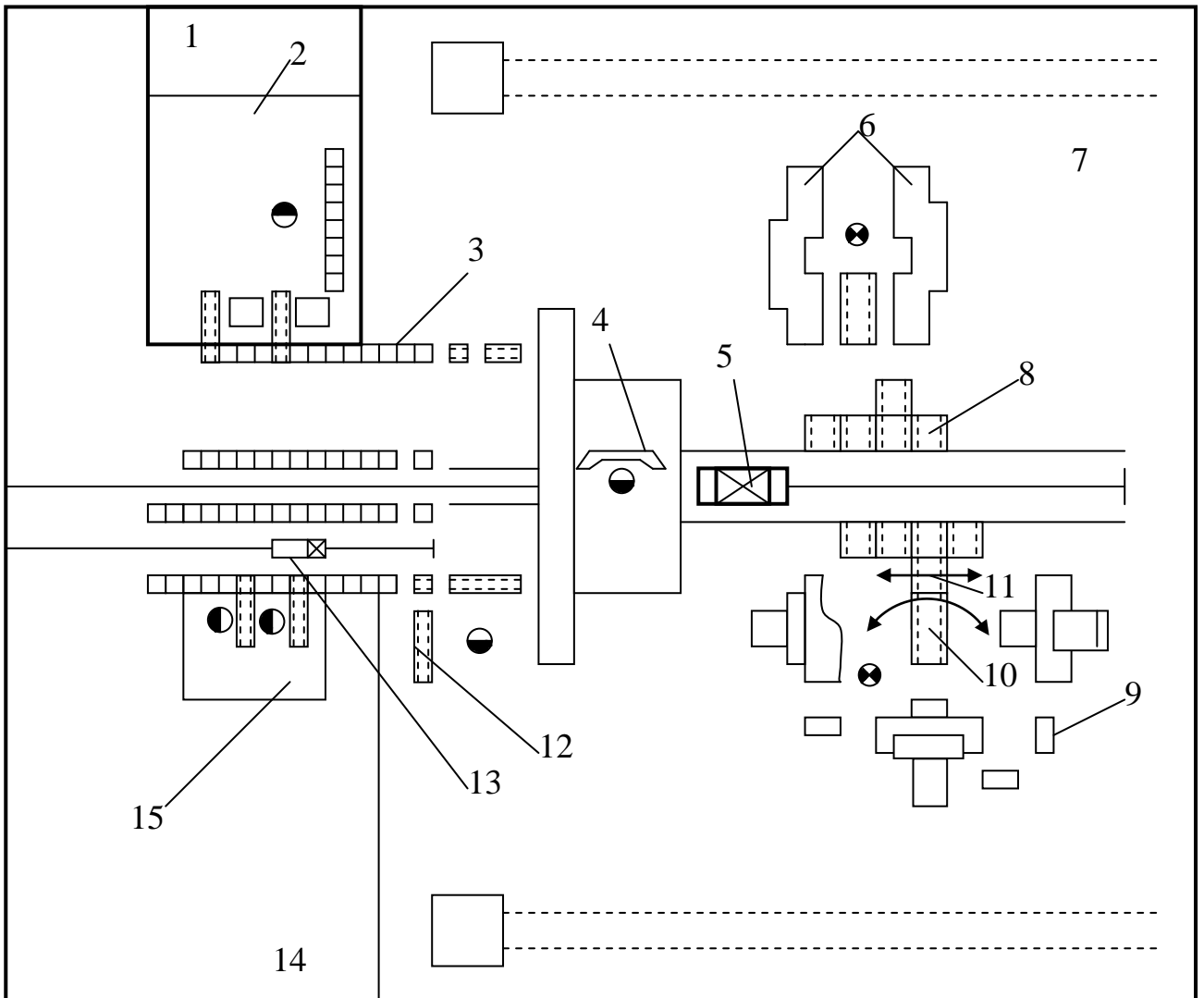


Рис. 5. Компонівка автоматичного технологічного комплексу  
 1 – технологічне бюро; 2 – ділянка розмірної настройки інструменту;  
 3 – стелажі автоматизованого складу; 4 – диспетчерський пункт;  
 5 – каретка оператора; 6 – верстати з ЧПК; 7 – зона обробки;  
 8 – приймально-передавальний стіл робочого місця; 9 – стійка з ЧПК;  
 10 – поворотні столи; 11 – рухома консольна секція;  
 12 – рольгангова секція; 13 – штабелер автоматизованого складу;  
 14 – ремонтна дільниця; 15 – слюсарна майстерня.



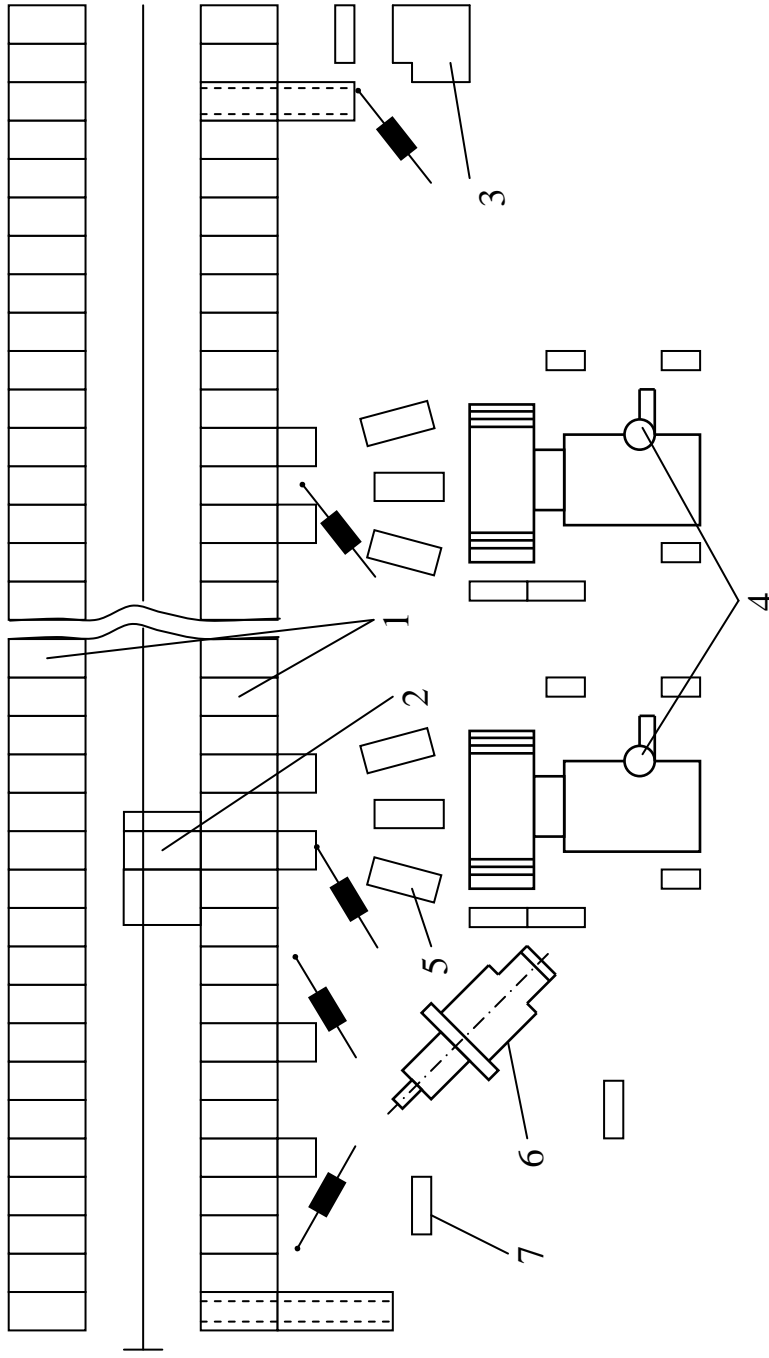


Рис. 6. Автоматизована ділянка для обробки корпусних деталей:  
 1 – багатоярусні стелажі; 2 – штабелер; 3 – контрольно - вимірювальна машина БЕ140К;  
 4 – багатопільові верстати мод.МА 6907ПМФ4; 5 – нагромаджувач при верстаті; 6 –  
 верстаг для підготовки бази; 7 – координатно-розміткова машина БЕ111А

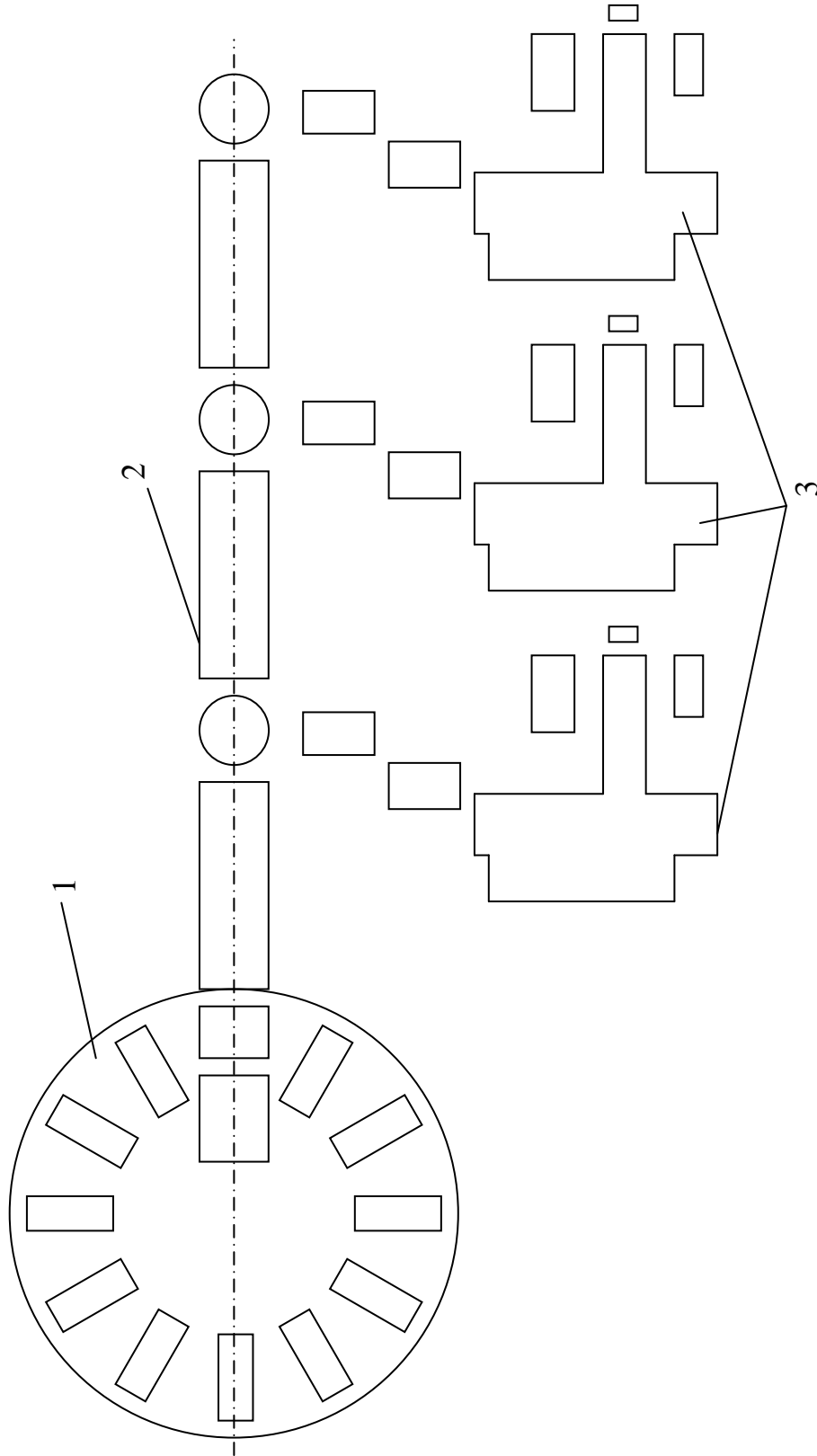


Рис. 7. Автоматизована ділянка для обробки корпусних деталей:

1 – круговий нагримаджувач; 2 – авгогранспортна система; 3 – багатоцільвий верстаг моделі ГФ1880.

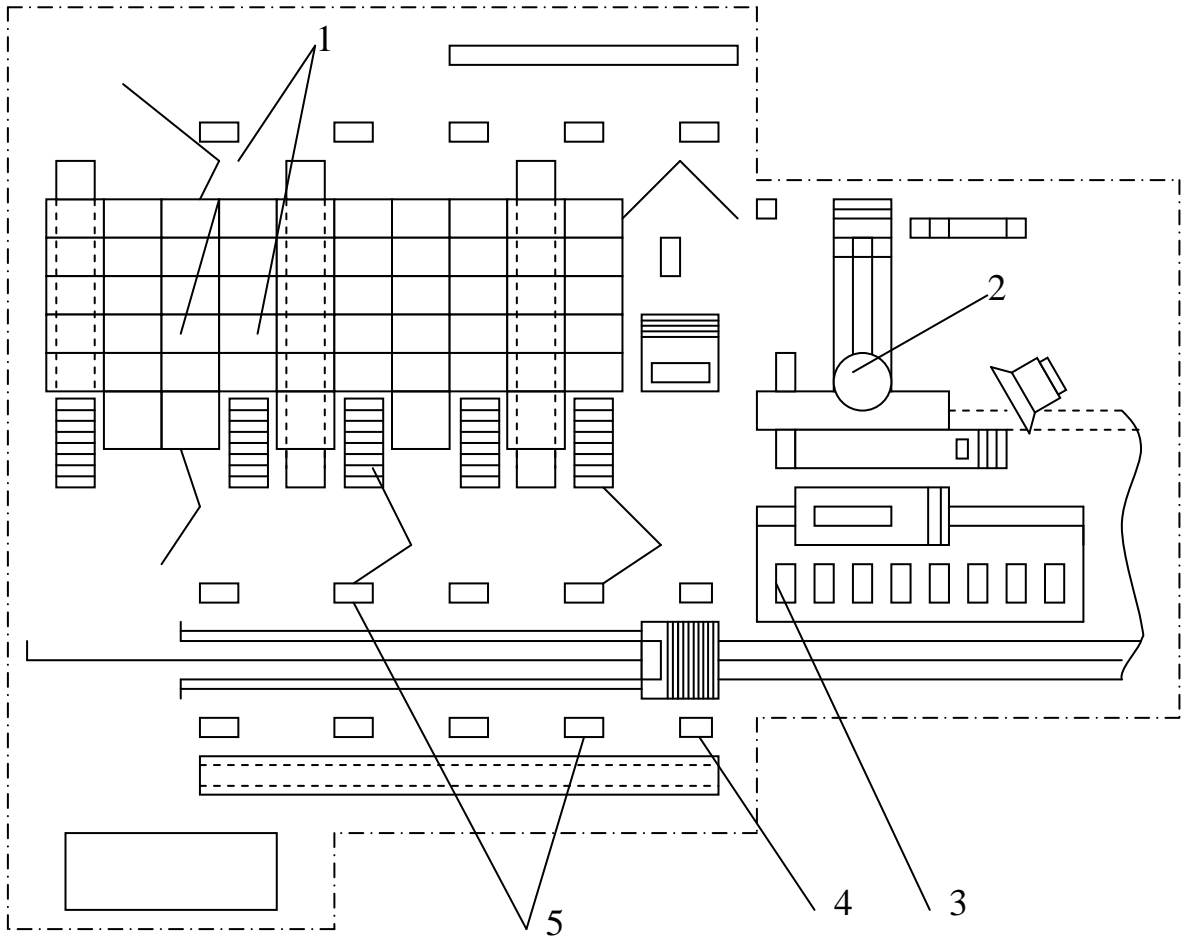


Рис. 8. Автоматизована ділянка для обробки корпусних деталей:  
1 – автоматизований склад; 2 – багатоцільові верстати моделей IP–500i  
IP–800; 3 – нагромаджувачі; 4 – автоматична транспортна вагонетка;  
5 – станція завантаження-розвантаження деталей.

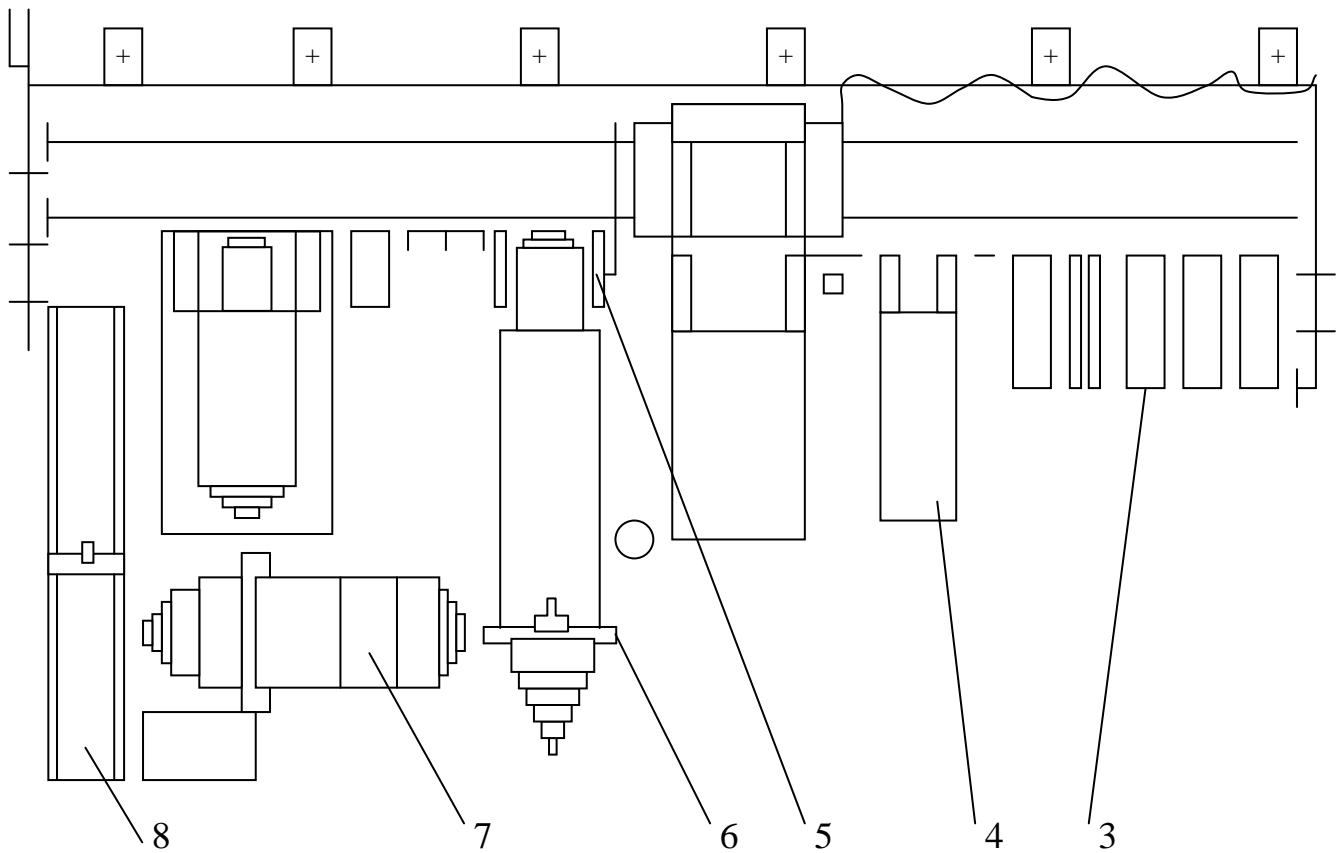


Рис. 9. Автоматизована ділянка для обробки корпусних деталей:

- 1 – транспортна вагонетка для перевезення супутників;
- 2 – вагонетка-маніпулятор для перевезення супутників на столи верстатів;
- 3 – стенди для зберігання супутників;
- 4 – стенди для монтажу пристосувань, встановлення та затиску заготовок на супутнику;
- 5 – міст для проїзду вагонетки-маніпулятора на стіл верстата;
- 6 – спеціальний горизонтально-розточний верстат з ЧПК ПР35ЭФ2;
- 7 – спеціальний багатоцільовий верстат УФ0856;
- 8 – контрольно-вимірювальна машина ПР356К.

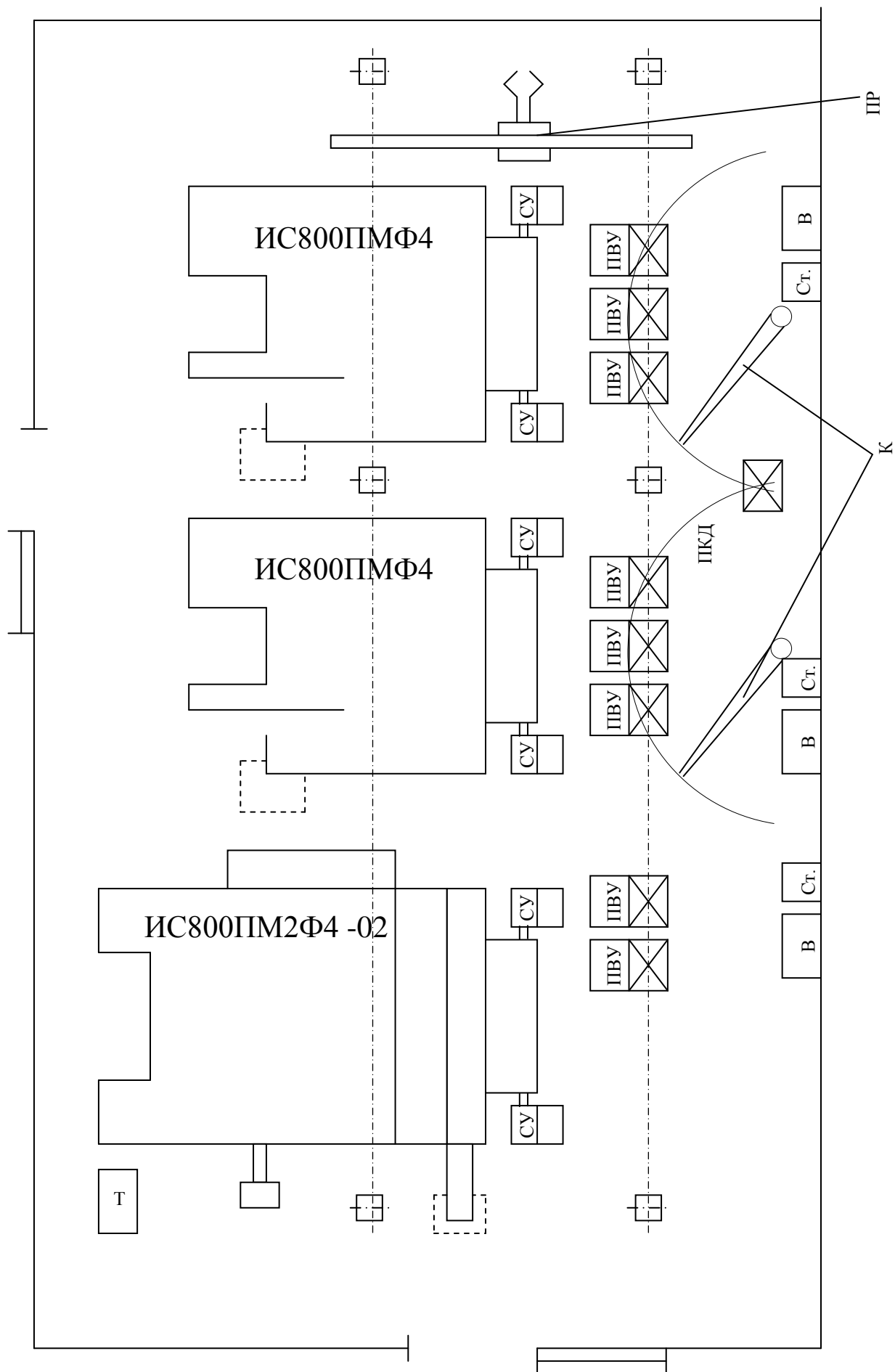


Рис. 10. Компонувальна схема ГАД з ПР

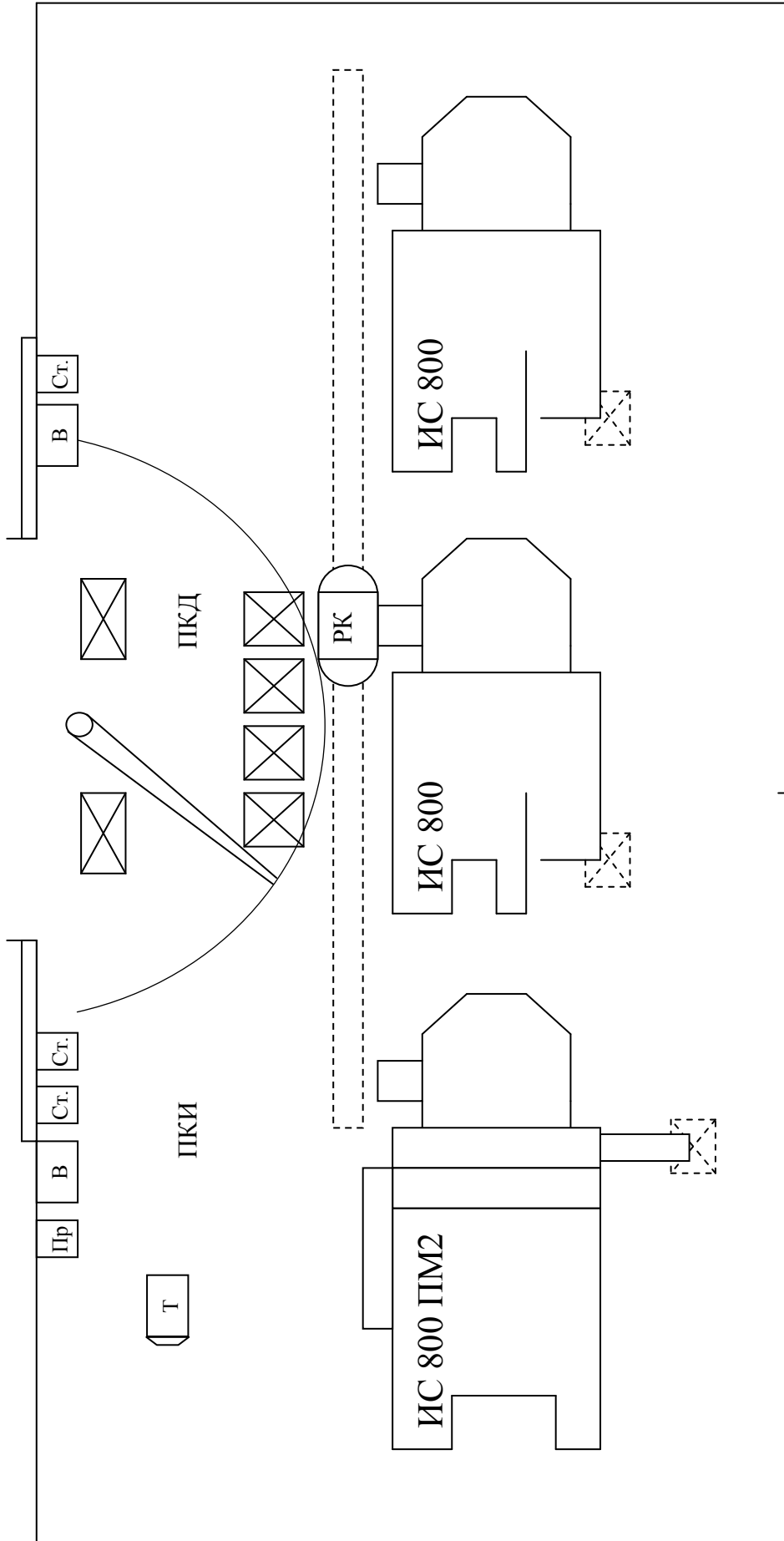


Рис. 1 1. Компонувальна схема ГАД з робочаром

## ПРИКЛАД РОЗРОБКИ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАД

### *1. Методика розробки алгоритму функціонування ГАД*

Для постановки проектних задач і технічних вимог до системи необхідно описати матеріальний і інформаційний потоки ГАД і процеси їх обробки. Найбільш зручно дозволяють це робити схеми матеріальних і інформаційних потоків і алгоритми функціонування. Алгоритми функціонування представляють у вигляді текстового описання схеми функціонування або у вигляді блок-схеми, яка дозволяє наглядно і формально описати всі процеси, ситуації, які виникають при функціонуванні системи. На етапі розробки технічного проекту проводиться деталізація алгоритму функціонування до виявлення всіх команд, сигналів і матеріальних потоків в підсистемах і між підсистемами в різних режимах роботи.

Алгоритм у вигляді блок-схеми доповнюють принциповою схемою управління, що підкреслює її призначення в якості документа фіксує принципові рішення, прийняті для забезпечення нормального ходу технологічного процесу (ТП).

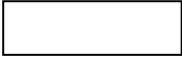
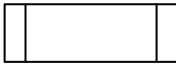


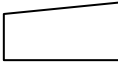

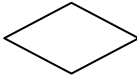



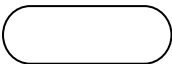
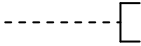

Перевага принципової схеми полягає в наочності представлення змісту і взаємозв'язку функцій управління. В ній використовуються зрозумілі не закодовані позначення. Схема являється економним засобом викладення технологічних вимог до системи управління. В зв'язку з цим принципові схеми досить зручні для обговорення на рівні спеціалістів-технологів. На схемі функції вписують в квадрати і прямокутники, в ромби включають перевірки умов нормального ходу ТП. Виконання більшості функцій зв'язано з контролем, в зв'язку з "безлюдним" режимом роботи ГАД. Там, де немає впевненості виконання команди або технологічного прийому, має місце операція контролю. Якщо якість очистки базових поверхонь від стружки не забезпечується, то ведеться контроль правильності положення заготовки в робочій позиції. Крім цього, як правило контролюється стан ріжучого інструменту, правильність захоплення заготовки роботом, повернення механізмів в початкове або нульове положення та ін. Невідповідність нормі в ході ТП викликає різні реакції системи: аварійна зупинка, циклова зупинка, режим відновлення.

Крім циклових функцій на принциповій схемі є і позациклові функції, не зв'язані з виконанням кожного циклу, наприклад контроль стійкості інструмента по кількості відпрацьованих циклів або часовому ресурсі, статистика браків, простоїв, диспетчеризація. З цими доповненнями принципова схема являється документом для складання алгоритмів управління. Функції можуть бути розширені за рахунок запуску і зупинки ділянки від ЕОМ, роботи ГАД в автоматичному або напівавтоматичному режимі, автоматичного відновлення працездатності та ін.

На основі функцій принципової схеми розробляються часткові алгоритми, які служать основою для програмування. Степінь деталізації часткових алгоритмів визначається складом операторів ЕОМ.

В табл. Д.1 приведені найбільш поширені символи, які використовуються при розробці алгоритмів.

Символи, які використовуються при розробці алгоритмів

Символ	Позначення	Функція
Процес		Виконання операції або групи операцій
Наперед визначений процес		Використання раніше створених алгоритмів
Ручна операція		Автономний процес, який виконується вручну
Допоміжна операція		Автономний процес, який виконується пристроєм, не керованим процесором
Ручний ввід		Ввід даних за допомогою неавтономних пристроїв з клавіатури, перемикачів, кнопок
Дисплей		Ввід-вивід
Рішення		Вибір напрямку виконання алгоритму в залежності від деяких змінних умов
Канал зв'язку		Передача даних
Лінія потоку		Вказування послідовності зв'язків між символами
З'єднувач		Вказування зв'язку між перерваними лініями потоку, які зв'язують символи
Пуск – зупинка		Початок, кінець, переривання процесу
Коментар		Зв'язок між елементами схеми і поясненням
Джерело даних		Відправник (отримувач) даних



## **2. Приклад розробки алгоритму для ГАД виготовлення плит-супутників**

На рис. Д.1 зображена схема робототехнічного комплексу для виготовлення плит-супутників, який входить в ГАД. Розглядуваний РТК представляє собою комплекс обладнання і засобів оснащення, який обслуговується робочим (автоматичним транспортним візком) 3, що входить в склад автоматизованої транспортно-складської системи (АТСС).

В склад РТК входять: верстат 1 типу оброблювальний центр мод. ІС500ПМФ4; промисловий робот 2 мостової конструкції; нагромаджувачі 4; стикувальні пристрої 6; комплект автоматично переналагоджуваних пристосувань (АПП), який включає в себе набір плит-супутників (ПС) 5; комплект інструменту, розміщений в магазині верстату 1; пульт робочого місця 7.

Для побудови алгоритму функціонування і схеми інформаційних потоків РТК необхідно знати функції, виконувані кожним із елементів комплексу у взаємозв'язку один з одним:

1. робочий 3 призначений для транспортування піддонів із заготовками, закріпленими в ПС та інструментами із пункту комплектації інструменту (ПКІ);
2. технологічний комплекс (верстат – інструмент – АПП) проводить обробку заготовок, закріплених на ПС АПП за допомогою комплекту інструментів. В склад комплексу входять також вимірювальні головки давачі, системи для контролю вильоту, стану зношування і поломки інструменту, вимірювання положення деталі в АПП і параметрів оброблених елементів;
3. ПР2 виконує завантаження (розвантаження) ПС 5 і інструментів з нагромаджувачів 4 в АПП і навпаки;
4. нагромаджувачі 4 забезпечують нагромадження заготовок, закріплених на ПС, подачу піддона з ПС із зони обслуговування робочого 3 в зону роботи ПР2 і навпаки, точне фіксування піддонів в робочій зоні ПР;
5. стикувальні пристрої 5 представляють собою автооператори, які забезпечують закріплення (розкріплення) ПС в АПП за допомогою гідросистеми і очищення базових поверхонь ПС і АПП в момент закріплення від стружки і пилу;
6. ПРМ призначені для передачі інформації в УВК з РТК, при роботі комплексу в напівавтоматичному (налагоджувальному) режимі.

На основі наявної інформації про функції, виконувані кожним із елементів системи, будують алгоритм функціонування і схему інформаційних потоків (рис. Д.2, табл. Д.2), які відображають послідовність взаємозв'язаних дій всіх елементів при виникненні різних ситуацій в процесі роботи розглядуваного РТК.

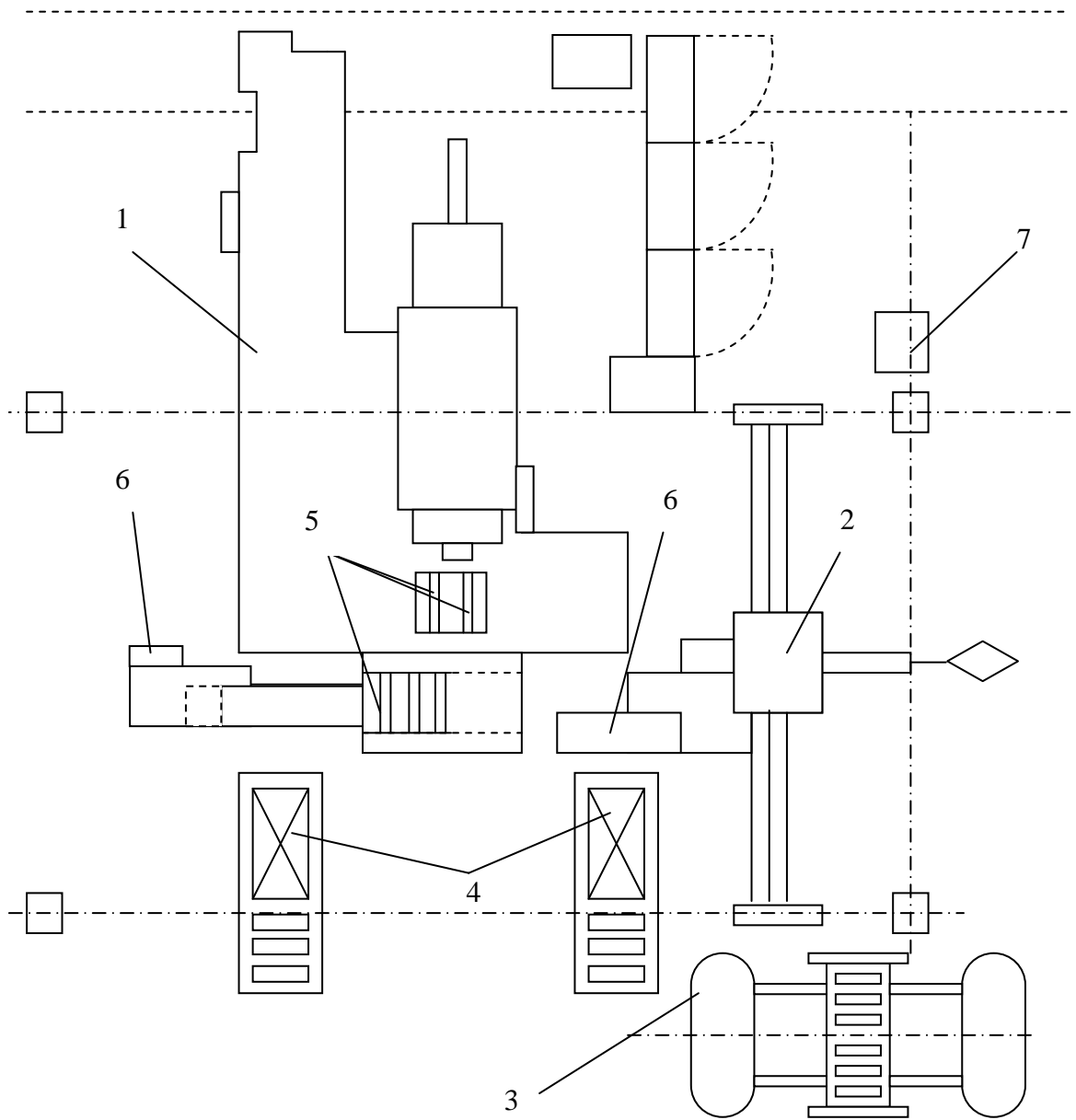


Рис. Д.1. Компонувальна схема ГД виготовлення плит-супутників

## Алгоритм функціонування ГАД

Номер сигналу	Коментар сигналу
1	Початок
2	Перевірка працездатності обладнання
3	Включення ПРМ “Початок зміни”
4	Обладнання справне?
5	Аварія в АСУ є?
6	Наладчик дає сигнал через ПРМ “Виклик ремонтника”
7	Повідомлення диспетчеру: “Виклик ремонтника”
8	Сигнали поступають в пункт управління
9	Ремонтник прибув?
10	Ремонт обладнання
11	Ремонт закінчено?
12	Сигнал на ПРМ “Ремонт закінчено”
13	Потрібна наладка (переналадка) обладнання?
14	Наявний ТІ на позиції завантаження?
15	Алгоритм АТСС. Подати ТІ на позицію завантаження
16	Закріплено ПС в пристосуванні?
17	Алгоритм ПР. Звантажити ПСІ в пристосування
18	СП. Розкріпити ПС в пристосуванні
19	Алгоритм ПР. Зняти ПС. Завантажити ПСІ в пристосування
20	СП. Закріпити ПСІ в пристосуванні
21	Алгоритм ЧПК. Завантажити інструмент в магазин верстата
22	СП. Розкріпити ПСІ
23	Алгоритм ПР. Зняти ПСІ з пристосування
24	Алгоритм АТСС. Забрати ТІ з позиції завантаження
25	В наявності ТС на позиції завантаження?
26	Алгоритм АТСС. Подати ТС на позицію завантаження
27	Алгоритм ПР. Завантажити ПС в пристосування
28	СП. Закріпити ПС в пристосуванні
29	Алгоритм ЧПК. Контроль установки ПС і деталі. Обробка деталі
30	СП. Розкріпити ПС в пристосуванні
31	Алгоритм ПР. Зняти ПС з пристосування
32	Є в наявності необроблені заготовки в ТС?
33	Алгоритм АТСС. Забрати ТС з позиції завантаження
34	Кінець роботи РТК?
35	Включення ПРМ
36	Кінець роботи

**Умовні скорочення:**

ТІ – тара для інструментів

ТС – тара для плит-супутників

ПС – плита супутник

ПДЗ – пристрій диспетчерського зв’язку

ПСІ – плити-супутники інструмента

СП – стикувальний пристрій

ПРМ – пульт робочого місця

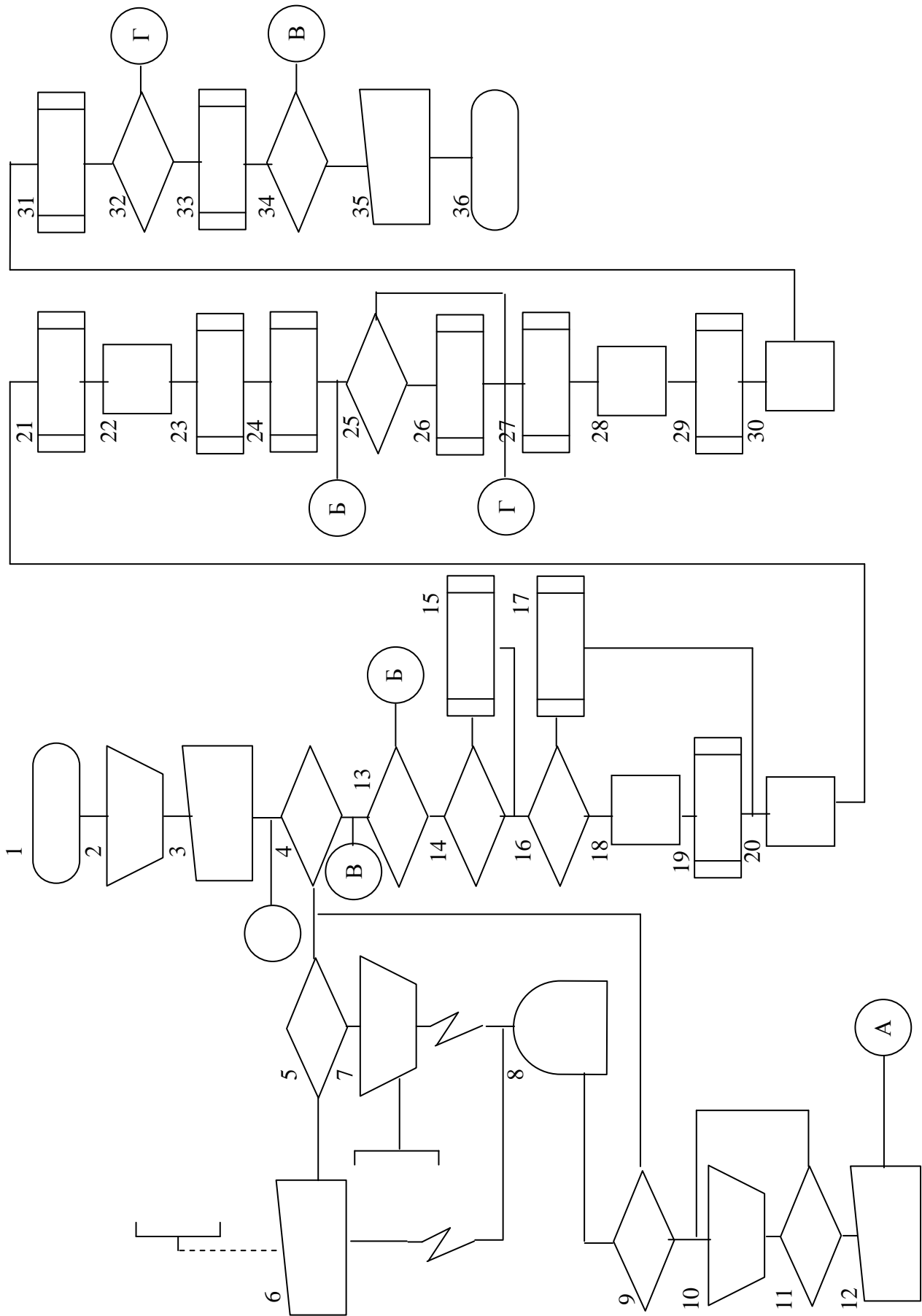


Рис. Д.2. Алгоритм функціонування ГАД виготовлення плит-супутників