

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
В.о. завідувача кафедри

Олександр ЮРЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження системи автоматизованої мийки транспортних засобів
навчально-практичного центру ІТФ СНАУ»

Виконала

(підпис)

Айнура САПАРОВА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

ЕТЕС 2401-1М

Науковий керівник:

(підпис)

Олександр ЮРЧЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(підпис)

Олена ДОВЖИК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
енергетики та електротехнічних систем

Андрій ЧЕПЖНИЙ

“5” вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
Сапаровій Айнурі
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Дослідження системи автоматизованої мийки транспортних засобів навчально-практичного центру ІТФ СНАУ
2. Керівник кваліфікаційної роботи: Юрченко Олександр Юрійович, доктор філософії, доцент
3. Строк подання здобувачем роботи: «14» листопада 2025 року.
4. Вихідні дані до роботи: паспортні дані на мийки високого тиску, правила улаштування електроустановок, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти, характеристики електроенергетичного устаткування, методичні рекомендації до виконання проекту (роботи).
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Розділ 1. Аналіз стану питання; Розділ 2. Теоретичні та експериментальні дослідження; Розділ 3. Обґрунтування параметрів систем; Розділ 4. Охорона праці; Розділ 5. Техніко-економічні розрахунки та показники; Висновки; Список використаних джерел
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Олександр ЮРЧЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Завдання прийняла до виконання

_____ (підпис)

Айнура САПАРОВА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання «5» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Збір інформації про діяльність господарства	до 02.08.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.08.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 21.08.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 24.08.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Аналіз стану питання»	до 30.08.2025р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Теоретичні та експериментальні дослідження»	до 19.09.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Обґрунтування параметрів систем»	до 03.10.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Охорона праці»	до 08.10.2025 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Техніко-економічні розрахунки та показники»	до 20.10.2025 р.	
10.	Написання висновків та пропозицій	до 25.10.2025 р.	
11.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2025 р.	
12.	Подання роботи на рецензування	до 07.11.2025 р.	
13.	Подання до попереднього захисту	до 14.11.2025 р.	

Керівник роботи:

(підпис)

Олександр ЮРЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Здобувач

(підпис)

Айнура САПАРОВА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Сапарова Айнура, «Дослідження системи автоматизованої мийки транспортних засобів навчально-практичного центру ІТФ СНАУ».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел. Роботу викладено на 43 аркушах друкованого тексту, складається з 8 рисунків.

Метою даної роботи системи автоматизованої мийки транспортних засобів навчально-практичного центру ІТФ СНАУ. На основі аналізу наявної техніки, її завантаженості, років випуску та умов експлуатації створено класифікацію щодо умов використання мийки високого тиску для обслуговування даної техніки. Встановлено, що основними критеріями по вибору тиску, створюваного мийкою, є лакофарбове покриття транспортних засобів, а також умови експлуатації, причиною чого є дана операція.

Лакофарбове покриття кожного транспортного засобу є різним, умови його використання також різняться між собою. Тому, доцільним є дослідження параметрів автоматизованої мийки транспортних засобів для умов машино-тракторного парку та навчально-практичного центру Сумського НАУ.

У зв'язку із представленою метою в дослідженні поставлені такі задачі:

- проаналізувати наявні транспортні засоби;
- представити статистичні дані щодо їх використання;
- визначити фактори, якими слід користуватися з метою якісного обслуговування техніки;

- визначити режими роботи мийки високого тиску для обраних за класифікацією груп транспортних засобів;
- обґрунтувати параметри роботи запропонованої системи.

Запропоновані технологічні рішення мають на меті без зміни додаткових насадок та діаметру водопроводу змінювати тиск на виході з мийки шляхом зміни частоти електричного струму. Таким чином, зміна швидкості обертання валу електричного двигуна призводитиме до отримання необхідного тиску, створюваного мийкою.

За рахунок використаних методів аналізу та порівняння встановлено залежність транспортних засобів за станом лакофарбового покриття, а математичними виразами підкреслено доцільність аналізу роботи мийки високого тиску за напором.

Теоретичними розрахунками встановлено, що кожен з режимів роботи є цілком реальним і досягаючи порівняно меншого тиску на виході з мийки, завантаженість привідного електричного двигуна зменшується. Прораховано, що за досягнення робочого тиску електричний двигун є завантаженим на 77,8%. Тому, ресурс устаткування спливає порівняно повільніше, а ніж за стандартного режиму роботи.

Ключові слова: мийка високого тиску, електричний двигун, струм, перетворювач частоти, швидкість обертання валу, якість, вольт-амперна характеристика, керування, параметри, характеристики, транспортні засоби, технічне обслуговування.

ABSTRACT

Saparova Ainura, “Study of the automated vehicle washing system of the ITF SNAU educational and practical center”.

Qualification work for obtaining a master's degree in the educational program “Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics” in specialty 141 “Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics”, Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The qualification work consists of an introduction, 5 sections, conclusions, a list of sources used. The work is presented on 43 sheets of printed text, consists of 8 figures.

The purpose of this work is the automated vehicle washing system of the ITF SNAU educational and practical center. Based on the analysis of existing equipment, its workload, years of manufacture and operating conditions, a classification has been created regarding the conditions for using a high-pressure washer to service this equipment. It was established that the main criteria for choosing the pressure created by the car wash are the paintwork of vehicles, as well as the operating conditions, the reason for which is this operation.

The paintwork of each vehicle is different, the conditions of its use also differ from each other. Therefore, it is advisable to study the parameters of an automated car wash for the conditions of the machine-tractor fleet and the educational and practical center of Sumy NAU.

In connection with the presented goal, the following tasks are set in the study:

- to analyze existing vehicles;
- to present statistical data on their use;
- to determine the factors that should be used for the purpose of high-quality maintenance of equipment;
- to determine the operating modes of a high-pressure car wash for the selected vehicle groups according to the classification;

- to substantiate the operating parameters of the proposed system.

The proposed technological solutions are aimed at changing the pressure at the outlet of the car wash by changing the frequency of the electric current without changing additional nozzles and the diameter of the water pipe. Thus, changing the speed of rotation of the electric motor shaft will lead to obtaining the required pressure created by the washer.

Due to the used methods of analysis and comparison, the dependence of vehicles on the condition of the paintwork has been established, and mathematical expressions have emphasized the expediency of analyzing the operation of a high-pressure washer by pressure.

Theoretical calculations have established that each of the operating modes is quite real and, achieving a relatively lower pressure at the outlet of the washer, the load on the drive electric motor decreases. It has been calculated that when the operating pressure is reached, the electric motor is loaded by 77.8%. Therefore, the equipment resource expires relatively more slowly than in the standard operating mode.

Keywords: high-pressure washer, electric motor, current, frequency converter, shaft rotation speed, quality, volt-ampere characteristic, control, parameters, characteristics, vehicles, maintenance.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	11
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	17
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ.....	21
3.1. Загальні положення про обрану мийку високого тиску.....	21
3.2. До законів гідродинаміки.....	22
3.3. Вплив мийки високого тиску на поверхні транспортних засобів.....	24
3.4. Автоматизація мийки транспортних засобів.....	27
Висновки до розділу.....	31
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	32
4.1. Загальні положення.....	32
4.2. Фактори негативного впливу.....	32
4.3. Шляхи зменшення прояву негативного впливу.....	33
Висновки до розділу 4.....	35
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	36
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

ВСТУП

Умови використання автотранспортної техніки можуть різнитися між собою. Спричинено це безпосередньо функціональним призначенням кожної одиниці техніки. Машино-тракторний парк Сумського НАУ та навчально-практичний центр налічують кілька десятків техніки різних виробників та призначення.

З метою якісного обслуговування техніки як впродовж її експлуатації, так і з метою ремонтів доцільним є використання мийки транспортних засобів. В даному випадку, актуальним є аналіз параметрів для мийки високого тиску.

Об'єктом даного дослідження процес мийки транспортних засобів для умов навчально-практичного центру Сумського НАУ.

Предметом даного дослідження є регульований набір параметрів роботи мийки високого тиску з метою дотримання необхідного тиску на виході з неї.

У зв'язку із представленою метою в дослідженні поставлені **такі задачі**:

- проаналізувати наявні транспортні засоби;
- представити статистичні дані щодо їх використання;
- визначити фактори, якими слід користуватися з метою якісного обслуговування техніки;
- визначити режими роботи мийки високого тиску для обраних за класифікацією груп транспортних засобів;
- обґрунтувати параметри роботи запропонованої системи.

Серед **основних методів**, які використано з метою проведення дослідження, наявними є:

- спостереження;
- порівняння;
- аналіз;
- класифікація;
- формалізація.

Умови функціонування тракторів та комбайнів характеризуються, головним чином, значною запиленістю, вологістю, роботою з агресивним середовищем, тобто отруто- та ядохімікатами і т. п. Аналізуючи роботу легкових автомобілів, можна вважати, що їх рух відбувається, наприклад, в умовах ожеледі. Тому, відповідні речовини, використання яких спрямовано на знищення ожеледі на дорозі, також відкладаються на автомобілях. Якщо вести мову ще і про навчальні автомобілі, то в даному випадку необхідно надати особливого значення обслуговуванню автомобілів по причині постійної зміни водіїв, їх роботи з даними автомобілями.

Роботу виконано на п'яти розділах, в першому з яких охарактеризовано актуальність роботи, її зв'язок з установою тощо. Другий розділ включає в себе теоретичні та практичні дослідження з обраної тематики. Третім розділом виконано основні задачі дослідження, зокрема теоретичним шляхом з використанням математичних виразів підкреслено доцільність регулювання мийки високого тиску, побудовано схему структурну щита керування мийкою для розподілених по групам тиску транспортних засобів. Економічне обґрунтування включало в себе розрахунок витрат на таку систему, розділ з охорони паці – заходи щодо безпеки праці при роботі з мийкою високого тиску.

Лакофарбове покриття кожного транспортного засобу є різним, умови його використання також різняться між собою. Тому, доцільним є дослідження параметрів автоматизованої мийки транспортних засобів для умов машино-тракторного парку та навчально-практичного центру Сумського НАУ.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

Мийки транспортних засобів, що використовуються сьогодні споживачами, займають важливе місце на ринку електрообладнання. Якщо вести мову про даний пристрій безпосередньо як про електричне устаткування, то необхідно виділити його основні структурні елементи та їх призначення. Окремо, необхідно розпочати дослідження саме з аналізу завдань, з вирішенням яких має бути використаною дана установка.

Навчально-практичний центр Сумського національного аграрного університету налічує в своєму складі як сільськогосподарську техніку, так і транспортні засоби, якими здійснюються транспортні роботи по університету та за його межами, а також ті, що задіяні з метою навчання слухачів водійських курсів категорії «В». До сільськогосподарської техніки відносяться:

1) трактори та комбайни:

- МТЗ-80;
- МТЗ-82/82.1;
- ХТЗ-2511;
- Т-150К;
- Т-150;
- ЛТЗ-55;
- ДТ-75;
- ЮМЗ-6АКЛ;
- Т-16;
- ДОН-1500А;

2) ватажні автомобілі:

- КАМАЗ-55102 + причеп СЗАП-8527;
- ЗИЛ-ММЗ-554М + причеп ГКБ-819;
- ГАЗ-САЗ-3507;

- ЗИЛ-133ГЯ автокран;

- ЗИЛ-130;

3) різного напрямлення автомобілі:

- ІЖ-2715;

- ГАЗель-2705;

- ГАЗ Соболь;

- Ford MONDEO;

- Toyota Camry;

- ВАЗ-2107;

- Hyundai SONATA;

- Volkswagen Transporter T5;

- інші;

4) навчальні автомобілі:

- Ford Fiesta;

- ВАЗ-2112;

- ВАЗ-2109;

- Daewoo Lanos;

5) інші види техніки (плуги, культиватори, борони, обприскувачі, розкидачі мінеральних добрив, бульдозерні відвали, причепи, подрібнювачі гілок та інше).

Перелічені транспортні використовуються університетом протягом різних проміжків часу в залежності від призначення та виду функцій, які ними виконуються. Так, для прикладу, використання навчальних автомобілів, зокрема Ford Fiesta, ВАЗ-2112 та Daewoo Lanos відбувається протягом усього календарного року. Така технологія реалізується з метою навчання слухачів курсів водіїв категорії «В». Транспортний засіб ВАЗ-2109 використовується лише як підмінний автомобіль у випадках поломок перерахованих вище трьох автомобілів у моменти ремонту або їх обслуговування. Для більш наочного зображення задіяного в

навчальних цілях транспорту навчально-практичного центру відповідну діаграму представлено нижче, на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1. Завантаженість навчальних транспортних засобів навчально-практичного центру Сумського НАУ

Порівняно іншого вигляду набуватиме діаграма завантаженості транспортних засобів Сумського НАУ у випадку аналізу автомобілів різного напрямлення. Для прикладу, автомобілями Toyota Camry та Hyundai SONATA відбувається рух по всій території країни на різні відстані. Автомобілі ГАЗель-2705 та ГАЗ Соболь використовуються з метою руху по території університету, перевезення вантажів, а також по місту Суми та району. Автомобілі ІЖ-2715 та BA3-2107 використовуються для руху по території. Тому, в відсотковому співвідношенні діаграма завантаженості перерахованих транспортних засобів матиме вигляд, зображений на рисунку 1.2.

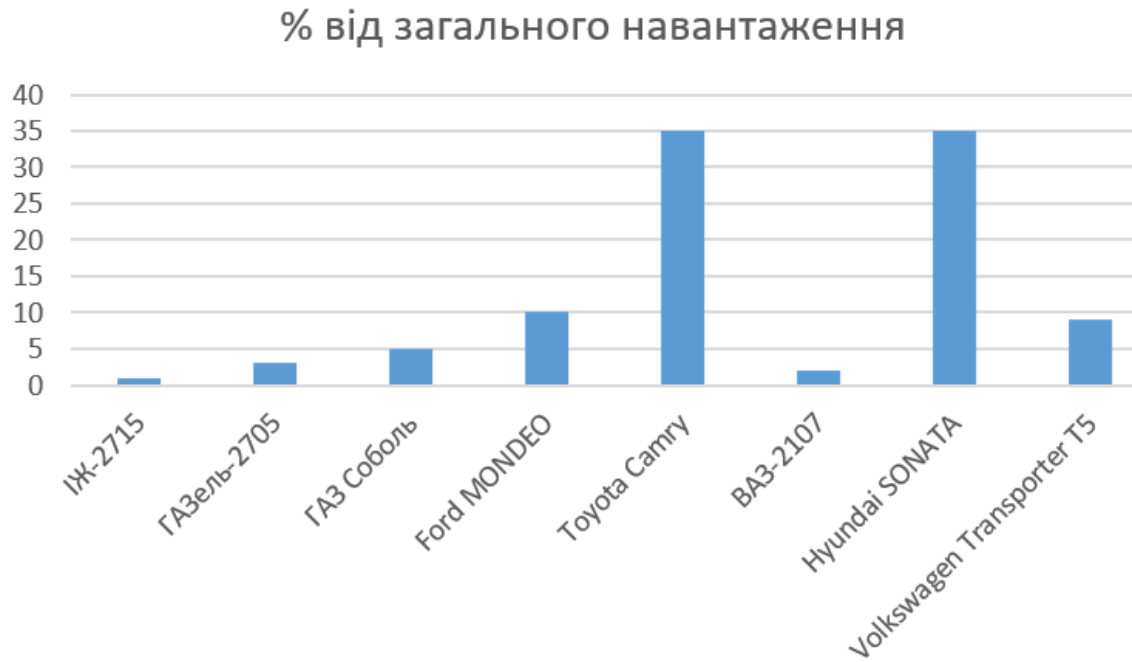


Рисунок 1.2. Завантаженість транспортних засобів різного напрямлення Сумського НАУ

Аналізуючи сільськогосподарську техніку, яка використовується в машино-тракторному парку Сумського НАУ, можна підкреслити, що використання окремих тракторів або інших машин може бути пов'язаним виключно з сезонністю їх роботи. Для прикладу, комбайн ДОН-1500А використовується лише при збиранні культур на полях СНАУ. Аналогічним чином, гусеничний трактор Т-150 використовується на сьогодні виключно як навчальний інструмент. Трактори МТЗ-80/82/82.1 використовуються з метою виконання різних сільськогосподарських робіт, у тому числі і навантажувально-розвантажувальних, з метою очищення території університету від снігу в зимовий період, а також певний транспортних робіт. Трактори ЮМЗ-6АКЛ, ЛТЗ-55 та Т-150К використовуються з метою навчання слухачів курсів тракториста.



Рисунок 1.3. Приклади використання сільськогосподарської техніки СНАУ

Аналізуючи вище сказане, постає актуальне завдання з дослідження системи автоматизації та параметрів мийки транспортних засобів навчально-практичного центру Сумського НАУ, що задіяні в різних видах робіт протягом різних проміжків часу та погодних умов.

Автоматизована система мийки транспортних засобів має на меті покращення умов праці для персоналу та виконання усіх необхідних функцій, спрямованих на належний стан транспортного засобу, що стосується:

- загального вигляду транспортного засобу;
- стану внутрішніх елементів;
- технічного стану і т. п.

Тому, автоматизація роботи та функціонування мийки транспортних засобів має бути цілком спрямованою на виконання завдань з належного зовнішнього вигляду, внутрішніх елементів, а також з метою підтримання транспортного засобу в робочому стані. Останнім забезпечуються одночасно дві основні мети:

- зменшення вірогідності поломок або неробочого стану транспортного засобу через неналежний за ним догляд з точки зору підтримання належних умов по догляду за ним;

- створення належних умов для ремонту або технічного обслуговування транспортного засобу в ті моменти, коли це є необхідним.

Якщо вести мову про зменшення вірогідності виведення транспортного засобу з робочого стану шляхом використання мийки для транспортних засобів, то під даним виразом мається на увазі догляд за фактичним станом автомобіля, знешкодження різних шкідливих речовин, зокрема тих, що використовуються з метою руйнування ожеледі на дорозі, в результаті чого їдкі речовини потрапляють на транспортний засіб та негативно впливають на окремі його структурні елементи серед яких, залізні поверхні, піддаючи їх до процесів корозії.

Тому, актуальність теми дослідження є досить обґрунтованою і спрямована на дослідження параметрів мийки транспортних засобів, що працюють в різних умовах експлуатації та вимагають певних особливостей при догляді за ними та їх обслуговуванні.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Забруднення природних водних ресурсів збільшилося через зростання населення, розвитку міст, а також промислових та сільськогосподарських процесів. В даний час велика кількість послуг, таких як перевезення на особистих автомобілях та громадському транспорті, збільшується. Транспортні засоби, що контактують з повітрям, контактують також з пилом, брудом, оліями та нафтопродуктами [15].

Тому, ці автомобілі вимагають постійного очищення та обслуговування в на станціях мийки автомобілів. Станції технічного обслуговування автомобілів є одними з галузей, що найбільш споживають воду, що створює проблеми з поставками для населення. Автомийка – це установка, призначена для миття зовнішньої поверхні автомобілів, часто розташована за межами житлових районів. Існує три види автомийок:

- портална мийка, де миюча система ковзає по поверхні лакофарбового покриття автомобіля;
- автоматизована мийка, де автомобіль протягується через мийну установку;
- індивідуальна [15].

Середня витрата води на автомобіль для повного професійного миття складає від 50 до 350 л, в залежності від типу автомобіля і програмного забезпечення, що спрямоване на керування автоматизованим процесом мийки. Стічні води автомийок містять такі забруднюючі речовини, як:

- рН = 4,4-8,6,;
- TSS = 68-3417 мг/л;
- TDS = 448-17268 мг/л;
- каламутність = 212-4000 NTU;
- вміст олів і мастил = 10-500 мг/л.

Стічні води автомийок негативно впливають на навколишнє середовище через надмірне використання питної води та скидання неочищених стічних вод. Деякі забруднюючі речовини стійкі до очищення, що призводить до незворотної шкоди водної флори та фауни. Це зумовлено, головним чином, їх токсичністю та здатністю накопичуватися в організмах. Крім того, ці забруднюючі речовини порушують газообмін та передачу енергії у водних екосистемах. У зв'язку зі зростанням числа автомийок очищення стічних вод перед їх скиданням в навколишнє середовище або міську каналізацію набуває особливого значення [15].

Дослідженням [16] представлено «процесуальний підхід» до змін навичок в умовах сучасної хвилі цифрової автоматизації, яка надає комплексний та складний вплив на навички. Цей підхід концептуалізує роботу як набір процесів, кожен із яких складається з послідовності подій. У кожній події працівник та/або машина виносять рішення та роблять дії для переходу до наступної події. Процесуальний підхід досліджує, чи впливають машини на рішення чи дії працівників під час кожної події та яким чином переривають чи перетворюють зв'язки між рішеннями та діями. Цей підхід дозволяє проводити індуктивну теоретизацію змін навичок на мікро- та середньому рівнях. Для подальшого уточнення підходу та демонстрації його застосування науковцями вивчено випадок таксі та послуг на замовлення поїздок, виявляючи, що зміни навичок у сфері послуг підкреслюють переорієнтацію та переорієнтацію навичок та переривання мікроадаптації працівників, а не заміну чи усунення навичок [16].

Обробна промисловість та енергетика визнані лідерами у галузі високого ступеня автоматизації порівняно з іншими секторами. Тим не менш, когнітивні здібності людини, як і раніше, відіграють вирішальну роль у роботі технологічних установок, і відтворення цих когнітивних можливостей залишається ключовим завданням для підвищення рівня автоматизації. У статті [17] авторами проведено аналіз обробної промисловості та енергетики на основі сценарію скорочення доступності кваліфікованої робочої сили та підвищення вимог до безпеки, стійкості

та відновлювальних процесів. Ними розглянуто різні механічні, сенсорні, ситуаційні задачі та завдання прийняття рішень, пов'язані з експлуатацією установок. Тому, в дослідженні [17] стверджують, що досягнення більш високих та широких рівнів автономності потребує переосмислення процесів проектування як фізичних установок, так і концептуалізації рішень у галузі автоматизації, управління та безпеки.

Зі зростанням автоматизації ролі водіїв переходять від активних операторів до пасивних системних супервайзерів, що впливає на їхню поведінку та когнітивні процеси [18]. Всі автомобілі необхідно регулярно мити як на побутовій, так і на комерційній мийці. Остання галузь з'явилася нещодавно і набирає популярності завдяки своєму позитивному впливу на навколишнє середовище в порівнянні зі звичайним миттям. Автомийки зазвичай пропонують два типи послуг (автоматична мийка та мийка самообслуговування) [19].

Спеціалізоване устаткування отримує високу оцінку виробників оригінального обладнання на ринку виробництва обладнання для автомийок за те, що вони допомагають гарантувати постійну роботу систем миття транспортних засобів на повній потужності за мінімальних вимог до технічного обслуговування [20]. Використовуючи дане твердження, можна вважати, що повна автоматизація процесів мийки транспортних засобів має свою ефективність, порівняно з класичними в цьому підходами в обслуговуванні різної техніки.

Процесом мийки транспортних засобів має бути процес, що відбувається одразу за схемою з кількома структурними елементами. Такими елементами є не лише мийка транспортних засобів, а і система відводу стічних вод, їх можливе фільтрування тощо. Для прикладу, згідно з роботою [21], фрагменти такої системи представлено нижче на рисунку 2.1.

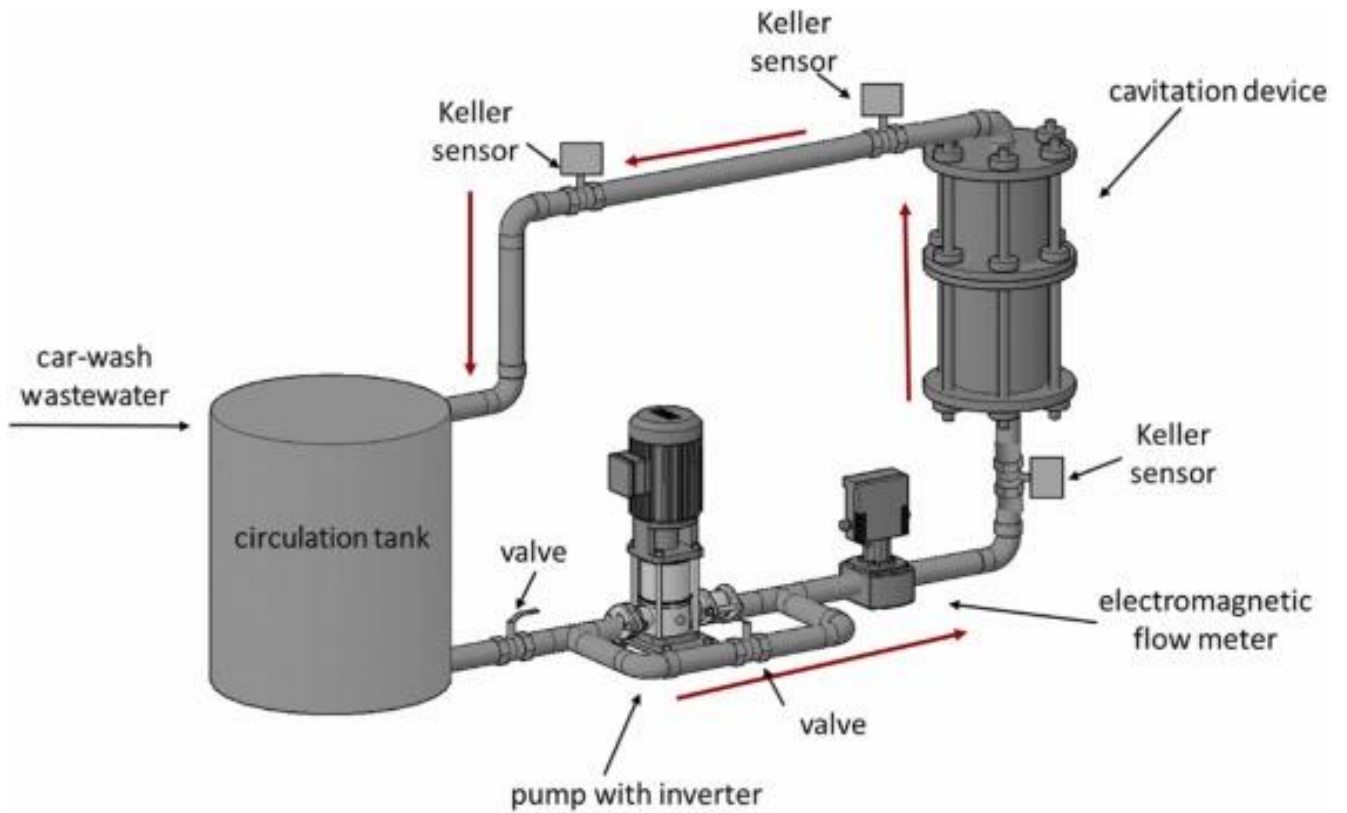


Рисунок 2.1. Фрагменти системи мийки транспортних засобів [21]

Перебіг процесів мийки транспортних засобів значним чином різниться в залежності від пір року. Подібно до цього, склад неочищених стічних вод теж різниться через сезонні коливання протягом шестимісячного періоду досліджень в роботі [21]. Тому, автоматизація мийки транспортних засобів є актуальним питанням. Дослідження даного процесу спрямовано на пошук оптимальних рішень щодо раціонального використання ресурсів, а також безпеки для людини.

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ

3.1. Загальні положення про обрану мийку високого тиску

Мийка транспортних засобів базується на реалізації одразу кількох технологій. За такими технологіями відбуваються накачування води, її фільтрування, розпорошення, створення тиску та інше. Однак, варто також підкреслити те, що сучасні мийки транспортних засобів також працюють і з використанням спеціальних рідин – мильних засобів або порошків, іншими словами, – домішок. Це є ефективним з метою видалення складних нальотів на поверхні транспортного засобу, відмивання його перед ремонтом, технічним обслуговуванням або приведенням його в більш охайний стан. Тому, дослідження системи автоматизації мийки транспортних засобів навчально-практичного центру Сумського НАУ пропонується провести на прикладі мийки високого тиску Dnipro-M PW-18Ri (рисунок 3.1) від виробника різної техніки Дніпро М.



Рисунок 1.3. Мийка високого тиску Dnipro-M PW-18Ri

Серед основних параметрів, якими характеризуються усі мийки високого тиску, необхідно виділити максимальний тиск, створюваний даним устаткуванням. В даному випадку, максимальний тиск указаної мийки складає 180 Бар, тобто 18 МПа. Співставляючи даний показник максимального тиску з іншими мийками високого тиску указанного виробника, можна зробити висновок, що це є найбільш потужний апарат серед наявного модельного ряду.

3.2. До законів гідродинаміки

Аналізуючи параметри кожної мийки високого тиску, доцільно підкреслити комплектацію такого устаткування. З наукової точки, аналізуючи закони гідродинаміки, необхідно звернути увагу на один з прикладів застосування закону Бернуллі. Трубку Вентурі застосовують з метою визначення швидкості течії для труб. При вимірюванні тиску для двох різних точок трубопроводу є можливість запобігання наслідкам кавітації. Пов'язуючи процес протікання рідини через резервуар або трубопровід, можна співставити трубку Вентурі, що поступово звужуватиме діаметр трубопроводу. В результаті, такий звужувальний отвір обмежуватиме потік рідини. Наслідком цього є поява різниці тисків у точках для вимірювання. Такі точки визначаються як точка на початку звуження і точка, що відповідає тій, що знаходиться у найвужчій частині. Пояснити таке явище можна за виразом 3.1. Базується указане вимірювання на дослідженні ефекту Вентурі, тому формулу для нього можна отримати з рівняння неперервності і закону Бернуллі:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2, \quad (3.1)$$

де v_1 та v_2 – відповідно швидкості протікання рідини для першої та другої точок вимірювання;

S_1 та S_2 – відповідно площі перерізу трубопроводу для протікання рідини першої та другої точок вимірювання.

Аналізуючи сказане з законів гідродинаміки, необхідно виокремити заявлену рекомендовану довжину шлангу, що використовується в даній мийці високого тиску. Такою довжиною заявлено 12 м від заводу-виробника. Продуктивність мийки складає 520 л/год. Таким чином, щохвилинна витрата рідини для такого устаткування складає 8,7 л/хв.

Послідовний аналіз параметрів мийки високого тиску має на меті також і представлення потужності привідного електричного двигуна. Якщо аналізувати такий показник при максимальному створюваному тиску мийкою, то потужність складає 3000 Вт. Однак, заявлений заводом-виробником робочий тиск для указаної мийки складає 140 Бар, тобто 14 МПа. Шляхом співставлення двох тисків – робочого та максимального, а також потужності привідного електричного двигуна, за законом пропорційності є можливість визначити частку завантаженості даного двигуна при роботі з досягненням робочого тиску.

$$P_1/p_1 = P_2/p_2, \quad (3.2)$$

де P_1 та P_2 – відповідно потужність для досягнення робочого та максимального тиску;

p_1 та p_2 – відповідно робочий та максимальний тиск, створюваний привідною силовою установкою.

За виразом 3.2 є можливість встановити, що працюючи на робочому тиску, завантаженість електричного двигуна складає 77,8%. Подібним чином до представленого за виразом 3.2 способу є можливість визначення завантаженості електричного двигуна і на інших тисках. З урахуванням незмінної потужності

привідного електричного двигуна, є можливість визначити частку завантаженості його шляхом визначення відсоткового співвідношення для максимального тиску і відповідно тиску, що досягається в певний проміжок часу, тобто, в досліджуваний період.

3.3. Вплив мийки високого тиску на поверхні транспортних засобів

Напруга мережі для указаної установки складає 220 В змінного струму з частотою 50 Гц.

Автоматизація процесу мийки транспортних засобів навчально-практичного центру Сумського НАУ з використанням мийки високого тиску на прикладі моделі Dnipro-M PW-18Ri або будь-якого іншого представника базується на виконанні кількох основних завдань. Головним завданням для мийки високого тиску указаної установи є максимальне виконання усіх поставлених цілей, що зводяться до підтримки транспортних засобів у чистому стані, підготовки їх до технічного обслуговування або ремонту. Специфіка використання мийки високого тиску для транспортних засобів полягає в регулюванні тиску, створюваного безпосередньо устаткуванням. Для прикладу, аналізуючи умови мийки трактора МТЗ-82 та наявного на машино-тракторному парку автомобіля Ford MONDEO, необхідно підкреслити те, що тиск, яким відбудуватиметься миття даних транспортних засобів буде різним. Точніше, для трактора МТЗ-82, який працює в полі, задіяний на підйомно-розвантажувальних роботах, на роботах з ядохімікатами, тиск при його митті буде значно вищим, а ніж для миття легкового автомобіля. Також варто підкреслити і інші речовини, які потрапляють на поверхні трактора, серед яких гідравлічне мастило. Дана речовина потрапляє на поверхні трактора при під'єднанні або від'єднанні гідравлічних виводів трактора та відповідних сільськогосподарських машин шляхом використання розривних муфт. До таких

машин відносимо обприскувачі, плуги, культиватори, причепа, розкидачі мінеральних добрив та інше.

Мийками високого тиску прискорюється процес миття для автомобілів та іншої сільськогосподарської техніки, внаслідок чого відбувається економія часу та можуть бути значно зниженими витрати води.

Класична конструкція мийки високого тиску полягає в роботі моторизованої помпи, якою накачується вода з водопроводу, внаслідок чого вона подається під високим тиском на виході в розпиленому вигляді. Значну небезпеку складає неправильне користування насадками та форсунками, якими фокусується широкий потік рідини у тонкий струмінь.

Лакофарбові покриття автомобілів витримують тиск води, що знаходиться в межах 100 – 130 бар. У разі, коли мийка здійснюється правильно і з дотриманням наявних рекомендацій, основним критерієм його є рекомендований тиск, аби уникнути пошкодження лакофарбового покриття. Використання створюваного на виході з мийки тиску, що становить вище 130 бар, здатне призводити до пошкодження лакофарбового покриття. Головним чином, це матиме наслідки шляхом появи дефектів. Також, для прикладу, це є критичним в ті моменти часу, коли відстань від виходу з мийки високого тиску, тобто певної насадки або пістолету, до поверхні автотранспортного засобу є занадто малою.



Рисунок 3.2. Пошкоджене лакофарбове покриття авто мийкою високого тиску

Лакофарбові покриття автомобілів можуть витримувати робочий тиск, створюваний мийкою високого тиску води 80 – 140 бар і це за відстані 30 сантиметрів з поправкою на якість покриття автомобіля та його стану. Рекомендованим є використання тиску 80 – 120 бар з метою основного миття, аби уникати пошкоджень. Варто підкреслити, що професійні мийки здатні працювати за тиску 200 барта вище, проте з метою миття автомобілів бажаним є використання насадок для регулювання струменів, аби протидіяти пошкодженню покриття.

Серед основних рекомендацій можемо виділити:

- 1) для початкового очищення доцільним використання тиску в межах 80-100 бар;

2) з метою видалення сильних забруднень користуються мийками високого тиску, створюваних показник 130 бар, проте на відстані, що становитиме не менше 30 см відстані від поверхні кузова;

3) доцільним є уникнення використання високого тиску в тих місцях, де є пошкоджені ділянки або відшарування фарби;

В цілому, при виборі мийки високого тиску необхідним є врахування також і продуктивності (витрати води) і можливість по регулюванню тиску. Збільшуючи тиск не завжди буде отримано кращу якість миття. Тому, важливим є знаходження оптимального балансу між тиском і безпекою лакофарбових покриттів.

3.4. Автоматизація мийки транспортних засобів

Під автоматизацією мийки транспортних засобів для машино-тракторного парку або навчально-практичного центру, де різновиди техніки є досить обширними, основним завданням маєтись на увазі контроль та регулювання тиску, створюваного мийкою на виході з неї. Створення автоматизованої системи регулювання уже створеної мийки відомого виробника не є доцільним, проте внесення окремих коректив в конструкцію, наприклад, щита електричного, або поста керування є цілком реальним.

Розуміння автоматизованої системи мийки транспортних засобів з огляду на указані вище застереження щодо тиску на виході з мийки є доцільним співставити зі швидкістю обертання валу привідного електричного двигуна. Класифікуючи транспортні засоби, наявні на машино-тракторному парку та навчально-практичному центрі, є можливість виокремлення їх на окремі категорії. Такими категоріями буде можливість класифікації режимів роботи мийки високого тиску по ступеням створюваного на виході з неї тиску води. Згодом, регулювання по тиску є можливість реалізувати зі зміною швидкості обертання електричного двигуна без регулювань насадок або діаметру шланги.

Таблиця 3.1. Класифікація транспортних засобів по тиску до мийки

Класифікація транспортних засобів по тиску до мийки			
Група 1, 100 Бар	Група 2, 130 Бар	Група 3, 150 Бар	Група 4, <150 Бар
ІЖ-2715; ГАЗель-2705; ГАЗ Соболь; ВАЗ-2107; КАМАЗ-55102; ЗИЛ-ММЗ-554М; ГАЗ-САЗ-3507; ЗИЛ-133ГЯ автокран; ЗИЛ-130.	Ford MONDEO; Toyota Camry; Hyundai SONATA; Volkswagen Transporter T5; Ford Fiesta; ВАЗ-2112; ВАЗ-2109; Daewoo Lanos.	МТЗ-80; МТЗ-82/82.1; ХТЗ-2511; Т-150К; Т-150; ЛТЗ-55; ДТ-75; ЮМЗ-6АКЛ; Т-16; ДОН-1500А; КАМАЗ-55102; ЗИЛ-ММЗ-554М; ГАЗ-САЗ-3507; ЗИЛ-133ГЯ автокран; ЗИЛ-130.	причіпна с/г техніка: плуги; культиватори; борони; обприскувачі; причепи; розкидачі добрив; фрези; косарки; інше.

Згідно з класифікацією, представленою в таблиці 3.1, для регулювання мийки високого тиску по чотирьом групам тиску на виході з мийки, доцільно представити структурну схему електричного щита, щоб встановити на вході до живлячої лінії мийки високого тиску.



Рисунок 3.3. Структурна схема щита мийки транспортних засобів
 1 – диференційний автоматичний вимикач, 2 – електромагнітний пускач, 3 – перетворювач частоти, 4 – розетка з затримкою на вмикання та вимикання, 5 – мийка високого тиску, 6 – індикатор, 7 – амперовольтметр

Представлена на рисунку 3.3 структурна схема автоматизованої мийки транспортних засобів включає в себе елементи, спрямовані одночасно на:

- захист персоналу;
- керування тиском на виході з мийки;
- чергування періодів ввімкненого та вимкненого стану;
- сигналізацію про ввімкнений стан устаткування.

З метою захисту персоналу пропонується використання пристроїв диференційного захисту. В даному випадку, на рисунку 3.3, позначення 1, представлено диференційний автоматичний вимикач. Дія даного пристрою одночасно спрямована на виконання функцій автоматичного вимикача – захист від коротких замикань та перевантажень, а так функція диференційного захисту. Під останнім мається на увазі виконання функцій пристроїв захисного відключення, спрямованих на захист споживачів від струмів витоку.

Використання контактора в електричному щиті керування автоматизованою мийкою дає можливість комутації сигналів від ввідного диференційного автоматичного вимикача до перетворювача частоти, за рахунок якого буде здійснюватися регулювання швидкості обертання електричного двигуна з метою витримки необхідного тиску на виході з мийки високого тиску без зміни насадок або діаметру шлангу. Перетворювач частоти з регулюванням швидкості обертання валу двигуна працює за виразом 3.3.

$$n = \frac{60f}{p}, \text{ де:} \quad (3.3)$$

n – частота обертання валу ЕД, об/хв;

f – частота струму, Гц;

p – кількість пар полюсів ЕД.

Вбудовані функції захисту електричного двигуна та автоматики мийки, що використовуються в устаткуванні заводом-виробником, доповнені згідно зі схемою структурною розеткою з затримкою по часу на вмикання та вимикання, а також можливістю дистанційного вмикання подачі напруги на вхід мийки високого тиску.

Світлова сигналізація у вигляді індикатора представлена з метою сповіщення про ввімкнений стан контактора, яким відбувається комутація сигналів. Одночасно із цим, з метою контролю за вольт-амперною характеристикою роботи мийки високого тиску, особливо в умовах зміни частоти електричного струму, використано амперовольтметр.

Висновки до розділу

В результаті представленого аналізу потенційних потреб в зміні тиску рідини при роботі мийки високого тиску для потреб машино-тракторного парку, а також навчально-практичного центру представлено схему структурну набору елементів для автоматизованого процесу мийки транспортних засобів.

Базуючись на розподілі наявної техніки по чотирьом групам зміни тиску на виході з мийки, представлено оптимальне рішення для регулювання тиску, що базується на зміні частоти обертання валу електричного двигуна, чим відбувається регулювання тиску при зміні нагнітання води в водопровід.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Робота з мийками високого тиску вимагає від оператора належної уваги, а також забезпечення необхідними засобами захисту. В даній роботі представлено дослідження параметрів мийки високого тиску для умов машино-тракторного парку та навчально-практичного центру Сумського національного аграрного університету. Робота містить детальний аналіз техніки, наявної в структурних підрозділах, а також її завантаженість впродовж функціонування протягом календарного року.

На основі визначених впливу на техніку, яка задіяна в транспортних, сільськогосподарських, підйомно-транспортних та інших видах робіт, визначено, що агресивним середовищем для техніки в даному випадку є паливо-мастильні матеріали, пил, бруд, отруто- та ядохімікати та інші речовини.

Одночасно з цим, проаналізовано та встановлено, що лакофарбове покриття наявної техніки є різним та по-різному вибагливим до тиску води, що спричиняється мийкою для автомобільної техніки.

Аналогічним чином, до сказаного вище, негативний вплив може бути виявленим і до персоналу, задіяного в подібного роду роботах. Тому, в даному розділі доцільно було б розглянути фактори негативного впливу на людину від мийки високого тиску, а також запропонувати рішення щодо їх зменшення.

4.2. Фактори негативного впливу

Серед основних негативних чинників при роботі з мийкою високого тиску необхідно виокремити:

- виконання миття транспортних засобів має здійснюватися на відстані 30 – 60 см від поверхні автомобіля. У разі зменшення відстані 30 см відбудуватиметься дія високого тиску води на людину та можливе її травмування;

- вплив хімічно їдких речовин на людину, що використовуються з метою змивання застарілих та твердих нальотів або інших домішок чи речовин, що наявні на місцях мийки;

- небезпека по роботі з електричним інструментом. В даному випадку, це є одним з найбільш небезпечних факторів, так як мийка високого тиску є устаткуванням з підвищеною вологістю, а також працює як електроінструмент, тобто такий, яким відбувається підведення і безпосередньо живлення і перетворення електричної енергії. Тому, рекомендованим є уникнення роботи мийкою високого тиску поблизу ліній електропередачі ближче 2 метрів;

- робота мийкою з висоти, що може бути причиною травмування через можливе відкидання оператора при її включенні сильного потоку рідини для миття робочих поверхонь;

- небезпека направлення потоку рідини на людей, чим може бути спричинене травмування.

4.3. Шляхи зменшення прояву негативного впливу

З метою зменшення указаних проявів негативного впливу доцільним є:

1) засобів індивідуального захисту, серед яких розповсюджені захисні костюми для роботи з мийками високого тиску, захисні рукавички, навушники, окуляри, респіратори та взуття (у відповідності до рисунку 4.1);

2) проведення інструктажів щодо поводження з електричним інструментом, а також безпосередньо з мийкою високого тиску;

3) ознайомлення зі складом та впливом їдких речовин, що використовуються як хімічні речовини для змивання накопичень на поверхні транспортних засобів, що підлягають процесу мийки;

4) неухильне дотримання правил техніки безпеки;

5) робота у відповідності до інструкції з експлуатації устаткування, яке безпосередньо використовується для даного процесу.

Загальні значення рівня шуму

Рівень тиску звукового випромінювання L_{PA}	дБ(А) (dB(A))	70,9
Рівень звукової потужності L_{WA}	дБ(А) (dB(A))	85,4
Невизначеність для вказаного рівня гучності K_{PA}	дБ(А) (dB(A))	3
Невизначеність для вказаного рівня гучності K_{WA}	дБ(А) (dB(A))	1,5
Загальна величина вібрації (сума трьох векторів)		
Значення емісії вібрації a_h	м/с ² (m/s ²)	3,9
Невизначеність К	м/с ² (m/s ²)	1,5

Рисунок 4.1. Загальні значення рівня шуму та вібрації мийки високого тиску Dnipro-M PW-18Ri з інструкції з експлуатації



Рисунок 4.2. Засоби індивідуального захисту при роботі з мийкою високого тиску

Висновки до розділу 4

В результаті проведеного аналізу чинників негативного впливу на оператора при роботі з мийкою високого тиску представлено перелік можливих заходів щодо зменшення прояву негативного впливу на людину від роботи з подібним устаткуванням.

Негативний вплив на персонал полягає, головним чином, від роботи з рідиною, що подається під високим тиском, з холодною водою (досить часто), в умовах перевищеного рівня допустимої вологості, контактуванням з електричним струмом та іншими пристроями, з якими є можливий контакт через постійну роботу з рідкими речовинами. Також, з негативного впливу важливе місце посідає робота з хімічними їдкими речовинами, а також в умовах високого ступеню вібрації, шуму та надмірної ваги устаткування.

Представлено шляхи зменшення негативного впливу, що спрямовані, головним чином, на забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту, а також дотримання норм та правил з техніки безпеки і роботи у відповідності до інструкції з експлуатації.

Тому, цілком можлива реалізація зменшення негативного впливу на людину від роботи з мийкою високого тиску аргументується використанням сучасних підходів в комплексному захисті людини та роботи у відповідності до нормативної документації.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ПОКАЗНИКИ

Робота представленої системи автоматизації та оповіщення має свою перевагу з точки зору покращення умов праці та безпеки. Одночасно з цим, економічне обґрунтування має включати в себе перелік та набір основних компонентів, які введено в систему автоматизації та їх вартість для такого технічного рішення.

Таблиця 5.1. Витрати по матеріалам і обладнанню

№	Найменування	Кількість, од	Вартість грн/од	Витрата, грн
1.	Диференційний автоматичний вимикач	1	700	700
2.	Електромагнітний пускач	1	500	500
3.	Перетворювач частоти	1	6500	6500
4.	Розетка з затримкою на вмикання та вимикання	1	1200	1200
5.	Мийка високого тиску	1	17000	17000
6.	Індикатор	1	200	200
7.	Амперовольтметр	1	700	700
Загальна сума, грн				26800

Сума витрат $M_{\text{заг}}$ системи автоматизації визначається за виразом (5.1):

$$M_{\text{заг}} = M_1 + M_2 + M_3, \quad (5.1)$$

де M_1 – витрати по матеріалам і обладнанню;

M_2 – витрати на монтаж системи;

M_3 – додаткові витрати.

Розрахунок витрат на монтаж системи здійснюють з огляду по кількості працівників монтажних робіт і витраті годин згідно з їх тарифною ставкою (вираз 5.2).

$$M_2 = N \cdot S \cdot K, \quad (5.2)$$

де N – кількість працівників в монтажній організації, од.;

S – тарифна ставка, грн/год;

K – кількість роботи, год.

$$M_2 = 2 \cdot 700 \cdot 3 = 4200 \text{ грн,}$$

Визначення додаткових витрат M_3 включає витрати, які не було включено до першої, а також другої категорій витрат. При цьому, вони складають показник 0,2 від ступеня витрат, що використані для монтажних робіт, тобто 840 грн.

Загальна сума витрат $M_{\text{заг}}$ складатиме:

$$M_{\text{заг}} = 26800 + 4200 + 840 = 31840 \text{ грн}$$

Таблиця 5.2. Витрати на встановлення системи

№	Вид витрат	Сума, грн
1.	Витрати на матеріали/обладнання	26800
2.	Витрати на монтаж	4200
3.	Додаткові витрати	840
Загальна сума		31840

ВИСНОВКИ

В даній роботі розглянуто актуальне питання дослідження параметрів мийки високого тиску для умов машино-тракторного парку та навчально-практичного центру Сумського НАУ.

Техніка та відповідні пристрої, що працюють в даній установі, є різнобічно направлені. Внаслідок цього, визначено, що кожна група транспортних засобів потребує окремого індивідуального підходу в технічному обслуговуванні, ремонті та підготовці. Тому, базуючись на умовах експлуатації техніки та обґрунтувавши потенційні небезпеки для неї при її обслуговуванні, класифікацією наявної техніки поділено її на чотири основні групи. Як наслідок із цього, у відповідності до виконуваних робіт та вимог по допуску тиску мийки для кожної техніки з точки зору норм для лакофарбового покриття визначено основні чотири режими роботи мийки високого тиску для роботи в навчально-практичному центрі та на машино-тракторному парку.

Представлені в розділі 1 статистичні дані щодо використання транспортних засобів обґрунтовано у відсотковому співвідношенні, а також представлено відповідні приклади використання техніки даною установою за різних потреб та господарської діяльності.

Запропоновані технологічні рішення мають на меті без зміни додаткових насадок та діаметру водопроводу змінювати тиск на виході з мийки шляхом зміни частоти електричного струму. Таким чином, зміна швидкості обертання валу електричного двигуна призводитиме до отримання необхідного тиску, створюваного мийкою.

Теоретичними розрахунками встановлено, що кожен з режимів роботи є цілком реальним і досягаючи порівняно меншого тиску на виході з мийки, завантаженість привідного електричного двигуна зменшується. Прораховано, що за досягнення робочого тиску електричний двигун є завантаженим на 77,8%. Тому,

ресурс устаткування спливає порівняно повільніше, а ніж за стандартного режиму роботи.

Розділ з охорони праці спрямований на визначення небезпечних ризиків для людини при роботі з мийкою високого тиску. Тому, враховані небезпечні фактори обґрунтовано заходами зі зниження такого впливу шляхом використання різних засобів індивідуального захисту, а також відповідності дій нормативно-правовим документам.

Як висновок до сказаного необхідно підкреслити, що запропоноване технічне рішення вирішує актуальну проблему досягнення необхідного, але не максимального або навіть не робочого тиску мийки, заявленого заводом-виробником. Необхідно це з метою належного ставлення до лакофарбового покриття різних транспортних засобів, що характеризуються не лише якістю фарбування, а і віком даного лакофарбового покриття, а також умовами експлуатації, що зумовлюють для кожного транспортного засобу свої вимоги до обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). 21.08.2017. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України
2. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (2029). Державний нормативний акт про охорону праці
3. ДБН Ш-4-80* Правила виробництва і приймання робіт. Техніка безпеки в будівництві (НПАОП 45.2-7.02-80)
4. О.Ю. Юрченко, Г.В. Барсукова, А.В. Чепіжний, Г.А. Тимошенко // Монтаж електрообладнання і систем керування. Монтаж щитів керування електричними двигунами // Навчально-методичний посібник для здобувачів освіти 2, 1 с.т. курсів спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» інженерно-технологічного факультету денної та заочної форми навчання, СВО «бакалавр». – Суми: СНАУ, 2023. – 144 с. (Навчально-методична рада СНАУ протокол № 2 від 12.12.2023 р., Вчена рада СНАУ протокол № 8 від 27.12.2023 р.).
5. ДБН В.2.3-15:2007 Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. Зі Змінами № 1, № 2 та № 3
6. ДСТУ 3849:2018 щодо спеціалізованих транспортних засобів
7. Наказ № 964 від 09.07.2012 Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті
8. Юрченко, О. Ю., & Барсукова, Г. В. (2021). Використання частотного перетворювача – дієвий та зручний спосіб регулювання швидкості насосного агрегату. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, (3 (45), 57-63. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.3.8>
9. Obura, D., Akamushaba, O., Khaldi, A., & Dadebo, D. (2023). Determination and implementation of an onsite management system for motor-vehicle wash effluents: A

field-scale commercial application toward sector sustainability. *Journal of Water Process Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104513>

10. Qamar, Z., Khan, S.B., Khan, A., Aamir, M.N., Nawab, J., & Waqas, M. (2017). Appraisal, source apportionment and health risk of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in vehicle-wash wastewater, Pakistan. *The Science of the total environment*, 605-606, 106-113 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.152>

11. Zaneti, R.N., Etchepare, R.G., & Rubio, J. (2012). More environmentally friendly vehicle washes: water reclamation. *Journal of Cleaner Production*, 37, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.06.017>

12. Al-Qadami, E.H., Razi, M.A., Shah, S.M., Pu, J.H., Amran, M., Díaz Huenchuan, M.A., & Avudaiappan, S. (2024). Floodwaters and vehicle hydrodynamics: A deep dive into risk mitigation unraveling vehicle stability in floods. *Results in Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102540>

13. Shen, Z., Wang, X., Wen, G., Li, J., & Zhou, F. (2025). Study on CO Purification Performance of Copper Manganese Oxide Catalysts Used in Underground Diesel Vehicles. *Process Safety and Environmental Protection*. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.106835>

14. Pinto, A.C., Grossi, L.B., Melo, R.A., Assis, T.M., Ribeiro, V.M., Amaral, M.C., & Figueiredo, K.C. (2017). Carwash wastewater treatment by micro and ultrafiltration membranes: Effects of geometry, pore size, pressure difference and feed flow rate in transport properties. *Journal of water process engineering*, 17, 143-148. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.03.012>

15. Akhtar, N.A., Kobya, M., & Gengec, E. (2025). Effect of operating parameters on the performance of single chemical coagulation (CC), electrooxidation (EO), and a combined CC/EO process for the treatment of car wash wastewater. *Chemical Engineering Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2025.121897>

16. Xing, J.L., & Sharif, N. (2025). A processual approach to skill changes in digital automation: The case of the platform economy in the service sector. *Research Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2025.105190>
17. Borghesan, F., Zagorowska, M.A., & Mercangöz, M. (2022). Unmanned and Autonomous Systems: Future of Automation in Process and Energy Industries. *IFAC-PapersOnLine*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.07.555>
18. Figalov'a, N., Bieg, H., Reiser, J.E., Liu, Y., Baumann, M.R., Chuang, L., & Pollatos, O. (2023). From Driver to Supervisor: Comparing Cognitive Load and EEG-Based Attentional Resource Allocation Across Automation Levels. *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, 182, 103169. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2023.103169>
19. Boluarte, I.A., Andersen, M., Pramanik, B.K., Chang, C., Bagshaw, S., Farago, L., Jegatheesan, V., & Shu, L. (2016). Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 44-48. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.01.017>
20. (2019). Pump design brings car wash savings. *World Pumps*. [https://doi.org/10.1016/S0262-1762\(20\)30022-5](https://doi.org/10.1016/S0262-1762(20)30022-5)
21. Montusiewicz, A., Lebiocka, M., Szaja, A., & Golianek, P. (2025). Effects of hydrodynamic cavitation in removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from car-wash wastewater. *Desalination and Water Treatment*. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101067>