

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

Кафедра автоматизації
технологічних процесів і
виробництв



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи №6
**«Розробка структурно-компонувальної схеми
та алгоритму функціонування гнучкої
автоматизованої ділянки»**
з курсу «Обладнання та основи створення
гнучких автоматизованих виробництв»
для студентів спеціальності
151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»

Тернопіль
2018

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 6 «Розробка структурно-компонувальної схеми та алгоритму функціонування гнучкої автоматизованої дільниці» з курсу «Обладнання та основи створення гнучких автоматизованих виробництв» / В.Б.Савків, Р.І.Михайлишин – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 31 с.

Рецензент: д.т.н., професор Стухляк П.Д.

Відповідальний за випуск: д.т.н., професор Марущак П.О.

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв (протокол № 1 від 29 серпня 2018 р.).

Схвалено і рекомендовано до друку Вченою Радою факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (протокол № 1 від 30 серпня 2018 р.).

Лабораторна робота № 6

РОЗРОБКА СТРУКТУРНО-КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГНУЧКОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Мета роботи: вивчення принципів побудови та оптимізації структурно-компонувальних схем ГВС.

1. Типові структурні схеми побудови ГВС

1.1. Вимоги до типових структурних схем.

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, володіюча властивістю автоматизованого переналагодження 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 (ГАД), 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, автоматизованої транспортно-складської системи (АТСС), автоматизованої системи інструментального забезпечення (АСІЗ).

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 у повній мірі мету їх створення, принципи ефективного функціонування і ступінь 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 габаритах, 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 отриманих результатів.
8. В основі побудови ТСС повинні лежати принципи уніфікації і стандартизації.
9. Кількість ТСС повинна бути мінімальною.

Вирішують дану проблему шляхом декомпозиції цієї складної задачі на ряд етапів:

- 1) морфологічний аналіз відомих технічних рішень ГВС і розбивання на основні класи;
- 2) аналіз ступеня 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.

Виділяють наступні ознаки класифікації ГВС: організаційний, комплексність виготовлення деталей, вид обробки, різновидність оброблюваних виробів, автоматизація.

По організаційній ознаці ГВС класифікують у вигляді 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.

Різноманітність 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).

Таблиця 1.

Автоматизація ГВС

Виконувана функція	Класифікаційна група по рівню автоматизації		
	1	2	3
Накопичення матеріалів, заготовок і виробів (на складі)	+	+	+
Накопичення оснащення, інструменту	+	+	+
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 приспособленнях (супутниках)	–	–	+
Контроль якості виготовлення	–	–	+
Технологічна підготовка виробництва	–	–	(+)
Проектування виробів	–	–	(+)

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

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.

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.

Види 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 установ

визначених 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 високоінтенсивних 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 трудоемності 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 – багатоверстатних 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 комплекта ГВМ і вимоги до компонентівних схем.

Основаю 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 також 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 конвеєра 4 палет (рис. 3, в). При об'єднанні групи ОЦ з пристроями автоматичної зміни палет, зв'язаних із стійками 5, конвеєром 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 конвеєр 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 компоувальної схеми рекомендують відстань середнього шляху переміщення міжверстатного транспортного засобу і площу, яку займає ГАД. Аналіз компонок 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 наступними вимогами.

1. Взаємне розташування технологічного обладнання повинно забезпечити можливість його експлуатації з врахуванням взаємозв'язку з АТСС, забезпечуючими відділеннями ПКД (пункт комплектації деталей), ПКІ (пункт комплектації інструмента) 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 компоувальної схеми 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), у 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:

$$N_m = \frac{N_e t_{ц.м}}{T_{он.мін}} = \frac{N_e t_{ц.м}}{T_{ум.мін} K},$$

де N_e – кількість обслуговуваних верстатів, шт;

$t_{ц.м}$ – час циклу транспорту, хв;

$T_{он.мін}$ – мінімальний оперативний час обробки за одну установку, хв;

$T_{ум.мін}$ – штучний час обробки деталі, хв;

K – кількість деталей на палеті, шт.

Для візка:

$$t_{ц.в} = \frac{\sum L}{V_m} + 4t_p + 2t_z,$$

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 роташування) 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.

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 дільниці. Основні рухи робота виконуються при зупинці верстата, що обслуговується. Тому умова ефективності ГАД перетворюється в умову рівномірного завантаження його обладнання пропорційно до вартості, тобто:

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

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.

Таблиця 2.

Циклограма роботи ПР

Переміщення (цикл)	Координата	Відстань (шлях)	Час, с	
			на зупинку і розгін	на виконання циклу
1. Підійти до автоматизованого переналагоджувального пристосування (АПП) із вихідного положення	XУ	*	2	
2. Опустити руку	Z	1	2	3
3. Захопити плиту-супутник (ПС)		–	–	3
4. Підняти руку	Z	1	2	3
5. Перемістити до нагромаджувачів 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 $T_{\text{цикл}}$				

*Відстань визначається з попередньої компоновки п. 3.

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

$$n_g = \frac{B_p \cdot t_g}{B_g \cdot t_p}. \quad (2)$$

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 групі великої кількості виробів із сумарним випуском, яка 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 і 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.

2.4. Методика розробки алгоритму функціонування ГАД

Для постановки проектних задач і технічних вимог до системи необхідно описати матеріальний і інформаційний потоки в 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 фіксуючого принципові рішення, прийняті для забезпечення нормального ходу технологічного процесу (ТП).

Перевага принципової схеми полягає в наглядності 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.


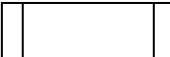
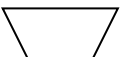


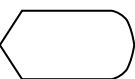
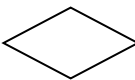
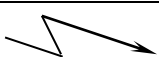


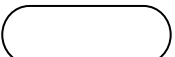
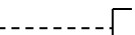

На основі функцій принципової схеми розробляються часткові алгоритми, які служать основою для програмування. Степінь деталізації часткових алгоритмів визначається складом операторів ЕОМ.

В табл. 3 приведені найбільш поширені символи, які використовуються при розробці алгоритмів.

Приклад розробки алгоритму для РТК виготовлення плит-супутників наведено в додатку А.

Таблиця 3

Символи, які використовуються при розробці алгоритмів

Символ	Позначення	Функція
Процес		Виконання операції або групи операцій
Напередвизначений 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		Вказання послідовності зв'язків між символами
З'єднувач		Вказання 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

3. Контрольні запитання

1. Чим викликана необхідність розробки типових структурних схем?
2. Які вимоги пред'являються до АТСС?
3. Які типи ГАД реалізовані в сучасному машинобудуванні?
4. До якої АТСС можна віднести компоновки, зображені на рис. 5-9?
5. Відмінність розрахунків транспортних засобів по часових лімітах, річному і

оперативному.

6. Дайте визначення робототехнічної системи, робототехнологічного комплексу, гнучкої виробничої системи.
7. Вкажіть складові частини гнучкої виробничої системи і її поділ по організаційних ознаках.
8. Дайте характеристику чотирьом рівням автоматизації виробництва.
9. Назвіть основні показники гнучкості виробничих систем.
10. Зазначте основні властивості гнучких технологічних систем.
11. Які основні виробничі чинники визначають гнучкість технологічних систем?
12. Дайте визначення гнучкості і її компонентів.
13. У чому суть методу кількісного визначення гнучкості структурної схеми технологічної системи?
14. У чому полягає метод кількісного визначення технологічної гнучкості?
15. Як можна підвищити технологічну гнучкість?
16. Дайте визначення ГВС.
17. Структурні складові технологічної системи ГВС і їхнє призначення.
18. Які ви знаєте класифікаційні ознаки структурно-компоновочного синтезу ГВС?
19. Дайте характеристику формам структурного взаємозв'язку робочих позицій ГВС із модулями складування і комплектації, міжопераційного транспортування.
20. У чому суть методики вибору структурних схем ГВС по конструктивно-технологічних характеристиках об'єктів роботизації?
21. Як проводиться оцінка ступеня узгодженості структурно-компоновочних рішень ГВС?
22. Як визначається коефіцієнт переваги структурних рішень ГВС?
23. Які ви знаєте методи оптимізації розміщення обладнання в виробничих системах? Дайте їм порівняльну характеристику.
24. Приведіть перелік техніко-економічних показників, що можуть бути використані в якості цільової функції розміщення обладнання.
25. Поясніть призначення й типи живильників, які використовуються у ГВС.
26. Поясніть вимоги до технологічного обладнання, яким оснащуються ГВМ.
27. Вкажіть особливості реалізації ГВМ на основі ОЦ.
28. Укажіть особливості реалізації ГВС на основі токарних ОЦ.
29. Наведіть схеми основних компоновок ГВМ на основі ОЦ і токарних ОЦ.
30. Поясніть вимоги до верстатного обладнання, яким оснащується обробний ГВМ.
31. Наведіть основні типові реалізації ГВМ на основі СЦ з використанням засобів агрегатно-модульної системи автоматизованого механічного складання.

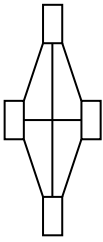
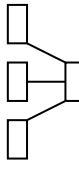
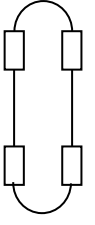
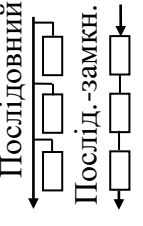
32. Назвіть особливості компоновки та склад обладнання СЦ на основі засобів агрегатно-модульної системи автоматизованого механічного складання.
33. Наведіть набори операцій та переходів, які виконуються на типових складальних ГВМ.
34. Наведіть структуру типової складальної ГВС і схарактеризуйте склад її технічних засобів.
35. Для чого розробляють алгоритм функціонування системи?
36. Склад і послідовність робіт по алгоритмізації.
37. З яких елементів складається принципова схема алгоритму управління?
38. В якій підсистемі автоматизації повинні проводитися роботи по створенню алгоритму керування при “безпаперовій технології”?

4. Література

1. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник / Л.С. Ямпольський [та ін.]. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.
2. Микроконтролер программированный МКП-1. – Могилев: Областная типография им. Свердлова, 1987. – 110 с.
3. Проць Я.І., Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Ляшук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. Тернопіль: Видавництво ТНТУ. 2011, 338 с. Лист про надання грифу МОН № 1-11 від 18.10.2011.
4. Chatraei A. Optimal Control of Robot Manipulators. / A. Chatraei, D.M.I.V. ZAda. – 2011.
5. Siciliano B. Springer Handbook of Robotics / B. Siciliano, O. Khatib. – Berlin : Springer, 2008. – P. 1631.
6. Михайлишин Р. І. Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory / Р.І. Михайлишин, Я. І. Проць, В.Б. Савків // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2016. – Том 81. – №1. – С. 107 – 117.
7. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mykhailyshyn // Journal of Electrical Engineering. – 2017. – №68(6), P. 496 – 502.
8. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // Procedia Engineering. – 2017. – №187, P. 264 – 271.
9. Justification of Design and Parameters of Bernoulli-Vacuum Gripping Device / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, O. Fendo // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2017. – № 14(6), DOI: 1729881417741740.
10. Experimental Research of the Manipulation Process by the Objects Using Bernoulli Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // In Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering,

International IEEE Conference. – Lviv, 2017. – P. 8 – 11.

11. Механізація та автоматизація навантажувально-розвантажувальних робіт: Навчальний посібник, Ч.1: Транспортні та навантажувально-розвантажувальні засоби / За заг. ред. С.Л. Литвиненка .-К.: Кондор, 2016 .- 208 с.
12. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc. / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2018. – № 15(2), DOI: 1729881418762670.
13. Substantiation of Bernoulli Grippers Parameters at Non-Contact Transportation of Objects with a Displaced Center of Mass / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, F. Duchon, P. Maruschak, O. Prentkovskis // 22nd International Scientific Conference Transport Means 2018. – Klaipeda, 2018. – P. 1370 – 1375.
14. Gasdynamic analysis of the Bernoulli grippers interaction with the surface of flat objects with displacement of the center of mass / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon // Vacuum. – 2018. – DOI: 10.1016/j.vacuum.2018.11.005.
15. Murray R.M. A mathematical introduction to robotic manipulation / R.M. Murray, Z. Li, S.S. Sastry // CRC press. – 1994. – P. 456.
16. Зенкевич С.Л. Основы управления манипуляционными роботами / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко // Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.
17. Козырев Ю.Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов / Ю. Г. Козырев. – Москва: КНОРУС, 2010. – 312 с.
18. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: навчальний посібник / Я.І. Проць – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2008. – 232 с.

Ступінь вільності при обробці виробів за допомогою комплексно-автоматизованих систем	Принципи організації потоків виробів			
	Лінійний 	Лінійний з нагромаджувача 	Централізований 	Послідовний Послід.-замкн. 
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 — — не реалізоване
 ○ — умовно реалізоване 1) — з центральною системою потоку інструменту

Рис. 1. Типові структури транспортно-нагромаджувальних систем

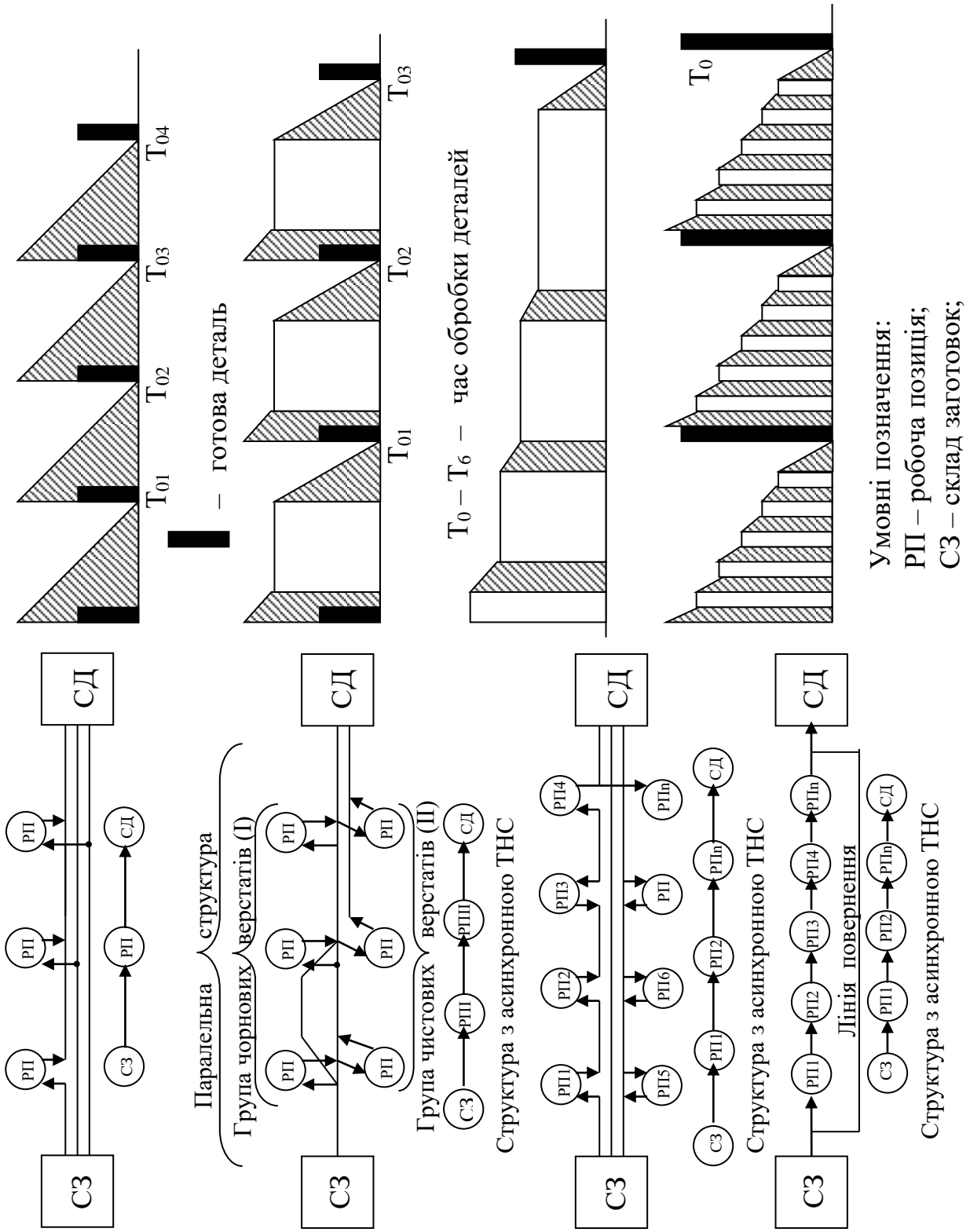


Рис. 2. Типові структури ГВС

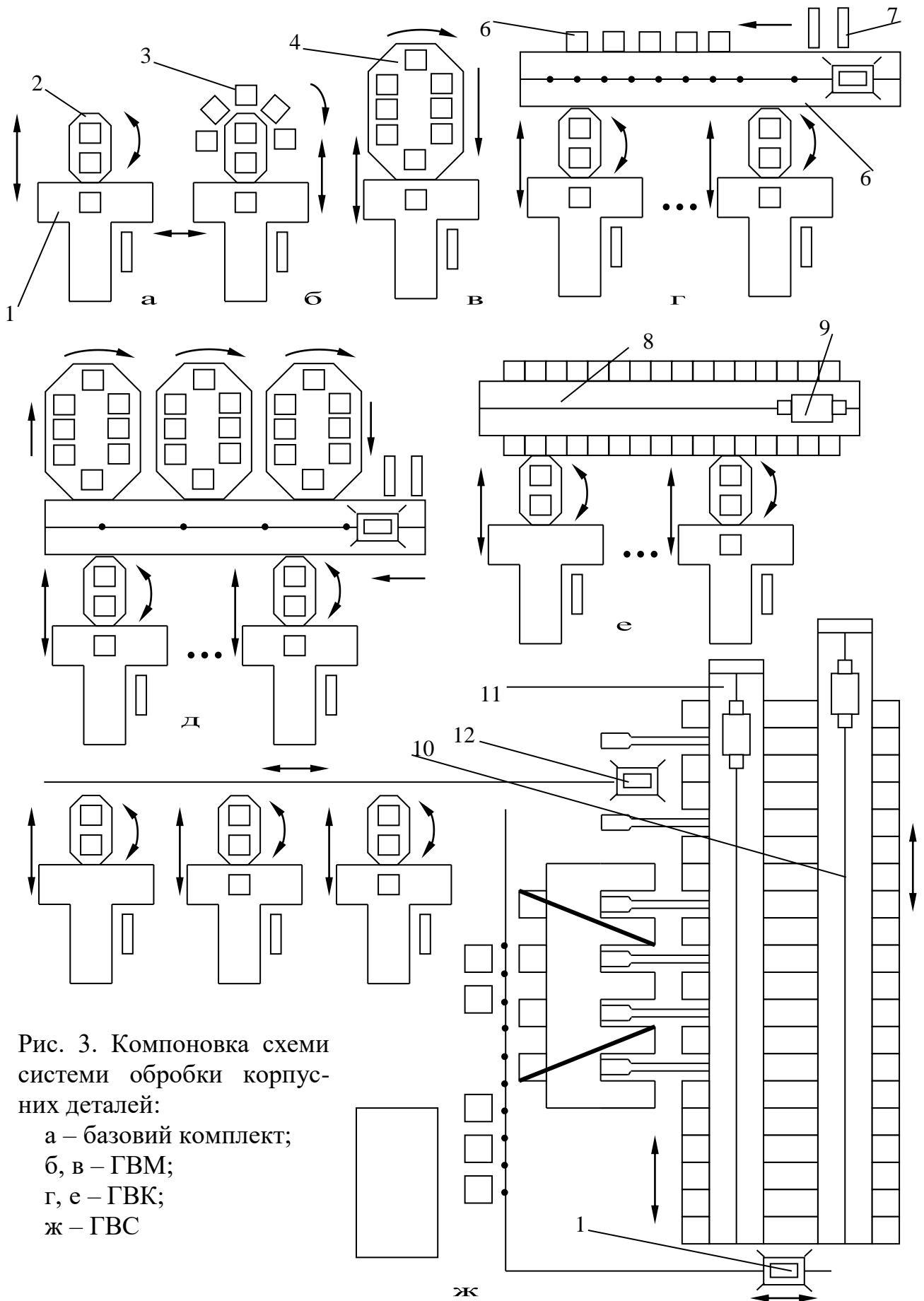


Рис. 3. Компоновка схемы системы обработки корпусных деталей:

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

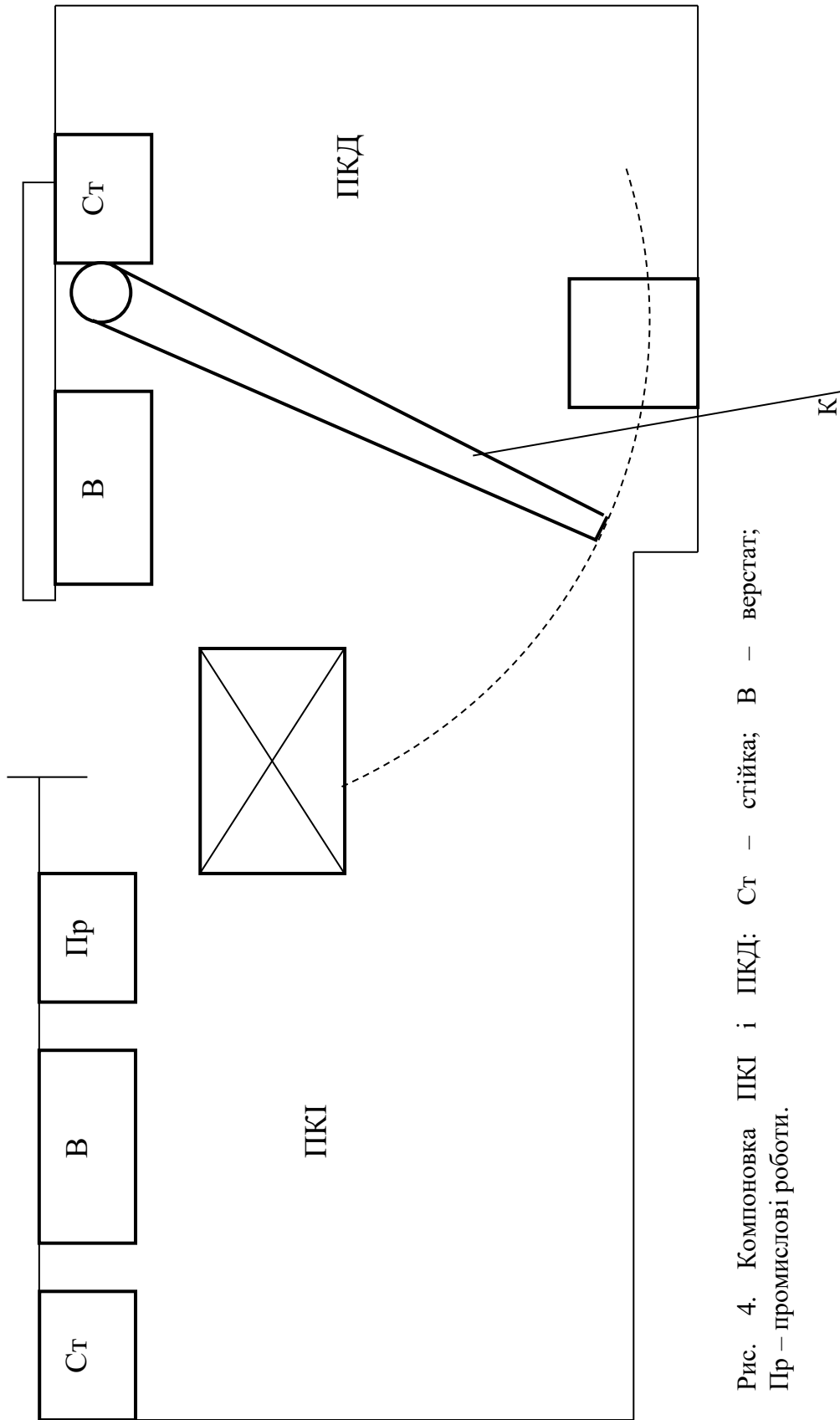


Рис. 4. Компонівка ПКІ і ПКД: Ст – стійка; В – верстат;
 Пр – промислові роботи.

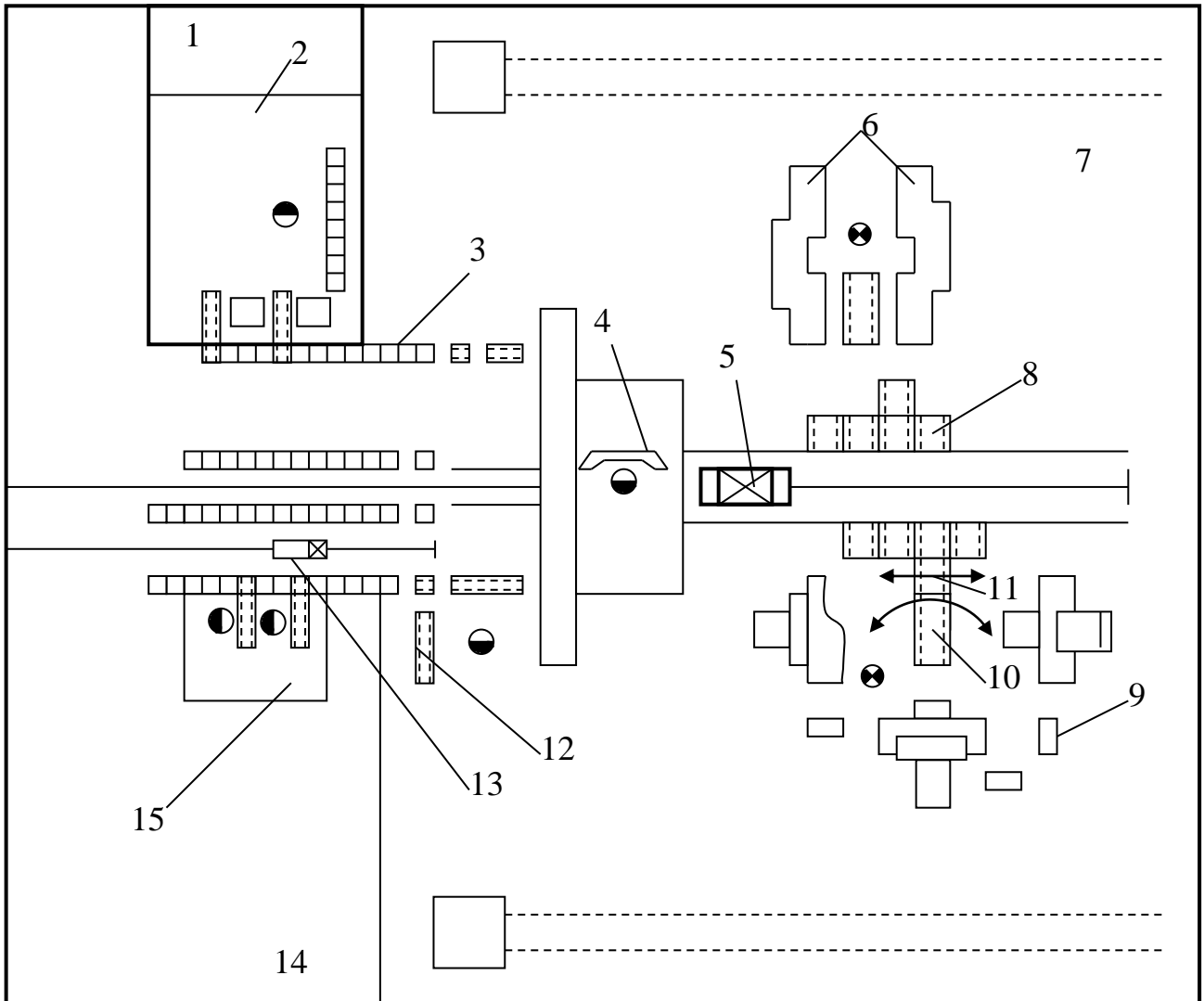


Рис. 5. Компоновка автоматизованого технологічного комплексу

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

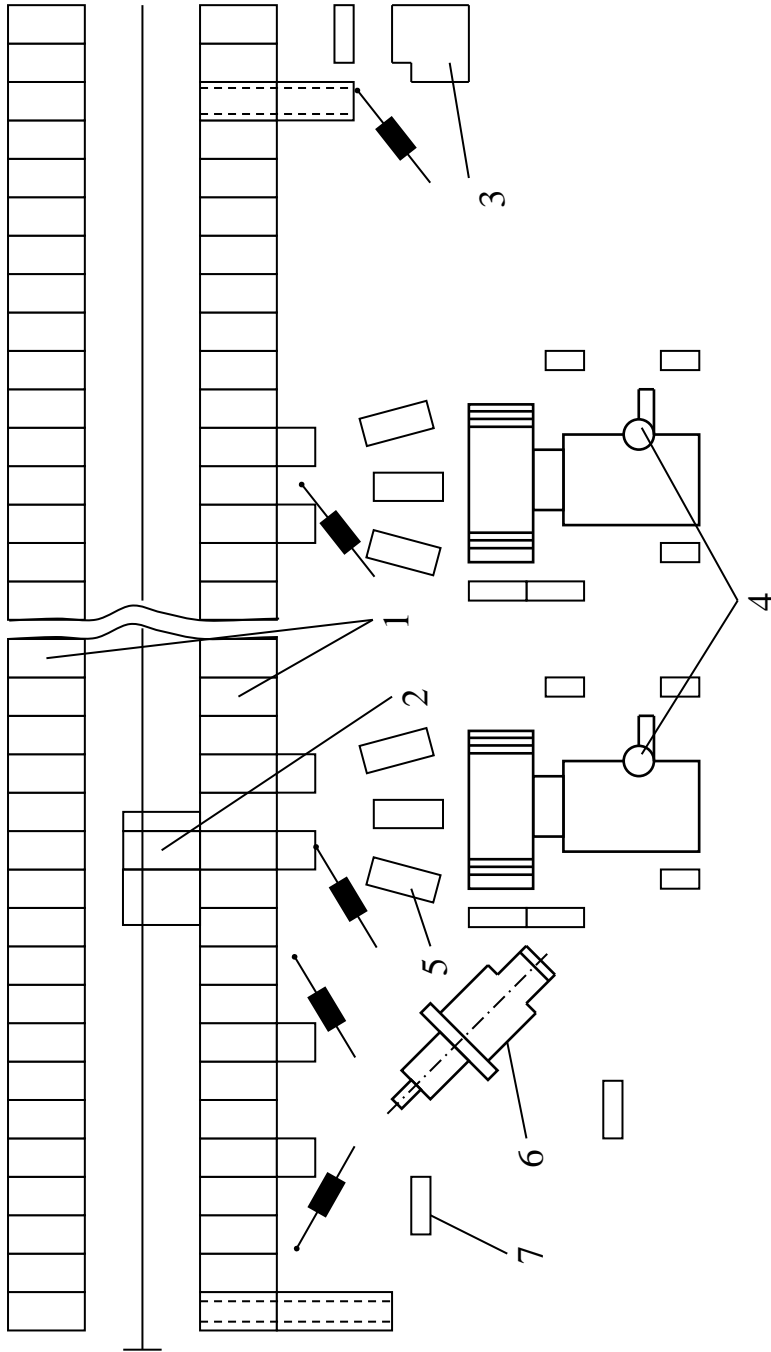


Рис. 6. Автоматизована дільниця АСК-10 для обробки корпусних деталей:
 1 – багатоярусні штабелері; 2 – штабелер; 3 – контрольно - вимірювальна машина БЕ140К; 4 – багатощабельові верстати мод. МА 6907ПМФ4; 5 – нагримаджував при верстаті; 6 – верстат для підготовки бази; 7 – координатно-розміткова машина БЕ111А

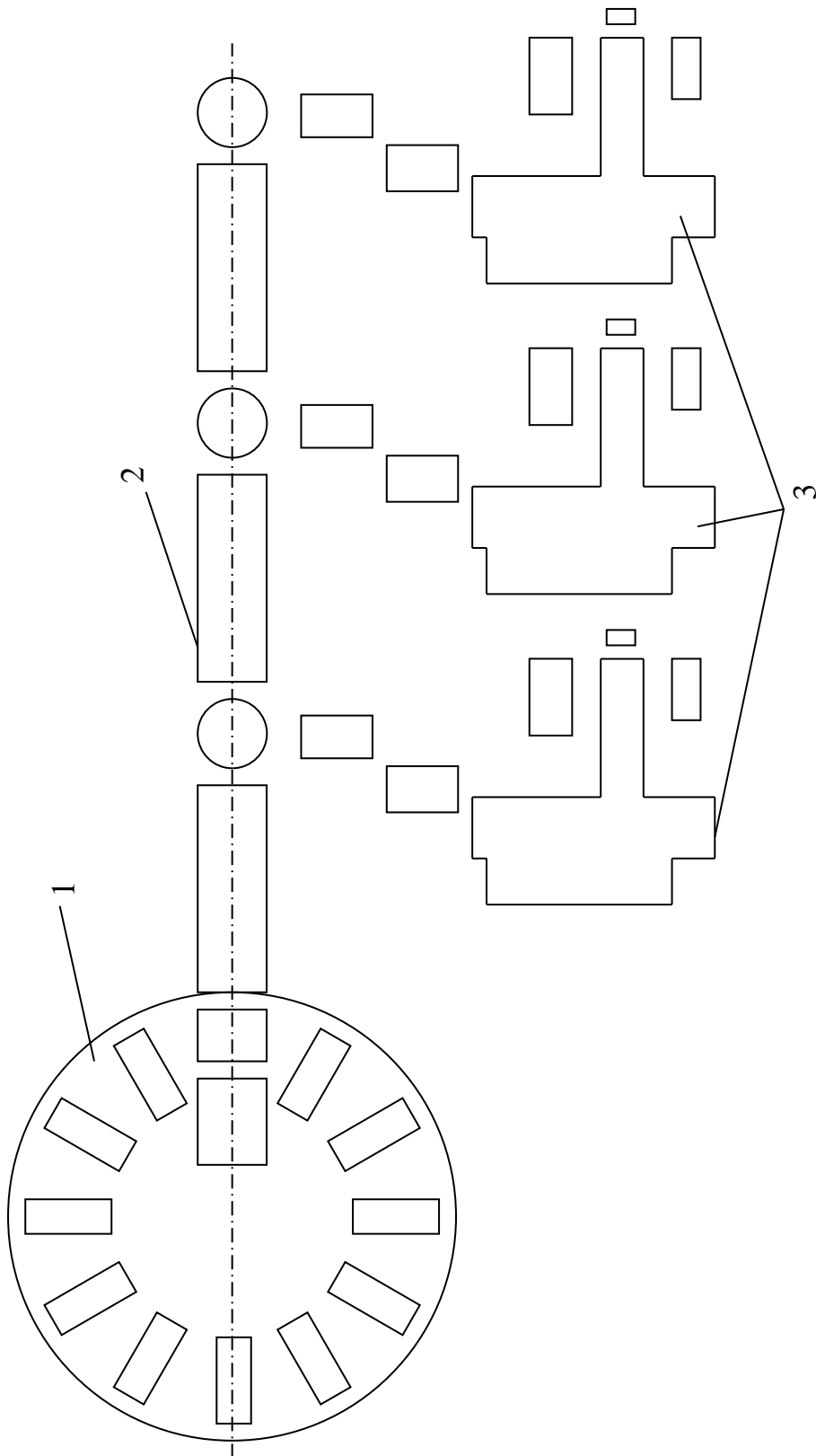


Рис. 7. Автоматизована дільниця АСК-11 для обробки корпусних деталей:
 1 – круговий нагрмаджувач; 2 – атогранспортна система; 3 – багатоцільовий верстаг моделі ГФ1880.

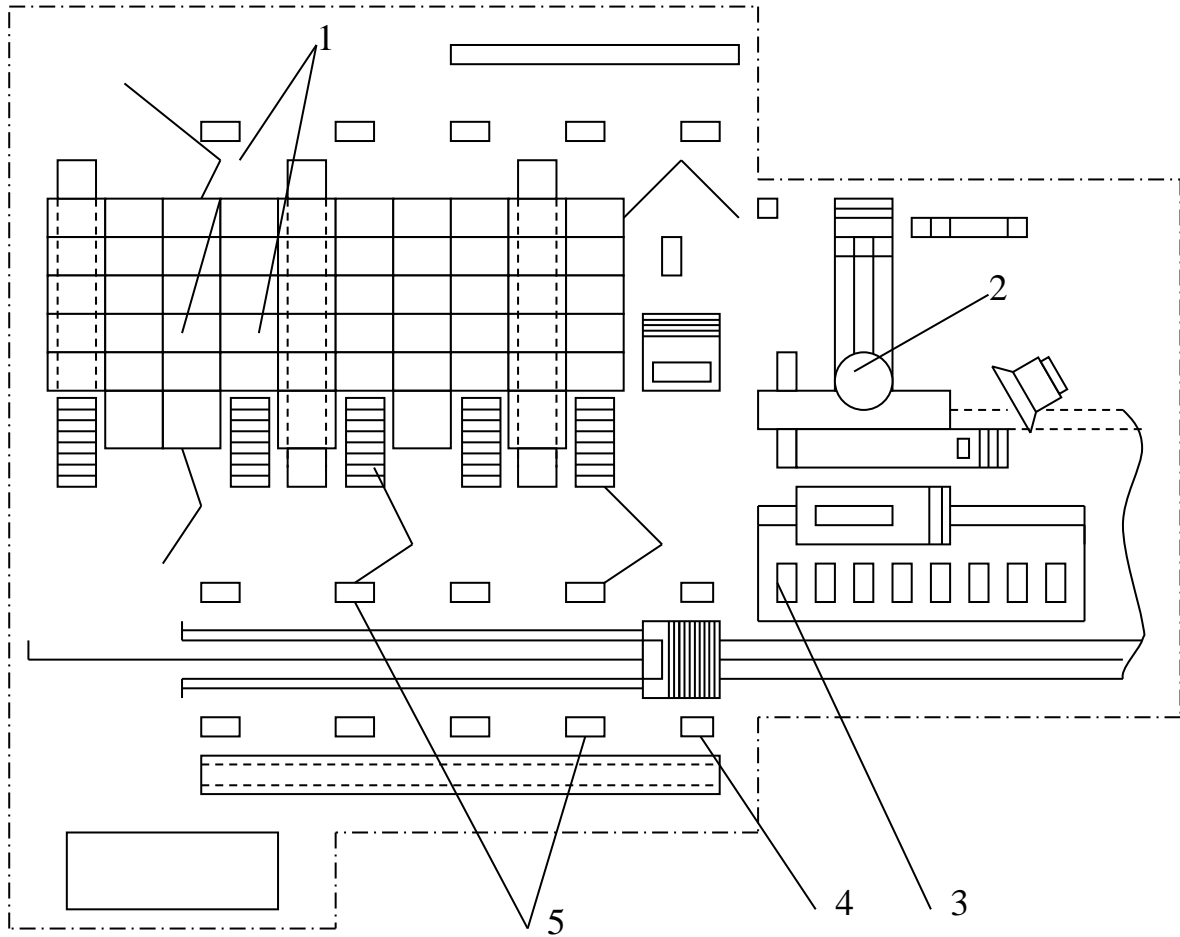


Рис. 8. Автоматизована дільниця АСК-20 для обробки корпусних деталей:

1 – автоматизований склад; 2 – багатоцільові верстати моделей ІР-500 і ІР-800; 3 – нагромаджувачі; 4 – автоматичний транспортний візок; 5 – станція завантаження-розвантаження деталей.

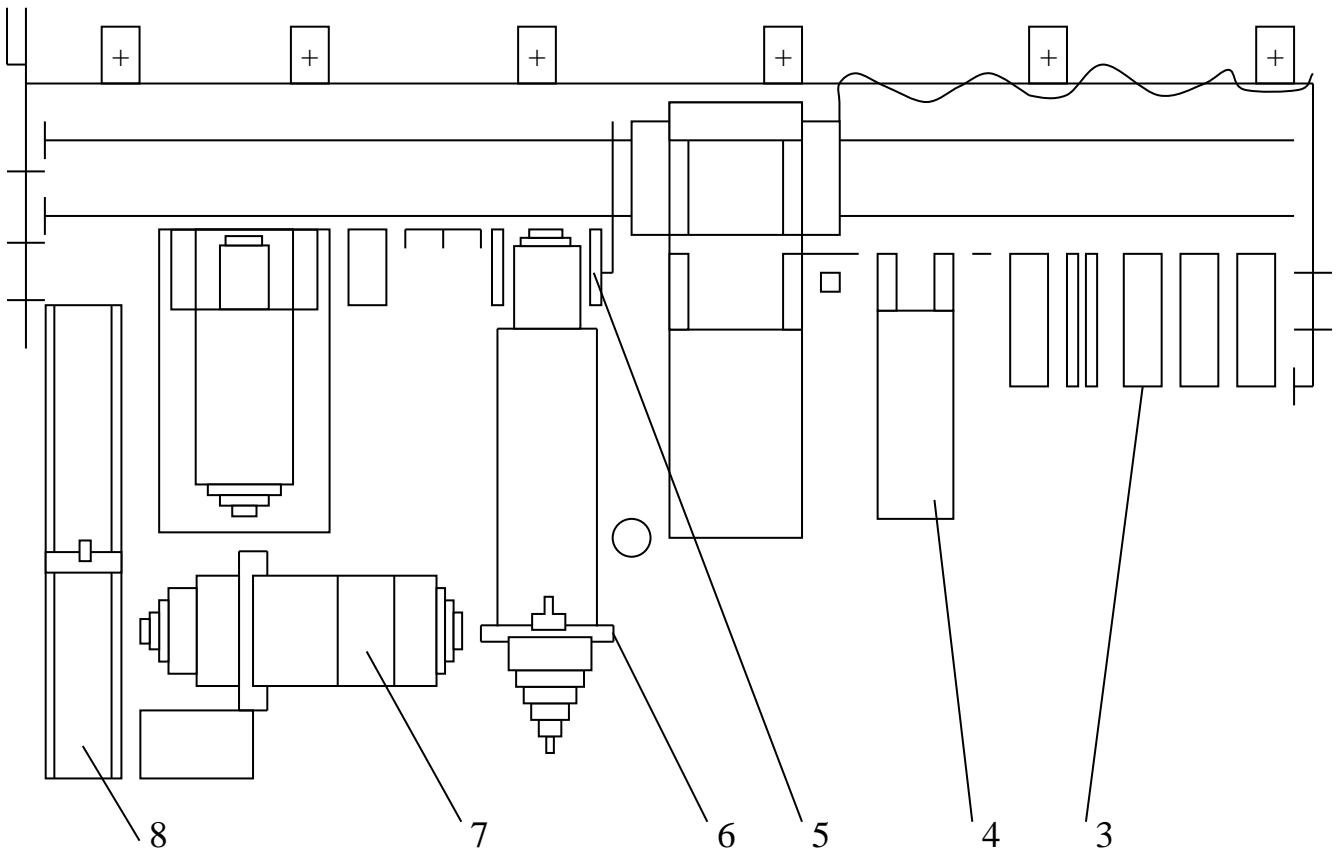


Рис. 9. Автоматизована дільниця АСК-30 для обробки копусних деталей:

- 1 – транспортна вагонетка для перевезення супутників від стендів до верстатів;
- 2 – візок-маніпулятор для перевезення супутників на столи верстатів;
- 3 – стенди для зберігання супутників;
- 4 – стенди для монтажу приспособлень, встановлення та затиску заготовок на супутнику;
- 5 – міст для проїзду візка-маніпулятора на стіл верстата;
- 6 – спеціальний горизонтально-розточний верстат з ЧПУ і АСІ – мод. ПР35ЭФ2;
- 7 – спеціальний багатоцільовий верстат мод. УФ0856;
- 8 – контрольно-вимірювальна машина мод. ПР356К.

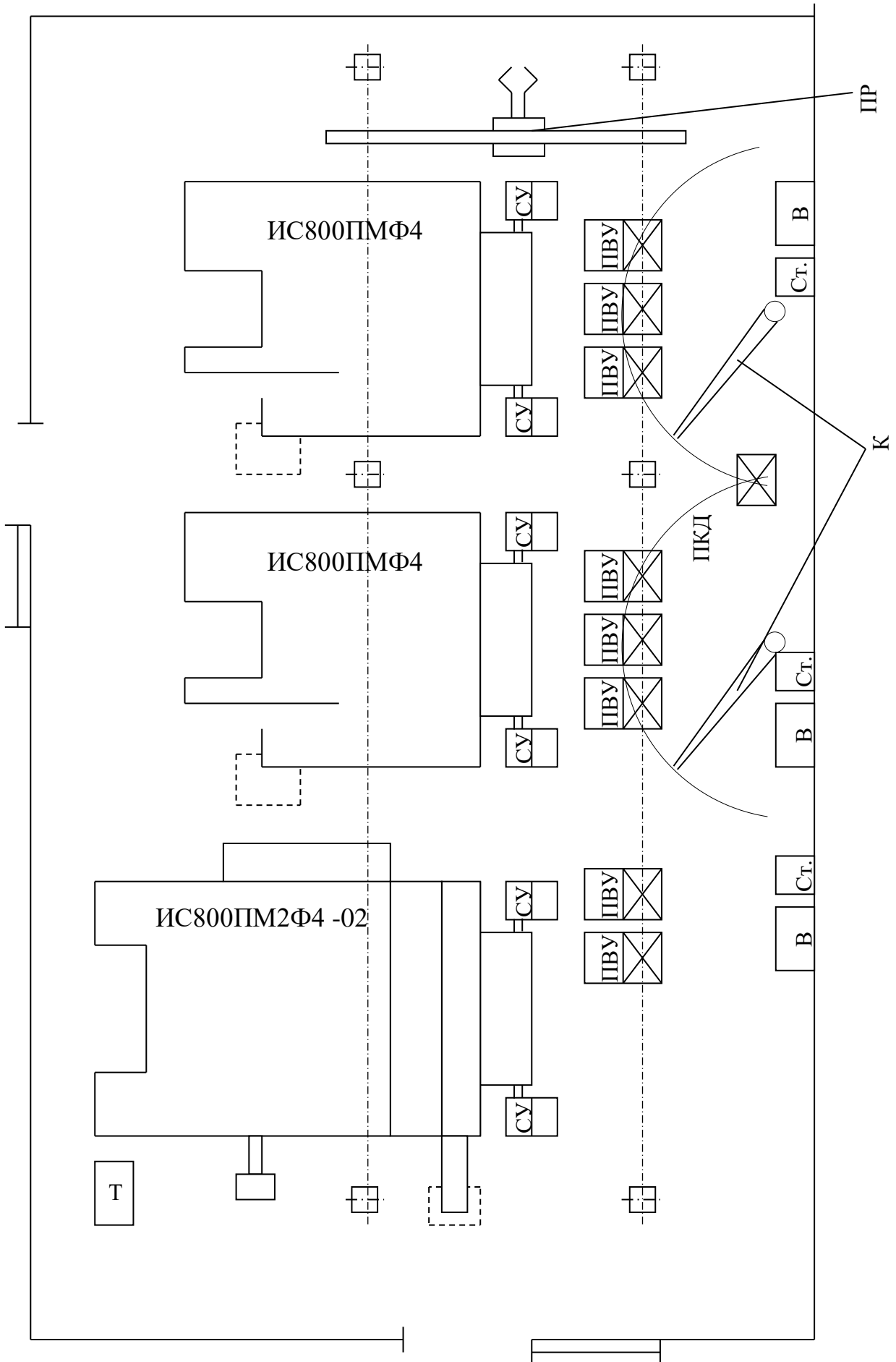


Рис. 10. Компонувальна схема ГД з ІР

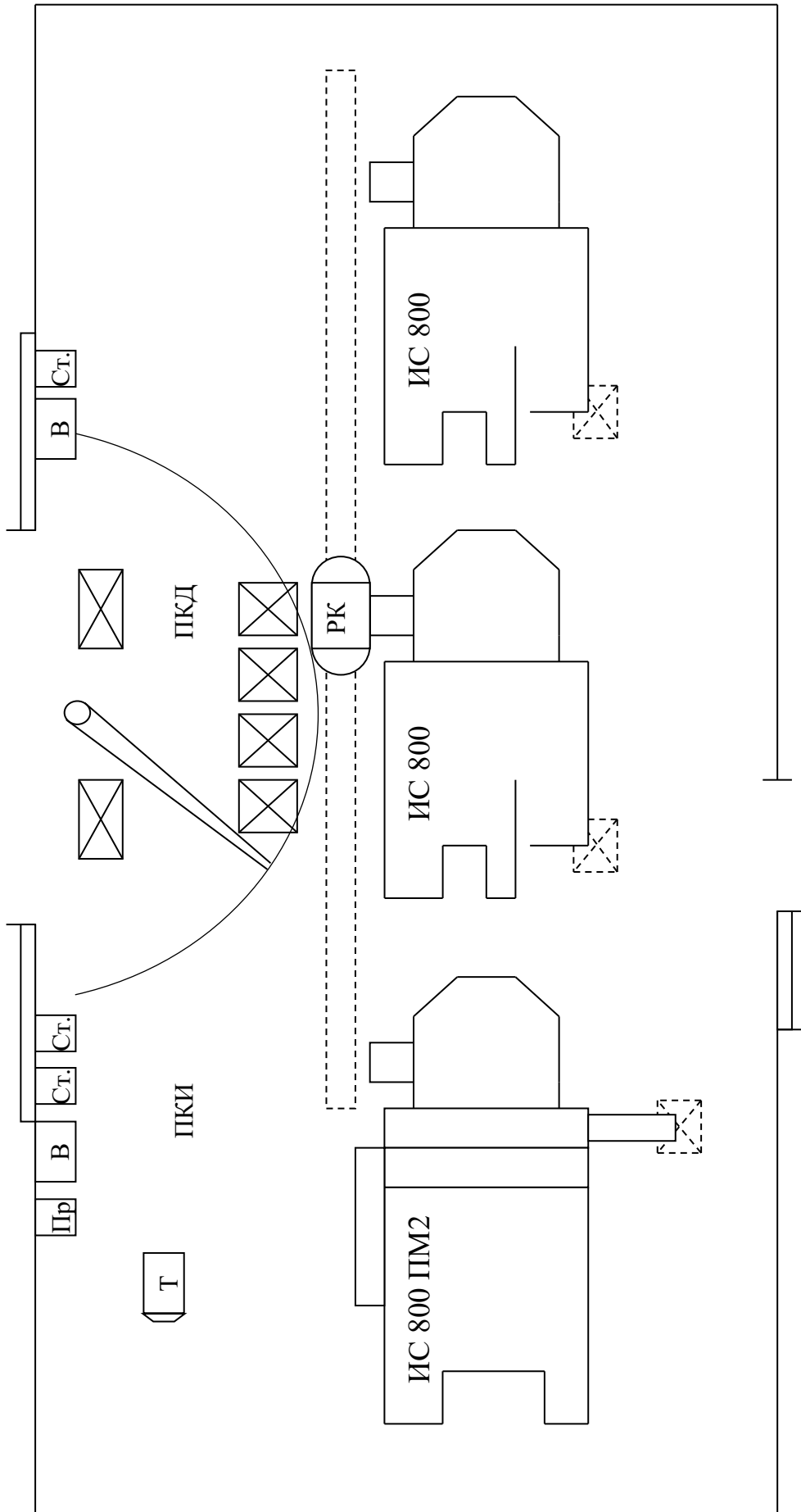


Рис. 11. Компонувальна схема ГАД з робочою системою

Додаток А

Приклад розробки алгоритму для РТК виготовлення плит-супутників

На рис. А.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. ІС 500ПМФ4; промисловий робот 2 мостової конструкції; накопичувачі 4; стикуючі пристрої 6; комплект автоматично переналагоджувальних приспособлень (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 інструментоносцями 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 інструментоносців з накопичувачів 4 в АПП і зворотно;
4. накопичувачі 4 забезпечують накопичення 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. стикуючі 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. А.2, табл. А.1), які відображають послідовність взаємозв'язаних дій всіх елементів при виникненні різних ситуацій в процесі роботи розглядуваного РТК.

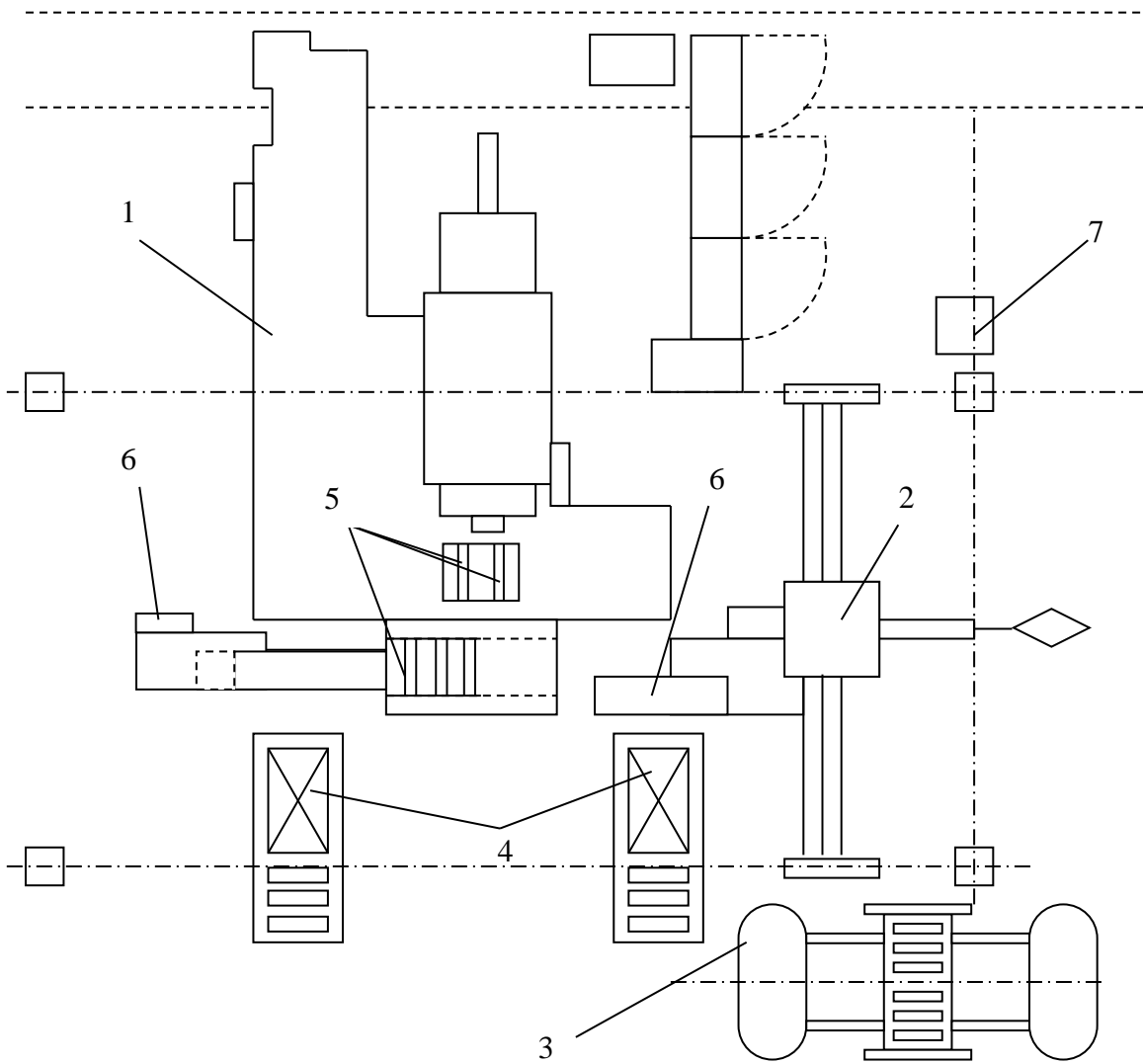


Рис. А.1. Компонувальна схема РТК виготовлення плит-супутників

Алгоритм функціонування РТК

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 приспособленні?
17	Алгоритм ПР. Звантажити ПСІ в приспособлення
18	СП. Розкріпити ПС в приспособленні
19	Алгоритм ПР. Зняти ПС. Завантажити ПСІ в приспособлення
20	СП. Закріпити ПСІ в приспособленні
21	Алгоритм ЧПК. Завантажити інструмент в магазин верстата
22	СП. Розкріпити ПСІ
23	Алгоритм ПР. Зняти ПСІ з приспособлення
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 приспособлення
28	СП. Закріпити ПС в приспособленні
29	Алгоритм ЧПК. Контроль установки ПС і деталі. Обробка деталі
30	СП. Розкріпити ПС в приспособленні
31	Алгоритм ПР. Зняти ПС з приспособлення
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

Скорочення:

ТІ – тара для інструментоносіїв

ТС – тара для плит-супутників

ПС – плита супутник

ПДЗ – пристрій диспетчерського зв’язку

ПСІ – плити-супутники інструментоносія

СП – стикувальний пристрій

ПРМ – пульт робочого місця

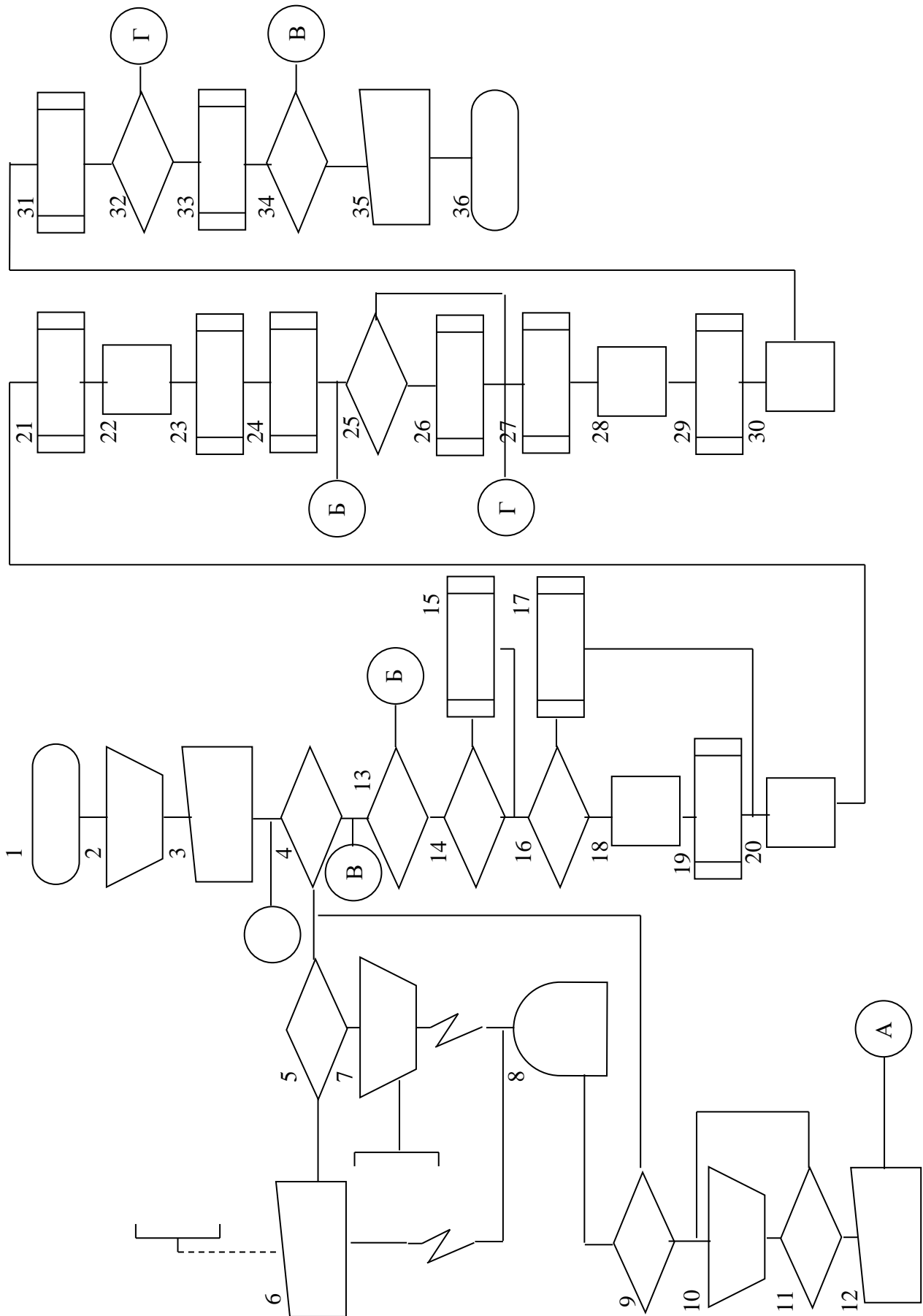


Рис. А.2. Алгоритм функціонування РТК виготовлення плит-спутників