

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація процесів станції автомийки легкових автомобілів»

Здобувача групи СУ-01

Максим Мельник

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Максим Мельник

Керівник: доцент кафедри КСУ, к.т.н. Георгій КУЛІНЧЕНКО

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Номер поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість ар- кушів	№ екз.	Примітки
			Документація Загальна			
1	A4		Завдання кафедри	2		
2	A4	СУ-01 6.151.21ТЗ	Технічне завдання	3		
3	A4		Анотація	1		
4	A4	СУ-01 6.151.21.ПЗ	Пояснювальна записка	63		
			Документація конструкторська			
5	A3	СУ-01 6.151.21.A2	Функціональна схема автомати- зації	1		
6	A3	СУ-01.6.151.21.01.E3	Схема електрична принципова станції очищення води	1		

					<b>СУ-01.6.151.21.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив	Максим Мельник				<b>Автоматизація процесів станції автомобілки легко- вих автомобілів</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевірів	Георгій Кулінченко							
Рецензент	Вячеслав Жвоба					<b>СумДУ, СУ-01</b>		
Н. Контр.								
Затвердив	Петро Леонтєв							

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти  
Максиму Мельнику

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація процесів станції автомийки легкових автомобілів»

затверджена наказом ректора СумДУ № 0312 VI від "29" березня 2024р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 01 " червня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті,

технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.

4. Зміст кваліфікаційної роботи:

конструктивно-технологічний аналіз об'єкту керування,

аналіз функціональних завдань керування процесом мийки,

опис каналів керування та сигналізації,

вибір технічних засобів автоматизації, сигналізації та захисту,

структурна схема програмно- апаратних засобів системи,

побудова функції візуалізації роботи системи керування,  
розробка електричної принципової схеми установки очищення води.

5. Перелік графічних матеріалів: рисунки, таблиці, схеми.

6. Календарний план виконання роботи:

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз технічних вимог до автоматизації процесів станції автоматйки легкових автомобілів	01.04.2024-08.04.2024
2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова структурної схеми.	08.04.2024-15.04.2024
3	Розробка функціональної схеми	14.04.2024-29.04.2024
4	Вибір засобів автоматизації	25.04. 2024-11.05.2024
5	Розробка технічної документації.	06.05. 2024-25.05.2024
6	Технічне оформлення проекту.	23.05.2024-30.05.2024

7. Дата видачі завдання " 28 " березня 2024 р.

Керівник проекту:

доцент кафедри КСУ, к.т.н.  
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Георгій Кулінченко  
(ім'я та прізвище)

Здобувач:  
студент гр. СУ-01  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Максим Мельник  
(ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизації процесів станції автомийки  
легкових автомобілів

Розробник:  
студент групи СУ-01

Максим Мельник

Погоджено:  
к.т.н., доцент

Георгій Кулінченко.

Суми – 2024

1. *Назва і галузь застосування:* «автоматизація процесів станції автомийки легкових автомобілів». Відноситься до автомобільної промисловості та сфери послуг.

2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від «29» березня 2024р.

3. *Мета і призначення проекту:* Підвищення ефективності та продуктивності процесу мийки за рахунок використання мікропроцесорних апаратно-програмних засобів автоматизації.

4. *Режими роботи об'єкта:* Позмінний з регламентними роботами обслуговування обладнання

5. *Умови експлуатації:*

- Обладнання повинно працювати в умовах підвищеної вологості та агресивного впливу хімічних речовин для мийки;

- Температура навколишнього повітря від мінус 30°C до + 50°C.

- Відносна вологість 100 %

- Атмосферний тиск 84 -107 кПА

6. *Технологічний процес*

Повинен забезпечувати вирішення наступних задач:

1. Переміщення автомобіля з допомогою приводом конвеєра;

2. Позиціонування та обертання ротаційних щіток в процесі миття;

3. Дозована подача води та миючих засобів;

4. Забезпечення клімату та режиму продуктивного сушіння авто;

5. Очищення та утилізація забрудненої води після мийки авто.

7. *Технічні вимоги:*

7.1 Продуктивність мийки 25 авто/год або швидкість руху конвеєра 2м/хв

7.1.1 Привод конвеєра повинен забезпечувати

- плавний розгін і гальмування конвеєра;
- утримання постійного моменту приводу обертання стрічки;
- захист електроприводу від перевантажень, перегріву, обриву фази

7.2 Тиск води у трубопроводі щіткових установок повинен бути не менше 3 бар

7.3 Швидкість обертання ротаційних щіток 300 +/-10% об/хв

7.4 Витрати води на автомобіль не повинно перевищувати 400л

7.4.1 Точність дозування миючих засобів не гірше 5%

7.5 Тиск повітря для сушіння не менше 2 бар

7.6 Засоби автоматизації повинні забезпечувати візуалізацію процесу, індикацію параметрів процесу та сигналізувати про перед аварійні ситуації з використанням панелі оператора.

7.7 Засоби автоматизації повинна живитись від електромережи 380/220В/50Гц

#### 8. Стадії та етапи проектування:

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз технічних вимог до автоматизації процесів станції автомийки легкових автомобілів	01.04.2024-08.04.2024
2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова структурної схеми.	08.04.2024-15.04.2024
3	Розробка функціональної схеми	14.04.2024-29.04.2024
4	Вибір засобів автоматизації	25.04. 2024-11.05.2024
5	Розробка технічної документації	06.05. 2024-25.05.2024
6	Технічне оформлення проекту	23.05.2024-30.05.2024

## АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизація процесів станції автомийки легкових автомобілів.

Автор: Максим Мельник; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Керівник: Кулінченко Георгій Васильович; доцент кафедри КСУ; к.т.н.

Робота містить вступ, чотири розділи та висновки в основному тексті, загальним обсягом 75 сторінок, 34 рисунки, 7 таблиць, 25 джерел інформації.

Автоматизований процес мийки легкових автомобілів складається з технологічних операцій переміщення авто з допомогою конвеєра між модулями; попередньої мийки, очищення ротаційними щітками, фінішної мийки з використанням миючих засобів, ополоснування та сушіння.

Завдання забезпечення екологічних показників вирішується за рахунок утилізації брудної води з допомогою гідроциклону та спеціальних відстійників.

Параметри процесу: Продуктивність мийки 25 авто за годину. Автоматичне підведення/відведення ротаційних щіток. Забезпечення кліматичних умов сушіння, подача миючої води із заданим тиском та дозування миючих засобів.

В першому розділі аналізуються конструктивно -технологічні особливості об'єкту керування. У другому розділі розглянуто канали впливу на процес мийки сформульовані функціональні завдання керування процесом мийки. Третій розділ присвячений обґрунтуванню та вибору периферійних та мікропроцесорних засобів автоматизації. У четвертому розділі, відповідно до завдань керування розглянута архітектура комунікацій та апаратно-програмна структура процесу мийки, що дозволило провести ескізу розробку SCADA - системи на базі мнемосхеми оператора. Основною метою роботи є досягнення ефективності процесу мийки та підвищення екологічних характеристик станції мийки.

Розроблена структурна, функціональна схема автоматизації, електрична принципова схеми системи очищення води. Описані контури керування, обрані технічні засоби автоматизації, розроблено інтерфейс SCADA системи.

**Ключові слова:** ПЛК ОВЕН, ротаційні щітки, гідроциклон, тунельна мийка, електропривод конвеєра, мнемосхема, інфрачервоний давач, миючі засоби.





## ABSTRACT

Work topic: Automation of car wash station processes.

Author: Maksym Melnyk; Sumy State University; 4th course; Sumy.

Head: Heorhii Kulinchenko associate professor of the KSU department; Ph.D.

The work contains an introduction, four chapters and conclusions in the main text, totaling 63 pages, 34 figures, 7 tables, 25 sources of information.

The automated process of car washing consists of the technological operations of moving cars between modules using a conveyor: pre-wash, cleaning with rotary brushes, final wash using detergents, rinsing and drying.

The task of ensuring environmental indicators is solved by the disposal of dirty water with the help of a hydrocyclone and special sedimentation tanks.

Process parameters: Productivity of the car wash is 25 cars per hour. Automatic feeding/removing of rotary brushes. Provision of climatic conditions for drying, supply of washing water with a specified pressure and dosing of detergents.

The first section analyzes the structural and technological features of the control object. In the second section, the channels of influence on the washing process are considered, and the functional tasks of managing the washing process are formulated. The third section is devoted to the justification and selection of peripheral and microprocessor automation tools. In the fourth chapter, in accordance with the management tasks, the communications architecture and hardware and software structure of the washing process are considered, which allowed to carry out the sketch development of the SCADA system based on the operator's mnemonic scheme. The main goal of the work is to achieve the efficiency of the washing process and improve the ecological characteristics of the washing station.

The structural, functional scheme of automation, the electrical principle scheme of the water purification system has been developed. The control circuits are described, the technical means of automation are selected, the SCADA system interface is developed.

Key words: OVEN PLC, rotary brushes, hydrocyclone, tunnel washer, conveyor electric drive, mnemonic, infrared sensor, detergents.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизація процесів станції автомийки легкових автомобілів»

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Георгій Кулінченко

Здобувач:

Студент групи СУ-01

Максим Мельник

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	3
ВСТУП	4
1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА КЕРУВАННЯ	6
1.1 Аналіз умов функціонування обладнання мийки	6
1.2 Устаткування постів механізованого миття	8
1.3 Очищення використаної води під час миття	12
1.4 Сушіння автомобілів	13
2 ОПИС КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ	16
2.1. Чинники формування структури керування об’єктом	16
2.2 Функціональні завдання керування процесом мийки	17
2.2.1 Контур керування приводом конвеєра	17
2.2.2 Підсистема керування приводом щіток	19
2.2.3 Підсистема керування приводами подачі води та миючих засобів	22
2.2.4 Контур керування сушінням авто	25
2.2.5 Підсистема керування очищенням води	26
3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І ЗАХИСТУ	31
3.1 Первинні перетворювачі	32
3.2 Виконавчі механізми	44
4. КОМУНІКАЦІЇ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МИЙКИ	54
4.1 Структурна схема програмно- апаратних засобів системи	54
4.2 Побудова функції візуалізації роботи системи керування	58
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	62
Додаток А	64
Додаток В	65

					<i>СУ-01.6.151.21.ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Максим Мельник</i>				<i>Автоматизація процесів станції автомийки легкових автомобілів</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>	
<i>Перевір.</i>	<i>Георгій Кулінченко</i>						2		
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, СУ-01</i>			
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затвердив</i>	<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>								

## СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

МК – мікроконтролер

ВД – ваговий дозатор

САР - система автоматично регулювання

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

АС – асинхронний

ЕП – електропривод

ККД – коефіцієнт корисної дії

ГБК- головний блок керування

ОЗП – оперативний запам'ятовувальний пристрій

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						3
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

До чинників переходу на автоматичне миття автотранспорту відносять:  
відмова від витрат на некваліфіковану робочу силу;  
підвищення продуктивності миття та отримання прибутку за рахунок підвищення продуктивності;  
зростання вимог до якості послуг на автомийках;  
необхідність задоволення зростаючого попиту на обслуговування, зумовленого збільшенням кількості автотранспорту.

Зважаючи на складнощі, які виникають при роботі автоматичних автомобільних мийок, слід розділити фактори конструктивного та технологічного характеру.

Недоліки конструктивного характеру усуваються шляхом удосконалення конструкції мийки, а технологічні – впровадженням нових технологій миття або автоматизованих засобів керування.

Можливості оптимізації процесу мийки залежать від доцільності врахування індивідуальних особливостей автомобіля, а також конкретних рівнів його забруднення. До того ж, слід враховувати, що програми для видалення бруду різного ступеня важкості, розраховані на виконання певних циклів із строго заданим часом роботи. Ці цикли передбачають використання додаткових хімічних засобів, які прискорюють чи гальмують (у разі недостатності) процес мийки. Тому для підвищення якості миття доводиться або повторювати цикл миття або вибрати більш тривалий цикл.

Згадані труднощі приймаються до уваги при реалізації керування процесом, виходячи із різних довільних початкових умов, що виникають при митті автомобілів. Врахування змінних параметрів процесу миття з метою підвищення ефективності цього процесу є актуальним завданням автоматизації зазначеного об'єкту керування (ОК).

В практичній площині завдання автоматизації формулюється як регулювання подачі/скиду води, в залежності від марки і ступеня забруднення автомобіля. Використання засобів автоматизації при вирішенні програмних задач скорочує витрати води та електроенергії, від яких залежить ефективність процесу мийки.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						4
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід зазначити, що підвищення ефективності миючого обладнання та технології мийки автомобільного транспорту можливе за рахунок проведення різних технічних та організаційних заходів, найбільш важливими з яких з точки зору управління мийкою є [1]:

програмне регулювання швидкості переміщення автомобіля в залежності від його марки та ступеня забруднення;

впровадження засобів автоматизації процесу мийки, як всієї установки в цілому, так і окремих її агрегатів;

забезпечення оперативного контролю за якістю мийних робіт.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						5
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА КЕРУВАННЯ

## 1.1 Аналіз умов функціонування обладнання мийки

Миття автомобілів є трудомістким процесом (становить 30 - 40% трудомісткості щоденного обслуговування), тому у великих автогосподарствах широко застосовується механізація мийних робіт, що дозволяє знизити їх собівартість і поліпшити умови праці робітників. Мийні установки повинні забезпечувати високу продуктивність, хорошу якість миття та мінімальну витрату води. Остання вимога має велике значення, оскільки вартість споживаної води при митті автотранспорту становить значну частину основних витрат на миття.

Тому передбачається збір використаної води, її очищення та повторне використання. Якість миття залежить від тиску струменя води, кута нахилу її до поверхні, що обмивається (кута атаки струменя) і відстані сопел від неї. На рис. 1.1а відображена залежність витрат води та витрат часу на миття рівної забрудненої поверхні залежно від тиску струменя води на виході із сопла.

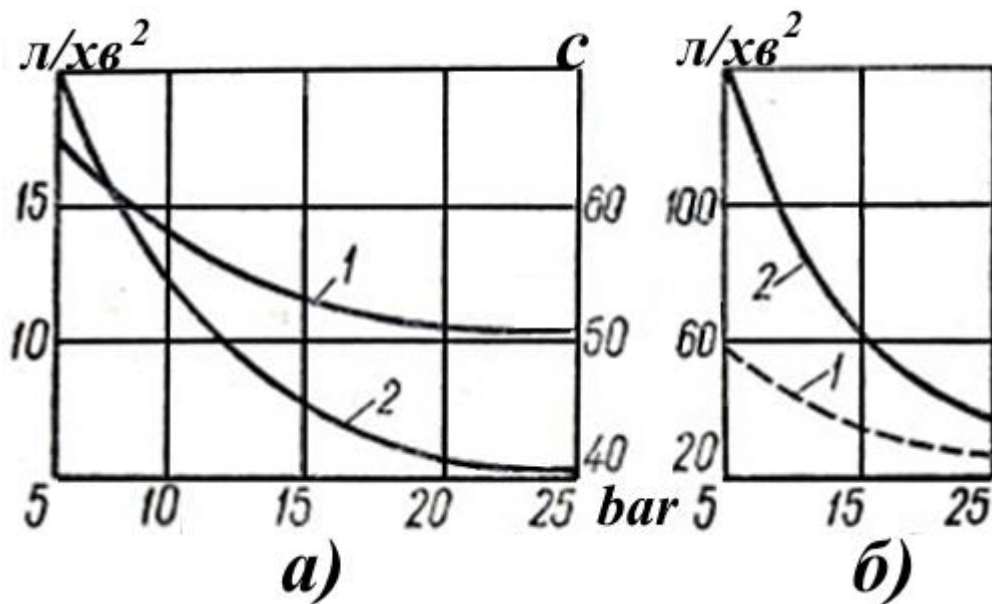


Рис. 1.1– Залежність витрати води та часу миття від тиску струменя води:

а) 1 – витрата води; 2 – час миття;

б) 1 – сопло діаметром 2,5 мм; 2 - сопло діаметром 3,5 мм

З графіків на рис. 1.1 видно, що загальні витрати води на миття автомобіля помітно скорочується при збільшенні тиску струменя, а також при зменшенні перерізу сопла.

									Арк
									6
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151.21.ПЗ				



Найбільш доцільно застосовувати установки з рухомими соплами, що забезпечують необхідну зміну напрямку струменя води в процесі миття автомобіля у поєднанні з рухом через мийну установку [2].

Для руйнування та видалення забруднень при мийці шасі автомобілів доцільно використовувати зосереджений струмінь води, що має достатню кінетичну енергію і зберігає свою компактну форму на великій відстані до поверхні. Миття шасі та нижньої частини кузова, зверненої до полотна дороги, успішно здійснюють за допомогою струменевих установок.

Залежно від кліматичних умов та пори року щоденне миття повинно забезпечувати можливість включення пристроїв для миття автомобілів знизу в міру потреби. Це дає не тільки економію витрати води та електроенергії, але й у вузлах і механізмах ходової частини автомобіля зберігає мастило, що вимивається до певної міри при щоденній інтенсивній мийці, особливо - теплою водою. При цьому краще зберігається антикорозійне покриття нижніх панелей кузовів безрамних автомобілів, завдяки чому значно збільшується тривалість роботи кузовів.

З полірованих зовнішніх поверхонь кузовів автобусів і легкових автомобілів струмінь води не змиває найдрібніших частинок пилу, які утримуються в тонкій водяній плівці і при її висиханні залишають на поверхні матовий наліт.

Застосування миючих розчинів та теплої води не дає повного ефекту, а лише частково покращує якість миття. При цьому намагатися покращити якість миття шляхом збільшення тиску струменя води неприпустимо, оскільки це призводить до пошкодження шару фарби. Тому при миття кузовів автотранспорту необхідний механічний вплив на них обтирального матеріалу або спеціальних щіток барабанного типу з подачею до щіток спочатку миючих розчинів, а потім води.

При щітковому миття кузов автомобіля зазвичай змочують водою з сопел трубочастої рами при в'їзді в мийну установку, що сприяє попередньому розм'якшенню засохлого бруду і полегшує його видалення. Після закінчення щіткового миття при виході з мийної установки автомобіль ополоскується водою. Тиск води у трубопроводі щіткових установок підтримується в межах (3 - 4 бар).

Напрямок обертання щіток має бути протилежним руху автомобіля через

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						7
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мийну установку.

У разі наявності на поверхнях автомобіля мастила, виникають умови утворення відкладень на поверхню пилу та бруду, які погано змиваються струменем холодної води. Тому в цих випадках миття здійснюють теплою водою із застосуванням миючих розчинів. Не рекомендується застосовувати миючі розчини, що містять луги, оскільки вони викликають швидке потьмарення та руйнування лакофарбового покриття. Застосування миючих розчинів збільшує продуктивність мийної установки та підвищує якість миття.

### **1.2 Устаткування постів механізованого миття**

Для механізованого миття автомобілів застосовуються стаціонарні установки, які поділяються на струменеві та щіткові.

За допомогою струменевих установок автомобіль можна організувати миття і знизу, і зовнішнє. Установки із щітковими барабанами використовуються для зовнішньої мийки (зовнішньої поверхні кузова та крил) легкових автомобілів та автобусів. Вони застосовуються зазвичай у поєднанні із струменевими установками для миття автомобілів знизу.

Установка для миття автомобілів знизу призначається для струминного миття автомобілів знизу на мийних постах з *наскрізним проїздом*, а також на конвеєрних лініях безперервної потокової системи обслуговування.

Ця мийна установка (рис. 1.2) складається з сегнерових коліс, трубопроводу та насосної станції. Чотири нижні сегнерові колеса **1** обертаються в горизонтальній площині і обмивають нижні поверхні автомобіля. Два бічні сегнерові колеса **2** обертаються у вертикальній площині і обмивають колеса, крила та бічні поверхні автомобіля. Обертання сегнерових коліс відбувається за рахунок реактивних сил, що виникають при витіканні води під тиском із сопел (діаметром 3 і 4,5 мм), наверхнутих на відігнуті кінці патрубків.

Насосна станція **3** складається з двоступінчастого відцентрово-вихрового насоса типу, з'єданого з електродвигуном потужністю 14 кВт. Продуктивність насоса – 18 м<sup>3</sup>/год. На кінці всмоктувальної магістралі є фільтр **8** із зворотним клапаном. Тиск води у нагнітальній магістралі **4** вимірюється давачем **5**.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						8
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

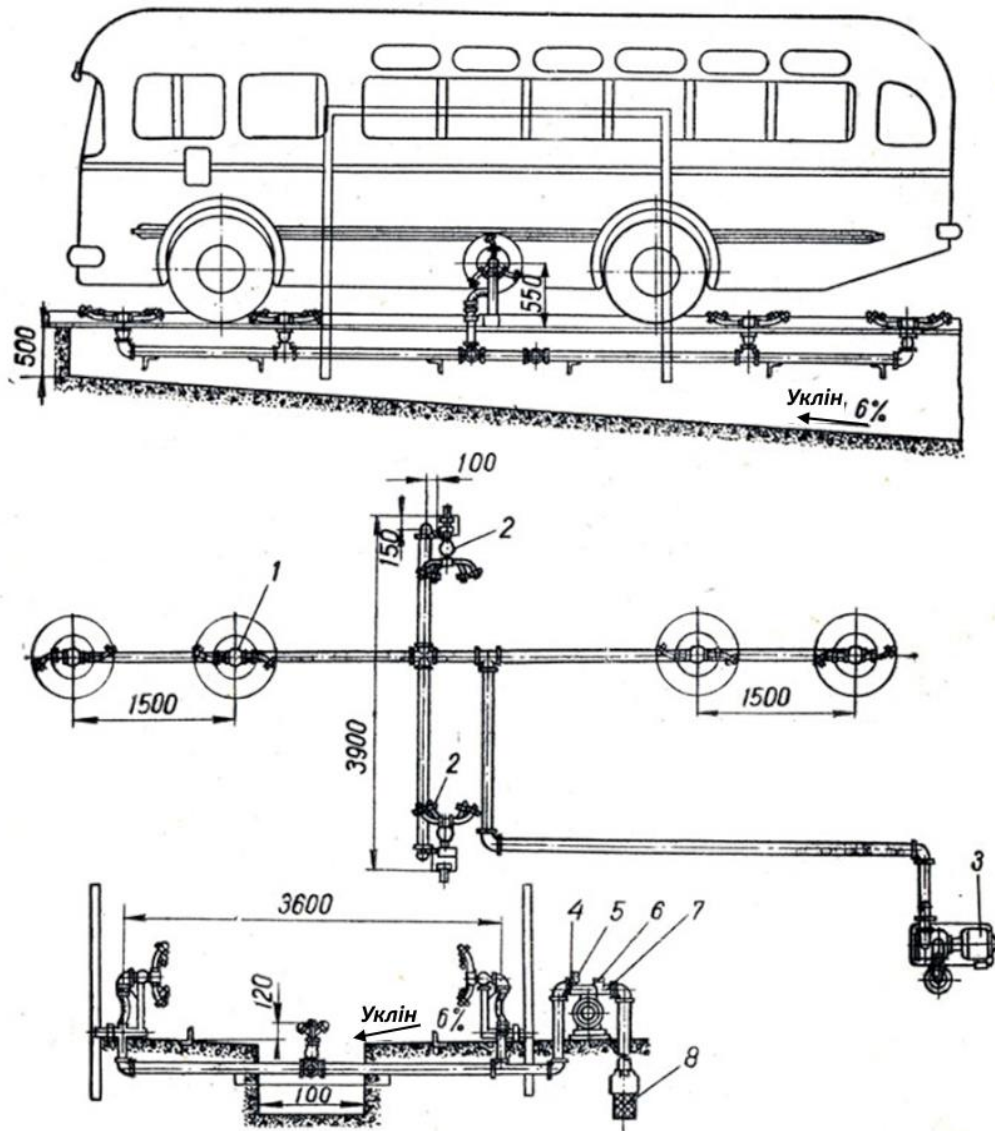


Рис. 1.2– Установка для миття автомобілів знизу

Сегнерові колеса повинні бути встановлені по висоті вісі коліс автомобіля так, щоб відстань від площини сопел до боковини шини становила 150 мм.

Засміченість сопел призводить до зниження числа обертів сегнерових коліс (нормальна швидкість їх 100 - 150 об/хв) і погіршення роботи установки. Тому необхідно періодично чистити сопла і всмоктуючий фільтр.

Перед пуском установки після тривалої перерви в роботі слід попередньо залити всмоктувальну магістраль насосної станції 7 водою через отвір, що закривається пробкою 6.

У разі використання установки на конвеєрній лінії відстань між центрами крайніх нижніх сегнерових коліс треба вибрати таким, щоб час між змочуванням та змиванням бруду становив 5 – 7 хв.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.21.ПЗ

Арк

9



14 – труба для електропроводки; 15, 18, 24, 30 - сполучні труби; 16, 22 - проміжні стійки; 17, 21, 25, 29 - вертикальні щітки; 19, 27 - пружини; 20, 26 - упори; 23, 28 - поперечні труби.

Верхні кінці стійок рамок і щіток з'єднані поздовжніми та поперечними трубами, що утворюють замкнуту кільцеву систему, за якою до щіток і рамок подається вода з водопровідної мережі під тиском 2 - 4 бар. Кожна душова рамка складається з горизонтальної та вертикальної труб з форсунками, дві з яких можуть бути відрегульовані для спрямування струменя до важкодоступних ділянок буфера автомобіля.

Привод кожної барабанної щітки здійснюється від індивідуального електродвигуна потужністю 0,6кВт через черв'ячний редуктор.

Горизонтальна щітка, призначена для миття капота та даху авто. Для врівноваження щітки передбачено противагу з вантажем 3, що складається з баласту. Змінюючи кількість баласту, можна регулювати положення щітки за висотою та змінювати кут нахилу рами 4.

Вертикальні щітки миють передню, бічні та задню поверхні автомобіля, що досягається завдяки великому радіусу повороту щіток. Рамки здвоєних щіток у вільному стані за допомогою стягуючих пружин 19 і 27 встановлюються під кутом 90°, а в процесі роботи розходяться на 180°.

Автомобіль, надходячи на пост миття, спочатку змочується водою з рамки 1, потім до роботи вмикається горизонтальна щітка, і при подальшому просуванні авто працюють вертикальні щітки. Не стикаючись більше з автомобілем, щіткові барабани під дією вантажів 9, підвішених на тросах через блоки, повертаються у вихідне положення, а автомобіль, що рухається далі, *ополоскується* з рамки 7.

Для більш ретельного миття застосовують миючий розчин, який через певні проміжки часу може надходити з бачка 11 під тиском стисненого повітря 4-5бар через сопла в рамці 10 на поверхню кузова автомобіля.

Пост мийки облаштований *конвеєром*, що забезпечує пересування автомобілів зі швидкістю 4-5 м/хв. Продуктивність установки 40 – 45 автомобілів на годину, витрата води на автомобіль 400 – 500 л [3].

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						11
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Очищення використаної води під час миття

Вода після миття авто містить багато бруду, олію та паливо. Для очищення води пости мийки обладнуються брудовідстійниками та уловлювачами мастил та бензину. Їх принцип дії заснований на використанні різниць питомої ваги води, бруду, мастила та палива. Зважені тверді частинки осідають на дні брудовідстійника, потім вода надходить в уловлювач, у верхній частині колодязя якого мастило і паливо спливають і відводяться в мастилозбірник, який періодично очищається, а вода прямує в каналізаційну систему або збирається у відстійних резервуарах для повторного використання (рис. 1.4).

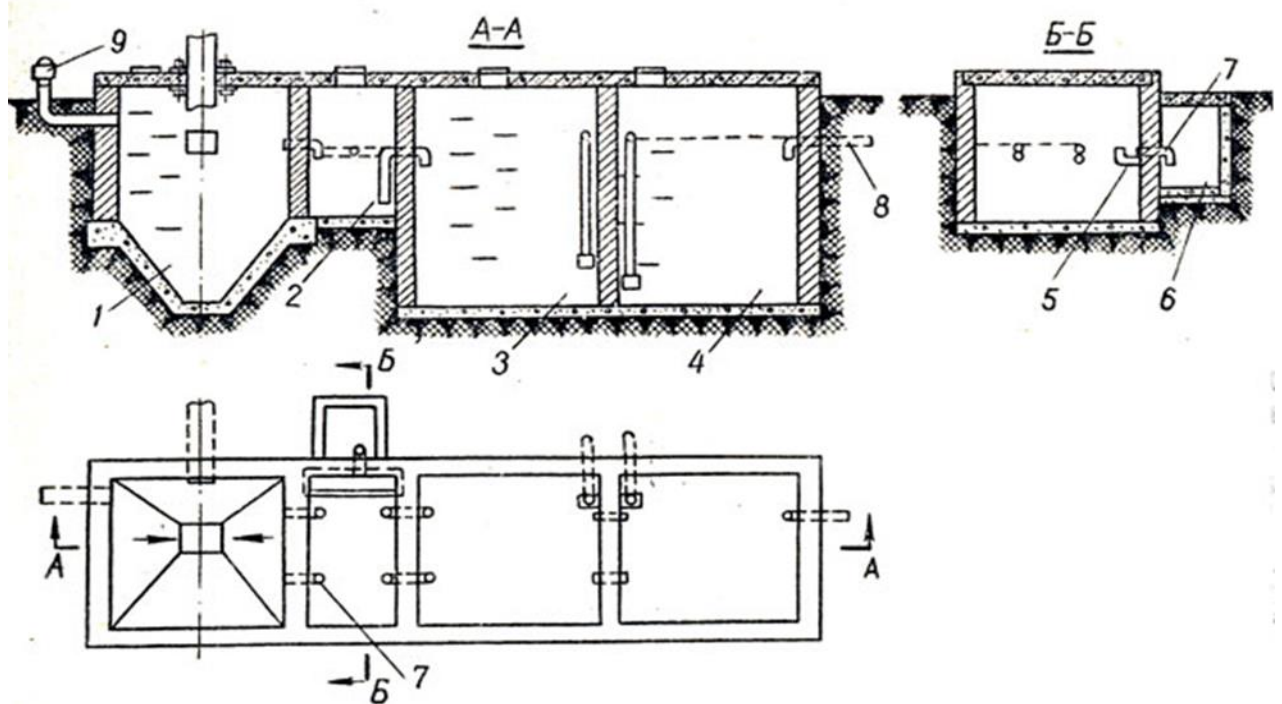


Рис. 1.4 – Установа для повторного використання води:

1 – брудовідстійник; 2 – уловлювач мастил та бензину; 3- 4 – резервуари для відстою води; 5 – лоток; 6 – мастилозбірник; 7 – переливна труба;  
8 – переливна труба з мастилозатвором; 9 – вентиляційна труба

Освітлення води у відстійних резервуарах відбувається повільно, оскільки середні та дрібні частинки тривалий час перебувають у зваженому стані. Продуктивність очисних споруд може бути підвищена шляхом збільшення поверхні резервуарів відстійників, але це значно збільшує їх габарити та вартість.

Тому для прискорення очищення води з метою її повторного використання застосовують метод коагуляції – метод згортання в пластівці речовин, що знаходять-

									Арк
									12
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



ся у воді в колоїдальному стані, які при осадженні захоплюють забруднюючі частинки і виносять їх в осад. Як коагулянт застосовують сірчаноокислий алюміній або залізний купорос. При багаторазовому очищенні воду треба підлужувати гашеним вапном або кальцинованою содою. Брудовідстійник і – уловлювач мастил та бензину розміщують поблизу поста миття в місці, доступному для їх періодичного очищення.

На дні брудовідстійника утворюється щільна маса, яку видалення необхідно перетворити на пульпу. Брудовідстійники очищають за допомогою насосів, інжектора, грейферів, екскаваторів з ємністю ковша 0,25 м<sup>3</sup> та інших пристосувань.

### 1.4 Сушіння автомобілів

Для сушіння використовується стиснене повітря, яке подається під тиском 2- 4 бар трубами та шлангами на пости.

Процес видалення вологи з автомобіля після миття механізують за допомогою установок для обдування автомобілів. Існують установки, аналогічні струминним мийним, в яких використовується стиснене повітря. На рис. 1.5 показано стаціонарну аркову установку для обдування легкових автомобілів після миття [4].

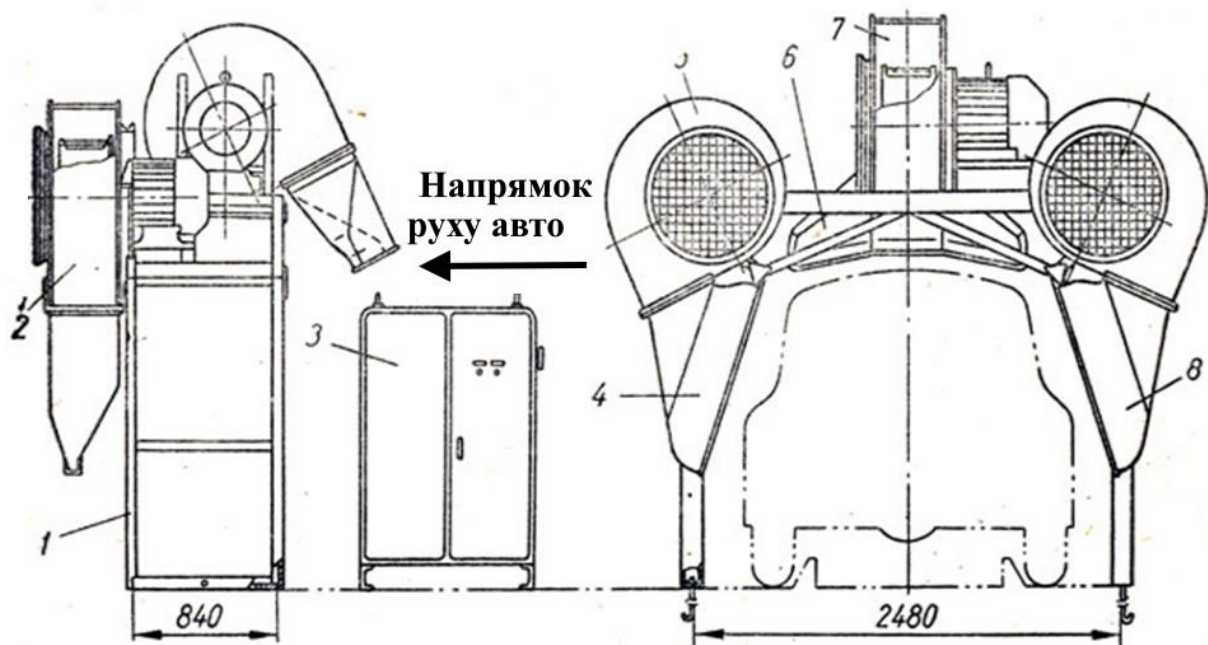


Рис. 1.5 – Схема установки для обдування легкових автомобілів після миття

На зварній просторовій фермі 1 змонтовані три відцентрові вентилятори типу ЕВР-6. Верхній вентилятор 7, призначений для обдування капота і даху автомобіля,

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

приводиться в дію від електродвигуна потужністю 20 кВт, а два бічних вентилятори 2 і 5 – для обдування бічних поверхонь від електродвигунів потужністю по 14кВт з обертанням 1460 об/хв.

Кожен вентилятор закритий повітроводом (4, 6 та 8) равликового типу з щілинним вихідним перерізом, з якого потік повітря виходить під кутом 65° до напрямку руху автомобіля. Прилади керування установкою знаходяться в апаратній шафі 3.

Автомобіль на посту обдування переміщається примусово за допомогою конвеєра зі швидкістю 4-6 м/хв. Продуктивність установки 30 – 40 автомобілів на годину. Вага установки 1450 кг. Між установками для миття та обдування має бути розрив не менше 4,5 м.

В установки для обдування автомобілів з метою прискорення процесу можна подавати повітря, попередньо підігріте в калорифері до 40 – 50° С.

Прогресивною є сушіння автомобіля за допомогою ламп з інфрачервоними променями, а також терморадіаційне сушіння панелями темного інфрачервоного випромінювання, що застосовується при фарбуванні автомобілів.

Аналіз операцій мийки авто дозволяє представити технологічну структуру об'єкта керування (ОК) у вигляді тунельної автомийки (рис. 1.6).

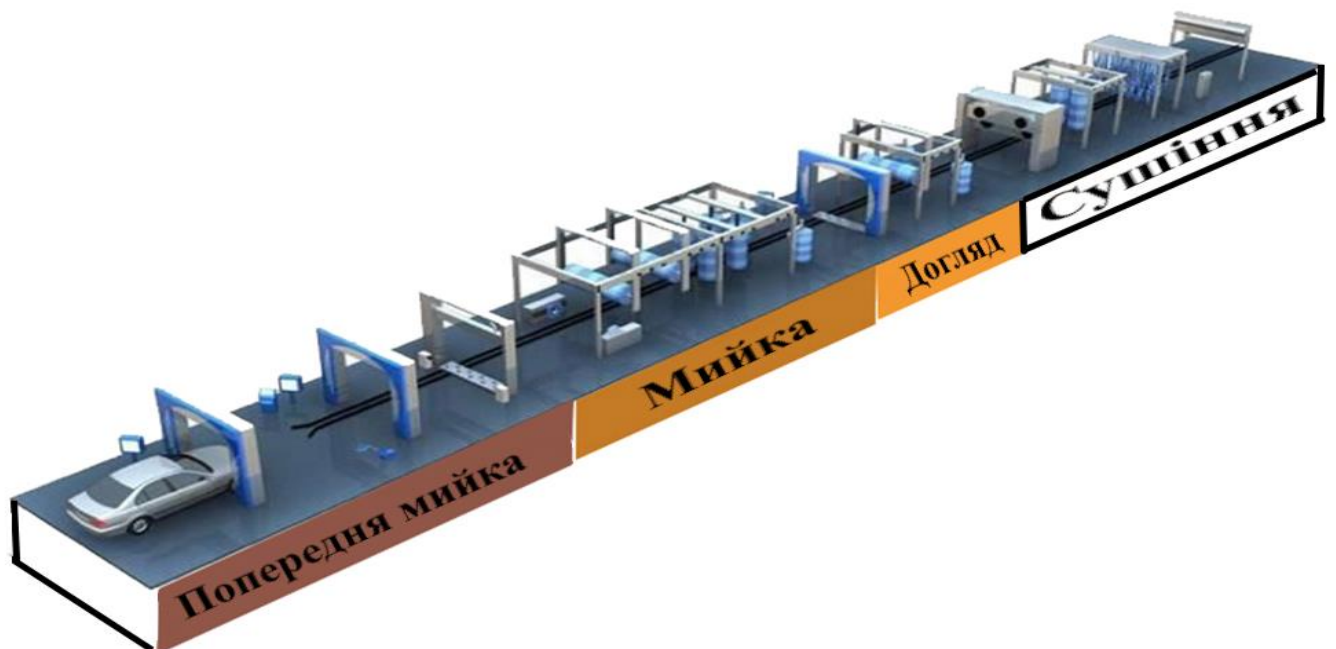


Рис. 1.6 – Технологічна структура об'єкта керування у вигляді тунельної автомийки

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Тунельна автомийка працює за принципом конвеєра: автомобіль переміщається вздовж робочих модулів і арок на спеціальній *транспортній стрічці* [5]. Кількість модулів при цьому може змінюватись.

Перевагами тунельної автомийки перед іншими типами миття є:

1. Висока пропускна здатність від 50 до 120 автомобілів на годину.
2. Мінімізація обслуговуючого персоналу завдяки автоматизації процесу миття.
3. Можливість регулювання розмірів миття, виходячи із економічних міркувань, завдяки модульній будові процесу миття.
4. Можливість автоматизованого розрахунку витрат води, електроенергії та миючих засобів.
5. Надійність та можливість корегування параметрів експлуатації.
6. Моніторинг якості процесу мийки.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						15
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ОПИС КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ

### 2.1. Чинники формування структури керування об'єктом

Використання різних структур побудови процесів миття визначається специфічними вимогами до сервісу конкретного сектору обслуговування. Складовими цих вимог є типи та розміри автомобілей, а також умови їх експлуатації.

Не аналізуючи витрати, що необхідні для побудови пункту мийки авто, доцільно розглянути ефективність роботи того обладнання, що буде задіяне в проекті. Наголошуючи на можливостях використання модульної структури побудови пункту миття (ПМ), слід враховувати, що різні комбінації модулів забезпечують різні показники якості очищення транспорту від бруду. При цьому зрозуміло, що відмова від використання щіткових механізмів призводить до додаткових витрат води або миючих засобів.

Відмова від комп'ютерних засобів керування процесами миття не дозволяє здійснити оптимізаційні розрахунки та корегування по витратам миючих засобів відповідно до типу автомобіля. Ще більш вагомим фактором підвищення ефективності мийки є регулювання продуктивності мийки в залежності ступеня забрудненості авто, що обслуговується. При цьому витрати води, що витрачається на мийку, впливають і на інтенсивність очисних заходів, які є важливим чинником організації процесів мийки автомобілів.

До факторів, що визначають ефективність задіяного обладнання, відносяться і додаткові сервісні операції, наприклад сушіння кузову авто або покриття його поверхні воском та її полірування після миття.

Іншим фактором, що забезпечує надійність функціонування обладнання, виступає моніторинг стану цього обладнання, який забезпечується шляхом додаткових витрат. Тому прийняття рішень по формуванню структури використаного обладнання, а значить і структури та об'єму програмно апаратних засобів автоматизації, необхідно здійснювати на основі маркетингових досліджень попиту послуг.

Відповідно до можливого об'єму послуг, які забезпечуються функціональним призначенням потрібного обладнання та засобів автоматизації розглядаються контури керування процесу мийки.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						16
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Функціональні завдання керування процесом мийки

### 2.2.1 Контур керування приводом конвеєра

Використання конвеєра на станції мийки тунельного типу визначається наступними чинниками:

- зменшується загазованість приміщення мийки;
- підвищується продуктивність лінії за рахунок ритмічного переміщення автомобіля з операції на операцію;
- підвищується якість миття завдяки мінімізації відстані між автомобілями.

Дія останнього чинника пояснюється підвищенням рівномірності руху автомобілів у зоні миття, на відміну руху своїм ходом.

Таким чином із аналізу згаданих чинників випливають основні завдання, які вирішуються системою автоматизації конвеєра:

- Дистанційне керування;
- Плавний пуск і зупинка;
- Моніторинг функціонування та стану обладнання.

Окрім можливостей дистанційного керування засобами автоматизації передбачається оперативне втручання в режими роботи конвеєра у випадках аварійних ситуацій шляхом відключення обладнання електроприводу.

Опція взаємодії авто/конвеєр починається із заїзду автомобіля одним колесом на конвеєрну стрічку. Після фіксації цього колеса конвеєр тягне автомобіль вздовж нерухомо закріплених модулів, що здійснюють процедури миття

У розроблених та реалізованих системах автоматизації конвеєрів використовуються пристрої плавного пуску та перетворювачі частоти (ЧП). ЧП, крім забезпечення виконання сформульованих завдань, виконує наступні функції:

- плавний розгін і гальмування конвеєра;
- утримання постійного моменту приводу обертання стрічки;
- захист електроприводу від перевантажень, перегріву, обриву фази;

До того ж головним завданням керування конвеєром залишається автоматичний контроль швидкості стрічки, оскільки здійснення технологічних операцій мийки синхронізується саме швидкістю переміщення авто.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						17
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Засоби захисту електрообладнання (аварійне відключення зі звуковим сигналом) також зорієнтовані на значення швидкості руху (не менше 75% від номіналу).

Доцільність використання регульованого електроприводу пояснюється тим, що при завданні утримання фіксованої швидкості руху конвеєра не виключаються можливості ривків та вібрацій авто. Тоді пуск і гальмування тягового електродвигуна супроводжується підвищеними коливаннями конвеєра, що обумовлює необхідність зниження робочої швидкості його переміщення.

Використання засобів регулювання дає змогу обмежувати прискорення приводу в пуско-гальмівних режимах з метою зниження динамічних навантажень в його механічній частині.

Якісне та надійне функціонування конвеєра багато в чому визначається принципом розбудови контуру керування приводом конвеєра. Один із варіантів його функціональної схеми автоматизації приведено на рис. 2.1.

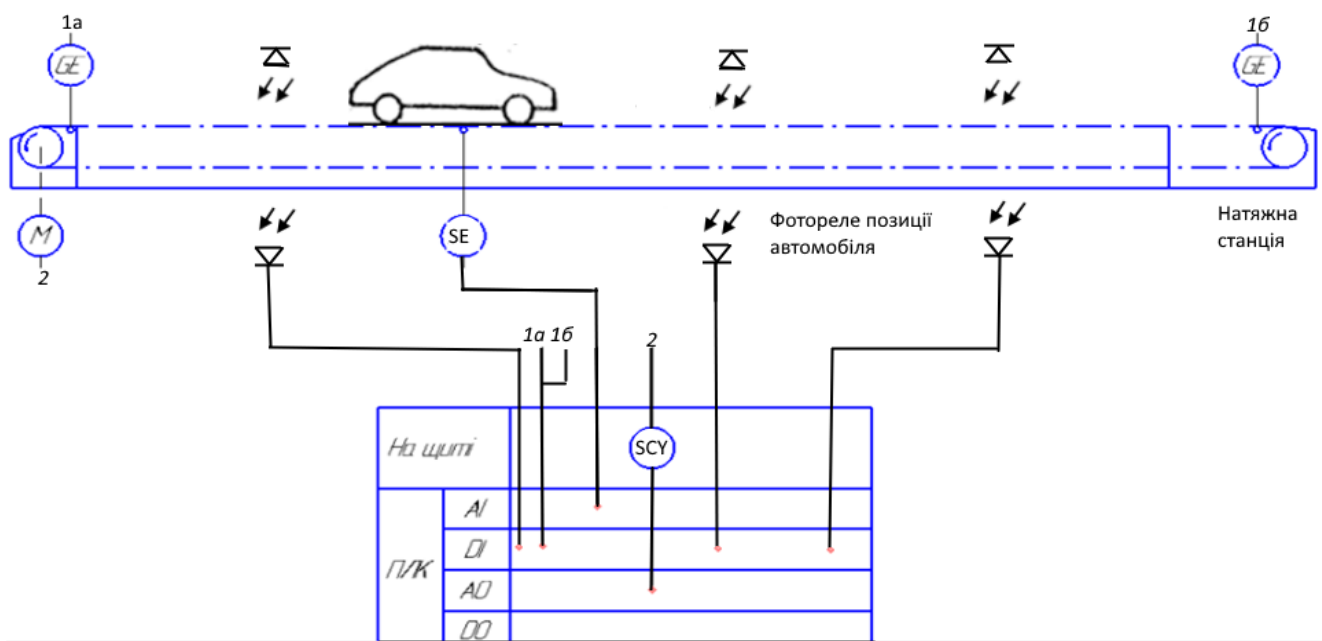


Рис. 2.1– Контур керування приводом конвеєра автомийки

Переміщення авто з конвеєром здійснюється в результаті взаємодії тягового асинхронного двигуна (АД), із станцією натягу. Контур керування по швидкості руху конвеєра створюється з використанням датчика швидкості SE (рис. 2.1) та двигуна М з редуктором. Регулятор швидкості SCY реалізується з допомогою локального програмного логічного контролера (ПЛК) з необхідним програмним забезпеченням.

						СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
							18
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Для зменшення динамічних навантажень на стрічку конвеєра разом з ЧП в обладнанні електроприводу застосовують пристрої плавного пуску. До цього ж обладнання входять давачі, які забезпечують надійність його функціонування. Сигнали від давачів контролю сходу стрічки GE, давачів пробуксовки або розриву стрічки через пристрій зв'язку з об'єктом надходять до ПЛК. Дані моніторингу стану обладнання, що отримуються в результаті аналізу отриманих сигналів надсилаються на верхній рівень системи керування.

### 2.2.2 Підсистема керування приводом ротаційних щіток

Факторами, що зумовлюють принципи побудови системи керування процесами миття автомобілів, є збереження матеріальних ресурсів для здійснення згаданих процесів. Отже, попередній аналіз режимів роботи обладнання показує, що важливим чинником організації процесу мийки, є синхронізація технологічних операцій мийки. До того ж ритмічність руху дозволяє підвищити продуктивність лінії. Зважаючи на покращення якості миття за рахунок механічної дії щіток, для зменшення витрат води в конструкції обладнання передбачається автоматизація керування режимами роботи ротаційних щіток. Адаптація режимів обертання щіток до позиції автомобіля, що обслуговується, також сприяє економії води. Схема синхронізації технологічних операцій мийки, яка зображена на рис. 2.2, працює з допомогою сигналів, що надходять з фотореле. Послідовність сигналів з фотореле визначає місце положення автомобіля та задає тривалість операції, що відповідає цьому положенню [6].

При цьому корпус машини, що переміщається конвеєром, перетинає промінь світла, який надсилається фотореле системи автоматизації. В результаті переривання світлового променя вмикаються подача теплої води і щітковий механізм, тобто починається миття авто, що рухається. Наближаючись до наступного етапу процесу мийки, який реєструється другим променем світла (друге фотореле), електропривод щіток вимикається, припиняється подача води та вмикаються електроventильатори обдування. Як конвеєр, так і система керування позиціонуванням та обертанням щіток автоматизуються локальними підсистемами.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						19
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

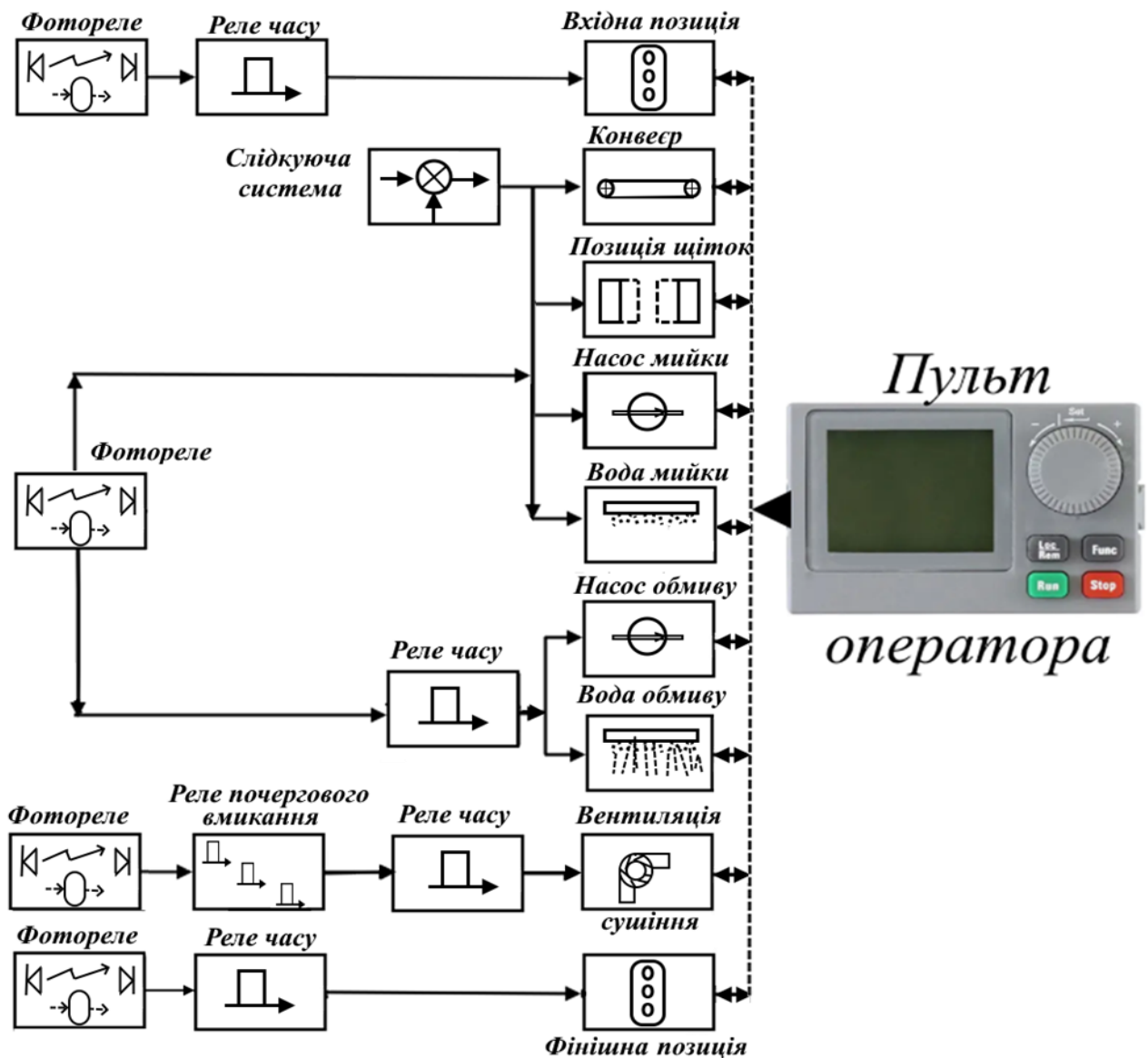


Рис. 2.2 – Схема синхронізації технологічних операцій мийки

Крім апаратно-програмного забезпечення, яке забезпечує витримку програмно часових інтервалів процесу, до технологічних завдань керування додаються задачі позиціонування та обертанням щіток. Це пов'язано з тим, що намагання досягнути високої продуктивності установки передбачає забезпечення координації роботи певної кількості агрегатів, вузлів, силових пристроїв та приладів керування. Згадані засоби повинні забезпечити обертання, контактування та розведення щіток у автоматичному циклі.

При керуванні позиціонуванням щіток необхідно враховувати, що швидкості обертання щіток 150-180 об/хв створюються інерційні сили ударів капронових ниток по лакофарбовим покриттям, що призводить до втрати блиску та утворенню рисок на поверхні кузова автомобіля.

Тому при обертанні щіток забезпечується задане регламентом зусилля притиску щіток до поверхні [7]. Це зусилля змінюється при переміщенні щіток і підлягає корегуванню в залежності від виду та характеру поверхні миття. Окреме завдання керування полягає в обмеженні наближення щіток до поверхні кузова, тому воно вирішується з допомогою окремого давача, наприклад, індуктивного давача наближення. Перераховані завдання вирішуються з допомогою локальних засобів автоматизації – давачів та виконавчих механізмів (ВМ), що керуються згідно схеми, яка показана на рис. 2.3.

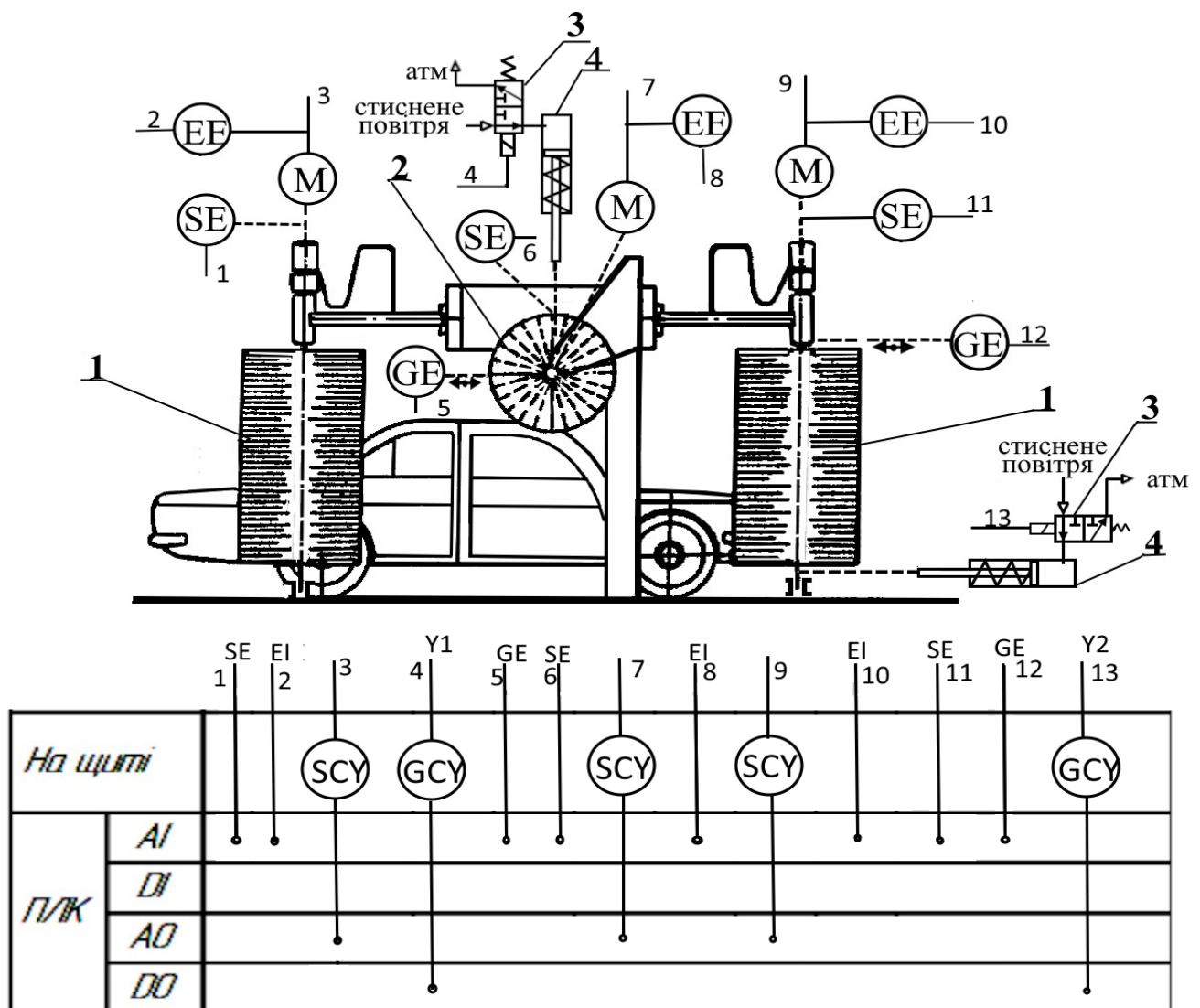


Рис. 2.3 – Функціональна схема автоматизації ротації щіток мийки

1–вертикальні щітки; 2–горизонтальна щітка; 3–пневморозподілювач;  
4– пневмоциліндр.

Швидкість обертання щіток 1, 2 (рис. 2.3) регулюється з допомогою давачів швидкості обертання SE. Швидкість корегується в залежності від вимірювання по-

тужності, що споживається приводами щіток. Дані споживаного струму отримуються із давачів струму *EE*. Індивідуальний електропривод щітки побудовано на основі електродвигунів *M* потужністю 1,1кВт з використанням шестеренчастого редуктора. Швидкість обертання задається з ПЛК через частотний перетворювач *SCY*.

Позиціонування щіток у робоче положення здійснюється з допомогою пневмоприводу [8] відповідно до сигналів, що надходять з давачів положення *GE*. Регулювання і утримання потрібного положення запобігає пошкодженню лакофарбового покриття. Керування зусиллям притиску щіток здійснюється з використанням сигналів мікроконтролера, що через пневморозподільвач 3 керує положенням пневмоциліндру 4. Керуючий сигнал з мікроконтролера ПЛК через підсилювач *GSY* видається на електромагніт пневморозподільвача 3, який відкриває канал стиснутого повітря, що переміщує шток пневмоциліндру 4. Після закінчення циклу мийки ПЛК знеструмлює електромагніт, в результаті чого, завдяки пружинам, пневморозподільвач повертається у початковий стан, стиснуте повітря залишає пневмоциліндр через канал, з'єднаний з атмосферою. При цьому миючі щітки повертаються у похідне положення.

Тривалість процесу мийки та очищення задається таймером, який реалізовано в ПЛК. По закінченню заданої тривалості циклу всі електродвигуни відключаються, а щітки фіксуються у похідному становищі.

### 2.2.3 Підсистема керування приводами подачі води та миючих засобів

Процес мийки авто складається з 3х етапів:

первинне змочування, нанесення автошампуню, ополоснування.

Вода для проведення першого етапу повинна бути очищена від сторонніх частинок та механічних домішок. Для очищення використовуються магістральні фільтри, що монтуються безпосередньо у живлячу трубу та пропускають через себе великі обсяги рідини без зниження напору потоку. Зниження напору контролюється з допомогою дифманометра. Втрати тиску можуть бути скомпенсовані з допомогою додаткового насоса підкачки [9].

Враховуючи завдання підвищення ефективності ведення процесу мийки, до

операції транспортування води додається операція нанесення миючих засобів. До

									Арк
									22
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151.21.ПЗ				



датково вода та миючі засоби підігріваються до 50-90°C. Ведення підігріву хоч і призводить до додаткових витрат, пов'язаний з монтажем та експлуатацією підігрівачів і змішувачів, але ці витрати окупаються за рахунок економії від зниження витрат миючої рідини. Крім того підвищується пропускна спроможність - продуктивність всієї установки.

Таким чином операції, що підвищують ефективність роботи миючої установки обумовлюють використання *арки нанесення миючих засобів* з форсунками і дозуючим насосом, а також *арки ополоснування автомобіля*.

Зважаючи на підвищення ефективності мийки, слід враховувати підвищення гідравлічного опору водяної магістралі. Тоді для досягнення необхідних кінетичних параметрів струменя миючого потоку необхідне відповідне підвищення тиску задіяного насосного обладнання.

Відповідно до сформульованих вимог щодо підвищення тиску здійснюється перерахунок параметрів необхідних потужностей насосів та їх електроприводу. Процес мийки забезпечується в результаті подачі до форсунок арки обмивання води, що надходить від мережи постачання. Рівень води відслідковується з допомогою давача рівня *LE* (рис. 2.4) та утримується зворотнім клапаном **2**. При зменшенні рівня води в акумуляторі **3** вмикається насос **1**, засобами керування якого передбачено вирішення наступних задач:

- плавний пуск електродвигуна, відсутність механічних навантажень на двигун та кидків струму в мережі;
- відсутність гідравлічних ударів;
- ефективне використання споживаної насосним агрегатом потужності у всьому діапазоні регулювання;
- забезпечення коефіцієнта потужності електродвигуна насоса на значенні, близькому до 1.

Функціональна схема автоматизації контуру подачі води та миючих засобів зображена на рис. 2.4.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						23
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

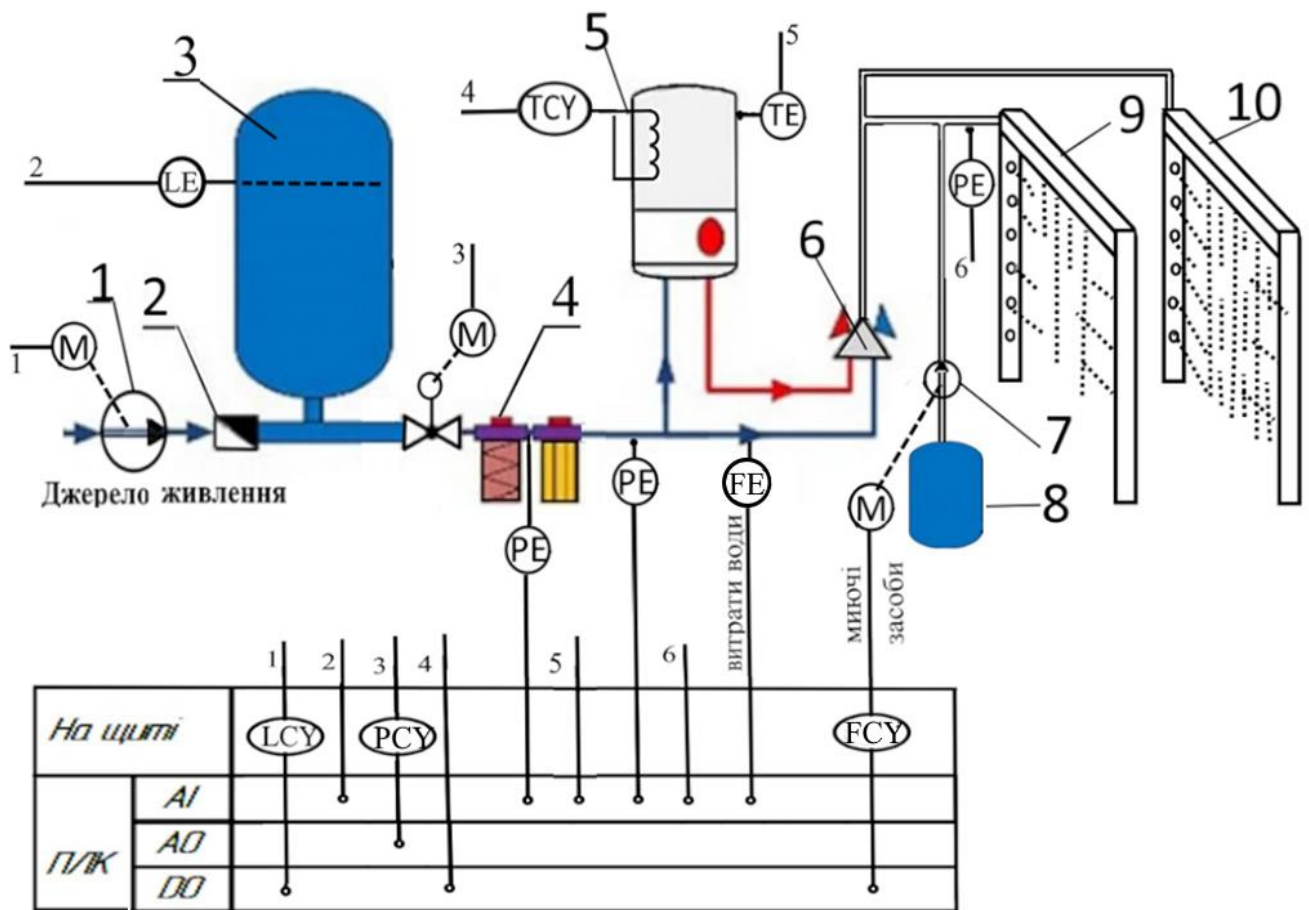


Рис. 2.4 – Функціональна схема контуру подачі води та миючих засобів  
 1– водяний насос; 2–зворотній клапан; 3–гідроаккумулятор; 4–засоби фільтрування;  
 5–нагрівач; 6 –змішувач; 7–насос миючих засобів; 8–ємність миючих засобів; 9–  
 арка нанесення миючих засобів; 10– арка ополоснування автомобіля.

Для забезпечення необхідного тиску використовується контур керування положенням засувки, який утворюється з допомогою крокового двигуна *M* та драйверів *PCY*. Зворотній зв'язок здійснюється по сигналам давачів тиску, різниця значень яких дає інформацію про стан фільтрів **4**.

Керування значенням температури підігріву здійснюється контуром, який створюється з використанням давача *TE* та перетворювача *TCY*.

Дозування миючих засобів забезпечується з допомогою дозуючого насоса **7** з відповідними засобами регулювання та засобами вимірювання тиску та витрат на базі обробки сигналів, що надходять до ПЛК.

## 2.2.4 Контур керування сушінням авто

Процес видалення вологи з поверхні автомобіля після мийки автоматизується з використанням арки, на якій встановлюється три відцентрових вентилятора типу ВЦ 4-75. Верхній вентилятор, забезпечує обдув капоту та даху автомобіля, а два бокових – бокові поверхні.

Функціональна схема автоматизації обдуву авто повітрям приведена на рис. 2.5.

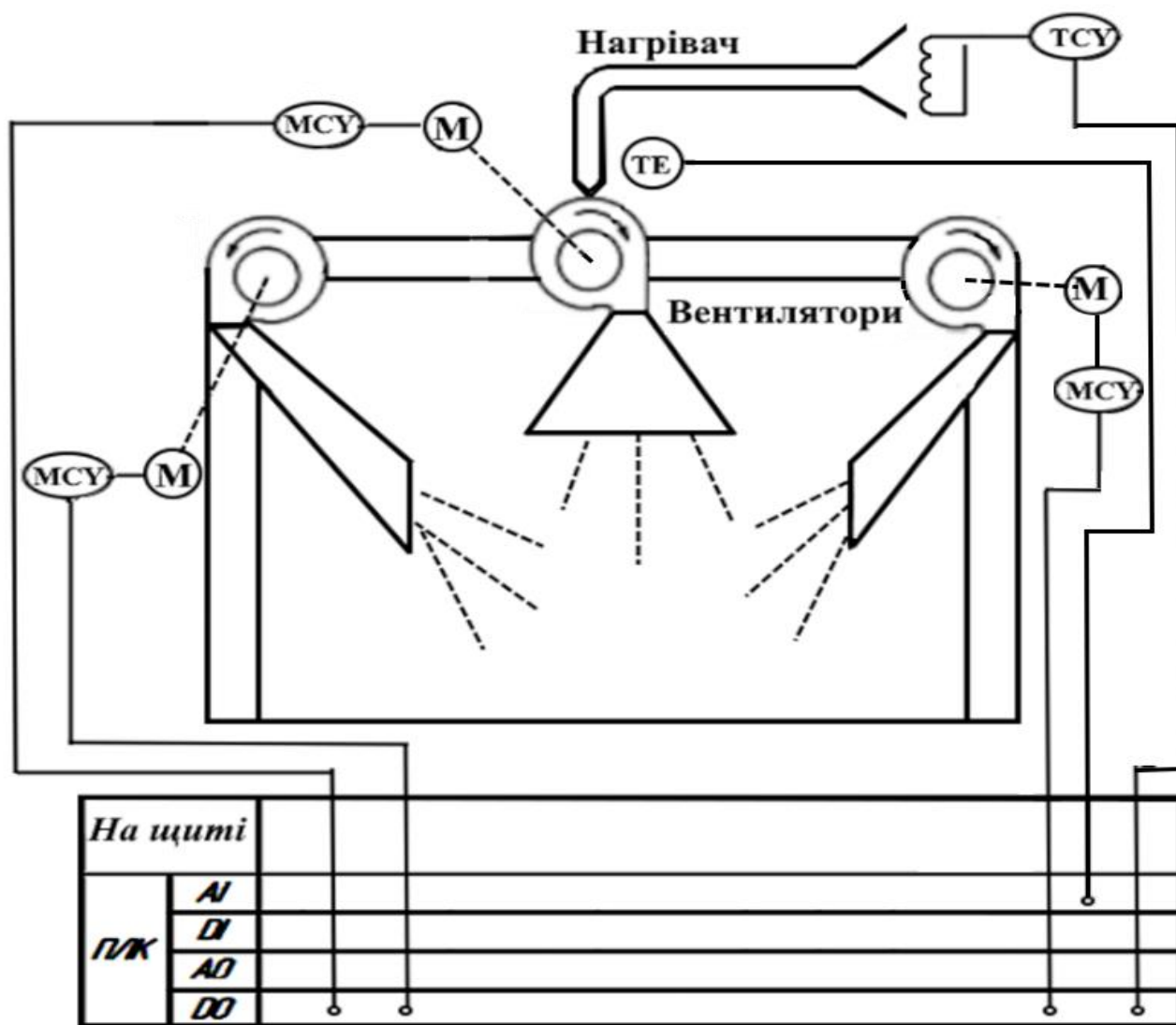


Рис. 2.5 – Функціональна схема автоматизації сушки авто

Вентилятори [10] приводяться в обертання індивідуальними електродвигунами потужністю 7,5 кВт, забираючи повітря безпосередньо з приміщення станції мийки автомобілів. Увімкнення та вимкнення електродвигунів здійснюється відповідно до алгоритмів, що задіяні у програмному забезпеченні ПЛК. При цьому керуючі впливи на частотні перетворювачі МСУ формуються відповідно сигналів, що надходять з фотореле та таймерів. Використання таймерів дозволяє зменшити різкі

зміни струму при пусках/зупинках трьох електродвигунів завдяки почерговому вмиканню з інтервалом в 3с.

В залежності від пори року на стації передбачено підігрів повітря до 40 – 70°C, який здійснюється з допомогою нагрівача. Зворотній зв'язок використовує значення температури повітря, що вимірюється давачем температури *TE*.

Кожен вентилятор закритий повітродоводом равликового типу з щільним вихідним перерізом, з якого потік повітря виходить під кутом 65° до напрямку руху автомобіля.

Пристрої комутації та регулювання режимами сушіння розміщуються у апаратній шафі та повинні мати необхідний захист від вологи. Оптимізація режимів сушіння може здійснюватися з допомогою додаткових давачів вологи по результатам аналізу погодних умов навколишнього середовища.

#### 2.2.5 Підсистема керування очищенням води

Врахування вмісту стічних вод після мийки, зокрема складових нафтопродуктів, обумовлює необхідність ретельного очищення використаної води в засобах очистки станції мийки легкових автомобілів. Економічна й екологічна доцільність очищенням води підвищується у разі повторного використання води в мийних установках [3]. Поглиблене очищення здійснюється завдяки використанню додаткових пристроїв, що інтенсифікують процес на базі гідродинамічних явищ. На відміну від пасивного відстоювання, яке характеризується низькою продуктивністю, схема якого показана на рис. 1.4, сучасні установки очищення води використовують гідроциклони та флотатори.

Гідроциклон, як і будь який циклон, має циліндричну і конічну частину. Циркуляція потоків при закручуванні рідини в такому резервуарі створює відцентруючі сили. Внаслідок дії цих сил утворюється розподіл фракцій суміші, що подається на очищення: пісок із густиною 3500кг/м<sup>3</sup> відкидається до периферії й осідає потім у конусній частині, вода із густиною 1000кг/м<sup>3</sup> залишається в середній частині циклону, а нафтопродукти із густиною 850 кг/м<sup>3</sup> зосереджуються в центрі верхньої частині циклону.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						26
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вода (злив) подається у проміжну ємність для подальшого очищення, а нафтопродукти – у резервуар для збору нафтопродуктів. Вивантаження шламу здійснюється через регульовану засувку у шламовий картридж.

На рис. 2.6 показана схема автоматизації гідроциклону, що входить до складу обладнання очищення води для повторного використання.

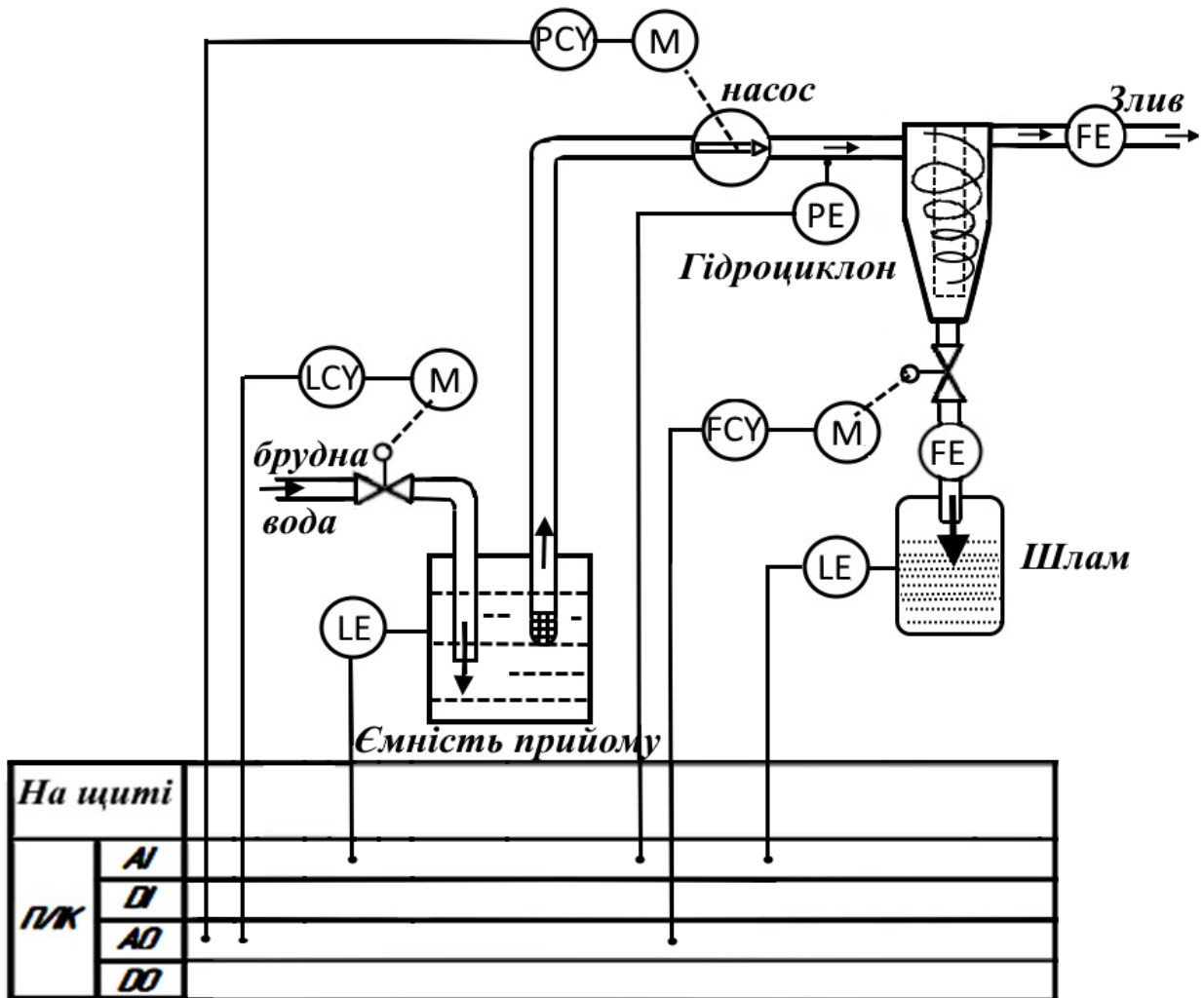


Рис. 2. 6–Схема автоматизації гідроциклону

Ефективність роботи гідроциклону забезпечується при підтримці певного співвідношення між витратами очищеної води та витратами шламу. Для керування цим співвідношенням у схемі передбачено використання датчиків витрат цих потоків.

Іншим завданням керування є досягнення продуктивності очищення води, яка, в свою чергу, залежатиме від тиску потоку, що надходить на очищення. У той же час значення тиску потоку, що підлягає очищенню, залежить від швидкості обертання насоса, який подає забруднену воду із пісколовки.

Таким чином у схемі автоматизації гідроциклону здійснені наступні датчики:

									Арк
									27
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151.21.ПЗ				

давачі рівня  $LE$  ємності відстою та шламу; витратоміри  $FE$ , що вимірюють витрати очищеної води(зливу) і шламу; давач тиску, що вимірює напір потоку у гідроциклон  $PE$ . Основним виконавчим органом є перетворювач частоти ( $PCY$ ), який визначає швидкість обертання двигуна насоса. Додатковим органом керування є привод засувки потоку шламу  $FCY$ .

За технологічними вимогами утримання стійкого потоку, що забезпечує процес очищення води, необхідна стабілізація значення потоку води до гідроциклону. Внаслідок непередбачуваних змін складу води для очищення, змінюються режими гідродинамічних процесів. Ці коливання значень концентрації складових викликають зміни тиску у гідроциклоні, що погіршує ефективність очищення води. Стабілізація умов роботи гідроциклону здійснюється з допомогою частотно-регульованого привода насоса [11].

Відомо, що для підвищення продуктивності установки очищення потрібно збільшувати потужність насоса. Проте, дослідження показують, що продуктивність і задіяна потужність насоса мають оптимум. Він пов'язаний з тим, що в результаті підвищення швидкості обертання насоса значно збільшується тиск, який негативно впливає на ефективність розділення фракцій. При досить високому тиску на вході гідроциклону, початкова швидкість руху частинок стає настільки високою, що впливає на діаметр повітряного стовпа гідроциклону. В результаті піскова насадка, що всмоктує суміш, буде забиватися шламом, а витрати зливу (очищеної води) будуть мінімальними. Тому для отримання заданого рівня очищення необхідно утримувати напір (тиск) насоса у певному оптимальному діапазоні, для чого у схемі автоматизації передбачено використання давача тиску.

Досягненню оптимальних режимів очищення також сприяє підтримка рівня суміші у ємності відстою. Цей рівень повинен бути вище допустимого, але він також не повинен бути занадто низьким, оскільки низькому рівні похідної суміші насос може «захлинутися», що призведе до зриву режиму гідроциклону. Залежно від значень тиску потоку ( $PE$ ) та рівня суміші приймальної ємності ( $LE$ ), контролер ПЛК (рис. 2.6) виробляє керуючий вплив для частотного перетворювача (ПЧ)  $PCY$ . Застосування ПЧ дозволяє забезпечити захист двигуна насоса від перегріву.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						28
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Послідовність технологічних операцій очистки з використанням гідроциклону показана на схемі очисної установки (рис. 2.7). З позиції миття автомобіля брудна вода після пісколовки 1 надходять до приймальної ємності 2.

Завдяки конусному днищу гідроциклону 4 крупні частинки бруду, що знаходилися у воді, спрямовуються до картриджів шламу 13.

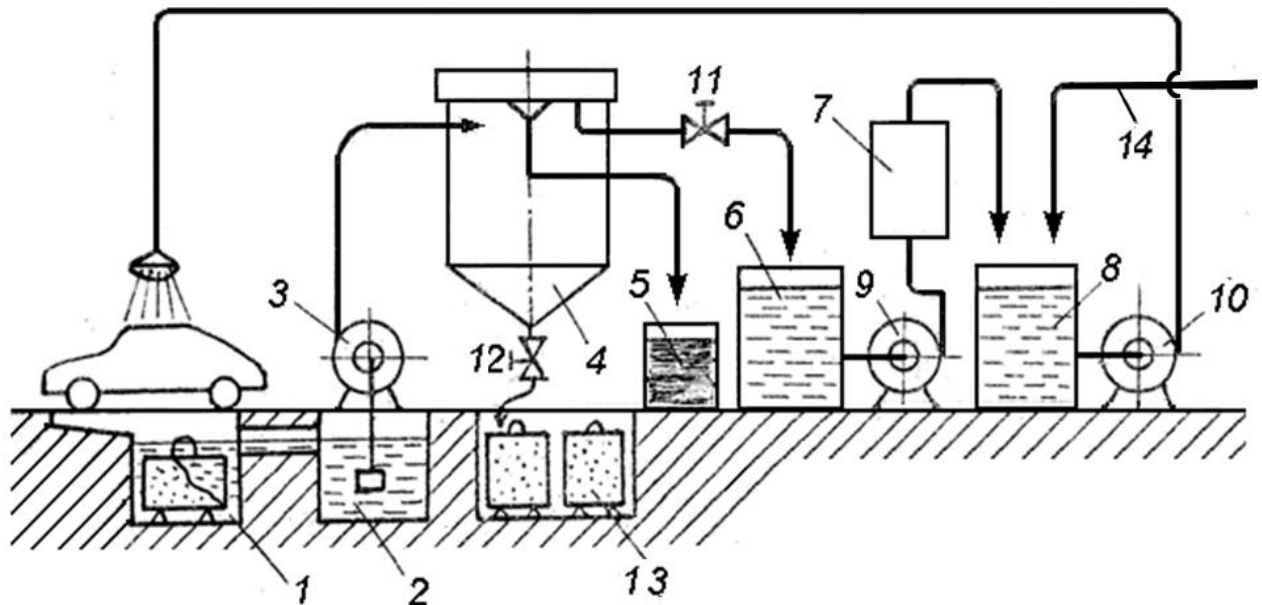


Рис. 2.7– Схема очисної установки з повторним використанням води:

1 – пісколовка; 2 – приймальна ємність; 3 – насос гідроциклону; 4 – гідроциклон; 5 – ємність для нафтопродуктів; 6 – проміжна ємність; 7 – фільтр; 8 – резервуар для чистої води; 9 – насос фільтру; 10 – насос мийки; 11 – регулятор зливу; 12 – регулятор вивантаження шламу; 13 – картриджі шламу; 14 – подача води з мережі

Фракції суміші – нафтопродукти та вода надходять до ємності для нафтопродуктів 5 та проміжної ємності 6. Далі з допомогою насоса фільтру 9 через напірний піщаний фільтр 7 вода після доочищення подається у резервуар чистої води 8. Звідси насосом мийки 10 вода відбирається до мийної установки. Оскільки легкові автомобілі після обмивання оборотною водою повинні домиватися водою з водогінної мережі, а також для компенсації безповоротних втрат, резервуар для чистої води 8 поповнюється з мережі водопостачання 14.

Як згадувалося, ефективність режимів очищення досягається утриманням співвідношень витрат зливу і шламу з допомогою регуляторів 11, 12.

									Арк
									29
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Реалізація функцій насосних установок, що використовуються у схемі очисної установки з повторним використанням води (рис. 2.7), показана на схемі автоматизації водонасосного блоку з частотно-регульованим електроприводом (рис. 2.8). До складу схеми блоку входить електронасос, зворотній клапан та витратомір *FE*.

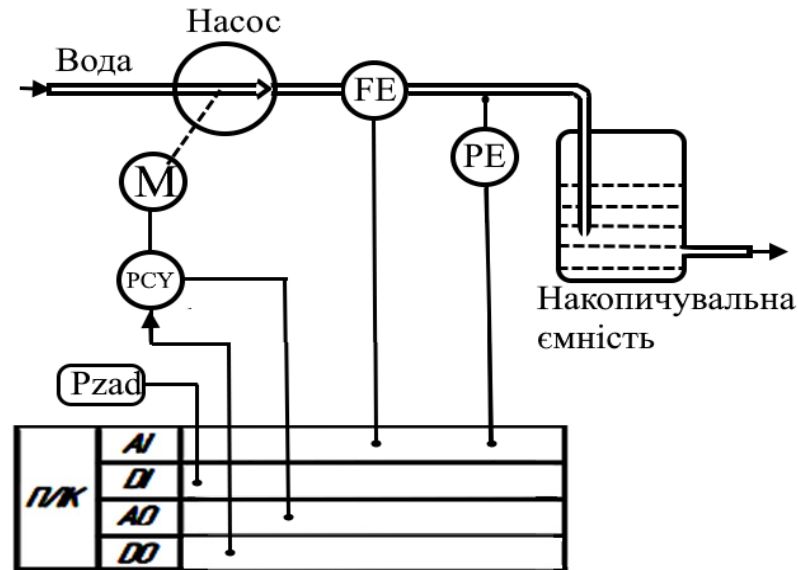


Рис. 2.8– Схема автоматизації водонасосного блоку

Відповідно до заданого значення тиску  $P_{зад}$  та виміряного плинного значення тиску ПЧ по керуючому сигналу від ПЛК відпрацьовує необхідне значення тиску води, що надходить до накопичувальної та проміжної ємностей.

Слід враховувати, що насоси працюють не безперервно, а у випадках наявності розбалансу. При цьому запуск насоса здійснюється шляхом плавного збільшення частоти ПЧ, від якого живиться електродвигун насосного блоку. Коли частота обертання електродвигуна насосу досягає заданого значення, насос виходить на номінальний режим. Таким чином схема керування насосним блоком забезпечує виконання наступних функцій:

- плавний пуск і гальмування насоса;
- захист від «сухого ходу»;
- сигналізацію про вмикання/вимикання насоса, а також аварійного режиму;
- автоматичне відключення електронасоса при неповнофазному режимі, неприпустимому зниженні напруги.



### 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І ЗАХИСТУ

На базі розглянутих підсистем та контурів керування процесами мийки розроблена функціональна схема автоматизації процесів мийки, яка представлена у Додатку А.

Реалізація функціональних завдань автоматизації процесів миття забезпечується використанням необхідних програмно-технічних засобів автоматизації :

давачів та виконавчих механізмів (ВМ). Вибір цих засобів здійснюється згідно переліку технологічних параметрів, які представлені у Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1-Перелік параметрів контролю, сигналізації та керування

№	Позиція технологічної схеми	Параметр	Діапазон/ Точність	Задача	Кільк. точок
1	Привод конвеєра	Швидкість руху конвеєра	9м/хв / 5%	Контроль/ керування	1
2	Привод конвеєра	Схід стрічки	Позицій- ний сигнал	Контроль	2
3	Привод конвеєра	Позиція авто	Позицій- ний сигнал	Контроль/ керування сигналізац.	3
4	Привод ротацій- них щіток	Швидкість обер- тання	300об/хв	Контроль/ керування	5
5	Привод ротацій- них щіток	Струм навантаження	10А/5%	Контроль	5
6	Привод ротацій- них щіток	Положення щі- ток	100мм/ 10%	Контроль/ керування	5
7	Привод подачі води та миючих засобів	Рівень води	2м/ 10%	Контроль/ керування	2
8	Привод подачі води	Тиск води	10бар/ 5%	Контроль/ керування	3
9	Привод подачі води	Температура во- ди	0-100град/ 5%	Контроль/ керування	1
10	Привод подачі миючих засобів	Витрати води, миючих засобів	0-100л/хв	Контроль/ керування	2
11	Зона сушки	Вологість повітря	0-80%/ 5%	Контроль/ керування	3

12	Зона сушки	Температура повітря	100град/ 2%	Контроль/ керування	1
13	Гідроциклон Ємність прийому	Рівень води	3м/ 5%	Контроль/ керування	1
14	Завантаження шламу	Рівень шламу	3м/ 5%	Контроль/ керування	1
15	Завантаження шламу	Витрати шламу	50л/хв 5%	Контроль	1
16	Гідроциклон	Витрати води(злив)	50л/хв 5%	Контроль	1
17	Гідроциклон	Тиск води	10бар/ 5%	Контроль/ керування	1
18	Водонасосний блок	Тиск води	10бар/ 5%	Контроль/ керування	
19	Водонасосний блок	Витрати води	50л/хв 5%	Контроль/ керування	2

Відповідно до представленої Таблиці, розглянемо варіанти контролю зазначених параметрів.

### ***3.1 Первинні перетворювачі***

#### **3.1.1 Давач швидкості руху конвеєра**

Найбільш поширеним засобами вимірювання швидкості руху конвеєра є давачі, в яких використовується механічний контакт колеса, що обертається, із стрічкою конвеєра. У давачі типу ДКС вітчизняного виробництва, який характеризується високою надійністю та простотою конструкції, задіяно тахогенераторний принцип перетворення параметра швидкості. Перетворення здійснюється 10-полюсним генератором однофазного змінного струму, в якому на роторі встановлюється постійний магніт, а статор має вигляд циліндричної котушки. Згадані деталі давача разом із підшипниками змонтовані всередині пресованого корпусу (рис. 3.1). В обмотці статора наводиться змінна електрорушійна сила(ЕРС), частота і напруга якої прямо пропорційні швидкостям стрічки і обертання ролика.



Рис. 3.1 Зовнішній вигляд давача ДКС-2М

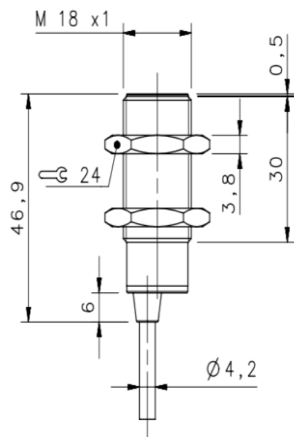
Хоч діапазон вимірюваних значень цього давача відповідає вимогам системи, (до 3,15 м/с), проте залежність вихідного рівня сигналу від швидкості стрічки конвеєра потребує застосування додаткових засобів отримуваного сигналу. До того ж, враховуючи низьку швидкість переміщення конвеєра автомийки, низький рівень сигналу від давача сприяє зниженню завадостійкості вимірювання цього параметру.

Іншим варіантом вимірювання швидкості руху конвеєра є використання принципу, де лінійне переміщення стрічки конвеєра вимірюється в результаті формування імпульсу при кожному повороті пов'язаного з ним кодуєчого диску на певний кут вимірювального колеса. Тоді переміщення конвеєрної стрічки на величину яка визначається діаметром колеса і числом міток на один оберт визначає частоту надходження імпульсів на вхід вимірювача.

Коли в якості передавача/приймача використовувати оптичні перетворювачі, то у схемі вимірювань швидкості руху можна задіяти оптичний енкодер типу LPD3806-600BM. Перевагою такого давача є відсутність безпосереднього механічного контакту блоку вимірювань із стрічкою конвеєра. До того ж, точність таких давачів при коректній побудові програмного забезпечення більше, ніж у індуктивних давачів, які використовуються при вимірюванні швидкості руху конвеєра. Проте, враховуючи умови функціонування конвеєра автомийки (бруд підвищена вологість, вібрації) згадані переваги оптичного перетворювача нівелюються зниженням його надійності в наслідок жорстких умов експлуатації.

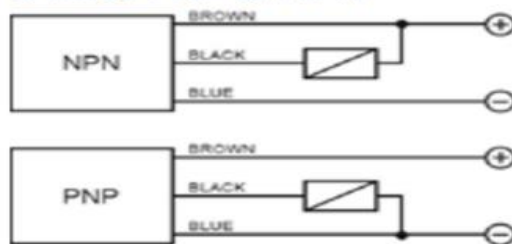
Тому логічним кроком при виборі давача швидкості руху конвеєра є використання Індуктивного давача M18 фірми Datalogic [12], зовнішній вигляд якого представлений на рис. 3.2а, а схема підключення – на рис. 3.2.б.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						33
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)

3 wires PNP or NPN



б)

Рис. 3.2 – Зовнішній вигляд (а) та схема підключення (б) давача M18

### Технічні параметри індуктивного давача M18

Номінальна відстань зондування	8 мм
Гістерезис	< 10%
Тип виведення	PNP
Частота перемикання	400 Гц
Робоча напруга	10...30 В постійного струму
Струм живлення без навантаження	≤ 10 мА
Струм навантаження	200 мА
Падіння вихідної напруги	≤ 1,2 В при 100 мА
Максимальний вміст пульсації	≤ 10%
Захист від короткого замикання	Так
Захист від зворотної полярності	Так
Захист від індуктивних навантажень	Так
Механічні дані	Діаметр/Розмір M18
Розміри	Ø18x47
Матеріал корпусу	Латунь нікельована
Зв'язки	2м ПВХ кабель

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.21.ПЗ

Арк

34

### 3.1.2 Давач положення конвеєрної стрічки

У випадках перевантаження, а також механічного пошкодження валиків та деталей транспортера, можуть виникати аварійні ситуації, що пов'язані із зміною положення стрічки транспортера. Для запобігання різним аварійним ситуаціям використовують давачі контролю сходження стрічки конвеєра, зокрема серія ІL-BMS-N або КСЛ-2. Зовнішній вигляд КСЛ-2 [13] показано на рис 3.3.

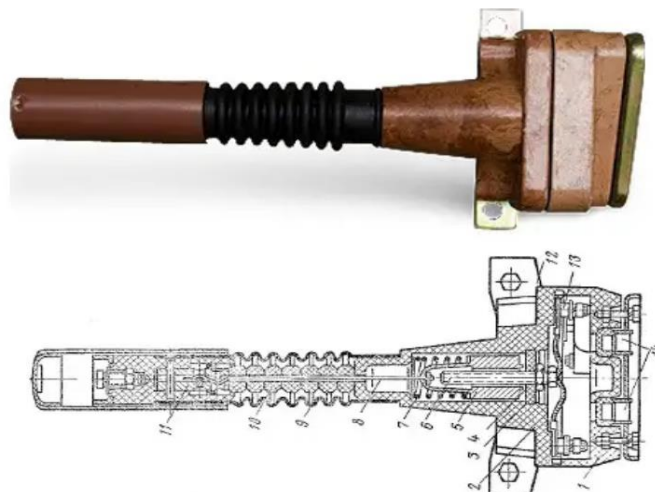


Рис. 3.3 –Зовнішній вигляд КСЛ-2

Давач КСЛ-2, як видно із рис. 3.3 б, являє собою кінцевий вимикач особливої конструкції, який вмикається в ланцюг приладів і пристроїв контролю швидкості транспортера або норій. При зміщенні стрічки транспортера виникає зусилля, яке діє на шток давача КСЛ-2. В результаті впливу цього зусилля на шток давача спрацьовує контакт вимикача, вимикаючи ланцюг живлення. Якщо зусилля знімається, контакти повертаються у своє початкове положення. Давачі можна підключити безпосередньо до входу ПЛК, або до центральної системи керування.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 12 VDC;
- Струм живлення: 60мА макс;
- Вихід: Релейний контакт 250 VAC, 5А;
- Вихід: релейний контакт 250 VAC, 5 А;
- Клас захисту: IP65;
- Розміри: діаметр 89мм x висота 45мм;
- Вага: 0,77 кг.

									Арк
									35
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

### 3.1.3 Давач позиції авто

В якості давача положення авто на конвеєрі, в результаті отримання сигналів від якого, здійснюється перехід від однієї операції мийки до іншої, передбачається використати давач руху, або давач присутності. Ці давачі розрізняються за принципом впливу на приймальний елемент.

Оскільки ультразвукові та електромагнітні давачі є неприйнятними по умовам експлуатації, то в якості базового сенсора доцільно задіяти «Фотоелектричний давач SICK типу WL27-302630S12» (виробництва Німеччини) [14]. Фотоелектричні давачі характеризуються простотою, тому широко використовуються в якості давачів присутності та інших давачів руху. Їх встановлюють у системи автоматичного керування освітленням, прилади дистанційного керування використовують у охоронних системах.

Характеристики давача SICK наступні:

Принцип давача– виявлення: Давач з відбиттям від рефлектора, Подвійна лінза

Тип виходу:	реле 24 В пост. струму
Розміри:	24,6 мм x 80,6 мм x 54 mm
Дистанція роботи,	макс. m ... 1,8 m
Відстань спрацьовування:	0,1 mm ... 700 mm
Джерело вимкнення:	Світлодіод
Розміри світлової плями (відстань):	Ø 10 mm (400 m), Вага: 120 g
Кут випромінювання:	1,5 Довжина хвилі: 660 nm
Напруга живлення:	10 V DC ... 30 V DC
Споживання струму:	45 mA
Частота перемикання:	200 Hz
Вид підключення:	6-конт., кодування AC/UC
Матеріал корпусу:	Пластик, ABS
Матеріал, оптика:	Пластик, PMMA
Тип захисту:	IP67 температур під час роботи: -40 °C ... +60 °C
Схема підключення давача зображена на корпусі давача (рис. 3.4)	

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рис. 3.4 –Зовнішній вигляд давача SICK типу WL27-302630S12

### 3.1.4 Давач струму навантаження приводу щіток

Оцінка сили тертя щіток о поверхню автомобіля здійснюється шляхом вимірювання струму, що споживається двигуном приводу щіток. Дотично при цьому оцінюється і сила тиску щіток на поверхню. Ця сила повинна бути мінімальною щоб запобігти пошкодженням лакового покриття.

Сигнал, що характеризує струм, який споживається приводом щіток, отримується від давача ДТХ 111 фірми «РегМік» [15]. Цей давач є перетворювачем струму в напругу та використовується для вимірювання змінного, постійного чи імпульсного струму до 75 А.

У пристрої використовується інтегральний давач на основі ефекту Холла, який вимірює напруженість магнітного поля поблизу поверхні провідника зі струмом.

ДТХ є інтегральним трансформатором струму, перетворюючи рівень магнітного поля навколо провідника зі струмом у значення сигналу промислового інтерфейсу (0-10В/0-20мА/4-20мА). Інформаційні та силові ланцюги гальванічно розв'язані між собою не менше 3кВВідсутність вимірювального шунта та силових роз'ємів забезпечують підвищення ККД та надійність системи.

*Характеристики давачів струму ДТХ:*

- безконтактний вимір струму (відсутність шунтових елементів);
- два інформаційних інтерфейсу: аналоговий та RS485 (модель ДТХ-04);
- протокол обміну даними для інтерфейсу RS-485 Modbus RTU;
- похибка вимірів 1%;
- встановлення на DIN-рейку (ширина приладу 35мм).

Габаритні розміри датчика за висотою залежать від струму, який розрахований датчик. Схема підключення давача приведена на рис. 3.5

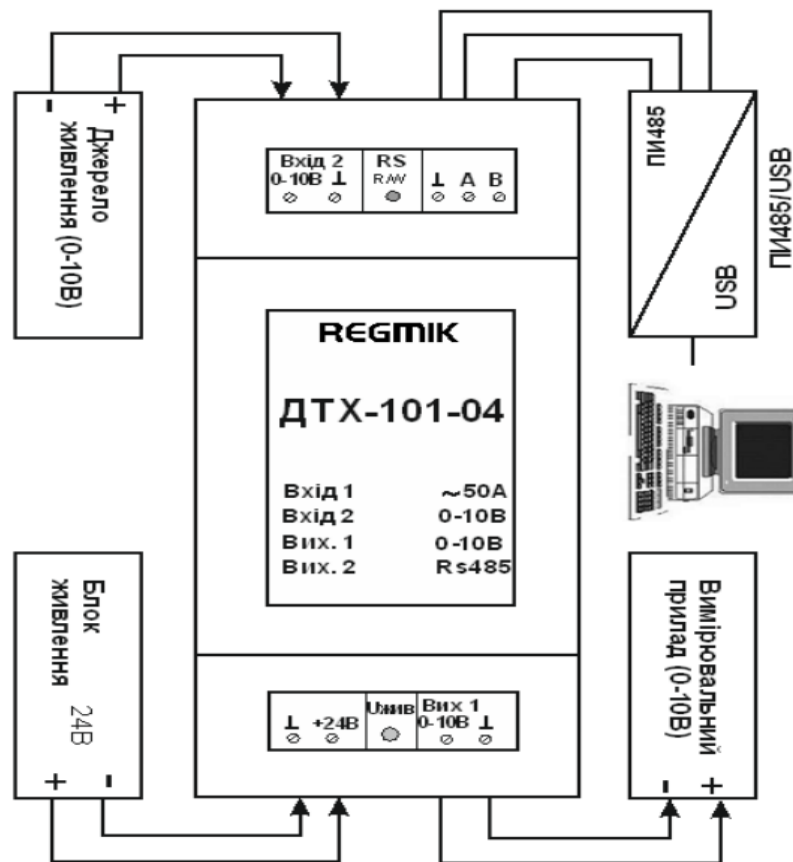


Рис. 3.5 – Схема підключення давача струму ДТХ

Силовий провід, в якому вимірюється струм, пропускається через вхідний отвір. До контактів підключаються засоби вимірювання, а напруга живлення підводиться до відповідних контактів, що замарковані на схемі.

### 3.1.5 Давач тиску та рівня води у ємності

Для вимірювання та використання в схемах регулювання тиску широко використовуються перетворювачі тиску ПД100І-121, які забезпечують вимірювання у в'язких, забруднених середовищах [16].



У таблиці 3.1. наведені технічні характеристики, які дозволяють застосувати цей давач у системі керування автоматикою.

Таблиця 3.1 Технічні характеристики давача тиску

Найменування	Значення	*В
Вихідний сигнал постійного струму	4...20 мА, 2-провідна схема	М
Основна приведена похибка	0,25; 0,5% ВПИ	Н-
Діапазон робочих температур вимірюваного середовища	-40...+100 °С	ве
Напруга живлення	12...36 В постійного струму	рх
Опір навантаження	0...1,0 кОм (в залежності від напруги живлення )	ня
Споживана потужність	не більше 0,8 Вт	ме
Ступінь захисту корпусу	IP65	жа
Стійкість до кліматичних впливів	УХЛ3.1	на
Діапазон робочих температур навколишнього середовища	-40...+80 °С	дл
Атмосферний тиск робочий	66...106,7 кПа	иш
Середній час напрацювання на відмову	не менше 500 000 год	ко
Середній термін служби	12 років	во-
Вага без упаковки / в упаковці	0,2 кг / 0,3 кг	го
Штуцер для підключення	G1/2 «торцева мембрана»	ти
Тип електричного з'єднувача	EN175301-803 форма А	ск
Габаритний розмір (по висоті )	не більше 92 мм	у
Перевантажувальна здатність	не менше 200 % от ВМН	Пр
Граничний тиск перевантаження	не менше 400 % от ВМН	иє

давача моделі ПД100І-121 виконано у вигляді «торцевої мембрани» без ущільнення, що дозволяє застосовувати давачі цієї моделі на виробництвах харчової промисловості для вимірювання параметрів високов'язких, сильно забруднених і полімеризованих середовищ.

						Арк
						39
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СУ-01.6.151.21.ПЗ

У давачах застосовується високочутливий сенсор, який забезпечує точність, що надана у Таблиці 3.1.

Зовнішній вигляд та розміри під'єднання давача ПД100І показано на рис. 3.6

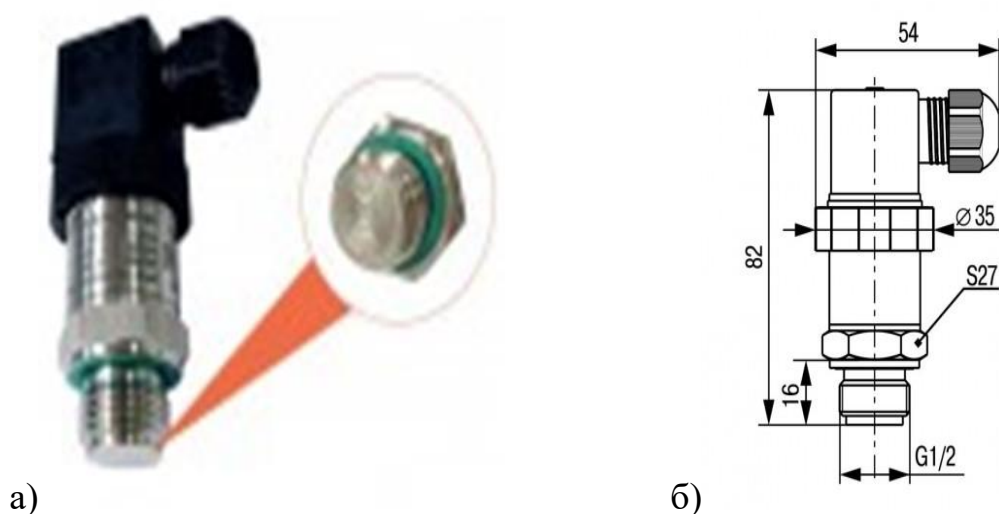


Рис. 3.6 – Зовнішній вигляд (а) та розміри під'єднання (б) давача ПД100І

На рис. 3.7 приведено схему підключення давача ПД100І

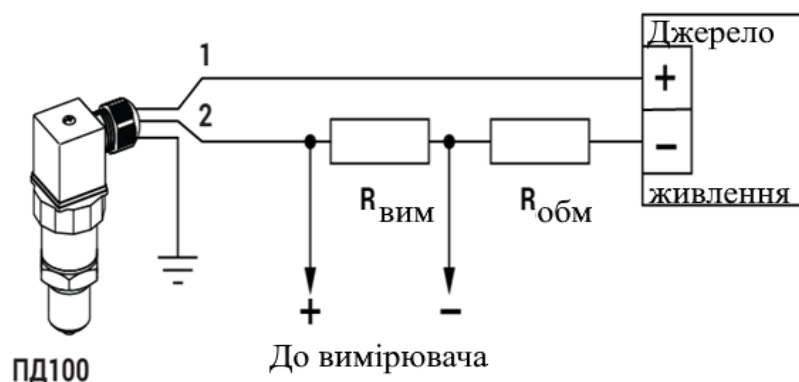


Рис. 3.7 – Схема підключення давача ПД100І

$R_{\text{вим}}$  – вхідний опір вимірювача, Ом;  $R_{\text{обм}}$  – опір обмежувачого резистора, Ом.

Моделі 121 давачів ПД100 призначені для визначення рівня робочого середовища у відкритих ємностях і вимірювання тиску в трубопроводах на харчових виробництвах, целюлозно-паперових комбінатах, мазутних складах, водоканалах, пожежних системах та інших виробництвах з в'язкими і забрудненими середовищами: каналізаційні, патоки тощо. Тому для вимірювання рівня води та шламу в ємностях автомийки доцільно застосувати також давач ПД100.

### 3.1.6 Давач температури води

При виборі давача температури води користуються наступними параметрами:

- габарити монтажної частини пристрою;
- діапазон фіксованих температур, похибка вимірювань;
- надійність і ремонтпридатність приладу, термін його служби.

Ці параметри диктуються задачами підігріву води на мийці у осінньо - зимовий період, при цьому треба враховувати, що режими роботи дозувальних насосів будуть залежати від надійності давача температури.

Зважаючи на необхідний діапазон температур, для вирішення завдань терморегуляції води автомийки можна використати будь який недорогий первинний перетворювач температури. При цьому встає питання лише сумісності перетворювача із іншими засобами автоматизації. Зважаючи на протиріччя між вартістю програмного забезпечення, яке необхідне для первинної обробки сигналу та вартістю самого перетворювача, доцільним для застосування виявляються "Перетворювачі температури первинні" ТУ У 33.2-32195027-002:2004. Виготовляються НППФ "Рег-Мик" (Чернігів).



Термоперетворювач ТСПУ-001

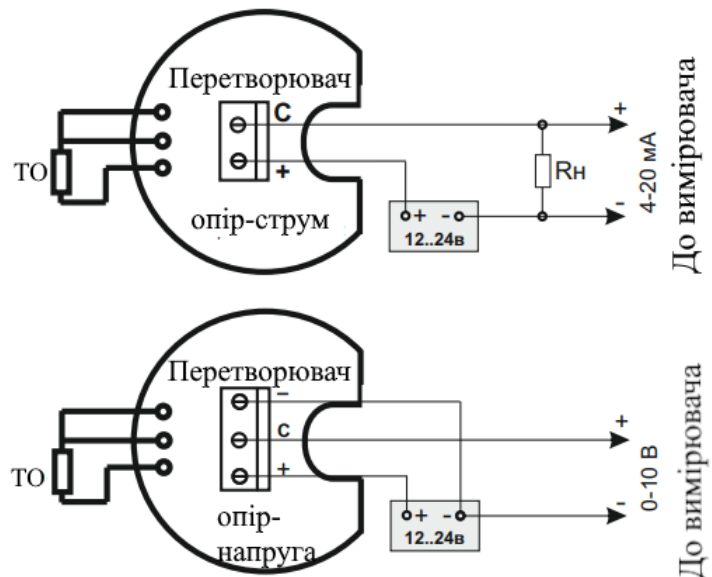


Рис. 3.8 – Зовнішній вигляд (а) та схема підключення (б) термоперетворювача. У корпус термоперетворювача групи 01х може бути вмонтований перетворювач "опір-струм" (4-20мА) або "опір-напруга" (0-10 В). Схема підключення перетворювачів "опір-струм" – двопровідна, "опір-напруга" – трипровідна.

### 3.1.7 Давач витрат рідинної речовини

Найбільш поширеними у використанні є давачі витрат рідини, які засновані на принципі підрахунку імпульсів, наприклад, давач FS400A (DN25, G1" 1-60л/хв). Частота імпульсів, що надходять з пластикового ротора, пропорційна швидкості та витратам потоку. Згадані імпульси формуються завдяки елементу Холла та блоку живлення. Не розглядаючи технічні параметри імпульсних давачів, можна припустити, що застосування роторних давачів для умов експлуатації мийки не є оптимальним. Різні забруднення, солі, що входять до складу використовуваної води, викликають відкладення на лопатях ротора. Ці відкладення знижують точність та надійність функціонування роторних давачів, тому більш виправданим підходом до вибору є використання ультразвукових давачів.

Ультразвуковий витратомір US-800 використовують у системах опалення та водопостачання, включаючи стічні води, агресивні рідини та рідинні відходи.

Параметри давача US-800 наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри витратомірів

Тип давача	Діапазон м <sup>3</sup> / год	Основна похибка	Вихід. сигнал	Вартість, тис. грн
US-800	0...120	±1%	4-20мА, RS-485	52,7
KROHNE UFM 3030	0...100	±0,3 %	4-20мА	45,2

Іншим варіантом використання витратоміра можна розглянути тип KROHNE UFM 3030. Зовнішній вигляд цього витратоміра показано на рисунку 3.9 [17].



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд витратоміра KROHNE UFM 3030

Порівнюючи параметри згаданих витратомірів, можна віддати перевагу давачу KROHNE UFM 3030, оскільки він має більшу точність.

### 3.1.8 Давач вологості повітря

Задача вимірювання температури та вологості повітря виходить із необхідності оцінки ефективності сушіння авто після фінішної мийки. Вирішення цієї задачі здійснюється у двох напрямках – забезпечення простоти комунікацій із системою моніторингу та зменшення вартості засобів вимірювання.

Компромісним варіантом представляється застосування давача DHT22 (AM2302) фірми Aosong Electronics Co.,Ltd . Основною перевагою цього давача є можливість передавання даних здійснюється по одному дроту з використанням власного протоколу. Він підключається до платформи Arduino Uno або інших мікроконтролерів за допомогою 3 виводів VCC(червоний) , GND і OUT(зелений) (рис. 3.10).

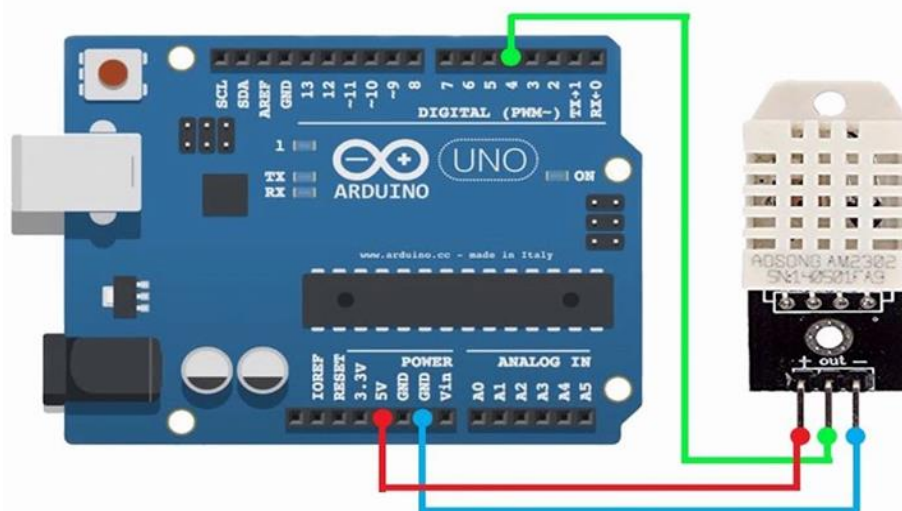


Рис. 3.10 – Схема підключення давача DHT22 до плати Arduino Uno

Плата модуля запроєктована на основі давача AM2302. Модуль зібраний на базі чутливого ємнісного датчика вологості, NTC-термістора та 8-бітного АЦП. Особливостями давача є: низьке енергоспоживання та невеликі розміри. Затримка передачі отриманих значень становить 2 с. Датчик вимірює відносну вологість навколишнього середовища у діапазоні 0 – 100%, а температуру від – 40 до +80 °С.

Характеристики модуля наступні:

Живлення VCC

3.3 – 6V

									Арк
									43
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Чутливість вимірювання температури	±0.1 °C
Точність вимірювання температури	±0.5 °C
Точність вимірювання вологості	2 % RH
Середній струм споживання при вимірюванні	3.3V – 1mA, 6V – 1.5mA
Струм споживання в режимі очікування	3.3V – 40uA, 6V – 50uA
Розміри модуля, мм	38 x 16 x 10

### 3.2 Виконавчі механізми

#### 3.2.1 Привод конвеєра мийки

Аналіз технічних параметрів тягових конвеєрів автомобільних мийок показує, що найпоширенішими типами тягових двигунів є асинхронні двигуни (АД). При виборі засобів керування цими двигунами приймається до уваги їх потужність та режими роботи (пуск/гальмування). Визначальними параметрами по вибору потужності АД є кількість авто, що одночасно знаходиться на конвеєрі мийки та швидкість переміщення конвеєра. Орієнтуючись на середню продуктивність мийки – 30авто/год, довжину конвеєра – 20м, швидкість переміщення конвеєра – 2– 6м/хв, приймемо, що на конвеєрі може одночасно знаходитися 3 авто.

Тоді для забезпечення необхідної швидкості та плавності переміщення конвеєра, враховуючи навантаження блоку барабан/ редуктор, необхідно використати АД потужністю 5кВт.

Сучасні засоби керування тяговим електроприводом на базі АД передбачають застосування частотних перетворювачів (ПЧ). Такі ПЧ будуються на базі мікроконтролера та керованого інвертора, що дає змогу значно підвищити ефективність електропривода та забезпечити плавний пуск зі зменшенням пускових струмів. Саме остання перевага робить актуальним використання ПЧ при керуванні АД приводу конвеєра.

Основними параметрами підбору ПЧ для АД є:

1. Номінальна потужність двигуна.
2. Робочий струм АД не повинен перевищувати номінальний струм ПЧ. При цьому враховується, що для АД оцінюється потужність на валу двигуна.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						44
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково враховується, що номінальний струм ПЧ повинен бути більше номінального струму, який споживає АД, бо ПЧ буде блокуватися за ознакою «перевищення струму».

### 3. Алгоритм регулювання ПЧ для АД:

Для регулювання в ПЧ використовується 2 закони – скалярний і векторний.

- Скалярний метод керування використовується у разі незмінного навантаження.

- Векторний метод керування застосовують при різких змінах навантаження, коли швидкість обертання повинна залишатися стійкою.

На практиці частіше зустрічаються частотні перетворювачі зі скалярним керуванням, наприклад, для насосів, вентиляторів, компресорів та іншого.

3. Діапазон регулювання. Важливість цього параметра оцінюється необхідністю регулювання електроприводом в широкому діапазоні. У нашому випадку, тобто конвеєра мийки, перепадів швидкості руху не передбачається. Навпаки зворотній зв'язок по швидкості повинен забезпечувати рівномірність руху. При необхідності регулювання продуктивності насосу – регулювання відбуватиметься в межах 10% від номіналу.

4. Функціональні особливості. Повинні враховувати специфіку функціонування обладнання, зокрема при керуванні насосом необхідно відстежувати режим «сухого ходу».

5. Виконання і вологозахищеність. Приймаючи до уваги особливі умови вологості, що супроводжують процес мийки, доцільно розмістити ПЧ у щиті з класом захисту IP55.

6. Спосіб гальмування валу. Інерційне гальмування здійснюється при простому відключенні живлення від АД.

Часто ПЧ використовують у застосунках для регулювання подачі насоса. Це необхідно для регулювання витрат та підтримки заданого тиску, або навпаки, плавного пуску, в результаті чого вирішується задача енергоефективного керування. Згадана задача вирішується за допомогою ПЧД-регулятора із зворотнім зв'язком від давача параметра, що регулюється.

Найбільш затребуваними на ринку ПЧ є продукція таких виробників:

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						45
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Siemens, Control Techniques, Schneider Electric, Danfoss, Lenze.

По результатам аналізу вимог та параметрів функціонування приводу конвеєра мийки, у системі, що розглядається, можна використати перетворювач серії Siemens V20 6SL3210-5BE25-5UV0 [18]. Його технічні характеристики приведені у Таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики ПЧ Siemens V20 6SL3210-5BE25-5UV0

Макс. вихідна потужність	5,5 кВт
Напруга живильної мережі	3 фази, 380 В, 50 Гц
Діапазон управління по частоті	від 1,3 до 50,0 Гц
Потужність приводів	Від 7,5 кВт до 15 кВт
Точність частотних режимів	+0,01% (от -10°C до +40°C)
Час розгону / гальмування	від 0,2 с до 3600 с
Захист двигуна від перенавантаження	Захист за допомогою електронного термічного реле перенавантаження
Миттєве перенавантаження за струмом	Електродвигун інерційно зупиняється при струмі близько 180% від номінального струму перетворювача
Перенавантаження	Електродвигун починає інерційно зупинятися через 1 хвилину роботи при 120% від номінального струму
Перенавантаження по напрузі	Електродвигун інерційно зупиняється, якщо напруга на шині постійного струму перетворювача перевищує 820 В
Недостатня напруга	Електродвигун інерційно зупиняється, якщо напруга на шині постійного струму перетворювача впала до 380 В або нижче
Короткочасне відключення живлення	Негайне відключення при короткочасному припиненні подачі живлення на 15 мс (заводська уставка) і більш. Передбачена можливість пропозиції управління при припиненні подачі живлення на 2 с і менше

Із приведеної Таблиці видно, вибраним ПЧ вирішуються не тільки завдання керування частотою обертання, але й задачі захисту обладнання від аварійних ситуацій.



### 3.2.2 Привод ротаційних щіток

Привод кожної ротаційної щітки, що встановлюється на арці тунелю мийки тунелю, працює від індивідуального електродвигуна потужністю 0,6 кВт через черв'ячний редуктор (Рис. 3.11).



Рис. 3.11—Загальний вигляд приводу щітки мийки

Як вказувалося раніше, щітки при очищенні обертаються із швидкістю 150–180 об/хв, яка забезпечує потрібний режим очищення. Серійні двигуни, що використовуються для приводу різних промислових механізмів, обертаються із швидкістю 1500 або 3000 об/хв. Тому зменшення швидкості обертання до заданого значення з допомогою редуктора є оправданим. Таким чином використання частотно-регульованих герметичних мотор-редукторів у сучасних комплексах мийки авто в приводах обертання щіток набуло достатнього поширення.

Тоді для побудови приводу обертання щіток відповідно до вибраного мотор-редуктора підбирається ПЧ, який забезпечить регулювання частоти обертання в залежності від режиму мийки, сили притиску щітки та відстані до поверхні авто. Аналізуючи бренди ПЧ, що відомі на ринку, можна взяти до уваги зразки VFD007EL43A (0,75kW 380V) фірми «Delta electronics» та Altivar 212 – 0.75-75кВт фірми «Schneider» (рис. 3.12).

З огляду на те, що перетворювачі частоти Altivar 212 містять вбудовані фільтри ЕМС категорії від С1 до С3, його застосування здається доцільним у системі автоматизації приводу миючих щіток.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						47
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



(VFD007CP43A-21)

Delta electronics VFD-CP2000,  
P=0.75 кВт,  
Uвх=3Фх380В/Uвых=3Фх380В  
320.78€



(ATV212H075N4)

Schneider Electric  
ALTIVAR212, P=0.75 кВт,  
Uвх=3Фх380В/Uвых=3Фх380В  
344.52€

Рис. 3.12–Зовнішній вигляд перетворювачів частоти

У порівнянні з традиційними системами керування застосування ПЧ Altivar212 може скоротити споживання електроенергії до 70% звичайного рівня. ПЧ Altivar 212 відповідає вимогам екологічності по всім європейським директивам з охорони навколишнього середовища (RoHS, WEEE тощо). ПЧ Altivar 212 готовий до роботи з моменту живлення.

Використання ПЧ Altivar 212 дозволяє покращити функціональність системи керування приводом за допомогою:

- спрощення схем трубопроводів, оскільки немає необхідності в регулюючих клапанах та засувках;
- спрощення схеми керування двигуном завдяки сумісності інтерфейсу ПЧ з основними протоколами, що використовуються в системі;
- зниження шуму (як шуму від повітряного потоку, і від двигуна).

Технічні характеристики Altivar 212 визначаються його паспортними даними [19].

### 3.2.3 Пневмопривод пневмоциліндру щіток

Переходячи до вибору пневмоциліндру, що забезпечує переміщення ротаційних щіток, звертаємо увагу на наступні параметри:

- зусилля: необхідно визначити, яке зусилля має розвивати циліндр;

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- необхідний хід пневмоциліндру, що забезпечує позиціонування м'яких щіток;
- діаметр циліндра, при якому забезпечується потрібне зусилля та хід штоку;
- робочий тиск;
- умови монтажу та функціонування підключення стиснутого повітря згідно розробленої схеми;
- відповідність швидкості пересування пневмоциліндру та щіток.

Попередній аналіз перерахованих параметрів дозволив вибрати пневмоциліндру фірми Specialist-pneumatic (Україна)–SC-SC-125×100–за стандартом ISO 6430– діаметр Ø125 мм, з демпфіруванням, з магнітом (Рис. 3.13) [20].



Рис. 3.13–Зовнішній вигляд пневмоциліндру SC-SC-125×100

Характеристики пневмоциліндру SC-SC-125×100 приведені у Таблиці 3.3

Таблиця 3.3

<b>Діаметр поршня, мм</b>	<b>125</b>
<b>Приєднувальна різьба</b>	<b>G1/2"</b>
<b>Максимальна довжина ходу, мм</b>	<b>1500</b>
<b>Демпфірування, мм</b>	<b>26</b>
<b>Дія</b>	<b>Двостороння</b>
<b>Робоче середовище</b>	<b>Повітря</b>
<b>Діапазон робочого тиску</b>	<b>1 9 бар..</b>
<b>Макс.вхідний тиск</b>	<b>12 бар</b>
<b>Діапазон робочих температур</b>	<b>-10...70</b>
<b>Тип датчика</b>	<b>CS1-F, CS1-U</b>

Контроль за положенням поршня пневматичного циліндра здійснюється з допомогою герконових датчиків або датчиків Холла.

					<i>СУ-01.6.151.21.ПЗ</i>	Арк
						49
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для регулювання швидкості пневматичного циліндра використовуються дроселі, які можуть встановлюватися як на сам циліндр, так і на розподільники, які керують цим циліндром.

На рис. 3.14 показана схема керування пневмоциліндром, що забезпечує переміщення щіток.

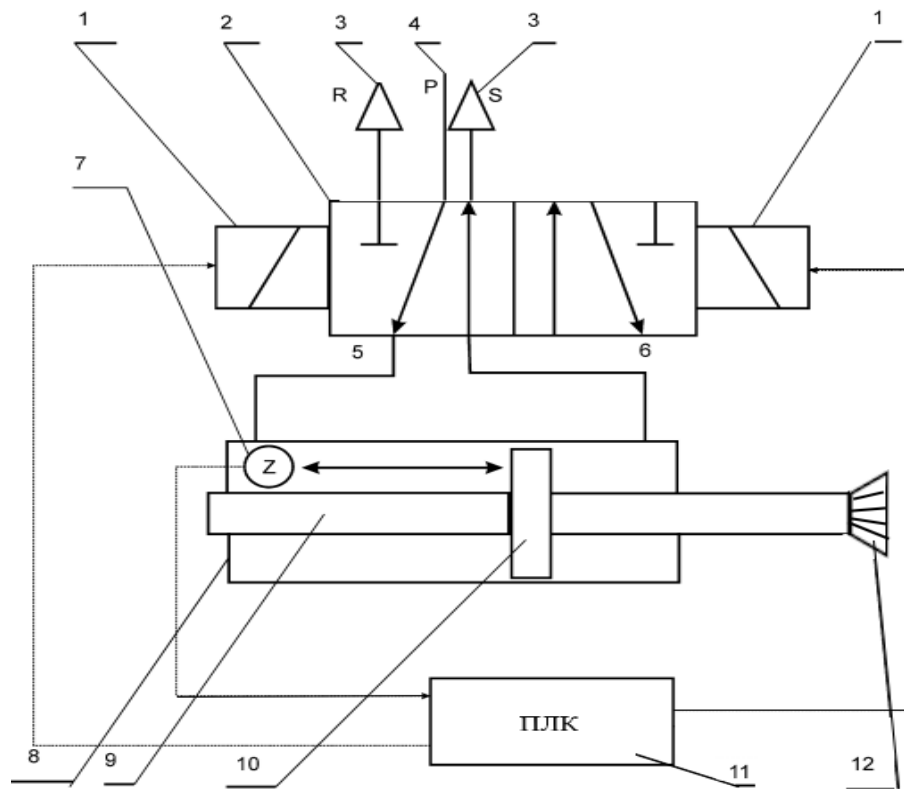


Рис. 3.14– Схема керування пневмоциліндром

1 – електромагніт; 2 – пневморозподільник 5/2 з електромагнітним керуванням; 3 – лінії вихлопу; 4 – лінія живлення стисненим повітрям; 5 лінія споживача; 6 – лінія споживача; 7 – давач положення силового пневмоциліндру; 8 – силовий пневмоциліндр; 9 – прохідний шток силового пневмоциліндру; 10 – поршень силового пневмоциліндру; 11 – ПЛК; 12 – щітка.

Для керування роботою пневмоциліндру вибираємо пневматичний розподільник 5/2 серій SV-C(D,E,EL)-EE-52 із 2 електромагнітними котушками для управління (Рис. 3.15)

Його технічні характеристики приведені у Таблиці 3.4



Рис. 3.15–Зовнішній вигляд пневматичного розподільника серій SV-C

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики пневморозподільника

<b>Модель</b>	<b>SV-E-EE-52-15</b>
<b>Число ліній/позицій</b>	5/2
<b>Ефективна площа поперечного перерізу</b>	50 мм <sup>2</sup> (CV=2.79)
<b>Приєднання входу-виходу</b>	G1/2"
<b>Приєднання вихлопу</b>	G1/2"
<b>Номінальна витрата</b>	2500 л/хв
<b>Діапазон робочого тиску</b>	1,5-8 бар
<b>Макс. вхідний тиск</b>	12 бар
<b>Діапазон робочих температур</b>	-5...+50 °C
<b>Напруга живлення</b>	12 В постійного струму (2,4 Вт) 24 В постійного струму (3 Вт); 220 В змінного струму (2,5 ВА)
<b>Ступінь захисту, клас ізоляції</b>	IP65, клас F
<b>Макс. робоча частота</b>	5 циклів/сек
<b>Мін. час перемикання</b>	0,05 с

### 3.2.4 Засувка Баттерфляй з електроприводом

Засувка Баттерфляй використовується регулювання та перекриття потоку робочого середовища в трубопроводі. Запірним елементом у засувці служить поворотний диск, який виготовляється з чавуну або нержавіючої сталі. Залежно від умов застосування та робочого середовища (рідкого та газоподібного) на виробництвах і підприємствах теплоенергетики, газу і водопостачання, хімічної, нафтопереробної, харчової та інших галузях промисловості використовуються відповідні модифікації

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						51
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

диска. До переваг засувки, в порівнянні з іншою трубопровідною арматурою відносяться:

- Відкриття / закриття засувки за короткий проміжок часу;
- мала вага та мала будівельна довжина;
- простота конструкції забезпечує стабільність та ефективність у роботі.

Загальний вид засувки Батерфляй представлений на рис. 3.16

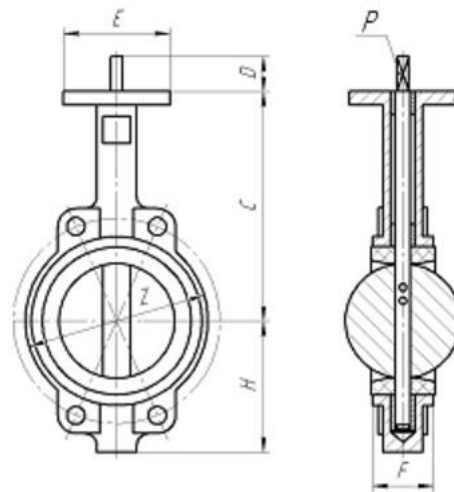


Рис 3.16 – Загальний вид засувки Батерфляй

Засувка Батерфляй з електроприводом Ду50 комплектуються електроприводами **VELIMO** [21], хоча можливе встановлення іншого типу електроприводу.

Технічні характеристики електроприводу:

Напруга живлення: 24В/50Гц, 220В/50Гц

Потужність: 3 Вт

Крутний момент: 20 Нм

Час повороту: 150с

Ступінь захисту: IP54

Температура експлуатації: -30 ° С до +50 ° С

### 3.2.5 Привод вентиляторів сушіння

Розглядаючи варіанти вибору технічних засобів автоматизації процесів сушки авто, слід звернути увагу на критерії керування цим процесом. Показником ефективності процесу сушіння є кількість вологи, що видаляється із сушильної секції станції мийки. У той же час досягнення високої ефективності процесу сушіння обмежуєть-

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						52
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ся факторами енергозбереження, тобто доцільності додаткових енергетичних витрат.

Згадані фактори впливають на вибір технологічної схеми сушіння. Класичний підхід до реалізації процесу сушки передбачає керування засувками потоків, що надходять та покидають зону сушіння. Це дозволяє адаптуватися до змін температури і вологості навколишнього середовища. Втім, такий підхід не сприяє підвищенню коефіцієнту корисної дії (ККД) системи, оскільки в такій схемі відсутнє регулювання температури нагріваючого калорифера. Влітку, при вимкненому калорифері потрібні додаткові вентилятори для нагнітання повітря, що сушить.

Більш прийнятною є схема, де використовується циркуляційний підхід. Він передбачає використання засобів керування швидкістю обертання вентиляторів. Наявність каналу керування швидкістю обертання дає змогу змінювати швидкість обертання в залежності від змісту вологи повітря, що залишає зону сушіння. Тоді зрозуміло, що для реалізації такого варіанту доцільно побудувати схему циркуляції потоків сушіння із застосуванням ПЧ, що забезпечують регулювання швидкості обертання асинхронних двигунів, під'єднаних до вентиляторів.

Для стаціонарного вентилятора АІГ-JET ASAJG [10], параметри якого наведені у Таблиці 3.5, вибираємо ПЧ фірми Schneider Electric (ALTIVAR212) відповідної потужності.

Таблиця 3.5 Параметри вентилятора АІГ-JET ASAJG

Номер артикулу	4009029015676
Тип	RI 630
Потужність двигуна, кВт	7,5
Кількість обертів 1/хв	1500
Об'єм повітря при 1400, Па	12 000
Об'єм повітря при 1000, Па	19 000
Рівень шуму, дБ	75

## 4. КОМУНІКАЦІЇ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МИЙКИ

### 4.1 Структурна схема програмно- апаратних засобів системи

Виходячи із аналізу завдань керування станцією мийки [22], архітектура системи керування представляється трьома рівнями (Рис. 4.1).

Нижній рівень – «польовий» формується сукупністю датчиків та виконавчих механізмів. Перший рівень є рівнем базової автоматизації, де вирішуються завдання збору інформації з нульового рівня. Крім цього, на ньому здійснюється формування та видача керуючих впливів та блокування виконавчих механізмів, що взаємодіють із суміжними модулями. Другий рівень є рівнем технологічної візуалізації. На цьому рівні вирішуються завдання інтерфейсу «оператор – ОК», який утворює автоматизоване робоче місце оператора (АРМ).

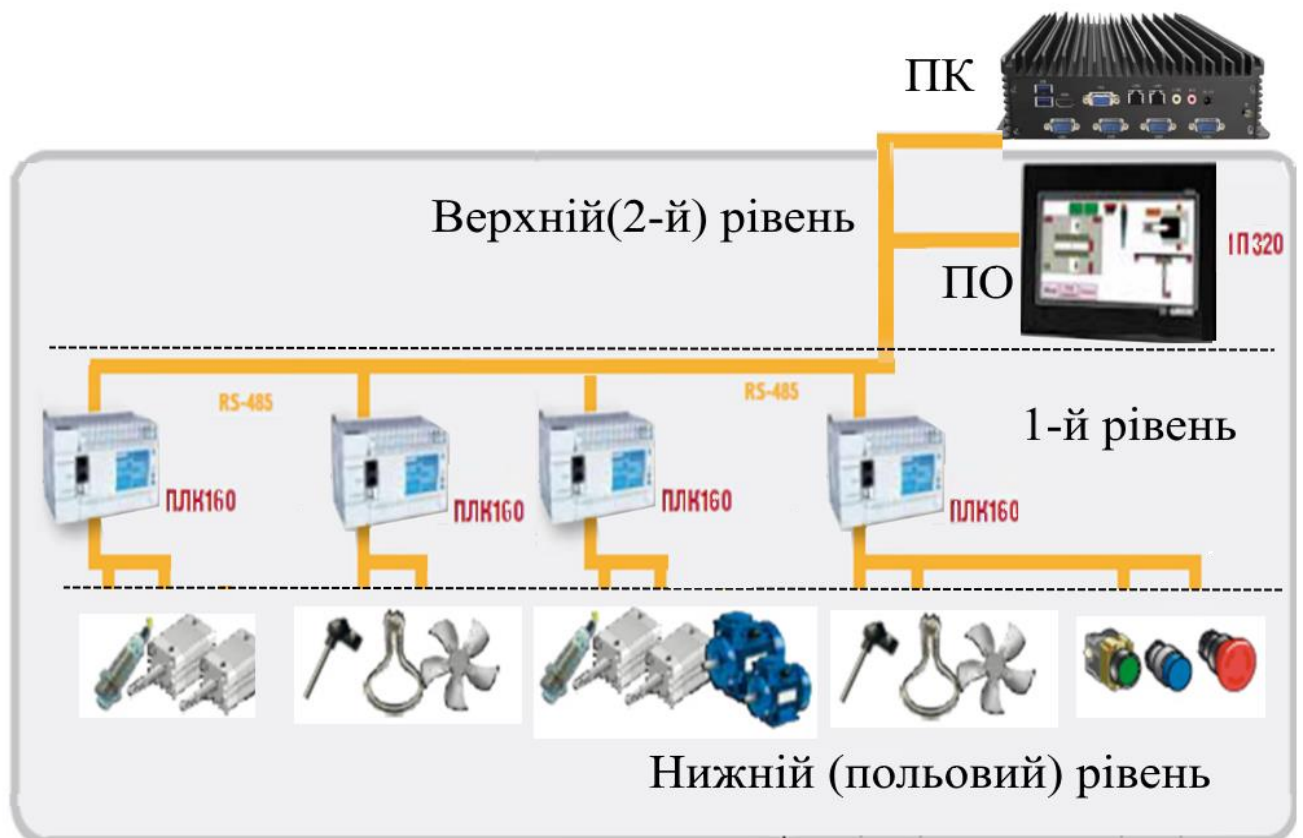


Рис. 4.1 – Архітектура системи керування станцією мийки

ПК – промисловий комп'ютер; ПО – панель оператора (АРМ)

Як покладено у функціональній схемі автоматизації (Додаток А), задачі керування першого рівня вирішуються з допомогою 4-х ПЛК. При цьому кожний ПЛК вирішує окрему функціональну задачу:

– 1й ПЛК – керування конвеєром переміщення авто та синхронізації циклів;

									Арк
									54
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151.21.ПЗ				



- 2й ПЛК– керування приводом щіток та подачею води;
- 3й ПЛК– дозування миючих засобів та сушіння;
- 4й ПЛК– керування установкою очищення води.

Функціями рівня базової автоматики є:

- Ввід/виведення дискретної і аналогової інформації та її оброблення;
- Дозування миючих засобів та регулювання напору води;
- Контроль межових значень параметрів;
- Синхронізація операцій процесу мийки;
- Контроль справності систем вимірювань та обладнання;
- Взаємодія з локальними системами.

Аналіз номенклатури вхідних\вихідних сигналів, а також їх типів (аналогових або дискретних), з урахуванням ринкової вартості ПЛК різних фірм, дає змогу вибрати сімейство ПЛК– ОВЕН [23].

Тоді систему керування автомийкою, крім чотирьох ПЛК-160 будуть доповнювати наступні пристрої сімейства ОВЕН:

- панель оператора ІП 320;
- модулі виводу: МУ110-16Р та МУ110-8Р;
- блок мережевого фільтра БСФ-ДЗ
- блок живлення БП30Б-ДЗ-24.

Взаємодія пристроїв системи, її контурів та рівнів керування здійснюється з допомогою інтерфейсу RS-485.

#### ***4.1.1 Параметри мікропроцесорних засобів рівня базової автоматики***

Технічні характеристики ПЛК160, зовнішній вигляд якого показано на рис. 4.2, наведено у наступній Таблиці:

Таблиця 4.1. Технічні характеристики ПЛК160

Живлення	90 -265В
Споживана потужність	до 10 Вт
Дискретні входи	16
Дискретні виходи	12
Аналогові входи	8
Аналогові виходи	4

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Рис. 4.2 – Зовнішній вигляд ПЛК160 фірми ОВЕН

Опціями розбудови системи керування автономною є:

- програмування в системі CODESYS V.2 через порти USB, Device, Ethernet, RS 232 Debug;
- передача даних на верхній рівень через Ethernet або GSM-мережі (GPRS);
- керування частотними перетворювачами;
- підключення панелей операторів, GSM-модемів.

ПЛК 160 підтримує роботу з нестандартними протоколами через OPC сервери за допомогою одного з портів, що дозволяє підключати до польового рівня системи додаткові пристрої, наприклад, водолічильники.

OPC-сервери будуються з допомогою OPC-драйверів сімейства модулів ОВЕН, що підтримуються мережевим інтерфейсом по протоколам ОВЕН RS-485,

Мережа RS-485 конфігурується Майстром мережі із запущеної SCADA-системи, що розміщена на ПК верхнього (другого) рівня. З допомогою комунікаційного сервера реалізується інтерфейс з певним типом обладнання, наприклад, ПЛК або ПО. При цьому сервером виконуються наступні функції:

- підтримка двостороннього інформаційного зв'язку з засобами автоматизації нижнього рівня на рівні протоколу інформаційного каналу;
- приймання запитів і команд оператора і передача їх в адрес ПЛК і виконавчих механізмів;
- керування чергою вихідних запитів і команд;
- прийом даних від нижнього рівня, перевірка достовірності отриманих даних;
- передача даних до системи відображення.

					<i>СУ-01.6.151.21.ПЗ</i>	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

### 4.1.2 Середовище програмування CoDeSys

Основними компонентами середовища *CoDeSys* є мови стандарту IEC 61131-3. До складу середовища програмування *CoDeSys* входить інструментарій для підготовки і налагодження програм, компілятори, конфігуратор, редактори візуалізації.

Програмне забезпечення, що розробляється у середовищі *CoDeSys*, будується на основі програмних компонентів (POU – Program Organization Unit). З цих компонентів викликаються інші програмні блоки (програми, функції та функціональні блоки). При цьому до проекту входять різні типи об'єктів POU, даних різних типів, елементів візуалізації та ресурсів.

Конфігурація задачі визначається на вкладці проекту Task Configuration.

Засоби комунікації *CoDeSys* підтримуються символьним і DDE інтерфейсом. Комунікаційний сервер (згаданий вище), OPC и DDE сервери входять до стандартного пакету, що постачається.

Засоби мережевої взаємодії контролерів утворюються з допомогою Менеджера параметрів, який оперує з мережевими змінними загального доступу.

Для інтеграції розробленої системи з будь-якими системами управління використовується автономний ENI сервер, який формує інжиніринговий інтерфейс. При цьому ENI сервер забезпечує зберігання конструкторських даних не тільки для програмних компонентів *CoDeSys*, але й сторонніх програмних інструментів, які доступні іншим користувачам.

У програмному забезпеченні системи, що будується у середовищі *CoDeSys*, формується «підсистема виконання». Задачі підсистеми виконання наступні:

розподіл пам'яті; формалізація процедури опитування модулів введення / виведення а також способи синхронізації даних; створення функції мережевого обміну; фіксація виходів при налагодженні на обладнанні і т. і.

Диспетчеризація етапів виконання окремих POU здійснюється з допомогою компонента "менеджер завдань". Завдання відображення процесу мийки вирішуються в результаті розробки інтерфейсу мнемосхеми для АРМ оператора з допомогою інструмента візуалізації *CoDeSys*.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						57
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.2 Побудова функції візуалізації роботи системи керування

Функції візуалізації системи реалізуються з допомогою графічної панелі оператора ІП-320, яка зазвичай використовується при автоматизації об'єктів з невеликим об'ємом відображуваних параметрів. Ця панель підтримує спільну роботу з ОВЕН ПЛК, модулями лінійки ОВЕН Мх110, а також приладами і контролерами інших виробників. Випускається в щитовому корпусі 172x94x30 мм, ступінь захисту з боку передньої панелі ІР65 [24].

Основні функції, що виконує панель ОВЕН ІП-320:

- робота в мережі RS-485 і RS-232 в режимі Master, Slave;
- сумісність з контролерами різних фірм-виробників
- підтримка універсального протоколу Modbus RTU;
- монохромний графічний ЖК дисплей з роздільною здатністю 192x64;
- читання і редагування значень параметрів і передача їх в мережу;

Загальний вигляд ІП-320 показаний на рисунку 4.3.



Рис. 4.3 – Зовнішній вигляд панелі ІП 320 фірми ОВЕН

Технічні характеристики панелі ІП-320 приведені у Таблиці 4.2

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Таблиця 4.2. Технічні характеристики ІІ-320

Напруга живлення	20...28 В постійного струму
Споживана потужність	4 Вт
Інтерфейс зв'язку	RS-232, RS-485
Швидкість роботи інтерфейсів	2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 115200 бп/с
Універсальний протокол обміну	Modbus RTU
Ступінь захисту	IP65
Температура навколишнього середовища	0 - +50°C

Функції візуалізації, реалізовані з допомогою описаних програмно -технічних засобів, забезпечують виконання наступні технологічні функції ОК:

- збір, обробку, відображення, протоколювання і архівування інформації;
- попереджувальну і аварійну сигналізацію;
- протоколювання і архівування дій оператора;
- автоматичне регулювання і дистанційне керування арматурою і механізмами миючої установки;
- технологічні захисти і блокування;
- виконання задач автоматичного логічного керування.

Відображення потрібної функціональної інформації дає змогу зручного дистанційного керування з допомогою мнемосхеми, що зображена на рис. 4.4.

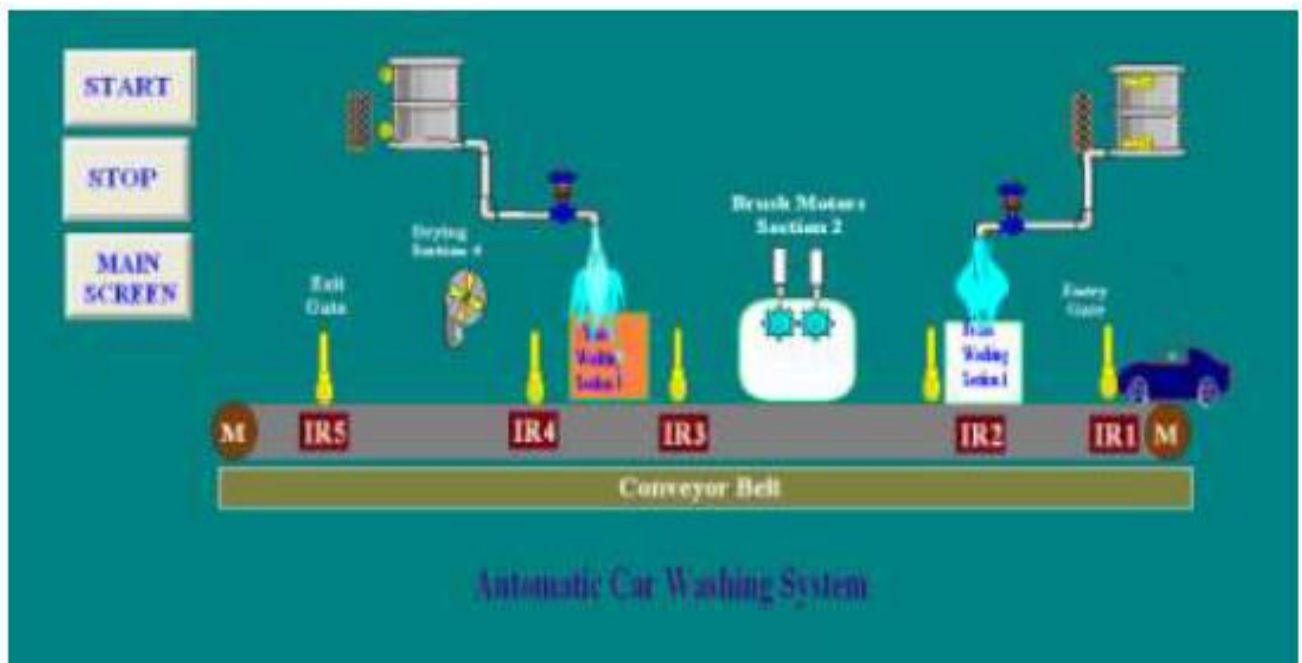


Рис. 4.4 – Мнемосхема процесу миття автомобілів

									Арк
									59
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

На мнемосхемі відображено конвеєрна стрічка, керовані засувки, ПЧ-давачі положення авто, резервуари, зона сушіння; електродвигуни в різних секціях миття.

Процес мийки на мнемосхемі візуалізується наступними операціями [25].

*Вхідний портал (1й ПЧ давач):*

Поява автомобіля викликає спрацювання 1го ПЧ-давача, конвеєр починає рухатися за допомогою електропривода, доки авто не досягне наступної секції ПЧ- давача.

Досягнення автомобілем наступної секції ПЧ(другий давач), дозволяє в'їзд наступного авто.

*Секція попередньої мийки:*

Коли автомобіль потрапляє в камеру попереднього миття, вода з шампунем подається на автомобіль, в результаті відкривання наступної засувки. Вона залишається відкритою протягом 5 секунд. Через 5 с засувка закривається автоматично. Після цього конвеєр починає рухатися, поки авто не досягне наступної секції щіток, що фіксується наступним ПЧ-давачем.

*Секція чищення:*

Коли конвеєр зупиняється, вертикальні щітки при досягненні робочого положення починають обертатися, очищаючи автомобіль протягом 10 секунд. Після зупинки конвеєр знову починає рухатися, поки авто не досягне наступної позиції ПЧ-давача секції остаточного миття.

*Секція остаточного миття:*

Чергова засувка (V2) відкривається на 5 секунд і закривається. В результаті увімкнення конвеєра авто досягає наступної секції сушіння, про що оповіщає сигнал ПЧ-давача цієї секції.

*Сушіння:*

Запускаються вентилятори сушарки на 10 секунд і зупиняються.

*Вихідний портал:*

Після завершення етапу сушіння спрацьовує світлофор, по сигналу якого конвеєр дотягує авто до позиції виїзду з тунелю.

При необхідності сигнали синхронізації етапів можуть надсилатися на верхній рівень для набору економічних на статистичних даних.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						60
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи проаналізовано сучасний рівень автоматизації процесів мийки легкових автомобілів. Завдання автоматизації цього процесу визначаються рівнем попиту послуг мийки та можливостями підвищення ефективності процесу.

В результаті конструктивно технологічного аналізу об'єкта керування сформовані канали керування, які описуються таблицями вхідних\вихідних сигналів. Розроблена функціональна схема автоматизації процесом мийки легкових автомобілів поділена на 4 підсистеми, функціонування яких забезпечується чотирма ПЛК ОВЕН-160.

Спираючись на таблиці вхідних\вихідних сигналів, обґрунтовано вибір давачів та виконавчих механізмів, що забезпечують роботу нижнього (польового) рівня системи керування.

Передбачається, що ефективність керування процесом мийки авто може підвищитися за рахунок використання запропонованої SCADA системи, яка візуалізує етапи та параметри процесу мийки.

Крім безпосереднього керування процесом мийки, в проекті розглянуті контури керування процесом очищення води та розроблена принципова електрична схема цієї підсистеми. Витрати на засоби автоматизації підсистеми очищення води не тільки підвищують ефективність цього процесу, але й покращують екологію навколишнього середовища.

Отримані результати можуть бути використані при модернізації діючих установок мийки вантажних та легкових автомобілів.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						61
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брайковська А. Дослідження особливостей формування ринку транспортних послуг як середовища функціонування підприємств транспорту. Економіст. 2012. №9. С. 50–54.
2. Мех В. А. Удосконалення ефективності технологічного процесу миття деталей автомобіля з дослідженням гідродинамічного навігаційного струменя: кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю «274 — автомобільний транспорт» Тернопіль: ТНТУ, **2023**. 62 с.
3. Волков В.П., Міщенко В.М. та ін. Технологічне обладнання для підприємств автомобільного транспорту: Підручник/ Під загальною редакцією В.П. Волкова. — Харків: ХНАДУ, 2010. — 556 с.
4. Дембіцький В. М., Павлюк В. І., Придюк В. М. Технічна експлуатація автомобілів. Луцький національний технічний університет. **2018**. 472с.
5. Григоров О.В., Стрижак В.В., Петренко Н.О. та ін. Раціональні приводи підйомно-транспортних, дорожніх машин та логістичних комплексів: Монографія. Харків. ХНАДУ, 2016. 352 с.
6. Zeenal Lalluwadia, Nidhi Bhatia, Jayana Rana. Automatic car washing system using PLC. February 2017. IJIRT. Volume 3. Issue 9. p. 40 –43.
7. Hao Yan, Yafeng Qiu<sup>1</sup>, Xiaoming Hou, Zhao Jin. Path Planning Method of Rolling Brush of Car Washing Machine Based on Fractional Differentiation. IOTAIMA/ Journal of Physics: Conference Series. **2022**. P.1-9. doi:10.1088/1742-6596/2365/1/012021
8. Прокопов М. Г., Ванєєв С. М., Козін В. М., Мерзляков Ю. С. Конструкції елементів пневмоагрегатів.— Сумський державний університет.— Суми: —**2020**. —146с.
9. Ei Ei Aung. PIC and Sensors Based Automatic Car Washing System. International Journal of Science and Engineering Applications. **2019**. Volume 8. Issue 08, p.279-282,
10. Вентилятор АІГ-JET ASAJG. <https://euromag.biz/ua/p1433396646-statsionarnyj-ventilyator-aig.html>
11. Савицький А.І., Тимошенко М.А., 2016. Управління гідроциклоном другої стадії рудоподрібнення. Вісник Криворізького національного університету, вип. 42, 2016, С. 194-198

									Арк
									62
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151.21.ПЗ				



12. <https://pe-ko.kiev.ua/ua/p1394497226-induktivnyj-datchik-m18.html>
13. Датчик контроля сходу стрічки типу КСЛ-2 [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <http://delcom.com.ua/production/catalogue/ksl-2>
14. Фотоелектричний давач SICK <https://trade-control.com.ua/products/sick-wl27-302630s12>.
15. Давач струму ДТХ-111. <http://www.regmik.com>
16. Перетворювачі тиску ПД100І <https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/pd100-di-111-171-181-datchyky-tysku-zagalnopromyslovi>.
17. Витратомір типу КРОHNE. [http://t-life.com.ua/img/files/MA\\_UFM3030\\_ru.pdf](http://t-life.com.ua/img/files/MA_UFM3030_ru.pdf)
18. <https://eleksun.com.ua/6sl3210-5be25-5uv0-preobrazovatel-chastoty-siemens-sinamics-v20-p55-kvt-uvh380vuvyh380v.html>
19. ПЧ Altivar 212. <https://www.altivar.com.ua/altivar-212.html>
20. Пневмоциліндр фірми Specialist-pneumatic. <https://shop.spc.com.ua/ua>
21. <https://belimo.com.ua/production>.
22. Matthew O. Arowolo, Bayode J. Olorunfemi and Abiodun M. Adebimpe, **2020**. Development of a Programmable Logic Control-Based Automatic Car Washing System. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 17: 88-93. <http://doi.org/10.19026/rjaset.17.6045>
23. ПЛК ОВЕН. <https://aqteck.com.ua/ru/arhiv-produkcii/programmiruemyj-logicheskij-kontroller-oven-plk160/4>
24. Панель оператора ОВЕН <https://avr.in.ua/ua/p5695143-panel-operatora-graficheskaya.html>
25. Asif Iqbal Shaikh, Shyam L.B Singh, N.B. Bankhele., P.D. Aher. Automatic Car Washing System Using Plc & SCADA. National Conference on “Recent Innovations in Engineering and Technology. MOMENTUM-2019. p. 45–51.

					СУ-01.6.151.21.ПЗ	Арк
						63
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		