

УДК (UDC) 004.9

**Мороз
Ольга Юрївна**

*PhD з інформаційних технологій, доцент кафедри
комп'ютеризованих систем та робототехніки
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та штучного
інтелекту Харківського національного університету імені
В.Н.Каразіна
e-mail: o.moroz@karazin.ua
<https://orcid.org/0000-0002-4920-4093>*

**Алієв
Ярослав Олегович**

*здобувач вищої освіти
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна
e-mail: aliiiev2020ku11@student.karazin.ua
<https://orcid.org/0009-0009-2475-1726>*

Автоматизація стандартних процесів станцій технічного обслуговування автомобілів за допомогою роботизованих систем

Актуальність. У сучасних умовах розвитку автомобільної галузі автоматизація процесів на станціях технічного обслуговування (СТО) є важливим напрямком підвищення ефективності роботи та якості надання послуг. Використання роботизованих систем дозволяє зменшити витрати, скоротити час обслуговування та мінімізувати людський фактор. Автоматизація стандартних послуг, таких як діагностика, заміна мастила, шиномонтаж та контроль технічного стану автомобілів, сприяє підвищенню продуктивності та безпеки праці. Попри активний розвиток технологій, існує потреба у дослідженні та узагальненні інформації про можливості впровадження роботизованих систем у сферу автосервісу.

Метою даної роботи є розробка моделі автоматизації стандартних послуг СТО за допомогою роботизованих систем, що сприятиме оптимізації робочих процесів, підвищенню ефективності обслуговування автомобілів та покращенню якості послуг для клієнтів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використано комплексний підхід, що включає: теоретико-критичний аналіз наукових джерел щодо автоматизації процесів на СТО; узагальнення та систематизацію наявних даних про роботизовані системи у сфері автосервісу; порівняльний аналіз сучасних технологій автоматизації для визначення їх ефективності та доцільності впровадження; моделювання автоматизованої системи для стандартних послуг СТО.

Результати. У ході дослідження проведено аналіз стану автоматизації послуг на СТО та визначено ключові переваги застосування роботизованих систем. Розроблено узагальнену модель автоматизації, яка передбачає взаємодію роботів із персоналом і клієнтами, що сприяє зменшенню часу на виконання рутинних завдань та підвищенню якості обслуговування. Запропонована модель дозволяє адаптувати систему автоматизації для різних типів автосервісних станцій з урахуванням їхніх специфічних потреб. Також розроблено структурну схему автоматизованої системи, яка демонструє основні компоненти, їхні функції та взаємозв'язки. Проведений аналіз показав, що впровадження роботизованих технологій на СТО є економічно доцільним і може значно підвищити продуктивність роботи автосервісів.

Висновки. Результати дослідження свідчать про високу ефективність автоматизації стандартних послуг на СТО за допомогою роботизованих систем. Впровадження таких технологій сприяє зниженню операційних витрат, підвищенню швидкості та якості обслуговування автомобілів, а також покращенню умов праці для персоналу. Отримані дані можуть бути корисними для керівників автосервісів, виробників обладнання та наукових установ, що займаються питаннями автоматизації у сфері автосервісу. Запропонована модель може бути використана як основа для подальших досліджень та розробки практичних рішень з автоматизації роботи СТО, що дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємств та сприяти розвитку галузі в цілому.

Ключові слова: автоматизація, станція технічного обслуговування, роботизовані системи, автосервіс, оптимізація процесів, технології обслуговування, ефективність, моделювання, технічне обслуговування, цифровізація.

Як цитувати: Мороз О. Ю., Алієв Я. О. Автоматизація роботи станцій технічного обслуговування автомобілів: моделювання, впровадження та ефективність. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, серія Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління.* 2024. вип. 63. С.60-72. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2024-63-06>

How to quote: Moroz O. Yu., Aliyev Y.O., "Automation of Standard Service Station (STO) Processes Using Robotic Systems." *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University, series Mathematical modelling. Information technology. Automated control systems*, vol. 63, pp.60-72, 2024. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2024-63-06> [in Ukrainian]

1 Вступ

Автоматизація процесів є важливим фактором розвитку сучасних виробничих та обслуговуючих галузей. Вона дозволяє підвищити ефективність і знизити витрати на виконання рутинних операцій. Однією з найбільш перспективних сфер для впровадження автоматизації є технічне обслуговування автомобілів, де сучасні технології дають можливість значно полегшити роботу майстрів, знизити людський фактор і підвищити рівень безпеки.

Враховуючи постійний розвиток робототехніки та автоматизації, застосування роботів на станціях технічного обслуговування (СТО) набуває дедалі більшої актуальності. Такі системи здатні оптимізувати робочі процеси, зменшити витрати та підвищити якість наданих послуг, що робить це напрямком перспективним для розвитку сучасних автосервісів. [1-4].

Актуальність дослідження зумовлена також швидким розвитком технологій у сфері автосервісу, що відкриває нові можливості для інтеграції роботизованих систем у цю галузь. Метою цієї роботи є розробка моделі автоматизації стандартних послуг СТО за допомогою роботів, що дозволить підвищити ефективність та якість обслуговування на автосервісних станціях. Дослідження цієї теми має важливе значення як для виробників технічного обладнання, так і для наукових установ, що займаються розробкою новітніх технологій у сфері автосервісу. Результати цього дослідження можуть стати основою для подальшого вдосконалення технологій автоматизації в автосервісній сфері.

Мета дослідження Розробка моделі автоматизації стандартних послуг СТО за допомогою роботизованих систем, що дозволяє підвищити ефективність і якість надання послуг.

Об'єкт дослідження: процес технічного обслуговування автотранспорту на СТО.

Предмет дослідження: моделі систем автоматизації стандартних послуг СТО.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання:

1. Дослідити поточний стан автоматизації стандартних послуг СТО.
2. Розробити узагальнену модель системи автоматизації роботи СТО.
3. Проаналізувати особливості розробки та реалізації роботизованої системи для СТО.

2. Аналіз автоматизованих процесів на СТО

У сучасних автосервісах впроваджуються різноманітні роботизовані системи для автоматизації широкого спектру операцій. Однією з найпоширеніших категорій є роботи-маніпулятори, які здатні виконувати комплекс завдань: від підйому автомобілів для забезпечення доступу до піддонів чи двигунів до переміщення важких компонентів або інструментів, а також здійснення точних операцій, таких як затягування чи відкручування кріпильних елементів.

Крім того, використовуються автоматизовані системи діагностики, що завдяки комплексу сенсорних пристроїв забезпечують детальний аналіз технічного стану транспортних засобів. Такий підхід дозволяє виявляти та усувати несправності значно швидше й ефективніше у порівнянні з традиційними методами, виконуваними людиною.

Також застосовуються системи для автоматизованої заміни та обслуговування окремих вузлів і агрегатів автомобіля, наприклад, системи автоматичної заміни мастила, фільтрів або гальмівних колодок. Завдяки їхній точності та високій швидкості обслуговування, значно зменшується як тривалість робочих процесів, так і ймовірність виникнення помилок [4].

Не менш актуальним є використання автоматизованих систем для миття автомобілів, які за допомогою спеціалізованих технологій та використання хімічних реагентів забезпечують високу якість очищення при збереженні стабільного рівня продуктивності протягом тривалого експлуатаційного періоду.

Загалом, інтеграція різних типів роботів у робочий процес автосервісів сприяє значному підвищенню ефективності, якості та швидкості виконання обслуговування транспортних засобів. Використання автоматизованих систем дозволяє виконувати як рутинні, так і складні операції з максимальною точністю, що зменшує час ремонту, знижує ризик помилок та сприяє підвищенню задоволеності клієнтів.

Особливу увагу слід приділяти конструктивним вимогам до роботизованих маніпуляторів. Наприклад, для забезпечення доступу виконавчого органу до будь-якої точки робочої зони, маніпулятор повинен мати мінімум три ступені свободи. Кожен з цих ступенів рухливості забезпечується окремим приводом, який може бути електромеханічним, гідравлічним, пневматичним або комбінованим, що дозволяє оптимізувати роботу системи залежно від конкретних завдань.



Рис. 1. Типи робіт для автоматизації послуг на СТО

Автоматизація цих операцій дозволяє скоротити час виконання робіт, підвищити точність і якість завдань, а також знизити ризик помилок. Це дозволяє персоналу зосередитися на складніших завданнях та покращити взаємодію з клієнтами [5].

Впровадження роботизованих систем для автоматизації стандартних процесів на автомобільних СТО має як позитивні, так і негативні наслідки.

Серед переваг слід відзначити:

- Підвищення продуктивності та ефективності. Роботи здатні виконувати операції з більшою швидкістю та точністю, ніж людський фактор, що сприяє скороченню часу обслуговування та збільшенню обсягів виконуваних робіт.
- Безперервність роботи. Можливість роботи роботів у режимі 24/7 дозволяє мінімізувати простої та оптимізувати розподіл робочого навантаження.
- Делегування рутинних завдань. Автоматизація рутинних операцій звільняє персонал для виконання більш складних завдань або забезпечення високоякісного клієнтського обслуговування.
- Зниження витрат на оплату праці. Відсутність необхідності у виплатах зарплати та соціальних виплат роботам може позитивно впливати на економічну ефективність підприємства.

Проте існують і недоліки, зокрема:

- Високі витрати на впровадження. Початкові інвестиції у придбання, налаштування обладнання, навчання персоналу та експлуатаційну підтримку роботизованих систем можуть бути значними.
- Зменшення кількості робочих місць. Автоматизація рутинних процесів може призвести до скорочення чисельності персоналу, що створює соціально-економічні виклики для громади.
- Залежність від технологій. Аварійні ситуації або відмова автоматизованої системи можуть спричинити зупинку виробничого процесу, що підкреслює необхідність розробки надійних систем резервного копіювання та планів відновлення.

Крім того, автоматизація сприяє підвищенню якості обслуговування завдяки високій точності виконання завдань, що дозволяє зменшити кількість помилок і дефектів. Це, в свою чергу, позитивно впливає на задоволення клієнтів та загальне сприйняття автосервісу як високотехнологічного та надійного сервісного центру.

Перед впровадженням роботизованих систем на СТО необхідно провести комплексний аналіз переваг і недоліків для визначення оптимального співвідношення між автоматизацією та людським фактором, що дозволить забезпечити стійкий розвиток та конкурентоспроможність підприємства. Підсумовуючи проведений аналіз стану роботизації стандартних послуг на СТО, можна стверджувати, що цей процес має великий потенціал для вдосконалення обслуговування автомобілів.

3. Типи роботизованих систем для автоматизації

Є три етапи роботи сенсорних систем: сприйняття сигналів, інтелектуальні системи та виконавчий механізм, що забезпечує рух та взаємодію з навколишнім середовищем.

Для реалізації першого етапу роботи роботизованої системи необхідно забезпечити наявність сенсорного блоку, здатного сприймати різноманітні сигнали, зокрема візуальні та акустичні. Другий етап передбачає інтеграцію інтелектуальних алгоритмів, що можуть бути реалізовані за допомогою нейронних мереж або експертних систем, для аналізу та інтерпретації отриманої

інформації. Нарешті, на третьому етапі передбачається використання виконавчого механізму, який забезпечує рухові функції та взаємодію роботизованої системи з навколишнім середовищем.

Для автоматизації послуг на СТО можуть використовуватися різні типи роботів, зокрема:

- роботизовані маніпулятори;
- автоматизовані системи діагностики;
- роботизовані системи для заміни шин;
- автоматизовані лінії для заміни масла.

Для досягнення комплексної інтеграції компонентів роботизованої системи необхідно забезпечити ефективну взаємодію між сенсорним модулем, інтелектуальними алгоритмами та виконавчим механізмом. Спочатку, дані, отримані з візуальних та акустичних сенсорів, піддаються попередній обробці для виділення релевантних характеристик серед великого обсягу інформації. Це дозволяє мінімізувати вплив шумів та забезпечити стабільність подальшого аналізу.

Отримані дані передаються на інтелектуальний блок, який, використовуючи методи нейронних мереж або експертних систем, здійснює аналіз і прийняття рішень у режимі реального часу. Такий підхід дозволяє роботизованій системі адаптуватися до змінних умов навколишнього середовища та оперативно реагувати на виникаючі завдання.

На завершальному етапі отримані результати інтегруються у виконавчий механізм, що відповідає за переміщення та взаємодію з об'єктами. Застосування точних приводних систем забезпечує високий рівень точності виконання дій, що є критично важливим для безпеки та ефективності роботизованих операцій.

Таким чином, послідовна обробка сигналів від сенсорного блоку, аналіз за допомогою інтелектуальних алгоритмів та точне виконання завдань виконавчим механізмом утворюють інтегровану систему, здатну забезпечити автоматизацію складних процесів з високим рівнем адаптивності та ефективності [6].

4. Структурна схема роботизованого маніпулятора Структурна схема маніпулятора включає:

- механічну частину (рухомі елементи, захвати);
- електричний привід (електродвигуни);
- систему керування (програмні та електронні пристрої);
- системи безпеки (датчики, камери спостереження).

Побудова структурної схеми робота-маніпулятора для роботи на СТО охоплює кілька ключових компонентів, що забезпечують як його функціональність, так і безпеку експлуатації.

Механічна частина.

До неї належить сам маніпулятор, що включає рухомі елементи (руки, захвати, засувки тощо) та супутні механізми, зокрема конвеєри чи інші пристрої для переміщення автомобілів. Цей компонент відповідає за фізичне виконання завдань, де важливо забезпечити точність і надійність механічних переміщень.

Електричний привід.

Основним завданням цього компоненту є забезпечення руху маніпулятора за допомогою електродвигунів. Використання двигунів постійного чи змінного струму дозволяє адаптувати систему до конкретних вимог щодо швидкості, потужності та точності руху [7]. Правильний вибір типу двигуна сприяє оптимізації робочих характеристик пристрою.

Система керування.

Цей компонент інтегрує електронні та програмні засоби управління, що включають контролери, сенсори та програмні логіки. Система керування забезпечує точність та стабільність рухів маніпулятора, координуючи роботу електричного приводу із зворотним зв'язком від сенсорних пристроїв. Сюди ж входять елементи для збору інформації про положення, швидкість та інші параметри роботи системи.

Системи безпеки та контролю.

Для забезпечення безпечної експлуатації маніпулятора інтегруються додаткові засоби, зокрема датчики аварійного зупинення, камери відеоспостереження та інші елементи, які дозволяють своєчасно виявляти потенційні загрози та запобігати аварійним ситуаціям.

Регулюючий блок.

Регулятор, представлений передавальною функцією $W(2)$, відповідає за керування тиристорним перетворювачем. На вхід цього регулятора надходить різниця між сигналом

керування від перетворювача, що має передавальну функцію $W(1)$, та зворотним зв'язком по швидкості. Така організація управління забезпечує стабільну роботу системи, дозволяючи точно регулювати швидкість і динамічні параметри маніпулятора.

Таким чином, інтеграція механічної частини, електричного приводу, системи керування та засобів безпеки утворює комплексну структурну схему, що забезпечує ефективну, точну та безпечну роботу робота-маніпулятора на автомобільних СТО.

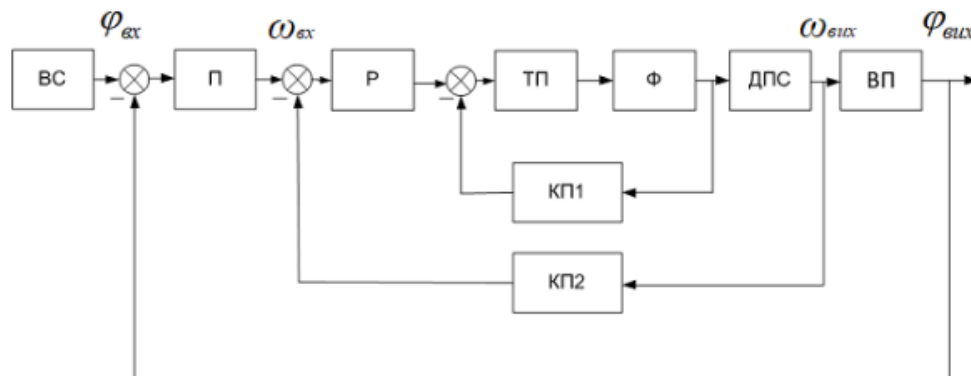


Рис.2. Типи робіт для автоматизації послуг на СТО

У схемі використовуються такі умовні позначення:

ВС – вхідний сигнал, що представляє кут повороту, який надходить на вхід системи від механічних зусиль оператора або формується як вихідний сигнал запрограмованої системи керування.

ДПС – двигун постійного струму.

ВП – виконуючий пристрій.

КП – коригуючий пристрій.

П – перетворювач.

Р – регулятор.

ТП – тиристорний перетворювач.

Ф – фільтр.

Структурна схема системи складається з трьох основних блоків: механічної частини, електродвигуна та системи керування. Механічна частина привода робота-маніпулятора здійснює перетворення механічної енергії, що надходить від електричної машини, у рух виконуючого пристрою із відповідною зміною виду руху. Електричний двигун постійного струму незалежного збудження перетворює електричну енергію в механічну [8].

Забезпечення високої ефективності та надійності роботи маніпулятора на автомобільних СТО вимагає комплексного підходу до розробки та впровадження системи. Оптиміальне поєднання механічних, електричних та програмних компонентів дозволяє створити пристрій, що гарантує якісне обслуговування автомобілів, а також забезпечує безпеку та ефективність процесу ремонту і технічного обслуговування.

Роботизовані маніпулятори можуть виконувати точні операції, такі як заміна деталей і діагностичні процедури, підвищуючи ефективність роботи.

Таким чином, оптимізація параметрів системи керування робота-маніпулятора для використання на СТО вимагає комплексного підходу, який враховує не лише характеристики маніпулятора, але й специфіку робочого середовища, а також вимоги до безпеки та енергоефективності.

Для ефективного управління сервоприводами було вибрано використання бібліотеки `iarduino_MultiServo.h`. Для її застосування необхідно підключити бібліотеку та створити об'єкт `MSS`, який дозволяє керувати кількома сервоприводами одночасно.

Розроблений метод `servoSlow` забезпечує плавний рух сервоприводів, даючи змогу контролювати швидкість зміни їхнього положення. Це дозволяє маніпулятору виконувати точні й контрольовані рухи, що є критично важливим для забезпечення ефективної та безпечної роботи на СТО.

5. Імітаційне моделювання Для перевірки ефективності автоматизованої системи було створено імітаційну модель в середовищі LabVIEW, яка включає блоки перетворення сигналів, регулятори, тиристорні перетворювачі, фільтри та двигуни.

Необхідно розділити дані, що надходять з COM-порту, на окремі частини (див. рис 3-5) та використати їх для точного управління конкретним серводвигуном для досягнення заданого кута повороту [9].

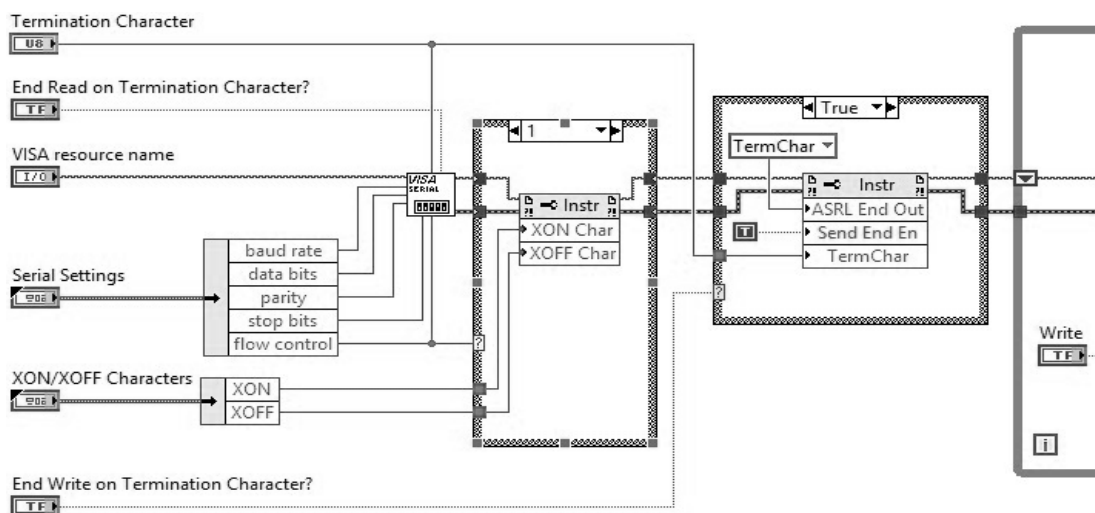


Рис. 3. Ліва частина панелі блок-діаграми

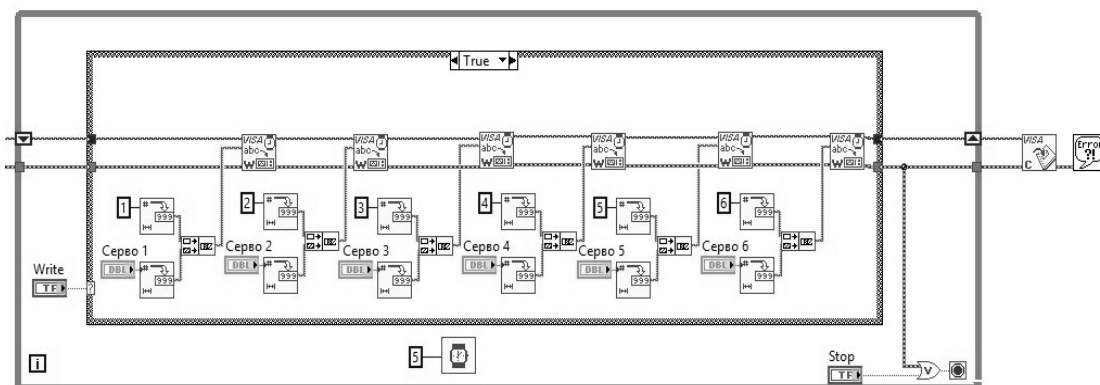


Рис. 4. Права частина панелі блок-діаграми

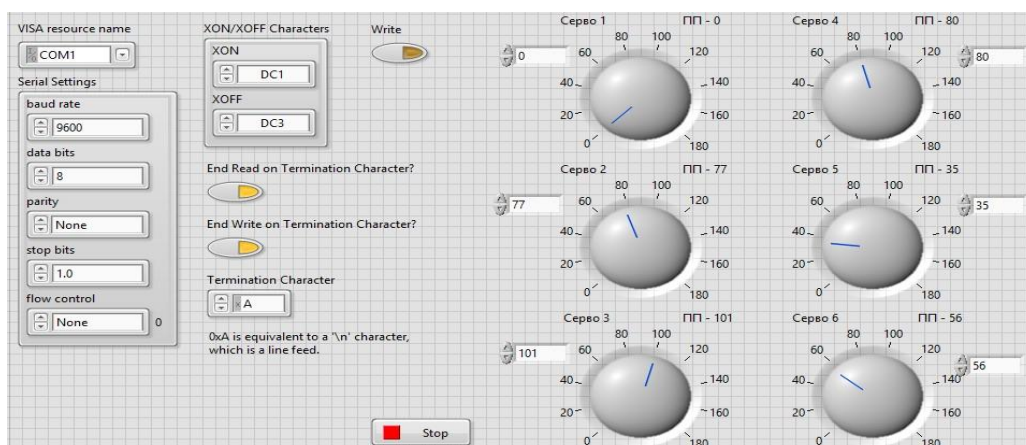


Рис. 5. – Лицева панель програми

Для роботи з ШІМ контролером моделі PCA9685 було прийнято рішення використати бібліотеку **arduino_MultiServo**. Ця бібліотека забезпечує ефективне управління Multi Servo

Shield, що дозволяє керувати до 16 сервоприводами, та виступає розширенням виходів платформи Arduino. Основні функції бібліотеки забезпечують управління сервоприводами, а додаткові можливості дозволяють використовувати повний функціонал чіпа PCA9685. При цьому бібліотека підтримує як апаратну, так і програмну реалізацію шини I²C.

Для визначення параметрів підсилювача та коригуючих пристроїв необхідно створити імітаційну модель системи автоматичного керування (САК) приводом робота-маніпулятора (див. рис. 6). Крім того, оптимізація системи може бути здійснена в середовищі Matlab Simulink із застосуванням блоку **Signal Constraint**, що дозволяє обмежити значення сигналів відповідно до заданих параметрів.

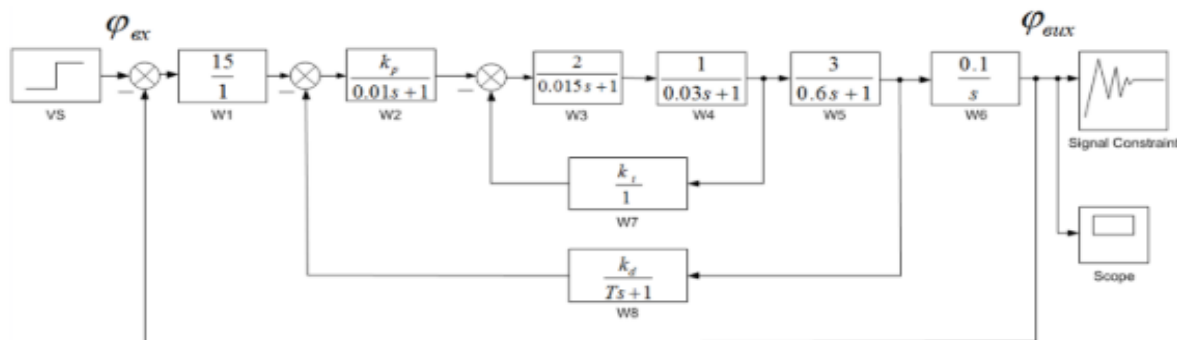


Рис. 6. Імітаційна модель САК привода робота – маніпулятора

У схемі використовуються такі умовні позначення:

VS – блок Step, що служить вхідним сигналом;

W1 – перетворювач;

W2 – регулятор;

W3 – тиристорний перетворювач;

W4 – фільтр;

W5 – двигун постійного струму;

W6 – виконуючий пристрій;

W7, W8 – коригуючий пристрій.

Для моделювання перехідних процесів в імітаційній моделі використовувались блоки Transfer Function для кожного з елементів W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7, W8.

Для візуалізації змін сигналу в часі застосовувався блок Scope, який функціонує як осцилограф.

З метою задання допустимих меж на прямих показниках якості системи використовувався блок Signal Constraint [8].

Для оптимізації системи обираються параметри коригуючих пристроїв, щоб забезпечити стабільну роботу відповідно до вимог якості та характеристик перехідного процесу. Визначення бажаних характеристик (максимальне перерегулювання, час наростання, тривалість процесу) є важливим етапом налаштування системи.

Подальшим кроком є підбір коефіцієнтів на основі встановлених параметрів. Результати оптимізації наведено на рисунках 2.9 та 2.10, де показано отримання параметрів підсилювача та коригуючих пристроїв: $k_p = 0.4205$, $k_i = 1.3792$, $k_d = 0.3556$, $T_d = 0.8965$.

Ці параметри використовуються для аналізу перехідного процесу та забезпечують відповідність встановленим критеріям якості. Процес налаштування включає інтерфейс користувача з графічним інтерфейсом для коригування параметрів динамічних об'єктів та врахування невизначеностей параметрів моделі. Це дозволяє синтезувати робастні закони керування [4].

	Variable	Value	Minimum	Maximum	Scale
☒	Td	0.8965	-Inf	Inf	1
☒	kd	0.3556	-Inf	Inf	0.5
☒	ki	1.3792	-Inf	Inf	2
☒	kp	0.4205	-Inf	Inf	0.5

Рис. 7. Результати підбору параметрів з використанням блоку Signal Constraint

Запропонований підхід дозволяє забезпечити точне керування приводом робота-маніпулятора, а також сприяє оптимізації роботи підсилювачів і коригуючих пристроїв шляхом використання сучасних програмних засобів моделювання та аналізу(рис. 7).

Оптимізація параметрів моделі дозволила досягти високої стійкості та ефективності системи [9].

При виборі корпусу маніпулятора важливо враховувати естетичний вигляд, особливо для публічних місць або виставок, а також можливість майбутньої модернізації.

Аналіз макетів маніпуляторів показав, що більшість з них включають:

- кронштейни для кріплення;
- механізм захвату для утримання об'єктів;
- обертальну основу з підшипником;
- основу для встановлення мікроконтролерів та електронних компонентів.

Обрана конструктивна схема маніпулятора включає всі необхідні елементи для ефективної роботи та демонстрації його функціональності (рис. 8).

Використані комплектуючі, такі як сервопривід MG996R для точного позиціонування механізму захвату та Arduino Uno для управління системою, мають оптимальні характеристики для виконання завдань.

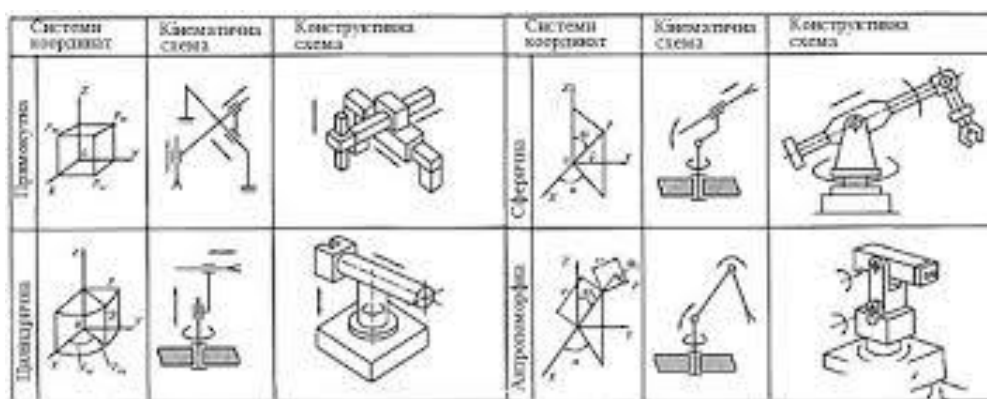


Рис.8. Конструктивна схема маніпулятора

Узагальнена модель системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів, представлена на рис. 9, демонструє базові елементи та взаємозв'язки, які можуть бути адаптовані та деталізовані з урахуванням специфічних вимог та умов роботи конкретного СТО.

Основні складові моделі включають:

- **Клієнтський портал.** Цей компонент забезпечує інтерактивну взаємодію з клієнтами, дозволяючи їм здійснювати запис на обслуговування, а також отримувати оперативну інформацію про стан виконання ремонтних робіт.
- **Інтерфейс для співробітників.** Призначений для управління замовленнями та налаштування роботизованих модулів, що сприяє оптимізації внутрішніх процесів та підвищенню ефективності роботи персоналу.
- **Система управління.** Координує діяльність усіх роботів, інтегруючи їх функції в єдину систему та забезпечуючи централізоване зберігання та обробку даних у базі даних.
- **Роботизовані модулі.** Виконують спеціалізовані завдання, зокрема діагностику, ремонт, технічне обслуговування та видачу автомобілів, що дозволяє забезпечити автоматизацію широкого спектру процесів.
- **Інфраструктурна підтримка.** Гарантує наявність необхідних ресурсів для безперебійної роботи роботів, забезпечуючи електроживлення, комунікації та інші важливі послуги.
- **Аналітичний модуль.** Здійснює аналіз зібраних даних для покращення ефективності роботи системи, сприяє оптимізації процесів та прийняттю обґрунтованих рішень для подальшого вдосконалення технологічного процесу.

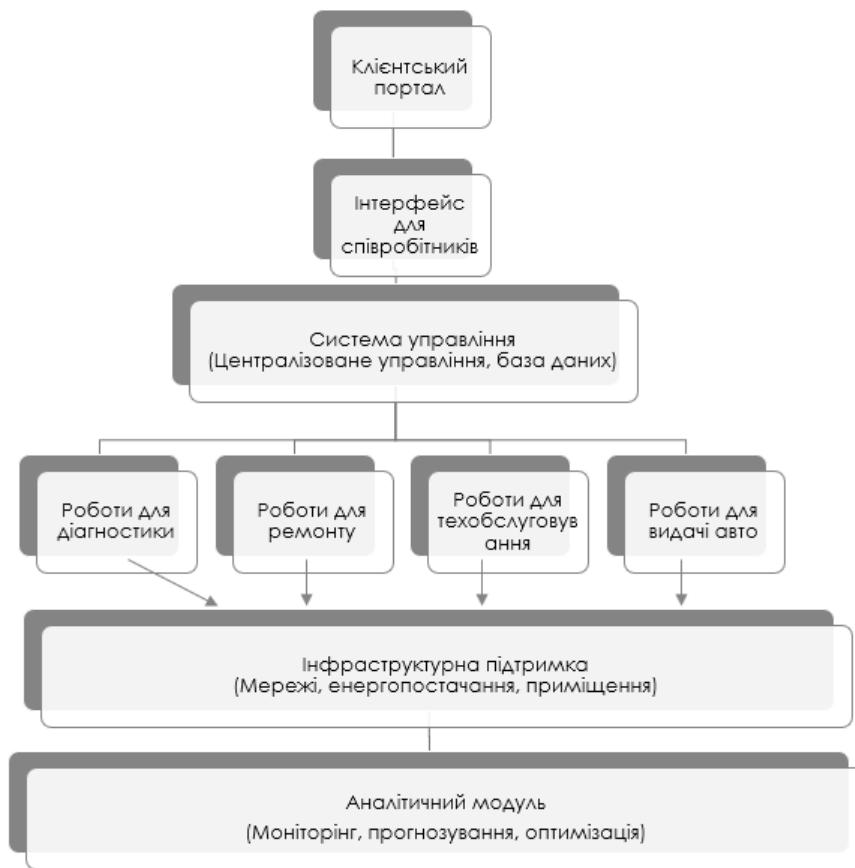


Рис. 9. Узагальнена модель системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів.

Розробка та впровадження даної узагальненої моделі сприяє підвищенню якості та ефективності обслуговування автомобілів. Системна інтеграція сучасних технологій у процеси ремонту та технічного обслуговування може стати важливою конкурентною перевагою для СТО, які прагнуть впроваджувати інноваційні рішення та покращувати клієнтський досвід.

7. Аналіз впливу автоматизації на продуктивність та якість послуг СТО.

Аналіз впливу автоматизації на продуктивність та якість послуг СТО показує, що використання робота-маніпулятора може значно змінити ефективність роботи автосервісних центрів, що має прямий вплив на їхню конкурентоспроможність. Роботи-маніпулятори здатні виконувати рутинні, фізично важкі та точні операції, такі як підйом важких деталей, розбірка або монтаж складних конструкцій, значно швидше і точніше, ніж люди. Ці операції, що раніше займали багато часу та ресурсів, тепер можуть бути автоматизовані, що дозволяє механікам зосередитися на складніших завданнях, що вимагають людського втручання.

Завдяки цьому підвищується продуктивність СТО — кількість робіт, виконаних за день, значно збільшується, що дозволяє обслужити більше клієнтів, що, своєю чергою, підвищує доходи підприємства. Цей ефект значно відображається на фінансових показниках компанії, оскільки підвищення ефективності прямо впливає на обсяги прибутку.

Ще одним важливим аспектом є якість наданих послуг. Робот-маніпулятор забезпечує високу точність виконання робіт завдяки стабільності своїх рухів і точному виконанню програмованих завдань. Це знижує ймовірність виникнення помилок, які можуть бути присутніми при ручному виконанні операцій, що, в свою чергу, підвищує загальну якість обслуговування автомобілів. У випадку складних та небезпечних робіт, роботизована система також мінімізує ризики пошкоджень або травм для персоналу.

Важливим фактором є і безпека на робочому місці. Роботи-маніпулятори виконують складні та небезпечні завдання без прямого втручання людини, що знижує ймовірність травм для працівників СТО. Завдяки цьому зменшується кількість нещасних випадків на підприємстві, що позитивно позначається на його репутації та здатності утримувати кваліфікований персонал.

Незважаючи на ці переваги, впровадження роботизованих технологій на СТО вимагає значних початкових інвестицій у придбання, установку та обслуговування робота-маніпулятора. Проте, з огляду на зростаючу продуктивність, поліпшену якість обслуговування та зниження ризику пошкоджень або травм, ці витрати можуть швидко окупитися. Збільшення обороту клієнтів та покращення репутації компанії в кінцевому підсумку забезпечать економічну вигоду від впровадження роботизованих систем.

Отже, використання робота-маніпулятора в рамках автоматизації СТО має великий потенціал для покращення якості послуг та збільшення продуктивності, що робить цей підхід важливою інвестицією в розвиток підприємства на сучасному конкурентному ринку автосервісу.

Використання робота-маніпулятора на СТО може мати значний позитивний вплив на діяльність підприємства, забезпечуючи підвищену продуктивність, покращену якість обслуговування, безпеку працівників та ефективне використання ресурсів [18, с. 56]. Впровадження роботизованих рішень дозволяє зменшити людську працю в рутинних і фізично важких операціях, що, в свою чергу, знижує кількість травм та нещасних випадків на виробництві, підвищує точність та стабільність виконаних робіт.

Такі інноваційні технології, як робот-маніпулятор, створюють умови для більш швидкого й ефективного виконання стандартних операцій, таких як підйом важких деталей, переміщення автомобілів та виконання інших механічних завдань. Це дозволяє значно зменшити час, витрачений на обслуговування клієнтів, підвищити обсяг оброблених замовлень за короткий період і скоротити час на виконання розрахунків.

Зокрема, оптимізація процесу прийому нових автомобілів і їхнього розподілу на необхідні пункти суттєво зменшує витрати часу і ресурсів. Система дозволяє швидко визначити перелік необхідних робіт та оцінити витрати на їх виконання, що через програмне забезпечення забезпечує миттєву готовність вихідних форм до друку. У результаті такого підходу значно знижується час, необхідний для підготовки документації, що виводить обслуговування клієнтів на новий рівень якості та ефективності.

Це дозволяє не тільки оптимізувати витрати на обслуговування, але й підвищити задоволеність клієнтів, що важливо для довгострокового розвитку СТО. У кінцевому підсумку, ці покращення ведуть до підвищення конкурентоспроможності підприємства, зростання його репутації на ринку автосервісних послуг та покращення фінансових результатів.

Перед впровадженням системи автоматизації було проведено хронометраж при виконанні конкретних операцій, що дозволило отримати наступні результати. Аналізуючи час, витрачений на кожен окрему дію, ми змогли отримати докладну інформацію про ефективність та продуктивність процесу.

Таблиця 1. Хронометраж операцій до впровадження

Майстерня	Операція	Час виконання
Механічна	Прийом нового клієнта:	27 хв.
	Опитування	20 хв.
	Запис несправностей	7 хв.
Покрасочная	Прийом нового клієнта:	39 хв.
	Огляд	25 хв.
	Розрахунки витрати фарби	10 хв.
	Запис	4 хв.
Шиномонтаж	Прийом нового клієнта:	6 хв.
	Огляд	3 хв.
	Запис	3 хв.
Електрики	Прийом нового клієнта:	10 хв.
	Огляд	5 хв.
	Запис	5 хв.

Внаслідок впровадження системи автоматизації, відбулися значні зміни в організаційній структурі СТО. Особливо відмінною є зміна у методології прийому нових автомобілів для ремонту, що спричинило значне скорочення робочого часу працівників. Введено нову функцію, яку здійснює інженер-механік – прийом автомобіля.

Таблиця 2. Хронометраж операцій після впровадження робота-маніпулятора

Майстерня	Операція	Час виконання
Прийом автомобіля	Постановка автомобіля в чергу на ремонт:	
	Опитування	31 хв
	Огляд	15 хв
	Запис	5 хв
	Розрахунки	6 хв
		5 хв
Механічна	Прийом автомобіля на пост	5 хв
Покрасочна	Прийом автомобіля на пост	5 хв
Шиномонтаж	Прийом автомобіля на пост	5 хв
Електрики	Прийом автомобіля на пост	5 хв

Висновки Розробка узагальненої моделі автоматизації роботи СТО показала, що комплексний підхід до автоматизації дозволяє значно підвищити ефективність роботи та знизити витрати часу.

Таким чином, робот-маніпулятор виступає невід'ємною складовою автоматизованої системи на СТО, спрямованої на виконання широкого спектру завдань з обслуговування та ремонту автомобілів. Основні переваги його використання включають високу точність та швидкість виконання операцій, а також здатність працювати в умовах, що вимагають значної фізичної сили або дотримання строгих стандартів безпеки. Завдяки зазначеним характеристикам, роботи-маніпулятори дозволяють оптимізувати процес обслуговування автомобілів, виконуючи такі завдання, як піднімання важких деталей, переміщення обладнання та забезпечення доступу до важкодоступних місць для проведення ремонтних робіт.

Однією з ключових особливостей застосування робота-маніпулятора є можливість програмування його рухів для реалізації конкретних завдань, що спрощує автоматизацію стандартних процесів обслуговування. Використання даного типу роботів сприяє зменшенню ризику виникнення помилок та підвищенню якості виконання робіт завдяки стабільності та повторюваності виконуваних дій.

У цілому, робот-маніпулятор є важливим елементом сучасних автоматизованих систем на СТО, що сприяє оптимізації робочих процесів, підвищенню ефективності роботи сервісного центру та покращенню якості надання послуг клієнтам. Автоматизація стандартних послуг за допомогою роботів дозволяє значно збільшити продуктивність обслуговування автотранспорту, скоротити час ремонтних та обслуговувальних операцій, а також знизити ризик помилок, що робить використання роботів-маніпуляторів надзвичайно корисним для сучасних СТО.

Взагалом, проведено аналіз сучасного стану автоматизації стандартних послуг у автосервісних центрах (СТО). Було здійснено оцінку рівня використання сучасних технологій та систем, спрямованих на підвищення ефективності роботи СТО, розглянуто переваги та недоліки існуючих підходів до автоматизації. В результаті аналізу визначено основні проблеми та обмеження, що заважають повноцінному використанню потенціалу автоматизації у даній галузі.

Приведена узагальнена модель системи автоматизації роботи автосервісного центру за допомогою роботів. За допомогою блок-схеми було наочно продемонстровано взаємозв'язки між компонентами системи, що сприяє кращому розумінню її архітектури. Визначено основні принципи побудови автоматизованої системи, описано її складові частини та взаємодію між ними. Проведено аналіз сучасних технологій та методів, які можуть бути застосовані при розробці та впровадженні автоматизації на СТО.

Розглянуто процес розробки та реалізації роботизованої системи для автосервісного центру. Докладно описано етапи розробки, побудови та практичного впровадження системи, а також окреслено особливості використання роботів на СТО. Проведено аналіз переваг та можливих труднощів, пов'язаних із впровадженням роботизованих технологій, та здійснено оцінку результатів експлуатації системи з точки зору підвищення якості та ефективності обслуговування клієнтів.

Шляхом аналізу стану автоматизації, розробки узагальненої моделі системи та реалізації роботизованої системи надається комплексне розуміння можливостей цих технологій для підвищення ефективності та якості обслуговування. Завдяки інтеграції сучасних роботизованих рішень у процеси СТО, можна значно зменшити час виконання стандартних завдань, покращити

точність і стабільність операцій, а також знизити вплив людського фактору. Це дозволяє забезпечити високу продуктивність роботи, підвищити рівень задоволення клієнтів та зміцнити конкурентні переваги автосервісних центрів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. A. S. Bhatti, S. I. S. S. Hassan, and Z. M. R. Tareen, "Robotic Automation in Automotive Industry: Applications and Opportunities," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 9, pp. 3709-3716, 2015. doi: 10.1007/s12206-015-0807-7.
https://www.researchgate.net/publication/353676405_An_overview_of_robot_applications_in_automotive_industry
2. H. K. Bechtold and M. K. Lee, "The Future of Automotive Service and Maintenance: Robotic and AI Solutions," *Robotics, Automation, and Industry 4.0: Prospects and Challenges*, vol. 22, pp. 102-115, 2021.
https://www.researchgate.net/publication/383983110_The_Future_of_Automotive_Manufacturing_Integrating_AI_ML_and_Generative_AI_for_Next-Gen_Automatic_Cars
3. R. B. Jackson, "Automation in the Automotive Industry: Trends and Challenges," *J. Intell. Robotics Applications*, vol. 5, pp. 88-100, 2020. doi: 10.1007/s00156-020-00899-1.
<https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/41846/1/9780472902033.pdf>
4. WALKER, G.H., & Stanton, N.A. (2015). Human Factors in Automotive Engineering and Technology (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315587356>
5. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 123 с.
http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/Mulyar_P2_2020_123.pdf
6. Основи мехатроніки: навч. посіб. / О.М. Артюх, О.В. Дударенко, В.В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 372 с.
https://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/8209/1/NP_Artyukh.pdf
7. Основи мехатроніки: навчальний посібник / С.М. Пересада, М.В. Пушкар. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 137 с. <https://ela.kpi.ua/items/0aede1d2-a71d-4d21-a625-07dafaf8da5>
8. Новацький, А. О. Електроніка та мікропроцесорна техніка. Ч. 2. Мікропроцесорні системи [Електронний ресурс] : підручник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Інтегровані інформаційні системи» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» / А. О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13.57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 489 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/55622>
9. Навчальний посібник з дисципліни "Теорія автоматичного керування" [Електронний ресурс] : електрон. вид. комбін. використання на DVD-ROM. у 2 ч. Ч. 1. / А. П. Гуров, С. І. Ольшевський, О. О. Черно, Л. І. Бугрім ; МОН України, НУК ім. адмірала Макарова. – Електрон. дані. – Миколаїв : НУК, 2018. <https://eir.nuos.edu.ua/handle/123456789/3030>

REFERENCES

1. A. S. Bhatti, S. I. S. S. Hassan, and Z. M. R. Tareen, "Robotic Automation in Automotive Industry: Applications and Opportunities," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 9, pp. 3709-3716, 2015. doi: 10.1007/s12206-015-0807-7. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/353676405_An_overview_of_robot_applications_in_automotive_industry
2. H. K. Bechtold and M. K. Lee, "The Future of Automotive Service and Maintenance: Robotic and AI Solutions," *Robotics, Automation, and Industry 4.0: Prospects and Challenges*, vol. 22, pp. 102-115, 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/383983110_The_Future_of_Automotive_Manufacturing_Integrating_AI_ML_and_Generative_AI_for_Next-Gen_Automatic_Cars
3. R. B. Jackson, "Automation in the Automotive Industry: Trends and Challenges," *J. Intell. Robotics Applications*, vol. 5, pp. 88-100, 2020. doi: 10.1007/s00156-020-00899-1. [Online]. Available: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/41846/1/9780472902033.pdf>

4. G. H. Walker and N. A. Stanton, *Human Factors in Automotive Engineering and Technology*, 1st ed. CRC Press, 2015. doi: 10.1201/9781315587356. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1201/9781315587356>
5. Yu. I. Mulyar and S. V. Repinsky, *Automation of Production in Machine Engineering. Part II: Study Guide*, Vinnytsia: VNTU, 2020, 123 pp. [Online]. [in Ukrainian] Available: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/Mulyar_P2_2020_123.pdf
6. O. M. Artyukh, O. V. Dudarenko, V. V. Kuzmin, et al., *Fundamentals of Mechatronics: Study Guide*, Zaporizhzhia: Zaporizhzhia Polytechnic National University, 2021, 372 pp. [Online]. [in Ukrainian] Available: https://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/8209/1/NP_Artyukh.pdf
7. S. M. Peresada and M. V. Pushkar, *Fundamentals of Mechatronics: Study Guide*, Kyiv: KPI named after Igor Sikorsky, 2020, 137 pp. [Online]. [in Ukrainian] Available: <https://ela.kpi.ua/items/0aede1d2-a71d-4d21-a625-07dafafb8da5>
8. A. O. Novatsky, *Electronics and Microprocessor Engineering. Part 2. Microprocessor Systems* [Electronic resource]: textbook for students of the "Integrated Information Systems" program specializing in 126 "Information Systems and Technologies," KPI named after Igor Sikorsky, 2023, 489 pp. [Online]. [in Ukrainian] Available: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/55622>
9. A. P. Gurov, S. I. Olshyevskyy, O. O. Chernov, L. I. Buhrim, *Study Guide on the Discipline "Theory of Automatic Control"* [Electronic resource]: electronic edition with DVD-ROM combined use. Vol. 1, Mykolaiv: NUK, 2018. [Online]. [in Ukrainian] Available: <https://eir.nuos.edu.ua/handle/123456789/3030>

Moroz Olha

*Doctor of Philosophy degree in Information Technology
Associate Professor at the Department of Computer Systems and Robotics
Educational and scientific Institute computer science and artificial intelligence
V. N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine;*

Aliyev Yaroslav

Bachelor's student V. N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine; aliyev2020ku11@student.karazin.ua

Automation of Standard Processes at Car Service Stations Using Robotic Systems

Relevance. In modern automotive industry conditions, the automation of processes at service stations (STO) is an important direction for improving operational efficiency and service quality. The use of robotic systems helps reduce costs, shorten service time, and minimize human factors. Automating standard services such as diagnostics, oil changes, tire fitting, and vehicle condition control enhances productivity and safety. Despite the rapid development of technologies, there is a need for research and generalization of information on the possibilities of implementing robotic systems in the automotive service sector.

The **objective** of this study is to develop a model for automating standard STO services using robotic systems, optimizing workflows, increasing service efficiency, and improving customer service quality.

Research Methods: To achieve this goal, a comprehensive approach was applied, including: Theoretical and critical analysis of scientific sources on STO process automation; Generalization and systematization of existing data on robotic systems in the automotive service industry; Comparative analysis of modern automation technologies to determine their efficiency and feasibility of implementation; Modeling an automated system for standard STO services. The study analyzed the current state of service automation at STOs and identified the key advantages of using robotic systems. A generalized automation model was developed, ensuring interaction between robots, personnel, and customers, which reduces task execution time and enhances service quality. The proposed model allows for the adaptation of automation systems for different types of automotive service stations, considering their specific needs. A structural diagram of the automated system was also developed, demonstrating the key components, their functions, and interconnections. The analysis showed that implementing robotic technologies at STOs is economically viable and can significantly improve service station productivity.

The research results indicate the high efficiency of automating standard STO services using robotic systems. The implementation of such technologies helps reduce operational costs, increase the speed and quality of vehicle maintenance, and improve working conditions for personnel. The obtained data can be useful for service station managers, equipment manufacturers, and research institutions involved in automation in the automotive service sector. The proposed model can serve as a basis for further research and the development of practical solutions for automating STO operations, increasing business competitiveness, and contributing to the industry's overall growth.

Keywords: *automation, service station, robotic systems, automotive service, process optimization, maintenance technologies, efficiency, modeling, technical maintenance, digitalization.*