

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Ткачук Богдан Миколайович

УДК 629.3.083

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПРОЄКТ ДІЛЬНИЦІ ЗОВНІШНЬОЇ ОЧИСТКИ
ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У СКЛАДІ СТО З
РОЗРОБКОЮ ПЕРЕНОСНОЇ МИЙКИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Ткачук Б.М.

Керівник роботи

Борак К.В.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Ткачук Богдан Миколайович. Проект дільниці зовнішньої очистки вантажних автомобілів у складі СТО з розробкою переносної мийки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Проведений в кваліфікаційній роботі аналіз сучасного стану обладнання та технологій зовнішнього миття вантажних автомобілів засвідчив наявність потреби в мобільному та гнучкому рішенні для миття на виїзді. Розробка переносної мийки дозволяє значно розширити спектр послуг СТО і оперативно обслуговувати клієнтів у будь-якому місці. Технічне проєктне рішення переносної мийки базується на модульній конструкції, що забезпечує легке транспортування та швидкий монтаж/демонтаж. Використання недеформованих алюмінієвих сплавів та композитних матеріалів гарантує міцність і корозійну стійкість корпусних елементів.

Система підготовки води з багатоступеневою фільтрацією й дозованою хімією забезпечує належну якість миючого розчину та зменшує витрати води і реагентів. Запропонована циркуляційна схема зворотного водоспоживання сприяє суттєвій економії ресурсів та зниженню екологічного навантаження.

Екологічна складова проєкту передбачає мінімізацію відходів та скидів забрудненої води шляхом її очищення й багаторазового використання. Впровадження сорбційно-мембранного блока очистки дозволяє відповідати чинним екологічним стандартам та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Ключові слова: мийка, регенерація, очистка, дільниця, автомобіль, станція технічного обслуговування.

ANNOTATION

Tkachuk Bogdan Mykolayovych. Project for an external cleaning area for trucks as part of a service station, including the development of a portable washing facility. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The analysis of the current state of equipment and technologies for external washing of trucks, conducted in the qualification work, revealed the need for a mobile and flexible solution for washing on the road. The development of a portable washing machine allows you to significantly expand the range of services provided by service stations and quickly serve customers anywhere. The technical design solution for the portable washing system is based on a modular construction, which ensures easy transportation and quick assembly/disassembly. The use of non-deformable aluminum alloys and composite materials guarantees the strength and corrosion resistance of the body elements.

The water treatment system with multi-stage filtration and dosed chemicals ensures the proper quality of the washing solution and reduces water and reagent consumption. The proposed recirculation scheme for reverse water consumption contributes to significant resource savings and a reduction in environmental impact.

The environmental component of the project involves minimizing waste and contaminated water discharges by treating and reusing it. The introduction of a sorption-membrane treatment unit allows compliance with current environmental standards and reduces the negative impact on the environment.

Keywords: washing, regeneration, purification, section, car, service station.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	27
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	44
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток транспортної інфраструктури та зростання парку вантажних автомобілів призводять до значних обсягів робіт з очищення їх зовнішніх поверхонь, що потребує великих витрат водних ресурсів і створює екологічні ризики. Традиційні стаціонарні автомийки вантажних автомобілів не завжди можуть забезпечити оперативне обслуговування в польових умовах або на територіях з обмеженим доступом до водопостачання. Водночас законодавчі вимоги щодо охорони навколишнього середовища та жорстка система природоохоронного нормування змушують операторів СТО шукати рішення з мінімізації скидів забрудненої води та раціоналізації її використання. Розробка переносної мийки у складі дільниці зовнішньої очистки вантажних автомобілів дозволяє поєднати мобільність і технологічну ефективність, знижуючи залежність від інженерних мереж і створюючи можливості для виїзного сервісу. Впровадження блоків попередньої фільтрації та оборотного водоспоживання сприятиме не лише економії до 70 % води, а й зниженню витрат на утилізацію стоків та реагентів. З огляду на актуальність концепції циркулярної економіки, проєкт переносної мийки відповідає світовим трендам сталого розвитку й ресурсозбереження. Крім того, модульність і універсальність конструкції дають змогу інтегрувати сучасні цифрові системи моніторингу та автоматичного дозування, підвищуючи якість і стабільність процесу очищення. Наукове обґрунтування та інженерне проєктування такої дільниці мають важливе значення для підвищення конкурентоспроможності СТО та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. У цьому контексті дослідження з проєктування переносної мийки стає ключовим елементом інноваційного підходу до організації експлуатаційного обслуговування вантажних автомобілів.

Мета роботи: розробити техніко-економічне та організаційно-технологічне обґрунтування проєкту дільниці зовнішньої очистки

вантажних автомобілів у складі СТО з інтеграцією переносної мийки, що забезпечить мобільність, ресурсозбереження та відповідність екологічним нормам.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан і потреби ринку вантажного автосервісу в послугах мобільного миття та існуючі технічні рішення;
- визначити технічні вимоги до переносної мийки з урахуванням конструктивних, гідравлічних і енергетичних параметрів;
- розробити компоновку ділянки зовнішньої очистки із врахуванням розміщення переносної установки, системи підготовки та оборотного водоспоживання;
- провести розрахунки системи фільтрації і очищення стічних вод, що гарантують багаторазове використання водних ресурсів;
- розробити рекомендації щодо експлуатації, технічного обслуговування та моніторингу роботи переносної мийки в умовах СТО.

Об'єктом дослідження є Процес організації та функціонування ділянки зовнішньої очистки вантажних автомобілів на базі станції технічного обслуговування, оснащеної переносною мийкою.

Предметом дослідження є технологічні, конструктивні та інженерно-економічні аспекти розробки переносної мийки й інтеграції її в єдину систему підготовки, фільтрації та оборотного водоспоживання на ділянці зовнішнього миття.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Головач В.Б., Ткачук Б.М., Торгонський В.С. Особливості фірмового технічного обслуговування вантажних автомобілів Volvo. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 133-136.

2. Борак К. В., Ткачук Б. М., Торгонський В. С. Перспективи розвитку технічного сервісу МТП в АПК Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. С. 61-63.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення результатів дослідження полягає у створенні комплексної методики проектування ділянки зовнішньої очистки вантажних автомобілів із використанням переносної мийки, яка може бути безпосередньо впроваджена на діючих станціях технічного обслуговування.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 28 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 64 сторінки комп'ютерного тексту, містить 3 рисунки та 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристика прибирально-мийного процесу

Прибирально-мийні роботи на автотранспорті виконуються перед кожним ТО і ремонтом, а так само і повсякденно. Під час прибирання видаляється сміття, пил, бруд вручну або механізованим способом. Для організації механізованого способу застосовуються електропилососи і пиловідсмоктувальні установки. Після прибирання мийка машини проводиться з метою видалення з її поверхні різних забруднень. Труднощі видалення забруднень залежать від їхнього складу. Забруднення без органічних включень змивається легко струменем води під тиском 0,15...0,2 МПа. Забруднення, що містять домішки органічних речовин, змиваються значно важче за більш високого тиску (0,3...0,5 МПа). Під час видалення механічних складових на поверхні залишається темно-брудного кольору плівка завтовшки до 100 мкм, яку можна видалити із застосуванням розчинювальних речовин [5].

Забруднення, що включають цементувальні та склеювальні речовини, не змиваються струменем води за будь-якого тиску. Тут потрібні спеціальні хімічні розчини і одночасно механічний вплив [4].

Миття машин проводиться за низького (0,2...0,4 МПа), середнього (0,4...2,5 МПа) і високого (2,5...8 МПа) тиску. Розрізняють чотири види мийок: ручна, механізована, автоматизована і комбінована.

Ручне миття здійснюється струменем низького тиску зі шланга з брандспойтом або щіткою. Миття з високим і середнім тиском здійснюється за допомогою мийних установок, що дають змогу регулювати тиск, подачу і форму струменя. Для більш забруднених ділянок використовується більш високий тиск із зосередженим струменем [7].

Механізоване видалення бруду з автоматизованим керуванням здійснюється автоматизованими мийками, а в разі поєднання ручного і механізованого способу – комбінованими [4].

Від якості миття залежить працездатність машини. Важливо унеможливити концентрацію бруду і вологи в металоконструкціях машин коробчастого перерізу і потрапляння вологи в електричні прилади та пристрої.

Своєчасне миття автомобілів дає змогу:

- знизити можливість виникнення корозії;
- зберегти лакофарбове покриття;
- забезпечити високу якість зовнішнього вигляду і зручність у користуванні автомобілем;
- забезпечити зовнішній огляд, доступ до вузлів і деталей автомобіля під час виконання різних робіт із ТО і ремонту;
- поліпшити умови роботи ремонтно-обслуговувального персоналу;
- знизити ймовірність травматизму.

2.1.1 Способи миття автомобілів

Для миття найбільшого поширення набули гідродинамічний спосіб (струменевий) [7].

А) Сутність гідродинамічного способу - перетворення статичного напору рідини в динамічний.

Умови очищення поверхні - тиск мийної рідини має перевищувати міцнісні властивості забруднень.

Факторами очищення є:

- швидкість струменя рідини – 50 -100 м/с;
- температура мийної рідини;
- хімічна активність мийного розчину;
- профіль насадки і кут розтікання струменя.

Б) Гідроабразивний спосіб миття. Цей спосіб відрізняється від гідродинамічного наявністю спеціальних абразивів у мийній рідині. Крім цього динамічний рух створює стиснене повітря.

Переваги: зростає ефективність і якість забруднених поверхонь.

Недоліки: можливість пошкодження поверхні та витрата електроенергії.

В) Вологе протирання. Сутність способу: змочена поверхня обтирається м'яким матеріалом, де як робочий орган можуть використовуватися щітки, що обертаються, вологі полотнища тощо.

Переваги: невелика витрата води, видалення найтонших шарів бруду.

Недоліки: складність, менша надійність.

2.1.2 Класифікація обладнання для миття автомобілів

За функціональним призначенням підрозділяються на мийні установки та мийні пристрої. Установки в свою чергу, а установки для легкових, вантажних автомобілів і автобусів. І пристрої таким же чином. автотранспорт мийка гідродинамічний.

За ступенем спеціалізації обладнання підрозділяється на вузькоспеціалізоване, спеціалізоване та універсальне.

За ступенем рухливості існують установки стаціонарні та пересувні установки.

Залежно від обсягів робіт для мийно-прибиральної ділянки встановлюється мобільне обладнання для миття автомобілів або автоматичні мийні системи: порталні або тунельні автомийки [8].

Конструкції порталного типу підходять для обладнання автомийки легкових і вантажних автомобілів, муніципального пасажирського транспорту, спецтехніки. Вони вирізняються малою витратою води і засобів для чищення. Тунельні мийки розраховані на високу пропускну здатність, близько 100 автомобілів на годину, і зводять до мінімуму кількість задіяного персоналу.

Ручні апарати високого тиску з нагріванням або без нагріву води можуть бути використані як як основне оснащення на професійних автомийках, так і приватними автовласниками.

2.2 Види автомобільних мийок і використовуване в них обладнання

2.2.1 Портальні автомийки для легкового, вантажного та комерційного транспорту

Конструкція автомийок являє собою П-подібну установку з металу, що пересувається по рейках відносно нерухомого автомобіля, заввишки від 2.1 до 5 метрів і шириною від 2.5 до 2.7 метрів. До складу автомийки може входити набір різних опцій [12]:

- мийка дисків коліс;
- блок високого тиску різної конфігурації;
- сушка;
- мийка днища;
- система самообслуговування.

Мийку здійснюють вертикальні та горизонтальні щітки за одночасної подачі води під тиском (40...80 бар). Матеріал, з якого виготовлені щітки портальних автомийок, - Carlite (спінений поліуретан). Вертикальні щітки призначені для очищення кузова і бічних сторін автомобіля. Горизонтальні щітки миють дах, капот і задню частину транспортного засобу. Здійснюється подача мийного засобу (активної піни, хімії), також відбувається обробка воском - засобом, що забезпечує швидке висихання вологої поверхні автомобіля. На заключному етапі роботи портальних автомийок турбовентилятори, встановлені в рухомій арці і бічних стійках порталу, здійснюють просушку транспортного засобу. Мийка автомобіля проводиться за заздалегідь заданою програмою і управляється вбудованим мікропроцесором [4].

За бажання транспортний засіб можна помити без використання щіток.

2.2.2 Тунельні автомийки

Тунель – це конструкція з індивідуально скомплектованого обладнання для автомийки.

Обладнання для автомийки тунельного типу включає:

- конвеєрну стрічку, на якій автомобіль фіксується і пересувається через весь тунель. Мінімальна довжина рухомої стрічки конвеєра тунельних автомийок становить 12,5 м, максимальна сягає 32 м за швидкості руху до 14 м/хв.;

- блок мийки високого тиску;
- горизонтальні та вертикальні мийні щітки;
- арку для нанесення мийного складу, рідкого полірувального воску;
- сушку з використанням турбофенів.

Також тунельна автомийка може бути оснащена:

- щітками для колісних дисків;
- горизонтальними поздовжніми щітками для порогів автомобілів;
- апаратурою для очищення днища.

За допомогою тунельного обладнання для автомийки можна обслуговувати легкові автомобілі в умовах високого завантаження.

2.2.3 Мобільне обладнання для автомийок Nilfisk, Karcher

До цієї групи обладнання належать апарати високого тиску з нагріванням або без нагрівання води. Апарати високого тиску без нагріву води, завдяки порівняно невисокій ціні, універсальності - найбільш популярні на автомийках. Укомплектувати автомийку обладнанням концернів Karcher і Nilfisk просто: апарат високого тиску + піногенератор + пілосос для сухого і вологого прибирання + апарат хімічного чищення [13].

Крім обладнання для автомийок, в арсеналі Karcher і Nilfisk величезний асортимент промислових пілососів для сухого і вологого прибирання, комунальних, підмітальних, підлогомиїних машин і апаратів для хімічного

чищення. Підлогомийне та підмітальне обладнання допомагає очистити приміщення різної площі. Професійні пілососи Karcher і Nilfisk екологічні та дають змогу оперативно виконати прибирання в будь-якому приміщенні.

Мийно-прибиральне обладнання охоплює великий спектр обладнання та інструментів для ефективного прибирання різних поверхонь, а також очищення та миття автомобілів [15].

Від вибору мийно-прибирального обладнання залежить не тільки гігієнічний, а й економічний бік діяльності автосервісу, оскільки рівень використовуваних для обслуговування техніки пристосувань безпосередньо впливає на якість і швидкість роботи.

2.2.4 Побутові та професійні мийки високого тиску

Мийні апарати високого тиску дають змогу здійснювати високоефективне контактне або безконтактне очищення різних поверхонь і дрібних деталей за мінімального використання мийних засобів. Представлені різні типи мийок високого тиску:

- мінімийки для приватного використання;
- побутові мийки високого тиску для широкого спектра застосування;
- професійні мийки високого тиску різної потужності.

2.2.5 Пілососи – основні характеристики

Для вологого або сухого прибирання автомайстерень, гаражів та інших технічних приміщень існує велика серія професійних мийних пілососів, розроблених для збирання пилу та різних рідин.

Переваги професійних пілососів:

- придатність для використання в промислових умовах;
- висока ефективність очищення;
- простота і зручність експлуатації;
- можливість тривалої та активної експлуатації;

- корпус виготовлений із високоякісного пластику;
- велика ємність бака;
- довжина електричного кабелю і шлангів, що додаються, дає змогу покривати площу щонайменше 100 мІ.

Існують різні моделі пілососів: від компактних і легких (для очищення внутрішніх частин автомобіля і невеликих приміщень) до потужних агрегатів середнього і великого розміру (для промислових приміщень).

Професійне мийне обладнання на станціях майже завжди працює на межі своїх можливостей, тому безперервно має здійснюватися контроль його технічного стану. У разі несправності або поломки сервісні служби оперативно усунуть їх, забезпечать додатковими запасними деталями та витратними матеріалами. Організація автомийки, а саме її стабільна і безперебійна робота, також багато в чому залежить від роботи персоналу. Кваліфікація мийника впливає на якість миття і пропускну здатність станції, на ефективність складних технічних процедур, таких як миття двигуна або виведення плям з оббивки салону автомобіля. Тому необхідний ретельний контроль якості виконання робіт, а також розрахунок кількості персоналу і його змінності.

Кваліфіковані співробітники нашої компанії допоможуть вам організувати і налагодити автомийний бізнес, розробити індивідуальний проєкт мийки з нуля або переобладнати застарілу станцію, раціонально оснастити об'єкт спеціальними машинами, виходячи з поставлених вимог до обладнання, цільового призначення та умов експлуатації. Ми приведемо їх у робочий стан і створимо найкращі технічні умови для розвитку вашого бізнесу.

2.3 Види обладнання для автомийок

Для того щоб надати клієнту повний комплекс обслуговування, автомийка має бути оснащена деякими обов'язковими мийними апаратами. Серед великої кількості автомийної техніки можна виділити:

- мийний апарат для чищення автомобіля за допомогою високого тиску без підігріву води;
- мийне пристосування високого тиску з підігрівом води, яке використовується для миття автомобіля в зимову пору року;
- стаціонарний апарат, за допомогою якого здійснюють попередні мийки днища і коліс;
- щітково-портальний мийний комплекс, - такий мийний апарат розрахований на різні форми транспортних засобів і ступені їх забруднень.

Якісне прибирання салону автомобіля неможливе без спеціальних чистячих апаратів. Для цього треба придбати парогенератор або водопилосос, такі компактні машини добре впораються з чищенням і миттям тканинних салонів автомобіля від бруду і пилу. А для проведення повного чищення салону, а також для удосконалення роботи станції необхідно мати мийний пилосос або спеціальну автомобільну хімчистку [2].

Мийне обладнання. Сам термін "мийне обладнання" має на увазі, що одним з основних компонентів його нормального функціонування виступає вода. Вона також необхідна під час роботи з мийним обладнанням, як необхідна людині в її повсякденній життєдіяльності. Застосовуючи воду в технологіях прибирання та боротьбі з брудом, можна домогтися високої ефективності та блискучих результатів.

Основними групами мийного обладнання є:

- апарати високого тиску;
- водопилососи, мийні пилососи (хімчистки), килимомийні машини, пилососи з водним фільтром;
- парогенератори і прасувальні комплекти;
- підлогомийні машини;
- піногенератори;
- системи очищення і рециркуляції води;
- прибиральний інвентар і візки.

Апарати високого тиску.

З високим тиском мийка стає задоволенням. Цей вид мийного обладнання блискуче справляється з брудом, ґрунтовно і дбайливо очищаючи будь-які тверді поверхні.

Апарати високого тиску використовуються для миття автомобілів, мотоциклів, велосипедів, садової техніки, терас, фасадів будівель, кам'яних доріжок, садових меблів, промислових деталей і конструкцій, вітрин, шибок тощо.

Під потужним напором відступають стійкі забруднення навіть на найбільш важкодоступних ділянках.

Цей клас мийного обладнання ділиться на побутові та професійні. Професійні АВД відрізняються від побутових насамперед закладеним у їхню конструкцію ресурсом. Якщо в побутовій групі в матеріалі помпи і мийного пістолета переважає пластик, то в обладнанні професійного класу переважає метал: бронза, латунь, легована сталь. Максимальний тиск на виході з жиклера мийного пістолета – до 1500 атмосфер. Тому мийку автомобілів професійною технікою можна довірити лише професіоналам [3].

Апарати високого тиску бувають з нагріванням або без нагрівання води.

Моделі з нагріванням води застосовуються для швидкого видалення жирових, масляних та інших забруднень, стійких до холодної води, льоду і замерзлого бруду в зимовий час, а також для миття та дезінфекції приміщень і обладнання в харчовій промисловості та сільському господарстві.

Чищення водою під високим тиском є чудовою технічною передумовою для економії води. Подальше підвищення ефективності та екологічності чищення досягається застосуванням системи водоочищення (регенерації).

Водопилососи, мийні пилососи (хімчистки), килимомийні машини, пилососи з водним фільтром.

Завдяки інноваційній технології фільтрації та низці нових технічних рішень сучасні пилососи задають стандарти продуктивності та зручності для

користувача. Комплексна програма пропонованих нами пилососів дає змогу вибрати оптимальне рішення для сухого або вологого прибирання, а також поглинання рідин - під час прибирання будівель, на промислових підприємствах, у сфері малого та середнього бізнесу.

Водопилососи - це пилососи з окремим відсіком для збору сміття, або, як їх ще називають, пилососи "без мішка для збору пилу". Ці вакуумно-прибиральні апарати аналогічні відомим усім пилососам, але їхні електродвигуни не залле вода, оскільки на охолодження обмотки йде чисте і сухе повітря через спеціальні дифузори в корпусі. Тому вони можуть збирати не тільки сухий пил, бруд, а й рідини, воду.

Мийні пилососи знаходять застосування у всіх випадках, що вимагають гігієнічного очищення на глибину волокон: під час чищення підлогових килимових покриттів, м'яких меблів, матраців, текстильних покриттів стін і оббивки автомобільних сидінь. Розчин засобу для чищення під тиском розбризкується на поверхню килима й одразу ж всмоктується з відокремленим брудом. Тим самим забезпечується ґрунтовне усунення жиркових та інших забруднень, а також запахів [10-15].

Іноді мийні пилососи називають "хімчистками", тому що є різновиди, які були спеціально розроблені для чищення автомобільних салонів, тканин і м'яких меблів.

Професійні мийні пилососи (хімчистки) завжди мають великий комплект насадок - для більш ефективного прибирання.

Великі за розмірами і продуктивністю мийні пилососи представляють окремий клас мийного обладнання - килимомийні машини. Вони незамінні, коли потрібне комплексне прибирання на великій площі.

Пилососи з водним фільтром: завдяки революційній системі водяної фільтрації унеможливаються утворення неприємних запахів під час прибирання і напади чхання. У минулому залишилися і хмари пилу, що виникають під час заміни фільтра. Запилене повітря пропускається через

водяний фільтр, і водяний вихор надійно пов'язує практично всі частинки бруду. Після прибирання достатньо лише вилити воду, при цьому забезпечується постійне збереження високої сили всмоктування.

Парогенератори і прасувальні комплекти.

Працюючи на воді та видаючи потік пари під тиском, ці апарати допоможуть Вам досягти високих результатів у сфері гігієнічного чищення за мінімальних витрат. Основні напрямки застосування цього мийного обладнання: чищення кахлю і притки, видалення нальоту з металевих покриттів, чищення жалюзі і м'яких меблів.

Підлогомийні машини. Підлогомийні машини застосовуються для миття і чищення збиральною технікою великих площ кахельних, мармурових, лінолеумних, покритих лаком паркетних поверхонь. Підлогомийні машини - це універсальне мийне обладнання, яке може застосовуватися навіть для чищення килимових покриттів на великих площах [17].

Догляд за підлогами здійснюється за допомогою вбудованих змінних щіток, різних за своєю структурою і жорсткістю ворсу. Підлогомийні машини легко використовуються в роботі не тільки чоловіками, а й жінками завдяки високій функціональності і продуманості при конструюванні мийного вузла, який за рахунок обертання мийних щіток полегшує рух машини. При цьому вся брудна вода легко збирається в бак, завдяки застосуванню гумової всмоктувальної балки. У деяких моделях підлогомийних машин передбачена система рециркуляції води внутрішнім контуром, завдяки чому досягається велика продуктивність.

Піногенератори. Одним із найефективніших методів зовнішнього миття та дезінфекції обладнання, виробничих площ, очищення різноманітних споруд, транспортних засобів тощо є пінна технологія з використанням піногенераторів і спеціальних високопінних мийних засобів [7].

Пінний екстрактор наносить спеціальну піну на поверхню, що очищається.

Піна утворюється в результаті змішування повітря, що подається компресором, і спеціального мийного засобу.

Нова очисна система очищення з використанням піни дає змогу видаляти плями дуже ефективно, водночас часу на прибирання потрібно набагато менше, ніж під час роботи з іншими системами.

Системи очищення та рециркуляції води.

Даний вид мийного обладнання необхідний для автомийок, він забезпечує очищення і підготовку промивної води при використанні апаратів високого тиску для миття двигунів або зовнішніх поверхонь автомобілів. Застосування установки дає змогу врахувати всі вимоги санітарно-епідеміологічних служб щодо очищення відпрацьованої води, заощаджувати до 80 % чистої води і до 70 % засобів для чищення.

Прибиральний інвентар і візки. Це мийне обладнання знаходить широке застосування в приватній і виробничій сфері: для прибирання бізнес-центрів, супермаркетів, виробничих приміщень (складські приміщення, підсобні приміщення тощо) [5].

Усі візки виготовлені зі сталеві хромованої рами, що набагато подовжує термін служби інвентарю, обладнані механічним віджимом для швабри. Тримачі для сміттєвих мішків у багатофункціональних візках набагато полегшують працю при прибиранні приміщень, оскільки не треба носити з собою додаткові мішки для великого сміття.

Все обладнання сертифіковане на території України і має тривалий гарантійний термін.

2.4 Характеристика обладнання

Тунельні мийки Istobal серії ТС. Іспанські тунельні мийки Istobal. Вони забезпечують високу продуктивність і високий контроль процесу. Здатні обслуговувати до 100 легкових автомобілів на годину, ці мийки видають

виняткову якість миття, не допускаючи жодних пошкоджень. Дана серія ТС включає в себе 13 конфігурацій, вибрати з яких Ви зможете відповідно до Ваших вимог щодо продуктивності та розмірів (можлива довжина: від 10,9 до 32 м).

Тунельні мийки Istobal у стандартній комплектації представляють наступний мийний комплекс [2]:

- поперечна горизонтальна щітка (1 шт.);
- вертикальні щітки, що обертаються в протилежних напрямках (2 пари);
- обладнання, призначене для нанесення мийного засобу;
- обладнання, призначене для нанесення воску-поліролі;
- сушильний пристрій.

Тунельні мийки Istobal - це гордість фірми. Той, хто оснастить автомийку представленою тут моделлю, залишиться задоволений якістю її роботи. До стандартної комплектації пропонується великий набір додаткових опцій.

Портальні мийки

Автоматичні портальні мийки Istobal (Іспанія) - це поєднання високої якості та повної відповідності специфічним потребам кожного клієнта.

- портальна мийка Istobal M 25

Середньошвидкісна двомодульна портальна мийка Istobal "M'NEX 25" для легкових автомобілів і мікроавтобусів. Два незалежні процеси миття та сушіння - два синхронізовані модулі. Швидкість 9-18 авто/год.

- портальна мийка Istobal M22

Середньошвидкісна портальна мийка Istobal "M'NEX 22" для легкових автомобілів і мікроавтобусів. Швидкість мийки 8-12 авто/год.

- портальна мийка Istobal M19+

Високошвидкісна портальна мийка M 19+ для легкових автомобілів і мікроавтобусів.

- портальна мийка Istobal M 18+

Високошвидкісна портальна мийка M 18+ для легкових автомобілів і мікроавтобусів.

- портална мийка Istobal M 17+

Високошвидкісна двомодульна портална мийка M 17+ для легкових автомобілів і мікроавтобусів.

- портална мийка Istobal M 7.1

Технологія та якість мийки за конкурентною ціною

Продуктивність: 8-12 авто/год

Нова система сушіння. Оцинкований корпус.

Портална мийка Istobal M 14+

Середньошвидкісна портална мийка M 14+ для легкових автомобілів і мікроавтобусів.

Портальні мийки малошумні і не пошкоджують лакофарбове покриття автомобіля завдяки електронному контролю тиску щіток. Для досягнення найкращої якості вертикальні щітки працюють внахлест. Опція нахилу щітки покращує мийку верхніх секцій автомобіля. Три типи матеріалу щіток (поліетилен, CARLITE, тканина), а також різноманітні системи попереднього миття, додаткові елементи, як-от мийка коліс, мийка днища автомобіля тощо, гарантовано забезпечують повне, делікатне та ретельне миття. Портальні мийки поставляються в комплекті з малошумними турбовентиляторами з можливістю регулювання швидкості і забезпечені дозаторами мийних засобів (на 31 годину) - для економії хімії. Портальні мийки виготовляються на замовлення, починаючи від зовнішнього вигляду і закінчуючи складовими частинами і спеціальними додатковими опціями, кожна мийка може бути пристосована під індивідуальні вимоги клієнта. Також є широкий вибір систем, які можна додати до стандартних функцій, що забезпечить додаткову експлуатаційну гнучкість.

Основні особливості порталних мийок Istobal:

- три типи сушіння на вибір (за винятком моделі M 6, без сушіння);
- високоміцна конструкція і оцинкована обробка;
- вікно інформації, що дає змогу контролювати кожен крок процесу мийки;
- три різні системи мийки днища автомобіля.

Мийки самообслуговування.

Мийка самообслуговування Istobal 4CA 1100 (1 пост)

- продуктивність - 660 л/год;
- тиск - 100 бар;
- потужність двигуна помпи - 2,2 кВт.

Мийка самообслуговування Istobal 4CA 1500 (1 пост)

- продуктивність - 900 л/год;
- тиск - 100 бар;
- потужність двигуна - 4 кВт.

Мийка самообслуговування Istobal 4CB 0600 (2 пости)

- продуктивність - 720 л/год;
- тиск - 120 бар;
- потужність двигуна - 3 кВт.

Комплекс мийок самообслуговування Istobal 4CC 2600 (6 постів)

Мийки високого тиску.

Мийка гідродинамічного очищення працює за принципом руйнування грязьового шару шляхом механічного впливу водного струменя, що подається під тиском.

Переваги мийки високого тиску Karcher:

- Пістолет системи Easy Press. Ергономічна м'яка накладка забезпечує зручне утримання пістолета в руці, важіль легко відтягується. Регулятор Servo Control дає змогу керувати тиском і витратою води на самому пістолеті;
- Вертикальна конструкція. Можливість використання у вертикальному положенні забезпечує компактність розміщення і зручність переміщення обладнання;
- Запатентована система AVS. Захищає шланг високого тиску від перекручування шляхом його фіксації в корпусі пістолета з можливістю повороту;

- Трьох поршневий насос із керамічними гільзами. Конструкція насоса забезпечує потужність до 1 400 об/хв. Керамічні елементи регулюють проток під час змішування розчинів чистячих кислот;

- Система манометричного відключення. Запатентована технологія Karcher дає змогу контролювати витрату енергії шляхом автоматичного вимкнення електродвигуна в разі зупинки подачі води;

- Чотирьох полюсний електродвигун із системою водяного охолодження в моделях екстра-класу.

Переваги автомийок високого тиску Nilfisk:

- Технологія EcoPower. Знижує витрату палива більш ніж на 6%, кількість сажі менша, потреба в обслуговуванні рідше;

- QuickService. Швидке і просте сервісне обслуговування. Вільний доступ до помпи. Фільтр води і паливний фільтр можуть бути прочищені і замінені за кілька хвилин;

- Мідний корпус помпи. Являє собою аксіальний насос для подачі води під тиском, оснащений міцними поршнями з нержавіючої сталі. Алюмінієва помпа надійно захищена від корозії;

- Рівень шуму менший на 50%, завдяки низькообертovому двигуну 1450 об/хв;

- Ергономічність апаратів і зручність професійного користувача в процесі очищення поверхонь під тиском. Зміна аксесуарів за лічені секунди.

Апарати високого тиску з нагріванням води

Переваги:

- змішувач гарячої та холодної води на панелі управління, що дає можливість регулювання температури води для вирішення конкретних завдань чищення і збереження запасу гарячої води під час роботи з низькими робочими температурами;

- водонагрівач із нержавіючої сталі;

- інтегрований пристрій захисту від запаніння з контролем рівня пом'якшувача;

- камера швидкого нагріву, дає змогу оперативно створити потрібну температуру води для виконання поставлених завдань чищення.

Автономні апарати високого тиску

Автономні апарати високого тиску Karcher застосовуються там, де відсутня можливість під'єднатися до електромережі. Вони задовольняють усім вимогам підприємств сільського та лісового господарства, а також чудово підходять для чищення фасадів і експлуатації на будмайданчиках.

Моторно-насосний агрегат, 3-поршневий осьовий насос, який оснащений латунною головкою блоку циліндрів, вирізняється високою довговічністю. Двигуни Honda і Yanmar гарантують тривалий термін служби. Автоматичне вимкнення при падінні рівня масла.

Професійні пилососи для сухого та вологого прибирання

Потужний універсальний пилосос для сухого та вологого прибирання

Переваги:

- три турбіни та екстра сильна сила всмоктування;
- вбудований відсік для зберігання аксесуарів у задній частині корпусу;
- вбудовані гаки забезпечують зручне розміщення і зберігання кабелю;
- зливний шланг спрощує спорожнення бака;
- платформа з міцним бампером, великими колесами і надійними роликami для професійного використання і високу маневреність пилососа;
- патронний фільтр з великою площею фільтрації забезпечує тривалу роботу без перерв;
- механічна поплавкова система для безпечного вимкнення турбіни під час наповнення пилососа;
- бак з ударостійкого пластику.

Професійні пилососи сухого прибирання

Пилосос сухого прибирання Karcher T 17/1 вирізняється дуже низьким рівнем шуму та ідеально підходить для прибирання в місцях, що вимагають дотримання тиші, наприклад у готелях або лікарнях. Педальний вимикач і зручна ручка для перенесення значно полегшують роботу. 12-метровий мережевий кабель може бути цілком намотаний на котушку на турбінній голівці і надійно зафіксований на ній.

Апарати хімічного чищення

Мийний пилосос для професіоналів у клірингу. Це надійний і високопродуктивний апарат.

Переваги:

- оснащений великими баками для тривалої роботи та потужною всмоктувальною турбіною, що гарантує швидке висихання килимів.
- для утилізації брудної води можна як від'єднати бак від апарата, так і скористатися зливним шлангом.

Апарати високого тиску побутового застосування

Мінімийка середнього класу нового покоління апаратів високого тиску X-серії. Високопродуктивний апарат, здатний без проблем видаляти середні та сильні забруднення. Відрізняється індукційним двигуном з водяним охолодженням і довговічною алюмінієвою помпою. Апарат оснащений інтегрованим фільтром тонкого очищення води, який запобігає потраплянню дрібної фракції (іржа, бруд) при підключенні води. Для справної роботи апарату, допускається безперервне використання не більше 25-30 хвилин, через 1 годину після цього, можна відновлювати мийку.

Побутові пилососи для сухого та вологого прибирання, парогенератори:

- регулювання пари на ручці;
- функція прасування;
- бойлерна камера з нержавіючої сталі;
- швидке нагрівання завдяки потужному нагрівальному елементу;
- високий тиск пари робить чистку високо ефективною;

- великі задні колеса і переднє поворотне коліщатко робить експлуатацію ще більш простою;

- більший вибір стандартного приладдя;

- відповідає всім стандартам і безпечний у використанні;

- компактна конструкція і простота зберігання.

Ціна у мийного та прибирального обладнання коливається від від 4000 тисяч рублів до 30 000 тисяч рублів і вище. Для кожної мийки можна вибрати різний комплект мийного обладнання, залежно від бажання покупця.

Висновок

Прибирально-мийного обладнання різновидів дуже багато, у кожного свої переваги і недоліки, функціональність і якість теж відрізняється, і за ціною лінійкою можна нескінченно обирати за власними уподобаннями.

Для того щоб створити конкурентоспроможну і прибуткову автомийну станцію, насамперед необхідно звернути увагу на специфіку послуг, що надаються. При цьому варто враховувати такий фактор, як місце розташування мийки. Якщо відкриття станції планується в індустріальній частині міста або в "спальних" районах, то не зайвим буде облаштувати мийку додатковими машинами для прибирання та чищення салону, полірування панелей, а також придбати інше мийне обладнання, наприклад, для миття двигуна і головне якісне.

На жвавій автостраді з великою автомобільною прохідністю доцільно оснастити приміщення технікою, яка максимально автоматизує процес миття, і буде побудована за конвеєрним принципом. Це допоможе прискорити обслуговування, а отже - залучити більше потенційних клієнтів. Крім того, послуги з чищення та миття автомобіля добре поєднуються з шиномонтажем, дрібним авторемонтом, а на території об'єкта можна організувати кафе або магазин.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальні відомості. Поверхнево-активні речовини. Безконтактна технологія

Органічні речовини, що знижують поверхневий натяг унаслідок адсорбції на межі розділу фаз, називаються поверхнево-активними речовинами, інакше ПАР. У молекулах ПАР містяться одночасно дві групи - гідрофобна (від грецького "фобос" - страх, тобто той, хто боїться води) і гідрофільна (від грецького "філос" - друг, тобто, дружній воді). Як гідрофобна неполярна група зазвичай виступає вуглеводневий радикал, що містить 10 - 18 атомів вуглецю. Як правило, радикал має лінійну будову. До гідрофільних полярних груп належать -COOH, -COONa, -SO₃Na, -OH, -NH₂ та інші [3].

Гідрофільна група внаслідок полярності легко взаємодіє з водою. Гідрофобна група неполярна, у воді не розчиняється і "відштовхується" від неї. У результаті молекули ПАР розташовуються на межі розділу фаз у строго орієнтованому положенні - гідрофільні групи розчинені у воді, а гідрофобні виштовхуються з води. Межа розділу фаз, в якій розташовані орієнтовані молекули ПАР, являє собою плівку завтовшки всього 0,1 нм.

ПАР ділять на дві групи - іоногенні та неіоногенні. Іоногенні ПАР діляться ще на дві групи – аніоноактивні та катіоноактивні. Також існують неіоногенні та амфолітні ПАР.

Аніонні ПАР. Аніонні ПАР у водних розчинах дисоціюють на довголанцюгові аніони, які забезпечують поверхневу активність розчину, і катіони, які впливають тільки на розчинність. До таких ПАР належать мила, алкілсульфонати, алкіларилсульфонати (сульфоноли), алкілсульфати.

Алкілсульфати - солі алкісерних кислот, наприклад R-O-SO₃-Na. Алкілсульфати мають прекрасні мийні властивості. Вони утворюють рясну піну і

добре знижують поверхневий натяг, проте руйнуються в кислому середовищі, чутливі до жорсткості води, мають високу подразнювальну дію.

Сульфоексилати $R-O-(CH_2CH_2O)_n-SO_3-Na$ стійкі в кислому середовищі, утворюють стабільну високу піну, необмежено розчиняються у воді, мають менш виражену подразнювальну дію [4].

Катіонні ПАР. Катіонні ПАР у водних розчинах дисоціюють на об'ємні катіони - носії поверхневої активності розчину, і аніони. До катіоноактивних речовин належать солі вищих амінів, амонієві, сульфонієві та фосфонієві основи. Катіонні ПАР мають невисоку мийну здатність, тому використання їх у мийних засобах обмежене. Однак вони можуть застосовуватися як емульгатор в емульсійних поліролях.

Катіонні ПАР під час взаємодії з аніонними ПАР утворюють неполярні погано розчинні у воді сполуки, які призводять до утворення розводів на кузові автомобіля. Несумісність ПАР потрібно враховувати під час підбору засобів для миття, очищення, ополіскування та полірування кузова і суворо дотримуватися рекомендацій виробників.

Неіоногенні та амфолітні ПАР. Неіоногенні ПАР у водних розчинах іонів не утворюють, їхня розчинність зумовлена функціональними групами, що мають гідрофільний характер.

Неіоногенні ПАР нечутливі до жорсткості води, мають високу поверхневу активність, володіють відмінними мийними властивостями, при цьому утворюють мало піни.

Неіоногенні ПАР є хорошими гідротропами, підвищують розчинність жирових забруднень у воді, мають хорошу змочувальну здатність, у разі спільного застосування неіоногенних ПАР з амфотерними та аніонними проявляється синергізм, тобто значне поліпшення властивостей. Неіоногенні ПАР мають слабку подразнювальну дію. Завдяки гарному піноутворенню, емульгувальній здатності, біорозкладності та низькій подразнювальній дії

неіоногенні ПАР знайшли широке застосування у виробництві автомобільних мийних засобів.

Мийні засоби на основі ПАР. Мийні засоби, зокрема й автомобільні, являють собою складні композиції з декількох ПАР і спеціальних добавок. Неорганічні добавки, насамперед солі слабких мінеральних кислот: карбонат і гідрокарбонат натрію та їхня подвійна сіль, силікати натрію, пірофосфати натрію і калію, триполіфосфат натрію і гексаметафосфат натрію. Лужні добавки збільшують мийну здатність і підвищують піноутворення. Важливим є і те, що ці добавки недорогі і в результаті їх застосування знижується собівартість мийних складів.

Механізм мийної дії ПАР. Яким чином частинки забруднень, що прилипли до поверхні, відокремлюються від неї під дією ПАР? Кожна молекула, яка перебуває в розчині, перебуває під впливом усіх молекул, що її оточують. При цьому всі сили, що діють на молекулу, взаємно врівноважені.

Зовсім інша картина, якщо молекула перебуває на поверхні розчину (на межі розділу фаз). Сили, що діють на молекулу з боку інших молекул рідини, діють на неї тільки з одного боку і намагаються втягнути цю молекулу в рідину, прагнучи надати поверхні мінімальних розмірів (так вода скочується в кулю). Таким чином, відбувається утворення поверхневої плівки.

ПАР, розчинений у воді, змінює поверхневий натяг розчину. Молекули ПАР, розчиняючись, орієнтовано збираються на поверхні розчину. Утворюється новий поверхневий шар з особливими властивостями. Поверхневий натяг води при цьому сильно зменшується, оскільки шар з орієнтованих молекул ПАР має нижчу енергію.

Поверхневий натяг ускладнює процес миття, перешкоджаючи змочуванню забруднених поверхонь. Мийні засоби покращують змочування гідрофобних поверхонь, забруднених сажею, моторною оливою, жиром тощо. Молекули ПАР збираються на кордонах розділу фаз - у цьому разі на частинках забруднень, що прилипли до поверхні, і проникають у зазор між ними. Покрита адсорбованими

молекулами ПАР частка відділяється від поверхні і йде в розчин. Сила, що відокремлює забруднення від поверхні, у деяких ПАР така, що дає змогу повністю обійтися без механічного впливу на поверхню. На цьому заснована безконтактна мийка автомобілів. Велике значення відіграє піноутворення, бульбашки піни видаляють частинки жирової емульсії, що прилипли до них, і утримують їх у розчині.

Таким чином, завдяки потужним сучасним ПАР, мийка стала простою та ефективною.

Основні фактори, що впливають на вибір мийних і дезінфекційних засобів:

- вид, характер і ступінь забруднення поверхні, що очищається (олійно-жирові, білкові, сольові, мінеральні, атмосферні, іржа, накип тощо);
- вид і тип обладнання (трубопроводи, ємності, спеціальне і технологічне обладнання тощо);
- структура і матеріал поверхні (гладка, пориста, сталь, алюміній, мідь, скло, ЛФП, керамічна плитка, мармур тощо);
- ступінь адгезії забруднення з поверхнею (слабка, міцно зв'язана тощо);
- ступінь частоти поверхні (загальне, профілактичне прибирання, дезінфекція, видалення експлуатаційних забруднень тощо);
- технологічні параметри (концентрація робочого розчину, температура, експозиція тощо);
- періодичність миття (щоденне, разове, регулярне, за потребою);
- мікробіологічні показники підприємства;
- якість води (жорсткість тощо);
- економічні показники;
- екологічна та токсикологічна безпека.

Для пінної технології очищення розроблено спеціальні очищувальні, мийні та дезінфекційні засоби з пінними добавками, які залежно від цілей і завдань очищення поділяються на:

- високо лужні засоби для видалення денатурованого білка і білково-жирових забруднень, нагарів. Застосовуються для очищення коптильних камер, фритюрниць, печей, прочищення каналізаційних стоків (серія Біомол КМ);

- помірно-лужні засоби для видалення олійно-жирових, білкових, ґрунтових, грязьових, атмосферних відкладень. Застосовуються для очищення транспортних засобів, технологічного обладнання, прибирання приміщень, очищення фасадів (Біомол арт.061, Біомол К арт.065, Деталан арт.001, Біолюкс М20 арт.037, Малахіт ОФ арт.033);

- нейтральні засоби для очищення різних поверхонь від жиру, пилу, бруду. Застосовуються там, де потрібен дуже щадний вплив на оброблювані поверхні - очищення текстильних виробів, мармуру, скла тощо. (Біоклін арт.023, Малахіт арт.029, Біомол ТЛ арт.098, Біоль арт.059, Флора М арт.050);

- кислотні засоби для видалення забруднень, переважно мінерального характеру: іржа, накип, вапняні, сольові відкладення, водний, винний, пивний і молочний камінь тощо. (Біолайт СТ арт.081, Біолайт СТ1 арт.082, Біолайт КС96 арт.096, Металін ОФ арт.019, Експрес А10 арт.042);

- комбіновані засоби для миття та дезінфекції різних поверхонь у харчовій промисловості (Біомол КС1 арт.071, Біомол КС3 арт.073, Біомол КС арт.070).

2.1.1 Принцип пінної технології очищення

Для отримання густої, щільної піни використовуються спеціальні прилади - піногенератори, надійні, досить прості в роботі та обслуговуванні, а також пінні мийні засоби.

У ємність піногенератора (20 літрів) заливається робочий розчин мийного засобу. Повітря під тиском 4 -- 6 атмосфер подається в апарат-піногенератор від системи стисненого повітря (пневмолінії) або компресора. Мийний розчин на виході перетворюється на піну і через пістолет-розпилювач наноситься на оброблювану поверхню. Нанесення піни можливе на висоту до 6 метрів.

Піна, завдяки спеціальним добавкам, що входять до складу мийних засобів, добре прилипає до поверхонь і повільно стікає з них, забезпечуючи тривалий контакт мийної речовини із забрудненням. Час впливу піни на забруднення становить від 3 до 30 хвилин.

Після обробки поверхні достатньо промити водою для видалення залишків забруднень. У разі необхідності при застарілих або складних забрудненнях, поверхні слід додатково розтерти щіткою, а потім промити водою. За наявності жирових забруднень температура води має бути вищою за 40°C.

2.1.2 Механізм очищувальної дії піни

Під час нанесення піни на оброблювану поверхню за рахунок кінетичної енергії піни відбувається деякий відрив твердих частинок забруднень від поверхні. Рідина, що виділяється з піни при руйнуванні найближчого шару бульбашок, змочує поверхню. Причому, товщина шару змочувальної рідини становить приблизно 3 мкм. Частинки забруднень в результаті перетікання рідини з плоских ділянок плівки піни в канали відриваються від поверхні і концентруються в потовщених ділянках плівок.

Деяка частка частинок виявляється втягнутою в піну на висоту 1-3 бульбашок. Відриву частинок і втягуванню їх у піну сприяє крім капілярного ефекту також руйнування окремих плівок. Найбільш інтенсивна зміна дисперсного складу піни відбувається протягом першої хвилини (або перших хвилин) після її утворення і відповідно нанесення її на поверхню. До цього часу процес відриву частинок забруднення і розподіл їх у потовщених ділянках плівок закінчується.

Ефект всмоктування частинок забруднення всередину піни значно посилюється в разі механічного перемішування нижніх її шарів, що містять велику кількість частинок, з верхніми шарами. У реальних умовах така механічна дія може бути здійснена розтиранням піни по поверхні, наприклад, щітками, або обробкою розпорошеним струменем води.

У процесі розпаду піни завдяки великому капілярному тиску в ній, виникає додатковий механічний вплив на забруднення, що підвищує ефективність очищення.

Грязеутримувальна здатність пін знижує можливість повторного осідання відірваних від поверхні частинок забруднення. Присутність на оброблюваній поверхні тонкого масляного шару не тільки не знижує, але навіть збільшує ефективність видалення пилу і твердих частинок під час пінної обробки.

У процесі взаємодії піни з в'язким напіврідким забрудненням відбувається розм'якшення забруднення до рідкої фази, потім піна дробить краплі і плівки забруднення до окремих глобул, які втягуються в піну.

Ефективність очищення за допомогою пін визначається стислістю піни, нормою її витрати, часом витримання піни на оброблюваній поверхні, концентрацією мийного розчину, способом видалення піни (струменем води під тиском, з розтиранням щітками тощо).

Нанести шар піни в кілька міліметрів практично неможливо, тому доцільно під час визначення витрати піни виходити з норми 5-8 л/м²піни, що за умови її кратності 30-40, становитиме близько 50-100 мл робочого розчину на 1м²поверхні. Час витримання піни до її видалення - 2-15 хвилин.

Витрата піни для обробки поверхонь визначається продуктивністю піногенератора і кратністю піни.

Таким чином, видалення різних забруднень за допомогою піни відбувається за рахунок гарного змочування і розм'якшення забруднень, а потім дроблення на дрібні краплі і всмоктування їх у піну.

2.1.3 Переваги застосування пінної технології очищення

Використання пінної технології для миття та дезінфекції технологічного обладнання, очищення транспортних засобів, виробів, споруд і конструкцій, виробничих приміщень тощо в різних галузях промисловості дає змогу:

- економити мийні засоби в 3-5 разів порівняно з традиційними способами очищення поверхонь;
- знижувати трудовитрат і скорочувати час обробки поверхонь;
- ефективно обробляти важкодоступні ділянки (стелі, стіни, поверхні складної конфігурації тощо), зокрема на висоті до 6 метрів;
- знижувати агресивний вплив мийного розчину на оброблювану поверхню;
- ефективно видаляти комплексні застарілі відкладення з поверхонь завдяки більш тривалому контакту піни із забрудненнями.

Для пінного миття використовують спеціальні прилади - піногенератори, які вирізняються високою надійністю і безпекою за умови правильного застосування в процесі експлуатації, прості в роботі та обслуговуванні.

Процес очищення піною набагато економічніший, ніж інші, традиційно застосовувані методи. Наприклад: 20 л робочого розчину (робочий об'єм піногенератора) 3% концентрації достатньо для оброблення 100-120 м² поверхні, при цьому витрата концентрату мийного засобу становить лише 600 мл.

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики деяких способів очищення

№	Показники	1 спосіб "відро-щітка"	2 спосіб "садовий розпилювач"	3 спосіб "піногенератор"
1	Кількість робочого розчину, нанесеного на поверхню, л	10	10	20
2	Концентрація робочого розчину, %	3%	3%	3%
3	Кількість концентрату в робочому розчині, мл	300	300	600
4	Площа (у м ²), оброблена різними способами	8-12	15-30	80-150
5	Витрата робочого розчину на 1 м ² , мл	800-1300	300-700	150-250
6	Витрата концентрату мийного розчину 3%	30	15	6

Витрати мийних засобів залежать від ступеня і характеру забруднень, температури робочого розчину, структури оброблюваної поверхні (гладка, шорстка, пориста), від розташування в просторі (вертикальне або горизонтальне), від вимог до ступеня чистоти поверхні, від кратності нанесення розчину.

2.2 Сутність процесу генерації піни.

Кожна молекула рідини перебуває в рівновазі, тому що сили тяжіння навколишніх молекул врівноважуються протилежними силами тяжіння з боку цієї молекули. На поверхні рідини рівновага порушується, тому що молекули тонкого поверхневого шару зазнають з боку сусідніх молекул, які не розташовані на поверхні, значніших сил тяжіння, ніж з боку молекул повітря, які перебувають біля поверхні рідини. Тому молекули на поверхні рідини, прагнучи зануритися в неї, але зустрічаючи опір молекул, що знаходяться нижче, утворюють ущільнений шар рідини, що володіє вільною поверхневою енергією. У піні, на поверхні розділу "рідина-повітря", дисперсні частинки поверхнево-активної речовини, адсорбовані на обох поверхнях плівок повітряних бульбашок, сприяють утворенню більш щільних поверхневих шарів.

Причиною утворення піни є адсорбція піноутворювача в поверхневих шарах розділу, зниження поверхневого натягу на межі "рідина-повітря" та певна міцність і в'язкість плівок бульбашок, які утворилися. Що менші частинки адсорбованої речовини, то більша їхня кількість зосереджена на поверхні розділу, то міцнішою і стійкішою буде піна. Чим більша розчинність поверхнево-активних речовин, тим вища їхня піноутворювальна здатність. Чим більша в'язкість розчину в поєднанні з малим поверхневим натягом, тим вища стійкість піни. Що менша змочуваність частинок поверхневого активного піноутворювача, то більшу стійкість має піна, оскільки речовини, що погано змочуються, краще адсорбуються в поверхневих шарах розділу "рідина-повітря".

Якість піни при виробництві ніздрюватих матеріалів характеризується такими властивостями [14]:

кратністю (вихід піни) – відношенням об'єму піни до об'єму водного розчину піноутворювача, що міститься в цьому об'ємі;

стійкістю - зменшенням висоти або об'єму піни протягом часу;

"відсіком" або об'ємом водного розчину піноутворювача, що утворюється в результаті зневоднення або руйнування піни; несучою здатністю, показником якої є гранична величина навантаження на піну, що не викликає її руйнування;

об'ємною вагою, яку визначають діленням її ваги на об'єм піни; міцністю плівок, яку визначають, наприклад, на приладі Ребіндера;

мікроструктурою, що характеризується числом і розміром осередків піни і товщиною плівок.

Під час безконтактного миття автомобілів активною піною найкращі результати поєднання якості та економічної ефективності досягаються при застосуванні піногенераторів високого тиску. Такі піногенератори забезпечують приготування і розпилення одноріднішої і дрібнопористої піни, ніж розпилювачі - обприскувачі низького тиску, і дають змогу значно скоротити час на обробку автомобіля. У пістолетах-піногенераторах, що використовуються на мийках, піна утворюється в результаті дроблення і розподілу повітря в розчині піноутворювача - безконтактного автошампуню. Утворення піни в піногенераторі відбувається в два етапи.

На першому етапі струмінь води під великим тиском (до 16 атм) виходить з водяного жиклера і ежектує розчин піноутворювача - активної піни. Крім цього, в процесі руху струмінь захоплює повітря, яке проходить через спеціальні отвори і починає дробити розчин. У результаті виходить первинна піна, низької кратності та стійкості, вона ще не придатна для миття [14].

Остаточне приготування піни відбувається на другому етапі. Повітряно-рідинна суміш з величезною швидкістю викидається зі змішувача і потрапляє на піноутворювальну таблетку, виготовлену зі спеціального гідрофобного

корозійностійкого крученого дроту або сітки. Завдяки спеціально підібраній величині комірки таблетка утворює стійку піну великої кратності. Велика кратність піни дуже важлива для гарантії хорошої мийної здатності піни, що більша кратність, то більше бруду піна може відмити й утримати на собі. Піна, що вилітає з піноутворювальної таблетки, формується в плоский струмінь паралельними пластинами регулятора.

2.3 Огляд наявних конструкцій

Пристрій і принцип роботи піногенератора описано вище.

Найбільш відомі два види піногенераторів, що розрізняються методом утворення піни: безперервної (пістолет) і безперервної дії. Причому піногенератори безперервної дії на багато продуктивніші, чим і обумовлено їхнє поширення.



Рис. 2.1. Піногенератор високої продуктивності

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики

Найменування	Значення
Вага (кг)	32
Габарити	40×44×112 см
Об'єм бака	50 л
Корпус	нержавіюча сталь
Робоча ширина	1000 мм
Максимальний тиск	6 бар
Довжина шланга	10 м

Комплектація: бак із нержавіючої сталі; індикатор рівня мийного засобу; манометр; запобіжний клапан; розпилювальний пістолет.

На рис. 2.2 показано комплектацію пістолетного піногенератора.



Рис. 2.2. Пістолетний піногенератор

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики пістолетного піногенератора

Найменування	Значення
Вага (кг)	3.5
Об'єм ємності для мийного розчину	1 л
Максимальний робочий тиск	180 бар
Максимальна температура води	60 °C
Діаметр внутрішнього отвору	1,25 мм

Універсальний пінний комплект використовується для швидкого безконтактного миття автомобілів. Пінний комплект забезпечує дозоване нанесення активної піни на поверхню автомобіля і швидку зміну насадок для змивання водою. Пінна таблетка, вбудована в сопло насадки забезпечує якісну, стійку піну для більш тривалого впливу на бруд.

Байонетний затвор дає змогу швидко знімати і встановлювати як спис високого тиску, так і бачок із мийним засобом. Пінна насадка зроблена із застосуванням латунних комплектуючих, що забезпечує високу міцність конструкції.

2.4 Призначення конструкції

Конструкція призначена для генерування і швидкого нанесення мийної піни на поверхню агрегату, що піддається мийці. Конструкцію без особливих труднощів може бути виготовлено і зібрано власними силами господарства.

2.5 Пристрій і принцип дії конструкції

Принципову будову конструкції показано на рис. 2.3.

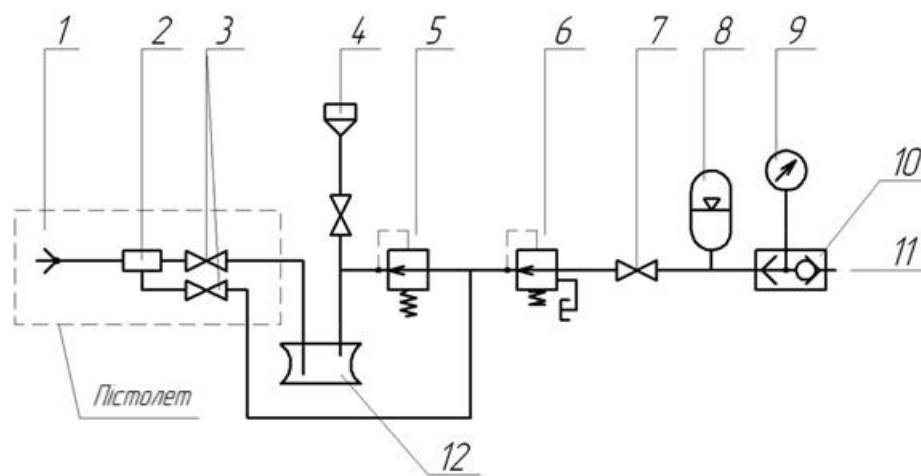


Рис. 2.3. Комбінована пневмогидравлічна схема конструкції: 1 – насадка; 2- генератор піни; 3 – вентиль; 4 – заливна горловина; 5 – регулятор тиску (0,4 МПа); 6 – клапан редукційний (2 МПа); 7 – вентиль; 8 – балон із повітрям (0,4...0,6 МПа); 9 – манометр; 10 – зворотний клапан; 11 – штуцер накачування повітря; 12 – бак для розчину.

Балон (12) заповнюється розчином (3%) через заливну горловину (4), після чого кран горловини має бути закритий. Повітря подається через штуцер (11) і, проходячи зворотний клапан (10), де манометром (9) заміряється тиск. Далі повітря заповнює балон (8). При відкритті клапана (7) повітря проникає в редукційний клапан (6), де тиск вирівнюється до 2 МПа. Далі потік повітря розділяється на два канали: один, проходячи клапан тиску (0,1 МПа), заповнює балон (12), інший - надходить до піноутворювача. Кранами (3) контролюється подача повітря і розчину до піноутворювача, де повітря, вилітаючи з сопла

форсунки, ежектує розчин, утворюючи піну, яка, проходячи через пінні таблетки, стає дрібнодисперсною і стійкою. Готова піна надходить до насадки (1) для нанесення на поверхню.

Технологічний процес нанесення піни:

- Проконтролювати тиск повітря (показання манометра 4 МПа);
- Заповнити балон розчином;
- Закрити кран горловини;
- Відкрити кран подачі повітря;
- Почекати коли тиск у балоні нормалізується;
- Відкрити кран подачі повітря на піноутворювачі;
- Відкрити кран подачі розчину;
- Після виконання технологічної операції повторити пункти у зворотній послідовності.

2.6 Конструктивні розрахунки

2.6.1 Розрахунок продуктивності сопла форсунки.

Пропускна здатність чотирьох сопел визначається за формулою:

$$Q = 4\mu\omega\sqrt{2\frac{(p - p_2)}{\rho}}, \quad (2.1)$$

де μ – коефіцієнт витрати, що дорівнює для циліндричного насадка ($\mu = \mu_{m.cm} = 0,50$ – у разі його роботи за типом довгої ділянки отвору);

ω – площа насадка, мм²;

p і p_2 – тиск перед і за насадкою, відповідно, МПа;

ρ – густина розчину, кг/дм³.

Площа насадка визначається за формулою [2.2]:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3.2)$$

де d – діаметр сопла насадка, мм.

Підставивши значення у формули [2.3] і [2.4] отримаємо:

$$\omega = 3,14 \cdot 1^2 / 4 = 0,785 \text{ мм}^2,$$

$$Q = 4 \cdot 0,5 \cdot 0,785 \sqrt{2 \frac{4 - 0,12}{1,03}} = 4,3 \text{ л/хв.}$$

2.6.2 Визначення гідравлічних характеристик приводу

Число Рейнольдса визначається за формулою [12]:

$$Re = v_P d_{BH} / \nu, \quad (2.3)$$

де v_P – швидкість руху рідини, $v_P = 4Q_{ном} / (\pi d_{BH}^2)$, м/с;

d_{BH} – внутрішній діаметр трубопроводу;

ν – динамічна в'язкість, $\nu = 182 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

$$v_P = 4 \cdot 4,3 / (3,14 \cdot 0,004^2) = 8,76 \text{ м/хв} = 0,146.$$

Тоді, підставивши значення, отримаємо:

$$Re = 0,146 \cdot 0,004 / (182 \cdot 10^{-6}) = 3,2.$$

Отримане значення Re менше за критичне, отже, режим ламінарний і коефіцієнт гідравлічного опору:

$$\lambda = 75 / Re = 75 / 3,2 = 23,43.$$

Довжину нагнітального трубопроводу приймаємо відповідно до конструкції машини:

$$L_H = L_{трубки} + L_{шланга} + L_{ністоleta} + L_{трубки} = 0,7 + 10 + 0,4 + 0,1 = 11,2 \text{ м.}$$

Тоді втрати тиску становитимуть за формулою [12]:

$$\Delta p_{n.n} = \lambda L_H v_{ж}^2 \rho / (2 d_{BH}). \quad (2.4)$$

$$\Delta p_{n.n} = 23,43 \cdot 11,2 \cdot 0,146^2 / (2 \cdot 0,004) = 0,00479 \text{ МПа.}$$

Місцеві втрати тиску в нагнітальному трубопроводі визначають за формулою [12]:

$$\Delta p_{m.n} = v_P^2 \rho \Sigma \xi_H / 2. \quad (2.5)$$

Сумарне значення коефіцієнта місцевих опорів визначаємо, виходячи з конструкції і розмірів машини: для штуцера (14 од.) $\xi = 0,1$; плавного вигину шланга (8 од.) $\xi = 0,23$; плавного вигину трубопроводу до розподільника (1 од.) $\xi = 2$.

Тоді:

$$\Sigma \xi = 0,1 + 0,1 + 0,23 + 2 + 0,1 = 2,54.$$

$$\Delta p_{\text{м.н}} = 0,146^2 \cdot 1030 \cdot 2,54 / 2 = 0,027 \text{ МПа}.$$

Приймаємо: для розподільника: $\xi_{\text{р.п}} = 5$; кульового крана $\xi_{\text{с.м}} = 1,5$. Тоді втрати тиску в гідроагрегатах нагнітального трубопроводу складуть за формулою [12]:

$$\Sigma \Delta p_{\text{ГА}} = v_P^2 \rho (\xi_{\text{р.п}} + \xi_{\text{з.р}} + \xi_{\text{р.м}} + \xi_{\text{р.с}} + \xi_{\text{с.м}}) / 2.$$

$$\Sigma \Delta p_{\text{ГА}} = 0,146^2 \cdot 1030 \cdot (1,5 + 5) / 2 = 0,071 \text{ МПа}.$$

Сумарні втрати тиску в гідросистемі визначаються за формулою [12]:

$$\Delta p = \Sigma \Delta p_{\text{П}} + \Sigma \Delta p_{\text{М}} + \Sigma \Delta p_{\text{ГА}}. \quad (2.6)$$

Підставивши значення у формулу (3.6) отримаємо:

$$\Delta p = 0,00479 + 0,027 + 0,071 = 0,099 \text{ МПа},$$

що становить 3% і перебуває в допустимих межах.

3.6.3 Визначення ККД гідросистеми

Об'ємний ККД гідроприводу визначається за формулою [2.7]:

$$\eta_o = \eta_{o.p} \eta_{o.ш}, \quad (2.7)$$

де $\eta_{o.p}$ – ККД розподільника, $\eta_{o.p} = 0,98$;

$\eta_{o.ш}$ – К КД кульового крана, $\eta_{o.ш} = 0,96$.

Тоді:

$$\eta_o = 0,98 \cdot 0,96 = 0,94.$$

Гідравлічний ККД розраховуємо за формулою:

$$\eta_{\Gamma} = (p_{\text{ном}} - \Delta p) / p_{\text{ном}}, \quad (2.8)$$

$$\eta_{\Gamma} = (1,5 - 0,099) / 1,5 = 0,934.$$

Механічний ККД визначається за формулою:

$$\eta_{\text{М}} = \eta_{\text{М.р}} \eta_{\text{М.ш}}, \quad (2.9)$$

де $\eta_{\text{М.р}}$ – мех анічний ККД розподільника, $\eta_{\text{М.р}} = 0,96$;

$\eta_{\text{М.ш}}$ – механічний ККД кульового крана, $\eta_{\text{М.ш}} = 0,97$,

Тоді:

$$\eta_M = 0,96 * 0,97 = 0,93.$$

Загальний ККД гідроприводу визначається за формулою[2.10]:

$$\eta_{заг} = \eta_O \eta_G \eta_M. \quad (2.10)$$

$$\eta_{заг} = 0,94 \cdot 0,934 \cdot 0,93 = 0,816.$$

Висновок

У цьому розділі було проведено підбір піноутворювача. Було описано пристрій і принцип дії конструкції. Проведено конструктивні розрахунки: розрахунки конструкції продуктивності сопла форсунки він склав $Q = 4,3$ л/хв., визначив гідравлічні характеристики приводу він склав $Re = 3,2$ і ККД гідросистеми він склав $\eta_{обц} = 0,816$.

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз існуючих методів очищення води для оборотного водоспоживання автомийок

В умовах сучасного автомобільного сервісу проблема раціонального використання водних ресурсів набуває все більшої актуальності. Автомийні комплекси споживають значні обсяги прісної води, що призводить до екологічних та економічних витрат. Для зменшення впливу на довкілля і зниження експлуатаційних витрат широко застосовується система оборотного водоспоживання. Основою такої системи є ефективне очищення забрудненої води з метою її повторного використання. Вибір конкретних методів фільтрації та очищення визначається складом і концентрацією контамінантів у відпрацьованій воді. Також важливо враховувати нормативні вимоги до якості води, що повертається на технологічний цикл. Аналіз існуючих технологій дозволяє оцінити їхню ефективність, вартість та екологічні характеристики. Розуміння переваг та обмежень кожного методу сприяє оптимальному проектуванню систем очищення. У цьому розділі проведено порівняльний аналіз основних методів очищення води для оборотного водоспоживання автомийок .

Відпрацьована вода автомийок містить широкий спектр забруднень, що ускладнює її очищення. Основними контамінантами є пісок і тверді частки, продукти зносу шин та гальмівних колодок, а також частки бруду та пилу з кузова автомобілів. Олії, мастила та трансмісійні рідини потрапляють до води під час процесу знежирення поверхонь. Миючі засоби на основі ПАВ додають до складу хімічні сполуки, які можуть спричинити піноутворення та забруднення поверхневих вод. Метали у вигляді дрібних фракцій, таких як залізо або алюміній, надходять з механічного зношування деталей. Наявність органічних

речовин також впливає на показники БСК та ХСК, визначаючи ступінь забрудненості. Різноманітність та динаміка концентрацій забруднень висуває високі вимоги до універсальності систем очищення. Таким чином, вибір технології має враховувати комплексний підхід до видалення як механічних, так і хімічних домішок. Інтеграція кількох методів очищення дозволяє досягти необхідного рівня якості води для повторного використання [5].

Першим етапом очищення відпрацьованої води зазвичай є грубе фільтрування. Цей метод передбачає використання сітчастих чи перфорованих фільтрів для затримки великих часток бруду та піску. Відстань між елементами фільтрації вибирається відповідно до розміру механічних домішок, які необхідно затримати. Грубе фільтрування проводиться перед іншими методами для захисту обладнання та поліпшення роботи тонших фільтрів. Основною перевагою цього методу є простота конструкції та низькі експлуатаційні витрати. Проте необхідність регулярного очищення або заміни фільтруючих елементів підвищує трудовитрати персоналу. Крім того, грубе очищення не забезпечує видалення дрібних часток чи розчинених речовин. Тому його застосовують лише як попередній етап у багатоступеневих системах очищення. Ефективність грубого фільтрів безпосередньо залежить від регулярного обслуговування та контролю забивання [3].

Наступним традиційним етапом є відстоювання води в спеціальних резервуарах чи відстійниках. Під дією гравітаційних сил важкі частки осідають на дно, формуючи шар осаду. Відстійники можуть бути як горизонтальними, так і вертикальними, залежно від проєктних рішень. Час утримування води у відстійнику варіюється залежно від розміру та характеру часток. Цей метод простий у виконанні та не потребує хімічних реагентів. Однак його ефективність обмежена частками зі щільністю, що значно перевищує щільність води. Дрібні домішки можуть залишатися у зваженому стані тривалий час, що знижує якість попереднього очищення. Для підвищення продуктивності іноді використовують

коагулянти та флокулянти. Відстоювання часто застосовують спільно з наступними стадіями фільтрації для досягнення бажаної якості води.

Впровадження коагуляції та флокуляції є ефективним способом видалення дрібнодисперсних часток. Коагулянти, найчастіше на основі солей алюмінію або заліза, руйнують електростатичну стабільність колоїдів. Після коагуляції у процесі флокуляції утворюються крупні флокули, які легше осідають. Флокуляція часто супроводжується додаванням полімерних реагентів для покращення агрегації частинок. Застосування цих методів сприяє зниженню турбідності та покращенню пропускної здатності фільтрувальних елементів. Проте необхідність дозування реагентів і контролю рН ускладнює процес експлуатації. Вартість хімічних речовин та утилізація осадів можуть суттєво впливати на економічність системи. Незважаючи на це, коагуляцію і флокуляцію використовують у багатьох промислових та комерційних автомийках. Оптимізація дозування реагентів та послідовність стадій дозволяє мінімізувати витрати на реагенти [7].

Пісочні та мультимедійні фільтри широко застосовуються для видалення тонких механічних часток. Такі фільтри включають шари кварцового піску, гравію та активованого вугілля. Шари розрізняються за розмірами фракцій для забезпечення багатоступеневої очистки. Вода проходить послідовно через дрібнозернистий та крупнозернистий шар, затримуючи різні за розміром частки. Основна перевага мультимедійної фільтрації – висока продуктивність при відносно невеликому гідравлічному опорі. Періодичне зворотне промивання відновлює пропускну здатність зернистих фільтрів. Однак для ефективного очищення необхідно ретельно регулювати швидкість фільтрації та режим промивання. Для видалення органічних сполук шар активованого вугілля може бути розміщений після піщаного шару. Використання піщано-мультимедійних фільтрів часто поєднується з попередньою коагуляцією для підвищення ефективності [9].

Адсорбція на активованому вугіллі ефективна для видалення органічних домішок та залишкових речовин ПАР. Пориста структура вугілля забезпечує велику питому площу поверхні адсорбції. Основними перевагами є здатність затримувати запахи, кольорові сполуки та токсичні органічні молекули. Однак поглинальна здатність адсорбенту обмежена, бо з часом пори заповнюються. Для відновлення активності вугілля застосовують термічну регенерацію або заміну картриджів. Вартість впровадження та обслуговування системи адсорбції можуть бути значними. Незважаючи на це, адсорбція залишається необхідним етапом для досягнення нормативів щодо хімічного споживання кисню. Використовують як одно- так і багаторазові картриджі залежно від обсягів водоспоживання. Комбінування адсорбції з іншими методами очищення підвищує загальну ефективність системи [2].

Мікрофільтрація є мембранним методом, що забезпечує ефективне видалення часток розміром від 0,1 до 10 мкм. Мембранні елементи виготовляють із полімерних матеріалів, таких як поліпропілен чи поліетилен. Процес фільтрації відбувається під помірним тиском, що сприяє низьким енергетичним витратам. Основною перевагою мікрофільтрації є висока здатність до затримки дрібних механічних домішок. Однак розчинені органічні та неорганічні сполуки залишаються у воді після фільтрації. Регулярне зворотне пропускання мембран необхідне для запобігання забиванню. Тривалість експлуатації мембран залежить від характеристик забруднень та режимів промивання. Мікрофільтрацію часто встановлюють після піщано-мультимедійних фільтрів для подальшого очищення. Використання мембранного методу дозволяє знизити навантаження на наступні етапи очищення.

Ультрафільтрація – наступний ступінь мембранної очистки після мікрофільтрації. Мембрани ультрафільтрації мають розриви пор від 0,01 до 0,1 мкм. Завдяки цьому методі видаляються дрібні колоїди, емульсії олій та багато великих молекул органічного походження. Процес вимагає вищого робочого тиску порівняно з мікрофільтрацією. Ультрафільтрація ефективно знижує

показники турбідності та ХСК. Регулярна промивка мембран та ретельний контроль тиску необхідні для запобігання проштотуванню часток. Недоліком є висока вартість встановлення та заміни мембранних елементів. Однак її використання значно підвищує якість очищеної води для оборотного водоспоживання. Ультрафільтрацію часто поєднують із зворотним осмосом для видалення найдрібніших домішок.

Зворотний осмос – це високоефективний мембранний метод очищення, що здатен видаляти розчинені солі, важкі метали та майже всі органічні сполуки. Мембрани для ZO мають дуже малий розмір пор – близько 0,0001 мкм. Для створення необхідного напору потрібні високопродуктивні насосні установки. Зворотний осмос забезпечує отримання фактично дистильованої води, придатної для критично чистих процесів. Основними недоліками є висока енергоємність та утворення концентрату, що вимагає утилізації. Системи ZO потребують ретельного передочищення для захисту мембран від забруднень. Вартість експлуатації зростає з підвищенням жорсткості та солоності вихідної води. Проте для отримання найвищих стандартів якості очищення саме зворотний осмос залишається незамінним. У поєднанні з ультрафільтрацією та адсорбцією цей метод формує комплексну систему очищення води.

Іонний обмінний метод використовується для видалення іонних домішок, зокрема солей жорсткості та важких металів. Смоли з різними функціональними групами затримують катіони або аніони залежно від потреб очищення. Використання катіонітів та аніонітів дозволяє регулювати жорсткість та іонний склад води. Основною перевагою є можливість вибіркового видалення забруднень. Недоліками є обмежена ємність смол і необхідність їх регенерації розчином соляної кислоти або нітрату натрію. Відпрацьований розчин регенерації також потребує утилізації або повторного очищення. Метод іонного обміну часто застосовується після мембранних технологій для досягнення потрібного складу води. Експлуатаційні витрати залежать від вартості реагентів

та частоти регенерації. Разом із іншими методами іонний обмін утворює завершені схеми очищення для специфічних вимог якості.

Процеси передового окислення ґрунтуються на генерації гідроксил-радикалів, здатних руйнувати стійкі органічні сполуки. Поєднання ультрафіолетового опромінення та пероксиду водню сприяє інтенсивній фотоокислювальній реакції. Цей метод ефективно знешкоджує мікроорганізми, а також розкладає гормональні та фармацевтичні забруднення. Перевагою є відсутність утворення шкідливих побічних продуктів окрім води й кисню. Однак висока вартість обладнання та енергетичні потреби обмежують застосування в масштабі автономіок. Необхідність попередньої фільтрації перед UV-обробкою пов'язана з чутливістю опромінення до мутності. При правильному проектуванні системи передового окислення досягається практично повне видалення целюлозних та нафтових сполук. Регулювання дози перекису і потужності ламп дозволяє варіювати інтенсивність реакції. Цей метод інколи використовують у кінцевих стадіях очистки для досягнення високих екологічних стандартів.

Озонування – метод фізико-хімічної очистки, що ґрунтується на окисній активності озону. Озон руйнує органічні та деякі неорганічні контамінанти, а також дезінфікує воду. Основною перевагою є швидкий час реакції та відсутність хлорорганічних побічних продуктів. Однак обладнання для генерації озону потребує високих енергетичних витрат. Озонування може спричинити утворення оксидів азоту та інших проміжних сполук, що потребують контролю. Використання цього методу обмежене в системах з високим вмістом органічних домішок через потребу в попередньому очищенні. Озонування часто застосовують як заключний етап перед фізичним знезараженням. При правильному дозуванні озону досягається висока санітарна якість води. Впровадження озонування сприяє зниженню використання хімічних дезінфікуючих засобів.

Електрокоагуляція ґрунтується на електрохімічному руйнуванні колоїдів шляхом деградації анодного матеріалу. Металеві електроди (найчастіше залізні

або алюмінієві) розчиняються під дією струму та утворюють коагулянти. Процес поєднує коагуляцію та флотацію забруднень, завдяки газовим бульбашкам, що виникають під анодом. Вода проходить через електролізер, де утворюється осад, що потім відділяється механічними методами. Перевагою є відсутність потреби у зовнішніх реагентах та можливість автоматизації. Недоліком є корозія електродів та необхідність їх періодичної заміни. Електрокоагуляція ефективна у видаленні емульсій олії та металевих часток. Однак висока енергоспоживання та очищення стічних вод від солей можуть бути викликом. Цей метод використовують для попереднього очищення перед іншими технологіями.

Електрохімічне окислення – процес руйнування органічних забруднень шляхом застосування окисних агентів, що утворюються на електродах. Основні продукти реакції включають гідроксильні радикали та інші активні форми кисню. Метод ефективний для деградації стійких органічних сполук, зокрема нафтових вуглеводнів. Передозування струму може спричинити небажані побічні продукти, такі як хлорорганічні сполуки. Системи електрохімічного окислення можуть бути інтегровані з ультрафільтрацією чи адсорбцією. Головним недоліком є висока вартість енергопостачання та складність управління процесом. Проте при оптимальних параметрах досягається глибоке очищення на молекулярному рівні. Електрохімічні реактори компактні, що дозволяє встановлювати їх безпосередньо на автономних майданчиках. Впровадження цього методу розглядається як перспективне для підвищення якості оборотної води.

Біологічне очищення на біофільтрах використовує активність мікроорганізмів для розкладу органічних забруднень. Медіа для біофільтрів можуть бути представлені галькою, пластиковими носіями або натяжною тканиною. Мікробіота створює біоплівку, що адсорбує та перетравлює органічні речовини. Метод ефективний для зниження БСК та перетворення розчинених органічних домішок на біомасу. Біофільтри мають відносно низькі експлуатаційні витрати за умови стабільного режиму подачі води. Проте

коливання концентрації забруднень можуть призводити до втрати активності мікроорганізмів. Реактори потребують періодичної аерації для підтримки аеробних умов. Недоліком є відсутність ефективності проти неорганічних домішок і важких металів. Біофільтри зазвичай поєднують з механічними та фізико-хімічними методами очищення.

Кожен метод очищення має свої переваги та обмеження, які необхідно врахувати при проектуванні. Механічні фільтри прості та дешеві, але не справляються з хімічними забрудненнями. Мембранні технології забезпечують високий ступінь очистки, але потребують значних енергетичних витрат. Хімічні методи, як-от коагуляція чи адсорбція, ефективні проти специфічних домішок, однак вимагають реагентів. Біологічні процеси є економічно привабливими, але чутливі до коливань умов середовища. Комбінування методів дозволяє мінімізувати недоліки та підвищити загальну ефективність. Оцінка вартості та складність обслуговування є ключовими факторами для вибору технології. Важливо також враховувати екологічні аспекти та утворення побічних продуктів. Оптимальне поєднання методів залежить від початкових характеристик відпрацьованої води.

Багатоступенева система очищення є найбільш ефективним рішенням для оборотного водоспоживання. Зазвичай вона включає послідовне застосування гравітаційного відстоювання, коагуляції, піщаного фільтра та мембранної очистки. У результаті кожний метод виконує свою специфічну функцію: від механічного видалення крупних часток до молекулярного очищення. Інтеграція дозволяє знизити навантаження на окремі стадії та продовжити термін експлуатації обладнання. Додаткові етапи, такі як адсорбція або озонування, можуть бути включені для поліпшення якості води. Впровадження автоматизованих систем моніторингу забезпечує оптимальний режим роботи завдяки контролю параметрів. Управління процесом здійснюється на основі показників тиску, турбідності та хімічних показників. Інноваційні рішення передбачають використання IoT та штучного інтелекту для прогнозування

обслуговування. Така комплексна система забезпечує стабільну якість очищеної води та економічну рентабельність.

Економічна ефективність систем очищення залежить від капітальних та експлуатаційних витрат. Капітальні витрати включають вартість обладнання, монтажу та інженерного забезпечення. Операційні витрати охоплюють енерговитрати, реагенти, обслуговування та утилізацію осадів. Аналіз терміну окупності системи враховує кількість переробленої води та економію на закупівлі свіжої води. Вибір технології часто визначається співвідношенням початкових інвестицій до потенційної економії. Надійність та простота обслуговування відіграють ключову роль у зниженні операційних витрат. Використання автоматизації й оптимізаційних алгоритмів зменшує витрати людської праці. При плануванні важливо враховувати регіональні тарифи на воду та екологічні норми. Докладний аналіз економічних показників дозволяє вибрати найкращий варіант системи очищення.

Аналіз існуючих методів очищення води для оборотного водоспоживання автомийок показує необхідність багатоступеневих рішень. Сучасні системи дедалі частіше комбінують механічні, хімічні, фізико-хімічні та мембранні технології. Інтеграція новітніх процесів, таких як електрохімічне окислення та передові окислювальні методи, відкриває перспективи підвищення якості води. Автоматизація та використання датчиків IoT дозволяють забезпечити адаптивне управління системами очищення. В майбутньому розвиток матиме напрямок зменшення енергоспоживання та використання відновлювальної енергії. Нові матеріали мембран і адсорбентів сприятимуть підвищенню селективності та пропускної здатності. Розробка систем прямого кисневого озону та сонячної UV-активації може знизити експлуатаційні витрати. Екологічний підхід передбачає мінімізацію утворення осадів та побічних продуктів очищення. Перспективи розвитку досягаються через тісну взаємодію науки, інженерії та екології для створення сталих систем.

3.2. Технології застосування сорбційних матеріалів в процесі очищення оборотної води на автомийках

У сучасних умовах автомийок, що прагнуть знизити споживання прісної води та мінімізувати екологічний вплив, важливо впроваджувати ефективні методи очищення відпрацьованої води. Сорбційні матеріали показали високу здатність видаляти широкий спектр забруднень, включаючи органічні речовини, нафтові сполуки та метали. Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям сорбенти можуть захоплювати забруднювачі на своїй поверхні або в порах структури. Основним завданням застосування сорбційних технологій у контурі оборотного водоспоживання є досягнення регламентованих норм якості води. Крім того, використання сорбентів сприяє продовженню терміну служби мембранних та інших очищувальних елементів. У цьому контексті розробка та оптимізація сорбційних процесів є ключовою ланкою багатоступеневої очистки. Важливо враховувати специфіку забруднень, особливо емульсії масел та нафтопродуктів, що характерні для автомийок. Проте успішне впровадження сорбційних систем вимагає комплексного підходу до вибору матеріалів та конструктивних рішень. Далі розглянуто основні технології застосування сорбентів у процесах очищення оборотної води автомийок.

Сорбційні матеріали поділяються на дві великі групи: природні та синтетичні. Природні сорбенти включають цеоліти, глини, торф, деревне вугілля, які мають низьку вартість та екологічну безпеку. Синтетичні сорбенти представлені активованим вугіллям з різною структурою пор, іонообмінними смолами та полімерними адсорбентами. Кожна група має свої переваги та обмеження з точки зору сорбційної здатності, стійкості до багатьох циклів регенерації та вартості. Природні сорбенти зазвичай характеризуються меншою питомою поверхнею, але достатньою ефективністю щодо важких металів. Синтетичні матеріали дозволяють точно налаштувати розподіл пор й функціональні групи на поверхні. Комбіновані сорбенти об'єднують властивості

двох груп, забезпечуючи високу селективність до забруднювачів. Відбір оптимальної групи сорбентів залежить від характеру забруднення та вимог до якості очищеної води. Таким чином, класифікація сорбентів формує основу для подальшого проектування сорбційних модулів.

Активоване вугілля – один із найпоширеніших синтетичних сорбентів у системах очищення води на автомийках. Воно виготовляється з деревини, кокосової шкаралупи або кам'яного вугілля за допомогою термічної активації. Результатом є високопориста структура з великою питомою поверхнею, що забезпечує ефективну адсорбцію органічних сполук, ПАР та запахів. Механізм адсорбції полягає у фізичному захопленні молекул забруднювача в порах та на поверхні частинок. Для оптимальної роботи сорбенту важливо контролювати розмір фракції та умови контактування. Активоване вугілля може застосовуватися у вигляді гранул або порошку, залежно від конструкції сорбційного апарату. Гранульовані фільтри зазвичай встановлюють після механічної очистки та коагуляції для фінішного видалення залишкових забруднень. Після насичення органічними речовинами вугілля піддають термічній або хімічній регенерації. Проте тривале використання призводить до деградації структури та зниження сорбційної здатності.

Іонообмінні смоли є класом синтетичних полімерних сорбентів, які забезпечують селективне видалення іонних домішок з води. Смоли складаються з органічного полімерного каркасу з функціональними групами, що заміщують іони води на іони забруднювачів. У процесі очищення катіоніти замінюють іони металів, тоді як аніоніти захоплюють анійони, наприклад залишкові анійони миючих засобів. Цей метод особливо ефективний для контролю жорсткості води та зниження концентрації важких металів до безпечних рівнів. Іонообмінні колонки встановлюють зазвичай після мезофільтрації для зниження механічного навантаження. Регенерація смол здійснюється шляхом промивки концентрованими розчинами соляної кислоти або гідроксиду натрію. Частота регенерації залежить від завантаження смоли і характеристик забруднення

вихідної води. Однією з переваг є можливість багаторазового використання смол зі збереженням стабільної продуктивності. Проте експлуатація цього методу потребує безпеки при роботі з агресивними реагентами та контролю умов регенерації.

Цеоліти та глини – природні алюмосилікатні сорбенти, які демонструють високу здатність до іонного обміну та адсорбції органічних забруднювачів. Цеоліти мають каркасну кристалічну структуру з регулярними порами, що забезпечує селективне захоплення іонів. Глини, такі як бентоніт та каолін, характеризуються шаруватою структурою та наявністю великої поверхні для адсорбції. Застосування цеолітів дозволяє ефективно видаляти амонійні та важкі металеві іони. Глини використовують переважно в комбінації з коагуляцією або флокуляцією для видалення емульсій масел. Ці матеріали відрізняються низькою вартістю та екологічною безпекою. Однак їх питома сорбційна здатність нижча, ніж у активованого вугілля та синтетичних смол. Для покращення характеристик допускається модифікація поверхні за допомогою органічних реагентів або імітація йонного обміну. У промислових системах цеоліти та глини часто використовують як попередній етап перед мембранною фільтрацією.

Композитні сорбенти поєднують властивості різних матеріалів для підвищення ефективності очищення води. Наприклад, полімерні матриці з вбудованими наночастинками оксидів металів забезпечують селективне захоплення важких металів. Інші комбінації включають активоване вугілля, змішане з цеолітом або глиняними мінералами, для комплексного видалення іонних і органічних забруднень. Нанокompозити на основі графену та його похідних демонструють високу адсорбційну ємність та швидку кінетику процесу. Використання поліуретанових пін з сорбційним наповнювачем дозволяє знижувати опір потоку та підвищувати продуктивність. Завдяки комбінації матеріалів досягається синергетичний ефект, який перевищує сумарні властивості окремих компонентів. Виробництво композитів може здійснюватися методами зшивання, гідротермального синтезу або механохімічної обробки.

Незважаючи на перспективність, основною ознакою обмеження є висока вартість та складність виготовлення. Однак ці матеріали активно досліджуються для застосування у малих мобільних модульних системах очистки автономних стоків.

Проектування зернистих сорбційних колонок передбачає оптимізацію шарів адсорбенту та режимів роботи. Важливими параметрами є товщина шару, швидкість фільтрації та гідравлічний опір. Для рівномірного розподілу потоку води застосовують розподільні плити або розпилювачі. Протитокова або прямоточна організація сорбційного завантаження впливає на продуктивність та час контакту води з сорбентом. Установки з протитоковим режимом забезпечують високу ступінь використання ємності сорбенту. Зворотне промивання гранульованих фільтрів необхідне для видалення накопичених твердих часток та відновлення пропускної здатності. Режим промивання включає зміну напрямку потоку та подачу чистого миючого розчину. Моніторинг тиску до і після сорбенту дозволяє прогнозувати момент обслуговування. Такий підхід забезпечує стабільну якість очищеної води та продовжує термін служби адсорбентів.

Сорбційна ефективність визначається двома основними характеристиками: кінетикою процесу та рівноважною сорбційною здатністю. Кінетика вказує на швидкість захоплення забруднення сорбентом, що є критичним параметром для мобільних автономіок з обмеженим часом обробки стоків. Для моделювання кінетичних процесів часто використовують моделі псевдопершого та псевдодругого порядку. Рівноважна адсорбція описується ізотермами Ленгмюра та Фройндліха, які дозволяють оцінити ємність сорбенту та характер взаємодії. Важливим фактором є температура та рН води, що впливають на сорбційні властивості. Дослідження показують, що підвищення температури прискорює процес сорбції, але може знижувати загальну ємність. При зміні рН також змінюється заряд поверхні сорбенту та доступність функціональних груп. Знання кінетики і рівноважної поведінки матеріалу дозволяє проектувати швидкодіючі

сорбційні системи з оптимальною пропускною здатністю. Детальне експериментальне та математичне моделювання є запорукою ефективного впровадження технології на практиці.

Відновлення сорбентів є важливим аспектом експлуатації сорбційних систем, оскільки відбувається насичення активних груп та забивання пор. Основні методи регенерації включають термічну, хімічну та фізико-хімічну обробку. Термічна регенерація передбачає нагрів сорбенту до високих температур, що сприяє десорбції адсорбованих речовин. Хімічна регенерація передбачає промивання реагентами, наприклад кислотами чи лугами, для розчинення і видалення забруднювачів. Фізико-хімічні методи можуть поєднувати ультразвук або парову обробку з хімічною дією. Вибір методу визначається типом сорбенту та характером забруднення. Для активованого вугілля переважно застосовують комбіновану термо- та парову регенерацію. Іонообмінні смоли найчастіше відновлюють хімічними розчинами для збереження механічної стійкості. Ефективна регенерація продовжує термін служби матеріалів та знижує операційні витрати.

Сорбція зазвичай застосовується в складі багатоступневих систем очищення води на автомийках. Після грубої фільтрації та коагуляції сорбційні модулі встановлюють перед мембранними блоками для зниження навантаження на дорогі мембрани. Поєднання сорбції з ультрафільтрацією, зворотним осмосом або іншим мембранним очищенням забезпечує максимальний ступінь видалення як механічних, так і розчинених домішок. Включення адсорбції активованим вугіллям дозволяє ефективно видаляти залишкові органічні речовини перед заключною дезінфекцією. Іонообмінні блоки встановлюють для регулювання жорсткості та іонного складу води. Комбіновані системи зі зворотним осмосом та адсорбцією гарантують досягнення високих стандартів якості для специфічних потреб миття скла і внутрішніх поверхонь. Важливим компонентом є автоматичний контроль режимів роботи кожного модуля за допомогою датчиків тиску, турбідності та хімічних показників. Такий підхід дозволяє

оптимізувати витрати на реагенти та енергію. Інтеграція сорбції у комплексну систему забезпечує надійність та економічну доцільність роботи автомийок.

Експлуатація сорбційних систем на автомийках пов'язана з низкою технічних та організаційних викликів. Зокрема, одним із головних завдань є запобігання засміченню пор та каналу сорбенту механічними частками. Для цього необхідно встановлювати попередні фільтри тонкого очищення та регулярно проводити їх обслуговування. Контроль параметрів тиску та турбідності допомагає вчасно виявити необхідність зворотного промивання чи заміни сорбенту. Крім того, важливо забезпечити безпечне поводження з хімічними реагентами при регенерації іонообмінних смол. Організаційно слід розробити графік технічного обслуговування та регламентні операції для персоналу. Наявність резервних сорбентів та запасних частин гарантує безперервність процесу очищення. Витрати на обслуговування можуть бути зменшені за рахунок автоматизації моніторингу та зворотного сигналу про продуктивність системи. З урахуванням викликів, підготовка персоналу та документація процедур є критичним аспектом успішної роботи сорбційних блоків.

Перспективи розвитку сорбційних технологій в очищенні оборотної води на автомийках пов'язані з інноваційними матеріалами та екологічною стійкістю. Зокрема, досліджуються сорбенти на основі біоосадів, що отримують з промислових відходів, таких як шкаралупа горіхів чи рослинні пелети. Іншим напрямком є використання функціоналізованих наноматеріалів, наприклад наночастинок оксидів металів або графенових структур для селективної адсорбції специфічних забруднювачів. Розвиток мембранно-сорбційних гібридних систем дозволяє поєднувати вискоелективну фінішну очистку з низькими експлуатаційними витратами. Автоматизовані модулі з датчиками IoT та штучним інтелектом сприяють адаптивному режиму роботи та прогностичному обслуговуванню. Збільшена увага до циркулярної економіки стимулює повторне використання не лише води, а й відпрацьованих сорбентів.

Досліджуються методи біодеградації відновленого матеріалу для мінімізації відходів. Також активно розробляються системи сонячної регенерації активованого вугілля за допомогою концентрованого сонячного тепла. Синтез сорбентів із правильною комбінацією пористості та гідрофільності обіцяє новий рівень селективності. Результатом стане більш екологічно чисте та економічно ефективно рішення для автомийок майбутнього.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз сучасного стану обладнання та технологій зовнішнього миття вантажних автомобілів засвідчив наявність потреби в мобільному та гнучкому рішенні для миття на виїзді. Розробка переносної мийки дозволяє значно розширити спектр послуг СТО і оперативно обслуговувати клієнтів у будь-якому місці.

Технічне проєктне рішення переносної мийки базується на модульній конструкції, що забезпечує легке транспортування та швидкий монтаж/демонтаж. Використання недеформованих алюмінієвих сплавів та композитних матеріалів гарантує міцність і корозійну стійкість корпусних елементів.

Система підготовки води з багатоступеневою фільтрацією й дозованою хімією забезпечує належну якість миючого розчину та зменшує витрати води і реагентів. Запропонована циркуляційна схема зворотного водоспоживання сприяє суттєвій економії ресурсів та зниженню екологічного навантаження.

Розрахунки енергетичних та гідравлічних характеристик підтвердили, що переносна мийка вимагає живлення від однофазної мережі 220 В і забезпечує продуктивність до 200 л/год при робочому тиску до 8 бар. Витрати електроенергії та води знаходяться в межах економічно доцільних норм для дрібносерійного та виїзного сервісу.

Екологічна складова проєкту передбачає мінімізацію відходів та скидів забрудненої води шляхом її очищення й багаторазового використання. Впровадження сорбційно-мембранного блока очистки дозволяє відповідати чинним екологічним стандартам та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Розроблена мобільна мийка має високу універсальність: її конструкція легко адаптується під різні класи вантажних автомобілів та модифікується під специфічні потреби користувачів (наприклад, миття напівпричепів чи тентів). Це

дає можливість СТО розширювати клієнтську базу та підвищувати рівень послуг.

Перспективи подальшого розвитку проєкту пов'язані з інтеграцією систем віддаленого моніторингу та автоматичного дозування реагентів на основі контролю параметрів води в реальному часі. Це дозволить оптимізувати витрати, підвищити надійність обладнання та забезпечити стабільну якість миття за мінімального втручання персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березанюк В. В. Охорона праці в автомобільній галузі. Київ : Вища освіта, 2017. 320 с.
2. Богданов В. І. Технічне обслуговування та ремонт автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2018. 415 с.
3. Булатов А. А. Автомобільні мийки: проектування та експлуатація. Москва : Машиностроение, 2019. 280 с.
4. Василенко О. А. Проектування підприємств автомобільного транспорту. Київ : НАУ, 2020. 350 с.
5. Гнатюк В. Г. Організація і планування виробництва на підприємствах автомобільного транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2017. 250 с.
6. Демченко С. П. Аналіз сучасних технологій миття вантажних автомобілів. Автомобільний транспорт. 2021. № 2. С. 67–72.
7. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
8. Державний стандарт України ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 16 с.
9. ДСТУ 3816-98 (ГОСТ 12.2.003-91). Система стандартів безпеки праці. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки. Київ : Держстандарт України, 1999. 14 с.
10. Єгоров О. В. Обґрунтування параметрів переносної мийки високого тиску. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів. 2020. Вип. 1(40). С. 112–117.
11. Жуков В. М. Обладнання для технічного обслуговування автомобілів. Київ : Аграрна освіта, 2018. 300 с.

12. Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 № 2694-ХІІ. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668.
13. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
14. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
15. Іванов Д. С. Розрахунок та проектування зон технічного обслуговування. Дніпро : ДНУЗТ, 2019. 220 с.
16. Коваленко П. О. Проектування автотранспортних підприємств. Київ : ЦУЛ, 2021. 400 с.
17. Кравченко О. П. Інноваційні рішення у проектуванні мийних комплексів для вантажних автомобілів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2022. Вип. 345. С. 98–105.
18. Кухаренко В. О. Основи проектування будівель та споруд на транспорті. Харків : ХНАДУ, 2016. 380 с.
19. Мазур О. В. Технологія і організація технічного обслуговування автомобілів. Львів : Новий Світ-2000, 2019. 290 с.
20. Пат. 128765 Україна, МПК В60S 3/04 (2018.01). Переносна мийка для транспортних засобів / Ковальчук В. О., Іщенко М. П. ; заявник і патентовласник Національний транспортний університет. № u201802105 ; заявл. 05.03.2018 ; опубл. 25.09.2018, Бюл. № 18.
21. Петров С. М. Екологічна безпека на автомобільному транспорті. Київ : Кондор, 2020. 270 с.

22. Положення про розробку інструкцій з охорони праці. Затв. наказом Держнаглядохоронпраці України від 29.01.1998 № 9. Офіційний вісник України. 1998. № 9. С. 363.
23. Сидоренко Р. П. Обґрунтування техніко-економічних показників дільниці мийки вантажних автомобілів. Вісник Національного транспортного університету. Серія: Технічні науки. 2021. Вип. 2(52). С. 134–140.
24. Ткаченко Д. В. Організація робіт з технічного обслуговування автомобілів. Київ : Знання, 2017. 310 с.
25. Цимбалюк В. А. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Львів : Магнолія 2006, 2018. 420 с.
26. Черненко Л. М. Нормування витрат матеріалів та електроенергії на автотранспортних підприємствах. Одеса : ОНПУ, 2019. 180 с.
27. Шпак І. П. Розрахунок потреби в обладнанні для дільниці зовнішньої очистки автомобілів. Автошляховик України. 2020. № 4. С. 55–60.
28. Яковлев В. С. Проектування підприємств автомобільного сервісу. Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. 290 с.