

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

Кафедра автоматизації  
технологічних процесів і  
виробництв



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до лабораторної роботи №5**  
**«Вивчення системи керування РТК**  
**завантаження штампувального обладнання»**  
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 № 5 «Вивчення системи керування РТК завантаження штампувального обладнання» з курсу «Обладнання та основи створення гнучких автоматизованих виробництв» / В.Б.Савків, Р.І. Михайлишин – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 17 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 5.

### ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЦИКЛОВОГО ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ РТК ЗАВАНТАЖЕННЯ ШТАМПУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

**Мета роботи:** вивчення принципу дії циклової системи програмного керування РТК завантаження штампувального обладнання; вивчення складу пристрою ЭЦПУ-6030, принципів його функціонування при реалізації різноманітних режимів і команд; освоєння методики програмування і придбання практичних навичок настроювання роботи РТК завантаження штампувального обладнання по заданій програмі.

#### 1. Опис електронного циклового програмного пристрою ЭЦПУ-6030

Пристрій ЭЦПУ-6030 [1-3] призначений для керування маніпуляторами, що мають двохпозиційні ступені стану із позиціонуванням по упорах, а також відповідним технологічним обладнанням при автоматизації серійного виробництва. Конструкція пристрою виконана у вигляді настільного пульта.

#### *Технічна характеристика пристрою ЭЦПУ-6030*

Тип системи керування	циклова
Число керованих ланок маніпулятора	до 6
Число ланок, керованих по шляховому принципі	4
Число ланок, керованих по шляховому і по часовому принципі	2
Число точок зупинок керованої ланки	2
Число технологічних команд	6
Число блокувань	до 4
Число програмованих витримок часу	1
Діапазон регулювання програмованої витримки часу	від 0 до 0,7 с
Число кадрів програми	до 30
Число виходів керування ланкою маніпулятора	2
Пристрій забезпечує цифрову індикацію номера кадру програми	
Елементна база – мікросхеми серії К-155	

На рис. 1 показаний основний функціональний склад пристрою ЭЦПУ-6030 і характерні зв'язки між вузлами і блоками. Він побудований за принципом синхронного програмного автомата з жорстким циклом керування і складається з таких основних вузлів і блоків:

- блок керування, призначений для обробки інформації заданої програмою і видачі керуючих сигналів на маніпулятор і технологічне обладнання;
- пульт керування забезпечує задання режимів роботи пристрою, виконання операцій вмикання-вимикання живлення, запуску в роботу, а також ручне керування ланками маніпулятора;

- програмоносій, призначений для набору і збереження необхідної програми роботи РТК;
- блок підсилювачів забезпечує видачу керуючих команд на розподільники маніпулятора і технологічне обладнання;
- блок живлення забезпечує живлення електронного обладнання, давачів маніпулятора і технологічного обладнання.

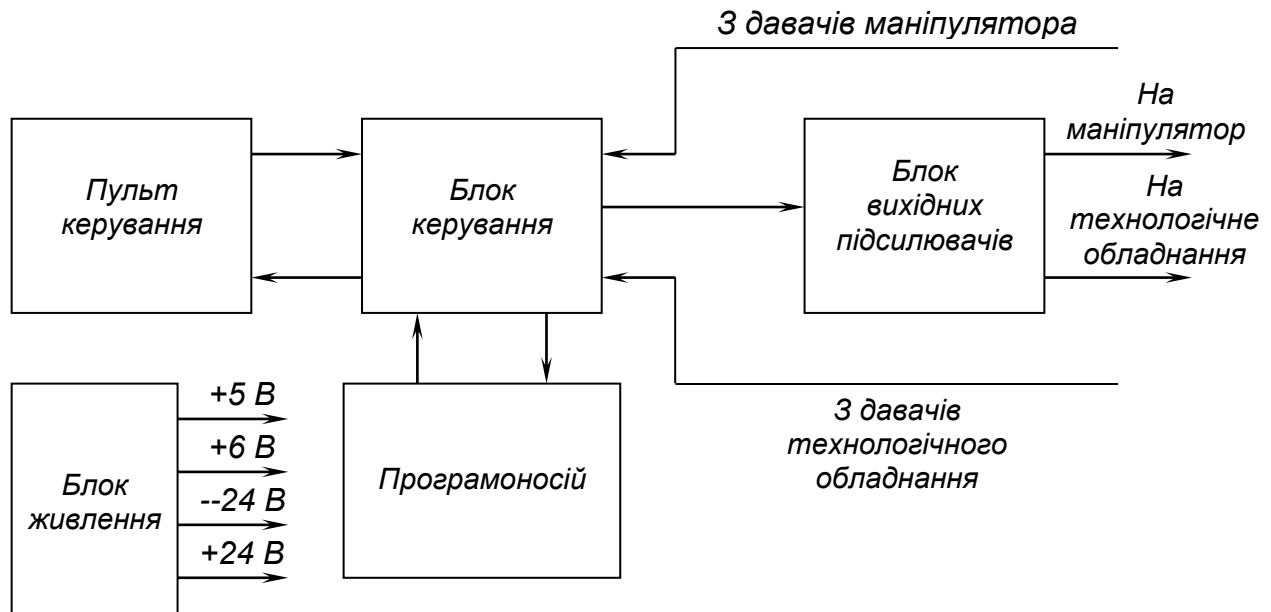


Рис. 1. Структурна схема пристрою ЭЦПУ-6030

**Блок керування** формує команди керування виконавчими органами маніпулятора і технологічного обладнання на основі інформації, що надходить від програмоносія, сигналів від давачів положення ланок маніпулятора і стану керуючих органів на пульті керування.

**Пульт керування** призначений для оперативного керування пристроєм і відображення стану РТК.

З пульта керування можна задати один із наступних режимів роботи пристрою: РУЧНИЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.

У режимі РУЧНИЙ команди на маніпулятор задаються з пульта керування і надходять на блок підсилювачів і далі на маніпулятор для керування його рухомими органами. Контроль положення виконавчих органів маніпулятора здійснюється за допомогою табло індикації стану ланок маніпулятора.

У режимі КОМАНДА пристрій забезпечує відпрацювання одного кадру програми, набраної на програмоносії. Після відпрацювання команд, заданих у кадрі, відбувається зупинка пристрою.

У режимі ЦИКЛ пристрій забезпечує однократне відпрацювання всіх кадрів програми.

У режимі АВТОМАТ пристрій забезпечує багатократне відпрацювання робочого циклу РТК.

При натисканні кнопки режиму РУЧНИЙ на ланку маніпулятора видається команда, мнемонічне зображення якої нанесено на табло над кнопкою, табло при цьому загоряється.

Кнопка ПУСК функціонує тільки в режимах АВТОМАТ, ЦИКЛ і КОМАНДА. При натисканні на цю кнопку пристрій починає працювати по програмі, одночасно загоряється табло РАБОТА.

Кнопка СТОП служить для зупинки працюючого по програмі пристрою. При натисканні на цю кнопку табло РАБОТА гасне (живлення пристрою не виключається).

Кнопка СБРОС СЧК (лічильника кадрів) використовується для попередньої установки лічильника кадрів у початковий стан.

Кнопка +1СЧК використовується для зміни стану СЧК.

Кнопка СЕТЬ призначена для вмикання живлення.

При роботі РТК по програмі на табло індикації висвічується текучий номер виконаного кадру.

У верхній частині пристрою розташована червона кнопка аварійного вимикання пристрою.

Розглянемо особливості вузлів пристрою.

Структурна схема блоку керування показана на рис. 2. Блок керування складається з вузлів керування 1 і 2 і вузла узгодження.

Вузол керування 1 містить такі функціональні схеми:

- лічильник кадрів;
- дешифратор вибірки кадрів;
- схему завадозахисту лічильника кадрів;
- схему пуску-зупинки;
- схему відпрацювання команд ПРОПУСК, ПЕРЕХІД.

Лічильник забезпечує прийом 6-розрядного коду номера кадру. З пульта керування можна задавати номер кадру кнопками СБРОС СЧК і +1СЧК, за допомогою котрих можна відповідно привести в нульовий стан вміст лічильника або збільшити його на 1. На пульті керування висвічується номер кадру. Схема відпрацювання команд ПРОПУСК і ПЕРЕХІД формує необхідний вміст лічильника. Скидання лічильника в режимі АВТОМАТ здійснюється схемою пуску-зупинки. У режимах АВТОМАТ і ЦИКЛ із схеми завадозахисту лічильника кадрів надходять сигнали, які збільшують вміст лічильника на 1.

До складу лічильника входять лічильники числа одиниць і десятків.

*Дешифратор вибірки кадрів* забезпечує вибірку команд із програмоносія відповідно до текучого номера кадру при наявності сигналу підтвердження.

*Схема завадозахисту* лічильника кадрів служить для уникнення вібрації контактів давачів маніпулятора і технологічного обладнання, що може призвести до помилкового спрацювання лічильника.

*Схема пуску-зупинки* забезпечує запуск і зупинку пристрою у всіх режимах роботи. Основним елементом схеми є тригер, що знаходиться в стані 1 при роботі пристрою по програмі і скидається в 0 при зупинці програми.

Установка тригера в 1 здійснюється від кнопки ПУСК. Скидання тригера (установка нуля) здійснюється в двох випадках:

- 1) при зчитуванні команди ЗУПИНКА;
- 2) у режимі КОМАНДА після виконання кожного кадру програми.

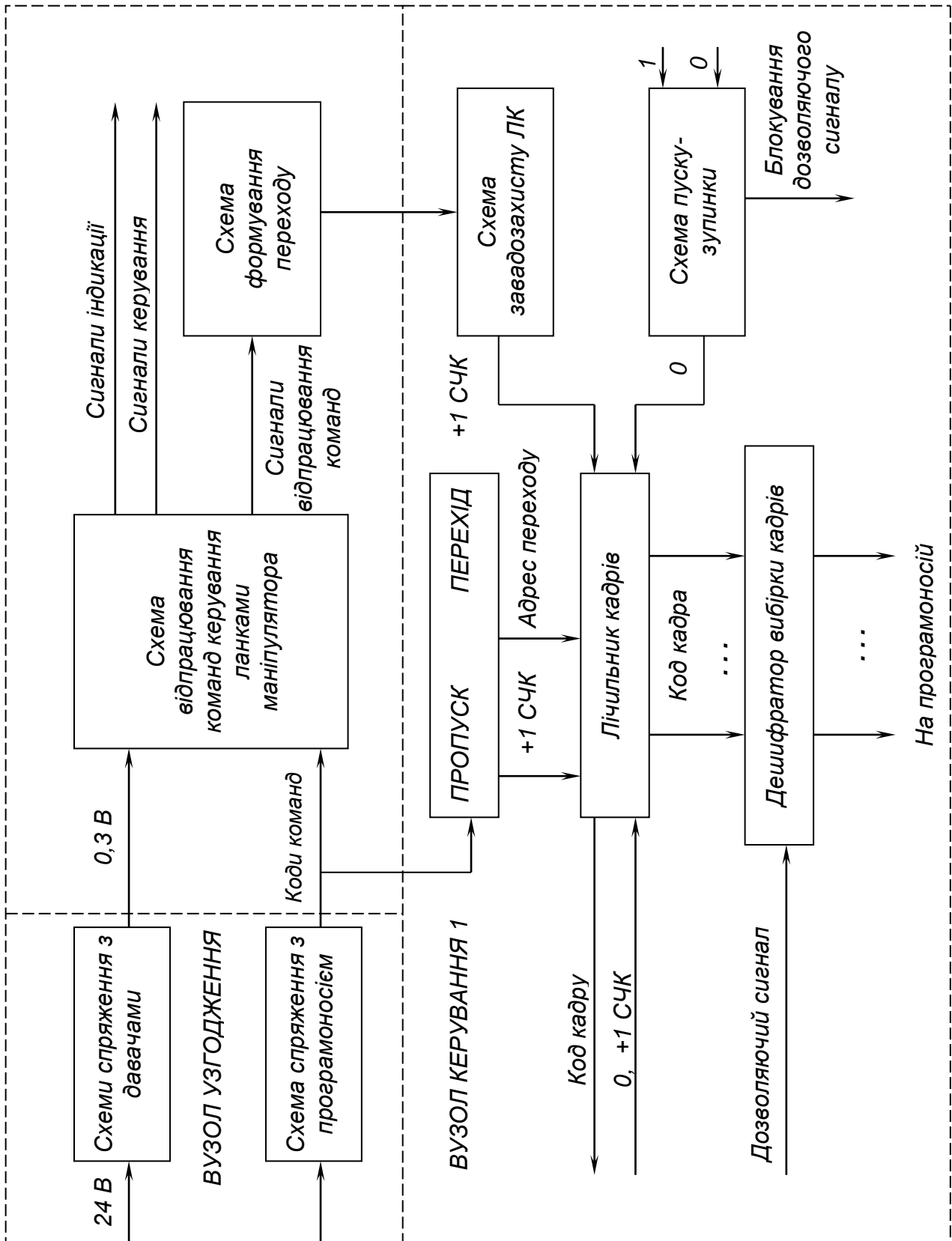


Рис. 2. Структурна схема блоку керування

*Схема відпрацювання команд ПРОПУСК і ПЕРЕХІД.* По команді ПРОПУСК при відсутності сигналу  $-24$  В на вході УСЛ ПРОП здійснюється пропускання однієї команди, а при наявності сигналу на вході УСЛ ПРОП – перехід до наступної команди. Дозволяючий сигнал на дешифратор у першому випадку подається після збільшення вмісту лічильника на **2**, у другому – на **1**. По команді ПЕРЕХІД при відсутності сигналу на вході УСЛ ПРОП здійснюється перехід до кадру, номер якого реалізований схемним шляхом, а при наявності сигналу – перехід до наступного кадру програми.

Вузол керування 2 містить у собі такі схеми:

- відпрацювання команд керування ланками маніпулятора;
- відпрацювання технологічних команд;
- відпрацювання команд опитування давачів;
- відпрацювання команди витримки часу;
- відпрацювання команд ЗУПИНКА і КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ;
- формування сигналу переходу до наступного кроку.

*Схема відпрацювання команд керування ланками маніпулятора* забезпечує запам'ятовування команди, формування керуючого сигналу і видачу сигналу про відпрацювання команди. На рис. 3 приведена структурна схема відпрацювання команд керування ланками маніпулятора. Схема складається з регістра стану ланок, схеми опитування давачів, дешифратора команд і формувача витримки команд.

Регістр стану ланок складається із шести тригерів, на яких може запам'ятовуватися стан шести ланок маніпулятора. Інформація, що зберігається в регістрі, висвічується на пульті керування ланками маніпулятора. У випадку, коли пристрій керує роботом МП-9С, стан маніпулятора визначається чотирма ланками. Кожна ланка може знаходитися в одному із двох станів, наприклад: підключений або відключений електромагнітний захоплювач, висунутий або не висунутий виконавчий пристрій і т.д.

У дешифраторі команд код команди, що надходить із схеми спряження, перетворюється в логічний **0** на однім із виходів. З дешифратора надходить сигнал логічного **0** на підсилювач, що відповідає керованій ланці.

Схема опитування давачів приймає інформацію з давачів, установлених на ланках маніпулятора, опрацьовує її і видає керуючий сигнал на схему формування переходу. Відпрацьовування команди ЗАХОПЛЕННЯ може здійснюватися як по сигналу з давача, встановленого на захоплюючому пристрої, так і по витримці часу. Вибір режимів відпрацювання захоплюючого пристрою здійснюється перемикачами ЗВ5В і ЗВ6В; регулювання витримки часу – підналагоджуванням потенціометру РЕГУЛІРОВКА ВВ1. Після того як витримка часу, необхідного для надійного спрацьовування захоплюючого пристрою, реалізована на формувачі витримки команд, можна переходити до наступного кадру програми.

*Схема відпрацювання технологічних команд* (рис. 4) забезпечує видачу керуючих сигналів на супутнє технологічне (до 6 одиниць) обладнання, наприклад вимикання штампа, після завершення циклу роботи маніпулятора в

зв'язку з відсутністю деталей в магазинах живильника. У кадрі програми може записуватися одна технологічна команда. Підтвердження відпрацювання технологічних команд може здійснюватися як по витримці заданого інтервалу часу, так і по сигналу з давача, встановленого на технологічному обладнанні.

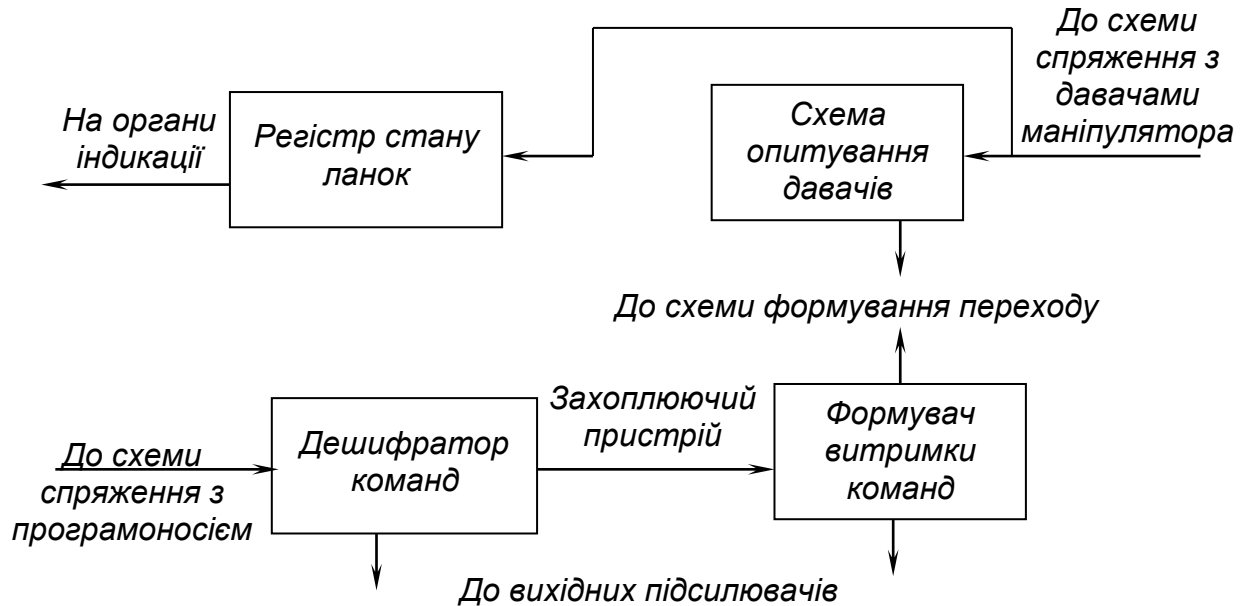


Рис. 3. Структурна схема відпрацювання команд керування

На рис. 5 приведена схема відпрацювання технологічних команд по сигналах з давачів. Схема видачі технологічної команди дешифрує код команди, що надходить із програмоносія, і формує керуючі сигнали для технологічного обладнання. Після відпрацювання технологічним обладнанням керуючого сигналу на схему надходять сигнали з давачів.

Схема опитування давачів формує сигнал для переходу до слідуючого кадру програми при наявності сигналів із давачів. На оберненій стороні панелі пристрою встановлені перемикачі ТК 1,2; ТК 3,4; ТК 5,6. Перемикачі ТК встановлюють режими відпрацювання одночасно двох технологічних команд. У верхньому положенні перемикачів команди відпрацьовуються по відповідних сигналах із давачів, у нижньому – по часу.

На рис. 6 приведена схема відпрацювання технологічних команд по часу. У даному режимі сигнал підтвердження відпрацювання технологічної команди формується після тимчасової витримки, що задається потенціометром РЕГУЛИРОВКА ВВ2.

Схема відпрацювання команд опитування давачів дозволяє істотно розширити функціональні можливості маніпулятора. Команда опитування давача записується в кадрі разом із командою керування одним із ланок на нижньому полі програмоносія. При надходженні сигналу з давача, встановленого в проміжному положенні на ланці маніпулятора, вміст лічильника кадрів збільшується на 1 і здійснюється перехід до наступного кадру програми, що дозволяє обходити перешкоди в зоні роботи маніпулятора.



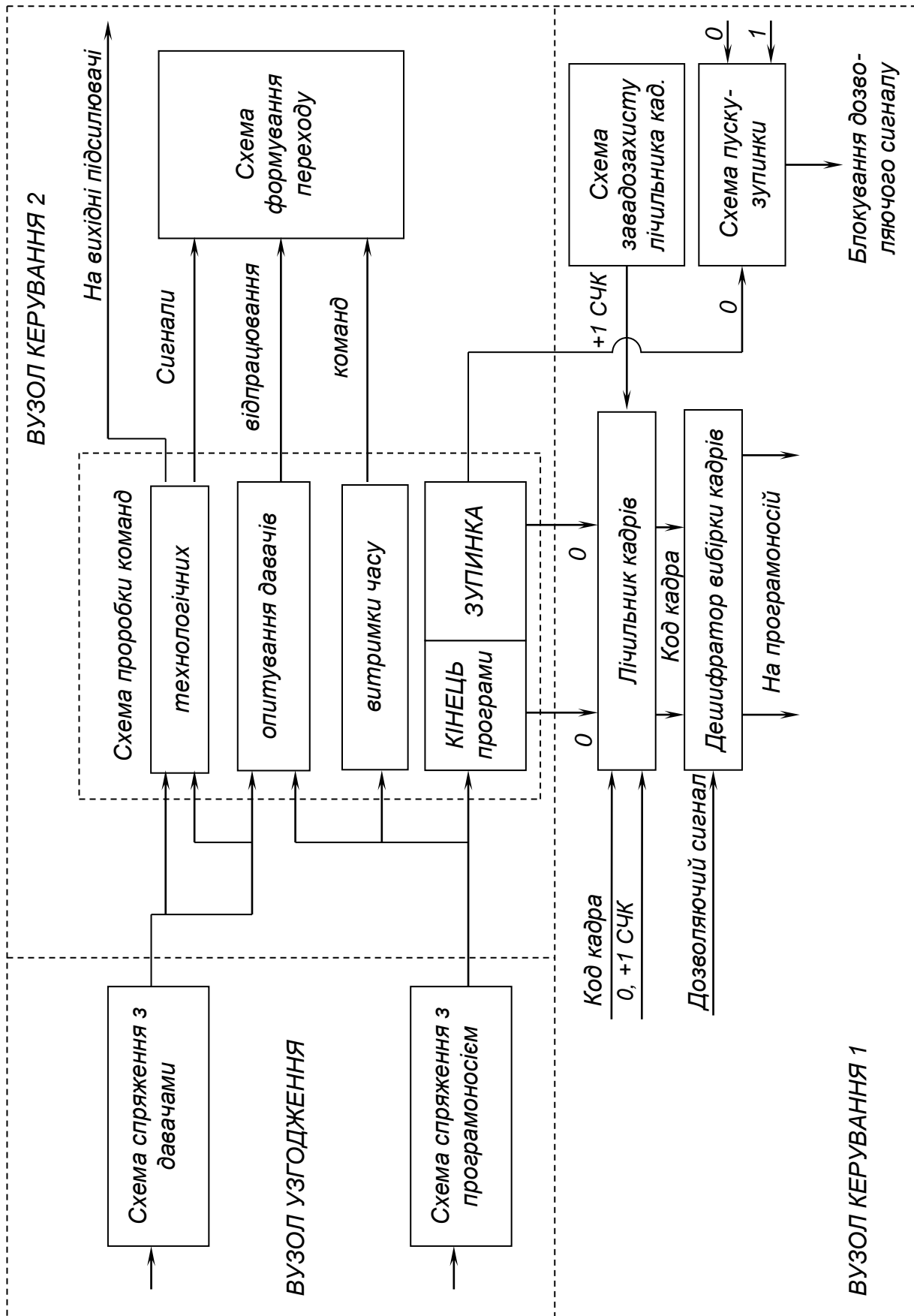


Рис. 4. Структурна схема блоку керування при відпрацюванні технологічних команд

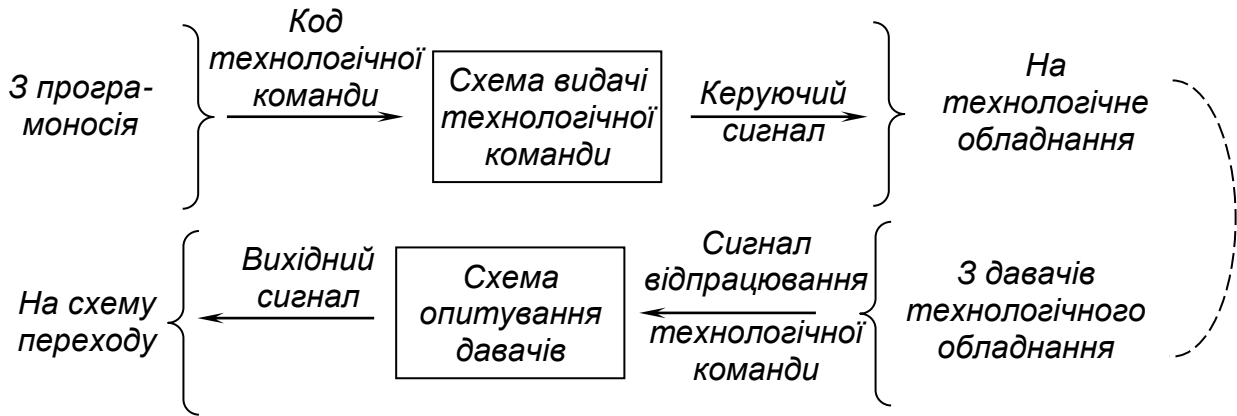


Рис. 5. Схема відпрацювання технологічних команд по сигналу з давачів

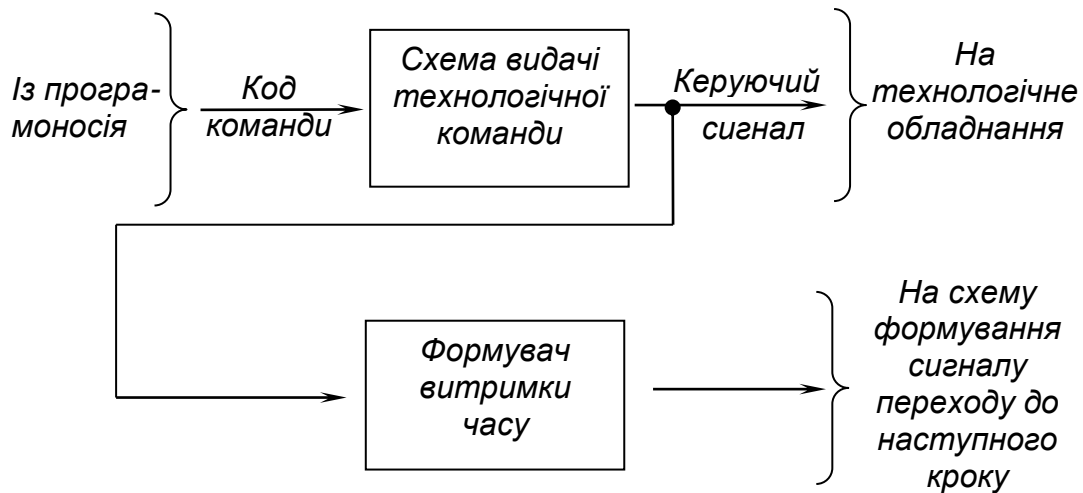


Рис. 6. Схема відпрацювання технологічних команд по часу

Схема відпрацювання команди ВИТРИМКА ЧАСУ забезпечує тимчасову затримку для синхронізації роботи маніпулятора, живильника та штампувального обладнання, і призначена для того, щоб перехід до наступного елементу руху починався після затухання вібрацій, що виникають наприкінці руху руки маніпулятора. Схема затримки побудована на РС ланках.

Схема відпрацювання команд ЗУПИНКА, КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ. По команді ЗУПИНКА тригер схеми пуску-зупинки скидається в 0, і маніпулятор зупиняється. Команда ЗУПИНКА, включена в програму після команди ПРОПУСК, може використовуватися для припинення роботи після приходу сигналу з давача, встановленого на зовнішньому обладнанні (наприклад, живильнику).

Команда КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ може використовуватися для зациклювання програми. По цій команді лічильник кадрів скидається в нульовий стан, і програма виконується знову.

Схема формування сигналу переходу забезпечує об'єднання по АБО сигналів відпрацювання всіх команд і формування сигналу прибавлення 1 у лічильник команди (+1СЧК) після відпрацювання будь-якої команди, а також

при натисканні кнопки +1СЧК на пульті керування (див. рис. 4).

*Вузол узгодження* складається зі схем сполучення з давачами і програмоносієм (див. рис. 2).

*Схема спряження з давачами* забезпечує узгодження рівнів сигналів давачів із рівнями логічних сигналів пристрою. Сигнал із давача з рівнем  $-24\text{ В}$  відповідає рівню  $-0,3\text{ В}$  (логічний **0**) в пристрої керування.

У схемі з'єднання з програмоносієм є 20 діодно-резисторних комірок, сполучених із відповідними контактами перемикачів програмоносія. Комірки формують логічні **0** і **1** на відповідних виходах. Ці сигнали подаються на дешифратори кодів команд, що входять до складу схем відпрацювання команд. Виходи всіх комірок програмоносія, що відповідають однаковим позиціям перемикачів, з'єднані по схемі АБО. У блоці дешифраторів в залежності від коду команди на вході подається низький потенціал на вихід, що відповідає реалізованій команді.

Блок підсилювачів призначений для видачі керуючих команд на ланки маніпулятора і технологічне обладнання. Блок перетворює сигнали логічних **0** і **1**, що надходять із блока керування, у сигнали, що управляють електромагнітами маніпулятора і технологічного обладнання.

Блок живлення призначений для перетворення змінної напруги ( $220\text{ В}$ ,  $50\text{ Гц}$ ) у постійні стабілізовані напруги ( $5\text{ В}$ ;  $6,3\text{ В}$ ;  $-24\text{ В}$ ), необхідні для живлення електронного обладнання програмного пристрою, керування електромагнітами маніпулятора і технологічного обладнання.

## **2. Принципи програмування МПЦУ-6030**

Програмоносій побудований на базі багатопозиційних перемикачів, згрупованих у два набірних поля по 30 штук у кожному. Кожна з 30 комірок програмоносія складається з двох перемикачів (верхнього і нижнього). Програмоносій виконує функції вводу, збереження інформації, а також функції комутатора. Кадр програми набирається на двох 10-позиційних перемикачах. Кожній позиції перемикача відповідає визначений вихід програмоносія. У залежності від положення перемикачів комутуються два з 20 виходів комірок, на які у вузлі узгодження подаються логічні **0**, а на інші виходи – **1**. Визначення коду стану комірки (кадру програми) здійснюється подачею **0** з одного з виходів дешифратора вибірки кадрів на контакти необхідної комірки.

Програма складається по циклограмі роботи робота, живильника та штампувального обладнання, і розбивається по кроках. Максимальне число кроків робочого циклу (а відповідно і програми) – 30. Програмоносій, на якому набирається програма, виконаний у виді двох набірних полів багатопозиційних перемикачів по 30 шт. у кожному полі (число кроків програми).

Система команд пристрою ЭЦПУ-6030 приведена в табл. 1.

Наявність верхнього і нижнього полів програмоносія дозволяє виконувати одну або дві команди. Якщо в кадрі при програмуванні відповідна команда набирається на верхньому полі програмоносія, а на нижньому полі замість знака \* встановлюється цифра 0, то даний кадр складається з однієї команди. Кадр також складається з однієї команди, якщо на верхньому полі

замість знака \* встановлюється цифра 0.

Кадр спільного відпрацювання формується з двох команд. Вони набираються в одному кроці на верхньому і нижньому полях. Перехід до такого кроку відбувається тільки після відпрацювання команд керування ланками маніпулятора, набраних на програмоносії.

Таблиця 1

Номер команди	Назва команди	Код кадру	
		верхнє поле	нижнє поле
1	Рух виконавчого пристрою вперед 	1	*
2	Рух виконавчого пристрою назад 	2	*
3	Поворот вправо 	3	*
4	Поворот вліво 	4	*
5	Підйом вверх 	*	1
6	Рух вниз 	*	2
7	Живлення електромагнітного захоплювача увімкнено 	*	5
8	Живлення електромагнітного захоплювача вимкнено 	*	6
9	Технологічна команда 1	9	1
10	Те ж, 2	9	2
11	», 3	9	3
12	», 4	9	4
13	», 5	9	5
14	», 6	9	6
15	Витримка часу	*	9
16	Пропуск	9	7
17	Перехід	9	8
18	Зупинка	9	9
19	Кінець програми	0	0

Технологічна команда – команда управління технологічним обладнанням. В кадрі програми може бути набрана тільки одна технологічна команда.

Команда ВИТРИМКА ЧАСУ служить для введення затримки між кроками програми. В цьому випадку в кодї команди замість значка \* набирається цифра 0. С допомогою команди ВИТРИМКА ЧАСУ може бути реалізований і режим сумісного відпрацювання команд, в якому одна команда починає відпрацьовуватися після заданого часу (в залежності від того, скільки

раз був набраний код 09) після початку іншої.

Команда ПРОПУСК служить для організації пропуску одного кадру програми при виконанні зовнішньої умови. У випадку якщо не приходить сигнал з давача, встановленого на зовнішньому обладнанні, пристрій переходить до виконання кадру, записаного на  $(i+1)$ -му кроці (на  $i$ -му кроці – ПРОПУСК). Якщо зовнішня умова виконується, тобто присутній сигнал  $-24$  В, то пропуск кадру не відбувається.

Команда ПЕРЕХІД служить для організації умовного переходу до фіксованого кроку з довільного місця програми. Умовний перехід виконується при відсутності на вході пристрою  $-24$  В; якщо сигнал  $-24$  В присутній, то перехід не виконується, і пристрій переходить до виконання кроку, який слідує за командою ПЕРЕХІД.

Команда ЗУПИНКА служить для зупинки пристрою, що працює по програмі. Команда КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ служить для зациклювання програми роботи РТК. При виконанні цієї команди лічильник кадрів скидається в вихідний нульовий стан, після чого виконання набраної програми повторюється.

В режимі ЦИКЛ, крім цього, при виконанні команди КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ відбувається зупинка пристрою.

Для набору режимів роботи слід скласти програму, приклад якої приведений в табл. 2.

Налагодження програми здійснюється послідовно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ і АВТОМАТ при включеному пристрої. Перед початком відладки необхідно ланки маніпулятора і живильника вивести у вихідне положення в режимі РУЧНИЙ.

Таблиця 2

Номер кроку	Код кадру	Назва команд в кадрі
0	11	Вперед. Підйом
1	05	Спрацювання захоплюючого пристрою

В режимі КОМАНДА, встановлюючи лічильник в нульовий стан кнопкою СБРОС СЧК і натискаючи послідовно на кнопку ПУСК, відпрацювати всю програму. Потім програму перевірити в режимах ЦИКЛ і АВТОМАТ.

### **3. Експлуатація пристрою ЭЦПУ-6030**

При вмиканні живлення ланки маніпулятора і живильника автоматично встановлюються в положення, яке відповідає показам в нижньому ряду табло індикації стану ланок маніпулятора та обладнання. Щоб уникнути небажаних переміщень при включенні живлення, ланки маніпулятора і живильника перед включенням мережі необхідно вручну вивести в вихідне положення згідно табло індикації стану ланок і обладнання.

Пристрій приводиться в робочий стан у наступному порядку:

- натисненням кнопки СЕТЬ включити живлення;

- встановити режим роботи РУЧНИЙ і с допомогою кнопок ручного керування вивести ланки маніпулятора і живильника у вихідний стан;
- встановити режим роботи АВТОМАТ;
- натиснути кнопку СБРОС СЧК;
- натиснути кнопку ПУСК. При цьому РТК почне функціонувати по програмі;
- перед зупинкою пристрою встановити режим роботи ЦИКЛ. РТК допрацьовує останній цикл і зупиняється, маніпулятор рухається у вихідний стан;
- виключити живлення пристрою натисненням кнопки аварійного виключення живлення.

#### ***4. Програма виконання роботи***

1. Вивчити функціональну схему, принцип дії і конструктивні особливості системи управління.

2. Візуально освоїти систему управління ЭЦПУ-6030. Оглянути пульт керування. Точно знати функціональне призначення кожної клавіші і покази табло пульта управління.

3. Ззовні оглянути робот МП-9С і живильник з магазинами. Вивчити напрямки переміщення ланок маніпулятора і живильника (рухаючи їх вручну).

Відзвітуватися перед викладачем в знаннях функціонального призначення керуючих органів – пульта керування системи ЭЦПУ-6030.

У відповідності з розділом «Експлуатація пристрою ЭЦПУ-6030» практично вивчити всі режими роботи системи керування. В режимі РУЧНИЙ здійснити відпрацювання всіх команд управління РТК.

4. Скласти алгоритм функціонування РТК, як це показано в табл. 2. Число кроків повинно бути не менше 7 і не більш 15. Записати в кожному кроці код кадру, що відповідає словесному опису алгоритму. Програма повинна бути оформлена у вигляді таблиці (аналогічно табл. 2).

Набрати програму на програмоносії. Налагодження програми зробити послідовно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ і АВТОМАТ.

Продемонструвати викладачу функціонування РТК по складеній програмі. За вказівкою викладача, скориставшись командами 15, 16, 17, 18 (однією або декількома) із табл. 1, ускладнити програму. Модифіковану програму відлагодити і знову продемонструвати викладачу.

5. Відповідно до варіанту, запропонованого викладачем, скласти алгоритм роботи пристрою при виконанні різноманітних команд і режимів. Варіанти завдань приведені в табл. 3.

Таблиця 3

Номер варіанту	Завдання (назва команди або режиму)
1	2
1	2
1	Вверх. Пропуск
2	Команда. Автомат
3	Цикл. Перехід
4	Ручне управління. Кінець програми
5	Опитування давачів. Витримка часу
6	Зупинка
7	Технологічна команда

### ***5. Звіт по роботі***

Звіт повинен містити:

- 1) схему пристрою ЕЦПУ-6030 і блоку керування;
- 2) завдання;
- 3) алгоритм програми;
- 4) результати налагодження програми роботи РТК;
- 5) особливості роботи системи керування в різноманітних режимах;
- 6) результати роботи програми з додатковими командами;
- 7) аналіз результатів роботи і висновки.

Пункт 2 звіту повинен містити таблицю (аналогічну табл. 2), у якій приводиться опис алгоритму функціонування РТК і програма у виді кодів кадрів; коротке обґрунтування складання алгоритму, тобто співставлення алгоритму деякої технологічної операції, де можливі аналогічні послідовності руху робота.

Пункт 3 звіту повинен містити відомості про процес програмування і про налагодження програми РТК: перелік помилок при програмуванні і налагодженні, їхні зовнішні прояви, причини, номер кроку програми, спосіб усунення помилок програмування.

Пункт 4 звіту повинен містити відомості про різноманітні режими системи керування ЕЦПУ-6030: привести порівняльну оцінку функціональних можливостей різноманітних режимів і використання їх при програмуванні і налагодженні.

Пункт 5 звіту повинен включати опис додаткових змін у раніше складеній програмі роботи РТК. У ньому варто показати, як ці зміни вплинули на програмування і налагодження, описати, які можливості являють собою внесені команди при виконанні яких-небудь технологічних операцій.

У висновках відзначається відповідність роботи РТК програмі; вказуються переваги і недоліки циклових систем керування обладнанням.

### **6. Контрольні запитання**

1. Пояснити принцип позиціювання в циклових роботах.
2. Зобразити графічно укрупнену схему циклових систем керування і зазначити функціональне призначення блоків.
3. Назвати види програмоносіїв і методи запису програм у циклових системах керування.
4. Пояснити функціональне призначення таких команд у системі ЭЦПУ-6030: ТЕХНОЛОГІЧНА КОМАНДА, ВИТРИМКА ЧАСУ, ПРОПУСК, ПЕРЕХІД, ЗУПИНКА, КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ.
5. Пояснити функціональні можливості системи ЭЦПУ-6030 у режимах: РУЧНИЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.
6. Що таке робота по шляховому принципу?
7. Що таке робота по часовому принципу?
8. Пояснити функціональне призначення зворотних зв'язків у циклових системах керування.
9. У яких технологічних процесах допускається застосування циклових робіт?
10. Пояснити принцип роботи блоку керування, програмоносія, пульта керування, лічильника кадрів, дешифратора вибірки кадрів, схеми пуску-зупинки, схеми переходу, вузла узгодження.
11. Пояснити призначення роз'ємів, розташованих на задній стінці пристрою.
12. Пояснити принцип дії схеми відпрацювання технологічних команд.
13. Пояснити принцип дії схеми відпрацювання команд опитування давачів.
14. Пояснити роботу схеми відпрацювання команд ЗУПИНКА і КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ.

### **7. Рекомендована 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.