

Автоматизація виробництва в машинобудуванні



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Автоматизація виробництва
в машинобудуванні

Практикум

Вінниця
ВНТУ
2018

УДК 621.01-52(076)

A22

Автори:

**Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репінський, Ю. А. Буренніков,
Л. Г. Козлов, В. А. Ковальчук, О. Л. Брицький**

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 26.04.2018 р.)

Рецензенти:

М. І. Іванов, кандидат технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

Л. К. Поліщук, доктор технічних наук, професор

Автоматизація виробництва в машинобудуванні : практикум /
A22 [Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репінський та ін.]. – Вінниця :
ВНТУ, 2018. – 133 с.

В практикумі наведено матеріали для проведення лабораторних робіт, практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисципліни «Автоматизація виробництва в машинобудуванні» студентами, що навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» денної та заочної форм навчання.

Практикум призначений для отримання практичних навичок при автоматизації виробництва машинобудування різних типів та форм організації, а також при виконанні магістерських дисертацій. Перелік і зміст лабораторних робіт, тематика практичних занять та індивідуальних завдань відповідає програмі вказаної вище дисципліни.

УДК 621.01-52(076)

©ВНТУ, 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	10
<i>Лабораторна робота № 1.</i> Вимірювально-реєстраційна система контролю параметрів технологічного процесу (В. П. Пурдик)	10
<i>Лабораторна робота № 2.</i> Датчик тиску рідини та методика підготовки його до експлуатації (Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик)	18
<i>Лабораторна робота № 3.</i> Датчики лінійного переміщення та методика підготовки їх до експлуатації (Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик)	24
<i>Лабораторна робота № 4.</i> Електрогідравлічний підсилювач типу УЭГ.С-100 та визначення його експлуатаційної характеристики (Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, О. Л. Брицький)	30
<i>Лабораторна робота № 5.</i> Засвоєння методики проведення експериментальних досліджень на стенді з вимірювально-реєстраційною системою на основі цифрового адаптера (В. П. Пурдик)	35
<i>Лабораторна робота № 6.</i> Ознайомлення з конструкцією, принципом дії та використанням у роботі датчика температури (Ю. І. Муляр)	39
<i>Лабораторна робота № 7.</i> Автоматична система керування технологічним процесом сушильної камери (В. П. Пурдик)	42
<i>Лабораторна робота № 8.</i> Методи та засоби вимірювання частоти обертання вала технологічної машини (Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репінський)	45
<i>Лабораторна робота № 9.</i> Автоматична система контролю рівня рідини (В. П. Пурдик).....	52
<i>Лабораторна робота № 10.</i> Автоматична дозувальна система для фасувальних технологічних процесів на основі вагового датчика (В. П. Пурдик).....	55
<i>Лабораторна робота № 11.</i> Розробка керівної програми роботи промислового роботу РФ-204М у складі роботизованого комплексу (Ю. І. Муляр).....	59

<i>Лабораторна робота № 12.</i> Створення системи керування цикловим процесом на основі вільнопрограмованого контролера FC620-FST (Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, В. А. Ковальчук)	70
Розділ 2 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	80
<i>Практичне заняття № 1.</i> Розрахунок бункерних завантажувальних пристроїв (БЗП) при завантаженні робочих зон технологічного обладнання штучними заготовками (Ю. І. Муляр)	80
<i>Практичне заняття № 2.</i> Розробка елементарних систем автоматичного регулювання певного функціонального параметра виробничого процесу за заданим набором складових елементів (Ю. І. Муляр, С. В. Репінський).....	88
<i>Практичне заняття № 3.</i> Роботизація заданої або заданих операцій технологічного процесу механічної обробки деталі та розробка алгоритму роботи (Ю. І. Муляр, С. В. Репінський).....	97
Розділ 3 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ	105
ДОДАТКИ.....	106
ЛІТЕРАТУРА.....	132

ВСТУП

Мета практикуму – надбання практичних навичок у роботах, пов'язаних із підготовкою до роботи відповідних засобів автоматизації, складом та призначенням випробувальної апаратури, методиками проведення лабораторних досліджень, аналізу отриманих результатів; з розробкою керівних програм для роботи промислового роботу у складі РТК; з програмуванням контролера для керування роботою певної автоматичної системи; з розробкою елементарних систем автоматичного регулювання певним функціональним параметром виробничого процесу за заданим набором складових елементів; з роботизацією заданої або заданих операцій технологічного процесу механічної обробки та розробкою алгоритму роботи; з розрахунку бункерних завантажувальних пристроїв штучними заготовками робочих зон технологічного обладнання; з автоматичними системами, в яких використовуються певні засоби автоматизації.

Порядок виконання лабораторних робіт. На першому занятті викладач ознайомлює студентів з планом лабораторних робіт на поточний семестр. Студентам пояснюється специфіка проведення робіт в аудиторії та лабораторії, що визначена правилами внутрішнього розпорядку, вимогами охорони праці та пожежної безпеки.

Кожний студент повинен самостійно вивчити відповідні документи та підтвердити знання цих правил і вимог та зобов'язатись строго дотримуватися власним розписом у журналі цієї лабораторії. Студентів попереджають, що вони несуть матеріальну відповідальність за збитки, які виникли через необережне чи недбале ставлення до лабораторних засобів та обладнання.

Лабораторні роботи виконують у такій послідовності.

1. Попереднє вивчення теоретичного матеріалу.

2. Оформлення заготовки звіту (не заповнюються тільки таблиці з результатами випробувань, не будуються потрібні графіки і не робляться висновки та інші відомості, які отримуються лише під час виконання практичної частини).

3. Практичне виконання запланованих робіт на стенді або технологічному обладнанні (промисловий робот та контролер). Обладнання на цьому етапі буде працювати лише в імітаційному режимі згідно з керівними програмами, складеними студентами. Всі дії, пов'язані з керуванням роботою обладнання, виконує навчальний майстер, за винятком процесу введення керівних програм до відповідних систем керування. Через мінімум часу на проведення практичної частини на обладнанні (промисловий робот, контролер) буде проводитися введення керівної програми та демонстрація її відпрацювання тільки за одним варіантом після перевірки її правильності викладачем, всі інші програми будуть перевірятися під час аудиторних консультацій з дисципліни; під час

виконання лабораторних робіт із засобів автоматизації, які встановлені на стенді, викладачем будуть задані два режими роботи стенда, для них буде проведено комп'ютерний запис сигналів від датчиків і в роздрукованому вигляді передано студентам для аналізування.

Зміст звіту та його оформлення. Зміст звіту наводиться у тексті кожної лабораторної роботи цього практикуму і студент може скористатися сайтом викладача, де наводиться цей практикум, роздрукувати заготовку кожного звіту.

Кожна лабораторна робота оформлюється окремим комплектом під своїм титульним аркушем, на якому подається інформація про навчальний заклад, кафедру, назва лабораторної роботи та дисципліни, прізвище та ініціали студента, що виконав роботу, та викладача, який приймає звіт, номер академічної групи, дату останнього заняття з цієї лабораторної роботи.

Місце проведення занять та захист звітів. Лабораторні роботи

- за темою «Конструкція, принципи дії та експлуатація засобів автоматизації на прикладі випробувального стенду для дослідження рукавів високого тиску» (лабораторні роботи № 1–5) – в лабораторії гідроприводу та гідравтоматики, ауд. 1104, із використанням спеціального стенду – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів;

- за темою «Ознайомлення з конструкцією, принципом дії та використання у роботі датчика температури» – в лабораторії гідроприводу та гідравтоматики, ауд. 1104, із використанням спеціальної установки – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів;

- за темою «Автоматична система керування технологічним процесом сушильної камери» – в лабораторії гідроприводу та гідравтоматики, ауд. 1104 із залученням спеціальної установки – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів;

- за темою «Методи та засоби вимірювання частоти обертання валу технологічної машини» в лабораторії гідроприводу та гідравтоматики, ауд. 1104, із використанням спеціальної установки – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів;

- за темою «Автоматична система контролю рівня рідини» в лабораторії гідроприводу та гідравтоматики, ауд. 1104, із використанням спеціальної установки – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів;

- за темою «Автоматична дозувальна система для фасувальних технологічних процесів на основі вагового датчика» в лабораторії гідроприводу та гідравтоматики, ауд. 1104, із використанням спеціальної установки – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів;

- за темою «Розробка керівної програми роботи промислового робота РФ-204М у складі роботизованого комплексу» в лабораторії мехатроніки, ауд. 7408 («Модуль»), із використанням промислового робота та системи керування СУ-202М – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів;

- за темою «Створення системи керування цикловим процесом на основі вільнопрограмованого контролера FC620-FST» в лабораторії мехатроніки, ауд. 7408 («Модуль»), із використанням спеціального стенда – після проведення, на наступній консультації з дисципліни, здійснюється захист матеріалів.

Порядок проведення практичних занять та звітування. На першому занятті викладач ознайомлює студентів з планом проведення практичних занять на поточний семестр. Практичні заняття проводяться за трьома темами. При освітленні матеріалу з кожної теми викладач наводить один або декілька прикладів, пов'язаних із розробкою відповідних схем або проведення розрахунків – на це витрачається половина часу, відведеного за планом на конкретну тему, друга половина часу витрачається на виконання завдання викладача.

За якісно оформлені звіти про виконану на практичних заняттях роботу з поданням всіх розглянутих матеріалів та повністю виконаним завданням викладачем будуть нараховуватися відповідні бали за модульно-рейтинговою системою.

Система модульно-рейтингового оцінювання лабораторних робіт та практичних занять. Лабораторні роботи та практичні заняття є невід'ємною складовою дисципліни і тому результати їх виконання оцінюються балами, загальна кількість яких становить відповідну частину абсолютної бальної оцінки дисципліни. Трудомісткість (сума балів) кожної роботи або заняття залежить від обсягу роботи в годинах та визначається робочим планом дисципліни.

Кожна лабораторна робота оцінюється згідно з діючою бальною системою за такими показниками:

- якість підготовки студента до виконання лабораторної роботи (оцінюється під час опитування на початку заняття);
- рівень самостійності та ступінь розуміння матеріалу заняття (оцінюється в процесі виконання роботи та під час захисту звіту);
- якість оформлення результатів виконання роботи (оцінюється за остаточно оформленим звітом).

Якщо звіт повертається на доопрацювання через його низьку якість (помилки, неохайність), то кожна наступна спроба знижує оцінку з цього пункту на 1 бал.

Загальна оцінка визначається як середнє оцінок з наведених вище показників та перераховується у абсолютні бали модульно-рейтингової системи.

Якщо робота чи звіт виконані із запізненням з неповажних причин більше як на тиждень, то загальна сума балів за відповідну роботу зменшується на 50%.

Показники оцінки практичних занять наведено у попередньому пункті, до них додається активність студента на занятті.

Техніка безпеки. При виконанні лабораторних робіт необхідно дотримуватися і виконувати загальні правила техніки безпеки і вимоги до поведінки студентів під час виконання лабораторних робіт у лабораторії.

Перед початком виконання роботи, з метою виключення травматизму і поломки обладнання, кожний студент повинен детально познайомитися з правилами техніки безпеки при проведенні робіт.

Лабораторна робота виконується тільки з дозволу викладача і в присутності викладача або навчального майстра.

Студентам забороняється:

- самостійно усувати виникаючі несправності;
- класти сторонні предмети на робочі місця;
- вмикати лабораторні стенди без дозволу і присутності викладача або навчального майстра;
- знаходитися в робочому просторі лабораторного обладнання в робочому режимі;
- торкатися рухомих частин лабораторного обладнання;
- залишати без нагляду ввімкнений стенд.

Допуском до лабораторної роботи є, за впевненості викладача в тому, що кожний студент знає правила техніки безпеки і правила поведінки при виконанні лабораторних робіт у відповідній лабораторії, власноручний підпис напроти свого прізвища в спеціальному журналі з техніки безпеки цієї лабораторії.

При проведенні практичних занять у звичайній аудиторії на першому занятті викладач зобов'язаний також ознайомити студентів з правилами техніки безпеки та вимогами до їх поведінки у аудиторії і зробити відповідний запис у журналі.

Примітка. В кожній навчальній аудиторії та лабораторії на дверях вивішені вказані правила та вимоги, підписані посадовими особами кафедри та університету.

Вимоги до виконання та оформлення індивідуальних завдань. Індивідуальні завдання відносяться до позааудиторного навантаження студентів.

Індивідуальне завдання є підсумковим звітом про якісне опанування матеріалів лекційного курсу, лабораторних робіт та практичних занять з відповідної тематики.

Кожний студент відповідно до варіантів отримує два завдання, після виконання яких він повинен надати вичерпну відповідь у вигляді звіту з обґрунтуваннями прийнятих рішень; описами конструкцій, схем, принципів дії; розрахунками, висновками.

Оформлення звіту про виконане індивідуальне завдання – стандартні аркуші формату А4, без рамок із застосуванням комп'ютерного набору тексту та комп'ютерної графіки (поля: 3 см зліва, 1,5 см справа, по 2 см зверху та знизу; текстовий редактор MS WORD for WINDOWS, шрифт Times New Roman Суг розміром 14 пт. з полуторним міжрядковим інтервалом; всі сторінки мають бути пронумеровані).

Результати виконання завдань оцінюються відповідною кількістю балів згідно з модульно-рейтинговою системою щодо цієї дисципліни.

Примітка. Такі самі вимоги висуваються до друку звітів про виконання лабораторних робіт.

Розділ 1 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

КОНСТРУКЦІЯ, ПРИНЦИПИ ДІЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ (Лабораторні роботи № 1–5)

Лабораторна робота № 1

ВИМІРЮВАЛЬНО-РЕЄСТРАЦІЙНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Мета роботи. Ознайомлення з конструкцією випробувального стенда, принципом його роботи та з системою реєстрації показників технологічного процесу на ЕОМ, до складу якої входять необхідні засоби автоматизації, при використанні в реальних виробничих умовах.

1.1 Загальні положення

Однією з важливих та відповідальних ланок машинобудівного виробництва є випробувальна дільниця, на якій машина або виріб піддаються регламентованим навантаженням під час перевірки її запланованих функціональних технічних характеристик, що в результаті може засвідчити відповідність та сталість технологічного процесу щодо випуску якісної продукції. Якщо в результаті випробувань виявлено відхилення від регламентованих характеристик виробу, то необхідно вжити відповідних оперативних заходів для усунення недоліків в технологічному процесі. Тобто можна зазначити, що випробувальна дільниця є індикатором із випуску якісної продукції.

Для того, щоб здійснити процес випробування, який проводиться вибірково або на кожний виріб, що випускається (в такому разі на ньому закріплюється етикетка з визначеними в результаті випробувань характеристиками), необхідно мати цілий комплекс вимірювальної та реєструвальної апаратури, яка має працювати в автоматичному режимі, якщо це стосується серійного виробництва.

Необхідно відмітити, що є суттєва різниця, переважно в технічному плані, між статичними та динамічними видами випробувань. При визначенні статичних характеристик об'єкта, внаслідок інерційності процесу вимірювання, використовуються відносно нескладні вимірювальні та реєструвальні прилади. При визначенні динамічних характеристик об'єкта процес вимірювання значно ускладнюється внаслідок

швидкоплинності процесу, що підлягає реєстрації, тому потребує набагато складнішої виміральної апаратури.

В процесі виконання цієї лабораторної роботи студенти повинні ознайомитися з різними видами вимірального оснащення та методами реєстрації необхідних показників досліджуваного динамічного процесу і знати їх практичне застосування.

1.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Випробувальний стенд для дослідження рукавів високого тиску.
2. Зразки рукавів.
3. Вимірально-реєстраційний комплекс з адаптером та ЕОМ.

1.3 Методика виконання роботи

Ознайомлення зі службовим призначенням стенда, його складом та конструкцією.

Стенд призначений для експериментальних досліджень динамічних характеристик гнучких рукавів високого тиску (ГРВТ).

Конструкція стенда (рис. 1.1) містить джерело гідравлічної енергії – насосну станцію НС, до складу якої входять насос та запобіжно-переливний клапан; регулювальну апаратуру у вигляді електрогідравлічного підсилювача УЕГ.С – 200, до складу якого входять електрогідравлічний блок ЕГБ та розподільник Р у вигляді трипозиційного золотника; основний виконавчий орган поступального руху у вигляді гідроциліндра ГЦ; плунжерна пара ПП, що є задавачем об'єму; зразок гнучкого рукава високого тиску ГРВТ, що підлягає дослідженню; система датчиків – переміщення плунжера (або штока гідроциліндра) ДПП, тиску в рукаві ДТ, радіальної ДРД та осьової ДОД деформацій рукава.

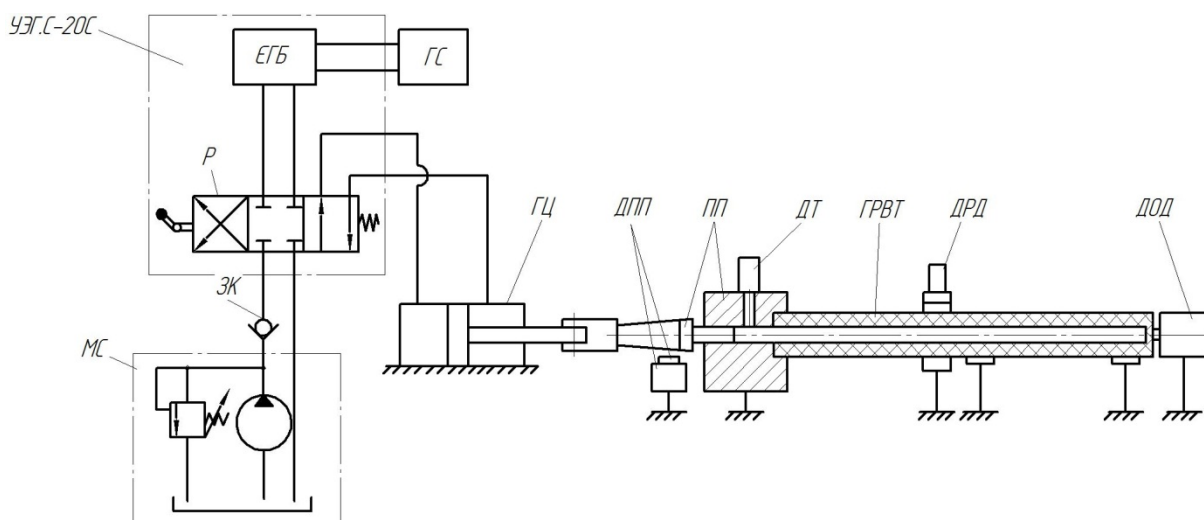


Рисунок 1.1 – Принципова схема стенда для випробування рукавів високого тиску

Для формування потрібної величини та форми сигналу на подачу заданого об'єму до рукава використовується генератор сигналів спеціальної форми ГС. Встановлений на виході насосної станції НС зворотний клапан ЗК призначений для захисту насосу від впливу робочого тиску в системі.

Всі складові елементи розташовані і закріплені на спеціальній монтажній плиті з Т-подібними пазами. На рис. 1.2 подано фото загального вигляду стенда для тестування ГРВТ.

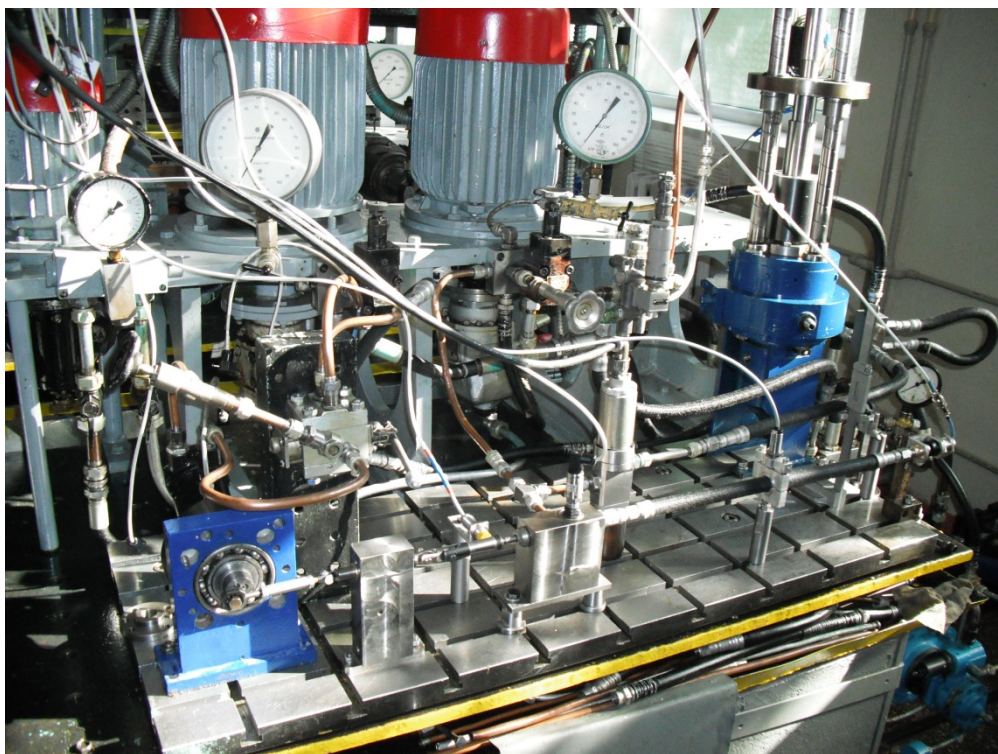


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд стенда

Вимірювальна апаратура стенда

Однією з основних складових успішного проведення експерименту є коректно підібрана вимірювальна апаратура з відповідною точністю вимірювання, а також допоміжні електронні пристрої, які дозволяють виконати комутацію вимірювального комплексу з електронно-обчислювальною технікою, що забезпечує подальший аналіз і збереження результатів вимірювань.

Оскільки в процесі проведення експериментальних досліджень динамічних характеристик рукавів високого тиску передбачається реєстрація швидкоплинних перехідних процесів, то одна із головних вимог до датчиків та допоміжних пристроїв – це підвищена швидкодія, яка має на порядок перевищувати динаміку процесів, що підлягають реєстрації.

Для вимірювання тиску використовується датчик ADZ-SML 10. Такі датчики призначені для постійного перетворення тиску рідких і газоподібних середовищ в електричний вихідний сигнал та застосовуються

в системах автоматичного контролю і регулювання технологічними процесами. Фото вузла лабораторного стенда з вказаним датчиком показано на рис. 1.3.

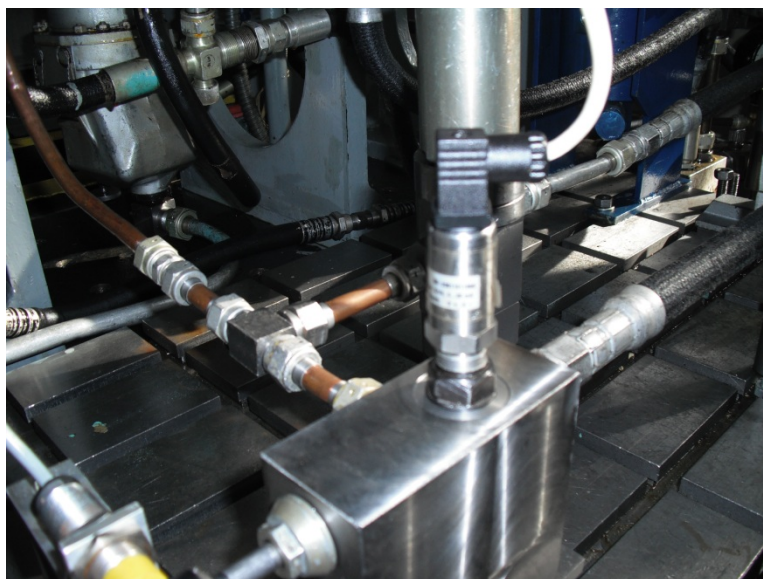


Рисунок 1.3 – Блок вимірювання тиску в порожнині ГРВТ

Для вимірювання лінійного руху, а саме руху задавача об'єму, радіальної та осьової деформації ГРВТ використовуються індуктивні датчики фірми Хесго. Їхні технічні характеристики наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики індуктивних датчиків фірми Хесго

Діаметр	M12	M18
Діапазон вимірювання	0...6 мм	0...10 мм
Монтаж	виступаючий	виступаючий
Робоче навантаження	18...30 VDC	18...30 VDC
Струм живлення	< 25 мА	< 25 мА
Навантаження	> 2 кОм	> 2 кОм
Частота вихідного сигналу	100 Гц	100 Гц
Напруга на виході	0...10 В	0...10 В
Підключення	конектор M8	конектор M18
Робоча температура	0...+70 °С	0...+70 °С
Клас захисту	IP67	IP67

Фотографії вузлів лабораторного стенда з вказаними датчиками показано на рис. 1.4–1.6.

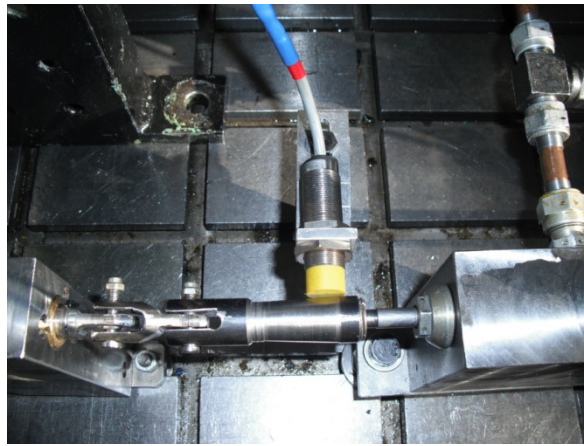


Рисунок 1.4 – Блок вимірювання руху плунжера періодичного навантаження

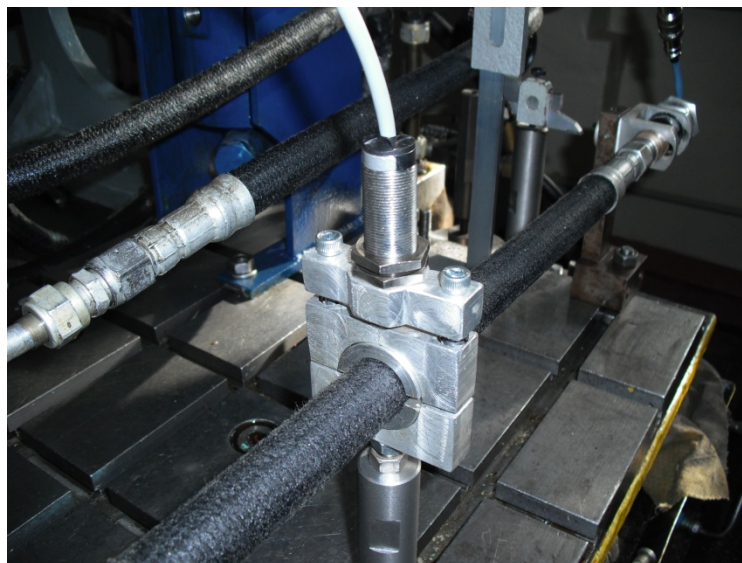


Рисунок 1.5 – Блок вимірювання радіальної деформації ГРВТ

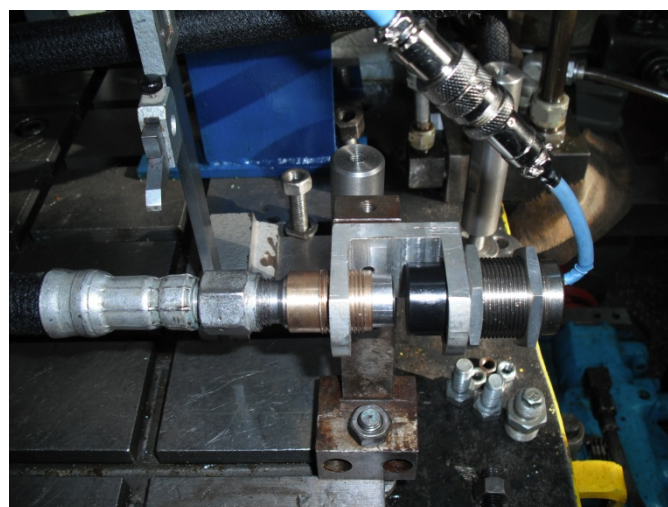


Рисунок 1.6 – Блок вимірювання осової деформації ГРВТ

Для реєстрації даних та перетворення аналогового сигналу від датчиків використовується аналогово-цифровий перетворювач ADA-1406, загальний вигляд якого зображений на рис. 1.7. Модуль ADA-1406 призначений для введення та виведення аналогових та дискретних сигналів. Модуль можливо використовувати як в складі вимірювальних комплексів, так і в лабораторних чи промислових умовах.



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд перетворювача ADA-1406

Модуль дозволяє працювати із 8-ма диференціальними чи 16-ма каналами для введення аналогових сигналів. Попередні підсилювачі розширюють вхідний діапазон модуля в бік введення сигналів із низьким рівнем навантаження. Модуль забезпечує постійну реєстрацію даних на частотах дискретності АЦП від 1 кГц до 350 кГц. Загальна технічна характеристика модуля ADA-1406 зведена до табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики ADA-1406

Напруга живлення	5 В ± 5%
Струм живлення, не більше	500 мА
Робоча температура	від 0 °С до +60 °С
Відносна вологість повітря	5-90 % без конденсації вологи
Температура зберігання	від -30 °С до +70 °С
Тип каналового роз'єму	DB – 37М
Тип дискретного роз'єму	DB – 25F
Матеріал корпусу	Алюміній
Габаритні розміри	140×140×35 мм
Маса, не більше	0,35 кг

1.4 Порядок виконання роботи

Лабораторна робота виконується в демонстраційному режимі за участі викладача та навчального майстра.

Принцип роботи стенда полягає в такому. Для визначення динамічних характеристик рукава високого тиску необхідно надати йому тестове навантаження у вигляді різкої зміни тиску в його порожнині разовим ступінчастим або гармонічним сигналом.

Збуджувальним фактором для підвищення тиску в рукаві, що досліджується, є подача певного об'єму робочої рідини в його порожнину. Для цього в конструкції стенда призначена плунжерна пара, яка приводиться в рух за запрограмованим сигналом системою гідропідсилювача та виконавчого гідроциліндра. Тобто, у разі подачі генератором на електрогідравлічний підсилювач сигналів потрібної форми, амплітуди та частоти можна отримати на виконавчому гідроциліндрі відповідний закон його руху, що буде відповідати аналогічному закону подачі об'єму рідини в порожнину рукава.

Реакцію на збуджувальний сигнал, а саме перехідний процес, що відбувається в порожнині рукава, реєструється за допомогою ЕОМ. Приклади таких процесів наведено на рис. 1.8 та рис. 1.9.

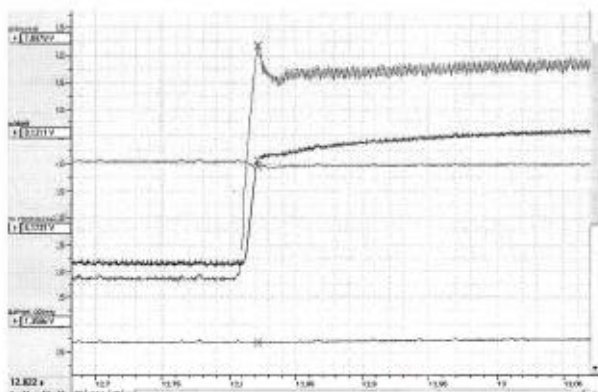


Рисунок 1.8 – Перехідний процес в порожнині рукава при навантаженні разовим ступінчастим сигналом

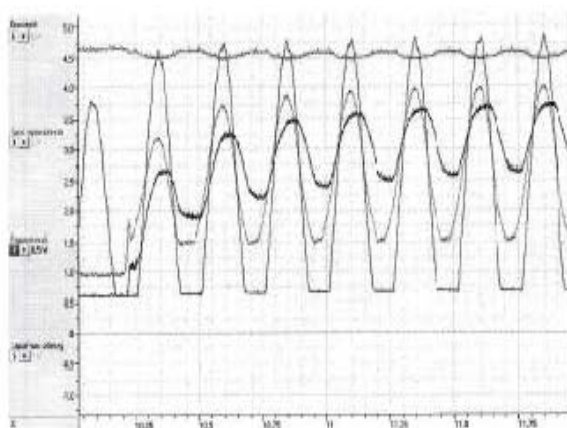


Рисунок 1.9 – Перехідний процес в порожнині рукава при навантаженні гармонічним сигналом синусоїдальної форми частотою 10 Гц

Порядок проведення лабораторної роботи такий.

1. Викладач в навчальній аудиторії проводить інструктаж із техніки безпеки та правил поведінки в лабораторії. Студенти в спеціальному журналі власноручним підписом засвідчують факт проведення інструктажу.

2. Протягом 15 хв в навчальній аудиторії викладач по матеріалах лабораторної роботи проводить попереднє опитування студентів, які мають прийти на заняття із заготовкою звіту.

3. Студенти переходять до лабораторії і викладач біля експериментально-дослідницького стенда характеризує склад його конструкції та принцип дії (див. рис. 1.1–1.2), а також знайомить із роботою вимірювально-реєстраційної системи контролю параметрів досліджуваного процесу на основі адаптера АДА-1406.

4. Викладач або навчальний майстер задає певний режим роботи стенда, вмикає його (умова – необхідна електронна апаратура, яка використовується у системі контролю, має бути увімкненою та прогрітою) і на моніторі ЕОМ демонструє роботу задіяних датчиків, тобто перехідний процес для заданого режиму роботи стенда.

5. Студенти повертаються до навчальної аудиторії і займаються до кінця заняття оформленням звіту.

1.5 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; принципову схему стенда, склад та конструкцію стенда; методику виконання досліджень на стенді; висновки.

1.6 Питання для самоконтролю

1. Призначення та склад випробувального стенда.
2. Які тестові сигнали керування та навантаження використовуються при дослідженні динамічних характеристик рукавів високого тиску?
3. За допомогою яких засобів автоматизації вимірюються та реєструються характерні параметри, потрібні для дослідження динамічних характеристик РВТ?
4. Призначення електронного приладу АДА-1406.

Лабораторна робота № 2

ДАТЧИК ТИСКУ РІДИНИ ТА МЕТОДИКА ПІДГОТОВКИ ЙОГО ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета роботи. Ознайомлення з конструкцією датчика тиску рідини та зняття його статичної характеристики.

2.1 Загальні положення

На рис. 2.1 наведено конструкцію датчика тиску ADZ (фірма ADZ Nagano GmbH – Німеччина).

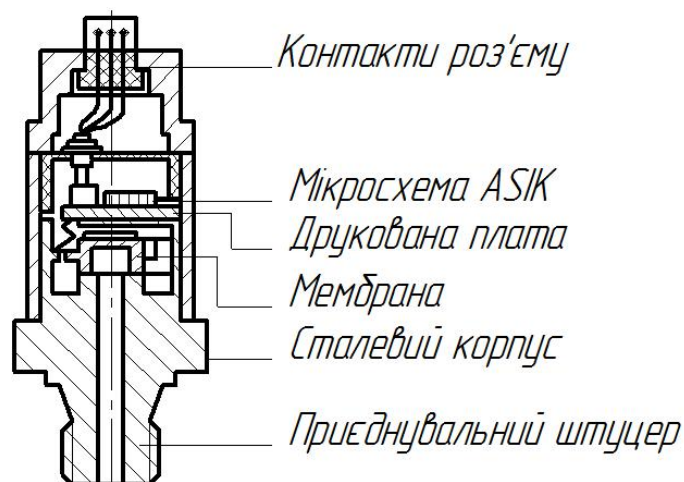


Рисунок 2.1 – Конструкція датчика тиску ADZ

В конструкціях цих датчиків акумульовано досягнення японського партнера – Nagano Keiko Co. Ltd. Такі датчики контролюють тиск як найважливіший параметр у гідравліці, пневматиці, тепловій енергетиці сумісно з перемикачами тиску тієї ж фірми. Датчики ADZ виготовлені із застосуванням високих технологій; у корпусі з нержавіючої сталі; містять високочутливу сталеву мембрану і вбудовану електроніку на основі замовної програмованої ВІС (велика інтегральна схема), яка забезпечує електронне калібрування та стандартний вихідний сигнал: 4–20 mA, 0–10 V, а також високу точність вимірювання (0,5% – 0,25% – 0,1%). Датчики не мають регульовальних елементів.

Принцип дії датчика полягає в тому, що контрольоване середовище перетворювача діє на мембрану із нержавіючої сталі. На мембрану нанесений полікристальний кремній SiO_2 (тонкоплівкові резистори). В результаті вказаної дії на мембрану змінюється опір тензомосту, що приведе до появи вихідного сигналу перетворювача.

Датчики ADZ можуть вимірювати відносний тиск, абсолютний, перепад тисків, пульсації тиску.

Робоча напруга: 5...32 V постійного струму (залежно від виду вихідного сигналу). Вихідний сигнал: 4...20 mA (2 проводи), 0...10 V, 0,5...4,5 V, 250 mA (для вимикачів)

Загальний вигляд датчика тиску ADZ-SML 10.0 (4...20 mA) наведено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд датчика тиску ADZ-SML 10.0

Тонкоплівкові резистори, які використовуються у такому перетворювачі, є елементами гібридних тонкоплівкових мікросхем, а також узгоджувальними елементами у мікрозбірках, де вони присутні у вигляді резистивних матриць на окремій мініатюрній підложці, яка являє собою елемент мікрозбірки. В обох випадках резистори виготовляються на основі загальної резистивної плівки одночасно, тобто за інтегральною технологією.

Для осадження тонких резистивних плівок використовують стандартні резистивні сплави у вигляді порошків (для термовакуумного напылення) або дисків-мішеней (для розпилення іонним бомбардуванням). Сплави являють собою силіциди хрому, нікеля, заліза та подвійні або потрійні системи на їх основі. Вміст кремнію від 15 до 95% забезпечує широкий діапазон питомих опорів. Конкретні марки резистивних сплавів характеризуються рекомендованими значеннями питомого поверхневого опору, припустимою питомою потужністю розсіювання, температурним коефіцієнтом опору та коефіцієнтом старіння.

З врахуванням виводів із струмопровідної тонкої плівки структуру резистора можна розглядати як двошарову. При цьому можливі три технологічних варіанти формування резисторів (рис. 2.3).

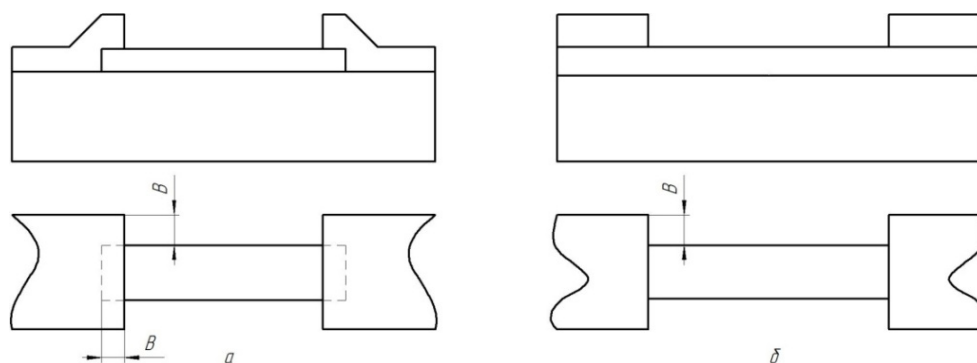


Рисунок 2.3 – Структура та технологія тонкоплівкових резисторів

А. **Фотолітографічний:** напилення суцільної резистивної плівки, напилення суцільної провідникової плівки, фотолітографія по резистивній плівці (рис. 2.3, б).

В. **Трафаретний:** напилення резистивних елементів через трафарет, напилення провідникових елементів через трафарет (рис. 2.3, а).

С. **Комбінований:** напилення суцільної резистивної плівки, напилення провідникових елементів через трафарет, фотолітографія по резистивній плівці (рис. 2.3, б).

Трафаретний варіант, хоча і є більш продуктивним і дешевим, помітно поступається фотолітографічному за роздільною здатністю та точністю.

Для наближення виводів високоомного резистора один від одного і скорочення довжини зв'язків в мікросхемі конструктор може відступити від прямолінійної конфігурації резистора і ввести до неї два або більше вигинів під прямим кутом. Найбільш зручною конфігурацією є «меандр» (рис. 2.4).

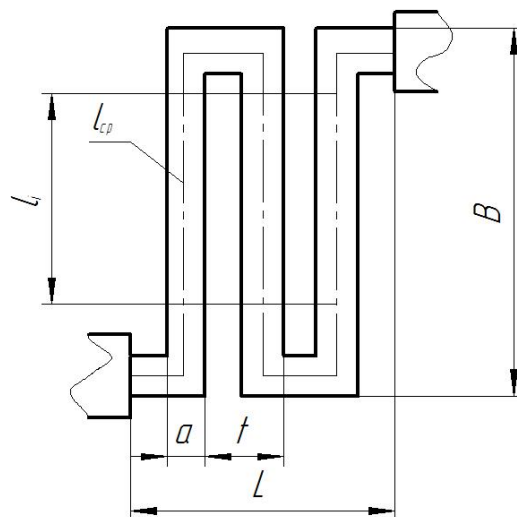


Рисунок 2.4 – Конфігурація резистора типу «меандр»

До вимірювального кола підключення датчика здійснюється за такою схемою (рис. 2.5).

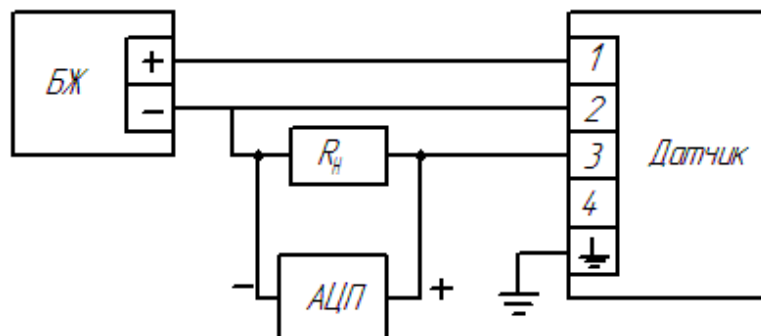


Рисунок 2.5 – Схема підключення датчика тиску до вимірювального кола (використовується трипровідна схема з вихідним струмом 0...20 мА та вихідною напругою 0...10 В)

2.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Випробувальний стенд, оснащений засобами автоматизації, до складу яких входить датчик тиску робочої рідини та засоби комп'ютерного запису відповідних сигналів при його експлуатації в заданому режимі.

2. Установка для проведення повірки манометра та тарування датчика тиску, тобто отримання його статичної характеристики.

2.3 Методика виконання роботи

Перевірка точності (калібрування) манометрів, а також тарування датчиків тиску виконується на спеціальному стенді, схема якого показана на рис. 2.6.

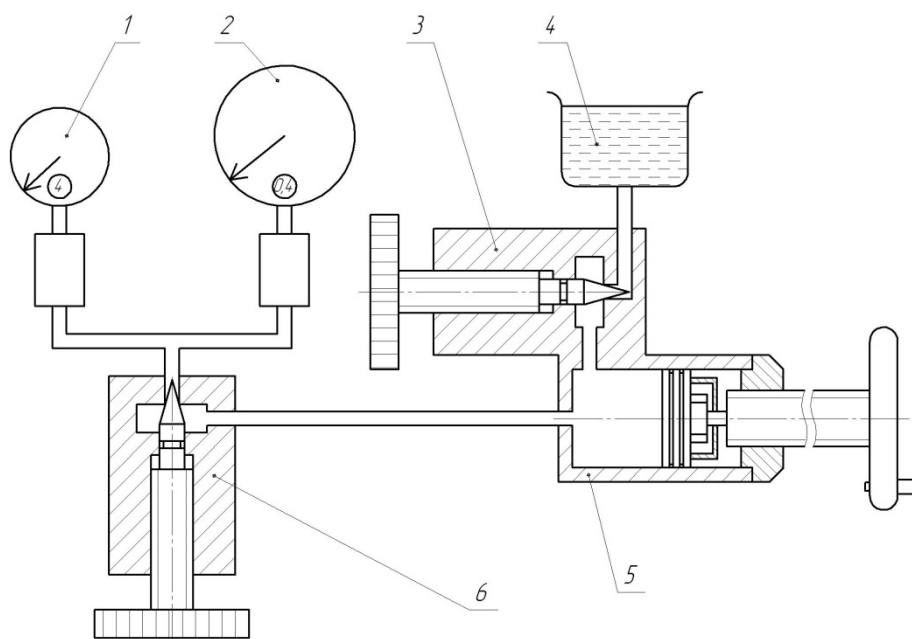


Рисунок 2.6 – Схема стенду для калібрування манометрів та тарування датчиків тиску

Повірочний манометр 1 та зразковий (еталонний) 2 паралельно підключаються до гідросистеми стенда. Перед випробуванням вентиль 6 перекривається, а вентиль 3 відкривається. Поршень циліндра 5 за допомогою маховичка та гвинтової передачі вручну переміщується вправо, і масло (з бачка 4) заповнює робочу камеру циліндра. Далі перекривається вентиль 3, відкривається вентиль 6, і внаслідок переміщення поршня вліво у гідросистемі створюється певний тиск. Перекривши вентиль 6, можна визначити величину цього тиску за показами обох манометрів.

Експерименти повторюються за різних тисків в межах вимірювань повірочного манометра 1, причому кожний раз фіксуються показники тиску еталонного манометра 2. Результати експериментів наносяться на градуйований графік, приклад якого показаний на рис. 2.7, використання

цього графіка дозволяє з більшою точністю судити про дійсне значення тиску у гідросистемі за показами манометра, який має похибку.

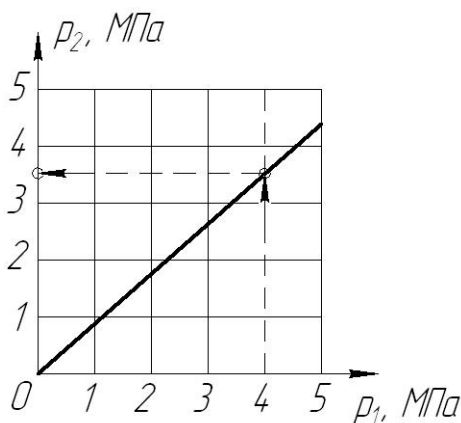


Рисунок 2.7 – Приклад тарувального графіка

Так, для показаного графіка – манометр 1, встановлений в гідросистемі, наприклад, верстата, показує тиск $p_1 = 4$ МПа, а дійсний тиск $p_2 = 3,5$ МПа.

Після цього визначається допустима похибка вимірювання. Відповідно до ГОСТ 2405-88 манометри мають такі класи точності: 0,4; 0,6; 1; 1,5; 2,5 та 4. Під класом точності розуміють відношення найбільшої допустимої похибки вимірювання до верхньої межі вимірювань тиску Π манометра:

$$K = \frac{\Delta}{\Pi} \cdot 100\%. \quad (2.1)$$

Таким чином, для манометра, який має $K = 4$ та $\Pi = 16$ МПа, найбільша допустима похибка при вимірюванні тиску 16 МПа.

$$\Delta = \frac{K \cdot \Pi}{100} = \frac{4 \cdot 16}{100} = 0,64 \text{ (МПа)}.$$

Аналогічним чином виконується тарування датчика тиску, відмінність полягає тільки в тому, що замість еталонного манометра до відповідної порожнини випробувального стенда приєднується датчик тиску (вважається, що повірочний манометр буде функціонувати у гідросистемі). В результаті випробування (досліджуються два режими – режим навантаження датчика тиском та режим його розвантаження) визначається залежність $I = f(p)$, яка є його статичною характеристикою.

2.4 Порядок виконання роботи

1. Студенти знайомляться з теоретичними відомостями до цієї частини роботи в аудиторії.

2. В дослідній лабораторії викладач біля стенда пояснює процес виконання роботи.

3. Викладач вибірково контролює студентів щодо засвоєння інформації.

4. Здійснюється виконання дослідної частини за участі навчального майстра та викладача із записом результатів.

2.5 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; принципову схему стенда, склад та конструкцію стенда; матеріали виконання роботи – таблиця з результатами випробувань, графік побудованої статичної характеристики; висновки.

2.6 Питання для самоконтролю

1. Методика проведення процесу тарування датчика тиску.

2. Конструкція та принцип дії спеціального стенда для тарування датчика тиску.

3. Якої форми має бути тарувальний графік?

4. Конструкція та принцип дії датчика тиску.

5. З яких матеріалів виготовляється чутливий елемент датчика тиску?

Лабораторна робота № 3

ДАТЧИКИ ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ТА МЕТОДИКА ПІДГОТОВКИ ЇХ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета роботи. Вивчення конструкції датчика лінійного переміщення індуктивного типу та зняття його статичної характеристики.

3.1 Загальні положення

Індуктивні прилади відрізняються високою точністю, придатні для ведення дистанційних вимірювань. Порівняно невеликі габаритні розміри індуктивних перетворювачів дозволяють створювати компактні індуктивні пристрої. Єдине джерело енергії (електричний струм) дає суттєву перевагу перед пневматичними приладами, для яких потрібне живлення і електричним струмом, і стиснутим повітрям.

В індуктивних приладах використовується властивість котушки змінювати свій реактивний опір при змінненні деяких її параметрів, які визначають індуктивність L .

Для отримання найбільшої індуктивності котушку, як правило, виконують з магнітопроводу із фермагнітного матеріалу. Як відомо з електротехніки, опір такої котушки (без врахування втрат на гістерезис та вихрові струми в осерді):

$$z = R_a + j\omega L, \quad (3.1)$$

де R_a – опір котушки постійного струму;

$$j\omega L = j\omega \frac{w}{R_M} - \text{індуктивний опір, } j = \sqrt{-1};$$

$\omega = 2\pi f_0$ – колова частота живильної напруги,

f_0 – частота, Гц;

w – кількість витків котушки;

R_M – магнітний опір магнітного кола котушки.

Зазвичай, один з елементів магнітного кола (рис. 3.1, а) виконують рухомим (якір) і його положення відносно нерухомої частини буде впливати на магнітний опір кола R_M , а, відповідно, і індуктивний опір котушки.

Якщо зв'язати переміщення якоря з вимірюваною лінійною величиною δ при постійних параметрах напруги живлення, то виникає функціональна залежність між δ та електричним опором Z :

$$Z = f(\delta). \quad (3.2)$$

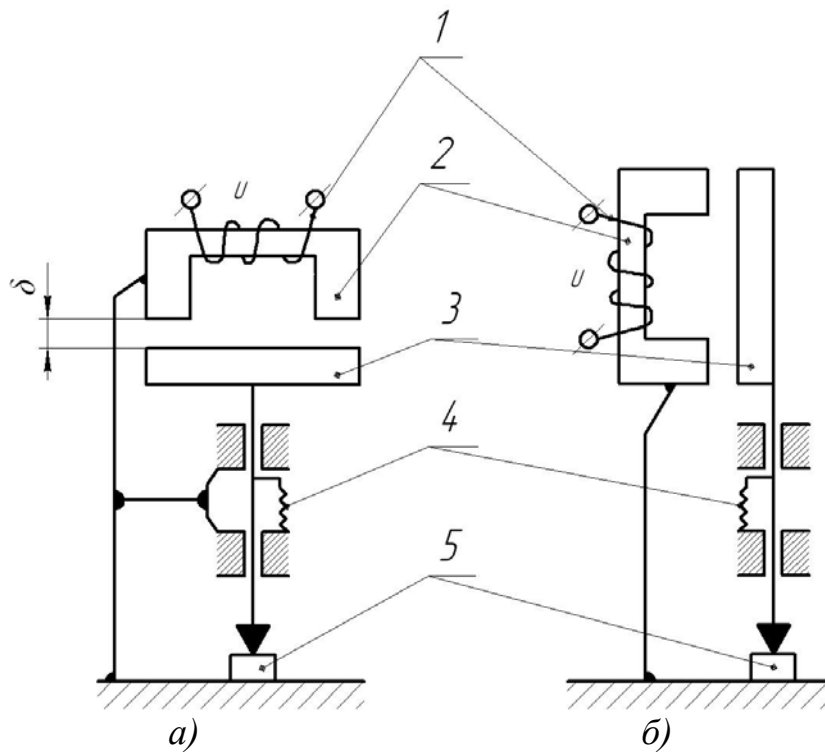


Рисунок 3.1 – Принципові схеми індуктивних перетворювачів:
a – схема, в якій вимірювана величина викликає зміну величини повітряного зазору δ ;

б – схема, в якій вимірювана величина викликає зміну площі повітряного зазору; 1 – котушка перетворювача; 2 – магнітопровід; 3 – ярма;
 4 – пружина, яка створює вимірювальне зусилля; 5 – контрольовна деталь

Пристрій, який перетворює лінійні переміщення у змінення електричного параметра Z за допомогою описаної котушки, називається **індуктивним перетворювачем**.

В загальному вигляді індуктивний прилад (рис. 3.2) містить такі основні вузли: індуктивний перетворювач 2, який сприймає змінення розміру деталі 1 та перетворює його на зміну опору; вимірювальну схему 3, яка слугує для перетворення сигналу перетворювача у зручний для вимірювання інший електричний параметр (напругу, силу струму); електричний підсилювач 4; вказівний пристрій 5; пристрій для подачі команд 6 та джерело живлення 7.

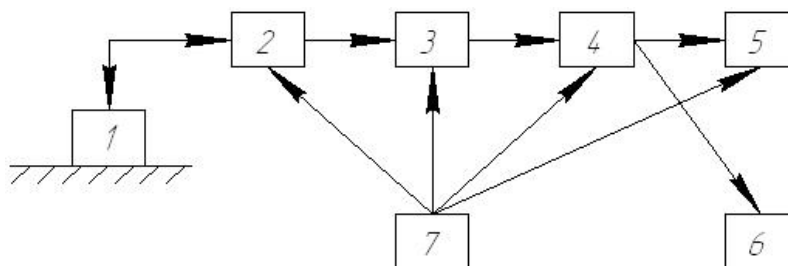


Рисунок 3.2 – Блок-схема індуктивного приладу

У цій роботі використовуються датчики індуктивного типу для вимірювання переміщення плунжера та рукава високого тиску (РВТ) в осьовому та радіальному напрямках.

а) Датчики для вимірювання лінійних переміщень РВТ за його навантаження імпульсами тиску в радіальному та осьовому напрямках.

Індуктивний датчик складається з котушки індуктивності 1, обмотки 2, якоря 3 (утримується пружиною) (рис. 3.3).

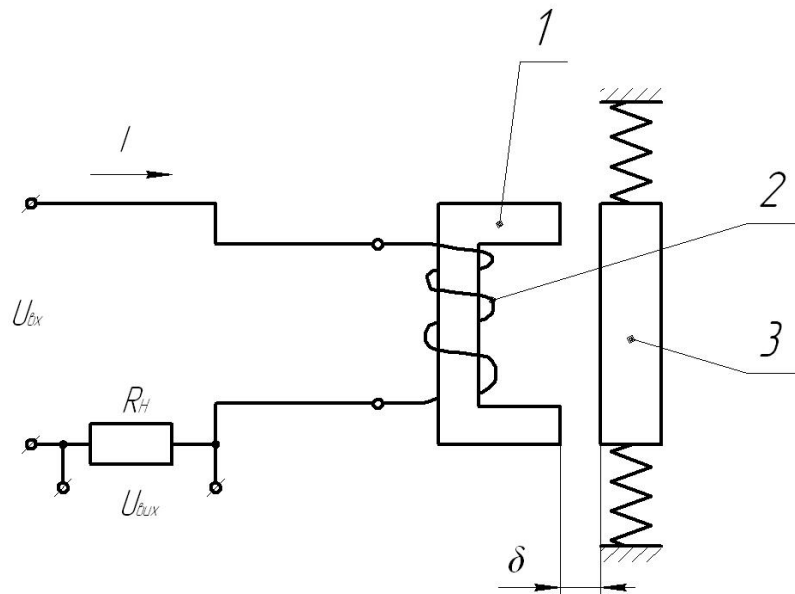


Рисунок 3.3 – Схема індуктивного датчика для вимірювання малих лінійних переміщень

На обмотку 2 через опір навантаження R_H подається живлення напругою змінного струму. Оскільки опір кола величина постійна, то зміна струму I може відбуватися тільки за рахунок індуктивності складової $XL = IR_H$, яка залежить від величини повітряного зазору δ . Кожному значенню δ відповідає значення I , що створює спад напруги на опорі R_H : $U = IR_H$, що являє собою вихідний сигнал датчика.

б) Датчик для вимірювання переміщення плунжера, за допомогою якого у РВТ подаються імпульси тиску.

Через те, що розглянутий вище датчик має обмеження у величині вимірюваного переміщення, оскільки інакше втрачається чутливість датчика, а рух плунжера на порядок і більше перевищує лінійні деформації РВТ у радіальному та осьовому напрямках, використовується така конструкція індуктивного датчика (рис. 3.4).

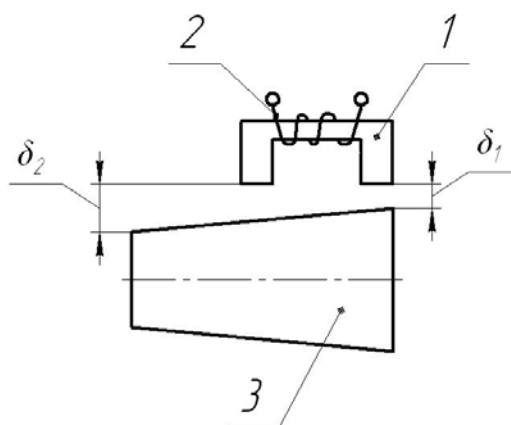


Рисунок 3.4 – Схема індуктивного датчика для вимірювання великих лінійних величин (рухається або якорь 3, або котушка 1)

Склад і принцип дії такого датчика аналогічний вищерозглянутому. Відмінність полягає в тому, що якорь 3 виконаний конічної форми. Конусність підбирається такою, що при роботі датчика в діапазоні коливання повітряних зазорів $\delta_1 - \delta_2$, а це відповідає діапазону вимірюваного переміщення, зберігалася достатня чутливість і мінімальна нелінійність статичної характеристики.

Нелінійність статичної характеристики може бути визначена за графіком (рис. 3.5).

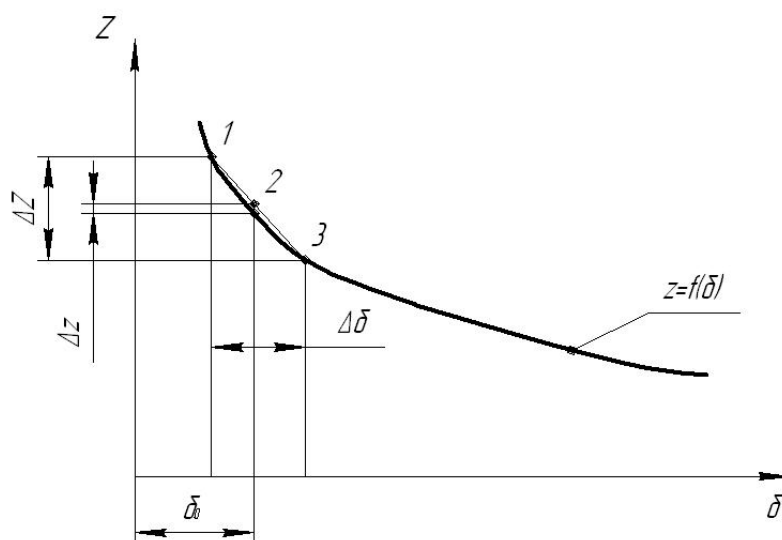


Рисунок 3.5 – Статична характеристика індуктивного датчика із змінною величиною повітряного зазору

Нелінійність статичної характеристики

$$\varepsilon = \frac{\Delta z}{\Delta Z} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

де Δz – найбільше відхилення характеристики від прямої, яка проходить через точки початку та кінця діапазону вимірювання;

ΔZ – зміна опору котушки перетворювача при переміщенні якоря на весь діапазон вимірювання $\Delta \delta$.

3.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Дослідний стенд оснащений засобами автоматизації, до складу яких входять датчики лінійного переміщення індуктивного типу та засоби комп'ютерного запису відповідних сигналів під час їх експлуатації в довільному режимі.

2. Установка для градуювання індуктивного датчика лінійного переміщення.

3.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Студенти знайомляться з теоретичними відомостями до цієї частини роботи в аудиторії та з методикою виконання роботи.

2. В дослідній лабораторії викладач біля стенда показує розташування досліджувальних датчиків і пояснює їх функціональне призначення.

3. Після цього студенти переходять до дослідної частини роботи, в якій вони повинні проградувати один із використовуваних датчиків лінійного переміщення, тобто зняти статичну характеристику одного з датчиків. На тій же плиті, де змонтований дослідний стенд, змонтована установка для проведення цього дослідження (рис. 3.6).

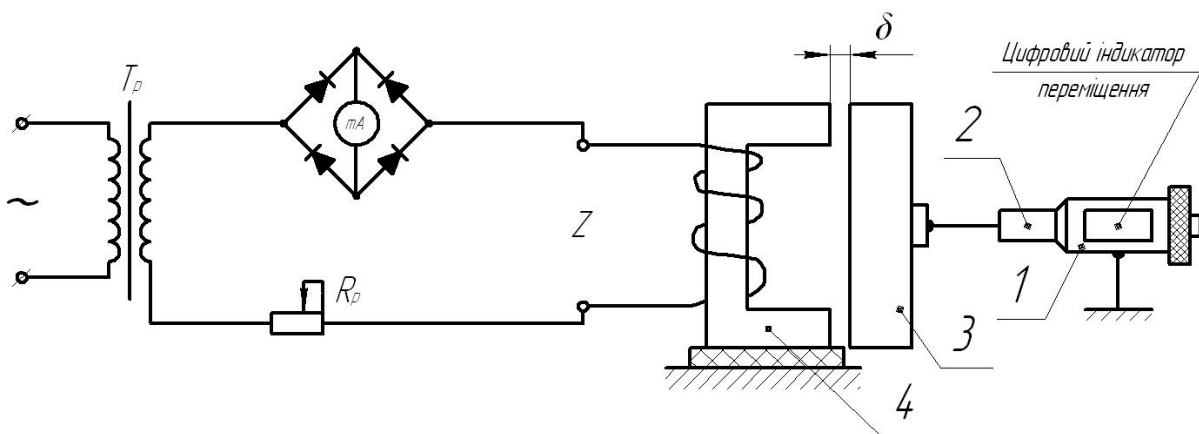


Рисунок 3.6 – Установка для градуювання індуктивного датчика лінійного переміщення з одним із варіантів підключення його до вимірювального кола

На опорі до плити жорстко прикріплюється корпус 1 мікрометра з цифровим індикатором переміщення, вимірювальна ніжка 2 якого приєднана до якоря 3 датчика. Останній розташований перед П-подібним

магнітопроводом з вимірювальною обмоткою Z , який теж ізольовано закріплено на вищевказаній плиті.

Студенти проводять градування датчика шляхом зміни повітряного зазору δ , переміщуючи вимірювальну ніжку мікрометра і відповідно якір датчика. При цьому для кожного значення δ фіксуються покази виникаючого струму на шкалі міліамперметра mA.

3.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; принципову схему стенда, склад та конструкцію стенда; матеріали виконання роботи – таблиця з результатами випробувань, графік побудованої статичної характеристики та визначення для 2–3 діапазонів вимірювання нелінійності статичної характеристики (параметр δ); висновки.

3.5 Питання для самоконтролю

1. Які фізичні явища використовуються в принципових схемах роботи датчиків переміщення?
2. Основні види конструкцій датчиків переміщення.
3. Які види матеріалів використовуються для виготовлення чутливих елементів датчиків переміщення?
4. Чи впливає форма чутливого елемента датчика переміщення на його технічні характеристики?
5. В чому полягають труднощі побудови конструкції датчика для вимірювання великих значень переміщення?

ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ТИПУ УЭГ.С-100 ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мета роботи. Ознайомлення з конструкцією, принципом дії електрогідравлічного підсилювача та зняття його експлуатаційної характеристики – точності відпрацювання виконавчим органом сигналу підсилювача.

4.1 Загальні положення

Призначення та область застосування. Підсилювачі електрогідравлічні типу УЭГ.С призначені для керування гідравлічним виконавчим механізмом пропорційно електричному вхідному сигналу.

Областю застосування підсилювачів є автоматичні електрогідравлічні системи керування технологічними процесами в різних галузях народного господарства. Підсилювачі відносяться до гідравлічних слідкувальних приводів.

Принципова схема пристрою. Електромеханічний перетворювач (рис. 4.1) являє собою поляризований пристрій, поляризувальний магнітний потік якого створюється постійними магнітами E_1 та E_2 , а керівний магнітний потік – котушками L_1 та L_2 , на який подається вхідний сигнал. При взаємодії магнітних потоків на якорі Я виникає момент, величина якого пропорційна електричному вхідному сигналу.

Змінні дроселі диференціального керівного елемента ДКЕ, утворені соплами та засувкою, кінематично зв'язаною осердям електромеханічного перетворювача, та постійні дроселі ДР1 та ДР2 утворюють гідравлічний міст, в діагональ якого включений золотник ЗЛ гідравлічного розподільника Р.

Зворотний зв'язок побудований за принципом силової компенсації переміщення золотника та реалізований за допомогою важеля зворотного зв'язку ВВЗ, одним кінцем зв'язаного із золотником, іншим – із засувкою.

При нульовому вхідному сигналі змінні опори гідравлічного мосту однакові, тобто однакові й тиски у торцевих камерах золотникової пари, золотник знаходиться у середньому положенні. При появі вхідного електричного сигналу осердя перетворювача повертається, що викликає зміщення засувки диференціального керівного елемента ДКЕ. Це викликає розбалансування гідравлічного мосту, в результаті чого виникає перепад тисків у торцевих камерах золотникової пари. Золотник починає зміщуватися, відкриваючи доступ робочої рідини в одну з порожнин виконавчого механізму та зливання з іншої його порожнини (на схемі під'єднання ГВМ₁ та ГВМ₂). Одночасно з рухом золотника виникає вигин

важеля зворотного зв'язку та пов'язане з цим переміщення засувки до середнього положення. Переміщення золотника закінчиться, коли момент сили, викликаній деформацією важеля зворотного зв'язку, буде дорівнювати моменту на осерді перетворювача, і засувка повернеться у середнє положення.

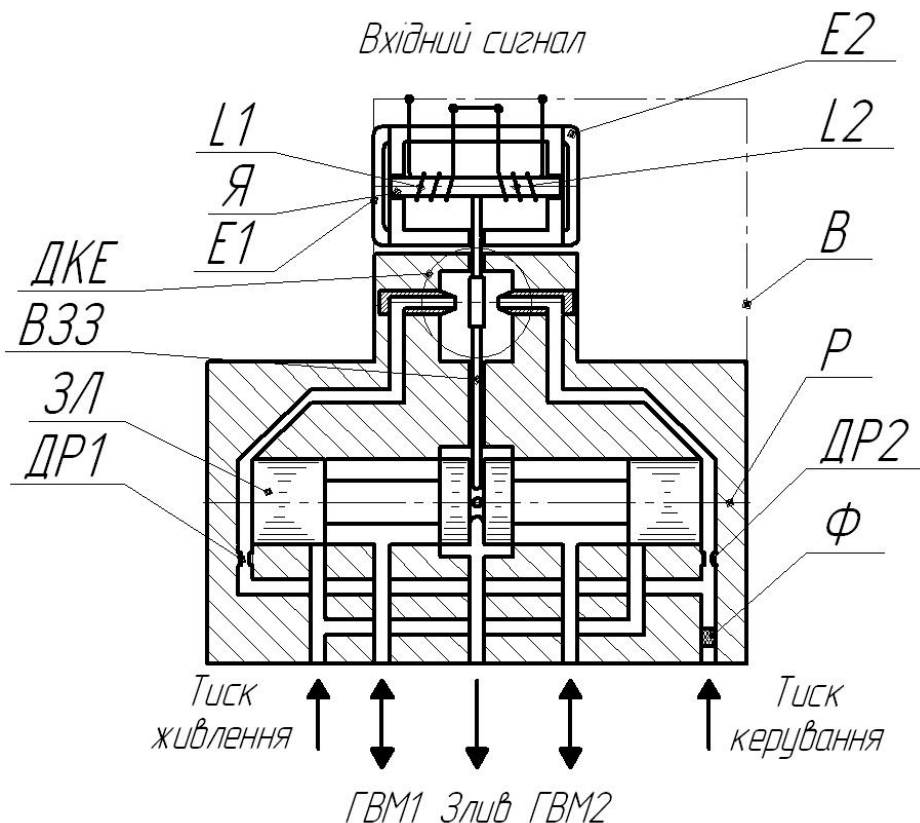


Рисунок 4.1 – Принципова схема пристрою

Таким чином забезпечується пропорційна залежність між положенням золотника, і витратою робочої рідини та величиною вхідного електричного сигналу, відповідно.

4.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Лабораторний стенд оснащений електрогідравлічним підсилювачем тиску для визначення його експлуатаційної характеристики в процесі виконання свого функціонального призначення.

2. Креслення конструкції електрогідравлічного підсилювача тиску та принципової схеми стенда з підключеним вимірювально-реєстраційним комплексом з адаптером та ЕОМ (в роботі буде використовуватися інформація тільки двох датчиків – датчика тиску та індуктивного датчика переміщення).

4.3 Методика та порядок виконання роботи

Опис конструкції лабораторного стенда

Лабораторний стенд складений на монтажній плиті МП з Т-подібними пазами (рис. 4.2) і складається з таких елементів: насосної станції НС; електрогідравлічного підсилювача УЕГ.С-200, на вхід якого подається вхідний сигнал від електронного підсилювача потужності ППЕ, а його вихід і собі з'єднаний з генератором сигналів спеціальної форми ГС; вихід насосної станції НС подає робочу рідину на вхід підсилювача УЕГ.С-200, а виходи останнього скомутовані відповідно із поршневою та штоковою порожнинами гідроциліндра ГЦ. Змінний дросель 7 слугує для створення «підпору» стовпа робочої рідини, що запобігає розриву останнього, а такий самий дросель 8 – для забезпечення потрібного тиску при живленні керівного органу. На шток 1 гідроциліндра ГЦ насаджено конічний вал 2, який служить осердям індуктивного датчика 3 лінійного переміщення, а з вільного торця є упором для пружини 5 осьового навантаження гідроциліндра ГЦ. Зміна вказаного навантаження регуюється гвинтовою парою, яка закріплена в стійці 6. Для вимірювання тиску в поршневій порожнині гідроциліндра ГЦ встановлено датчик тиску 4.

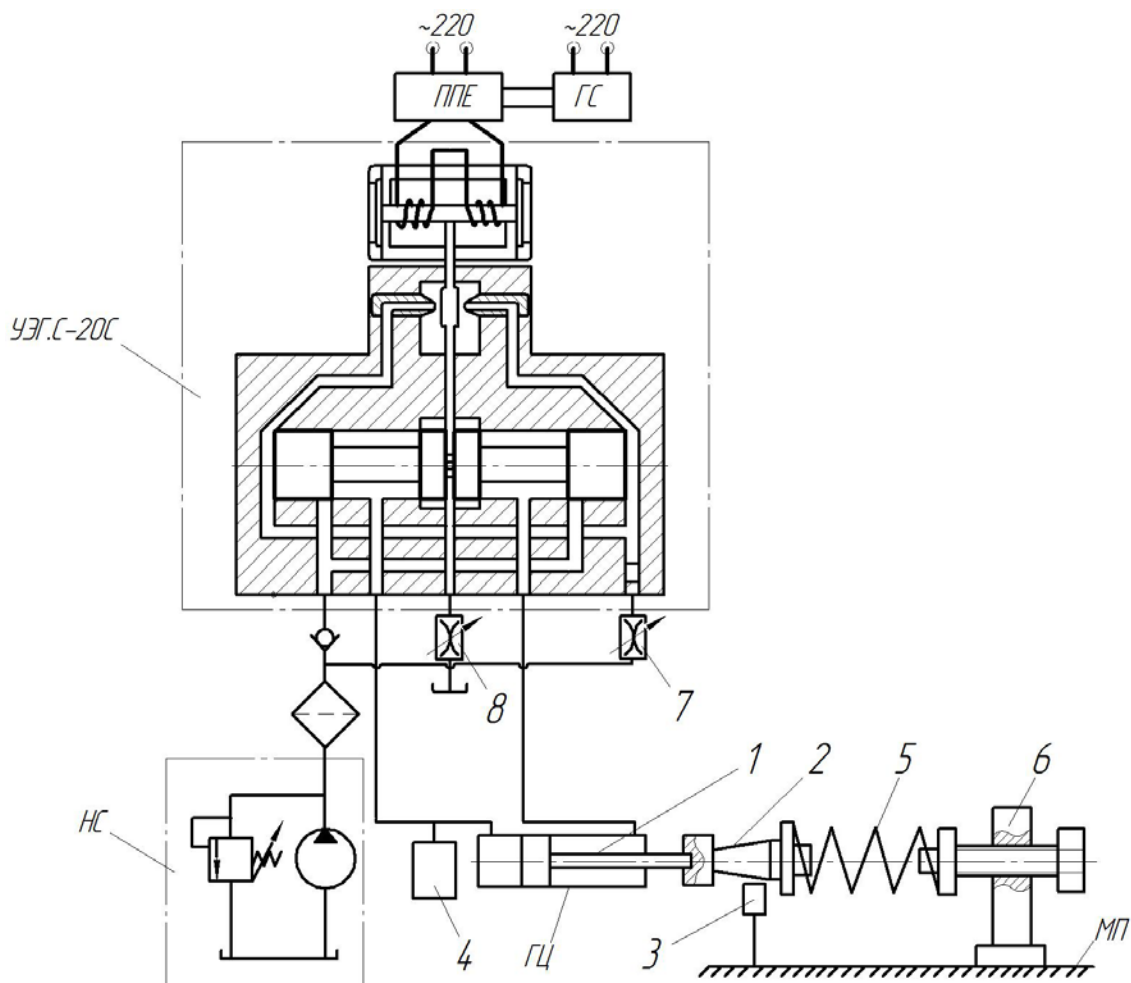


Рисунок 4.2 – Схема лабораторного стенда

Методика та порядок виконання роботи.

1. Необхідність отримання експлуатаційної характеристики підсилювача, тобто точності відпрацювання ним вхідного сигналу, викликана тим, що останній працює у складі певної автоматичної системи, в цьому випадку – це випробувальний стенд для дослідження рукавів високого тиску, і потрібно знати, якому вхідному сигналу (величина струму, який задається за допомогою електронного підсилювача потужності досліджуваного пристрою), відпрацьовується останнім і виробляє вихідний сигнал у вигляді переміщення штока виконавчого гідроциліндра. Цей сигнал здійснює переміщення плунжера (див. лабораторну роботу № 1) плунжерної пари і в досліджуваній рукав високого тиску подається певний об'єм робочої рідини, який викликає, зокрема, осьову деформацію рукава і від цього буде залежати тривалість перехідного процесу, який при цьому виникає і досліджується. Таким чином, від результатів випробування розглядуваного підсилювача буде залежати точність випробування рукавів високого тиску.

2. Студенти в навчальній аудиторії за практикумом знайомляться з принциповою схемою підсилювача, принципом його роботи, а також зі складом лабораторного стенда приблизно протягом 15 хв.

3. Студенти переходять до лабораторії і викладач знайомить їх зі стендом, з метою виконання лабораторної роботи та її методикою.

4. Навчальний майстер за допомогою генератора сигналів спеціальної форми задає вхідний сигнал гармонічної форми, а за допомогою електронного підсилювача – послідовно 3–4 значення струму живлення котушок L_1 та L_2 електромеханічного перетворювача і для кожного значення студенти фіксують значення тиску на вході виконавчого циліндра та величину переміщення його штока при дії постійного навантаження з боку пружини, яка попередньо zdeформована, величину її кінцевої деформації можна визначити заміром, наприклад за допомогою штангенциркуля.

5. Пункт 4 повторюється, але при цьому від генератора на систему подається сигнал прямокутної форми.

6. Для одного із вхідних сигналів (гармонічного або прямокутного) досліджується (для 3–4 режимів зі зміною величини навантаження) залежність величини переміщення штока виконавчого циліндра від вхідного струмового сигналу (*величини створюваного навантаження студенти повинні визначити при оформленні звіту про виконання лабораторної роботи*).

7. Студенти повертаються до навчальної аудиторії і займаються оформленням звіту.

4.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; відомості про принципову схему електрогідравлічного підсилювача та принцип її роботи; опис лабораторної установки; методику виконання досліджень; матеріали виконання роботи, оформлені у вигляді таблиць, графіків та розрахунків; висновки.

4.5 Питання для самоконтролю

1. Службове призначення електрогідравлічного підсилювача?
2. Основні складові елементи конструкції електрогідравлічного підсилювача.
3. Принцип дії електрогідравлічного підсилювача.
4. Навести приклади практичного застосування електрогідравлічного підсилювача.
5. Чи застосовується електрогідравлічний підсилювач в мехатронних системах керування технологічними машинами?

Лабораторна робота № 5

ЗАСВОЄННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА СТЕНДІ З ВИМІРЮВАЛЬНО-РЕЄСТРАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО АДАПТЕРА

Мета роботи. Ознайомлення з методикою експлуатації випробувального стенда та реєстраційно-виміральної системи на основі адаптера ADA-1406 та ЕОМ.

5.1 Загальні положення

Визначення динамічних характеристик будь-якого об'єкта, наприклад, машини або механізму, пов'язано з певними труднощами внаслідок швидкоплинності процесів, які необхідно реєструвати, а тому потребують спеціального вимірально-реєстраційного оснащення. Сучасний розвиток таких систем дозволяє використовувати вимірвальні датчики з вмонтованими електронними блоками, які крім реєстрації сигналу підсилюють його до такого рівня, щоб надійно здійснювати передачу та реєстрацію його на звичайному комп'ютері, попередньо використавши електронний адаптер для перетворення аналогового сигналу в цифровий.

Згідно з теорією автоматичного керування для визначення динамічних характеристик об'єкта, як правило, використовується методика подачі на його «вхід» регламентованого збурювального тестового сигналу – «разового ступінчастого» або «гармонічного». Після реєстрації реакції досліджуваного технологічного об'єкта на тестовий збурювальний вхідний сигнал можна зробити висновок про його основні експлуатаційні характеристики, такі як швидкодія, стабільність, стійкість та ін.

5.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Випробувальний стенд для дослідження рукавів високого тиску.
2. Зразки рукавів.
3. Вимірально-реєстраційний комплекс з адаптером та ЕОМ.

5.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Умови для проведення: Установка складена, всі електричні комутації виконані; об'єкт випробування – гнучкий рукав високого тиску змонтовано на стенді.

Лабораторна робота проводиться у демонстраційному режимі за участі викладача та навчального майстра.

2. Лабораторна робота проводиться в тій самій лабораторії, в якій проводилися попередні роботи, тому з правилами поведінки та вимогами техніки безпеки студенти ознайомлені.

3. Студенти в навчальній лабораторії протягом 20 хв аналізують, згідно з поданою схемою, адекватність складу та комутації випробувального стенда й вимірювально-реєстраційної системи на основі цифрового адаптера ADA-1406 та ЕОМ.

4. Вмикається живлення випробувального стенда та вимірювально-реєстраційної системи з ЕОМ. Потім за вказівкою викладача, який задає режим роботи стенда, та за допомогою спеціальних пристроїв на вхід об'єкта випробування, тобто у порожнину рукава, подається з великою швидкістю порція об'єму робочої рідини – разово або періодично. В цьому випадку порція об'єму рідини, що подається в порожнину досліджуваного зразка рукава високого тиску, є (згідно теорії автоматичного керування) збуджувальним сигналом, що приводить до зміни в ньому тиску та його деформації. Таким чином, імітується подача на вхід об'єкта випробування регламентованих тестових сигналів – разового ступінчастого (за допомогою гідрозатвора з електромагнітним керуванням – рис. 5.1) та гармонічного синусоїдального (за допомогою ексцентрикового механізму та плунжерної пари – рис. 5.2). Реакція на дію таких сигналів у вигляді зміни тиску в порожнині рукава та його деформація в осьовому та радіальному напрямках фіксується вимірювально-реєстраційною системою та передається на ЕОМ.

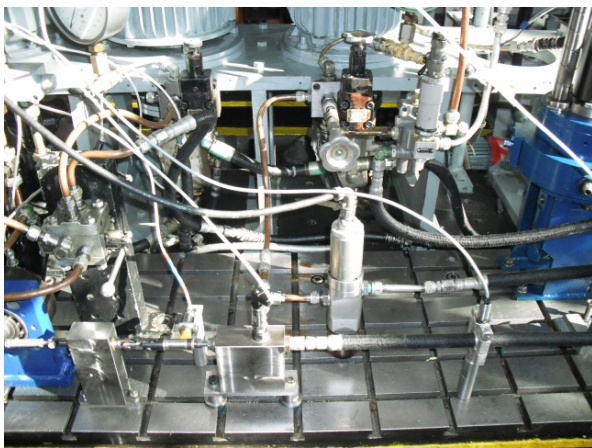


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд блока динамічного навантаження

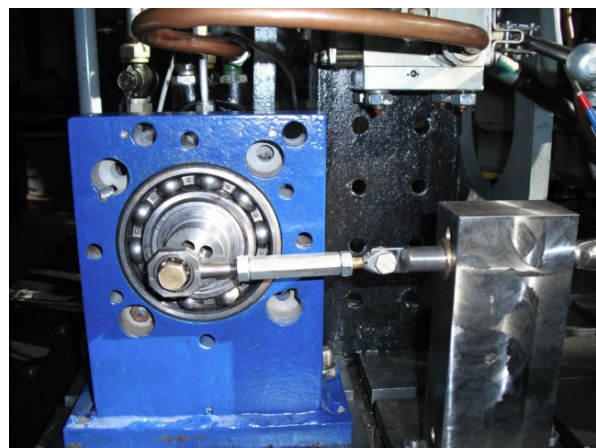


Рисунок 5.2 – Ексцентриковий механізм привода плунжерної пари

5. Отримані осцилограми перехідних процесів, що відбуваються в порожнині досліджуваного рукава у вигляді зміни в ньому тиску та зміни його геометричних параметрів (тобто деформації) на предмет їх відповідності у часі тестовим сигналам аналізуються студентами та формулюються відповідні висновки. Тобто студентам необхідно виконати аналіз осцилограм перехідних динамічних процесів, що відбуваються в

порожнині досліджуваного рукава у вигляді зміни тиску та його геометричних параметрів в результаті дії тестових сигналів. Оскільки досліджуваний рукав має певні фізико-механічні характеристики, то його реакція (деформація рукава та тиск в його порожнині) на тестові сигнали буде відрізнятися від них як за формою, так і за швидкістю їх зміни у часі, що і необхідно зазначити в результаті аналізу.

Приклади таких процесів наведені у лабораторній роботі № 1 (див. рис. 1.8–1.9).

6. Під час експерименту із дослідження перехідних процесів в рукаві високого тиску фіксується тиск p_1 (датчик тиску ADZ-SML 10.0) та його радіальна деформація (датчик переміщення Хесго). За рахунок обертання вихідного вала гідродвигуна, на якому змонтовано ексцентриковий механізм, відбувається переміщення поршня, який формує вхідний сигнал при дослідженні рукава високого тиску. Наприклад, на рис. 5.3 зображено осцилограму з реакцією системи на гармонічний вхідний сигнал, на якій позначено: p_1 , x_1 – реакція системи на вхідний сигнал, спричинений ексцентриком 4 мм та витратою 15 л/хв. Сигнали реєструються як зміна напруги в діапазоні 0...10 В і переводяться відповідно до номіналу датчика.

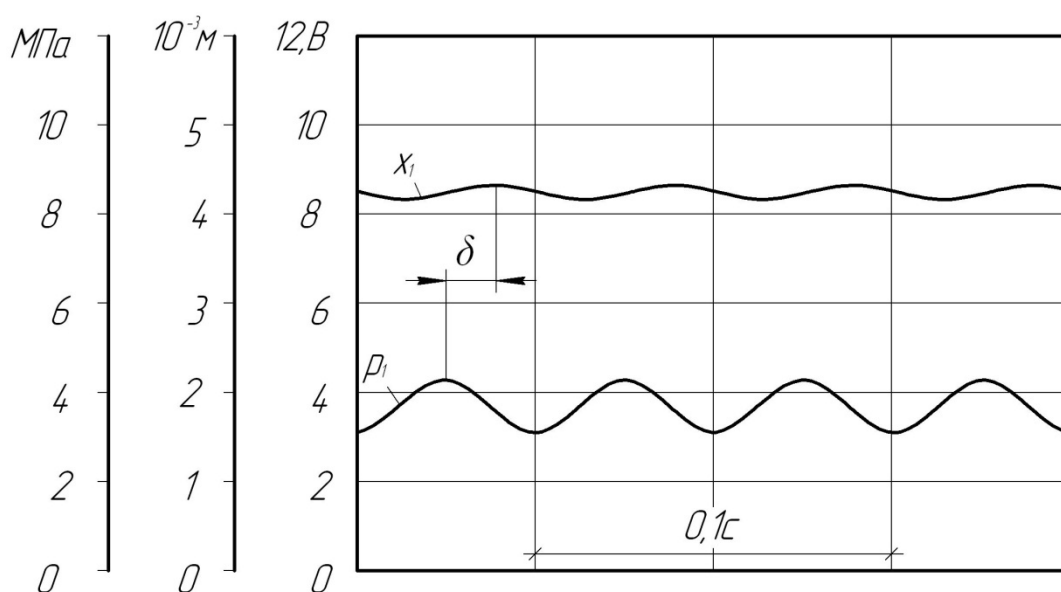


Рисунок 5.3 – Приклад осцилограми

7. З осцилограми (рис. 5.3) видно, що виникає запізнення по фазі δ сигналу деформації РВТ відносно тиску у РВТ, викликане пружними властивостями РВТ. Це явище призводить до зниження швидкодії виконавчого органу технологічної машини на 5...15% порівняно із металевими трубопроводами. Із збільшенням частоти вхідного сигналу запізнення δ радіальної деформації РВТ змінюється нелінійно.

8. Після проведення експерименту студенти повертаються до навчальної аудиторії і працюють над оформленням звіту.

5.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; принципову схему стенда, склад та конструкцію стенда; матеріали виконання роботи; висновки.

5.5 Питання для самоконтролю

1. Що означає термін «динамічна характеристика об'єкта»?
2. Як впливає маса виконавчих органів машини на її швидкодію?
3. Як впливає на динамічні характеристики машини чи механізму наявність в їхніх конструкціях гнучких трубопроводів високого тиску?
4. Пояснити принцип дії випробувального стенда та службове призначення основних складових його вузлів.
5. Як впливають фізико-механічні властивості робочої рідини на динамічні характеристики машини з гідроприводом?

Лабораторна робота № 6

ОЗНАЙОМЛЕННЯ З КОНСТРУКЦІЄЮ, ПРИНЦИПОМ ДІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯМ У РОБОТІ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ

Мета роботи. Ознайомитись з конструкцією, принципом дії датчика температури – термоелектричного термометра; виконати градування датчика; ознайомитись зі складом, принципом дії автоматичної системи регулювання заданого температурного режиму у тепловому процесі згідно з завданням викладача.

6.1 Загальні положення

До уваги студента! Матеріали для теоретичних відомостей взяти з матеріалів для самостійної роботи з дисципліни «Автоматизація виробництва в машинобудуванні» (див. теми «Прилади для вимірювання температури»; «Рідинні скляні термометри» (розглянути термометр з вкладеною шкалою); «Термоелектричні термометри» (розглянути термопару).

6.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Термоелектричний термометр-термопара.
2. Лабораторна установка для градування датчика температури.
3. Завдання у вигляді схеми системи автоматичного регулювання для підтримання певного температурного режиму у певному тепловому процесі.

6.3 Методика та порядок виконання роботи

- Градування термопари (отримання статичної характеристики $I = f(t^{\circ}C)$ і виявлення діапазону лінійності).

Для роботи використовується установка, схема якої зображена на рис. 6.1.

Експеримент проводиться в такій послідовності за умови, що установка вже складена:

- вмикається підсилювач до мережі змінного струму і протягом 3–5 хв очікується, доки він прогріється;
- в пробному режимі визначається швидкість зростання температури – за допомогою регулятора напруги ТЕН ступінчасто нагріває порожнину печі; взяти 2–3 значення температури;
- після цього відкриваються дверці печі, вимикається ТЕН і вона має остигнути протягом 10 хв;

- далі проводиться тарування термометра: ступінчасто підвищується температура в печі – досягненням певного її значення вважається стан, коли термометр і міліамперметр показують сталі значення; використати не менше 10 значень і отримати графік залежності $I = f(t \text{ } ^\circ\text{C})$; визначити діапазон лінійної залежності параметрів I та $t \text{ } ^\circ\text{C}$.

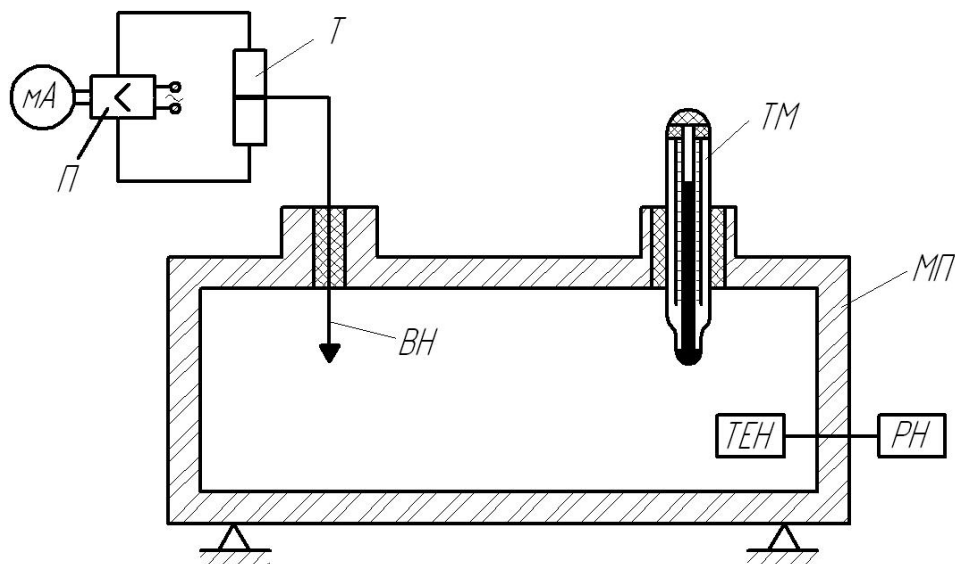


Рисунок 6.1 – Лабораторна установка для тарування датчика температури – термопари:

T – термопара; Π – підсилювач струму; BH – вимірювальний наконечник термопари; TM – термометр з вкладеною шкалою (еталонний); MP – муфельна піч; TEH – термоелектронагрівач; PH – регулятор напруги

- Ознайомлення з роботою стабілізуювальної системи температурного режиму.

У стабілізуювальних системах регулятор підтримує контрольовану величину на постійному рівні, який задається установкою γ .

Розглянемо таку систему (рис. 6.2). У камері K нагрівання здійснюється за допомогою електронагрівача EK . Первинним вимірювальним перетворювачем є термопара, електрорушійна сила e_t , якої порівнюється з напругою ΔU , що знімається з подільника R і відіграє роль установки γ . Подільник R живиться від джерела стабільної напруги U_{cm} . Оскільки e_t та ΔU ввімкнуті назустріч одна одній, при $\Delta U = e_t$ їх сума дорівнює нулю. Якщо температура в камері K вища заданої, то $e_t > \Delta U$, величина $e_t - \Delta U$ перетворюється на змінний струм (1 – перетворювач постійного струму на змінний), підсилюється (2 – підсилювач) і вмикає сервоелектродвигун 3, який переміщує повзун автотрансформатора 4 униз, зменшуючи напругу живлення нагрівача. В результаті температура у камері K не перевищує заданої межі. Якщо

температура в камері нижче заданої, сервоелектродвигун перемістить повзун автотрансформатора вгору, збільшуючи температуру.

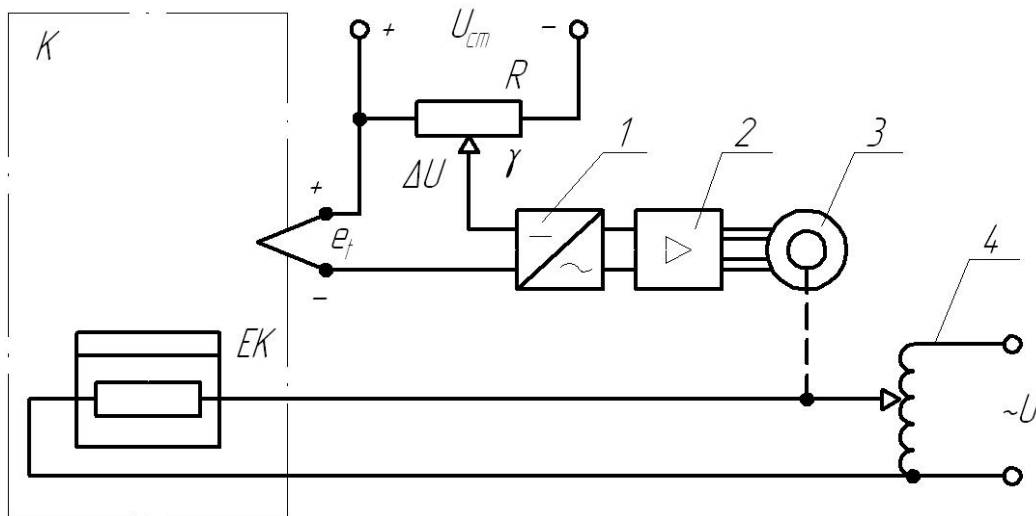


Рисунок 6.2 – Схема стабілізуючої системи температурного режиму

6.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; принципову схему стенда, склад та конструкцію стенда; матеріали виконання роботи – таблицю з результатами випробування датчика, графік статичної характеристики та виявлений діапазон лінійності; висновки.

6.5 Питання для самоконтролю

1. На яких основних фізичних явищах ґрунтується робота датчиків температури?
2. Основні конструктивні елементи датчика температури.
3. Який вигляд має бути у тарувального графіка датчика температури?
4. В чому полягає принципова різниця реєстрації значень температури при вимірюванні статичних та динамічних процесів зміни температури в досліджуваному об'єкті?
5. Як перевірити достовірність значень, що реєструє датчик температури?

Лабораторна робота № 7

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШИЛЬНОЇ КАМЕРИ

Мета роботи. Знайомство з конструкцією, принципом дії та навичками програмування автоматичної системи керування сушильною камерою.

7.1 Загальні положення

В різних галузях народного господарства виникає необхідність висушування об'єктів виробництва. Це може стосуватись як сировини (дерево, глина, пісок), так і готової продукції (макаронні вироби, овочі та фрукти).

Потрібно відмітити, що в більшості випадків видалення вологи з об'єкта виробництва є непростою задачею. Дещо легше ця задача вирішується у випадку сушіння сипучої речовини, але набагато складнішою є проблема видалення вологи з речовини, яка має тверду структуру.

Ця проблема пов'язана з тим, що, на відміну від сипучої речовини, в якій волога не міцно зв'язана на молекулярному рівні, тому її можна сушити досить швидко та при жорстких умовах сушіння, то у випадку речовини з твердою структурою волога на молекулярному рівні зв'язана як осмотично, так і абсорбційно, тому процес її видалення набагато складніший та триваліший. Якщо не забезпечити спеціальний режим сушіння для такої речовини, а застосувати звичайний жорсткий режим, то вона втрачає необхідні фізико-механічні характеристики або зовнішній вигляд і стає непридатною як об'єкт виробництва. Наприклад, деревина розтріскується і втрачає статус «ділової деревини» та може бути використана тільки як паливо; макаронні вироби також розтріскуються, втрачають форму і перетворюються на мотлох.

Значна кількість сушильного обладнання побудована за конвекційною схемою, в якій теплоносієм є гаряче повітря. Для реалізації складних режимів сушіння необхідна автоматизована система контролю основних параметрів технологічного процесу (рис. 7.1).

На рис. 7.1 зображено принципову конструктивну схему сушильної камери конвекційного типу з автоматичною системою контролю основних технологічних характеристик технологічного процесу для сушіння деревини.

Сушильна камера складається з корпусу 1, який має вигляд шафи, поділеної на нижню та верхню частини. Нижня частина призначена для розташування в ній продукту 4, що підлягає процесу сушіння, а в верхній

частині змонтовані основний електровентилятор 2, електронагрівальні елементи 3 та витяжний вентилятор 5.

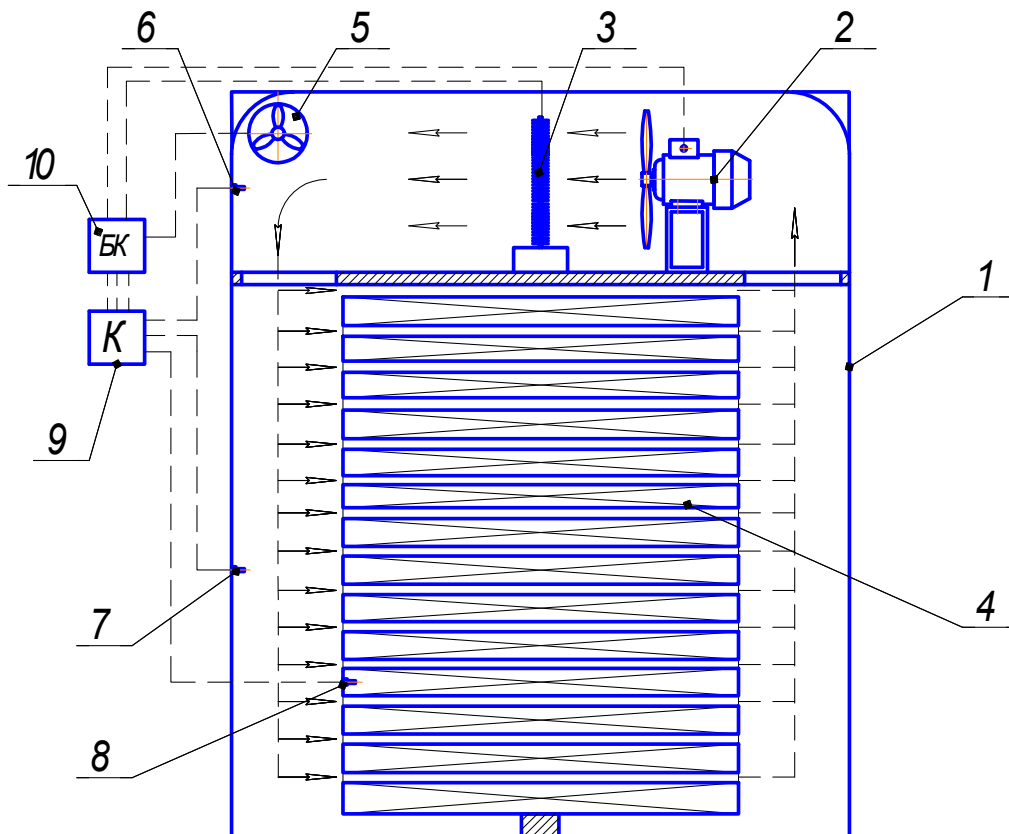


Рисунок 7.1 – Принципова схема сушильної камери конвекційного типу з автоматичним контролем основних параметрів технологічного процесу сушіння

Автоматизована система керування сушильною камерою складається з контролера 9 та системи датчиків – температури 6 і вологості 7 в сушильній камері, а також датчика вологості 8 продукту, що висушується. Для вмикання в роботу та вимикання основного електровентилятора, електронагрівальних елементів та витяжного вентилятора призначений силовий електричний блок 10.

Технологічний процес сушіння відбувається таким чином. Залежно від виду та фізичного стану продукту сушіння в контролер вводиться відповідна програма, яка розрахована на певний час, поки продукт сушіння не набуде потрібної кондиції за вологістю.

7.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Сушильна камера з автоматичною системою керування на основі програмованого контролера.
2. Еталонний прилад для вимірювання вологості твердої речовини.

7.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Умови для проведення. Установка складена, всі електричні комутації виконані; мікроконтролер запрограмований; об'єкт 4 для сушіння завантажено в камеру 1.

Лабораторна робота проводиться у демонстраційному режимі за участі викладача та навчального майстра.

2. Студенти в навчальній аудиторії протягом 20 хв знайомляться зі складом автоматичної системи керування роботою сушильної камери та принципом її дії.

3. Студенти переходять до лабораторії і викладач біля стенда, на якому складена система, нагадує склад та принцип дії системи та мету лабораторної роботи. Лабораторна робота проводиться в тій самій лабораторії, в якій проводилися попередні роботи; студенти з правилами поведінки та вимогами техніки безпеки ознайомлені.

4. Вмикається мікроконтролер і установка починає відпрацьовувати закладену в ньому програму керування роботою сушильної камери, за чим спостерігають студенти. Після досягнення запрограмованої вологості продукту, який піддається процесу сушіння, система зупиняє роботу.

5. Студенти повертаються до навчальної аудиторії і працюють над оформленням звіту.

7.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; опис автоматизованої системи керування технологічним процесом роботи сушильної камери – схема, склад і принцип дії; опис датчика температури; матеріали виконання роботи; висновки.

7.5 Питання для самоконтролю

1. В чому полягають основні причини необхідності оснащення сушильної камери автоматичною системою керування технологічним процесом сушіння?

2. Якими датчиками оснащена автоматична система керування сушильною камерою та їх службове призначення?

3. Яку роль відіграє в автоматичній системі керування сушильної камери витяжний вентилятор?

4. За яким принципом організовується технологічний процес сушильної камери?

5. Для сушіння яких видів продукції призначена сушильна камера шафної конструкції?

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ВАЛА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАШИНИ

Мета роботи. Набуття відповідних знань та практичних навичок щодо датчиків, призначених для вимірювання частоти обертання вала технологічної машини, методів їх випробування, схем підключення до вимірювальних кіл та їх використання в практичній роботі.

8.1 Загальні положення

Швидкісні датчики застосовуються для двох функціональних призначень.

1. Датчик подає сигнал в той момент, коли швидкість певної деталі верстата або іншої технологічної машини стає більшою або меншою за задану величину. Найбільше застосування знайшли датчики типу тахогенератора, індукційні та відцентрові датчики.

2. Датчик може застосовуватися для вимірювання швидкості обертання. Деякі приклади застосування: науково-дослідницькі стенди, системи автоматичного регулювання витрат рідини (у випадку застосування швидкісних перетворювачів, таких як крильчатки або вертушки-турбінки). Найбільш поширені з таких датчиків – тахогенератор та індукційний.

Розглянемо другу групу датчиків.

- Індукційний перетворювач, зображений на рис. 8.1, а) складається із магнітопроводу з обмоткою і якоря, насадженого на вал ексцентрично.

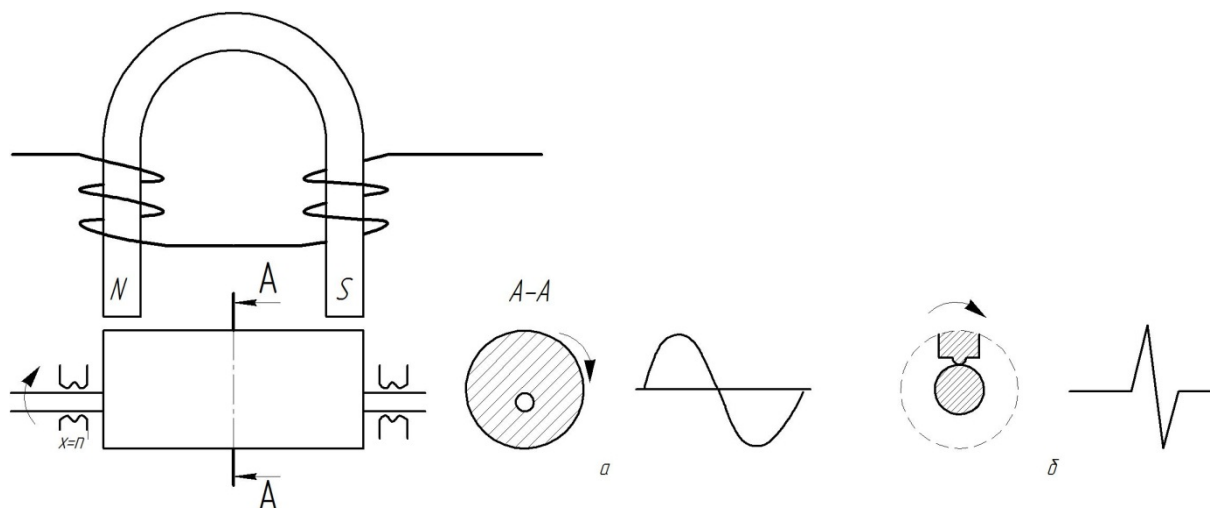


Рисунок 8.1 – Індукційний перетворювач для вимірювання швидкості обертання

При кожному оберті вала проміжок між магнітопроводом і якорем змінюється від мінімального до максимального, тому змінюється відповідно від максимуму до мінімуму магнітний потік, збуджуючи при цьому в обмотці електрорушійну силу електромагнітної індукції. Частота вихідної напруги U дорівнює частоті обертання вала; форма характеристики напруги в такому перетворювачі близька до синусоїдальної. Якщо якір виконати так, як показано на рис. 8.1, б), то зміни магнітного потоку будуть різкішими, і характеристика напруги матиме відповідний вигляд.

- Індукційний генератор, оснований на принципі дії генератора постійного струму, показано на рис. 8.2 (1 – статор, 2 – обмотка ротора, 3 – каркас котушки ротора, 4 – нерухоме осердя котушки ротора, 5 – щітки для зняття напруги з колектора). При обертанні ротора в його обмотці індукується постійна напруга U ; вона тим більша, чим швидше обертається ротор. Такий перетворювач називають **тахогенератором постійного струму**.

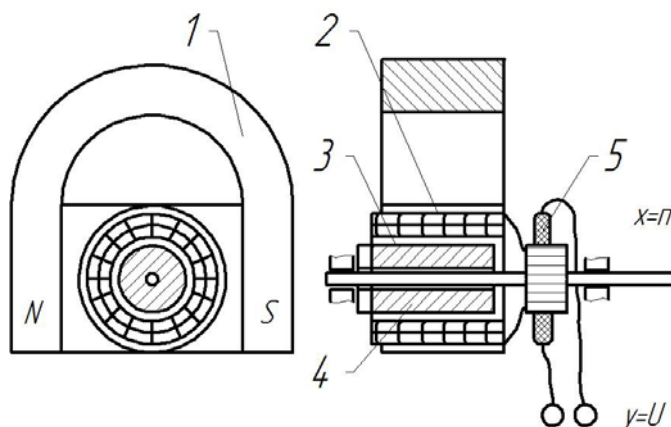


Рисунок 8.2 – Тахогенератор постійного струму

- Для вимірювання частоти обертання можна використати й індукційні перетворювачі змінного струму. Синхронний тахогенератор змінного струму показано на рис. 8.3: кожний оберт якора індукує в обмотці статора синусоїду напруги.

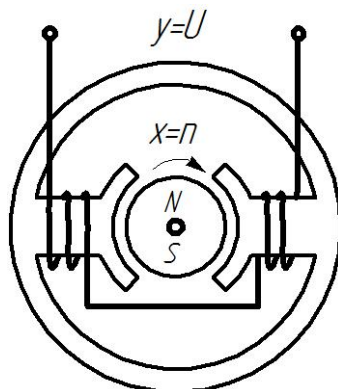


Рисунок 8.3 – Синхронний тахогенератор змінного струму

- Асинхронний тахогенератор змінного струму зображено на рис. 8.4 (1 – феромагнітний магнітопровід статора, 2 – нерухомий магнітопровід ротора, 3 – порожнистий алюмінієвий ротор, w_1 – обмотка живлення, w_2 – вихідна обмотка).

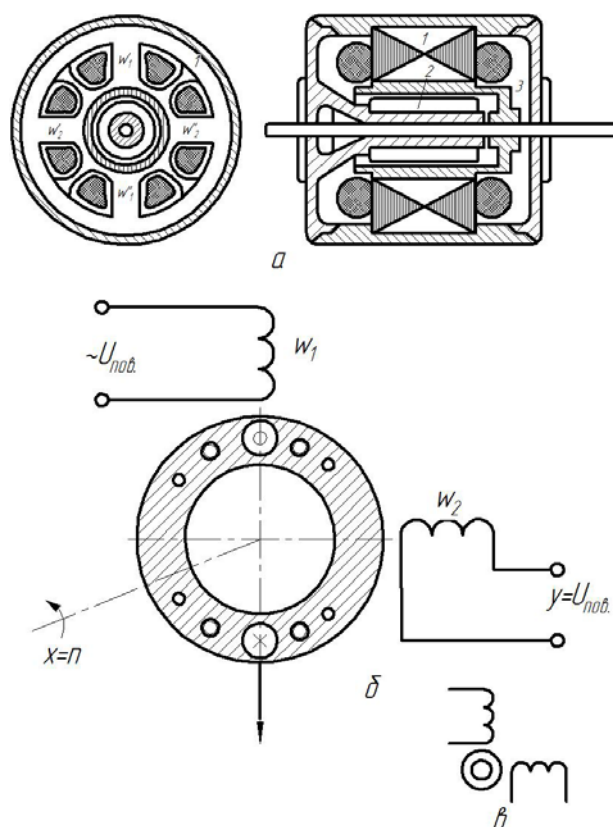


Рисунок 8.4 – Асинхронний тахогенератор змінного струму

Обмотка w_1 , яка підключена до джерела живлення $U_{\text{живл.}}$, створює пульсуючий магнітний потік Φ_1 . Якщо ротор нерухомий, то пульсуючий магнітний потік Φ_1 індукуює в ньому тільки вихрові струми, магнітне поле яких, згідно із законом Ленца, спрямоване проти Φ_1 і на вихідну обмотку w_2 не впливає. Але при обертанні ротора в ньому, крім того, виникає додаткова електрорушійна сила, напрям якої збігається з твірною циліндричного ротора; вона створює струм I_2 , магнітне поле Φ_2 якого пронизує вихідну котушку w_2 й індукуює в ній напругу $U_{\text{вих.}}$ – тим більшу, чим швидше обертається ротор.

Крім розглянутих вище датчиків для вимірювання частоти обертання досить широке застосування у практиці проведення, наприклад, науково-дослідницьких робіт знайшли частотно-імпульсні датчики (ЧІД). Такий датчик складається з двох елементів – фотоприймача та диска із прорізами прямокутної форми, які виконані по його периферії. Кількість прорізів має бути кратна 360 – чим більше прорізів, тим точніше буде визначена частота обертання. Диск закріплюється на валу технологічної машини, частоту обертання якого потрібно виміряти, а фотоприймач, до складу якого входять фотодіод та розташований перед ним освітлювач, –

нерухомі. При обертанні валу прорізи диска, які знаходяться між фотодіодом та освітлювачем, будуть періодично розташовуватися в положенні, при якому світло від останнього буде потрапляти на фотодіод. Фотодіод перетворює світловий сигнал на електричний і він надходить до лічильника електричних імпульсів. Лічильник на табло показує цифрове значення, яке з врахуванням кроку між пазами перераховується в оберти.

8.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Стенд на базі гідропривода, призначений для випробування датчиків для вимірювання частоти обертання валу гідромотора частотно-імпульсного типу та тахогенератора.
2. Тахометр.
3. Частотний лічильник імпульсів типу ЧЗ-32.
4. Фотодатчик з блоком живлення Б5-43.

8.3 Методика та порядок виконання роботи

Опис стенда для випробування датчиків.

В цій роботі будуть випробовуватися частотно-імпульсний датчик оригінальної конструкції та синхронний тахогенератор постійного струму типу ДИД-0,5У.

Конструкцію стенда для випробування датчиків показано на рис. 8.5.

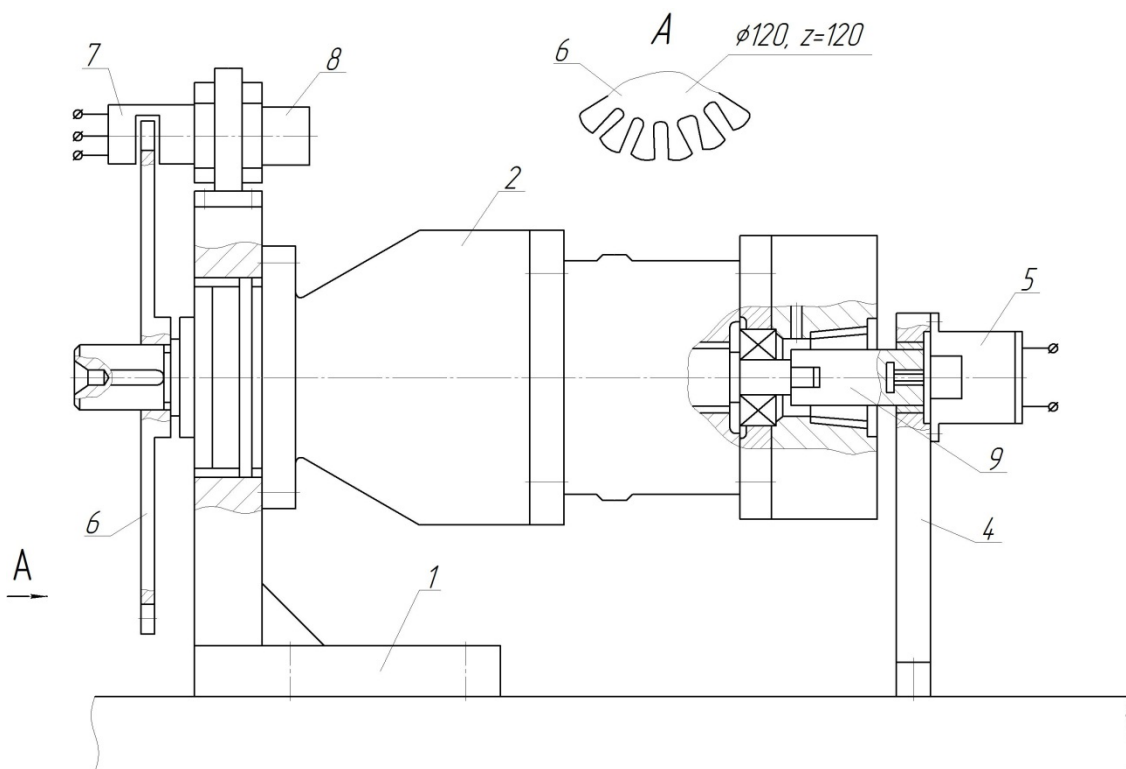


Рисунок 8.5 – Конструкція стенда для випробування датчиків

На плиті встановлено стійку 1, в якій закріплено аксіальний роторно-поршневий гідромотор 2 моделі Г15-24Н, регульований дросель 3 (на рис. 8.5 не показаний, див. рис. 8.6) та стійка 4 із тахогенератором 5. Датчик ЧІД розташований з боку відкритого вала гідромотора – на валу закріплено диск з прорізами 6, а на стійці з гідромотором – фотоприймач з фотодіодом 7 та освітлювачем 8. При вигвинченій різевій пробці у торцевому розподільнику гідромотора відкривається доступ до його вала, який знаходиться всередині корпусу і має дві короткі паралельні лиски. За допомогою спеціальної муфти 9 у вигляді циліндричного валика, з одного боку якого виконана прорізь для з'єднання з валом гідромотора, а з іншого – шліцевий отвір для з'єднання з валом тахогенератора 5, здійснюється комутація гідромотора з тахогенератором. Живлення гідравлічної частини стенда здійснюється від насосної станції, яка розташована поруч.

На рис. 8.6 наведено гідравлічну схему стенда, поєднану з електричними схемами підключення датчиків.

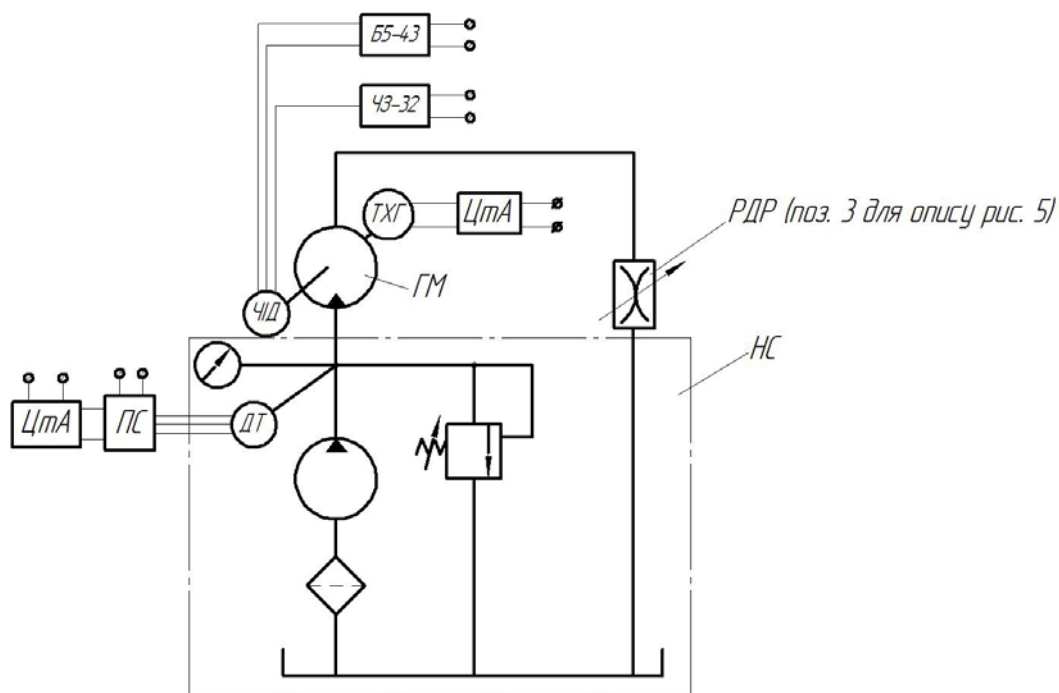


Рисунок 8.6 – Гідравлічна схема стенда та електричні схеми підключення датчиків: НС – насосна станція; ГМ – гідромотор; РДР – регульований дросель; ЧІД – частотно-імпульсний датчик; ТХГ – тахогенератор; Б5-43 – джерело живлення постійного струму; ЧЗ-32 – лічильник імпульсів (частотомір); ЦмА – цифровий міліамперметр, ДТ – датчик тиску, ПС – підсилювач

Методика виконання лабораторної роботи

Лабораторна робота підготовлена до виконання за умови, що стенд складений, його гідравлічна та електрична системи опробувані навчальним

майстром та викладачем і є роботоздатними, електричні та електронні прилади за півгодини до початку роботи ввімкнені та прогріті.

1. Після обліку присутніх викладач протягом 15 хвилин надає студентам інформацію про зміст роботи: мету, характеризує склад та принципи дії датчиків для реєстрації частоти обертання – ЧІД та тахогенератора постійного струму, і яким чином планується виконання мети роботи, ділить студентів на дві бригади.

2. Всі студенти переходять до лабораторії, де розташований дослідницький стенд. Біля стенда викладач знайомить студентів з його складом та методикою проведення лабораторної роботи.

3. Перша бригада починає виконувати роботу в такій послідовності:

- задається діапазон швидкостей обертання вала гідромотора ГМ при проведенні випробувань датчиків та крок їх змінення для фіксації показів датчиків. Обґрунтування для цього таке: гідромотор моделі Г15-24Н характеризується рівномірністю обертання вала в діапазоні 20-960 об/хв (960 об/хв – номінальна кількість обертів), тобто цей діапазон обираємо для виконання роботи. Крок змінення частоти обертання для цієї бригади буде становити 100 об/хв. (для прискорення експерименту допускається зміна кроку в межах ± 5 об/хв;

- навчальний майстер вмикає гідросистему стенда і за допомогою рукоятки регульованого дроселя РДР та показників цифрового міліамперметра виставляє тиск на виході насосної станції, який відповідає частоті обертання вала гідромотора 20 об/хв (умова – на робочому місці має знаходитись таблиця відповідності між тиском на вході до гідросистеми та частотою обертання вала гідромотора, а також, щоб тиск в системі для цієї таблиці визначався точно за допомогою датчика тиску – також потрібно, щоб на робочому місці знаходився графік статичної характеристики цього датчика, тобто залежності $I = f(p)$); один студент за допомогою тахометра та вимірювального наконечника, який щільно вводиться у центрове гніздо відкритої частини вала гідромотора, визначає частоту обертання вала, другий і третій студенти визначають відповідно кількість імпульсів, які надходять від датчика ЧІД, за приладом ЧЗ-32, та величину струму на виході тахогенератора по цифровому міліамперметру і отримані результати вимірювань заносять до таблиці. Далі, відповідно до вищевикладеної послідовності, змінюється через заданий крок частота обертання вала, визначаються показники датчиків і так повторюється до кінця визначеного для цієї бригади діапазону частот обертання;

- далі за цією методикою працює друга бригада студентів, але для свого діапазону частоти обертання та кроку зміни частоти в ньому;

- студенти повертаються до навчальної аудиторії та працюють над оформленням звіту, зокрема, обробляють результати випробувань датчиків, будуючи для двох датчиків графіки залежності – вихідного сигналу датчика від вхідного, вважаючи за останній частоту обертання, яку визначив тахометр. Причому, при визначенні частоти обертання

датчиком ЧІД потрібно взяти до уваги те, що одному оберту вала відповідають 120 імпульсів на табло частотоміра (мірний диск датчика має 120 прорізів, через які фотодіод формує електричні імпульси). Виконується аналіз результатів.

8.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; принципову схему стенда, склад та конструкцію стенда; конструкції та принципи дії датчика ЧІД та тахогенератора; матеріали виконання роботи – таблицю з результатами випробування датчиків, графіки залежностей вихідних сигналів датчиків від вхідних; висновки.

8.5 Питання для самоконтролю

1. В чому полягають переваги та недоліки методу вимірювання частоти обертання вала на основі світлодіода?
2. Принцип дії тахогенератора.
3. Який метод вимірювання частоти обертання найбільш вдало апаратно адаптується в автоматичні системи керування технологічною машиною чи будь яким іншим об'єктом?
4. Назвіть один із видів безконтактного методу вимірювання частоти обертання об'єкта та поясніть його принцип дії.
5. Поясніть принцип дії механічного тахометра.

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИ

Мета роботи. Ознайомлення із системою автоматизованого контролю рівня рідини, її налагодження на робочі режими та визначення напрямків застосування в промисловості.

9.1 Загальні положення

В складі конструкцій багатьох різновидів технологічних машин, як стаціонарних, так і мобільних, присутній резервуар з рідиною, рівень якої необхідно контролювати переважно в автоматичному режимі, оскільки від цього залежить безпечна робота машини з заданими характеристиками. Як приклади можна навести парові машини, двигуни внутрішнього згорання, системи тепло- та водопостачання, дозувально-фасувальні пристрої в харчовій промисловості та ін.

Залежно від особливостей функціонування вищеназваних машин використовується та чи інша система контролю рівня рідини. Традиційно до складу автоматичної системи входять: чутливий елемент (механічний, гідравлічний або електроконтактний датчик рівня), регулювальний елемент (клапани, регулятори) та виконавчий орган (гідро- та пневмоциліндри, передачі гвинт-гайка та ін.)

На рис. 9.1 наведено приклад автоматичної системи керування рівнем рідини в резервуарі на основі поплавцевого датчика.

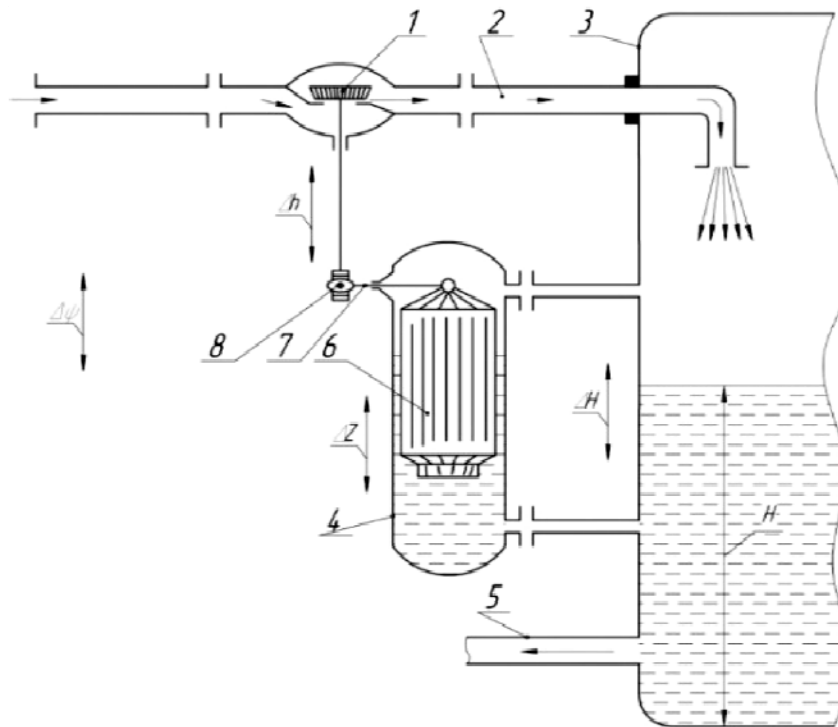


Рисунок 9.1 – Система автоматичного контролю рівня рідини

Рідина через вхідний канал 2 надходить в резервуар 3, а через канал 5 виходить з нього. При зміні величини рівня H рідини в резервуарі чутливий елемент 6 поплавцевої камери 4 реагує на цю зміну і через важільну систему 7, 8 збільшує або зменшує вікно для проходження рідини в клапані 1, що забезпечить повернення рівня рідини H до вихідного значення.

9.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Електроконтактна система регулювання рівнем рідини в резервуарі.
2. Мірна ємкість.
3. Мірний інструмент.

9.3 Методика та порядок виконання роботи

Експериментальна частина лабораторної роботи пов'язана з вивченням принципу дії та схемою налагодження електроконтактної системи контролю рівня рідини її та дозування для технологічних потреб виробництва.

Принципова схема автоматичної системи контролю та дозування рідини подана на рис. 9.2.

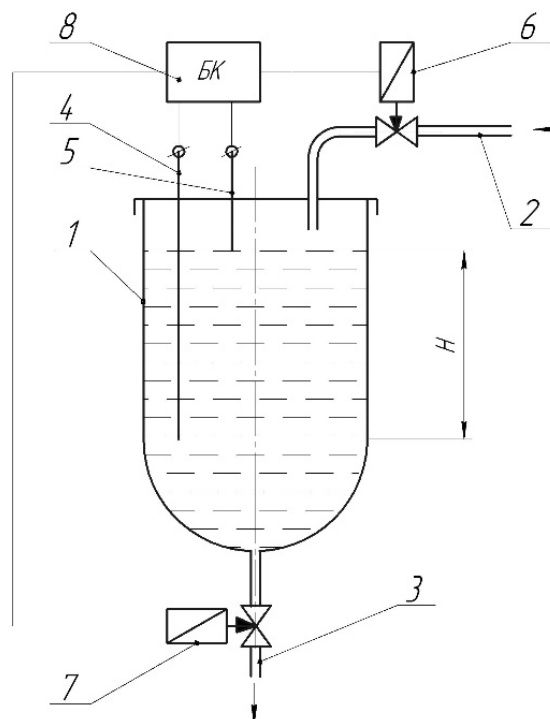


Рисунок 9.2 – Принципова схема електроконтактної системи контролю рівня рідини в резервуарі та її дозування

Система складається із резервуара 1, вхідного 2 та вихідного 3 каналів, електроконтактів 4, 5, впускного 6 та випускного 7 клапанів з електромагнітним керуванням, а також електронного блока керування 8.

Система може працювати в двох режимах: підтримки, налагодженого попередньо, відповідного рівня рідини та в режимі її дозування. Цими двома режимами керує електронний блок 8.

Задачею експериментальної частини лабораторної роботи є перевірка функціонування системи в першому режимі та перевірка точності дозування в другому.

Порядок проведення експериментальної частини полягає в такому:

- для налаштування системи контролю рівня рідини на перший стабілізаційний режим потрібно попередньо визначити необхідне значення висоти рівня H та налаштувати електроконтакти 4, 5 в зоні верхнього рівня рідини з невеликою різницею по висоті. Це буде означати, що в межах цієї різниці буде підтримуватися номінальний рівень рідини;

- в другому випадку, налаштовуючи потрібну різницю висоти h електроконтактів відносно дна резервуара (на зовнішній стінці резервуара нанесена мірна шкала), можна відтворити режим дозування. Здійснивши декілька повторів такого режиму за допомогою вищевказаної шкали можна визначити точність дозування.

9.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; опис системи контролю рівня рідини; порядок проведення та результати експериментів; висновки.

9.5 Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні механічні схеми контролю рівня рідини.
2. Як працює система контролю рівня рідини в цій роботі?
3. Порядок проведення лабораторної роботи.
4. В чому полягають переваги електроконтактної схеми контролю рівня рідини перед механічною?
5. Навести приклад використання автоматичної системи контролю рівня рідини та розкрити суть її функціонування.
6. Принцип дії ультразвукової системи контролю рівня рідини та напрямки її використання.

АВТОМАТИЧНА ДОЗУВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ФАСУВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ВАГОВОГО ДАТЧИКА

Мета роботи. Знайомство з автоматичною дозувальною системою для фасування штучно-сипучої продукції в харчовій промисловості або в процесах складання машинобудівної галузі.

10.1 Загальні положення

В різноманітних напрямках виробничого процесу, транспортних, завантажувально-розвантажувальних операціях виникає необхідність вимірювання значень сил або ваги. Це характерно як для машинобудівного виробництва, наприклад, автоматичні складальні лінії підшипників, так і для інших галузей – легкої, особливо для харчової промисловості в дозувально-фасувальних автоматичних лініях.

В основі вищезазначених автоматизованих систем мають місце датчики або ваги як вимірювальної ланки, що формує відповідні сигнали на здійснення технологічних операцій окремими виконавчими органами на певних етапах автоматичної виробничої лінії. Принципи функціонування таких датчиків ґрунтується на взаємодії (найчастіше деформації) чутливого елемента з відповідними вимірювальними схемами, що можуть працювати на основі п'єзоефекту, магнітної індукції, фотоефекту, а також на принципах тензометрії, що є найпоширеним варіантом. Сучасні конструкції датчиків сили (ваги), на відміну від попередніх аналогів, містять в собі не тільки чутливий елемент та елементи електронних вимірювальних систем, але і блоки підсилення та адаптери, які дають змогу отримати електронний цифровий сигнал, придатний для безпосереднього використання в ЕОМ.

Впровадження вищезгаданих автоматичних систем у виробництво на порядки підвищує його продуктивність порівняно з ручною працею.

10.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Автоматична система дозування продуктів виробництва.
2. Еталонний вимірювальний пристрій ваги.

10.3 Методика та порядок виконання роботи

Опис конструкції та принципу дії лабораторного пристрою

Для проведення експериментальної частини лабораторної роботи запропоновано використати фізичну модель автоматичної системи

дозування продуктів виробництва на основі датчика ваги та мініконтролера. Схему пристрою подано на рис. 10.1.

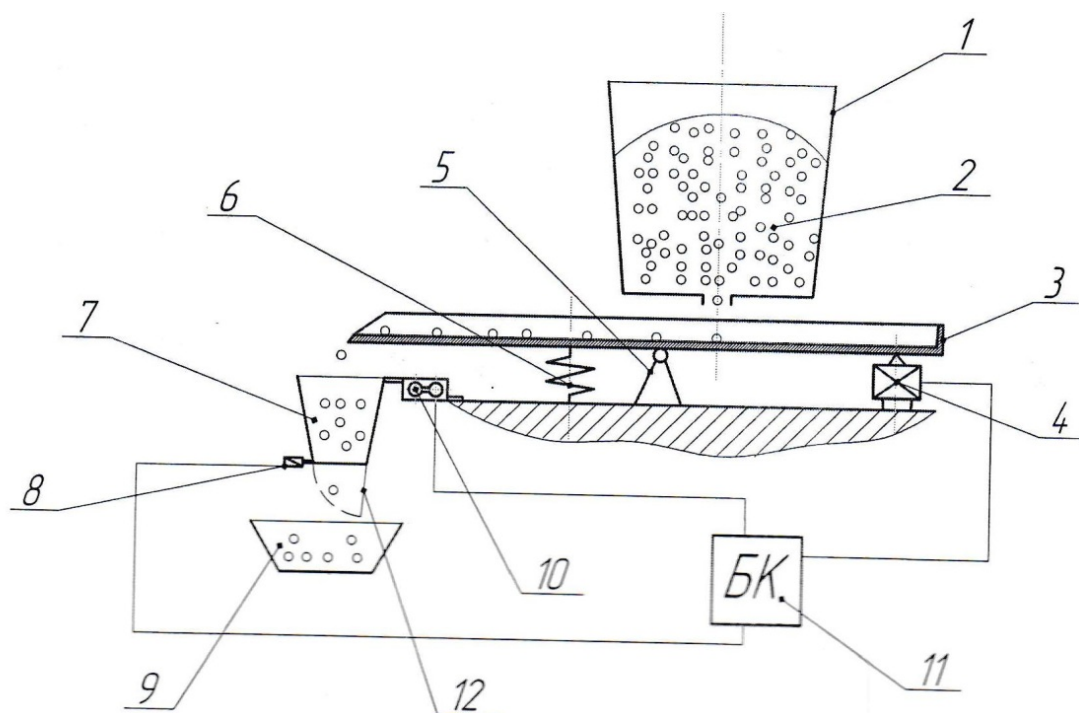


Рисунок 10.1 – Автоматизована система дозування продуктів виробництва

До складу системи входять: завантажувальний бункер 1 з продуктом 2, що підлягає дозуванню (в нашому випадку – це кульки для складання підшипників); лоток 3, закріплений на шарнірі 5; дозувальна камера 7 із засувкою 12; ємність 9 для дозованого продукту; датчик ваги 10, вібратор 4, електромагнітний затвор 8, що під'єднані до мініконтролера 11.

Процес дозування відбувається таким чином. Мініконтролер (блок керування БК) подає сигнал на вібратор 4, який починає коливати лоток 3 відносно шарніра 5, що змушує продукт виробництва 2 прямувати до дозувальної камери 7. При досягненні в ній запрограмованої ваги, що фіксує датчик 10, подається відповідний сигнал до блока керування 11, який відключає вібратор 4. Після цього відразу продукт перестає подаватися до камери 7. На цьому етап дозування завершується. Далі блок 11 подає сигнал на електромагнітну засувку 8, яка відкриває надходження дозованого продукту до приймальної ємності 9.

В цьому пристрої застосовується тензометричний датчик L6E3 виробництва фірми ZEMIC USA inc, який відноситься до одноточкового типу. Такий тип датчиків застосовується для виготовлення ваг та ваговимірювальних систем на одному датчику, в основному застосовується при виготовленні напольних ваг, а також дозувального обладнання.

На фото (рис. 10.2) зображено загальний вигляд датчика.



Рисунок 10.2 – Загальний вигляд датчика L6E3

Загальні характеристики датчика.

- Навантаження: від 50 кг до 500 кг.
- Матеріал виконання: алюмінієвий сплав.
- Клас захисту: IP65 (завдяки полімерній заливці вимірювальних елементів).
- Рекомендований максимальний розмір вантажоприймальної платформи: 450×450 мм.

Деякі технічні характеристики датчика.

- Клас точності: C3.
- Вихідна чутливість: 2,0+0,2 мВ/В.
- Вхідний опір: 409+6 Ом.
- Вихідний опір: 350+3 Ом.
- Діапазон термокомпенсації: -10...+40 С.
- Діапазон напруги живлення: 5...12 В.
- Максимально допустима напруга живлення: 18 В.

Вимірювальна схема являє собою місток з чотирьох силових тензодатчиків – двох, які працюють на розтяг, та двох, які працюють на стискання, а також опорів навантаження (рис. 10.3), які «зашиті» і залиті полімером всередині корпусу.

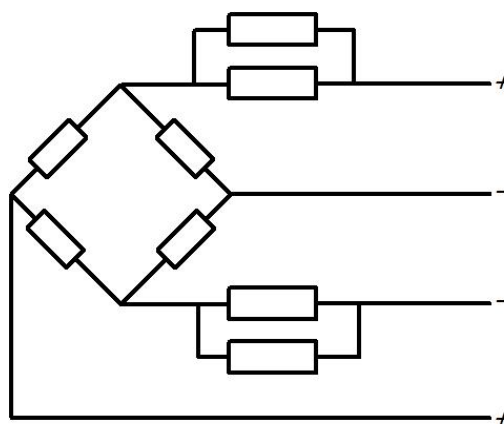


Рисунок 10.3 – Вимірювальна схема для датчика L6E3

Порядок виконання лабораторної роботи.

1. Умови для проведення. Установка складена, всі електричні комутації виконані; мікроконтролер запрограмований; деталі 2 для дозування підготовлені і засипані до бункера 1, приймальна ємність 9 порожня.

Лабораторна робота проводиться у демонстраційному режимі за участі викладача та навчального майстра.

2. Студенти в навчальній аудиторії протягом 20 хв знайомляться зі складом дозувальної системи та принципом її дії.

3. Студенти переходять до лабораторії і викладач біля стенда, на якому складено систему, нагадує склад та принцип дії системи та мету лабораторної роботи. Лабораторна робота проводиться в тій самій лабораторії, в якій проводилися попередні роботи, то ж студенти з правилами поведінки та вимогами техніки безпеки ознайомлені.

4. Вмикається мікроконтролер і установка починає відпрацьовувати закладену в ньому програму дозування штучних деталей, за чим спостерігають студенти. Після досягнення запрограмованої ваги приймальної ємності 9 система зупиняє роботу.

5. Студенти повертаються до навчальної аудиторії і працюють над оформленням звіту, куди також вносять результати визначення кількості деталей, які надійшли до приймальної ємності 9: викладач називає вагу дози продукту, яка була запрограмована на контролері; шляхом геометричного обміру однієї деталі і знаючи її матеріал визначається спочатку об'єм, а потім її маса; знаючи вагу приймальної ємності з дозованим продуктом і масу однієї одиниці продукту, визначається кількість одиниць продукту, який туди надійшов.

10.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; опис автоматизованої системи дозування – схему, склад і принцип дії; опис вагового датчика; матеріали виконання роботи; висновки.

10.5 Питання для самоконтролю

1. Які матеріали використовуються при виготовленні чутливого елемента вагового датчика?

2. Як впливає конструкція чутливого елемента вагового датчика на його основні технічні характеристики?

3. Пояснити принцип дії вагового датчика.

4. Навести приклад використання вагового датчика в автоматичній системі керування технологічною машиною.

5. Як може впливати зміна температури навколишнього середовища на роботу вагового датчика ?

РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ РОБОТИ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТУ РФІ-204М У СКЛАДІ РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ

Мета роботи. Набуття практичних навичок у програмуванні роботи промислового робота у складі роботизованого комплексу.

11.1 Загальні положення

У машинобудуванні одним із основних шляхів технічного переозброювання з метою комплексної автоматизації виробництва є широке застосування автоматичних маніпуляторів (промислових роботів).

Для автоматичних комплексів, які складаються з програмно-керованих пристроїв, не підходять автооператори. Останні використовуються у жорстких автоматичних лініях і автоматах, поширених у масовому виробництві. На зміну їм приходять маніпулятори з програмним керуванням, або, як їх інакше називають, промислові роботи (ПР). За допомогою ПР автоматизують як допоміжні (перенесення об'єкта виробництва з однієї позиції до іншої, його кантування і т. ін.), так і основні технологічні операції (зварювання, складання і т. ін.). В такому випадку можна вести мову про створення роботизованих комплексів.

Роботизований комплекс (РК) відповідно до ГОСТ 26228-85 визначений як сукупність одиниці технологічного обладнання, промислового робота і засобів оснащення, яка автономно функціонує і здійснює багаторазові цикли.

Засобами оснащення РК можуть бути пристрої накопичення, орієнтування, поштучної видачі об'єктів виробництва і інші пристрої, які забезпечують функціонування РК.

Промисловий робот – автоматична машина, стаціонарна або пересувна, яка складається з виконавчого пристрою у вигляді маніпулятора з декількома ступенями рухомості та перепрограмованого пристрою програмного керування для виконання у виробничому процесі рушійних та керівних функцій (ГОСТ 25686-85).

До цього означення стандарт дає примітку: перепрограмованість – властивість промислового робота замінити керівну програму автоматично або за допомогою людини – оператора. До перепрограмування відноситься змінення послідовності і (або) значення переміщень за ступенями рухомості і керівних функцій за допомогою засобів керування на пульті пристрою керування.

Існує класифікація роботизованих комплексів за такими ознаками:

- функціональна (роботизований технологічний комплекс (РТК), роботизований виробничий комплекс (РВК));
- структурна (однопозиційний РК, багатопозиційний, груповий);

- тип компонування (лінійно-паралельне, лінійне, кутове, кругове, комбіноване).

Якщо ж у роботизованому комплексі ПР (або група ПР) виконує основні операції технологічного процесу, то він називається РВК, а якщо допоміжні операції – РТК.

Однопозиційний РК – один ПР обслуговує одну одиницю технологічного обладнання; груповий РК – один ПР обслуговує групу однотипового або різнотипового обладнання; багатопозиційний РК (роботизований центр) – група ПР виконує взаємопов'язані або взаємодоповнювальні функції при обслуговуванні одного або декількох робочих місць.

За типом компонування РК розрізняються по розташуванню робочих місць, які обслуговує (або обслуговують) ПР.

Для визначення найбільш раціонального використання ПР у складі РК необхідно подбати про те, щоб були використані максимальні можливості ПР, наприклад, задіяна максимальна кількість ступенів рухомості, і, крім того, щоб ПР на виконання необхідної операції витрачав мінімальний час. Останнє може залежати від компонування РК, від заданих режимів рухів виконавчих органів ПР, від концентрації (суміщення) декількох рухів тощо. Для виконання поставленого завдання можна скористатись циклограмами роботи як РК, так і ПР окремо. Передбачається, що для необхідних альтернативних варіантів при складанні керівної програми для ПР або взагалі для всіх елементів РК будуються окремі циклограми, які визначають тривалість циклу роботи, і на базі їх порівняльного аналізу вносяться відповідні коригування у керівні програми або у компонування РК.

Опис конструкції і принципу дії промислового робота РФ-204М

Технічна характеристика

- Виріб працює при живленні його від мережі змінного струму напругою 220 В, частотою 50 ± 1 Гц і тиском пневмомережі 0,4-0,6 МПа.

- Потужність, яка споживається виробом від джерела електроживлення, не більше, Вт – 150.

- Вантажопідйомність кожної руки виробу не більше, Н – 10.

- Максимальна абсолютна похибка позиціонування виробу не більше, мм – 0,05.

- Величина лінійного переміщення кожної руки, не менше, мм – 200; величина регулювання цього переміщення у витягнутому положенні руки, не менше, мм – 5.

- Величина вертикального переміщення колони:

максимальна, не менше, мм – 30;

мінімальна, не більше, мм – 10, з плавним регулюванням в цьому діапазоні.

- Величина повороту кожної руки відносно вертикальної осі – 120° , величина регулювання цього переміщення – $0-120^\circ$.

- Величина ротації захоплювального пристрою – $180^\circ+2'$.

- Швидкості переміщень:

лінійного кожної руки, не більше, м/с – 1,5 (0,5);

колони, не більше, м/с – 0,3 (0,2);

повороту колони відносно своєї осі, не більше, рад/с – 5 (1);

ротації захватів (захоплювальних пристроїв), не більше, рад/с – 30 (5).

Примітка. В дужках вказані мінімально можливі режими рухів.

Склад конструкції промислового робота РФ-204М

Конструкцію промислового робота (ПР) наведено на рисунку 11.1. На кронштейні поз. 1, який є основою ПР, закріплені блок електрокерованих клапанів (БЕК) поз. 7 і модуль повороту (МПВ) поз. 6 (колона), поз. 12 (пневмоциліндр). З МПВ з'єднаний модуль підйому (колона – МП) поз. 5. Кріплення МП і МПВ – фланцеве. На МП закріплений стакан поз. 13, на якому встановлені два кронштейни поз. 11 для закріплення модулів горизонтального переміщення (руки – МГП) поз. 3 і 9. З обох боків кожного МГП встановлені модуль ротації механізму затискання поз. 2 і 10 і безпосередньо механізм затискання поз. 4 і 8.

Підведення повітря до модулів здійснюється від пневмомережі крізь БЕК по полівінілхлоридних трубках, які (як і інші шляхопроводи) на рис. 11.1 умовно не вказані. Ці трубки приєднані одним кінцем до штуцерів на модулях, а другим – до відповідних штуцерів на БЕК. Клапани або перекидають, або пропускають повітря до відповідних модулів.

Конструктивне виконання кожного модуля не входить до задач вивчення дисциплін «Автоматизація виробництва в машинобудуванні», з якої виконується ця лабораторна робота. Але ці конструкції призводять до того, що ПР може здійснювати рухи за декількома ступенями рухомості, тобто:

МГП – втягування і витягування механічних рук в осьовому горизонтальному напрямку;

МП – підйом і опускання колони разом з обома МГП (осьовий вертикальний напрямок);

МПВ – повертання колони разом з обома МГП за годинниковою стрілкою і в зворотному напрямку (відносно вертикальної осі);

МЗ – відкриття і закриття захоплювачів, крім того, їх ротація за годинниковою стрілкою і в зворотному напрямку (відносно горизонтальної осі).

Примітки.

1. Переміщення відповідних модулів у горизонтальному або вертикальному напрямках стосується розташування ПР так, як наведено на рис. 11.1 (ПР за допомогою кронштейна 1 може по-різному розташовуватися у просторі).

2. Окремі модулі, такі як МГП, МП і МПВ можна регулювати і, таким чином, змінювати параметри руху за відповідними ступенями рухомості. Наприклад, регулювання меж ходу МП і повороту МПВ здійснюється за допомогою спеціальних упорів.

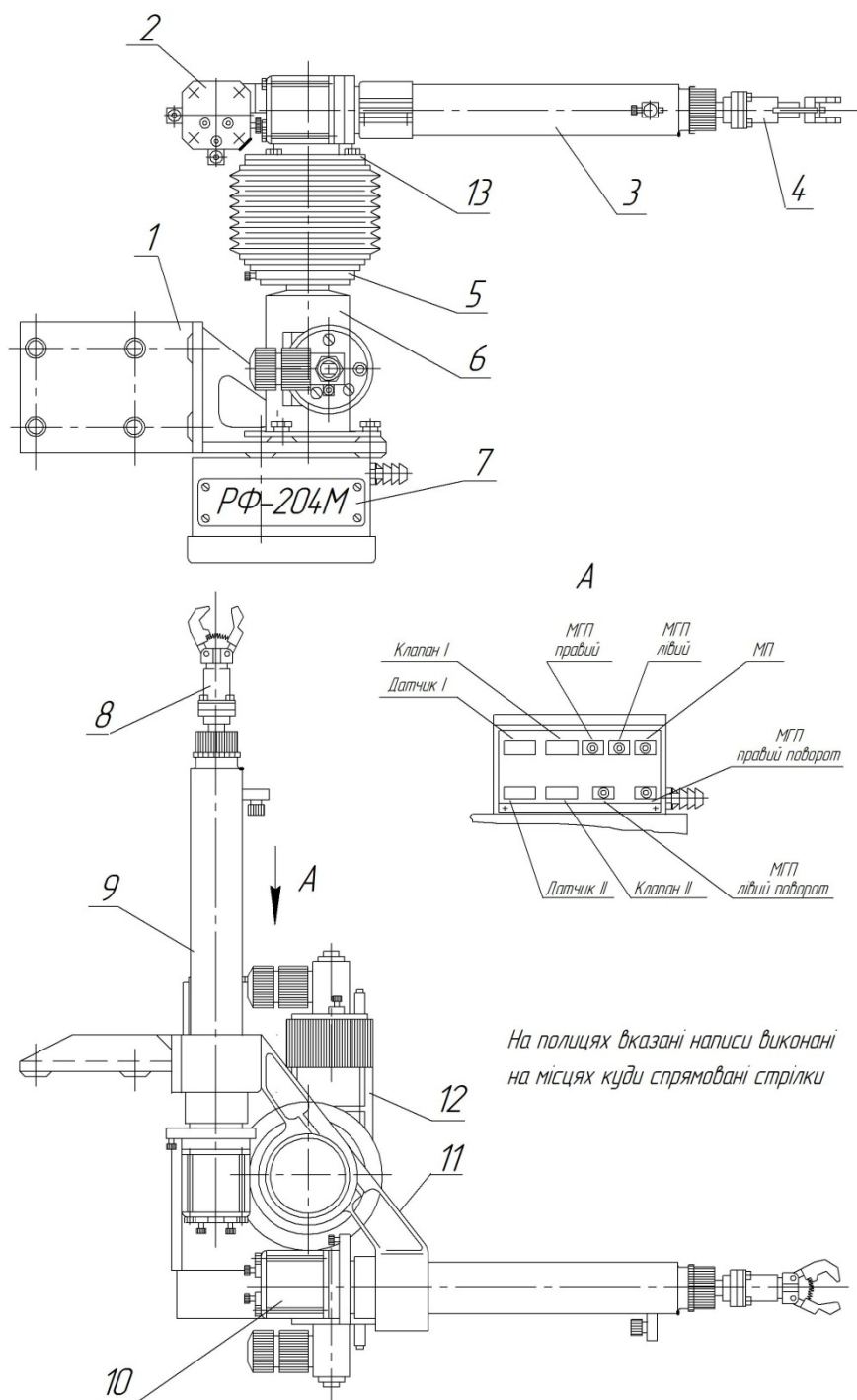


Рисунок 11.1– Конструкція промислового робота

До уваги студента! Всі модулі ПР не передбачають у процесі роботи дискретність рухів, тобто, якщо відрегульований діапазон повороту МПВ становив 0–90°, то не можна здійснити поворот на кут, наприклад 10°, а буде відпрацьований поворот на 90°.

Система керування СУ-202М

Характеристика системи


- Виріб перепрограмується методом навчання, шляхом пробного переміщення. Максимальна кількість керованих координат, включно з МЗ – 11, мінімальна – 1.
- Кількість зовнішніх каналів зв'язку з технологічним обладнанням – 7.
- Виріб забезпечує запис 9 програм і можливість переходу з програми на програму за сигналом зовнішнього обладнання або за вибором оператора.
- Виріб забезпечує програмування часу витримки механізму затискання у точці від 0 до 9 с з дискретністю 1 с або від 0,5 до 4,5 с з дискретністю 0,5 с.
- Забезпечується блокування роботи виробу за сигналом зовнішнього обладнання.
- Виріб забезпечує дистанційне керування та видавання контрольної інформації.
- При вимкненому виробі забезпечується зберігання інформації.


Опис пульта керування


Вузол задання програми виконаний в кришці, яка може відкриватися для роботи на петлях. На лицьовій панелі вузла розташований пульт керування (рис. 11.2) – кнопки для набору програми, а також індикація перевірки набору і відпрацювання команд.

Нижче наводиться перелік мнемонічних позначень на пульті керування (див. рис. 11.2) і їх функціональне призначення:


 – рука /МГП/ вперед /витагується/;

 – рука /МГП/ назад /втягується/;


 – поворот колони /МПВ/ за годинниковою стрілкою;

 – поворот колони /МПВ/ проти годинникової стрілки;

 – ротація захоплювача /МЗ/ за годинниковою стрілкою;

 – ротація захоплювача /МЗ/ проти годинникової стрілки;

 – захоплювач /МЗ/ закритий;

 – захоплювач /МЗ/ відкритий.

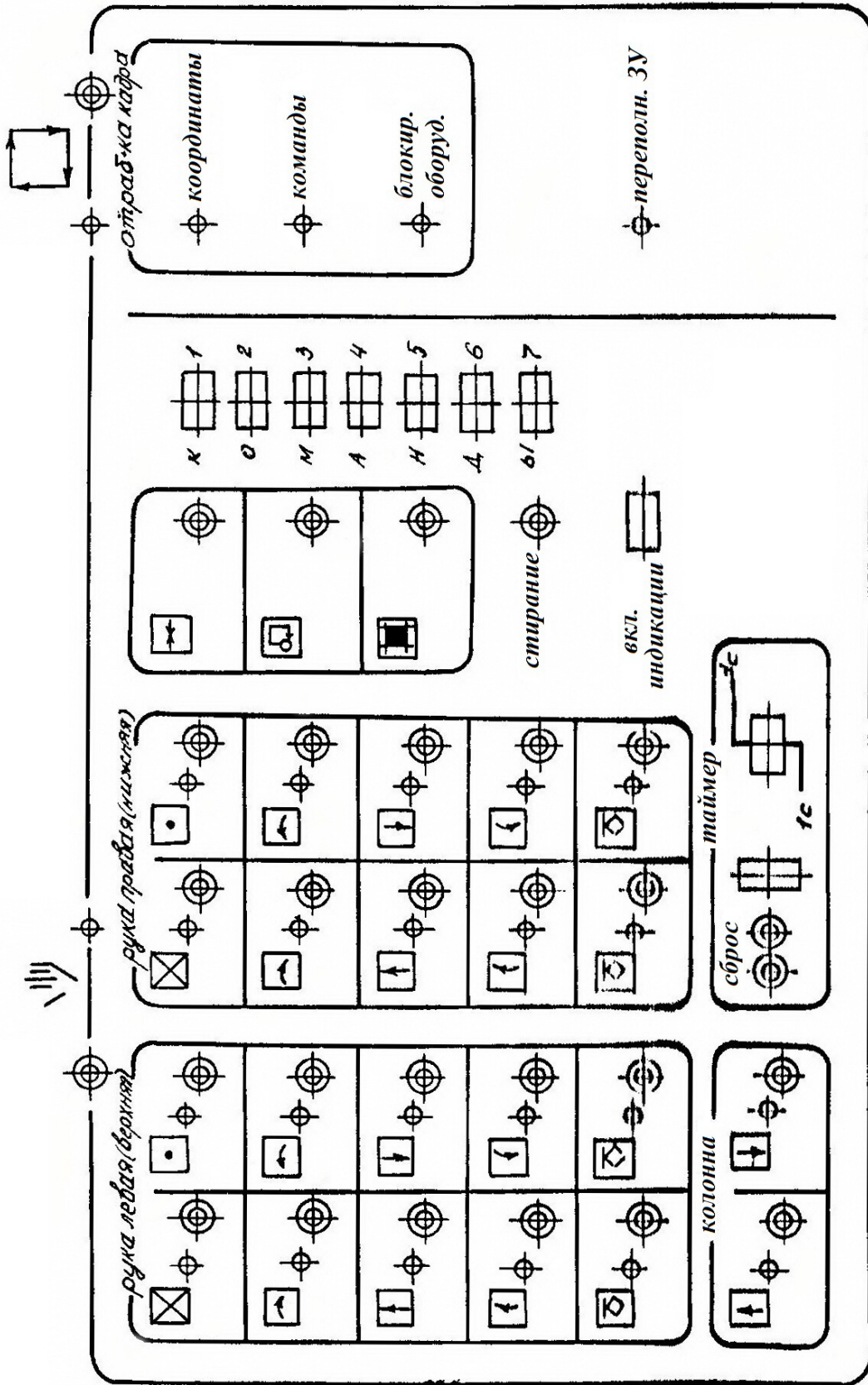




Рисунок 11.2 – Пульт керування

Ці позначення та відповідні кнопки керування рухами МП, МПВ, МЗ і лампочки індикації передбачені окремо для лівої /верхньої/ та правої /нижньої/ рук.


 – колона /МП/ доверху – з індикацією;


 – колона /МП/ донизу – з індикацією;

 – початок програми;

 – кінець програми;

 – запис програми /команди/;

 – автоматичний режим відпрацювання програми з індикацією;


 – режим навчання з індикацією.

Крім цього, на пульті розташовані кнопки і лампочки індикації, біля яких написана їхня функція, тобто це:

- кнопка «СТИРАНИЕ» призначена для очищення запам'ятовувального пристрою (ЗП);

- кнопка «ВКЛ. ИНДИКАЦИИ» призначена для індикації стану таймера і режимів роботи ручного та автоматичного керування;

- кнопка «СБРОС» призначена для переведення таймера в нульовий стан;

- кнопка  призначена для задання дискретності часу витримки захоплювача у певній точці (натиснутій кнопці відповідає дискретність 0,5);

- кнопки «КОМАНДЫ 1, 2, ... 7» призначені для керування технологічним обладнанням;

- лампочка індикації переповнення ЗП – «ПЕРЕПОЛН. ЗУ»;

- лампочки, об'єднані назвою «ОТРАБОТКА КАДРА», призначені для ввімкнення індикації відпрацювання координат ПР – «КООРДИНАТЫ», технологічних команд – «КОМАНДЫ» і блокування обладнання – «БЛОКИР. ОБОРУДОВАНИЯ».

Інші органи керування

На вертикальній панелі системи керування розташовані кнопки «ВКЛ.» і «ВЫКЛ.», які призначені для вмикання та вимикання системи.

На горизонтальній панелі розташовані перемикач «НОМЕР ПРОГРАММИ» та індикатор номера програми, а також кнопка «КОНТР. БАТ.», натисканням якої перевіряється наявність живлення у ЗП (загоряється лампочка індикації).

11.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Промисловий робот РФ-204М.
2. Пристрій керування СУ-202М.
3. Варіант завдання у вигляді компонування роботизованого комплексу (РК), характеристика операції, яку виконує промисловий робот і її тривалість.
4. Креслярське приладдя.
5. Мікрокалькулятор.

11.3 Методика та порядок виконання роботи

Цю лабораторну роботу необхідно виконувати у такій послідовності.

1. Заздалегідь, при підготовці до роботи ознайомитись з теоретичними відомостями стосовно класифікацій ПР та РК (див. лекційний курс).

2. Ознайомитись із складом промислового робота РФ-204М і його технічною характеристикою.

3. Ознайомитись з характеристикою системи керування СУ-202М та зі складом пульта керування.

4. Згідно з класифікацією промислових роботів охарактеризувати такий пристрій за відповідними ознаками (зрозуміло, якщо є можливість).

5. Отримати у викладача варіант завдання (див. додаток А) і відповідні вихідні дані.

6. Ознайомитись з наведеним у завданні роботизованим комплексом, охарактеризувати його згідно з класифікацією РК і скласти алгоритм його роботи. Використовуючи умовні позначення рухів та виконавчих органів, скласти керівну програму КП) для ПР (приклад складання алгоритму роботи РК і КП роботи ПР наведений в додатку А). Причому, спочатку в алгоритмі і КП не передбачати суміщення рухів виконавчих органів (модулів), а потім внести в нього корективи з урахуванням суміщених рухів.

УВАГА! Цей пристрій дозволяє суміщати в часі до двох рухів виконавчих органів, наприклад, втягування МГП з одночасною ротацією МЗ.

7. Побудувати для двох альтернативних варіантів алгоритму циклограми роботи РК і визначити для кожного тривалість циклу (приклад складання циклограми наведений у додатку А).

8. Проаналізувати отримані циклограми і результати, зробити висновки, які, наприклад, стосуються раціонального використання у часі

всіх компонентів РК, ефективність використання при роботі ПР всіх технічних можливостей (наприклад, реалізація ступенів рухомості), визначити шляхи підвищення ефективності роботи РК (наприклад, для скорочення часу простою ПР інтенсифікувати режими виконання відповідного процесу на робочому місці) і т. ін.

9. Ввести керівну програму роботи ПР з пульта керування у навчальному режимі, причому розглядається варіант роботи РК з найменшою тривалістю циклу.

10. Відпрацювати введений алгоритм роботи пристрою у автоматичному режимі.

11. Зробити загальний висновок, який стосується, наприклад, отримання відповідних навичок у складанні алгоритму роботи РК, програмуванні ПР і т. ін.

12. Скласти звіт про виконання лабораторної роботи.

Деякі методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи

При складанні керівної програми для ПР потрібно дотримуватись таких рекомендацій:

1. Захоплення відповідної деталі з накопичувача проводити збоку за рахунок витягування МГП.

2. Поворот МПВ і ротації МЗ бажано здійснювати при втягнутих МГП.

3. Класти відповідну деталь на накопичувач за рахунок опускання МП на витягнутому МГП.

4. Після захоплення відповідної деталі з накопичувача, її перенесення на іншу позицію здійснювати за рахунок підйому МП, далі – втягування МГП і потім – поворот МПВ. Наступні дії див. за п. 3.

5. Не забувати, що розробляється керівна програма для циклу роботи. Тобто, положення виконавчих органів (модулів) у кінці циклу мають бути вихідними на початку циклу. Останнє стосується і модуля захоплення МЗ – якщо він здійснив, наприклад, ротацію на 180° за годинниковою стрілкою, то потрібно не забути в кінці циклу повернути його в вихідне положення, тобто здійснити ротацію на 180° в протилежному напрямку.

6. У керівній програмі можна передбачити суміщення рухів модулів, але не більше, ніж за двома ступенями рухомості.

Послідовність введення керівної програми до системи керування

Режим навчання

1. Ввімкнути систему керування, натиснувши кнопку «ВКЛ» на блоці електроживлення.


2. Натиснути кнопку «ВКЛ. ИНДИКАЦИИ», при цьому загориться світлодіод «ИНДИКАЦИЯ».

3. Натиснути кнопку «СТИРАНИЕ» і, не відпускаючи її, натиснути кнопку  (запис).

4. Встановити програмний перемикач «НОМЕР ПРОГРАММИ» в положення 1.


5. Натиснути кнопку навчання . При цьому має загорітись лампочка та цифра на індикаторі «НОМЕР ПРОГРАММИ».


6. Вивести МЗ ПР у вихідні точки програми, натискаючи необхідні для цього кнопки на панелі керування, які позначають координати ПР.



7. Записати координати вихідної точки (вихідних), для цього при натиснутій кнопці програми  натиснути і відпустити кнопку запису в пам'ять.

8. Записати час витримки МЗ ПР у певній точці, натиснувши необхідну кількість разів (від 0 до 9) кнопку «ТАЙМЕР», що відповідає запису витримки МЗ у точці від 0 до 9 с при масштабі таймера 1 с і від 0 до 4,5 с при масштабі таймера 0,5. Масштаб таймера не програмується, він встановлюється в автоматичному режимі – натиснута кнопка відповідає масштабу 0,5, а віджата – масштабу 1 с.

9. Записати другий крок програми, натискаючи потрібні кнопки. При цьому МЗ ПР виводиться в другу точку програми, потім натискається кнопка запису в пам'ять.

Примітка. Якщо потрібно відпрацювати одночасно два рухи, то спочатку вводяться команди на здійснення цих рухів, а потім натискається кнопка запису в пам'ять .

10. В подальшому, виводячи МЗ ПР в наступну точку програми шляхом натискання кнопки запису , записати в пам'ять кожний крок програми крім останнього.


11. Записати останній крок програми – він має відповідати початковій точці програми. Вивести МЗ ПР натисканням відповідних кнопок в цю точку і при натиснутій кнопці кінця програми  натиснути і відпустити кнопку запису в пам'ять .

12. Для записування декількох програм потрібно виконати операції, описані в пп. 5–11, замінюючи положення перемикача «НОМЕР ПРОГРАММИ» для кожної програми.

Автоматичний режим

1. Встановити програмний перемикач «НОМЕР ПРОГРАММИ» на необхідний номер програми.

2. Встановити потрібний масштаб таймера кнопкою «ТАЙМЕР» (див. рис. 11.2).

3. Натиснути кнопку автомата . При цьому має загорітись відповідна лампочка, а на індикаторі «НОМЕР ПРОГРАММИ» має висвітитися цифра, відповідна номеру, встановленому на програмному перемикачі.

4. Натиснути кнопку «ПУСК». Система керування почне автоматично

відпрацьовувати записану в ЗП під відповідним номером програму, при цьому ПР буде працювати за записаною програмою.

5. Для зупинення відпрацювання програми необхідно натиснути кнопку «СТОП» і коли потрібно відновити цей режим – натиснути кнопку «ПУСК».

11.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; зміст завдання – креслення заданого варіанта РК; характеристики ПР і РК згідно з відповідними класифікаціями; алгоритми і склад керівних програм для ПР роботи РК за двома альтернативними варіантами; накреслені циклограми роботи РК для двох альтернативних варіантів; величину тривалості циклу ПР на циклограмі; висновки.

11.5 Питання для самоконтролю

1. Дати означення промислового робота.
2. Дати означення маніпулятора.
3. Що таке «перепрограмованість промислового робота»?
4. Дати означення роботизованого комплексу (РК).
5. Що відноситься до засобів оснащення РК?
6. За якими ознаками класифікуються промислові роботи?
7. Дати характеристику промислових роботів РК за певною ознакою класифікації.
8. За якими ознаками класифікуються РК?
9. Дати характеристику РК за певною ознакою класифікації.
10. В яких режимах може працювати промисловий робот? Дати характеристику кожного режиму.
11. Призначення органів керування системи СУ-202М.
12. Які особливості потрібно враховувати при складанні керівної програми рухів ПР типу РФ-204М?
13. Для чого призначені циклограми роботи окремої автоматичної машини або комплексу таких машин? Основи побудови циклограм.

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЦИКЛОВИМ ПРОЦЕСОМ НА ОСНОВІ ВІЛЬНОПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЕРА FC620-FST

Мета роботи. Навчитись створювати та редагувати програми мовою STL з використанням прапорців, абсолютних та символічних операндів; будувати програми з кроковою і мультипроцесною будовою для керування цикловою роботою системи приводів.

12.1 Загальні положення

Опис контролера FC620-FST фірми FESTO

Промисловий логічний контролер (ПЛК) загалом складається з двох основних блоків: процесорного модуля та системи введення–виведення зовнішніх сигналів. Процесорний модуль керує всією логікою роботи ПЛК і ділиться на процесор та пам'ять.

Система введення–виведення фізично підключається до «польових» пристроїв (реле-підсилювачі, вимикачі, пускачі, датчики, перемикачі, сенсори, керівні магніти розподільників, клапанів і т. д.) і забезпечує інтерфейс між процесорним модулем і інформаційними (входами) і керівними (виходами) каналами.

Під час роботи процесор «читає» вхідні дані з підключених польових пристроїв за допомогою своїх вхідних інтерфейсів, а потім виконує керівну програму, яка завантажена в пам'ять процесорного модуля. Програми зазвичай розробляються мовою релейної логіки, яка дуже схожа на схеми релейної автоматики, і мають бути завантажені в пам'ять контролера до початку його роботи.

На основі програми ПЛК «записує» або оновлює керівні виходи через вихідні інтерфейси. Цей процес, який називається циклом сканування, постійно виконується в одній і тій самій послідовності без зупинки і змінюється тільки тоді, коли вносяться зміни в керівну програму.

ПЛК зазвичай керують машинами або процесами, використовуючи «дискретні» входи і виходи для визначення стану об'єкта. Наприклад, якщо кінцевий вимикач визначає наявність деталі, то він переходить в стан «ВВІМКНЕНО» або «1», а якщо не знаходить деталь, то видає сигнал «ВИМКНЕНО» або «0».

Машина або пристрій постійно виконує певні послідовні дії відповідно до програми дій або після закінчення заданого проміжку часу. Передбачувана послідовність дій зазвичай переривається тільки тоді, коли виникає аварійна ситуація.

Програмовані логічні міні-контролери сімейства FEC[©] Standard – це сімейство універсальних пристроїв програмно-логічного управління,

призначених для простих задач автоматизації технологічного обладнання та технологічних процесів з мінімальними витратами. Областю застосування виробів зі складу сімейства є системи керування з обмеженою кількістю каналів введення–виведення дискретних та аналогових сигналів практично в усіх галузях промислового виробництва від легкої та харчової промисловості до машинобудування та енергетики.

ПЛК серії FEC[©] Standard підтримують декілька варіантів підготовки прикладних керівних програм, а саме: програмування мовами високого рівня C/C++/Basic/Pascal за допомогою стандартних компіляторів; програмування технологічними мовами STL/AWL («мнемокод») та LDR/KOP (релейно-контактні символи) в середовищі FST; програмування технологічними мовами відповідно до стандарту IEC 61131-3 в середовищі Multiprog.

Загальний вигляд контролера FC620-FST подано на рисунку 12.1.

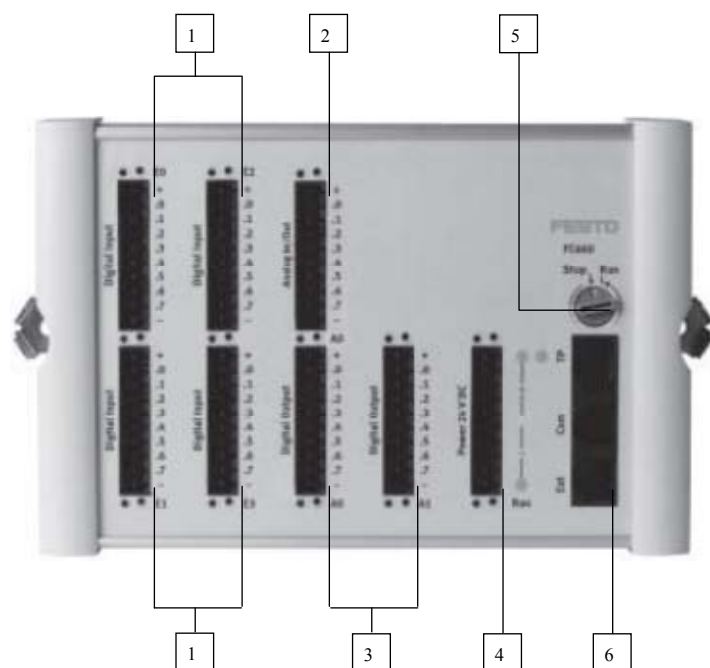


Рисунок 12.1 – Загальний вигляд ПЛК FC620-FST:

- 1 – цифрові (дискретні входи); 2 – три аналогових входи та 1 аналоговий вихід; 3 – цифрові (дискретні) виходи; 4 – живлення контролера;
- 5 – поворотний перемикач RUN/STOP; 6 – два послідовних інтерфейси (RS 232)

Зв'язок контролера з персональним комп'ютером забезпечується за допомогою COM-порту (RS 232) та надає можливість реалізувати зручний інтерфейс користувача з функціями дистанційного керування роботом.

Пакет програмного забезпечення FST (FESTO Software Tool) є інструментальним засобом створення прикладних програм для контролерів фірми FESTO. Він дозволяє використовувати звичайний ПК як пристрій програмування для контролера.

Пакет FST працює під операційною системою Windows (версії 4.1x, 4.2x) і має графічний інтерфейс користувача. Користувач здійснює керування за допомогою меню, функціональних клавіш і діалогових вікон. Для більшості функцій надається допомога (Help).

Створювати програми в пакеті FST можна двома поширеними мовами LD (ladder diagram) – мовою релейно-контактних схем та STL (Statement list language) – мовою рядкових конструкцій.

В лабораторній роботі для програмування контролера будемо використовувати мову STL.

Технічну характеристику ПЛК FC620-FST наведено в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1 – Технічна характеристика ПЛК FC620-FST

Параметр	Технічні дані
1	2
Робоча температура	0...55°C
Робоча напруга	24 В постійного струму (+25% / -15%)
Споживання енергії	< 5 Вт
Кількість цифрових входів	32
Вхідна напруга/струм	24 В постійного струму / номінально 5 мА
Кількість цифрових виходів	16
Контакти	Транзистор
Вихідна напруга / струм	24 В постійного струму / макс. 400 мА
Кількість аналогових входів	3
Діапазон рівня вхідного сигналу	0...20 мА
Кількість аналогових виходів	1
Діапазон рівня вихідного сигналу	0...20 мА
Час перетворення аналогового сигналу	10 мс
Максимальний опір навантаження	700 Ω
Програмування	
Кількість програм та задач на проект	64 (0...63)
Допустимі адреси входів	0...255 адресовані як біти чи слова
Допустимі адреси виходів	0...255 адресовані як біти чи слова

Продовження таблиці 12.1

1	2
Кількість прапорців	10000 (0...9999) адресовані як біти чи слова
Кількість таймерів та лічильників	256 (0...255) В кожному випадку з 1 бітом стану, 1 з установочним та 1 з реальним значенням
Кількість регістрів	256 (0...255) адресовані як слова
Кількість різних операцій	>28
Кількість підпрограм на проект	До 200
Продуктивність	близько 1,6 мс/1К інструкції

Система команд мови програмування STL

Під час програмування контролера мовою STL розрізняють два основних поняття: команди та операнди. Командами називають зарезервовані слова, які під час трансляції програми автоматично перетворюються на відповідний машинний код і ведуть до виконання певних операцій. Операнди – це змінні, які оголошуються в спеціальному розділі (allocation list) та ставляться у відповідність з фізичними входами чи виходами контролера або являють собою відображення програмних засобів (таких як прапорці, лічильники, таймери і т. д.). Операнди бувають абсолютні та символні, при чому кожен символний операнд являє собою ім'я абсолютного операнда. Це ім'я дає користувач для зручності написання програмного коду. Розрізняють також мультибітові та однобітові операнди. Однобітові операнди можуть набувати лише значень, які можна описати числом розміром в один біт, а саме «0» або «1» (всі операнди, що позначають фізичні входи-виходи контролера, а також прапорці). Мультибітові операнди можуть набувати значень від 0 до 32768 (лічильники, таймери, акумулятори).

В таблиці 12.2 наведено перелік найвживаніших команд мови STL, а також короткий опис функцій, які вони виконують.

Таблиця 12.2 – Перелік основних команд мови STL

Команда	Призначення
1	2
AND	Виконує логічне «І» над однобітовими і мультибітовими операндами і константами
DEC	Зменшує величину мультибітового операнда/ акумулятора на одиницю

Продовження таблиці 12.2

1	2
EXOR	Виконує логічне виключення «АБО» над однобітовими і мультибітовими операндами
IF	Позначає початок умовної частини виразу
INC	Збільшує вміст операнда/акумулятора на одиницю
JMP TO	Викликає перехід програми до виконання вказаного кроку
LOAD	Дозволяє завантажити вказані операнди (однобітові та мультибітові) і константи в однобітовий або мультибітовий акумулятор
NOP	Спеціальна команда, яка завжди істинна в умовній частині виразу. В виконавчій частині вона означає «нічого не виконувати»
OR	Виконує логічне «АБО» над однобітовими і мультибітовими операндами і константами
OTHRW	Забезпечує продовження виконання програми, якщо умовна частина виразу хибна
RESET	Ця команда використовується для переведення однобітових операндів в стан логічного нуля
SET	Ця команда використовується для переведення одиничних операндів в стан логічної одиниці
TO	Разом з командою LOAD використовується для вказання на операнд призначення
THEN	Забезпечує початок виконавчої частини виразу
WITH	Використовується для задання часу та швидкості таймера

Мова STL є однією з мов, якою пишуть програми для програмування вільнопрограмованих контролерів. Програми STL використовують декілька важливих елементів. Не всі з цих елементів використовуються одночасно, але на властивості програми та її виконання впливають, головним чином, їх сполучення.

Ієрархія елементів мови STL в програмі

ПРОГРАМА – КРОК – ВИРАЗ – УМОВНА ЧАСТИНА – ВИКОНАВЧА ЧАСТИНА

Програма. Як правило, складається з декількох кроків. Має назву, номер та версію. Наприклад: назва MOTOR_1, номер 0, версія 2. Виконання проекту починається з програми за номером «0». Програми за іншими номерами можуть бути використані (підключені) в тексті програми «0».

Крок. Ця команда використовується для маркування початку логічного блока програми. Будь-яка програма може містити до 255 тис. дискретних кроків, кожний з яких містить один або більше виразів. Крок позначається етикеткою або ім'ям. Етикетка для кроку потрібна лише тоді, коли на нього посилається надалі команда JMP TO.

Вираз. Вираз утворює базовий рівень в організації програми. Кожний вираз складається з умовної та виконавчої частини.

Умовна частина. Умовна частина слугує для внесення однієї або декількох умов, які під час виконання оцінюються як істинні чи хибні. Умовна частина завжди починається зі слова IF і доповнюється одним або більше формулюванням, які і описують саму умову, що підлягає оцінюванню.

Виконавча частина. Якщо умова є істинною, то тоді виконується команда, яка стоїть в виконавчій частині виразу. Початок виконавчої частини позначається словом THEN. Виконавча частина може вміщувати перелік команд, що їх буде подано до виконання. Якщо умова є хибною, то наступні за словом THEN команди не виконуються.

Декілька типових виразів мови STL без використання команди крок:

IF I5.1	‘якщо вхід 5.1 активний,
THEN SET O3.2	‘тоді ввімкнути вихід 3.2
IF N I1.8	‘якщо вхід 1.8 неактивний,
THEN SET O4.3	‘то ввімкнути вихід 4.3
IF I6.4	‘якщо вхід 6.4 активний
AND I2.9	‘і вхід 2.9 активний
AND O3.8	‘і вихід 3.8 підключено
THEN RESET O1.1	‘тоді вимкнути вихід 1.1
RESET T4	‘і обнулити таймер 4

В останньому прикладі наведено поєднання умов, тобто всі призначені умови в поточному виразі мають бути істинними для виконання дій, які йдуть за словом THEN.

12.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

Під час виконання лабораторної роботи застосовується комплект навчального обладнання фірми FESTO, що складається з демонстраційного стенда, вільнопрограмованого контролера FC620-FST, та набору електромеханічних реле, пневматичних циліндрів та розподільників з електромагнітним керуванням.

Загальний вигляд стенда для виконання лабораторної роботи наведено на рис. 12.2.

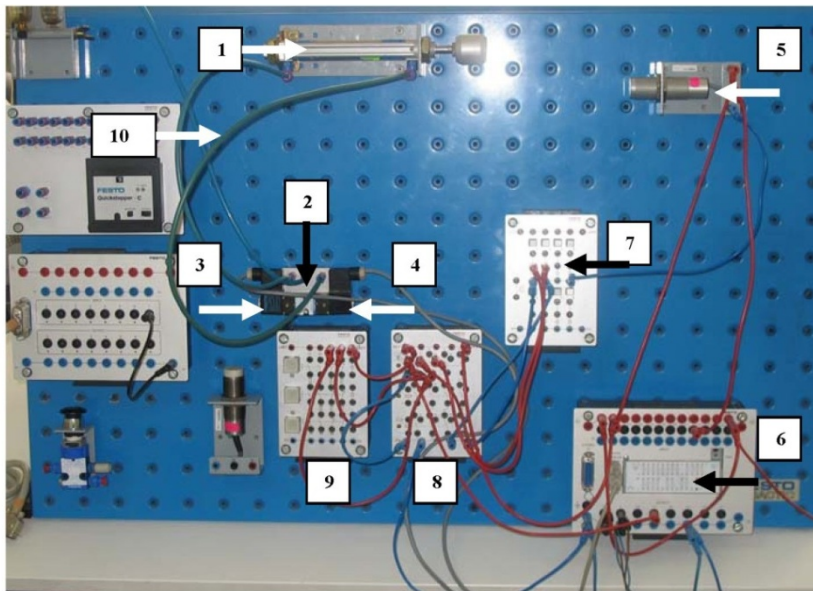


Рисунок 12.2 – Стенд для перевірки роботоздатності систем керування приводом на основі обладнання FESTO:

- 1 – пневмоциліндр двосторонньої дії; 2 – розподільник з електромагнітним керуванням; 3 – магніт висування; 4 – магніт втягування; 5 – сенсор положення; 6 – контролер; 7 – лампочки індикації; 8 – електромеханічні реле; 9 – кнопки вмикання системи в роботу; 10 – пневматичні лінії

12.3 Методика та порядок виконання роботи

Приклад розробки типового проекту.

Завдання. Пакети, що прибули роликівим конвеєром, підіймаються пневматичним циліндром 1.0 двосторонньої дії та другим циліндром 2.0, також двосторонньої дії, і переміщуються до іншого (відвідного) конвеєра. Циліндр 2.0 має прийняти початкове положення тільки після повернення штока циліндра 1.0 до початкового положення. Керування циліндрами здійснюється моностабільними 4/2 розподільниками (рис. 12.3).

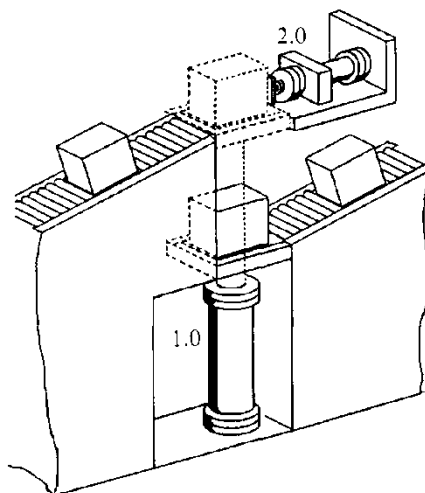


Рисунок 12.3 – Схема переміщення пакетів по ділянці конвеєра

Розв’язок задачі. Діаграма переміщення–крок має такий вигляд: на кроці 1 після натискання на кнопку S6 шток циліндра 1.0 висувається, циліндр 2.0 залишається нерухомим; на кроці 2 висувається шток циліндра 2.0, а циліндр 1.0 нерухомий; на кроці 3 втягується шток циліндра 1.0, циліндр 2.0 нерухомий; на кроці 4 втягується шток циліндра 2.0. Крок п’ять еквівалентний кроку один, тобто має місце початкове положення після відпрацювання одного повного циклу (рис. 12.4).

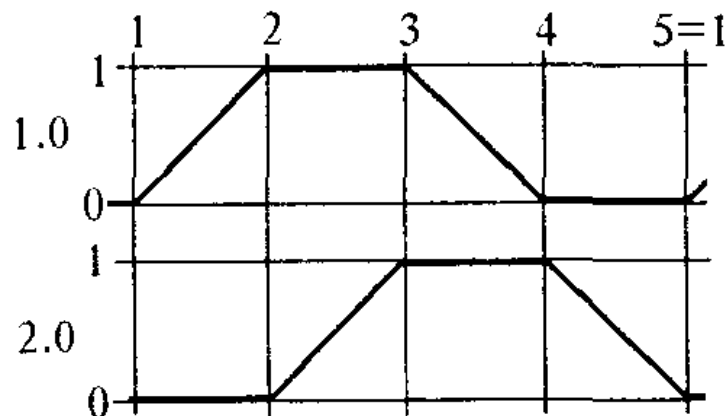


Рисунок 12.4 – Діаграма «переміщення крок»

Перед початком побудови алгоритму роботи системи необхідно «пов’язати» програмні та фізичні величини, тобто побудувати таблицю відповідності проекту (allocation list).

По-перше визначаємо, що в системі керування має бути контролер, в якого задіяні п’ять виходів та два входи.

Вихід 0 – підключення магніту, який забезпечує положення розподільника на висування циліндра 1.0.

Вихід 1 – який забезпечує положення розподільника на висування циліндра 2.0.

Вхід 1 – перемикач S1.

Вхід 2 – перемикач S2.

Вхід 3 – геркон S3.

Вхід 4 – геркон S4.

Вхід 6 – кнопка «Пуск» S6.

Надаємо входу і виходам символічні імена та абсолютні імена. Встановлення абсолютних імен здійснюємо відповідно до фізичного з’єднання виходів контролера з системою керування. В установках проекту вказуємо тип контролера FEC Standart.

В блокноті робимо опис розроблюваної системи, формуємо перелік необхідного обладнання та за допомогою програми FluidSim будуємо схему дослідного стенда (рис. 12.5).

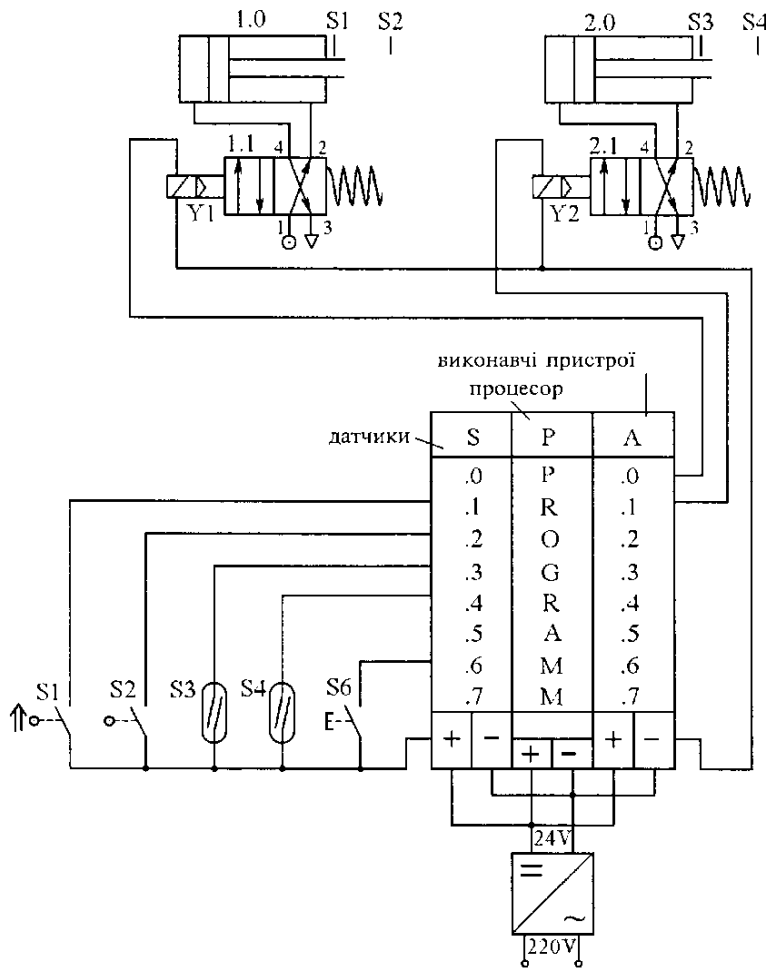


Рисунок 12.5 – Схема дослідного стенда

Складаємо алгоритм роботи системи та перетворюємо його на алгоритм керівної програми.

STEP 01	‘початок програми
IF NOP	‘завжди
THEN RESET O0.0	‘тоді втягнути циліндр 1.0
RESET O0.1	‘втягнути циліндр 2.0
RESET F0.0	‘вимкнути прапорець
STEP 02	‘початок роботи системи
IF XST	‘якщо включена кнопка S6 «Старт»
THEN SET F0.0	‘ввімкнути прапорець циклу
STEP 03	‘перший такт роботи системи
IF F0.0	‘якщо ввімкнено прапорець циклу
AND X1	‘циліндр 1.0 втягнутий
THEN SET O0.0	‘то висунути циліндр 1.0
STEP 04	
IF X2	‘якщо пакет піднято
AND X3	‘та циліндр 2.0 втягнутий
THEN SET O0.1	‘тоді висунути циліндр 2.0

STEP 05	
IF X4	‘якщо висунуто циліндр 2.0
THEN RESET O0.0	‘то втягнути циліндр 1.0
STEP 06	
IF X1	‘якщо циліндр 1.0 втягнувся
THEN RESET O0.1	‘то втягнути циліндр 2.0
STEP 07	
IF X3	‘якщо циліндр 2.0 втягнувся
THEN JMP TO 08	‘стрибнути до наступного кроку
STEP 08	
IF X1 AND X3	‘якщо обидва циліндра втягнуті
THEN RESET	‘вимкнути прапорець циклу
JMP TO 02	‘перейти на початок роботи

Порядок виконання лабораторної роботи.

1. Вивчити правила техніки безпеки, перевірити наявність заземлення на устаткуванні, видалити з робочої зони усі сторонні предмети і розписатися в журналі з техніки безпеки.
2. Вивчити будову та принцип роботи лабораторного обладнання.
3. Згідно із завданням (додаток Б) побудувати діаграму «переміщення–крок», розробити схему системи керування та алгоритм роботи привода.
4. За розробленим алгоритмом скласти програму керування приводом з покроковою структурою.
5. Скласти систему керування пневмоприводом, включно з комутацією електричних компонентів.
6. Після перевірки комутації дослідного стенда викладачем перевірити роботоздатність пневмопривода.

12.4 Зміст звіту

Звіт має містити: дату виконання роботи; тему та мету роботи; перелік необхідних приладів, обладнання, інструментів та матеріалів для проведення роботи; матеріали виконання роботи – діаграму «переміщення–крок», розроблену схему системи керування та алгоритм роботи привода, програму керування приводом; висновки.

12.5 Питання для самоконтролю

1. Яка мінімальна кількість кроків може бути задіяна в програмі?
2. Як зміниться робота системи з «паралельною» програмою якщо поміняти місцями вирази?
3. Чи може робота системи з «кроковою» програмою залежати від отриманого в роботі системи результату?
4. Які чинники впливають на порядок виконання програми?
5. Чи може крок мати ім'я F?

Розділ 2 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичне заняття № 1

РОЗРАХУНОК БУНКЕРНИХ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ (БЗП) ПРИ ЗАВАНТАЖЕННІ РОБОЧИХ ЗОН ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ШТУЧНИМИ ЗАГОТОВКАМИ

1.1 Методика проведення заняття

Умова проведення.

Практичне заняття буде складатися з двох частин:

1-а частина (1 год) – розглядається приклад розрахунку вібраційного букерного завантажувального пристрою (ВБЗА);

2-а частина (1 год) – розглядається приклад розрахунку кишенькового букерного завантажувального пристрою (КБЗП).

Аудиторна робота.

Для кожної частини викладач розглядає приклад розрахунку відповідного БЗП з обов'язковим записом матеріалу у зошиті для практичних занять кожним студентом.

В процесі розгляду прикладів викладач разом з аудиторією вирішує проблемні питання, підводячи їх розв'язок до оптимального варіанта.

Матеріали для аудиторної роботи.

Нижче наводяться приклади розрахунку БЗВ, аналогічних тим, які будуть розглядатися в аудиторії.

Приклади розрахунку БЗВ

Розрахунок ВБЗП.

1. Схема ВБЗП (рис. 1.1).

2. Склад і принцип роботи ВБЗП (схема на рис. 1.1).

Бункер являє собою циліндричну чашу 1, на внутрішній поверхні якої виконаний гвинтовий напрямний моток 2 для завантажуваних деталей. Чаша закріплена на трьох похилих пружинних стрижнях 3 до масивної плити 4. Від електромагнітного вібратора здійснюється коливання чаші. Вібратор складається з електромагніту 5, закріпленого на плиті 4, та якоря 6, закріпленого на чаші. При живленні електромагніту пульсуючим або змінним струмом якор періодично притягується. Вертикальні коливання вібратора за рахунок вигину похилих пружинних стрижнів перетворюють коливання чаші 1 на спіральні. Такий коливальний рух чаші приводить до

переміщення деталей догори по напрямному лотку 2. Змінюючи напругу живильного струму, можна легко змінювати амплітуду вібрації, і тим самим – швидкість руху завантажуваних деталей і відповідно продуктивність ВЗДП.

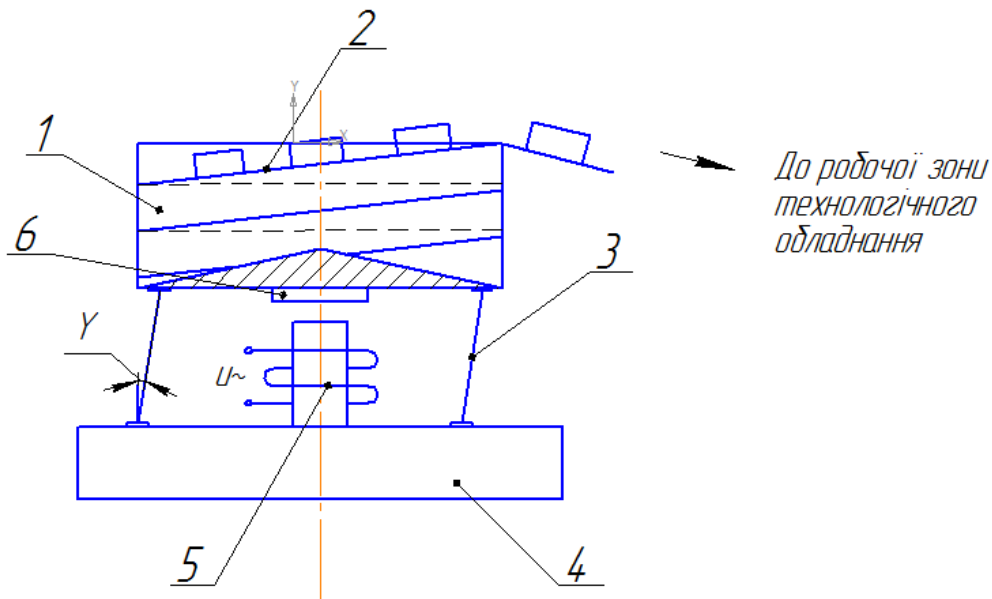


Рисунок 1.1 – Схема вібраційного букерного завантажувального пристрою

3. Розмірні характеристики завантажуваних деталей (рис. 1.2).

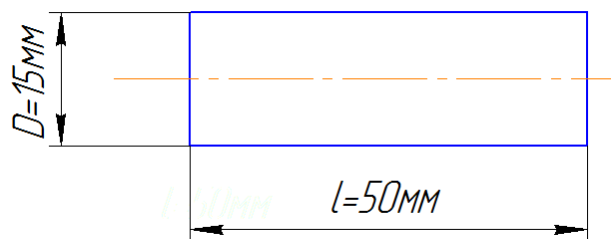


Рисунок 1.2 – Найменування деталі: «Валик»

4. Інші вихідні данні:

- матеріали деталі «Сталь»;
- деталь подається в робочу зону складального автомата, який працює з продуктивністю $\Pi_0 = 60$ дет./хв.;
- коефіцієнт тертя між деталлю та поверхнею напрямного лотка $f_t = 0,15$;
- частота струму, який живить котушку з обмоткою електромагнітного вібратора $f = 50$ Гц;
- середній радіус лотка $R = 120$ мм.

5. Визначення деяких параметрів ВБЗП.

Для переміщення деталей догори по напрямному лотку необхідні певні конструктивні параметри бункера.

- Визначення маси деталей:

$$m_d = V_d \cdot \gamma = \frac{\pi 1,5^2}{4} \cdot 5 \cdot 7,8 \cong 68,882 = 0,06888 \text{ (кг)}.$$

- Потрібна продуктивність бункерного пристрою:

$$Q = (1,15 \dots 1,25) \cdot Q_{\text{обл.}} = 1,2 \cdot 60 = 72 \text{ (дет./хв)}$$

- Кількість деталей, які засипаються до бункера:

$$N = Q \cdot t = 72 \cdot 2 = 144 \text{ (дет.)}$$

- Об'єм бункера:

$$V_b = \frac{V_d N}{\rho} = \frac{\pi 1,5^2}{4} \cdot 5 \cdot 144 / 0,5 = 2543,4 \text{ (см}^3\text{)}.$$

За рекомендацією об'єм бункера не має перевищувати $V_b \leq (0,05 \dots 0,25) \text{ м}^3$. В нашому випадку $V_b = 0,0025 \text{ м}^3$, що відповідає рекомендації.

- Умова $m_d \leq 0,3 \text{ кг}$ виконується – $m_d = 0,06888 \text{ кг} \ll 0,3 \text{ кг}$.

- Сумарна маса всіх деталей:

$$M = m \cdot N = 0,06888 \cdot 144 = 9,9 \text{ (кг)},$$

що відповідає рекомендації $M \leq 10 \text{ кг}$.

- Середня розрахункова продуктивність пристрою:

$$P_{\text{сер.}} = \frac{P_0}{1 - K_n} = \frac{60}{1 - 0,25} \cong 80 \text{ (дет./хв)}$$

- Вирогідність орієнтованого положення деталей на вихідному лотку:

$$P_{(l_0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d}{l_{\text{дем.}}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{15}{50}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1,09}} \cong 0,958.$$

- Середнє значення зазору S між деталями, які рухаються, та відносна довжина деталі $\Delta(l_0)$:

$$S = 0; \Delta(l_0) = 1.$$

- Коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = P_{(l_0)} \Delta(l_0) = 0,958 \cdot 1 = 0,958.$$

- Швидкість руху деталей по лотку, яка забезпечує потрібну продуктивність:

$$V_{дет.} = \frac{\Pi_{сер.}}{60K_3} L_{дет.} = \frac{80}{60 \cdot 0,958} \cdot 50 = 69,59 \text{ (мм/с)}.$$

- Крок спірального лотка:

$$t = 1,6h + S = 1,6 \cdot 1,5 + 3 = 27 \text{ (мм);}$$

$$S_2 = 3 \text{ мм} - \text{прийнята конструктивно.}$$

- Діаметр бункера мінімальний:

$$D_{\min} = (5 \div 8)l_{дет.} = 6 \cdot 50 = 300 \text{ (мм)}.$$

- Кут підйому спірального лотка:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{t}{\pi D_{\min}} = \frac{27}{3,14 \cdot 300} = 0,02866;$$

$$\beta = 1^{\circ}39'.$$

- Коефіцієнт режиму роботи: вибираємо $R_0 \approx 1,25$.

- Коефіцієнт K_β :

$$K_\beta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{f} = \frac{0,02866}{0,15} = 0,191.$$

- Коефіцієнт швидкості

$$K_V = \mathcal{E} \left(1 - \frac{1}{R_0^2} \right) \left(1 - \frac{2k\beta}{R_0^2} \right) = 0,8 \left(1 - \frac{1}{1,25^2} \right) \left(1 - \frac{2 \cdot 0,191}{1,25^2} \right) =$$

$$= 0,8 \cdot 0,36 \cdot 0,756 \cong 0,218.$$

- Кут напрямку коливань:

$$(\acute{\alpha} - \beta) = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{R_0 g \cos \beta K v}{2\pi V_e U_{дет.}} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1,25 \cdot 9810 \cdot \cos 1^{\circ}39' \cdot 0,218}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 69,59}$$

$$= \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1,25 \cdot 9810 \cdot 0,9996 \cdot 0,218}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 69,59} = 0,1222;$$

$$d - \beta = 7^{\circ}.$$

- Значення кута $\acute{\alpha}$:

$$\acute{\alpha} = (\acute{\alpha} - \beta) + \beta = 7^{\circ} + 1^{\circ}39' = 8^{\circ}39'$$

- Середній радіус руху деталі по лотку:

$$R = \frac{D_{\delta} - d_{\delta em}}{2} = \frac{300 - 15}{2} = \frac{285}{2} = 142,5 \text{ (мм)}.$$

- Кут нахилу пружинних стрижнів підвіски:

$$tg \Psi = \frac{R}{r} tg \acute{\alpha} = \frac{142,5}{130} tg 8^{\circ}39' = \frac{142,5}{130} 0,1521 = 0,1667;$$

$$\Psi = 9^{\circ}28'$$

де $r = 130$ мм – взятий конструктивно.

- Амплітуда коливання лотка:

$$A = \frac{V_{\delta em}}{2\pi V_{\delta} \cos(\acute{\alpha} - \beta) K v} = \frac{69,59}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot \cos 7^{\circ} \cdot 0,218} = \frac{69,59}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,9903} \cong 0,224 \text{ (мм)}.$$

- Вертикальна складова амплітуди коливань:

$$A_{\delta} = A \sin \Psi = 0,224 \cdot \sin 9^{\circ}28' = 0,224 \cdot 0,1644 \cong 0,037 \text{ (мм)}.$$

Розрахунок КБЗП.

1. Схема КБЗП (рис. 1.3).

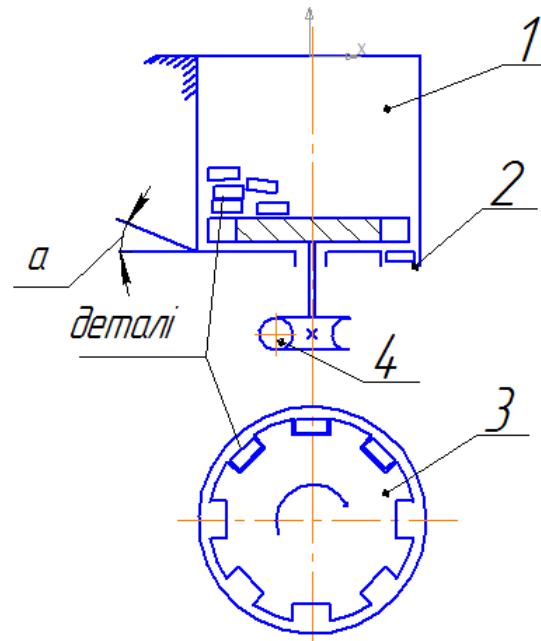


Рисунок 1.3 – Схема кишенькового бункерного завантажувального пристрою (КБЗП)

2. Склад і принцип роботи КБЗП (див. схему на рис. 1.3).

Такий завантажувальний пристрій теж складається з циліндричної нерухомої чаші 1, всередині якої розташований диск з виїмками (кишенями) 2 по периферії, які мають форму, залежну від форми оброблюваних деталей та заданої орієнтації, тобто останній виконує функцію орієнтувального пристрою. Цьому диску надається від привода 4 обертовий рух. Бункер 1 закріплено з нахилом до лінії горизонту, кут якого α становить 45° – 50° . В бункер 1 засипають заготовки або оброблювані деталі. Деталі скочуються по поверхні обертового диску 3, який теж під згаданим вище кутом α розташований похило до нижньої частини чаші. Окремі деталі потрапляють під козирок відсікача, який закріплено до внутрішньої поверхні чаші, та провалюються у кишені диска. Внаслідок цього забезпечується орієнтування деталей в певному положенні. Інші деталі затримуються козирком або ж, будучи неправильно зорієнтованими, не западають у кишені диска, і захоплюючись ним, знову переміщуються. Деталі, які потрапили до кишень, переміщуються по дну чаші догори, провалюються у вікно і потрапляють у відповідний лоток 2 (приймальник).

Для більш інтенсивного переміщування деякі диски, їх верхня площа, оснащуються спеціальними лопатями. Процес потрапляння деталей в зону кишень пов'язаний з проявленням відцентрових сил.

3. Розмірні характеристики завантажуваних деталей.

Для цього прикладу обрана та ж сама деталь «Валик», яка розглядалася при роботі ВБЗП.

4. Інші вихідні дані:

- матеріал деталі «Сталь»;
- деталь подається в робочу зону верстата в горизонтальному положенні, продуктивність його роботи становить $P_0 = 60$ дет./хв;
- коефіцієнт тертя деталі по поверхні диску $f = 0,15$.

5. Визначення деяких параметрів бункера та кишенькового орієнтувального пристрою:

- визначення маси деталі:

$$m_d = 0,06888 \text{ кг (аналогічно розрахунку ВБЗП);}$$

- потрібна продуктивність бункерного пристрою:

$$Q = 72 \text{ дет./хв (аналогічно розрахунку ВБЗП);}$$

- кількість деталей, які засипаються до бункера:

$$N = 144 \text{ дет./хв (аналогічно розрахунку ВБЗП);}$$

- об'єм бункера:

$$V_6 = 2543,4 \text{ см}^3 \text{ (аналогічно розрахунку ВБЗП).}$$

Рекомендований об'єм:

$$V_6 = 0,0025 \text{ м}^3 \leq (0,05 \div 0,25) \text{ м}^3 - \text{умова виконується};$$

- умова $m \leq 0,3 \text{ кг}$ виконується – $m_d = 0,06888 \text{ кг} \ll 0,3 \text{ кг}$;

- сумарна маса всіх деталей:

$$M = 9,9 \text{ кг (аналогічно розрахунку ВБЗП),}$$

$$\text{що відповідає рекомендації } M \leq 10 \text{ кг};$$

- середня розрахункова продуктивність пристрою:

$$P_{сер} = \frac{P_0}{1 - K_n} = \frac{60}{1 - 0,25} = 80 \text{ (дет./хв)};$$

- діаметр диска з кишнями:

$$D = (8 \div 15)l = 10 \cdot 50 = 500 \text{ (мм)};$$

- кількість кишень:

$$Z = \frac{180}{\arcsin \frac{1,5+2,5d}{D} + \arcsin \frac{50+0,5}{D}} = \frac{180}{\arcsin \frac{1,5+2,5 \cdot 15}{500} + \arcsin \frac{50+0,5}{500}} =$$

$$= \frac{180}{\arcsin 0,078 + \arcsin 0,101} = \frac{180}{4^\circ 28' + 5^\circ 48'} = \frac{180}{10^\circ 16'} \cong 18 \text{ (шт.)};$$

- розміри кишень

- крок:

$$m = l + b + \Delta l = 50 + 25 + 4 = 80 \text{ (мм)};$$

- ширина:

$$L = l + 0,5 \alpha = 50 + 0,5 \cdot 15 = 57,5 \text{ (мм)};$$

- глибина:

$$B = (0,9 \div 1) d = d = 15 \text{ (мм)};$$

- товщина робочого диска:

$$\Delta = (0,8 \div 0,9) d = 0,8d = 0,8 \cdot 15 = 12 \text{ (мм)};$$

- розмір вікна приймальника:

$$V = n_1 \sqrt{\frac{l^2 + d^2}{1+f}} = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{50^2 + 15^2}{1+0,15}} = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{1300+225}{1,15}} = 1,3 \cdot \sqrt{2370} = 1,3 \cdot 48,68 \approx 63 \text{ (мм)};$$

- швидкість обертання робочого диску (заготовка надходить до приймального у горизонтальному положенні):

$$V = \sqrt{\frac{\omega}{2} \frac{(L-l)^2}{(d-s_1)'}}$$

де прискорення заготовки:

$$\begin{aligned} \omega &= g(\cos \alpha - \sin \alpha) = 9800 (\cos 47^\circ - 0,15 \sin 47^\circ) = \\ &= 9800 \cdot (0,6820 - 0,15 \cdot 0,7314) = 9800 \cdot (0,6820 - 0,1097) = \\ &= 5608,54 \text{ (мм/с)} \approx 5609 \text{ (мм/с}^2\text{)}. \end{aligned}$$

Тоді:

$$V = \sqrt{\frac{5609}{2} \cdot \frac{(57,5-50)^2}{(15-5)}} = \sqrt{2804,5 \frac{56,25}{10}} = \sqrt{157753} = 125,59 \approx 126 \text{ мм/с}$$

($S_1 = 5$ мм – зазор між рухомими та нерухомими деталями).

Домашнє завдання. Наприкінці заняття кожному студенту видається завдання на підсумкову домашню роботу (індивідуальне завдання) з дисципліни, пов'язане з розрахунком вібраційного бункерного завантажувального пристрою або кишенькового БЗП (варіанти завдань наводяться у додатку В).

Практичне заняття № 2

РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПЕВНИМ ФУНКЦІОНАЛЬНИМ ПАРАМЕТРОМ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ЗА ЗАДАНИМ НАБОРОМ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

2.1 Методика проведення заняття

Умови проведення

Практичне заняття буде складатися з двох частин (по одному уроку на кожну).

1-а частина – розглядаються декілька прикладів розробки елементарних систем автоматичного керування певним функціональним параметром виробничого процесу за заданим набором складових елементів.

2-а частина – аудиторії дається спільне завдання за матеріалами 1-ої частини.

Аудиторна робота.

У 1-ій частині викладач розглядає декілька прикладів розробки систем автоматичного керування певним функціональним параметром виробничого процесу за заданим набором складових елементів. Нижче наводяться приклади систем, подібних до тих, які будуть розглядатися в аудиторії.

Приклад № 1

Завдання 1

А. Розробити принципову схему автоматичної системи для регулювання кутової швидкості на валу парової машини, застосувавши такі елементи:

- розподільний золотник;
- гідроциліндр;
- заслінка;
- паровий двигун;
- важіль;
- відцентровий вимірювач швидкості (ВВШ).

Б. Обґрунтовано запропонувати спрощений варіант схеми за варіантом А з використанням відцентрового вимірювача швидкості.

Примітка. Для варіантів А та Б дати словесні описи систем (склад, принцип дії).

Виконання завдання 1

Варіант А (рис. 2.1).

Гідравлічний двигун (золотник 1 із силовим поршнем 2 разом з ізодромом (пружина 7 із демпфером 8) можуть знаходитись в спокої тільки при одному певному положенні важеля 4, коли пружина знаходиться у ненапруженому стані, а золотник 1 – в середньому положенні (як показано на рис. 2.1). При цьому муфта ВВШ займає положення, яке відповідає заданій кутовій швидкості Ω .

При відхиленні швидкості Ω від заданого значення муфта 6 зсунеться, змістить золотник 1 і вся система прийде в рух і рухатиметься до тих пір, поки швидкість Ω знову не стане заданою.

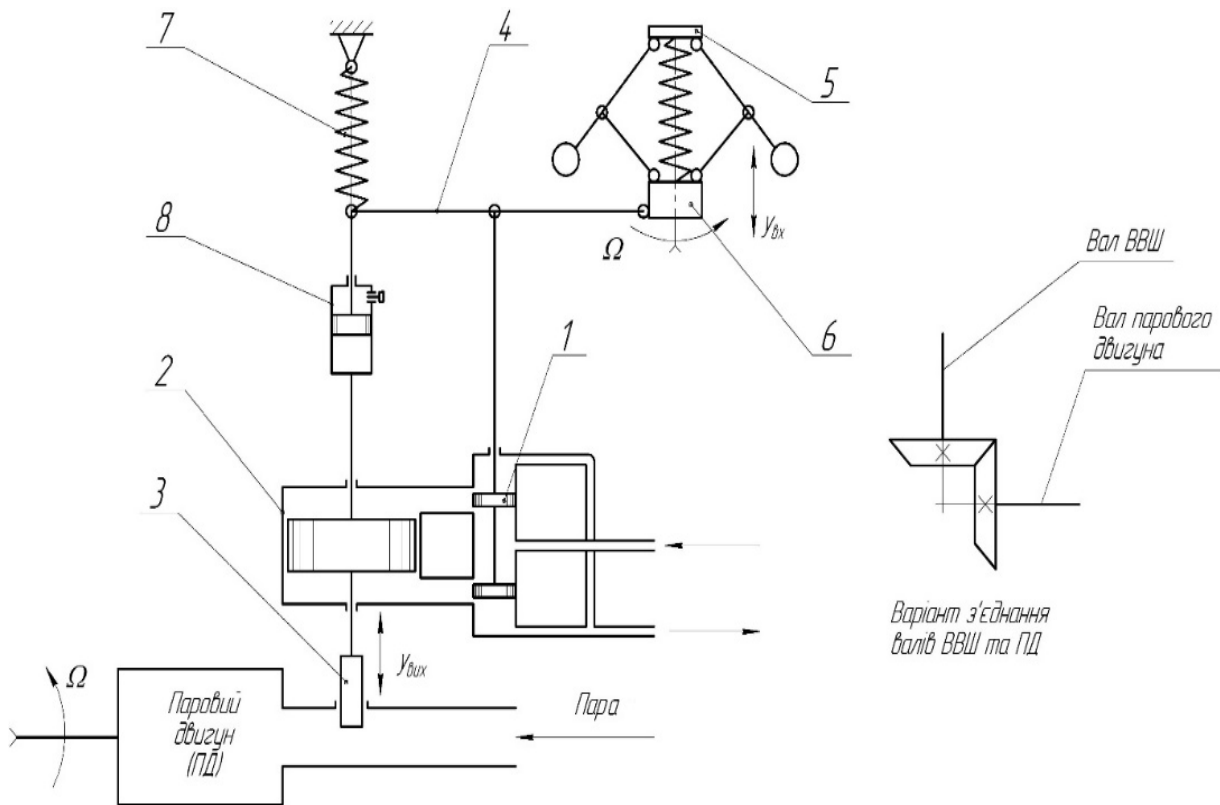


Рисунок 2.1 – Автоматична система для регулювання кутової швидкості на валу парової машини: 1 – розподільний золотник; 2 – гідроциліндр; 3 – заслінка; 4 – важіль; 5 – відцентровий вимірювач швидкості; 6 – муфта ВВШ; 7 – пружина; 8 – демпфер

Варіант Б (рис. 2.2).

Заданій кутовій швидкості Ω відповідає певне положення муфти ВВШ і відповідно – заслінки 5, яка утворює такий прохід для пару, що задовольняє виникненню на валу ПД заданої швидкості Ω .

При відхиленні Ω від заданого значення змінюється положення муфти 2, яка через важелі 3, 4 змінює відповідно положення заслінки і, таким

чином, регулюється кількість пари, яка надходить до парового двигуна – після чого кутова швидкість Ω знову набуває значення заданої (рис. 2.2).

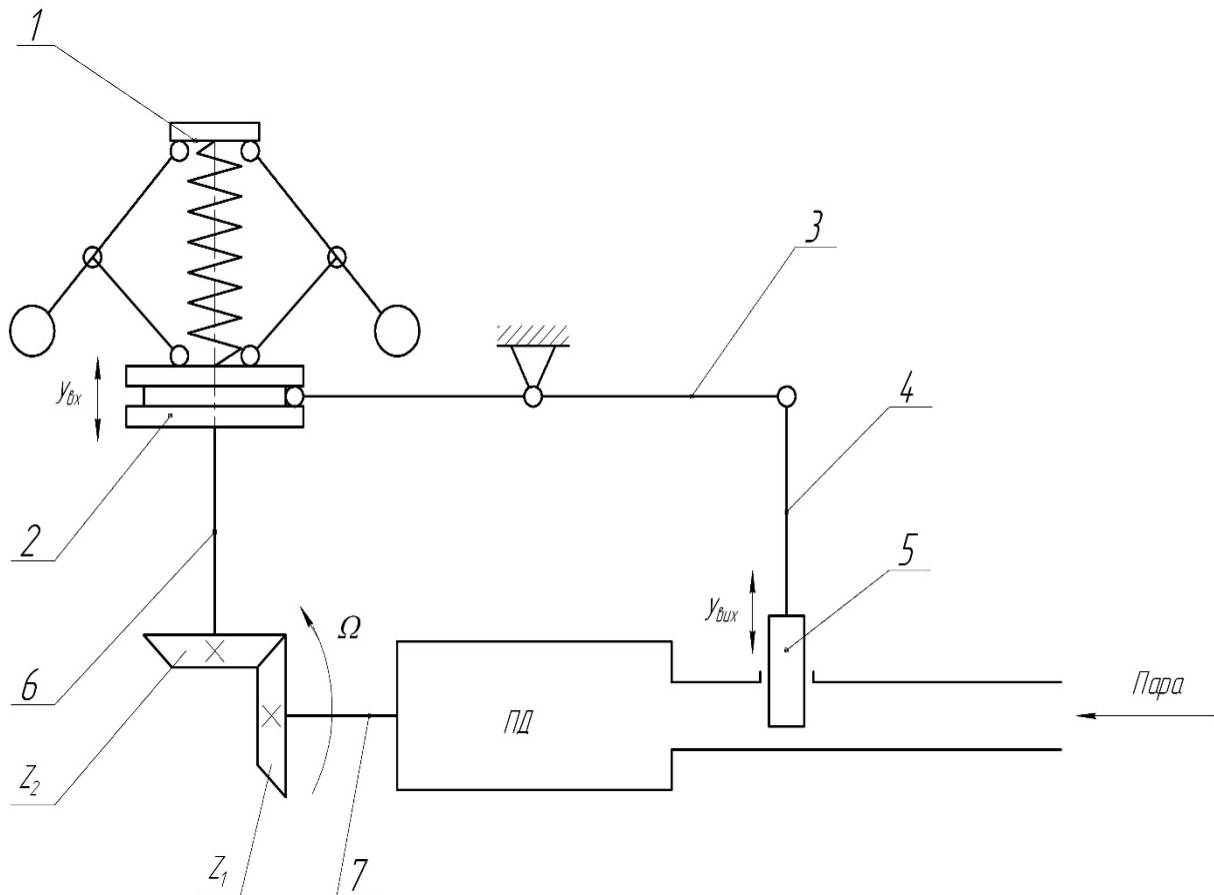


Рисунок 2.2 – Спрощений варіант автоматичної системи для регулювання кутової швидкості на валу парової машини:

1 – ВВШ; 2 – муфта ВВШ; 3, 4 – важелі; 5 – заслінка; 6, 7 – вали;
 Z_1, Z_2 – пара конічних зубчастих коліс

В роботу цієї системи закладено принцип керування за відхиленням, тобто існує канал зворотного зв'язку, що робить систему замкненою.

Завдання 2

Побудувати структурну схему однієї із розроблених систем за варіантами А або Б, яка зображає інформаційні та енергетичні зв'язки між окремими функціональними елементами системи (віднести всі складові елементи системи за функціональною ознакою до відповідного засобу автоматизації та до відповідного функціонального блока однойменної схеми, відомої з курсу «Теорія автоматичного керування технологічними системами»; визначити необхідні зв'язки між складовими елементами та віднести їх до інформаційних, енергетичних тощо, вказати і назвати згідно з прийнятою термінологією обов'язкові сигнали, які мають мати місце в будь-якій системі автоматичного регулювання, вказати, який принцип керування закладений в роботу цієї системи.

Виконання завдання 2

Розроблені системи працюють за принципом керування за відхиленням.

Розглянемо систему, розроблену за варіантом Б. Її структура може бути подана функціональною схемою (рис. 2.3).

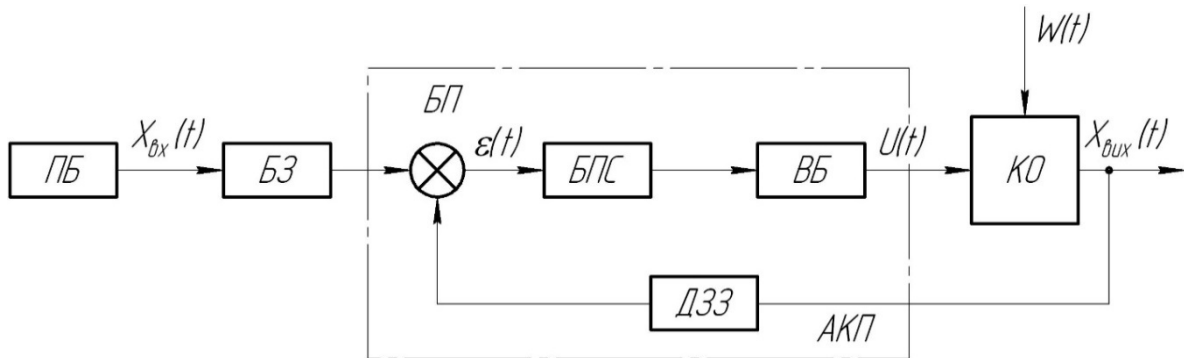


Рисунок 2.3 – Функціональна схема системи

На схемі вказані такі функціональні блоки: ПБ – програмний блок; БЗ – блок зчитування програми; БП – блок порівняння; БПС – блок підсилення; ВБ – виконавчий блок; АКП – автоматичний керівний пристрій; КО – керований об’єкт; $X_{вх}(t)$ – програмний сигнал; $\varepsilon(t)$ – розбіжність між програмним сигналом та сигналом на виході $X_{вих}(t)$; $W(t)$ – внутрішні або зовнішні збурення, які діють на керований об’єкт та викликають розбіжність (відхилення) $\varepsilon(t)$; ДЗЗ – датчик зворотного зв’язку.

Відповідність між складовими елементами системи та функціональними блоками така: КО – парова машина; керівний орган (він закладений як керований об’єкт) – заслінка 1; $X_{вх}(t)$ – потрібна кутова швидкість Ω обертання вала парової машини; $X_{вих}(t)$ – переміщення заслінки 1; БЗ – муфта ВВШ – 5; коло керування – важелі 3 та 2; БПС – важіль 3; ВБ – важіль 2; коло зворотного зв’язку – осі 7 та 6, шестерні Z_1 та Z_2 ; ДЗЗ – відцентровий вимірювач швидкості ВВШ.

Приклад № 2

Завдання. Розробити автоматичну систему підтримання постійної швидкості подачі шліфувальної бабки кругло-шліфувального верстата, застосувавши елементи гідропривода та відомі засоби автоматизації в колі керування. Розглянути альтернативні варіанти.

Виконання завдання

1. Визначення елементної бази системи. До складу системи мають входити такі елементи:

- гідравлічна насосна станція;

- гідроциліндр, шток якого жорстко з'єднаний із шліфувальною бабкою;
- автоматично керований дросель;
- датчик вихідного сигналу (як альтернативні варіанти можна розглянути реостатний датчик, ємнісний, індуктивний);
- порівнювальний пристрій;
- підсилювальний пристрій.

Будемо вважати, що хід шліфувальної бабки здійснюється на невеликій відстані, тобто для розробки системи не знадобляться занадто потужні, тобто великогабаритні датчики. Таким чином, всі запропоновані датчики зворотного зв'язку можуть бути застосовані в цій розробці.

2. В роботу заданої системи доцільно закласти принцип керування за відхиленням, тобто в ній має мати місце зворотний зв'язок. Наведемо функціональну схему такої системи (рис. 2.4).

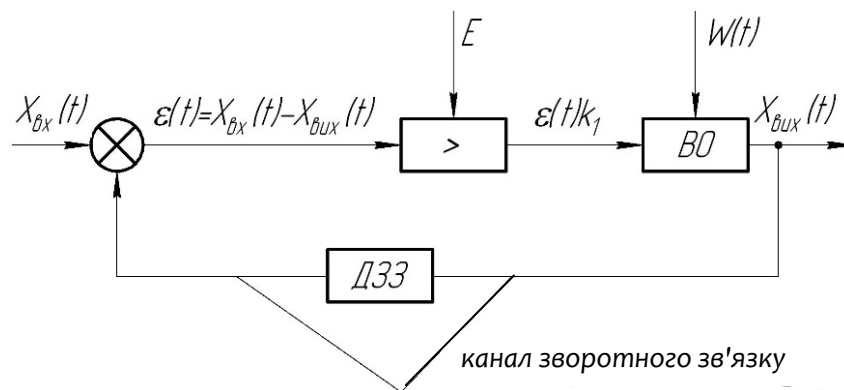


Рисунок 2.4 – Функціональна схема системи

На функціональній схемі позначено: $X_{вх}(t)$ – програмний сигнал; $X_{вих}(t)$ – відпрацьований системою програмний сигнал – вихідний сигнал; $>$ – підсилювач, який живиться від окремого джерела енергії E ; $ВО$ – виконавчий орган; $ДЗЗ$ – датчик зворотного зв'язку; $\varepsilon(t)$ – розбіжність між програмним сигналом та сигналом на виході $X_{вих}(t)$; k_1 – коефіцієнт підсилення; \otimes – порівнювальний пристрій.

3. Розробка ескізного проекту цієї системи.

Варіант А (рис. 2.5).

На рис. 2.5 позначено: $НС$ – насосна станція; 1 – гідроциліндр; 2 – шпіндельна бабка (вона ж шліфувальна); 3 – напрямні верстата; 4 – датчик зворотного зв'язку реостатного типу; 5 – автоматично керований дросель, який встановлено за схемою регулювання швидкості «на виході виконавчого органу».

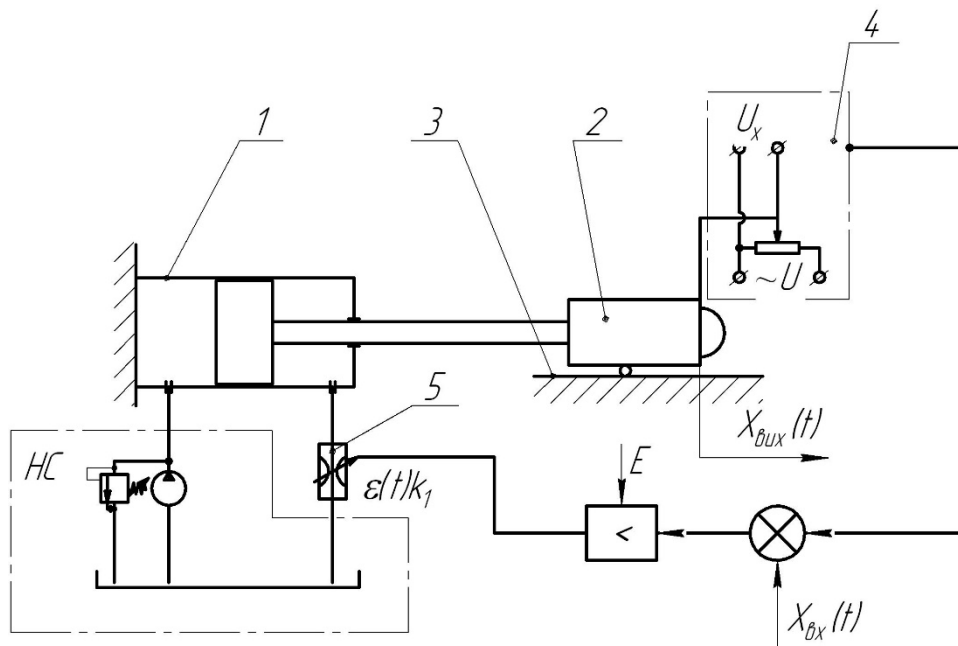


Рисунок 2.5 – Ескізний проект автоматичної системи (варіант А)

Варіант Б (рис. 2.6).

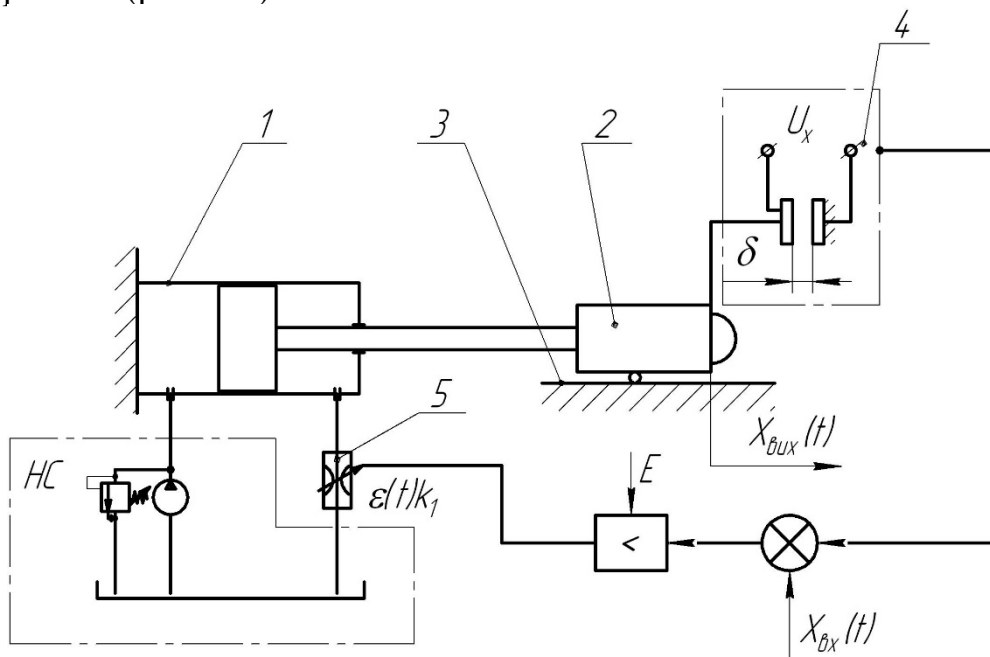


Рисунок 2.6 – Ескізний проект автоматичної системи (варіант Б)

Позначення на рис. 2.6 відповідають позначенням на рис. 2.5, крім позиції 4 – датчик зворотного зв'язку ємнісного типу.

В розроблених схемах гідроциліндр 1 є виконавчим органом, шліфувальна бабка із кругом – робочим органом, дросель 5 – регулювальним органом.

Приклад № 3

Завдання. Розробити автоматичну систему підтримання певної температурної залежності від часу в гартувальній печі, застосувавши такі складові елементи:

- терморпару;
- кулачок, профіль якого відповідає заданій температурній залежності;
- два потенціометри;
- двотактний магнітний підсилювач з керівною обмоткою збудження;
- двофазний електродвигун постійного струму;
- нагрівний елемент;
- інші елементи, необхідність в яких потрібно обґрунтувати.

Виконання завдання

Пропонується така схема системи (рис. 2.7).

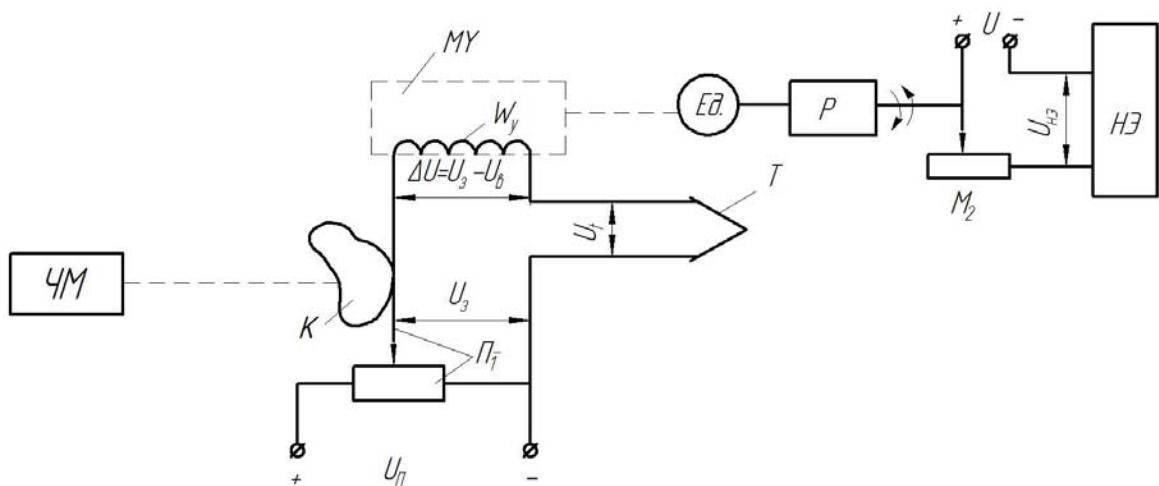


Рисунок 2.7 – Схема розробленої автоматичної системи підтримання певної температурної залежності від часу в гартувальній печі:

ГМ – годинниковий механізм; К – кулачок; Т – терморпара;
П₁, П₂ – потенціометри; е – електродвигун; Р – редуктор; МП – магнітний підсилювач з обмоткою збудження W_к; НЕ – нагрівний елемент

В наведеній гартувальній печі для процесу загартовування деталей задається графік або програма змінення температури в часі. Тут потрібно програмне керування, що можна здійснити за допомогою задавального пристрою, у якого задавальна величина автоматично змінюється в часі за заданим законом. Потрібний закон зміни температури печі в часі задається за допомогою програмного елемента, який складається з кулачка К та годинникового механізму ГМ і за допомогою потенціометра П₁ перетворюється в напругу U₃. Ця напруга порівнюється з напругою U_t терморпари Т, яка пропорційна фактичній температурі в печі. За невідповідності між заданою і фактичною температурами в печі до обмотки W_к двотактного магнітного підсилювача МП буде подаватися

напряга $U=U_3-U_t$. Асинхронний двофазний двигун e , обмотка керування якого ввімкнена на виході МП, має обертатися так, щоб, переміщуючи двигунок регулювального реостата Π_2 , забезпечити потрібну зміну напруги $U_{не}$ нагрівного елемента. Це викличе зміну температури в печі згідно з потрібним графіком. Коли потрібна за програмою та фактична температури придуть у відповідність, U буде дорівнювати нулю і двигун зупиниться.

В цьому прикладі регульованим об'єктом є піч, регульованим параметром – температура печі, вимірювальним елементом – термопара, підсилювальним – магнітний підсилювач, виконавчим – електродвигун, перетворювальним – потенціометр Π_1 , регулювальним – реостат Π_2 і програмним – кулачок K з годинниковим механізмом ГМ.

Приклад № 4

Завдання. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу у технологічній місткості з такими складовими елементами:

- клапан;
- поршневий сервопривод;
- струмінний перетворювач;
- сильфон.

Виконання завдання

Пропонується така схема системи (рис. 2.8).

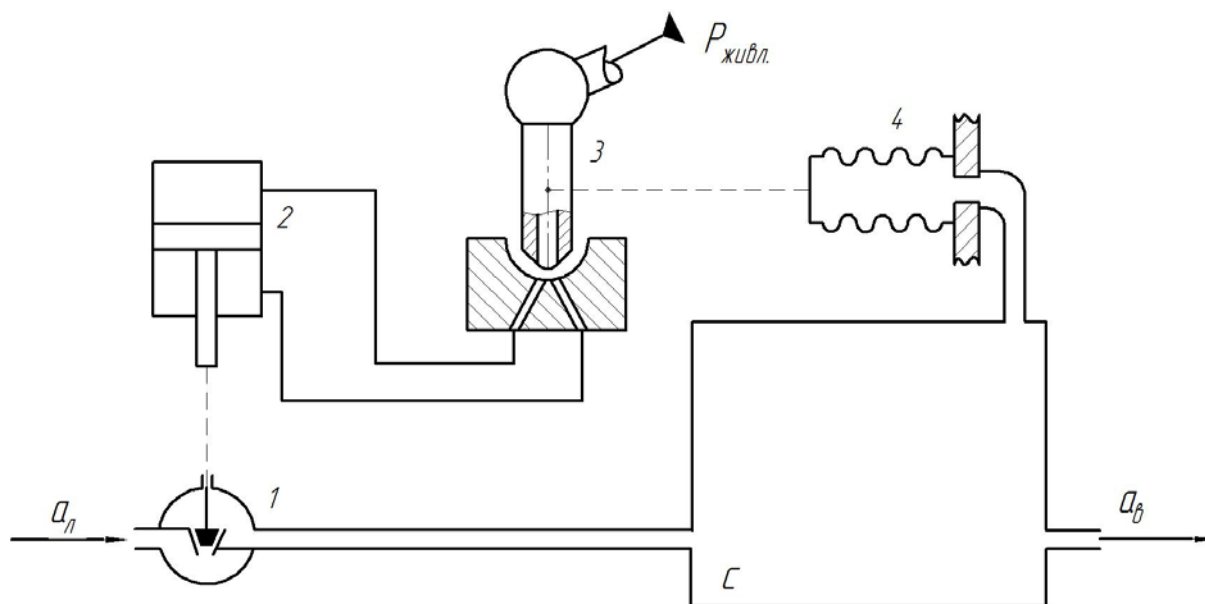


Рисунок 2.8 – Схема розробленої автоматичної системи регулювання тиску

При зменшенні навантаження $Q_{в}$ тиск у технологічній місткості зростає, сильфон 4 переміщує струмінну трубку 3 ліворуч; в результаті тиск робочої рідини у верхній порожнині сервопривода 2 зростає, у нижній

– зменшується, і поршень сервопривода за допомогою клапана 1 зменшує подачу газу Q_g . При збільшенні Q_v подача газу Q_n теж зростає.

Вимоги до аудиторії! Весь викладений матеріал, має бути записаний в зошиті для практичних занять кожним студентом.

В процесі розгляду прикладів викладач разом з аудиторією вирішує проблемні питання, підводячи їх вирішення до оптимального варіанта.

В 2-ій частині заняття аудиторія отримує спільне завдання на розробку певної автоматичної системи. Наприкінці заняття один студент викликається до дошки, презентує свою (свої) розробку. Проводиться аудиторне обговорювання прийнятого рішення.

Домашнє завдання. Наприкінці заняття кожному студенту видається завдання на підсумкову домашню роботу (індивідуальне завдання) з дисципліни, пов'язану з розробкою автоматичної системи підтримання певного функціонального параметра виробничого процесу за заданими складовими елементами (варіанти завдань наводяться у додатку Д).

Практичне заняття № 3

РОБОТИЗАЦІЯ ЗАДАНОЇ АБО ЗАДАНИХ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ

3.1 Методика проведення заняття

Умови проведення

Практичне заняття буде складатися з двох частин (по одному уроку на кожну).

1-а частина – розглядаються приклади роботизації заданої операції, яка виконується, наприклад, на токарному верстаті з двох установів із використанням напольного робота (1-й приклад) і аналогічного технологічного процесу, але кожний установ деталі обробляється на двох робочих місцях (2-й приклад); розробляється алгоритм роботи розроблених комплексів за допомогою словесного опису та опису за допомогою мнемонічних позначень.

2-а частина – аудиторії дається спільне завдання за матеріалами 1-ої частини.

Аудиторна робота

В 1-ій частині викладач розглядає два приклади роботизації відповідно до заданих маршрутів обробки: один робот обслуговує одне робоче місце і один робот обслуговує два робочих місця. Матеріал розгляду прикладів має бути записаний у зошиті для **практичних** занять кожним студентом.

В процесі розгляду прикладів викладач разом з аудиторією вирішує проблемні питання, підводячи їх вирішення до оптимального варіанта.

В 2-ій частині заняття аудиторія отримує спільне завдання на роботизацію одієї або двох операцій одним роботом. Наприкінці заняття один студент викликається до дошки і презентує свою розробку, проводиться аудиторне обговорення прийнятого рішення.

Матеріали для аудиторної роботи.

Нижче наводяться приклади роботизації операцій, аналогічних тим, які будуть розглядатися в аудиторії (1-а частина).

Приклад № 1

Завдання. Розробити роботизований комплекс для автоматизації завантажувально-розвантажувальних робіт для виконання токарної операції з використанням верстата з ЧПК такого змісту:

- завантаження заготовки;
- попередня і остаточна обробка одного боку заготовки;
- перевстановлення заготовки;
- попередня і остаточна обробка другого боку заготовки;
- розвантаження деталі.

Маса деталі становить 8 кг, деталь за формою тіла обертання – ступінчастий вал.

Виконання завдання

Роботизований комплекс для однієї операції з перевстановленням заготовки та одним комплексним накопичувачем.

Спочатку потрібно підібрати промисловий робот з необхідною кількістю ступенів рухомості для виконання процесу обслуговування заданої операції і це мають бути: затискання–розтискання захоплювача; горизонтальні та вертикальні переміщення маніпулятора (механічної руки); ротація захоплювача; повороти колони з маніпулятором в обох напрямках. Пропонуємо використати промисловий робот моделі M10P61.02. Його конструкція, вагова характеристика та характеристика ступенів рухомості: вантажопідйомність – максимальна – 10 кг; на колоні закріплена механічна рука, на якій розташована каретка з двома призматичними захоплювачами, каретка може повертатися в обох напрямках відносно осі руки, а також в горизонтальному напрямку при вертикальному розташуванні захоплювачів; механічна рука може здійснювати дугові переміщення – в одному напрямку на 90° , в другому, перпендикулярному до першого, або на 90° , або на 180° ; виліт руки можна змінювати шляхом встановлення різних за довжиною втулок, на яких кріпиться каретка.

Накопичувач застосовуємо поворотного типу відносно вертикальної осі з певним кроком та певною кількістю місць для накопичення заготовок та деталей.

Робоча зона токарного верстата з ЧПК за допомогою захисного екрана з приводом, який керується єдиною системою керування комплексом, може відкриватися та закриватися.

Нижче наводиться схема розробленого роботизованого комплексу з одним комплексним накопичувачем (рис. 3.1).

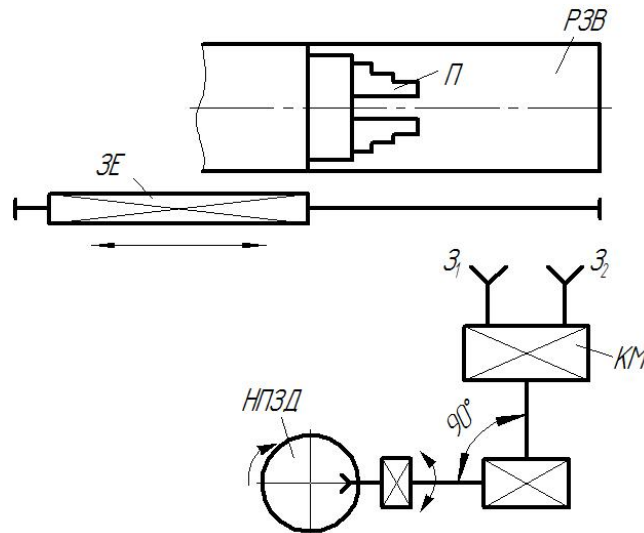


Рисунок 3.1 – Схема роботизованого комплексу (приклад № 1)

Словесний опис алгоритму роботи

Вихідні умови. Заготовка $ЗГ_1$ закріплена в пристосованні верстата (патрон П); здійснюється процес обробки на першому установі; захисний екран ЗЕ закриває робочу зону верстата РЗВ; маніпулятор знаходиться у вертикальному положенні; обидва захоплювачі порожні, причому захоплювач $З_1$ спрямований до РЗВ; накопичувач НПЗД повернутий у кутове положення з підготовленою до видачі наступною заготовкою. Закінчується обробка заготовки на першому установі.

Алгоритм

1. Відкривається захисний екран ЗЕ.
2. Маніпулятор захоплювачем $З_1$ нахиляється на 90° до робочої зони верстата РЗВ.
3. Каретка КМ маніпулятора М рухається вліво до патрона П.
4. Захоплювач $З_1$ затискає оброблену заготовку.
5. Патрон П розтискає оброблену заготовку.
6. Каретка маніпулятора КМ рухається вправо – оброблена заготовка виймається з патрона П.
7. Маніпулятор М піднімається на 90° у вихідне положення.
8. Каретка КМ розвертається на 360° .
9. Маніпулятор М опускається на 90° у робочу зону верстата РЗВ.
10. Каретка маніпулятора КМ рухається вліво до патрона П – обробленим боком заготовка встановлюється до патрона П.
11. Патрон П затискає заготовку.
12. Захоплювач $З_1$ розтискає заготовку.
13. Каретка маніпулятора КМ рухається вправо.
14. Маніпулятор М піднімається на 90° у вихідне положення.
15. Захисний екран ЗЕ закриває робочу зону верстата РЗВ.

16. Обробка заготовки з другого боку.
 17. Поворот каретки маніпулятора КМ за годинниковою стрілкою на 90° – захоплювач Z_2 спрямовується до накопичувача НПЗД.
 18. Маніпулятор М опускається на 90° до накопичувача НПЗД.
 19. Захоплювач Z_2 затискає наступну заготовку $ZГ_2$.
 20. Маніпулятор М піднімається вгору на 90° у вихідне положення.
 21. Каретка маніпулятора КМ повертається за годинниковою стрілкою на 90° – порожній захоплювач Z_1 спрямовується до робочої зони верстата РЗВ.
- Обробка заготовки з другого боку закінчена.
22. Захисний екран ЗЕ відкриває робочу зону верстата РЗВ.
 23. Маніпулятор М опускається на 90° у робочу зону верстата.
 24. Каретка маніпулятора КМ рухається вліво до патрона П.
 25. Захоплювач Z_1 затискає оброблену заготовку – деталь Д.
 26. Патрон П розтискає деталь Д.
 27. Каретка маніпулятора КМ рухається вправо – оброблена деталь Д виймається з патрона П.
 28. Маніпулятор М піднімається вгору на 90° у вихідне положення.
 29. Каретка маніпулятора КМ повертається проти годинникової стрілки на 180° – захоплювач Z_1 із затиснутою наступною заготовкою спрямовується до робочої зони верстата РЗВ.
 30. Маніпулятор М опускається в робочу зону верстата РЗВ на 90° .
 31. Каретка маніпулятора КМ рухається вліво до патрона П – заготовка встановлюється у патроні П.
 32. Патрон П затискає заготовку.
 33. Захоплювач Z_2 розтискає заготовку.
 34. Каретка маніпулятора КМ рухається вправо.
 35. Маніпулятор М піднімається вгору на 90° у вихідне положення.
 36. Каретка маніпулятора КМ повертається проти годинникової стрілки на 90° – захоплювач Z_1 із затиснутою деталлю Д спрямовується до накопичувача НПЗД.
 37. Одночасно з рухом п. 36 накопичувач НПЗД повертається на крок, готуючи вільну платформу під оброблену деталь Д.
 38. Маніпулятор М опускається вліво на 90° до накопичувача НПЗД.
 39. Захоплювач Z_1 розтискає деталь Д.
 40. Маніпулятор М піднімається вгору на 90° у вихідне положення.
 41. Каретка маніпулятора КМ повертається за годинниковою стрілкою на 90° – захоплювач Z_1 встановлюється напроти робочої зони верстата РЗВ.

Алгоритм роботи, записаний за допомогою мнемонічних позначень

З метою опису алгоритму роботи роботизованого комплексу застосовують умовні мнемонічні позначення, наприклад:

→ Д – П ← – деталь Д затискається у патроні П;

$\leftarrow 3 - 3 \rightarrow$ – заготовка 3 розтискається у захваті 3_1 ;
 $)\leftarrow Д - П$ – деталь Д встановлюється у патроні П;
 $)\rightarrow 3 - 3_2$ – заготовка вилучається із захвату 3_2 ;
 $\leftarrow КМ$ – рух каретки маніпулятора КМ вліво;
 $\rightarrow КМ$ – рух каретки маніпулятора КМ вправо;
 $) М-90^\circ$ – до робочої зони верстата РЗВ – маніпулятор опускається на 90° до РЗВ (оскільки дугові рухи маніпулятора можуть здійснюватися в різних площинах в двох напрямках, то поруч з позначенням потрібно вказувати словами куди здійснюється рух). Рухи, які відбуваються в один і той самий проміжок часу вистроюються в одному горизонтальному рядку, також потрібно після позначення руху через двокрапку за допомогою відповідних мнемонічних позначень вказати, чому сприяє цей рух.

З врахуванням наведених позначень записуємо алгоритм роботи роботизованого комплексу:

1. $\leftarrow 3E$
2. $) М - 90^\circ$ до РЗВ
3. $\leftarrow КМ:)\leftarrow 3Г_1 - 3_1$
4. $\rightarrow 3Г_1 - 3_1 \leftarrow$
5. $\leftarrow 3Г_1 - П \rightarrow$
6. $\rightarrow КМ:)\rightarrow 3Г_1 - П$
7. $) М - 90^\circ:)\rightarrow 3_1 - РЗВ$
8. $КМ - 360^\circ$
9. $) М - 90^\circ$ до РЗВ
10. $\leftarrow КМ:)\leftarrow 3Г_1 П$ (перевстановлення заготовки)
11. $\rightarrow 3Г_1 - П \leftarrow$
12. $\leftarrow 3Г_1 - 3_1 \rightarrow$
13. $\rightarrow КМ$
14. $) М - 90^\circ:)\rightarrow 3_1 - РЗВ$
15. $\rightarrow 3E$
16. Обробка заготовки $3Г_1$ з другого боку. ($КМ - 90^\circ$)
17. ($М - 90^\circ$ до НПЗД: $)\leftarrow 3Г_2 - 3_2$
18. $\rightarrow 3Г_2 - 3_2 \leftarrow$
19. ($М - 90^\circ:)\leftarrow 3Г_2 - НПЗД$
20. $КМ - 90^\circ$
21. Обробка заготовки закінчена. $\leftarrow 3E$
22. $) М - 90^\circ$ до РЗВ
23. $\leftarrow КМ:)\leftarrow Д - 3_2$
24. $\rightarrow Д - 3_2 \leftarrow$
25. $\leftarrow Д - П \rightarrow$
26. $\rightarrow КМ:)\rightarrow Д - П$
27. $) М - 90^\circ:)\rightarrow 3_2 - РЗВ$
28. $КМ - 180^\circ$

29.) М – 90° до РЗВ
30. ← КМ:)← ЗГ₂ – П
31. → ЗГ₂ – П ←
32. ← ЗГ₂ – З₂ →
33. → КМ
34.) М – 90°:)→ З₂ – РЗВ
35. КМ – 90°; НПЗД (підготовка платформи для прийняття деталі Д)
36. (М – 90°:)← Д – НПЗД
37. ← Д - З₁ →
38. (М – 90°
39. КМ – 90°

Приклад № 2

Завдання. Розробити роботизований комплекс для завантажувально-розвантажувальних робіт, з використанням токарних верстатів з ЧПК, при виконанні двох токарних операцій такого змісту:

операція 1 – завантаження заготовки; попередня та остаточна обробка одного боку заготовки; розвантаження заготовки;

операція 2 – завантаження заготовки; попередня та остаточна обробка другого боку заготовки; розвантаження деталі.

Характеристика деталі така сама, як і в прикладі № 1.

Виконання завдання

Як промисловий робот плануємо застосувати робот підвісного типу, наприклад, моделі ТСА-12, виконання 2, кількість рук – 2, вантажопідйомність 12 кг. Робот рухається в поздовжньому напрямку вздовж порталу, який закріплено на двох колонах. Між колонами розташовані два токарних верстати з ЧПК. Біля кожної колони знаходяться два накопичувачі – накопичувач заготовок НПЗ та накопичувач деталей НПД. Накопичувачі поворотного типу з певною кількістю місць (платформ) для заготовок та деталей.

Словесний опис алгоритму роботи

Вихідні умови. Заготовки ЗГ₁ та ЗГ₂ закріплені в пристосуваннях обох верстатів (П₁ та П₂); в робочих зонах верстатів здійснюються процеси їх обробки; маніпулятори М₁ та М₂ знаходяться у верхніх положеннях; захоплювач З₁ відкритий і спрямований до робочої зони РЗВ₁, а у захоплювачі З₂ затиснута наступна заготовка ЗГ₃; накопичувач заготовок НПЗ знаходиться у такому кутовому положенні, в якому відповідний захоплювач може забрати наступну заготовку; на накопичувачі деталей НПД всі платформи вільні.

Нижче наведено схему розробленого комплексу (рис. 3.2).

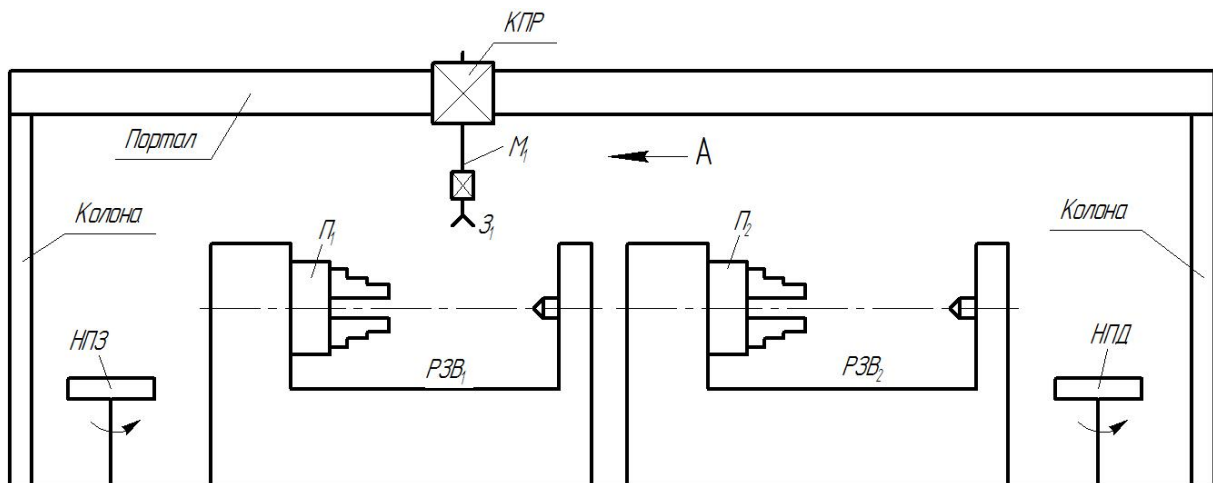


Рисунок 3.2 – Схема розробленого роботизованого комплексу (приклад № 2)

Алгоритм

1. Обробка заготовки в робочій зоні PЗВ₁ закінчилася. Маніпулятор М₁ опускається вниз до робочої зони верстата PЗВ₁.
2. Затискання заготовки ЗГ₁ у захоплювачі З₁.
3. Розтискання заготовки ЗГ₁ у патроні П₁.
4. Переміщення каретки промислового робота КПР вправо, виймаючи заготовку ЗГ₁ з патрону П₁.
5. Підйом маніпулятора М₁ в зону, безпечну для ротації захоплювача З₁ із затиснутою заготовкою ЗГ₁.
6. Ротація захвату З₁ на 180°.
7. Переміщення маніпулятора М₂ вниз до робочої зони верстата PЗВ₁.
8. Переміщення каретки промислового робота КПР вліво, встановлюючи заготовку ЗГ₃ до патрона П₁.
9. Затискання заготовки ЗГ₃ у патроні П₁.
10. Розтискання заготовки ЗГ₃ у захоплювачі З₂.
11. Переміщення каретки промислового робота КПР вправо у вихідне положення.
12. Переміщення маніпуляторів М₁ та М₂ вгору у вихідне положення.
13. Переміщення каретки промислового робота КПР вправо до робочої зони PЗВ₂ другого верстата.
14. Переміщення маніпулятора М₂ вниз у робочу зону PЗВ₂ (процес обробки заготовки ЗГ₂ в цій зоні закінчений).
15. Затискання заготовки ЗГ₂ захоплювачем З₂.
16. Розтискання заготовки ЗГ₂ у патроні П₂.
17. Переміщення каретки промислового робота КПР вправо, виймаючи заготовку ЗГ₂ з патрона П₂.
18. Переміщення маніпулятора М₂ вгору.
19. Переміщення маніпулятора М₁ вниз до робочої зони верстата PЗВ₂.

20. Переміщення каретки промислового робота КПР вправо, встановлюючи заготовку $Z_{Г1}$ до патрона P_2 .
 21. Затискання заготовки $Z_{Г1}$ патроні P_2 .
 22. Розтискання заготовки $Z_{Г1}$ у захоплювачі Z_1 .
 23. Переміщення маніпулятора M_1 вгору у вихідне положення.
 24. Переміщення каретки промислового робота КПР вправо до накопичувача деталей НПД.
 25. Переміщення маніпулятора M_2 вниз, встановлюючи заготовку $Z_{Г2}$ на платформу накопичувача НПД.
 26. Розтискання заготовки $Z_{Г2}$ (вона ж є готовою деталлю D) у захоплювачі Z_1 .
 27. Переміщення маніпулятора M_2 вгору у вихідне положення.
 28. Переміщення каретки промислового робота КПР вліво до накопичувача заготовок НПЗ.
 29. Переміщення маніпулятора M_2 вниз до накопичувача НПЗ.
 30. Затискання захоплювачем Z_2 наступної заготовки.
 31. Переміщення маніпулятора M_2 вгору у вихідне положення.
 32. Переміщення каретки промислового робота КПР вправо до робочої зони $RЗВ_1$ першого верстата.
- Таким чином описаний один повний цикл роботи розробленого роботизованого комплексу.

Алгоритм роботи комплексу, записаний за допомогою мнемонічних позначень

1. $\downarrow M_1$
2. $\rightarrow Z_{Г1} - Z_1 \leftarrow$
3. $\leftarrow Z_{Г1} - P_1 \rightarrow$
4. \rightarrow КПР: $) \rightarrow Z_{Г1} - P_1$
5. $\uparrow M_1$
6. $Z_1 - 180^\circ$
7. $\downarrow M_2$
8. \leftarrow КПР: $) \leftarrow Z_{Г3} - P_1$
9. $\rightarrow Z_{Г3} - P_1 \leftarrow$
10. $\leftarrow Z_{Г3} - Z_1 \rightarrow$
11. \rightarrow КПР
12. $\uparrow M_1; \uparrow M_2$
13. \rightarrow КПР
14. $\downarrow M_2:) \leftarrow Z_{Г2} - Z_2$
15. $\rightarrow Z_{Г2} - Z_2 \leftarrow$
16. $\leftarrow Z_{Г2} - P_2 \rightarrow$
17. \rightarrow КПР: $) \rightarrow Z_{Г2} - P_2$
18. $\uparrow M_2$
19. $\downarrow M_1$

20. → КПР:)← $3\Gamma_1 - \Pi_2$
21. → $3\Gamma_1 - \Pi_1$ ←
22. ← $3\Gamma_1 - 3_1$ →
23. ↑ M_1
24. → КПР
25. ↓ M_2 :)← $3\Gamma_2 - \text{НПД}$
26. ← $3\Gamma_2 (\text{Д}) - 3_1$
27. ↑ M_2
28. ← КПР
29. ↓ M_2
30. → $3_2 - 3\Gamma_n$ ←
31. ↑ M_2
32. → КПР (доРЗВ₁)

Далі проводиться 2-а частина практичного заняття – аудиторії видається завдання для самостійної роботи (див. склад аудиторної роботи).

Розділ 3. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Кожен студент отримує у викладача індивідуальне завдання (ІЗ), яке складається з 2-х питань:

1-е питання пов'язане з матеріалами практичного заняття № 1 (варіанти наведено в додатку В);

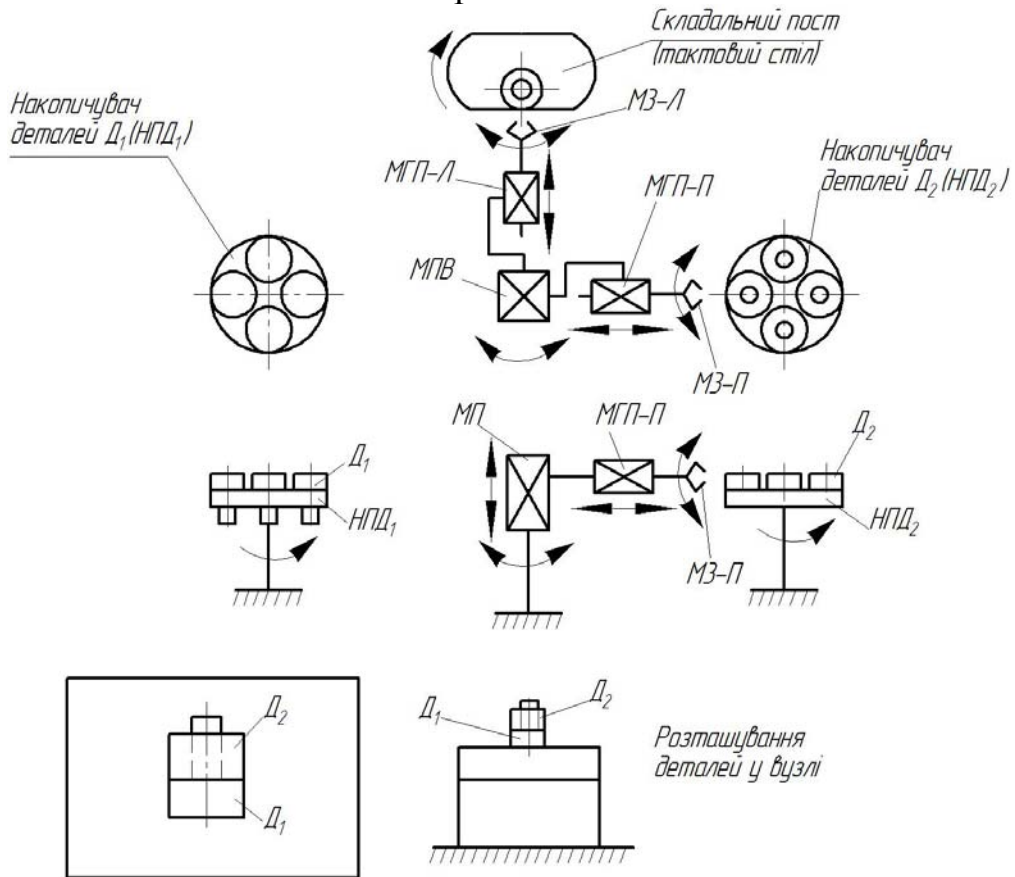
2-е питання – з матеріалами практичного заняття № 2 (варіанти наведено в додатку Д).

Вимоги до оформлення наведено у вступній частині практикуму. Оцінювання роботи виконується згідно з модульно-рейтинговою системою (МРС).

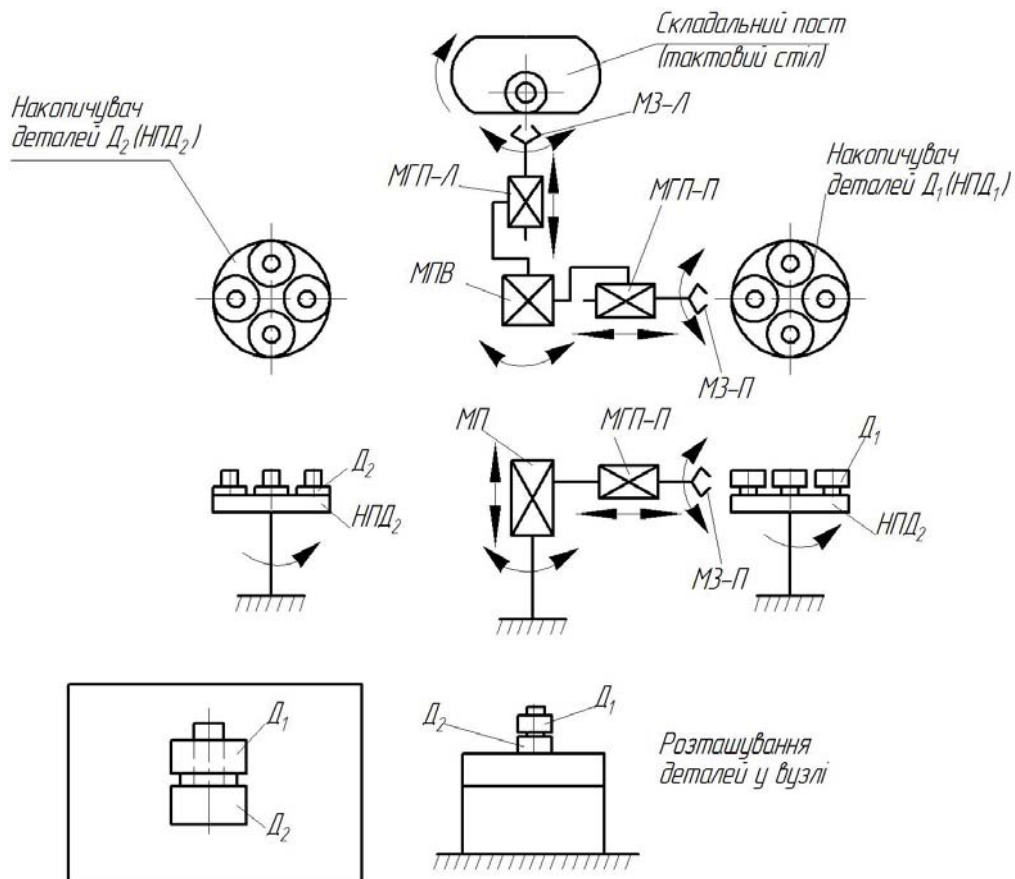
Графік виконання: 1-й модуль – 1-е питання, 2-й модуль – 2-е питання та повністю виконане і оформлене індивідуальне завдання. Без виконаного ІЗ студент не допускається до іспиту з цієї дисципліни навіть за умови набору достатньої кількості балів з інших видів навчального навантаження.

ДОДАТКИ

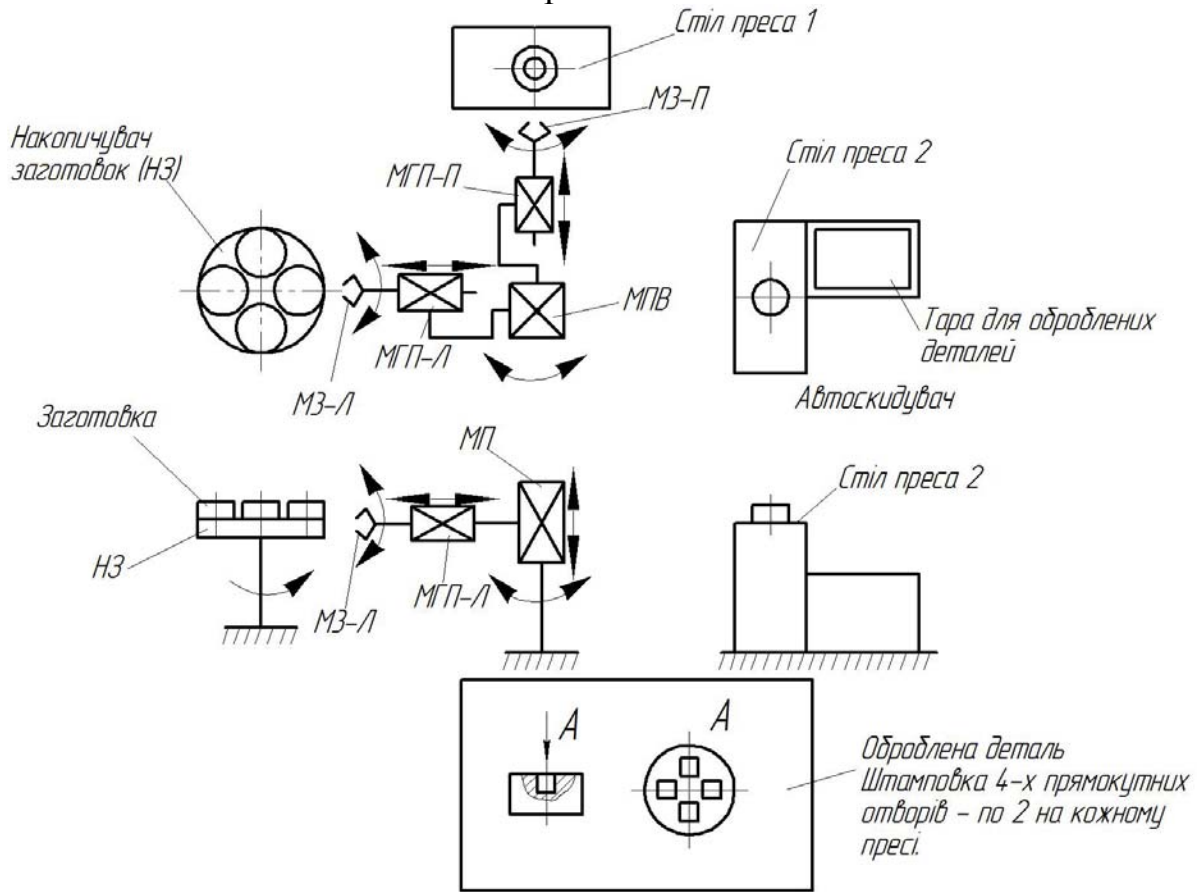
Варіант № 2



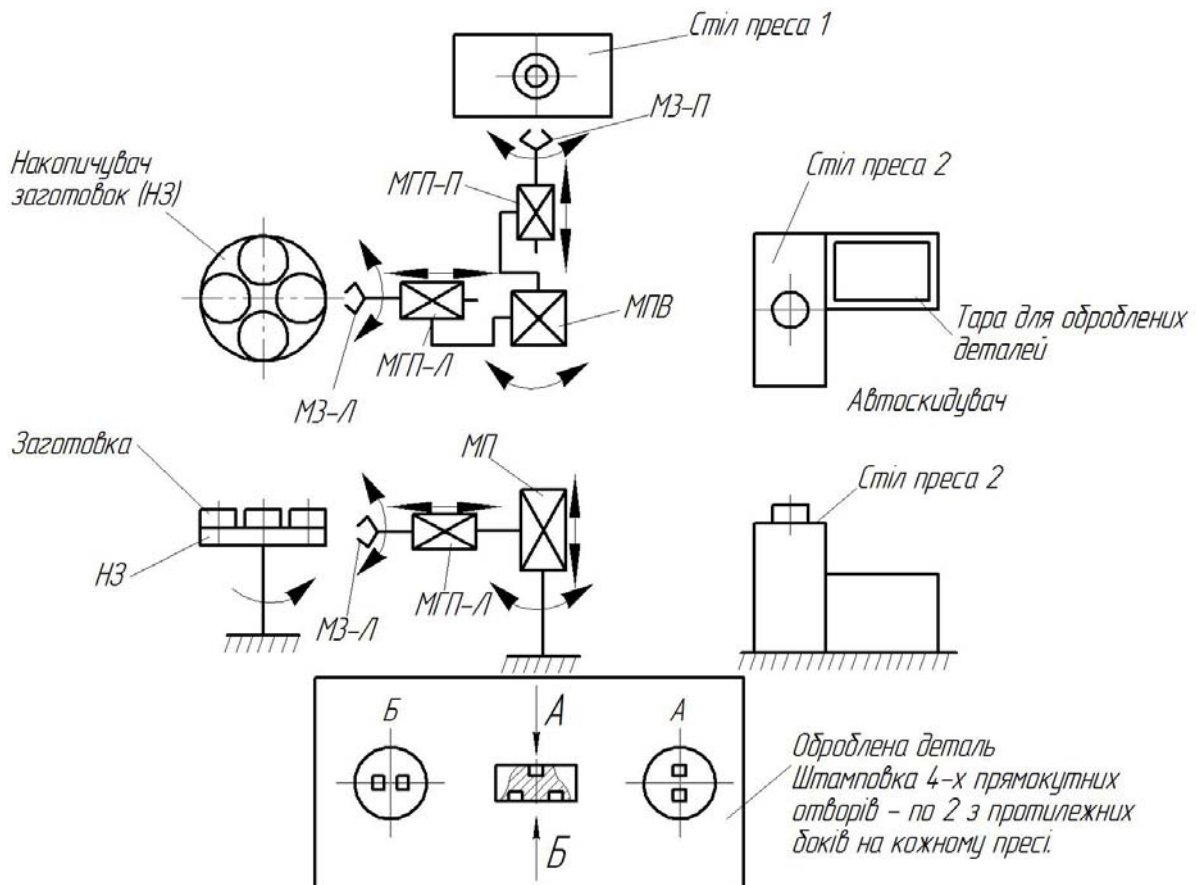
Варіант № 3



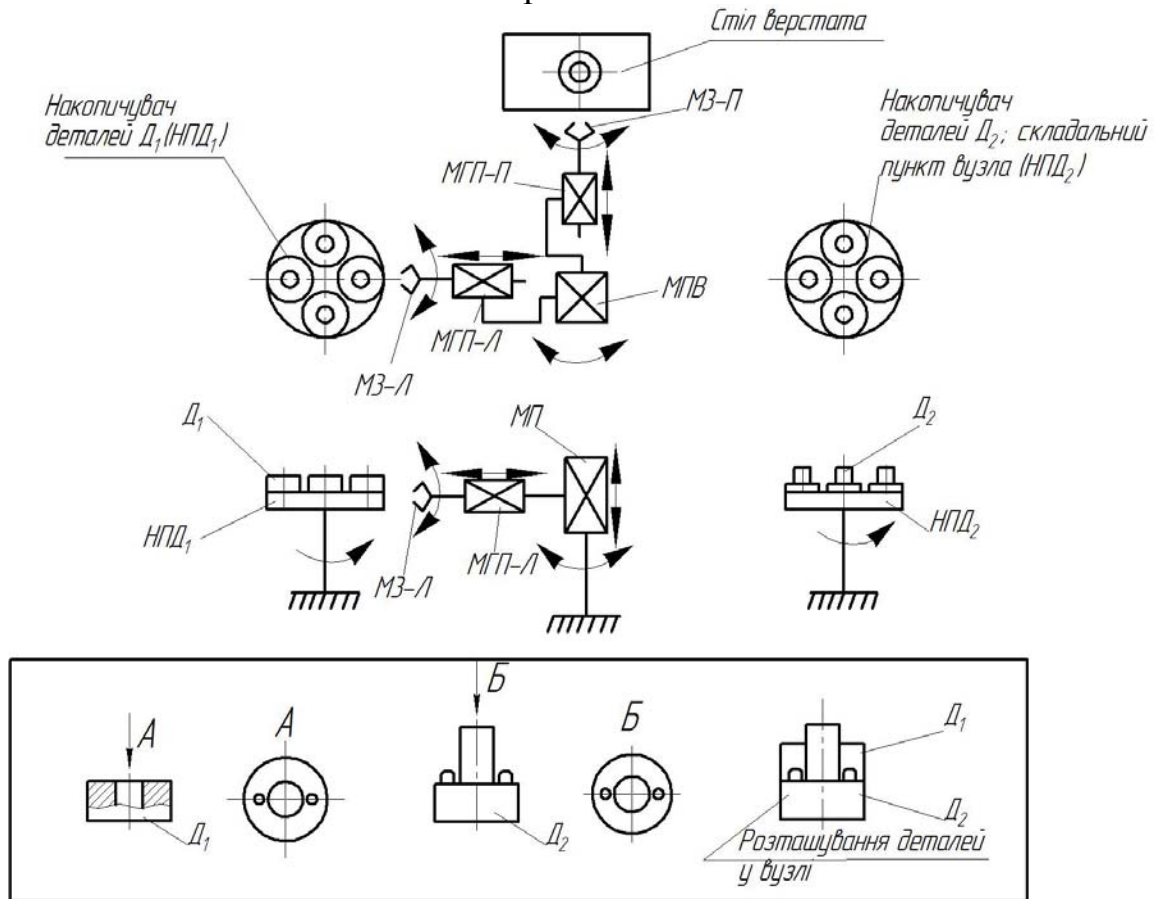
Варіант № 6



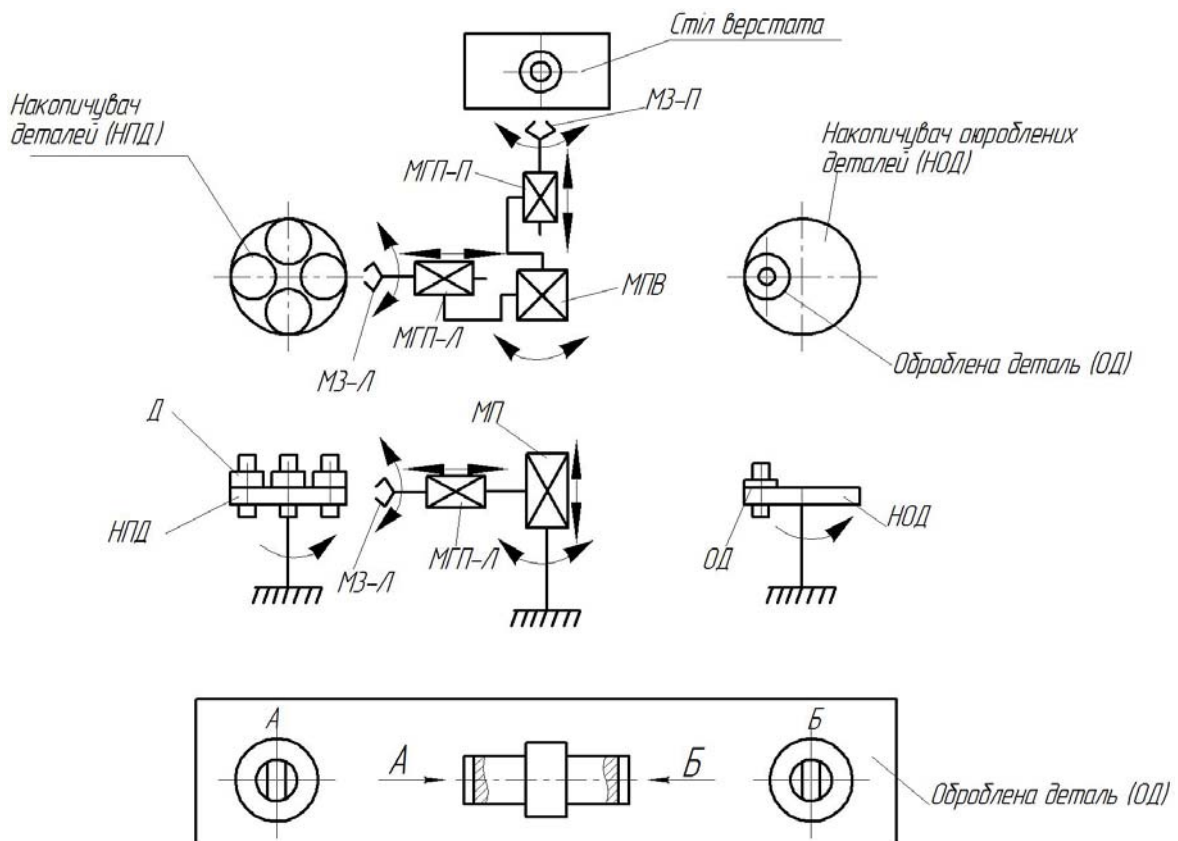
Варіант № 7



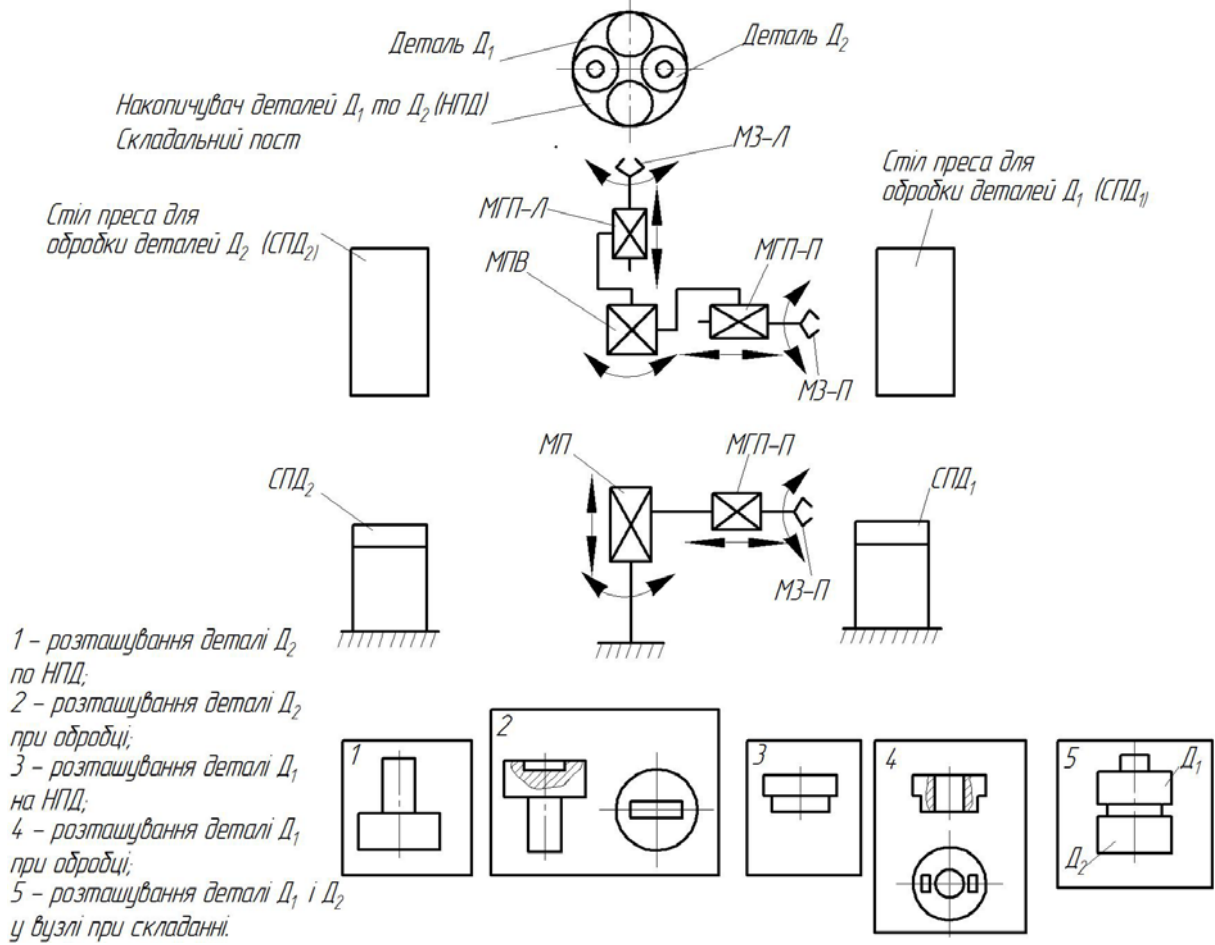
Варіант № 8



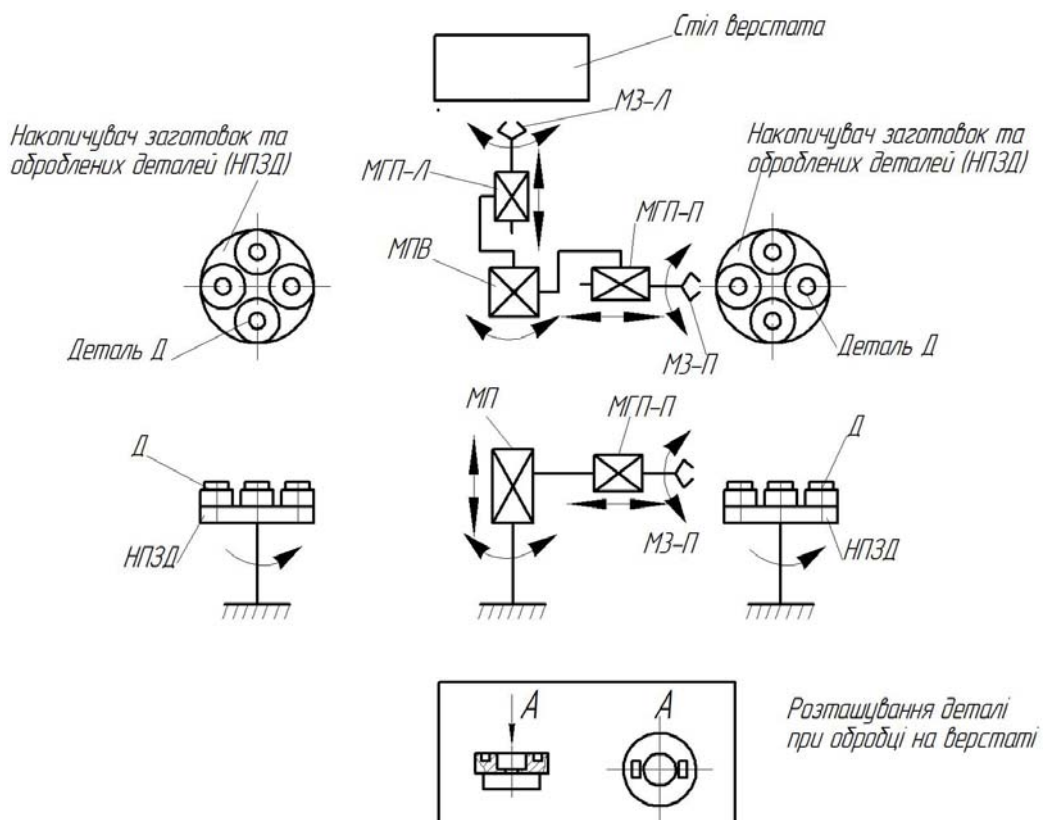
Варіант № 9



Варіант № 10



Варіант № 11



Характеристика завдань до виконання лабораторної роботи № 11

1. Наведені у варіантах № 1-4 промислові роботи у складі роботизованих комплексів виконують складальні операції, тобто з двох окремих деталей D_1 і D_2 складають вузол. ПР у варіантах РК № 10–12 виконують функцію обслуговування робочої зони технологічного обладнання, тобто завантажують цю зону заготовками і звільняють від обробленої деталі. ПР у варіанті РК № 9 виконує дві функції – завантажує і розвантажує робочу зону верстата і складає вузол.

2. Режим роботи ПР та накопичувачів для всіх верстатів РК брати однаковими. Тривалість здійснення складальної операції або механічної обробки на верстаті викладачем задається довільно.

ДО УВАГИ ЛАБОРАНТА! Перед початком лабораторного заняття перевірити роботоздатність промислового робота і режими роботи його окремих модулів. Інформацію про перевірку довести до викладача, щоб у разі необхідності можна було відкоригувати режими у завданнях до роботи.

ДО УВАГИ ВИКЛАДАЧА!

РЕКОМЕНДАЦІЯ. Кожен варіант РК видається не більше, як на двох студентів. Причому один з них розробляє алгоритм роботи ПР без суміщення рухів окремих модулів, а другий – з їх суміщенням.

Приклад розробки алгоритму роботи роботизованого комплексу

Завдання

1. Розробити алгоритм роботи РК і скласти керівну програму роботи промислового робота РФ-204М у його складі (схема РК наведена на рис. А.1).

2. Скласти циклограму роботи РК для таких режимів:

- величина лінійного переміщення кожного МГП – 200 мм;
- швидкість переміщення МГП – 0,5 м/с;
- величина переміщення МП – 30 мм;
- швидкість переміщення МП – 0,2 м/с;
- величина повороту МПВ (кожного МГП) – 90°;
- швидкість повороту МПВ – 1 рад/с;
- час обробки заготовки на верстаті – 7 с;
- час повороту накопичувачів НПЗ і НПД на один крок – 5 с;
- час на відкриття (закриття) МЗ – 1 (0,5) с.

Вихідні умови та положення окремих модулів та агрегатів РК

Вихідні умови та положення:

- в робочій зоні верстата знаходиться заготовка;
- накопичувачі заготовок і деталей знаходяться у відповідних кутових положеннях, тобто підготовлені до передачі заготовки ПР і для прийняття обробленої деталі від ПР відповідно;
- колона ПР (МП) знаходиться внизу;
- колона ПР (МПВ) знаходиться у крайньому лівому положенні;
- обидві руки (МГП-Л і МГП-П) втягнуті;
- захоплювачі (МЗ-Л і МЗ-П) відкриті.

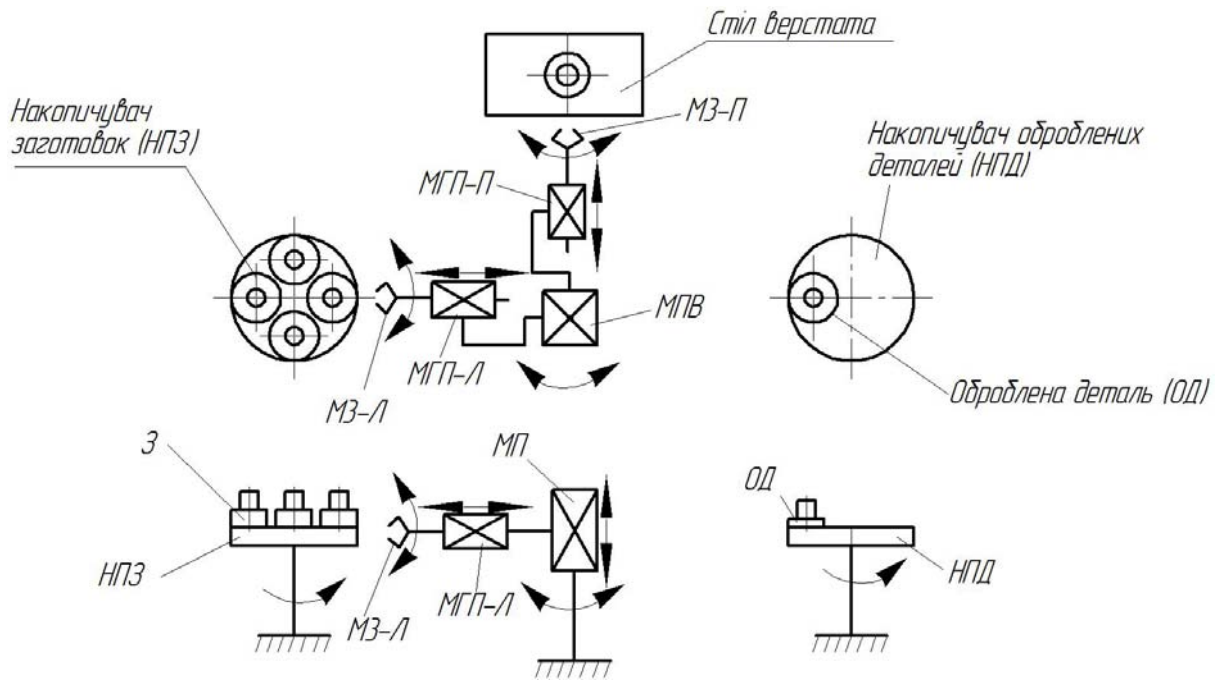


Рисунок А.1 – Схема роботизованого комплексу

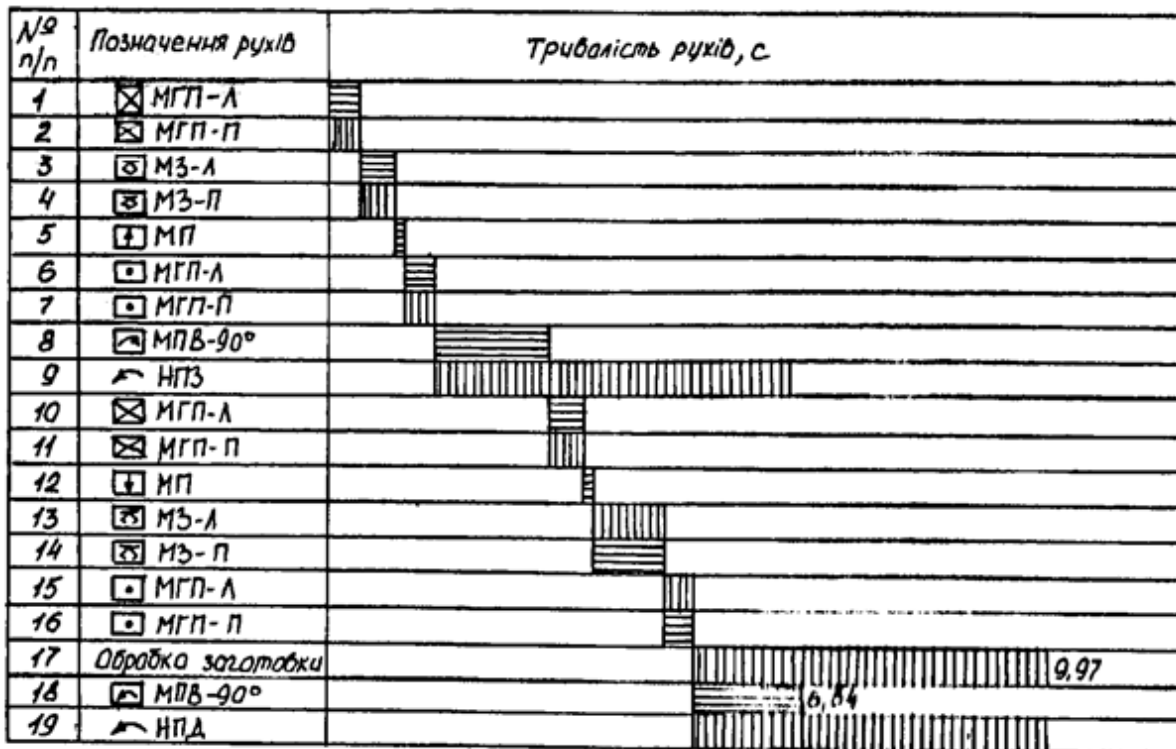


Рисунок А.2 – Циклограма роботи роботизованого комплексу

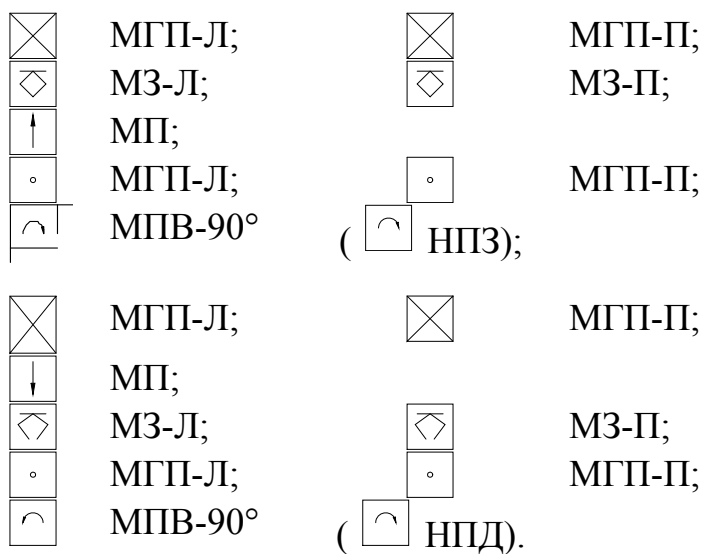
3. Алгоритм роботи РК і керівна програма роботи ПР в межах циклу

3.1. Алгоритм роботи РК

Руки МГП-Л і МГП-П витягуються і за допомогою захоплювачів МЗ-Л і МЗ-П захоплюють відповідно заготовку на накопичувачі заготовок і оброблену деталь в робочій зоні верстата. Після цього здійснюється підйом колони (МП). В цьому положенні втягуються руки МГП-Л і МГП-П). Далі, повертається колона (МПВ) на кут 90° за годинниковою стрілкою, одночасно з цим рухом і собі повертається на один крок накопичувач заготовок, тобто підготовує наступну заготовку для видачі на верстат. Потім втягуються руки (МГП-Л і МГП-П), далі опускається вниз колона (МП), в цьому положенні відбувається розкриття захоплювачів (МЗ-Л і МЗ-П), тобто заготовка встановлена у робочу зону верстата, а оброблена деталь – на накопичувач деталей. Обидві руки (МГП-Л і МГП-П) втягуються, потім колона здійснює поворот проти годинникової стрілки на 90° , одночасно з цим повертається на один крок накопичувач деталей, тобто готує наступну позицію для прийому деталі.

Таким чином, здійснена робота в межах одного циклу, про що свідчать положення модулів ПР і агрегатів РК в кінці циклу – вони такі самі, як і на початку циклу.

2.2 Керівна програма роботи ПР



4. Побудова циклограми роботи

Для виконання цієї роботи виконаємо розрахунок тривалості рухів окремих модулів:

- втягування (витягування) МГП: $0,2/0,5 = 0,4$ (с);
- підйом (опускання) МП: $0,03/0,2 = 0,15$ (с);
- поворот МПВ на 90° : $90/57,3 = 1,57$ с.

За цими даними та даними, наведеними у завданні, будемо циклограму роботи РК (див. рис. А.2).

Додаток Б

Варіанти завдань до лабораторної роботи № 12

Примітка до виконання завдань лабораторної роботи. Завдання, що містять один виконавчий орган, програмуються в мультипроцесному режимі, а завдання, де є два робочих органи, програмуються в покроковому режимі. Розподільники та тип циліндра, а також потребу в регульовальній апаратурі вибирати згідно з описом схеми роботи.

Варіант № 1

Автоматизувати роботу ділянки автоматизованої лінії з виготовлення фарби. На ділянці здійснюється герметизація банок під дією пневматичного циліндра. При подачі банки в робочу зону преса спрацьовує ємнісний датчик наявності банки і запускається пневмопривод преса на робочій швидкості. Втягнення штока відбувається на прискореній подачі.

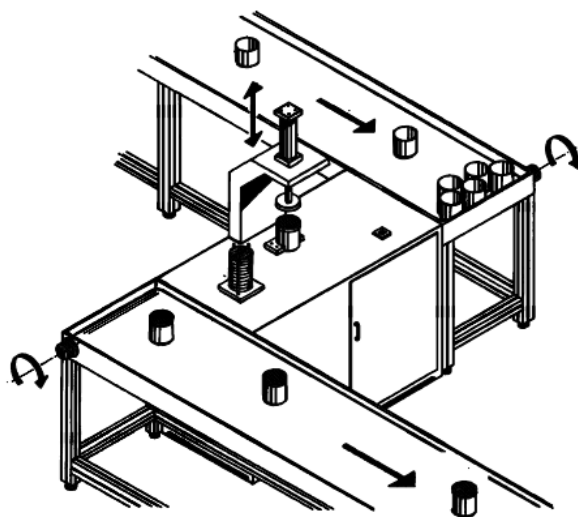


Рисунок Б.1 – Схема до варіанта № 1

Варіант № 2

Розробити схему привода, що відповідає за зміну напрямку конвеєра для заповнення нової тари. Хід штока пневмоциліндра – більше 150 мм. Команда на зміну положення надходить від окремого контрольного пункту. Положення циліндра відстежуються геконом.

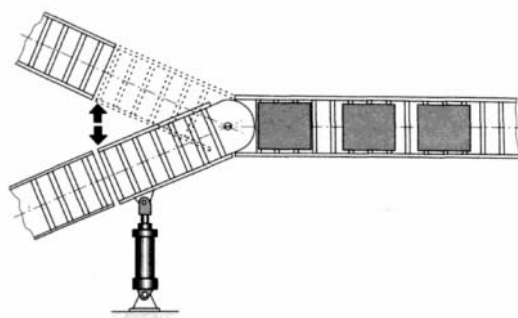


Рисунок Б.2 – Схема до варіанта № 2

Варіант № 3

Автоматичний прес клеймує пластмасові заготовки після затискання за допомогою лещат з пневмоприводом. Команда на початок роботи надходить від оператора за допомогою натискання кнопки «Пуск».

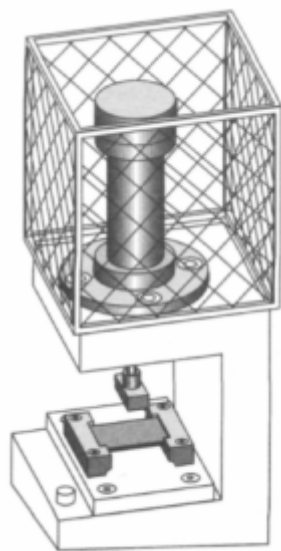


Рисунок Б.3 – Схема до варіанта № 3

Варіант № 4

Пневматичний циліндр направляє деталі на похилу ділянку конвеєра з накопичувача. Хід штока – короткий. Робочі ходи швидкі. Початок роботи – за командою оператора. Повернення циліндра відбувається одразу після повного виштовхування циліндра.

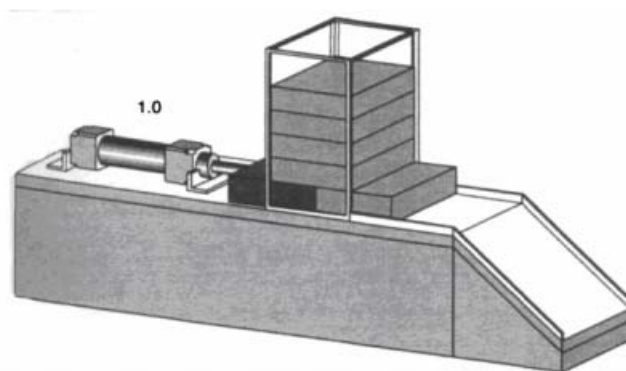


Рисунок Б.4 – Схема до варіанта № 4

Варіант № 5

Металева пластина згинається пуансоном з пневмоприводом після повного затискання. Хід штока короткий. Робочий хід повільний. А зворотний – швидкий.

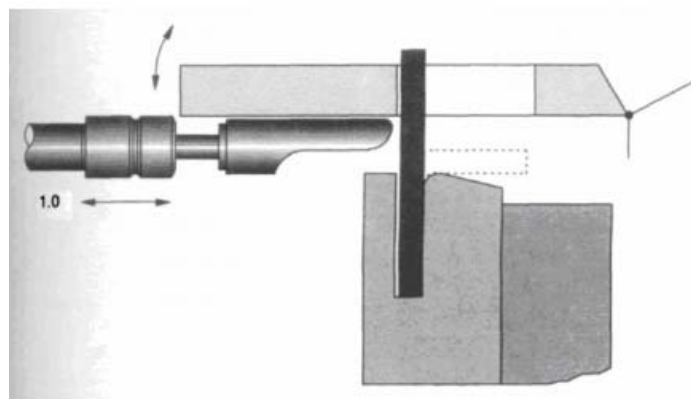


Рисунок Б.5 – Схема до варіанта № 5

Варіант № 6

На ділянці автоматичної лінії відбувається переміщення ящиків на іншу ділянку конвеєра. Необхідно автоматизувати роботу приводів, що піднімають та переміщують ящики згідно зі схемою руху тари.

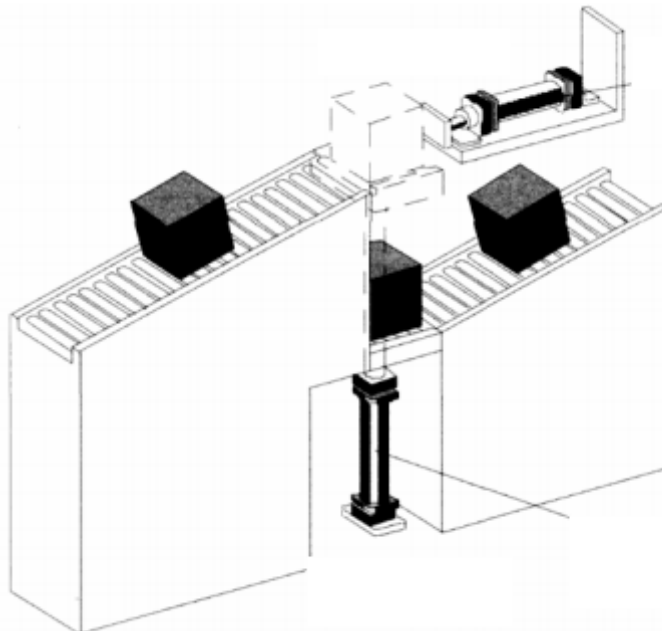


Рисунок Б.6 – Схема до варіанта № 6

Варіант № 7

Автоматизувати роботу преса, що згинає металеву пластину. Привод 1А виконує затискання заготовки, а привод 2А її згинання. Контроль кінцевих положень циліндрів здійснюється герконами 1В1, 1В2, 2В1, 2В2. Циліндр 1А має хід, менший 50 мм.

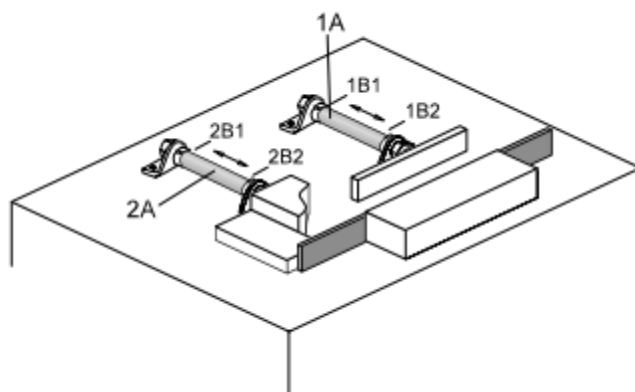


Рисунок Б.7 – Схема до варіанта № 7

Варіант № 8

Привод 1 здійснює подачу заготовок з накопичувача, а привод 2 подає їх у тару для упаковки. Автоматизувати роботу приводів, враховуючи, що контроль кінцевих положень циліндрів здійснюється герконами 1В1, 1В2, 2В1, 2В2. Робочі рухи циліндрів – швидкі.

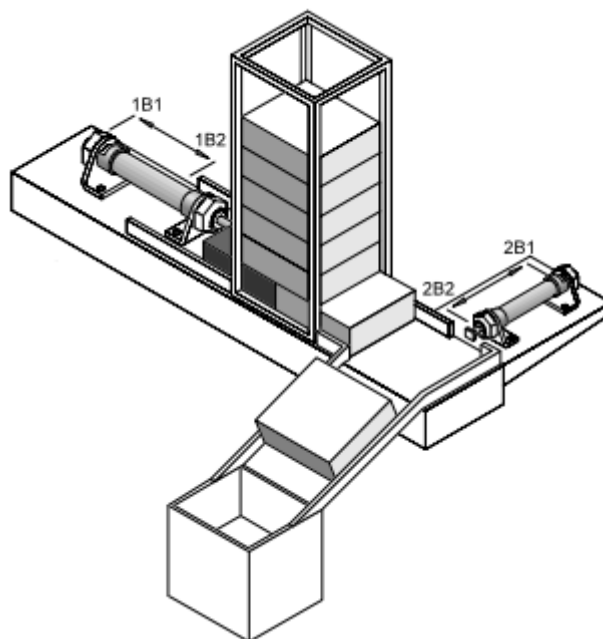
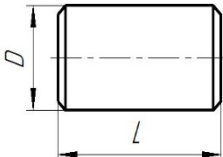
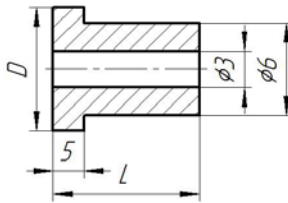
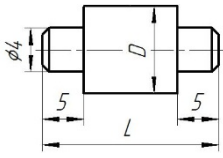
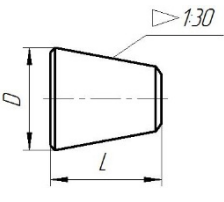
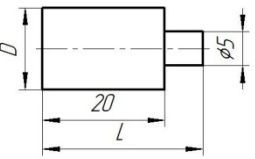
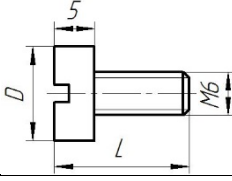
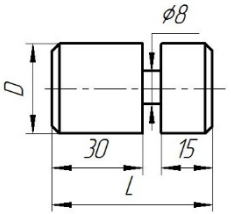
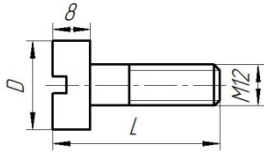
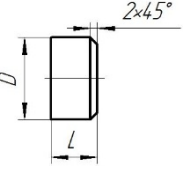
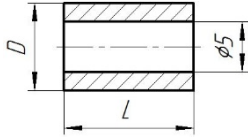
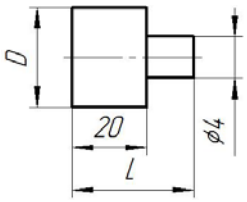
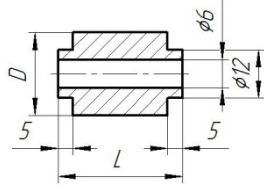
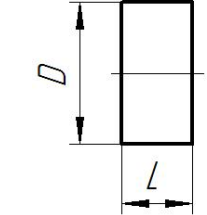
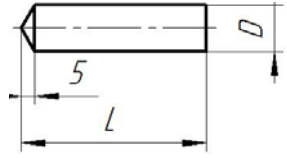
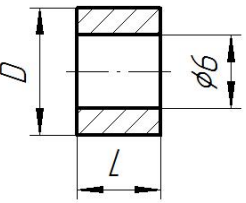
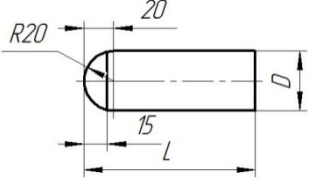
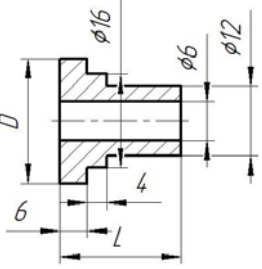
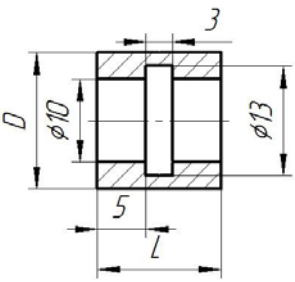
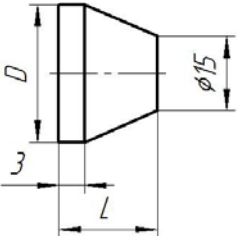
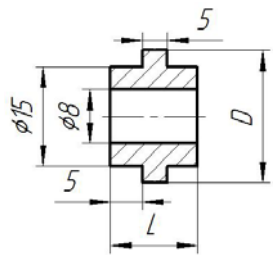
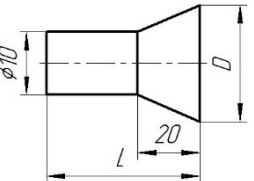
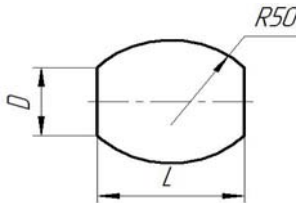


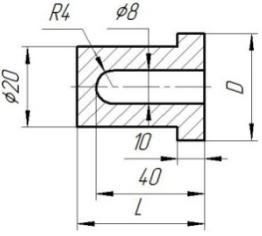
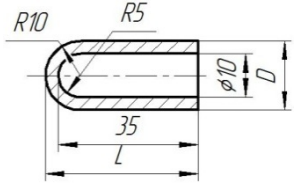
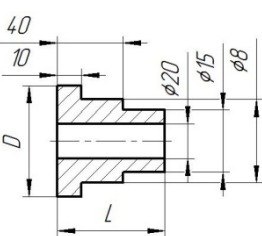
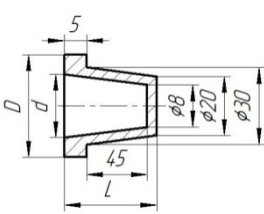
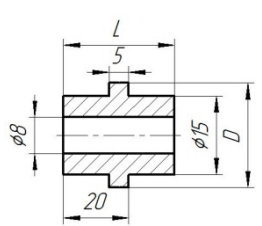
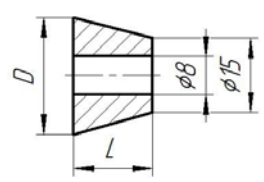
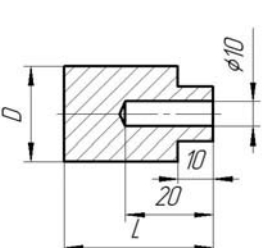
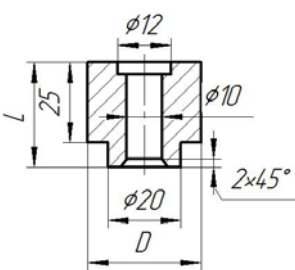
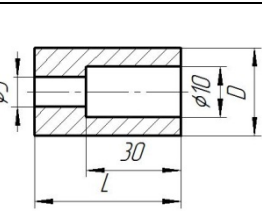
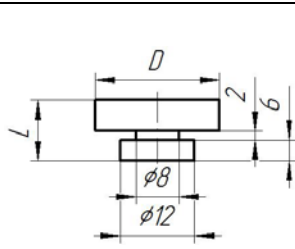
Рисунок Б.8 – Схема до варіанта № 8

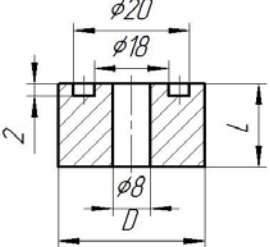
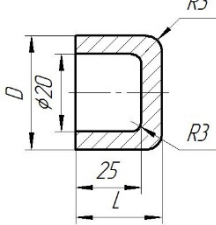
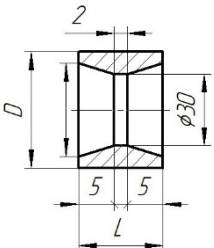
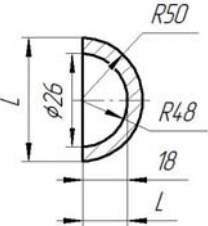
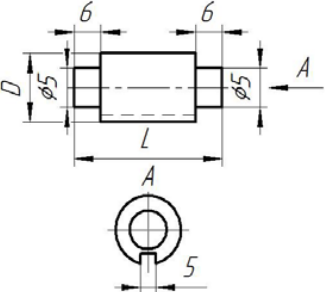
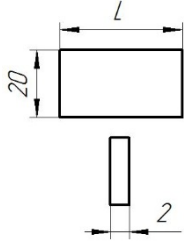
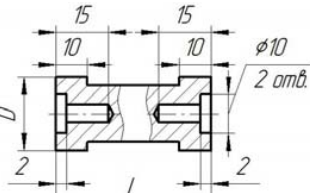
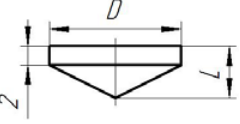
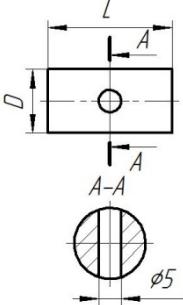
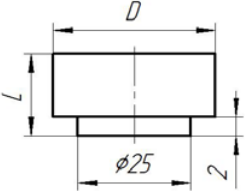
Додаток В

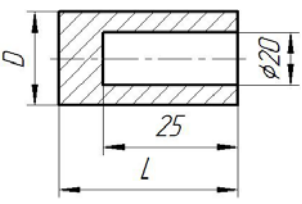
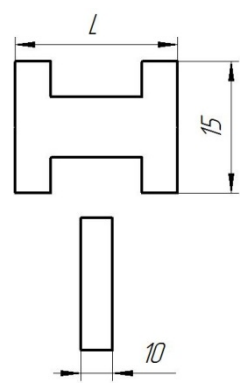
Варіанти до індивідуального завдання (питання № 1)

№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані			№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані		
			D, мм	L, мм	П _{о, дет.} , хв				D, мм	L, мм	П _{о, дет.} , хв
1		КБ	7	25	100	7		КБ	10	25	150
2		КБ	8	40	80	8		ВБ	10	30	150
3		КБ	8	30	120	9		ВБ	12	25	250
4		КБ ВБ	15 20	50 50	100 80	10		ВБ	20	50	100
5		ВБ	10	30	250	11		КБ	12	35	120
6		ВБ	8	32	200	12		ВБ	18	40	140

№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані			№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані		
			D, мм	L, мм	П _{о, дет.} , хв				D, мм	L, мм	П _{о, дет.} , хв
13		ВБ КБ	20	3	250	18		ВБ КБ	10	60	100
14		ВБ КБ	15 15	2 2	300 200	19		ВБ	10	40	120
15		КБ	20	40	100	20		ВБ КБ	20	30	50
16		ВБ	25	15	120	21		ВБ КБ	20	30	60
17		ВБ	15	50	100	22		ВБ	20	35	90

№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані			№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані		
			D, мм	L, мм	$\frac{P_{0, \text{дет.}}}{x_{\text{в}}}$				D, мм	L, мм	$\frac{P_{0, \text{дет.}}}{x_{\text{в}}}$
23		КБ ВБ	35 35	60 35	70 80	28		ВБ	20	40	100
24		КБ	30	60	50	29		КБ	40	50	60
25		КБ	25	60	80	30		КБ	20	20	150
26		ВБ	30	50	100	31		ВБ	30	30	80
27		ВБ	25	40	110	32		ВБ	30	30	120

№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані			№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані		
			D, мм	L, мм	$\frac{P_{0, \text{дет.}}}{x_{\text{в}}}$				D, мм	L, мм	$\frac{P_{0, \text{дет.}}}{x_{\text{в}}}$
33		КБ	30	20	80	38		КБ	30	30	100
34		КБ	40	30	50	39		КБ	30	20	80
35		КБ	10	50	80	40		ВБ	-	40	200
36		КБ	30	60	80	41		ВБ	30	10	200
37		ВБ	20	40	100	42		ВБ	30	30	150

№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані			№ варіанта	Деталі, які завантажуються	Тип БЗП	Вихідні дані		
			D, мм	L, мм	$\frac{P_{0, \text{дет.}}}{x_{\text{в}}}$				D, мм	L, мм	$\frac{P_{0, \text{дет.}}}{x_{\text{в}}}$
43		КБ ВБ	30	30	80	44		ВБ	-	40	200

Додаток Д

Варіанти до індивідуального завдання (питання № 2)

Завдання. Розробити елементарну систему автоматичного регулювання певного параметра виробничого процесу за заданим набором складових елементів.

1. Розробити автоматичний регулятор тиску повітря в трубопроводі, застосувавши такі складові елементи:

- засувку;
- кривошипно-шатунний механізм;
- гідроциліндр;
- мембрану;
- струменеву трубку;
- джерело енергії.

2. Розробити автоматичний регулятор тиску повітря в трубопроводі, застосувавши такі складові елементи:

- розподільний золотник з електромагнітним керуванням;
- засувку;
- гідроциліндр;
- мембрану;
- електричні контакти;
- джерело енергії.

3. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу у резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- поршневий сервопривод;
- сильфон;
- клапан;
- струменева трубка.

4. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу в резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- манометричний трубчастий перетворювач;
- важіль;
- перетворювач «сопло-засувка»;
- мембранний сервопривод;
- клапан.

5. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу у технологічній ємності, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;

- поршневий сервопривод;
- струминний перетворювач;
- сильфон.

6. Розробити систему автоматичного регулювання тиску в трубопроводі. Рекомендований елементний склад:

- клапан;
- струменева трубка;
- гідроциліндр;
- перетворювач з кільцевою гофрованою мембраною;
- важіль.

7. Розробити систему автоматичного регулювання газу в трубопроводі, застосувавши такі складові елементи:

- сильфон;
- двокромковий золотник;
- гідроциліндр;
- важіль.

8. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу в резервуарі, застосувавши такі складові елементи:

- трубку Бурдона;
- перетворювач «сопло–засувка»;
- гідроциліндр;
- клапан;
- важіль.

9. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу в технологічній ємності, застосувавши такі складові елементи:

- струменеву трубку;
- перетворювач з кільцевою гофрованою мембраною;
- S-подібний трубчастий манометричний перетворювач;
- перетворювач «сопло-засувка»;
- пневмоциліндр;
- клапан;
- важіль.

10. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу в технологічній ємності, застосувавши такі складові елементи:

- двокромковий золотник;
- пневмоциліндр;
- клапан;
- систему важелів;
- S-подібний трубчастий манометричний перетворювач.

11. Розробити систему автоматичного регулювання тиску газу в технологічній ємності, застосувавши такі складові елементи:

- дилатометричний перетворювач;
- мембранний перетворювач з плоскою мембраною;
- перетворювач «сопло–заслонка»;
- клапан;
- важіль;
- пружина.

12. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- поршневий серводвигун;
- струменева трубка;
- клапан;
- демпфер поршневого типу;
- інші необхідні елементи, пристрої.

13. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- гідроциліндр двосторонньої дії;
- розподільний золотник з електромагнітним керуванням;
- клапан;
- інші необхідні елементи, пристрої.

14. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- струменева трубка;
- трубка Вентурі;
- диференціальний манометр з мембраною;
- розподільний золотник з електромагнітним керуванням;
- клапан;
- поршневий серводвигун.

15. Розробити систему автоматичного регулювання води в резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- демпфер поршневого типу;
- пружина;
- золотник;
- клапан;
- важіль;
- поплавець.

16. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- поршневий серводвигун;
- золотник;
- клапан;
- поплавець.

17. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі. Рекомендований елементний склад:

- поршневий серводвигун;
- важелі;
- струменева трубка;
- клапан;
- поплавець.

18. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі. Зокрема, в системі передбачити ртутний контакт, важіль, соленоїдний клапан.

19. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- демпфер поршневого типу;
- пружини;
- поршневий серводвигун;
- струмінний перетворювач;
- буйковий перетворювач рівня рідини;
- важіль.

20. Розробити систему автоматичного регулювання води в резервуарі, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- поршневий сервопривод;
- струмінний перетворювач;
- диференціальний мембранний манометр;
- дросельний перетворювач з нормальною діафрагмою.

21. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- перетворювач типу «сопло–засувка»;
- манометричний перетворювач з плоскою мембраною та пружиною;
- диференціальний мембранний манометр;
- важіль;

- дросельний перетворювач з нормальною діафрагмою.

22. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- поршневий серводвигун;
- струменева трубка;
- диференціальний мембранний манометр;
- дросельний перетворювач з нормальною діафрагмою.

23. Розробити систему автоматичного регулювання рівня води в резервуарі, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- поршневий серводвигун;
- струменева трубка;
- важіль;
- поплавець.

24. Розробити принципову схему автоматичного диференціального рівнеміра, застосувавши такі складові елементи:

- гідроциліндр двосторонньої дії;
- розподільний золотник з електромагнітним керуванням;
- клапан;
- інші необхідні елементи.

25. Розробити принципову схему автоматичної системи для регулювання кутової швидкості на валу парової машини. Рекомендований елементний склад:

- серводвигун поршневого типу;
- клапан;
- струменеві трубки;
- поплавець;
- важіль;
- відцентровий вимірювач швидкості.

26. Розробити систему автоматичного регулювання і дистанційного вимірювання температури у камері з паровим підігрівом, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- манометричний перетворювач з плоскою діафрагмою;
- термopара;
- перетворювач типу «сопло–засувка»;
- термоманометричний перетворювач;
- трубка Бурдона;

- перетворювач постійного струму на змінний;
- підсилювач;
- електродвигун;
- інші необхідні елементи та пристрої.

27. Розробити систему автоматичного регулювання температури у камері з паровим підігрівом, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- термоманометричний перетворювач;
- сильфонна трубка;
- важіль;
- перетворювач типу «сопло–засувка»;
- перетворювач мембранного типу.

28. Розробити систему автоматичного регулювання температури у камері з паровим підігрівом, застосувавши такі складові елементи:

- клапан;
- контактний термометр;
- виконавчі реле (струмове та електромагнітне).

Вимоги до відповіді!

Відповідь має складатися з такого: зміст завдання; схема автоматичної системи; опис складу та принципу дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малов А. Н. Основы автоматизации и автоматизация производственных процессов / А. Н. Малов, Ю. В. Иванов. – М. : Машиностроение, 1974. – 368 с.
2. Владзиевский А. П. Основы автоматизации производства в машиностроении / А. П. Владзиевский, А. П. Белоусов. – М. : Высш. шк., 1974. – 352 с.
3. Корсаков В. С. Автоматизация производственных процессов / Корсаков В. С. – М. : Высш. шк., 1978. – 295 с.
4. Головки Д. Б. Автоматика і автоматизація технологічних процесів : підручник / Головки Д. Б., Реґо К. Г., Скрипник Ю. О. – К. : Либідь, 1997. – 232 с.
5. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт та самостійної роботи студентів з дисципліни «Автоматизація виробництва в машинобудуванні» / Уклад. : Муляр Ю. І., Козлов Л. Г., Репінський С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 30 с.
6. Автоматизация процессов в машиностроении : [учебное пособие для вузов] / А. П. Белоусов, А. И. Дащенко, П. М. Полянский, А. В. Шулешкин. – М. : Высшая школа, 1973. – 456 с.
7. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы : [В 14 кн.], кн. 5, 6, 13. / под ред. Б. И. Черпакова. – М. : Высшая школа, 1989.
8. Пашков Е. В. Электропневмоавтоматика в производственных процессах : учебное пособие / Пашков Е. В., Осинский Ю. А., Четверкин А. А. – [2-е издание, переработанное и дополненное]. – Севастополь : Издательство СевНТУ, 2003. – 496 с.
9. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи, гідропневмоавтоматика : лабораторний практикум / [Ю. А. Буренніков, О. В. Дерібо, Л. Г. Козлов та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

Навчальне видання

**Юрій Іванович Муляр,
Віктор Петрович Пурдик,
Сергій Володимирович Репінський,
Юрій Анатолійович Буренніков,
Леонід Геннадійович Козлов,
Вадим Анатолійович Ковальчук
Олександр Леонідович Брицький**

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА В МАШИНОБУДУВАННІ

Практикум

Рукопис оформив С. Репінський

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготував О. Ткачук

Підписано до друку 25.09.2018 р.
Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 7,98.
Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2018-166.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.