

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

УДК 656.022.9:659.065.7

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ПІБ)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2024 р.

«___» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення конструктивних параметрів пристрою мийки автомобілів для СТО

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Войтюк Валерій Дмитрович

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Тітова Людмила Леонідівна

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Лісніченко Іван Сергійович

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

_____ д.т.н., проф. _____ **Іван РОГОВСЬКИЙ**
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Лісніченку Івану Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення конструктивних параметрів пристрою мийки автомобілів для СТО

затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 р. № 2224 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання конструктивних параметрів пристрою мийки автомобілів для СТО

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання та задачі дослідження _____
2. Теоретичне дослідження _____
3. Методики експериментальних досліджень _____
4. Результати досліджень _____

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 18 слайдах

Дата видачі завдання «10» листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Тітова Л.Л.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Лісніченко І.С.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота містить 77 сторінок машинописного тексту та 8 листів презентаційного матеріалу. Текст записки включає в себе вступ, чотири розділи, висновки та список літературних джерел, в тому числі 9 таблиць і 27 рисунків. Список використаних джерел містить 50 першоджерела.

В роботі розглядається проблема підвищення ефективності використання обладнання для миття автомобілів на СТО та агрегатів струменем води під високим тиском, за рахунок обґрунтування параметрів та режимів роботи мийки з коловим рухом струменя води. Автомобілі та агрегати піддаються значному забрудненню різними видами забруднювачів, одні можуть легко видалятися для видалення інших необхідно використовувати спеціальні миючі засоби та машини. Для видалення цих забруднень використовують струмінь води під тиском, найбільшим недоліком таких пристроїв є значна витрата води, тому важливим питання інтенсифікації процесу очистки автомобілів з використанням обмеженої кількості води є актуальним науковим завданням.

Одним із методів зменшення витрати води в процесі миття струменем води під тиском, є використання форсунок з обертовим рухом струменя води, це дозволяє зменшити витрату води та охопити більшу площу миття. Робота автомобілів зі значними забрудненнями може зменшити терміни експлуатації, порушити режими роботи двигуна та системи охолодження, пришвидшити зношування деталей тертя.

Ключові слова: автомобілі, мийки високого тиску, струмінь води, зовнішні забруднення, автомобільні агрегати, технічне обслуговування.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1. Характеристика забруднень автомобільної техніки.....	7
1.2. Аналіз технологій очистки поверхонь автомобільної техніки.....	9
1.3. Аналіз конструкцій і засобів механізації миття автомобілів умовах СТО.....	15
1.4. Аналіз конструкцій миючих насадок.....	33
1.5. Постановка проблеми.....	36
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	37
2.1. Розробка конструкції сопла.....	37
2.2. Теоретичне дослідження руху крапель обертювих струменів.....	39
2.3. Теоретичне дослідження ударного впливу крапель струменя.....	42
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ...	49
3.1. Методика лабораторних досліджень.....	49
3.2. Методика виробничих випробувань.....	54
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	59
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ВСТУП

Автомобільний транспорт в процесі експлуатації піддається сильним забрудненням, на поверхнях вузлів скупчуються забруднення різного роду (дорожньо-грунтові відкладення та рослинні залишки, маслянисто-грязьові відкладення, технологічні забруднення та ін.), значне накопичення цих забруднень з часом під впливом зовнішніх факторів викликає утворення щільного нальоту (відкладення), даний наліт може негативно впливати на ефективність роботи машини, погіршується тепловий баланс двигуна, зношуються рухомі деталі, відбувається інтенсивна корозія та ін [1, 2].

Враховуючи все це, зовнішня очистка автомобілів є важливим процесом в системі технічного обслуговування, який сприяє підвищенню ефективності використання техніки в складних умовах експлуатації.

Сьогодні в Україні, за результатами діяльності у 2023 році, налічується 46 794 фермерських господарства. Про це повідомляє прес- служба Держстату України [3]. Малі та середні сільськогосподарські виробники мають виключну потребу у використанні доступної та ефективної техніки для миття автомобільного транспорту та агрегатів, від широкого спектру забруднень. Серед найбільш доступних мийних пристроїв найбільшого поширення набули мийки високого тиску. Мийки високого тиску виконують очистку забруднених поверхонь за допомогою струменів води високого тиску. Використання струменів високого тиску забезпечує якісну очистку поверхонь автомобільних транспортних засобів від різного роду забруднень, за рахунок використання миючих засобів, підігрітої води, та очищувальних насадок різної форми, що ще більше підвищують ефективність та якість технологічного процесу миття.

Основним недоліком використання таких очищувальних пристроїв є значна витрата води, що сьогодні є цінним ресурсом, а інколи і взагалі є недоступною особливо в південних регіонах України.

Саме тому економії води, як цінного природнього ресурсу в умовах малих і фермерських господарств варто приділити основну увагу в процесі пошуку

альтернативних конструкцій миючих пристроїв високого тиску, які забезпечать ріст енергонасиченості струменів води без підвищення тиску.

Проведені нами дослідження конструкцій сопел для універсальних мийок високого тиску показали, що найбільш перспективним є використання універсальних сопел, вони дають можливість отримати мийні струмені різної форми.

Мета досліджень. Забезпечити підвищення якості та енергоресурс збереження процесу миття автомобілів та агрегатів за рахунок обґрунтування параметрів мийної машини високого тиску з обертовим мийним струменем води.

Завдання що необхідно вирішити:

1. Розробити конструкцію мийної машини високого тиску з обертовим мийним струменем води для миття автомобілів та агрегатів;
2. Виконати теоретичне обґрунтувати параметрів та режимів роботи мийної машини високого тиску з обертовим мийним струменем води;
3. Виконати експериментальні та польові дослідження знайдених раціональних параметрів мийної машини високого тиску з обертовим мийним струменем води.

Об'єкт дослідження. Конструкція мийної машини високого тиску з обертовим мийним струменем води.

Предмет дослідження. Параметри і режими роботи мийної машини високого тиску з обертовим мийним струменем води для миття зовнішніх поверхонь автомобілів та агрегатів.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Характеристика забруднень автомобільної техніки

Виконання мийно-очисних операцій пов'язане з певними труднощами, викликаними, по-перше, різноманітністю видів забруднень (рис. 1.1.), які вимагають застосування різних способів очищення, миючих засобів, обладнання і, по-друге, тим, що, об'єкти очищення (машина, агрегат, вузол, деталь) різні за масою, матеріалом, конструкцією, формою тощо [1]. Відповідно до літературних джерел існують такі види зовнішніх забруднень:

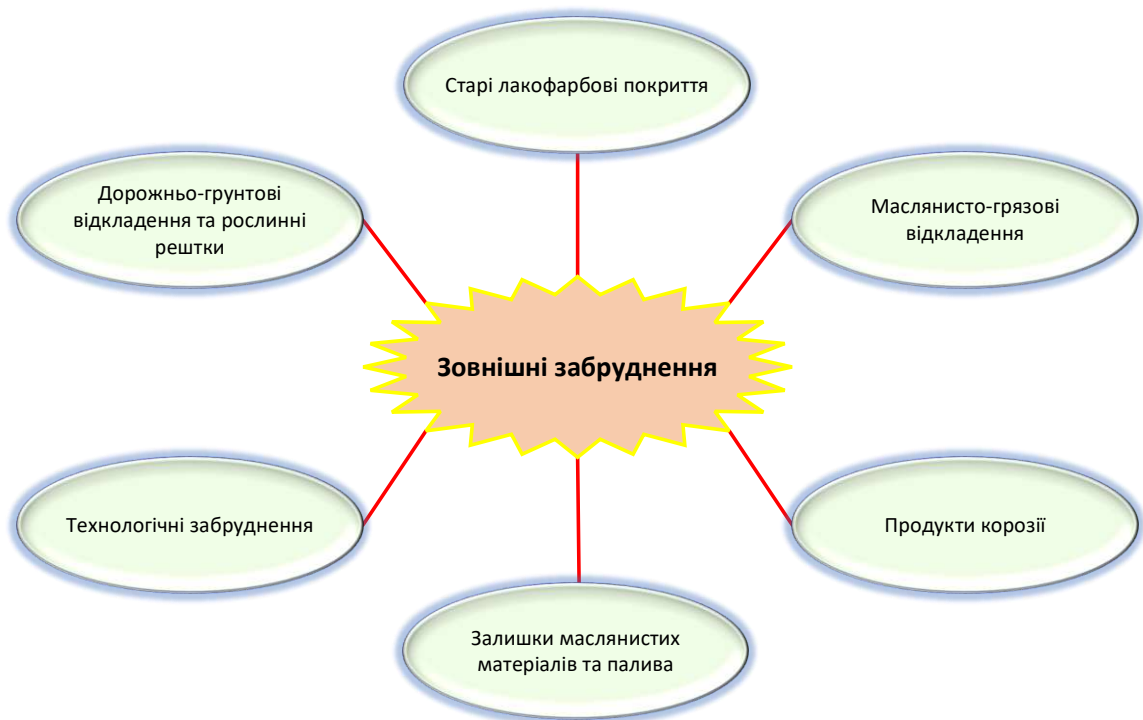


Рис. 1.1. Класифікація видів забруднення

У відповідності до важкості видалення зовнішні забруднення можна розподілити на 3 групи слабо пов'язані, середньо пов'язані, сильнопов'язані [7]. Тип забруднення впливає на вибір способу очистки, тому розглянемо схему яка дозволяє розділити забруднення за джерелами появи, фізико-хімічним параметрам і їх впливом на вибір способу видалення при очищенні (рисунок 1.2.).

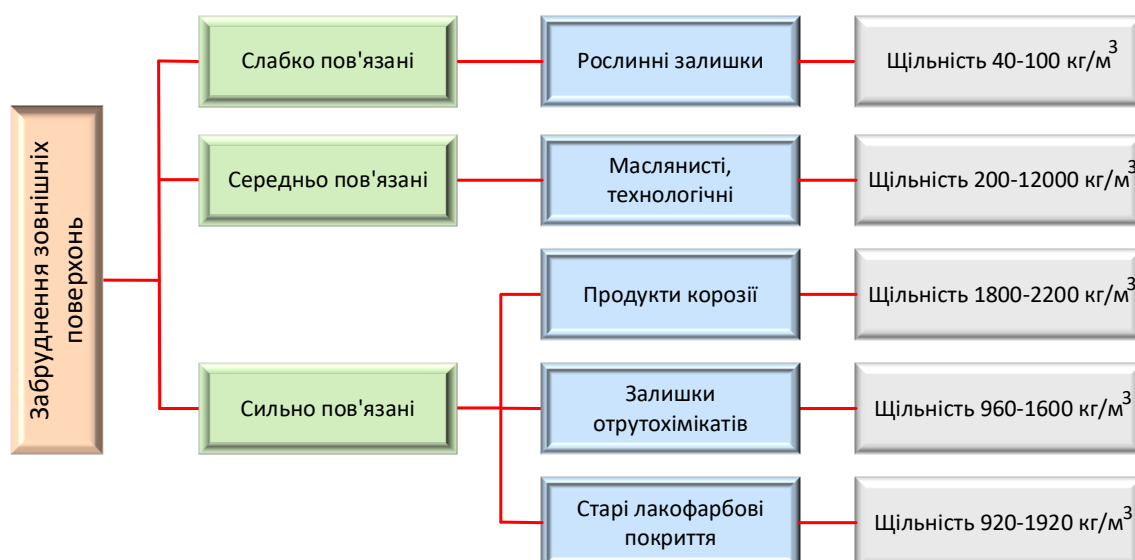


Рис. 1.2. Класифікація забруднень в залежності від складності їх видалення і їх щільності

Як показали дослідження (рисунок 1.3.-1.4.) [1, 4-8] з всієї площі забруднених поверхонь, незначну частину складають сильно пов'язані забруднення, однак зусилля необхідні на їх видалення в декілька разів перевищують інші види забруднень.

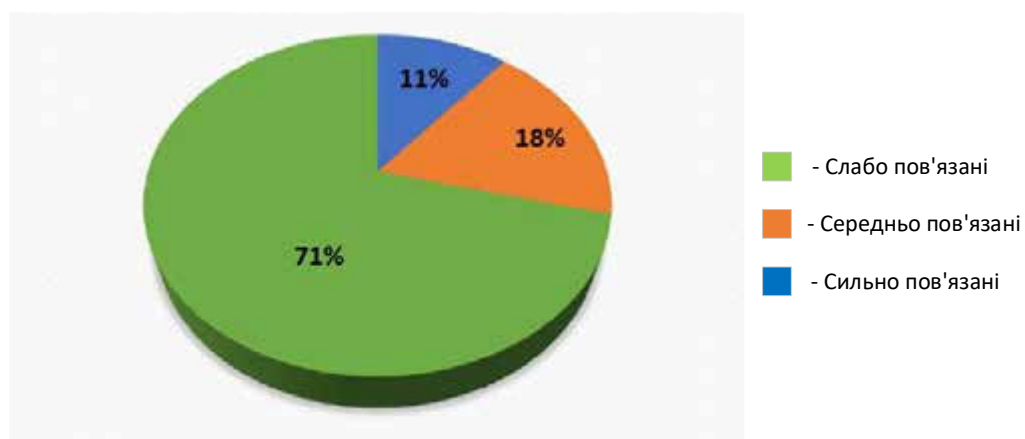


Рис. 1.3. Діаграма займаних площ забруднень.

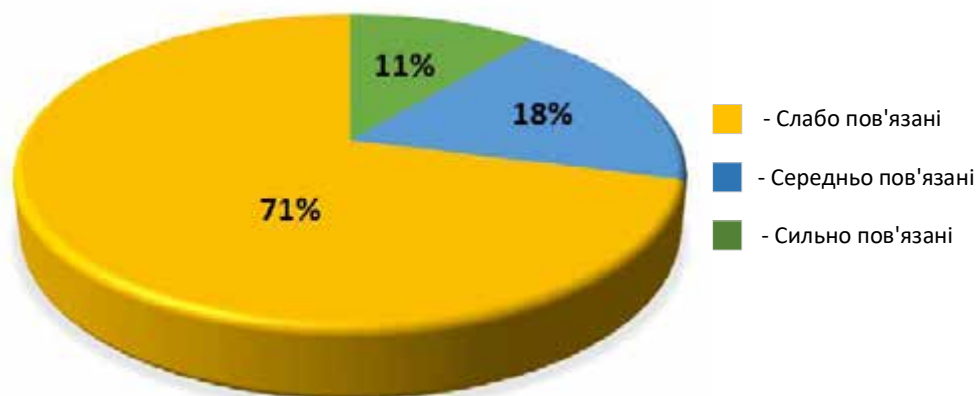


Рис.1.4. Діаграма трудомісткості видалення забруднень.

Технологічні умови, що регламентують наявність на очищеній поверхні залишкових забруднень, залежать від призначення мийки та умов використання цієї поверхні. Під чистотою розуміють такий стан поверхні, при якому на ній залишаються забруднення в допустимих нормативами кількостях [1, 9].

Забруднення що притаманні на автомобільному транспорті та агрегатах мають багатокомпонентну структуру, та можуть містити рідкі та тверді фази, що мають різну адгезію, а це в свою чергу впливає на силу зчеплення часток забруднення з поверхнею, що піддається очищенню [1, 9].

Як відзначалось вище всі типи забруднень в залежності від складності їх видалення і їх щільності поділяють на три групи. Найбільш поширеними є слабо пов'язані (57%) і середньо пов'язані (33%) забруднення, вони відносно легко видаляються, сила їх адгезії до поверхонь значно нижча ніж у сильно пов'язаних. Сильно пов'язані забруднення становлять не більше (10%), вони зазвичай розташовуються у важкодоступних місцях, тому для очищення поверхонь забруднених цими видами забруднень необхідно докласти значних витрати праці (71%) [1, 6, 9].

На основі вище сформованої інформації можна зробити висновок, що очистка автомобільного транспорту та агрегатів від забруднень є складною технологічною операцією, тому, існує потреба в розробці та обґрунтування параметрів і режимів роботи високотехнологічного пристрою миття, що забезпечував би якісне видалення всіх видів забруднень з високою ефективністю, мінімальними витратами води та мінімальними затратами праці.

1.2. Аналіз технологій очистки поверхонь автомобільної техніки

За способом видалення забруднень (рис. 1.5.) мийно-очисні технології поділяють на механічні (видалення забруднень струменем води під високим тиском, або ручним методом з використанням металевих щіток чи скребків) і фізико-хімічні, що видаляють забруднення методом хімічного розкладання і змивання в процесі протікання хімічних реакцій [1, 4-11].

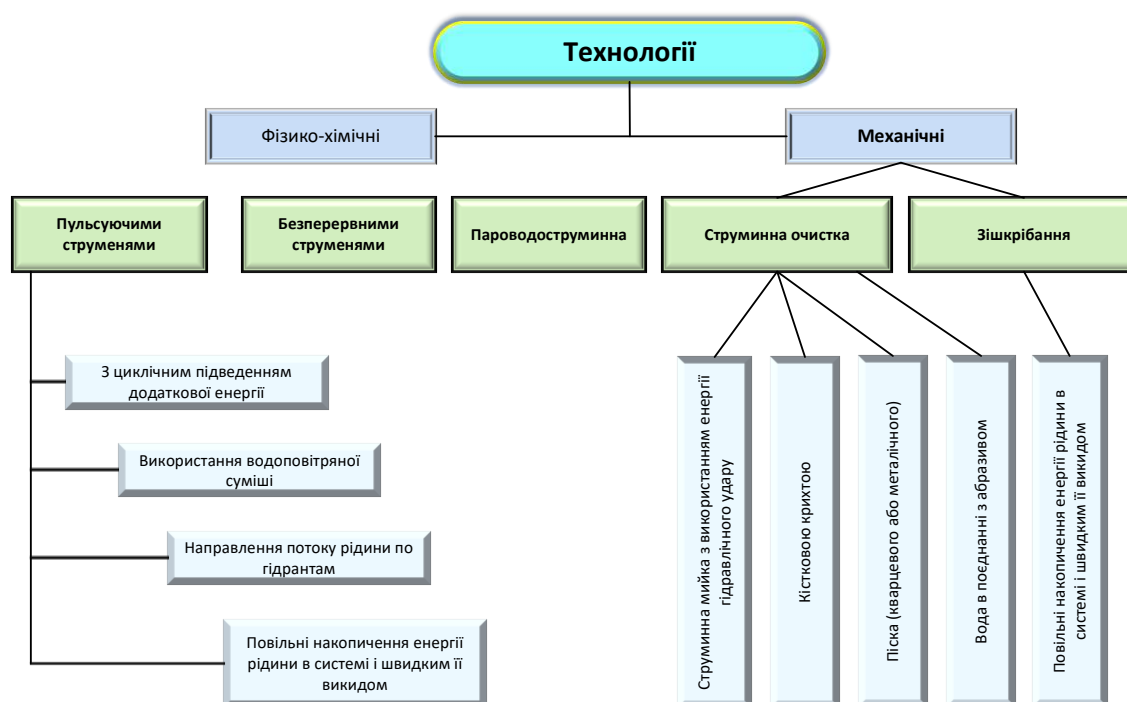


Рис. 1.5. Технології видалення забруднень з поверхні машини

Очищення з використанням фізико-хімічної енергії це: емульгування, молекулярні перетворення, розчинення, диспергування, хімічне травлення очищеної поверхні і ін. Фізико-хімічне очищення відбувається за рахунок використання миючих засобів, що поділяються на органічні, емульгуючі розчинники, кислотні та синтетичні миючі засоби. Найбільш ефективними є синтетичні миючі засоби, що містяться речовини які здатні знижувати вільну поверхневу енергію (поверхневий натяг) що характеризує поверхневу активність цих речовин. Речовини, що знижують поверхневий натяг розчину, називаються поверхнево-активними (ПАР) [1], вони активно руйнують вогнища забруднень на поверхні, що піддається очищенню.

Основним недоліком фізико-хімічного миття є значний негативний вплив на навколишнє середовище, також вони можуть завдавати шкоди оператору миючого пристрою.

Механічне очищення забруднень може здійснюватися ручними засобами (щіткою, скребком, абразивним папером) або струменями абразивного чи гідроабразивного матеріалу під тиском повітря чи води, що створюється за допомогою спеціальних пристроїв, які називаються сопла.

Струменева очистка найбільш широко поширена, вона дозволяє видалити

найбільш складні типи забруднень, при технічному обслуговуванні та ремонті машин частіше за все використовують піскоструменеву очистку та очистку струменем води під тиском [12].

Зішкрябування з використанням ручного інструменту є найменш продуктивним методом очистки, для його реалізації використовують як механічний так і електричний інструмент, його використовують у випадках коли неможливо застосувати більш продуктивні методи очистки.

До зішкрябування також відносять галтування і віброабразивне очищення, його основне призначення очищення окремих деталей, дані методи потребують спеціалізованого обладнання, в зв'язку з відмінною від теми роботи сферою застосування в подальшому вона розглядатись не буде.

До недоліків технологій зішкрябування відносять низьку продуктивність, високу трудомісткість, необхідність застосування спеціалізованого інструменту.

В умовах малих форм сільськогосподарського виробництва широкого застосування набули технології сухого і водяного струменевого очищення, їх класифікація представлена на рис. 1.6.

Кісточкова очистка це технологія, що базується на використанні подрібненої кісточкової фракції, що під тиском 3-5 МПа подаються стисненим повітрям до об'єкта очищення.

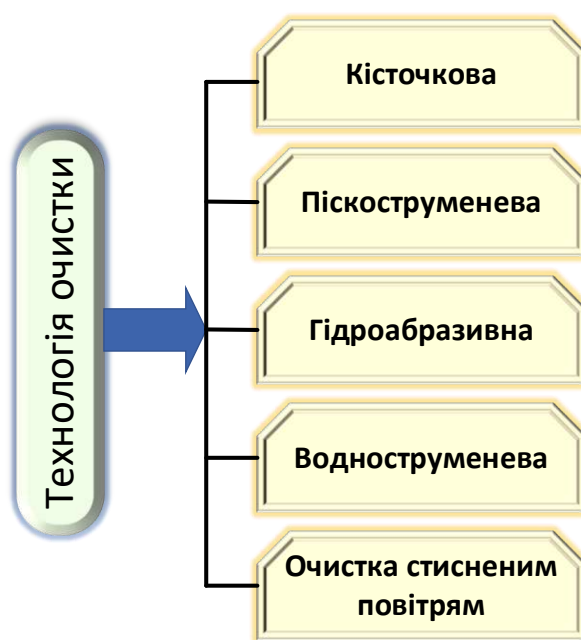


Рис. 1.6. Струменеві технології очищення

Цей спосіб відзначається високою якістю очищення за мінімальних витрат, та не має руйнівного впливу на зовнішні поверхні деталей очищення, може використовуватись для очистки алюмінієвих сплавів [1, 4-12]. До недоліків відносять високу запиленість робочої зони, це суттєво погіршує умови праці оператора і вимагає застосування засобів індивідуального захисту або примусової витяжної системи вентиляції.

Істотним недоліком даної технології є складність використовуваного обладнання, високі витрати при застосуванні установок з ручним керуванням струминними соплами.

Застосування піскоструминної очистки доцільне при видаленні середніх і сильно зв'язаних забруднень (старих лакофарбових покриттів, продуктів корозії). Дана технологія базується на абразивній очистці, за рахунок використання піску як абразивного матеріалу, транспортованого стисненим повітрям [1]. Така очистка забезпечує високий ступінь очистки та утворює рівномірну шорсткість поверхні, що сприяє якісному нанесенні лакофарбового покриття, чи іншого антикорозійного захисту.

Недоліки технології такі ж як і у кісточкової очистки, запиленість, та негативно вплив на здоров'я оператора. Однак сьогодні промисловість пропонує спеціальні очищувальні бокси для піскоструминної очистки. Однак вони мають високу вартість та потребують спеціальних навичок та умінь оператора. Також сюди відносять і дробоструминну обробку, однак вона ще більш вартісна ніж піскоструминна, основним недоліком є виникнення електрохімічного корозійного процесу, при очистці кольорових металів [1, 5, 7, 9].

Для очистки машин гідроабразивною технології використовується кварцовий пісок, карбід кремнію, окис алюмінію. Сутність технології в різкому викиді гідроабразивної суміші на очищувану поверхню. Ефект очистки залежить від вмісту абразиву, однак при його збільшенні виникають труднощі в транспортуванні водно-абразивної емульсії до об'єкта очистки, а низький вміст абразиву призводить до погіршення якості видалення забруднень.

При водно струминній технології очистки в якості механічного фактору, застосовується енергія гідравлічного удару. Принцип дії гідравлічної струменя на забруднену поверхню показаний на рисунку 1.7.

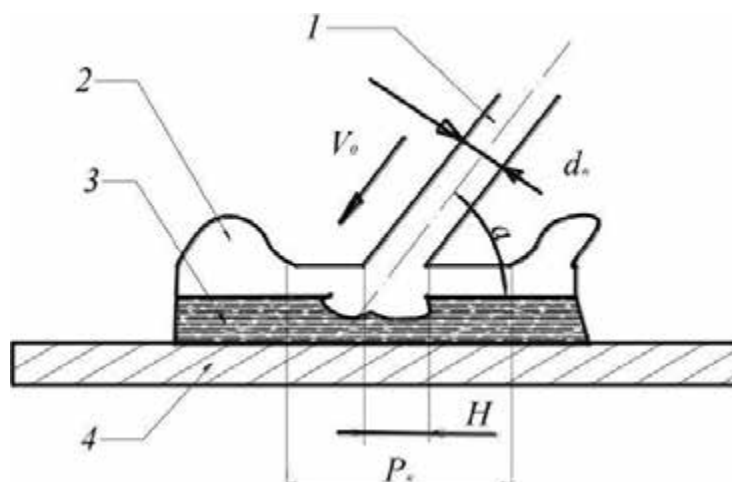


Рис. 1.7. Схема впливу струменя на омивану поверхню.

1 - потік рідини; 2 - гідравлічний стрибок потоку; 3 - забруднення; 4 - очищувана поверхня; V_0 - швидкість струменя; α - кут нахилу (атаки) струменя; P - сила впливу струменя на забруднену поверхню; N і T - нормальна і тангенціальна складові сили впливу струменя на забруднену поверхню; d_H діаметр струменя.

Застосування гідравлічної струменя для видалення слабо зв'язаних і середньо зв'язаних забруднень дозволяє забезпечити високу ступінь очищення.

Очищувальна сила гідравлічного удару, визначається за формулою [1, 5, 7, 9].

$$P = m_0 v_0 (1 - \cos \alpha) = \rho \omega_0 v_0^2 (1 - \cos \alpha) \quad (1.1.)$$

де P – сила удару струменя, Н;

m_0 – секундна маса рідини, кг/с;

ρ – щільність рідини, кг/м³;

v_0 – швидкість витікання рідини з сопла, м/с;

ω_0 – переріз струменя, м²;

α – кут відбивання від точки зустрічі з перешкодою, рад;

Продуктивність та якість водно струменевої очистки залежить від швидкості витікання рідини з сопла, яку розраховують за виразом:

$$v_0 = \varphi \sqrt{2gH} \quad (1.2.)$$

де H – напір води, м;

g – прискорення сили тяжіння м/с²;

φ - коефіцієнт швидкості залежить від форми отвору і типу насадки.

Швидкість v_0 - визначає витрата води Q через насадки:

$$Q = \frac{\pi d^2 v_0}{4000}, \quad (1.3.)$$

де d - діаметр сопла.

Зменшуючи діаметр сопла d та підвищуючи тиск, ми отримуємо, високу швидкість витікання рідини тобто підвищуємо механічну силу (удару) за тієї ж витрати води.

Застосування водоструминних технологій для видалення середньо і сильнозв'язаних забруднень обмежена через різке збільшення тиску подачі мийного розчину, що тягне за собою зростання споживання електроенергії.

З метою виключення даного недоліку розроблений метод гідродинамічного кавітаційного очищення [1]. Метод базується на ерозійному впливі кавітаційних бульбашок, що генеруються в спеціальному соплі та підвищують ступінь руйнуючого впливу струменя води на об'єкт очищення. Дана технологія дозволяє підвищити механічний вплив за рахунок додаткової енергії, отримати якісну очистку при мінімальних витратах [1].

Даний метод має низьку продуктивність та високу складність в управлінні процесами кавітації, це обмежує діапазон її використання. При цьому методі очищення існує потреба чіткого виконання розрахункових параметрів, забезпечують хлопання кавітаційних бульбашок безпосередньо у забрудненій поверхні.

Аналіз технологій очищення показав, що найбільш перспективною для видалення забруднень з поверхні сільськогосподарських машин та агрегатів є водоструминне очищення, технологія дозволяє підвищити рівень механічного впливу шляхом застосування додаткової енергії, в якості якої може служити енергія обертається струменя. Отже, для поліпшення якості мийки забруднених поверхонь автомобільного транспорту потрібно розробити конструкцію

пристрою, що дозволяє формувати обертову струмінь і впливати нею на оброблювану поверхню.

1.3. Аналіз конструкцій і засобів механізації миття автомобілів умовах СТО

Очистка забруднень та миття автомобільної техніки, агрегатів та деталей машин є однією з найбільш відповідальних операцій при ТО та ремонті.

Аналіз статистичних даних показав, що за період 2022-2023 роки кількість всіх видів автомобільної техніки на СТО зростає з 292819 до 309046 штук (дані за 2024 рік відсутні [13]) таблиця 1.1.

Таблиця 1.1

Наявність техніки у підприємствах.

Найменування техніки	С/г підприємства – всього		У тому числі фермерські господарства	
	2022	2023	2022	2023
Трактори – всього	128697	130529	40053	41783
з них трактори колісні	117244	119178	36814	38482
Мотоблоки	634	1011	347	666
Вантажні та вантажно-пасажирські автомобілі	78077	78678	15194	15655
Причепи та напівпричепи	63244	64800	14372	15017
Плуги	49924	51447	18431	19654
Культиватори	70505	71633	24120	25309
Борони	161129	160004	34251	35660
у т. ч. дискові	33343	34780	12897	13862
Машини посівні та для садіння – всього	68921	70536	24544	26107
з них				
сівалки	65070	66511	22898	24322
картоплесаджалки	1310	1305	679	701
Розкидачі гною і добрив	22642	23878	6559	7305
Обладнання іригаційне:				
дощувальні машини	4501	4617	796	863
машини і пристрої для поливу	2361	2717	590	706
водяні насоси і насосні станції	4476	5010	806	925

Машини для захисту сільськогосподарських культур	22229	23487	8178	8857
Сінокосарки	9920	10196	2602	2780
Жатки валкові	15 977	16 862	5159	5 620
Прес-пакувальники, включаючи прес-підбирачі	8114	8 226	2153	2244
Комбайни і машини:				
зернозбиральні	26287	26524	9636	9986
кукурудзозбиральні	1497	1477	428	457
кормозбиральні, включаючи причіпні	3717	3587	384	383
льонозбиральні	102	97	к	к
картоплезбиральні, включаючи картоплекопачі	947	953	396	414
бурякозбиральні (без машин для обрізання бурячиння)	1642	1568	387	366
для збирання овочів і баштанних культур	402	447	104	123
для збирання плодів, ягід, винограду	86	94	27	27
Техніка для післяурожайних робіт	20527	21591	6727	7308
Доїльні установки	4356	4334	468	497
Доїльні апарати	5674	5752	567	587
Очищувачі-охолоджувачі молока	2543	2555	234	244
Молочні сепаратори	261	267	71	73
Інкубатори	1020	1168	49	59
Машини і механізми для приготування кормів	3854	4046	533	579
Роздавачі кормів	5074	5040	473	502
Транспортери для прибирання гною	12309	11958	892	923

Сутність цього способу полягає в ерозійному впливі кавітаційних бульбашок, згенерованих у спеціальному соплі, які посилюють ступінь руйнівного впливу струменя води на об'єкт очищення. Технології кавітаційного

очищення є найперспективнішими, оскільки дають змогу підвищити механічний вплив за рахунок додаткової енергії, отримати якісне очищення за мінімальних витрат.

Мийні установки механічної дії знайшли широке застосування не тільки в сільськогосподарському виробництві, а й у різних галузях народного господарства. Вони мають схожі конструктивні ознаки, за наявністю яких установки можна класифікувати за такими групами:

1. за конструкцією робочого органу:
 - струменеві
 - щіткові
 - комбіновані (струменеві та щіткові)
2. за способом переміщення щодо об'єкта, що очищається:
 - проїзні
 - рухомі
3. за розташуванням:
 - стаціонарні
 - пересувні
 - автономні
4. за тиском рідини, що подається
 - низького тиску (до 0.35 МПа)
 - середнього тиску (до 0.8 МПа)
 - високого тиску (понад 0.8 МПа)

Мийні установки струменевого типу переважно використовуються для миття автомобілів великих розмірів. У таких установках мийну рідину на поверхню, що очищається, направляють через спеціальні насадки у вигляді сопел (форсунок), розташованих на стаціонарних або переміщуваних трубопроводах - колекторах.

Мийні установки проїзного типу дають змогу одночасно очищати всі забруднені поверхні машин, оскільки в процесі миття вони примусово за допомогою конвеєра переміщуються через мийну камеру, розташовану

безпосередньо в установці. У процесі мийки струменеві сопла додатково здійснюють коливальні або обертальні рухи, що дає змогу поліпшити процес видалення забруднень.

Мийні установки стаціонарного типу (рис. 1.8.) виготовляють як у вигляді порталної рами, так і у вигляді стаціонарних стійок, жорстко закріплених на основі мийного поста. На них монтуються виконавчі елементи установок (трубопроводи з соплами або щітками), а також вентиляційне обладнання, призначене для обдування (сушіння) машин.



Рис. 1.8. Стаціонарна струменева щіткова мийна установка для струменевої мийки

На відкритих майданчиках для миття автомобільної техніки та техніки іншого призначення використовуються пересувні мийні машини.

Пересувні мийні установки (рис. 1.9.) конструктивно виконані у вигляді самохідного шасі, на якому закріплені робочі органи (трубопроводи з соплами). Вони можуть бути використані для миття машин на достатній відстані від машинного двору безпосередньо на польовому стані в період проведення збиральних робіт.

Стаціонарні мийні установки високого тиску характеризуються схожими технічними параметрами з пересувними і можуть розташовуватися як у

вертикальній, так і в горизонтальній площинах. Установки високого тиску герметично закриті захисними кожухами, які призначені для унеможливлення проникнення води на поверхню її конструктивних елементів у процесі миття.



Рис. 1.9. Пересувна мийна установка

Такі мийні установки вирізняються високою вартістю і їхнє застосування в умовах малих і фермерських господарств економічно недоцільне.

На СТО та підприємствах найширше застосування знайшли побутові мобільні мийні установки.

Струменеві установки низького тиску наразі практично промислово не виробляють, і їх застосування малоефективне через низьку продуктивність і неякісне миття.

Модельний ряд мийних установок представлений здебільшого універсальними апаратами середнього і високого тиску, які призначені для миття машин, як в умовах виробничих потужностей, так і для використання в невеликих господарствах. Вітчизняні виробники випускають широкий спектр водоструминних установок, які мають хороші експлуатаційні характеристики і відрізняються невисокою вартістю, в порівнянні з імпортними аналогами. Для використання в умовах невеликих господарств можуть бути застосовані установки Інтерскол АМ-130/2500В (рис. 1.10.) і ЗУБР ЗАВД-3000 (рис. 1.11.). Установка Інтерскол АМ-130/2500В є переносною і складається з насоса

плунжерного типу і силового агрегату, потужністю 2,5 кВт. Вона оснащена двома насадками для формування віялового і кинджального струменів.



Рис. 1.10. Установка Інтеркол АМ-130/2500В для водоструминного очищення: 1 - гідромонітор, 2 - шланг високого тиску, 3 - захисний кожух силової установки.



Рис. 1.11. Зовнішній вигляд пересувної мийної установки високого тиску «ЗУБР ЗАВД-3000»

1 - гідромонітор, 2 - шланг високого тиску, 3 - кнопка ввімкнення,
4 - захисний кожух силової установки.

Пересувну водоструминну мийну установку моделі М125 (рис. 1.12.) використовують для миття автомобільної техніки усіх типів. Конструктивно М125 складається з плунжерного насоса, електродвигуна, пересувного візка на колесах, спеціального барабана для кріплення шлангів і мийного пістолета. Вода від насоса, що приводиться в обертання електродвигуном, по шлангу подається до пістолета і спрямовується на поверхню, що очищається, під високим тиском. Цей принцип роботи застосовується в більшості сучасних мийних установок. Додатково в конструкції моделі М125 передбачені баки для мийних складів.

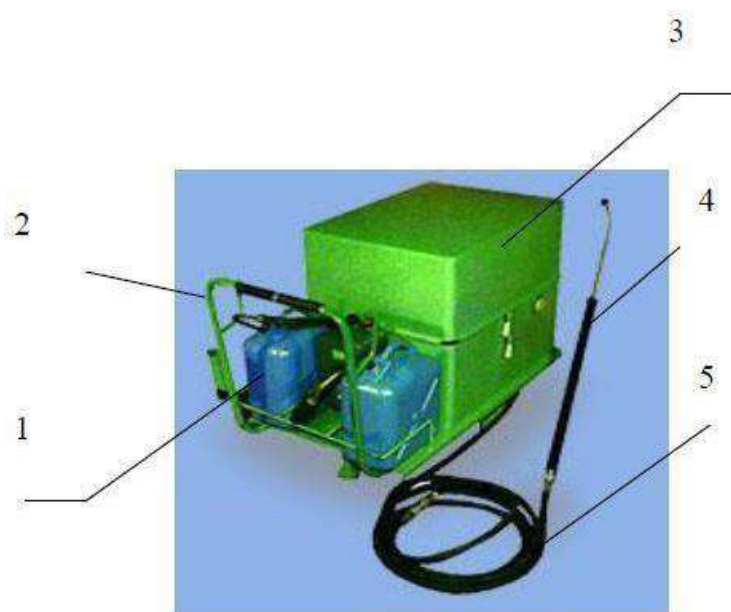


Рис. 1.12. Зовнішній вигляд установки водоструминного очищення М125:
1 - ємність для мийного розчину, 2 - ручка для переміщення, 3 - корпус установки, 4 - гідромонітор, 5 - шланг високого тиску.

На рис. 1.13. показано пересувну мийну установку високого тиску без підігріву води «СОРОКИН 14.17», яка за конструкцією аналогічна більшості мийних машин цього виду.



Рис. 1.13. Зовнішній вигляд пересувної мийної установки високого тиску «СОРОКИН 14.17»: 1 - шланг високого тиску, 2 - кабель живлення, 3 - захисний кожух силової установки.

Технічні характеристики перерахованих вище установок для миття техніки наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Технічні характеристики установок для мийки струминного типу без підігріву води.

Моделі установок	Розміри, (д.хш.хв. в см):	Потужність електродвигуна, кВт	Робочий тиск, МПа	Продуктивність, л/год.	Маса, кг
Інтерскол АМ-130/2500В	128x90x 60	2.5	14	469	29,3
М 125	85x54x62	4	17	721	63
ЗУБР ЗАВД-3000	130x76x76	3	16	391	25
СОРОКІН14.17	130x70x70	1,8	11	404	21,6

Зарубіжні виробники також пропонують широкий спектр мийних установок високого тиску (рис. 1.14.). Іноземні фірми випускають різноманітний модельний ряд установок для миття високого тиску. Порівняльний аналіз засвідчив, що зарубіжні установки відрізняються від інших - зменшеними розмірами і вагою, а також більш високими експлуатаційними характеристиками, що забезпечуються завдяки застосуванню сучасних матеріалів і технологічних рішень.

Характеристики мийних установок зарубіжного виробництва представлені в таблиці 1.2.

Живлення представлених у таблицях 1.2 і 1.3 установок здійснюється від мережі 220 В/50 Гц, максимально допустима температура води на вході становить не більше 40°C. Конструктивно переважна більшість пересувних установок високого тиску складаються з пересувного візка, з розташованими на ньому двигуном, насосом високого тиску, передавальною муфтою або редуктором. Установки комплектуються шлангами високого тиску і гідромоніторами, які призначені для надання сформованому в соплі струменю потрібного напрямку.



Рис. 1.14. Зовнішній вигляд зарубіжних пересувних мийних установок високого тиску : а – Karcher К 7; б – «OERTZEN» 316 С; в – «CHAMPION» HP6300; г – «Bosch» AQT 45-14 X; д – «STERWIN» S-160 EPW; е – «PATRIOT» GT 320 imperial

Таблиця 1.3.

Апарати високого тиску без підігріву води зарубіжного виробництва.

Фірма (країна)	Модель	Потужність, кВт	Робочий тиск, МПа	Продуктивність, л/час	Маса, кг
«Karcher» (Германия)	К7	4	17	650	19,4
«OERTZEN» (Германия)	316 С	4,3	19	780	35
«CHAMPION» (Китай)	HP6300	2,4	16	440	26
«Bosch» (Германия)	AQT 45-14 X	2,2	15	490	18,5
«STERWIN» (Китай)	S - 160EPW	2,5	17	470	20
«PATRIOT» (Китай)	GT 320 Imperial	1,4	11	400	5,4

Мийні машини для струменевого очищення зовнішніх поверхонь конструктивно відрізняються несуттєво та складаються з таких основних елементів: електродвигуна, насоса та мийного пістолета. Поліпшення характеристик мийних установок як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва можна забезпечити шляхом збільшення напору мийної рідини, що позитивно відіб'ється на ефективності механічного впливу на забруднення.

Дослідження, показали, що підвищення продуктивності установок можна досягти не тільки завдяки збільшенню потужності електродвигуна і підвищенню температури мийної рідини.

Латишенком М.Б., Поповим А.С., Паюровим Р.А. і Шемякіним О.В. розроблено низку конструкцій мийних машин, які дають змогу виконувати гідродинамічну очистку забруднень автомобільної техніки із використанням енергії кавітації та сублімації (рис. 1.15., 1.16.). Підвищення ступеня очищення забруднених поверхонь при застосуванні даної установки здійснюється шляхом збільшення енергії струменя за рахунок його насичення кавітаційними бульбашками, які мають високу ерозійну здатність.

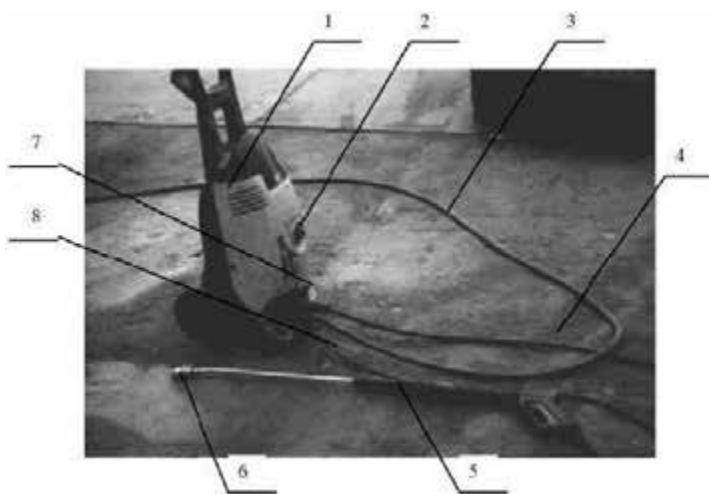


Рис. 1.15. Загальний вигляд установки акустико-кавітаційної дії

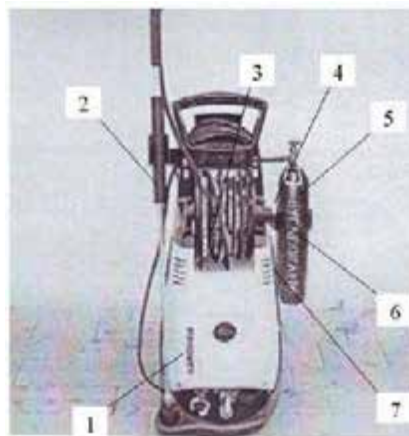


Рис. 1.16. Загальний вигляд промислового зразка установки для очищення з використанням рідинного багатокомпонентного струменя : 1 - корпус; 2 - мийний монітор із соплом і витратоміром, 3 - шланг для подачі води; 4 - шланг для підведення вуглекислоти; 5 - регулятор тиску подачі вуглекислоти з витратоміром; 6 - вуглекислотний балон, 7 - кронштейн для кріплення балона.

Розроблена конструкція пристрою забезпечує очищення сільськогосподарської техніки та мобільної техніки іншого призначення від усіх видів забруднення шляхом застосування енергії кавітаційного вибуху. Істотним мінусом цієї конструкції є її невисока продуктивність, оскільки площа кавітаційного впливу порівняно мала. При застосуванні розглянутої установки високий ступінь очищення досягається тільки на незначній відстані від кавітаційної насадки, на якій кавітаційні бульбашки забезпечують максимальний ерозійний вплив. Під час виконання процесу очищення потрібно забезпечувати обов'язковий контроль відстані до поверхні, що очищається, що істотно обмежує використання цієї установки. Необхідність постійного контролю розрахункових параметрів, відхилення від яких призводить до зниження або повного зникнення кавітаційного ефекту, також негативно позначається на експлуатаційних характеристиках розглянутої конструкції.

До недоліків цієї конструкції слід віднести високу вартість і необхідність попередньої підготовки вуглекислотного газу.

Мийні установки для видалення забруднень із автомобільної техніки конструктивно відрізняються незначною мірою і складаються з таких основних елементів - електродвигуна, насоса і мийного пістолета. Як показав аналіз,

основним напрямком підвищення експлуатаційних характеристик мийних установок як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва є підвищення напору мийної рідини для збільшення механічного впливу на забруднення, але підвищення продуктивності установок можна досягти не тільки за рахунок збільшення потужності електродвигуна та підвищення температури мийної рідини, а й за рахунок використання додаткової енергії гідродинамічного впливу, для отримання якої необхідне розроблення насадок специфічної конструкції.

Зважаючи на стабільний ріст технічного забезпечення СТО технічними засобами, зростає і потреба в сучасних та ефективних технічних засобах для їх миття та очистки.

Сьогодні в Україні існує низька забезпеченість СТО та обслуговуючих ремонтних майстерень сучасним мийним обладнанням, доступними витратними матеріалами. В той час аналіз світового досвіду показує, що дана сфера технічного обслуговування розвивається досить жваво, відомі світові виробники постійно працюють в напрямку розвитку перспективних технологій очистки, обладнання та матеріалів, в них існують відповіді на всі запити ринку, зокрема і на умови автомобільного виробництва.

Сучасне обладнання для миття та очистки забруднень класифікують за такими ознаками як:

- За функціональним призначення (для зовнішнього миття, очищення вузлів, агрегатів і деталей);
- За типом (струминні, моніторні, заглибні, комбіновані, спеціальні);
- За ступенем впливу на автомобільну техніку (з контактним впливом, з безконтактним впливом, обладнання для миття паром);
- За призначенням залежно від типу виробництва (ремонтне виробництво, станція ТО, автомобільна мийка).

Найбільш універсальними є машини для зовнішнього миття. На ринку України щорічно реалізується значна кількість універсальних миючих пристроїв для зовнішнього миття, зокрема і відомих світових виробників, німецького, італійського, англійського та іспанського виробництва. Вагоме місце на ринку

очисних машин та обладнання для миття займає продукція фірми Karcher (Німеччина). Однак сьогодні можна зустріти обладнання таких відомих світових фірм-виробників, як: Weidner, Wesumat, Kranzle, California Kleindiest Trommelberg (Німеччина), Istobal (Іспанія), Carebridge (Велика Британія), Sessato, Comet, Oma, MAGIDO, FLEXBIMES, RAV (Італія), Butler (Польща-Італія), SEONGJIN ENGINEERING (Південна Корея), STEAMRATOR OY (Фінляндія), AirCast (Білорусь), "Profitech" (Україна), та ін.

Для зовнішньої очистки та миття можуть застосовуватись три конструктивних типи очисних пристроїв: апарати високого тиску, порталні мийки, тунельні мийки. В умовах СТО 100% мийних пристроїв це апарати високого тиску (АВТ). Вони бувають мобільні та стаціонарні з приводом від ДВЗ чи електричної мережі. Вони можуть різнитись один з одним наявністю систем підігрівання води, типом насоса та набором різноманітних насадок, які дають змогу підвищити продуктивність мийного обладнання та якість виконання мийних операцій.

Використання сучасного миючого обладнання для якісного видалення широкого спектру присутніх у сільськогосподарському виробництві забруднень з ефективними мийними засобами збережуть час, зусилля і забезпечать якість технологічних операцій миття.

Розглядаючи миюче обладнання варто почати з апаратів високого тиску німецької фірми KARCHER. Миття можна здійснювати з використанням спеціальних щіток або ж безконтактним способом з використанням активної піни, яка змивається водою під високим тиском. Виробник KARCHER має широку гаму мийних апаратів високого тиску без підігрівання: HD 5/15 C; HD 6/15 M; 6/15-4 Classic; HDS 5/15 uc, Karcher K 2 Compact K 3 Power Control, Karcher K 7 Premium Full Control тощо. Розглянемо деякі з них.

Мінімийка Karcher K 7 Premium Full Control Plus [14] (рис. 1.17.). Модель призначена для регулярного використання і тривалих робіт. Справляється навіть з найсильнішими забрудненнями. Продуктивність по площі - 60 м².



Рис. 1.17. Мінімийка Karcher K 7 Premium Full Control Plus.

Завдяки пістолету Full Control легко визначає необхідний тиск для конкретної поверхні. Тиск регулюється насадкою Vario Power, а параметри відображаються на LED-дисплеї пістолета.

Апарат має систему забору миючого засобу Plug 'n' Clean, що дозволяє швидко міняти ємності з хімією в залежності від потреб.

В разі використання миючого засобу через апарат, на виході отримується мильна миюча суміш для контактної мийки. Для безконтактної мийки за допомогою піни необхідна пінна насадка.

Технічні характеристики:

- Тиск 20-160 / 2-16 бар/МПа;
- Продуктивність 600 л/год;
- Виробляє. по площі 60 м²;
- Споживана потужність 3 кВт;
- Макс. темп. води на вході 60°C;
- Маса (без принади) 17,9 кг;
- Розміри (Д×Ш×В) 463×330×667 мм.

Серед апаратів високого тиску з ДВЗ без підігріву води розглянемо апарат високого тиску HD 6/15 G KAP [15] (рис. 1.18.).



Рис.1.18. Апарат високого тиску HD 6/15 G КАР, від Karcher.

Автономний апарат HD 6/15 G Classic з потужним бензиновим двигуном внутрішнього згоряння. Потік води - 600 л/год. Дозволяє працювати без електрики і тому незамінний для різного застосування у виробництві, будівництві та СТО. Апарат має перевіреної надійності кривошипно-шатунний насос Karcher і вражає простотою обслуговування і чудовою мобільністю. Може використовуватися незалежно від наявності електромережі завдяки двигуну внутрішнього згоряння. За допомогою додаткових аксесуарів можлива подача на вхід апарату води з доступних джерел.

Технічні характеристики:

- Продуктивність (л/год) 600;
- Робочий тиск (бар/МПа) 150/15;
- Макс. тиск (бар) 200;
- Тип двигуна G200FA / Бензиновий;
- Вага (кг) 42,6;
- Габарити (довжина x ширина x висота) (мм) 799×637×1097 мм;

Серед вітчизняних виробників розглянемо професійну мийка високого тиску Profi 1 lite виробника Profitech [16] (рис. 1.19.).



Рис. 1.19. Професійна мийка високого тиску Profi 1 lite

АВТ Profi 1 lite призначено для стаціонарного використання, конструкція мийки забезпечує створення робочого тиску до 200 бар, апарат входить до серії професійних очисних пристроїв. Нижче наведено основні технічні характеристики апарату.

- Матеріал корпусу насоса - латунь;
- Максимальний тиск 200 бар;
- Мінімальний тиск 20 бар;
- Максимальна продуктивність 900 л/год;
- Споживай Потужність 5500 Вт;
- Максимальна температура води на вході 60 град;
- Напруга мережі 380~400 В;
- Матеріал поршнів насоса - кераміка;
- Система охолодження двигуна - повітряна.

На особливу увагу працівників СТО, сервісних і ремонтних підприємств у сільському і лісовому господарстві заслуговують мийні апарати високого тиску з підігріванням води як - стаціонарні, так і мобільні. Вони гарантують високу продуктивність і характеризуються широкою номенклатурою оснащення.

Професійні мийні апарати високого тиску мобільного типу здебільшого мають конструкцію, яка не передбачає нагрівання води. Виняток становлять стаціонарні мийки високого тиску. Технічні характеристики мійок високого тиску з підігріванням води фірми KARCHER наведено нижче [15].

Мийки HDS 9/14-4 ST Eco та HDS 12/14-4 (рис. 1.20.) можуть використовуватися не тільки для миття техніки теплою або ж гарячою водою належної температури, а й для видалення важких забруднень пароводяною сумішшю. Це вказує на можливість їхнього використання в умовах ремонтних майстерень. Особливістю стаціонарного апарата високого тиску HDS 12/14-4 є те, що котел працює на зрідженому газі.



Рис. 1.20. Стаціонарний апарат високого тиску HDS 12/14-4 ST з нагріванням на рідкому паливі.

Стаціонарний апарат високого тиску HDS 12/14-4 ST з нагріванням на рідкому паливі забезпечує чудову теплопродуктивність і високий рівень надійності і безпеки завдяки автоматичному скиданню тиску, контролю температури вихлопних газів, захисту від нестачі води і згладжування перепадів тиску. Інтегрована система скидання тиску, яка пропонує надзвичайно високий рівень безпеки, пристрій контролю температури димових газів, інноваційне автоматичне відключення при відсутності води в баці з поплавковим регулятором рівня, а також шланг SDS, що нейтралізує скачки тиску. З бойлерами Eco-Line ці апарати відповідають останнім вимогам регламентування промислових газоподібних викидів VimSch.

Ефективне очищення невеликих і середніх вузлів і деталей, елементів обладнання та інструментів можна здійснювати в апаратах PC 60/115 T (німецької фірми KARCHER) і VE 800 M (італійської фірми RAV), у які можна завантажити деталі масою, відповідно, 115 і 120 кг. Для очищення забруднених вузлів, деталей та елементів обладнання середніх і великих розмірів можна використати апарати: PC 70/230 F (німецької фірми KARCHER), VE 1000M та VE1200M (італійської

фірми RAV), L152 (італійської фірми MAGIDO). Маса деталей, яку можна завантажити в мийні апарати, становить для перших двох машин 200 кг, для третьої машини - 300 кг та для четвертої - 350 кг. Для підвищення якості видалення забруднень більшість мийних апаратів обладнані додатковим оснащенням. Так, апарати PC 60/115 T та PC 70/230 F мають трирівневу систему сопел із розпилювачами та корзину для миття дрібних деталей, яка встановлюється на рухомий диск. Крім того, для підвищення продуктивності миття та очищення деталей мийні апарати мають відокремлювачі оливи, які забезпечують майже повне очищення використаного розчину від оливи і мастил та підтримують їхнє тривале використання без заміни. Характеризуючи мийну машину VE 800 M, можна акцентувати увагу на таких параметрах: потужність водяного насоса становить 0,55 кВт; потужність нагрівача - 4,0 кВт; місткість бака - 100 л; робоча напруга - 380 (220) В; маса - 170 кілограмів.

Для видалення різного виду забруднень деталей і великих агрегатів можна використати мийне обладнання з автоматичним очищенням і підігріванням італійської фірми MAGIDO: L190E та L210E. Температурний режим машин становить 0-700С. Машини можуть забезпечувати підігрівання води газом, дизельним паливом та електричними нагрівальними елементами.

Однією з передових мийних технологій нині є миття парою. Її використовують для якісного миття та швидкого видалення різного виду забруднень. Технологія миття парою спрямована не лише на охорону природи та навколишнього середовища, а й значно знижує витрату води, зберігаючи при цьому якість покриття машини, не потребує спеціального полірування. Очищення парою може використовуватися не лише в ремонтному виробництві, а й для очищення салонів автомобілів та автобусів, приміщень та для їхньої дезінфекції. Фірма SEONGJIN ENGINEERING (Південна Корея) і пропонує парові генератори з електричним нагрівальним приладом (моделей Optima EDS, Optima EST3, Optima EST1) та парові генератори з джерелом тепла завдяки згорянню палива (моделей Optima DM(F) та Optima DS). Парогенератори Optima DM(F) та Optima DS потужністю 0,3 кВт, масою 70 кг, об'ємом бойлера 17 л

можуть подавати пару температурою 85...120°C, тиском 8 кг/см². Парогенератори Optima EDS, Optima EST3 потужністю 12,2 кВт, масою 85 кг, об'ємом бойлера 20 л можуть подавати пару температурою 85...120°C, тиском 8 кг/см². Парогенератори можна ефективно використовуватися для миття двигунів внутрішнього згорання.

Обираючи обладнання для очищення машин, слід орієнтуватися на фірми, які займаються розробкою технологій, виробництвом, постачанням, монтажем і сервісним обслуговуванням автоматичного мийного обладнання.

Наразі автомобільна техніка - це: легкові та спеціальні автомобілі сервісних служб, вантажні автомобілі великої вантажопідйомності для транспортування різних видів продукції та інші види машин. Одним із напрямів забезпечення їхньої працездатності завжди залишається якісне сервісне обслуговування, включаючи миття та видалення забруднень.

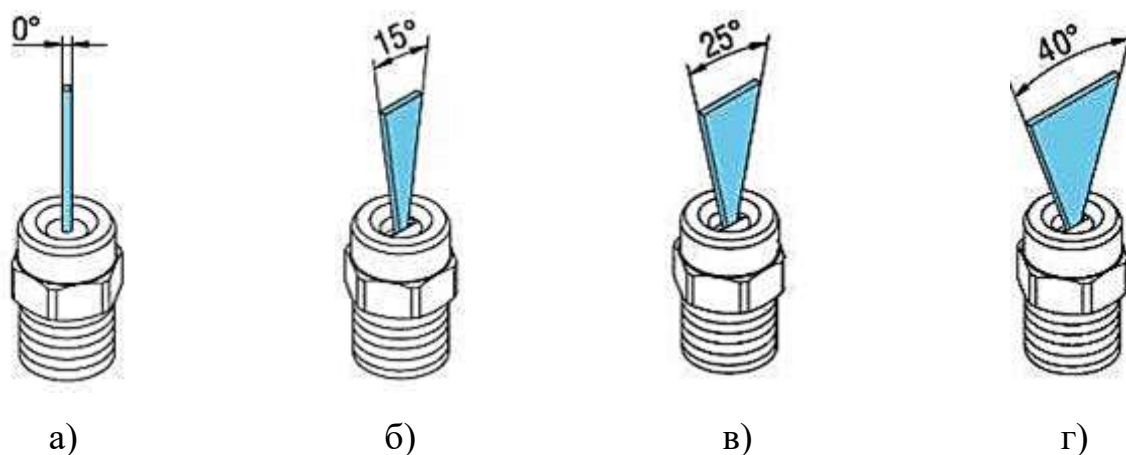
Миючі пристосування для струминного очищення конструктивно мають незначні відмінності і в основному складаються з таких наступних конструктивних елементів: електродвигуна, насосу та миючого пістолету. Підвищення характеристик мийних пристроїв можна досягти шляхом збільшення напору миючої рідини, це позитивно вплине на ефективність механічного впливу на забруднення.

1.4. Аналіз конструкцій миючих насадок

Ефективність очищення залежить від форми конструкції сопла (насадки) та швидкості стікання води з нього. Сопла слугують для утворення швидкого напору, дозування витрати рідини і додання струменів води певної конфігурації. Вони виконуються з металу, кераміки пластика, їх різноманітна конфігурація дає можливість отримувати різні форми миючого струменя: розсіюють, віялоподібні, кинджальні, щілинні та інші (рис. 1.12.). Струмені, формують з допомогою насадок (сопел) циліндричної форми.

Сопла інших форм використовуються рідко з причини високої складності їх виготовлення, навіть, зважаючи на те що, експлуатаційні параметри деяких

конструкцій перевершують циліндричні [9, 12-16].



а - кинджальний струмінь, б, в, г - плоский струмінь.

Рис. 1.12. Сопла мийних установок:

У струмені кинджальний форми висока очищаюча здатність, низька продуктивність по площі, а у струменя віялової форми - висока продуктивність по площі та низька очищаюча здатність. У кинджального струменя зберігається до 70% вихідного ударного тиску на відстані до 20 см, а у віялового - до 5%. Кинджальні сопла формують різкий, зосереджений струмінь, що проникає в товщину забруднення і відриває їх знизу від поверхні, це дозволяє проникати у важкодоступні зони очищення. Віялові сопла, що мають плоский поперечний переріз, при малих кутах формують плоский і різкий струмінь з великою силою удару, а в міру збільшення кута - широкий струмінь зменшує силу удару (рис. 1.13.).

Показниками, що характеризують ефективність насадки є: коефіцієнт витрати μ , коефіцієнт опору $\varepsilon\varepsilon$ і швидкісний коефіцієнт μ . Витрата рідини при постійному напорі визначається з виразу [1]:

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2P}{\rho}}, \quad (1.4.)$$

де d - діаметр отвору, м;

P - тиск рідини у соплі, Па;

ρ - щільність рідини, кг/м³.

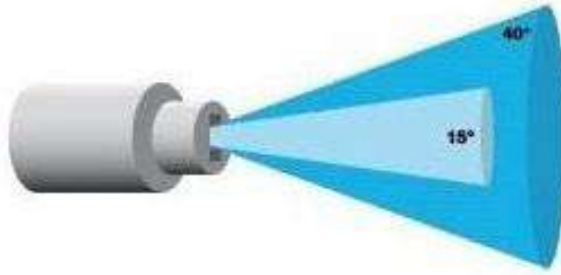


Рис. 1.13. Ступінь насиченості водяного струменя в залежності відкута її розпилювання.

Енергія стікаючої з сопла рідини визначається за формулою:

$$W = \frac{mV^2}{2} \quad (1.5.)$$

де m - маса стікаючої рідини;

V - швидкість витікання рідини з сопла.

Швидкість витікання розраховують по формулі:

$$V = \varphi \frac{2P}{\rho}, \quad (1.6.)$$

де φ - швидкісний коефіцієнт.

$$\varphi = \frac{1}{\alpha + \varepsilon}, \quad (1.7.)$$

де α - коефіцієнт нерівномірності розподілу швидкостей по перерізу потоку (зазвичай $\alpha = 1$);

ε - коефіцієнт опору повітря.

Енергія струменя можна визначитися:

$$W = \frac{mV^2}{2} = \frac{Q\rho V^2}{2} = \mu\varphi^2 \frac{\pi d^2 \rho}{8} \left(\frac{2p}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}} = \mu \frac{\pi d^2 \rho}{8(\alpha + \varepsilon)^2} \left(\frac{2p}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}}, \quad (1.8.)$$

З виразу (1.8.) випливає, що сила струменя залежить від маси рідини та швидкості її стікання [1, 5-12, 14-16]. За законами гідравліки, збільшення напору у насадці (соплі) підвищує швидкість витікання, тому і енергія струменя зростає.

На підставі розглянутої інформації встановлено, що перспективними є пристрої з застосуванням енергії гідравлічного удару рідини з періодичним напрямком потоку рідини по каналах, а також використання в якості елемента підвищення ефективності процесу очищення явищ енергонасичення струменя [41, 53, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 131, 140]. Існуючі конструкції сопел мають

високу вартість, нестабільність і низьку продуктивність, це стримує їх широке застосування, внаслідок чого існує потреба наукового обґрунтування оптимальних параметрів та режимів роботи такого типу сопла для використання в універсальних конструкціях мийок для видалення забруднень сільськогосподарських машин і агрегатів.

1.5. Постановка проблеми

Огляд видів забрудненості автомобільної техніки показали, що наявні технічні рішення технології миття не в повній мірі відповідають тим потребам які до них висуваються. В зв'язку з чим випливає висновок, що є потреба в розробці конструкції спеціального мийочого пристрою і технологічних рішень, направлених на підвищення якості миття від характерних для автомобільної техніки забруднень з мінімальними енергетичними і трудовими затратами та високою якістю очищення елементів автомобільної техніки і агрегатів.

Виконаний літературний пошук показав, що перспективною технологією миття автомобільної техніки є водоструминна мийка з технологією додаткової енергії.

Конструкції мийних пристроїв відрізняються незначно та складаються з таких наступних конструктивних елементів: двигуна, насоса і мийного пістолета.

Продуктивність мийок можна підвищити за рахунок застосування спеціальних насадок, які дозволяють підвищити рівень механічного впливу на забруднення.

З існуючих насадок для мийок найбільш ефективними є гідродинамічні насадки, що створюють ефект гідравлічного удару і забезпечують підвищення механічної дії водяного струменя. Недоліком таких насадок є низька продуктивність, підвищити яку можливо доданням обертання водяному струменю, вони засновані на ефекті турбулентності рідини, це в свою чергу виключає недоліки гідродинамічних насадок, через застосування закручування водяного струменя.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Розробка конструкції сопла

Наше завдання розробити конструкцію сопла з можливістю вільного обертання струменя води, для утворення ефекту гідродинамічного удару. Для отримання обертового гідравлічного струменя було розроблено конструкцію пристрою, в конструкцію якої входить прямоточна жорстко закріплена труба 1 що з'єднується з гідравлічним каналом подачі води під тиском, на який за допомогою поворотної опори 2 змонтоване обертове колесо з крильчаткою 3. Обертове колесо з крильчаткою 3 пов'язане з корпусом патрубку 4, закріпленого з жорстко закріпленою трубою 1 через ущільнення 5 і циліндричним струменем, що утворюється насадкою 6 конструкція показана на рис. 2.1.

У центрі торця струмені утворює насадка 6 в ній виконані наскрізні отвори 7, отвори просвердлені під 120° один до одного. Кожен отвір має конусну форму з кутом конусності 18° , кут обмежено двома плоскими паралельними поверхнями (рис. 2.2.). Пристрій працює наступним чином. Нерухома труба 1, поєднана з джерелом води, подає воду під тиском через манжетне ущільнення 5 в циліндричний патрубок 4.

Потік повітря, що подається через канал подачі повітря 9, надходить в корпус повітряної камери 10 і приводить в обертання крильчатку веденого колеса 3, встановлену всередині повітряної камери 8. Обертання крильчатки веденого колеса 3 передається на співвісно приєднаний до нього патрубок 4, закінчується співвісною приєднаним віяло формуючою насадкою 6.

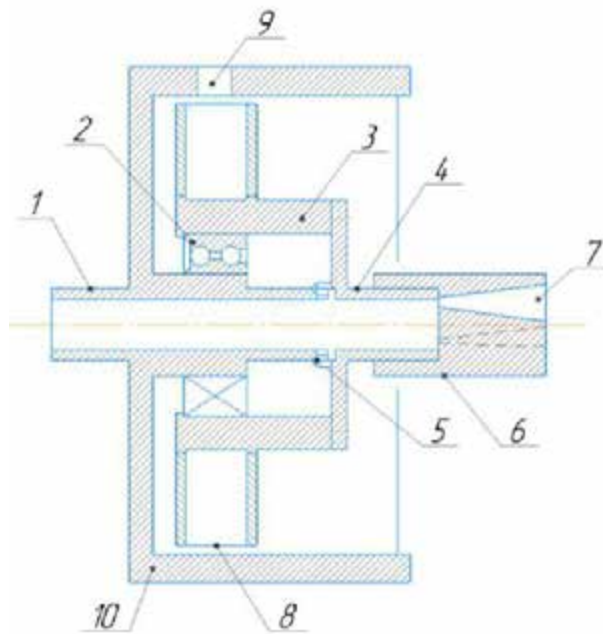


Рис. 2.1. Пристрій для створення обертового гідравлічного струменя:

1 - нерухома труба, 2 - поворотна опора, 3 - ведене колесо з крильчаткою, 4 - циліндричний патрубок, 5 - манжетне ущільнення, 6 - віяло формуюча насадка, 7 - наскрізні отвори віяло формуючої насадки, 8 - повітряна камера, 9 - канал подачі повітря, 10 - корпус повітряної камери.

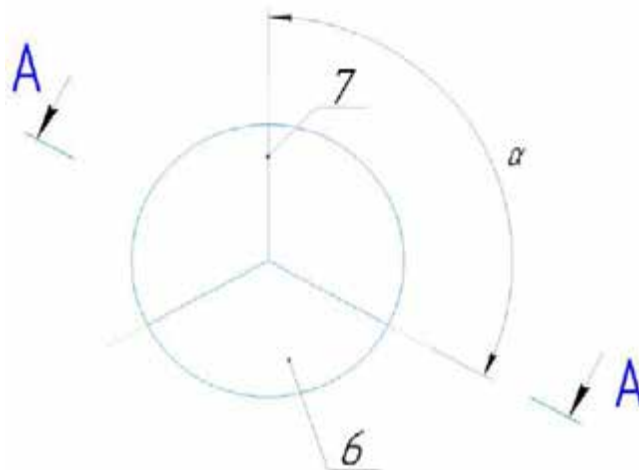


Рис. 2.2. Струменеутворювальна віялова насадка (вид з торця).

При обертанні корпусу 3, патрубка 4 і віяло формуючих насадок 6 щодо загальної поздовжньої осі обертання передається потік рідини, а на виході з насадки 6 формується обертальний навколо своєї осі гідравлічний струмінь, що подається на поверхню для очищення автомобільної техніки.

Віяло формуюча насадка працює так. Вода під тиском подається в отвори 7 віяло формуючих насадок 6, там між плоскими паралельними поверхнями формується плоский струмінь, на ділянці Z (рис. 2.3.). У каналі отвору 7 формується віяло подібний плоский струмінь. При початку обертання насадки 6 в наскрізному отворі 7 на виході з насадки 6 формується обертання навколо своєї осі. Кут β розпилення становить 180° . Три наскрізних отвори 7 розташовані під кутом 120° один до одного [70, 124].

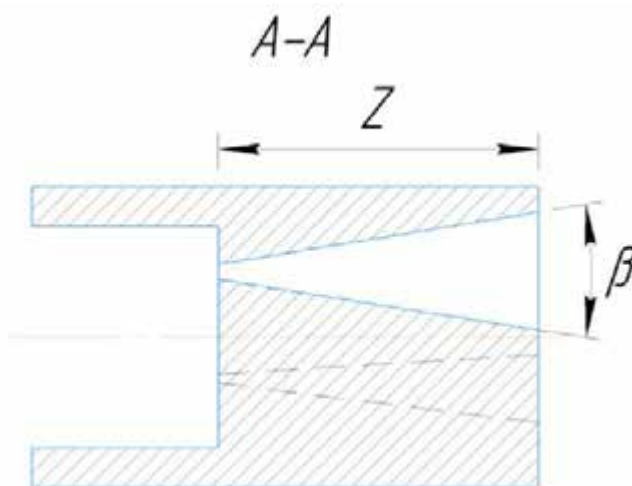


Рис. 2.3. Струмене формуючі віялові насадки (подовжній переріз).

2.2. Теоретичне дослідження руху крапель обертювих струменів

Більшість поверхонь сільськогосподарської техніки мають криволінійну ергономічну форму, процес миття є впливом на нерухому перешкоду.

Розглянемо гідравлічний тиск обертювого гідравлічного струменя на нерухому криволінійну поверхню, прийнявши забруднену поверхню близьку за формою до циліндра.

1. Очищаючий струмінь витікає з сопла насадки в повітряне середовище за сталої швидкості.

2. Відомо: середня витрата рідини і швидкість витікання струменя v_1 , кутова швидкість обертання насадки ω_0 , діаметр вихідного отвору d_0 , площею.

Дослідимо рух краплини, яка вилетіла з сопла (рис. 2.4.) на краплю будуть

діяти сили тяжіння, сили інерції, відцентрова і сила Коріоліса.

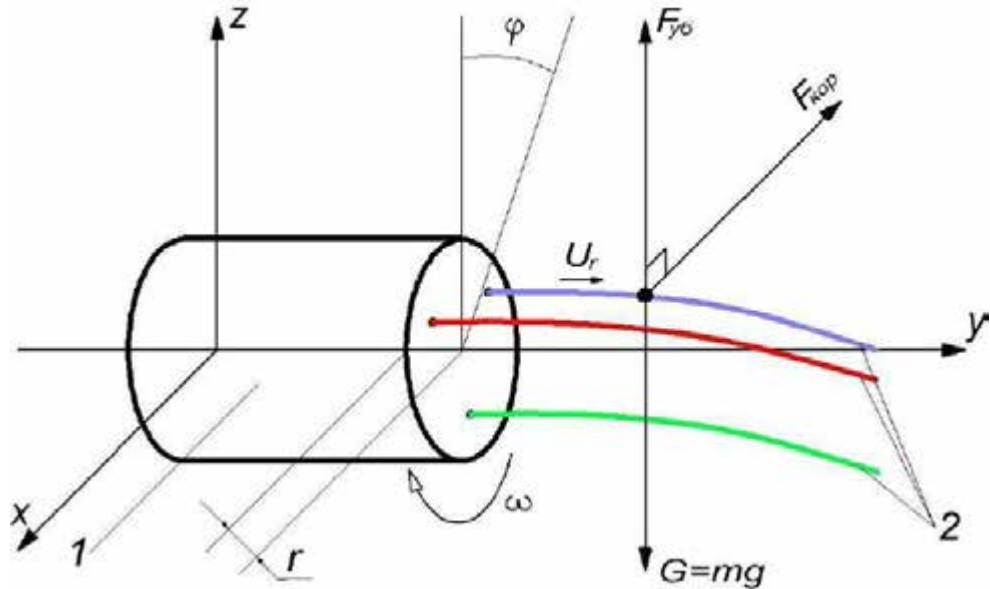


Рис. 2.4. Розрахункова схема до визначення траєкторії руху крапель.

1 - сопло, 2 - рідина.

$$m_k \bar{a} = \bar{G} + \bar{F}_{\text{кор}} + \bar{F}_{\text{відц}}, \quad (2.1.)$$

де m_k - маса краплі, кг;

G - сила тяжіння, Н;

$\bar{F}_{\text{кор}}$ - сила Коріоліса, Н;

$\bar{F}_{\text{відц}}$ - відцентрова сила, Н.

Розкриємо рівняння визначником третього порядку по верхньому рядку:

$$2 \left(\vec{i} \begin{bmatrix} \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{y} & \dot{z} \end{bmatrix} - \vec{j} \begin{bmatrix} \omega \cos \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{z} \end{bmatrix} + \vec{k} \begin{bmatrix} \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi \\ \dot{x} & \dot{y} \end{bmatrix} \right), \quad (2.2.)$$

Похідна другого порядку буде відповідати швидкості

$$\ddot{x} = 2 \begin{bmatrix} \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{y} & \dot{z} \end{bmatrix} = 2 \dot{z} \omega \sin \varphi, \quad (2.3.)$$

$$\ddot{y} = -2 \begin{bmatrix} \omega \cos \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{z} \end{bmatrix} = -2 \dot{z} \omega \cos \varphi, \quad (2.4.)$$

$$\ddot{z} = 2 \begin{bmatrix} \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi \\ \dot{x} & \dot{y} \end{bmatrix} = 2(\dot{y} \omega \cos \varphi - \dot{x} \omega \sin \varphi), \quad (2.5.)$$

Відцентрова сила буде діяти в площині $z = 0$.

$$F_{\text{відц}}^x = m_k \omega^2 R \cos \varphi \quad (2.6.)$$

$$F_{\text{відц}}^y = m_k \omega^2 R \sin \varphi \quad (2.7.)$$

Напрямок відцентрової сили і сили Кориоліса буде змінний при обертанні головки (рис. 2.5.), спроектуємо прискорення Кориоліса на осі координат:

$$F_{\text{кор}} = m_k 2(\bar{\omega} \cdot \bar{v}_r) \quad (2.8.)$$

$$2(\bar{\omega} \cdot \bar{v}_r) = 2 \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix} \quad (2.9.)$$

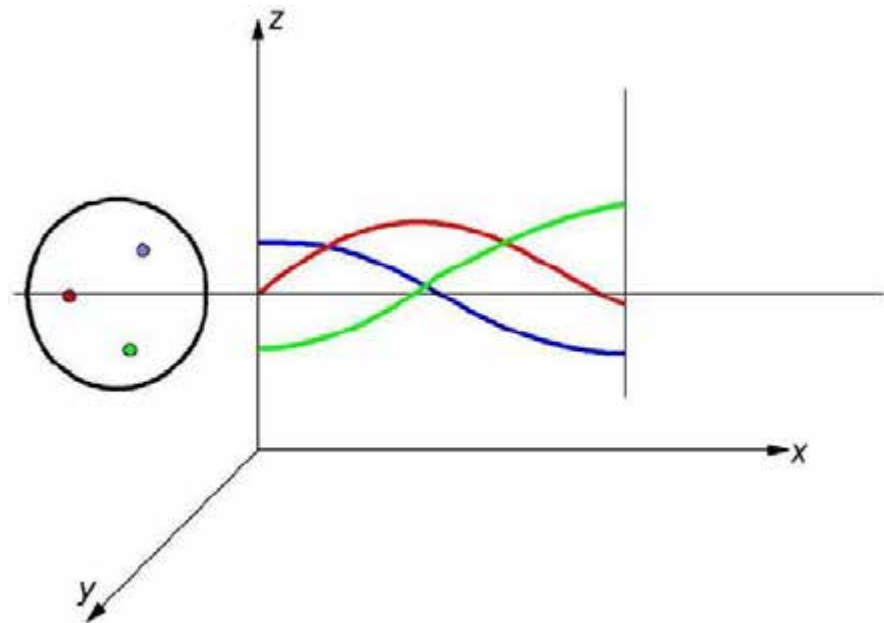


Рис. 2.5. Схема траєкторії руху крапель при обертанні сопла.

Спроектуємо рівняння на осі координат з урахуванням виразів.

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -m2\dot{z}\omega \sin \varphi - m\omega^2 R \cos \varphi \\ m\ddot{y} = m2\dot{z}\omega \cos \varphi \\ \ddot{z} = -2(\dot{y}\omega \cos \varphi - \dot{x}\omega \sin \varphi) - \omega^2 R \sin \varphi \end{cases} \quad (2.10.)$$

Скоротивши в рівнянні значення m , отримаємо.

$$\begin{cases} \ddot{x} = -2\dot{z}\omega\sin\varphi - \omega^2 R\cos\varphi \\ \ddot{y} = 2\dot{z}\omega\cos\varphi \\ \ddot{z} = -2(\dot{y}\omega\cos\varphi - \dot{x}\omega\sin\varphi) - \omega^2 R\sin\varphi \end{cases} \quad (2.11.)$$

2.3. Теоретичне дослідження ударного впливу крапель струменя

При ударі краплі об забруднену поверхню - краплина втрачає форму і відриває частинки забруднення (рис. 2.6.). Відбувається, втрата кінетичної енергії краплини під час удару, напишемо це в наступному вигляді:

$$T_0 = m_k \vartheta_1^2 + m_{чз} u_1^2, \quad (2.12.)$$

де T_0 - початкова кінетична енергія (краплина + частинка забруднення);

m_k - маса краплі, кг;

$m_{чз}$ - маса частки забруднень, кг;

ϑ_1 - швидкість краплини, м/с;

u_1 - початкова швидкість частки забруднень ($u_1 = 0$).

Кінцева кінетична енергія буде

$$T = m_k \vartheta_2^2 + m_{чз} u_2^2, \quad (2.13.)$$

де T - кінцева кінетична енергія системи (краплина + частинка забруднення);

ϑ_2 - швидкість краплі після зіткнення, м/с;

u_2 - швидкість частинки забруднень після удару ($\vartheta_2 \approx u_2$).

Втрата кінетичної енергії при ударі

$$T_0 - T = m_k(\vartheta_1^2 - \vartheta_2^2) - m_{чз}(u_1^2 - u_2^2), \quad (2.14.)$$

$$m_k \vartheta_1 + m_k u_1 = m_k \vartheta_2 + m_k u_2, \quad (2.13.)$$

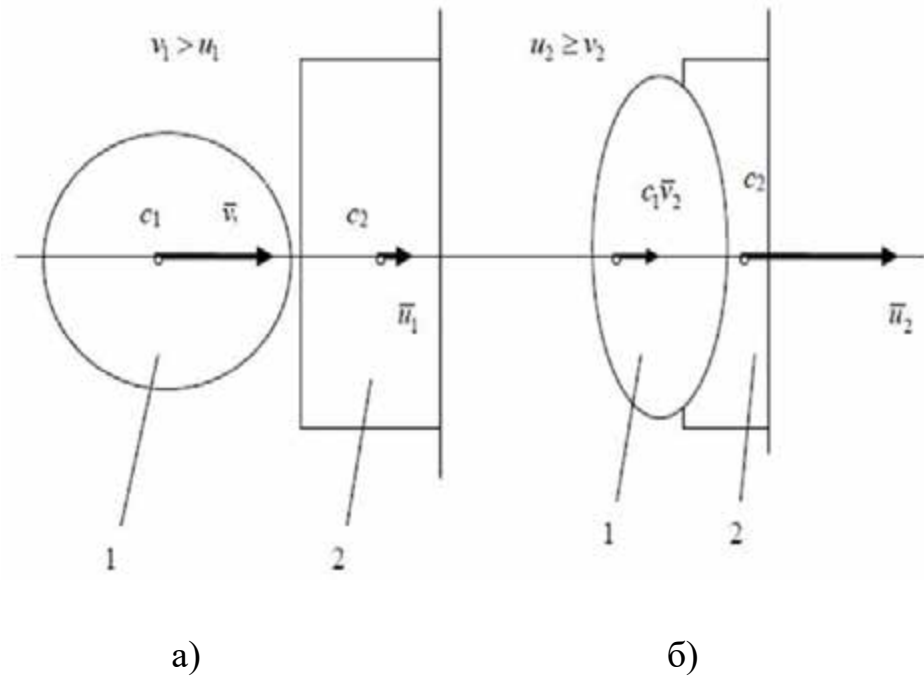


Рис. 2.6. Позначення швидкості центрів мас краплі і частки забруднення на початку (а) і в кінці удару (б).

1 - крапля, 2 - забруднення.

При ударі краплини і частинки забруднення, знаючи їх маси, швидкості центрів тіл в момент початку удару та коефіцієнт відновлення, знайдемо, швидкості краплини і частинки забруднення в момент кінця удару та ударний імпульс. Застосовуємо теорему зміну кількості руху системи. Сума зовнішніх ударних імпульсів буде рівна нулю, кількість руху системи в момент початку удару та в момент кінця удару буде однакою.

В отриманому рівнянні присутні два невідомих v_2 і u_2 . Тому, щоб визначити невідомі, знайдемо друге рівняння, його отримаємо, коли введемо додатковий коефіцієнт відновлення k . Тому, що після удару частинка забруднення отримує більшу швидкість ніж краплина ($v_2 \leq u_2$), отже коефіцієнт відновлення, при ударі двох тіл визначимо як частку відділення модулів відносних швидкостей тіл в кінці і на початку удару:

$$k = \frac{|v_2 - u_2|}{|v_1 - u_1|} = -\frac{v_2 - u_2}{v_1 - u_1}, \quad (2.16.)$$

де $v_1 > u_1$.

Звідси знаходимо

$$u_2 - v_2 = k(v_1 - u_1) \quad (2.17.)$$

Вирішимо систему рівнянь (2.15.) і (2.17.), отримаємо

$$\begin{cases} v_2 = v_1 - (1+k) \frac{m_k}{m_k+m_{ч3}} (v_1 - u_1) \\ u_1 = u_1 + (1+k) \frac{m_k}{m_k+m_{ч3}} (v_1 - u_1) \end{cases} \quad (2.18.)$$

З (2.17.)

$$k = \frac{u_2 - v_1}{v_1 - u_1}, \quad (2.19.)$$

очевидно, що при цьому має місце рівність

$$\frac{1-k}{1+k} = \frac{(v_1+u_1)-(u_2-v_1)}{(v_1-u_1)-(u_2-v_2)}, \quad (2.20.)$$

З нього знайдемо

$$(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2) = \frac{1-k}{1+k} [(v_1 - v_2) - (u_1 + u_2)] \quad (2.21.)$$

З рівняння (2.19.) випливає, що

$$m_k(v_1 - u_1) = -m_{ч3}(u_1 + u_2) \quad (2.22.)$$

Підставивши отримане значення в (2.14.), матимемо

$$T_0 - T = m_k(v_1 - u_1)[(v_1 + u_1) - (v_2 + u_2)], \quad (2.23.)$$

Прийнявши рівність (2.22.), ми можемо (2.23.) представити у наступному вигляді

$$T_0 - T = m_k(v_1 - u_1)[(v_1 + u_1) - (v_2 + u_2)], \quad (2.24.)$$

де різниці $(v_1 - v_2)$ і $(u_1 - u_2)$ вказують, у скільки зменшилася швидкість при ударі кожного з тіл співудару, та їх називають втраченими при ударі швидкостями.

З рівності (2.24.) видно що, кінетична енергія, втрачена системою при прямому центральному і не цілком пружному ударі двох фізичних тіл, рівняється $\frac{1-k}{1+k}$ тій частині кінетичної енергії, яку отримала б система, якби її тіла рухалися з втраченими швидкостями.

Рівняння (2.24) опишемо в іншій формі. З формули (2.18.) отримаємо

$$(1+k)^2 \frac{m_{ч3}^2}{(m_k+m_{ч3})^2} (\vartheta_1 - u_1)^2 = (\vartheta_2 + u_2)^2 \quad (2.25.)$$

або

$$(1+k)^2 \frac{m_k^2}{(m_k+m_{ч3})^2} (\vartheta_1 - u_1)^2 = (u_2 + u_1)^2 \quad (2.26.)$$

Звідси

$$\frac{m_k(\vartheta_2 - \vartheta_1)^2}{(m_k+m_{ч3})^2} + \frac{m_{ч3}(u_2 - u_1)^2}{2} = \frac{(1+k)^2}{2} \frac{m_k \cdot m_{ч3}}{m_k+m_{ч3}} (\vartheta_1 - u_1)^2 \quad (2.27.)$$

і відповідно отримаємо

$$\frac{1-k}{1+k} [m_k(\vartheta_2 - \vartheta_1)^2 + m_{ч3}(u_2 - u_1)^2] = \frac{(1-k^2)}{2} \frac{m_k \cdot m_{ч3}}{m_k+m_{ч3}} (\vartheta_1 - u_1)^2, \quad (2.28.)$$

Звідси, з формули (2.24.), отримаємо

$$T_0 - T = \frac{m_k \cdot m_{ч3}}{2(m_k+m_{ч3})} (1-k^2)(\vartheta_1 - u_1)^2 \quad (2.29.)$$

В окремому випадку, будемо мати $u_1 = 0$, коли частинка забруднення до удару нерухома

$$\begin{cases} T_0 - T = \frac{m_k \cdot m_{ч3}}{2(m_k+m_{ч3})} (1-k^2)\vartheta_1^2 \\ T_0 = m_k \vartheta_1^2 \\ T = \frac{m_k+k^2 m_{ч3}}{m_k+m_{ч3}} T_0 \end{cases} \quad (2.30.)$$

З рівності (2.24.) випливає, що найвища втрата кінетичної енергії буде при ($k=0$), коли тіла в кінці удару не відновлюються.

В цьому випадку $\vartheta_2 = u_2 = u$, тому (2.24.), виражає теорему Карно, набуде вигляду:

$$T_0 - T = m_k(\vartheta_1 - u_1)^2 + m_{ч3}(u_1 - u)^2 \quad (2.31.)$$

Кінцева кінетична енергія, втрачається системою при прямому центральному і абсолютно непружного ударі, рівна кінетичної енергії, яку мала б система, коли її тіла рухалися б з втраченими швидкостями.

Вважаючи $k = 0$, з рівності (2.29.) знайдемо рівняння втраченої кінетичної енергії за абсолютно непружного удару:

$$T_0 = m_k \vartheta_1^2 \quad (2.32.)$$

$$T = (m_k + m_{чз}) \vartheta_1^2 \quad (2.33.)$$

так при абсолютно непружного ударі $\vartheta_2 = u_2$. Буде мати

$$\vartheta_1 = \frac{m_k + m_{чз}}{m_k} \vartheta_2 \quad (2.34.)$$

Підставивши значення ϑ_1 у (2.31.) і врахувавши другу формулу (2.33., 2.34.), отримаємо

$$T = \frac{1}{1 + \frac{m_{чз}}{m_k}} T_0 \quad (2.35.)$$

Наступним етапом було б визначення роботи необхідної для відриву частинки бруду від поверхні очищення, однак даним питанням займалися автори [17-18] і результати їх досліджень доволі ґрунтовно описують даний процес. За результатами даних досліджень робота необхідна на відрив частинки бруду визначається за формулою:

$$A - \int_0^t \xi_S \dot{e}_g^2 dt = \int_0^{e_g} k e_g de_g \geq \Pi \quad (2.36.)$$

де ξ_S - коефіцієнт об'ємної в'язкості твердого тіла.

e_g - об'ємна деформація забруднення, м³,

\dot{e}_g^2 - швидкість об'ємної деформації м³/с,

k - коефіцієнт пружності матеріалу забруднень, Н/м³.

Якщо k постійно, інтеграл в правій частині може бути обчислений, і він дорівнює $k_y = \frac{e_g^2}{2}$. Тому об'ємне розширення, при якому відбувається руйнування бруду

$$e_{gr} = \pm \sqrt{\frac{\Pi}{2}} \quad (2.37.)$$

Руйнуюче напруження, при якому має місце руйнування, має значення

$$\sigma = \sigma_{rs} + \zeta_S \dot{\epsilon}_\theta \quad (2.38.)$$

Отже: напруга, при якому матеріал руйнується, зростає при збільшенні швидкості розширення. Якщо ζ_S постійна, зростає лінійно, в іншому випадку воно слідує деякому пружному закону, який визначається залежністю $\zeta_S = f(\dot{\epsilon}_\theta)$. В таблиці 2.1. подано розподіл забруднень за ступенем активності.

Таблиця 2.1.

Розподіл забруднень за ступенем активності.

Ступінь активності забруднень	Вид забруднень поверхні	Щільність, кг/м ³	Товщина, мм	Границя міцності на стиск, МПа	Умовний коефіцієнт адгезійної міцності
Слабозв'язані	Рослинні залишки	40-100	30	3-20	0,2
Середньо зв'язані	Маслянисто-забруднені	200-900	5-10	1-5	0,15-0,3
	Технологічні забруднення	790-1200	5-10	1-5	0,15-0,5
Міцно зв'язані	Старі лакофарбові покриття	1000-1400	1	30	3
	Продукти корозії	1500-2500	-	40	4
	Асфальто-смолисті	950-1050	5	3-8	0,9
	Нагар	1050-1200	10	30	3
	Накип	2300-2600	5	30	3

На підставі проведених теоретичних досліджень отримано вираз, що пов'язує напругу руйнування забруднення і роботу з руйнування забруднення. Розрахувавши значення отримана робота руйнування середньо зв'язаних забруднень, вона рівна ≈ 3 кДж на площі 1м². Також визначено формули для розрахунку роботи руйнування часток забруднень, це дало можливість

розрахувати стартову кінетичну енергію краплин рідини, яку можна визначити за формулою (2.33.), при середньому розмірі краплин близько 0,2 мм її енергія становить близько $7,95 \cdot 10^{-5}$ Дж.

Подальші дослідження кінетичної енергії струменю, що розпадається на краплини дозволило визначити, що початкова швидкість струменю згідно формулою (2.32.) становить близько 21 м/с. Для випадку обертових гідравлічних струменів.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика лабораторних досліджень

Лабораторні дослідження мають за мету підтвердження теоретичних досліджень [19]. Перед початком лабораторних досліджень ми поставили перед собою ряд завдань:

- визначити раціональні параметри роботи експериментальної мийної установки;
- знайти залежності ступеня очищення від відстані до поверхні, що очищається;
- визначити залежність ступеня очищення від швидкості потоку мийного струменя.

Лабораторні дослідження ми проводили за допомогою розробленої експериментальної установки, принципова схема і загальний вид якої представлені на рис. 3.1. і 3.2.

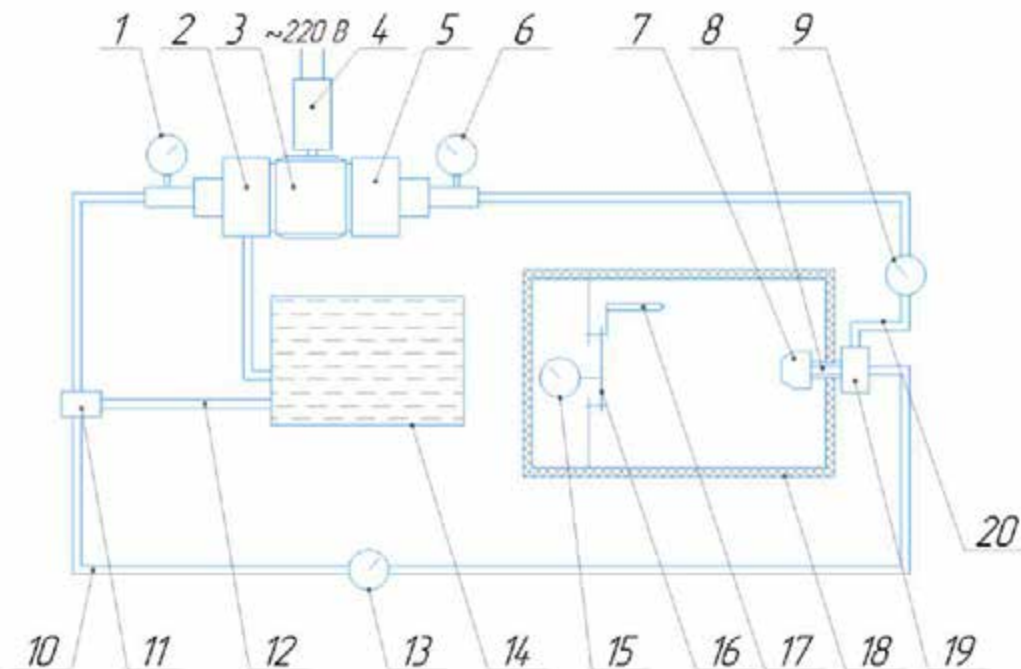


Рис. 3.1. Принципова схема дослідної установки:

1 - манометр, 2 – насос, 3 - електродвигун, 4 - електрощит, 5 - насос повітряний 6 - манометр повітряний, 7 – віяло формуюче сопло, 8 - тримач, 9

витратомір повітряний, 10 - напірна магістраль, 11 - запобіжний клапан, 12 - перепускна магістраль, 13 - витратомір води, 14 - ємність для води, 15 - динамометр, 16 - зразок, 17 - лінійка, 18 - мийна камера, 19 - повітряна камера, 20 - повітряна магістраль.

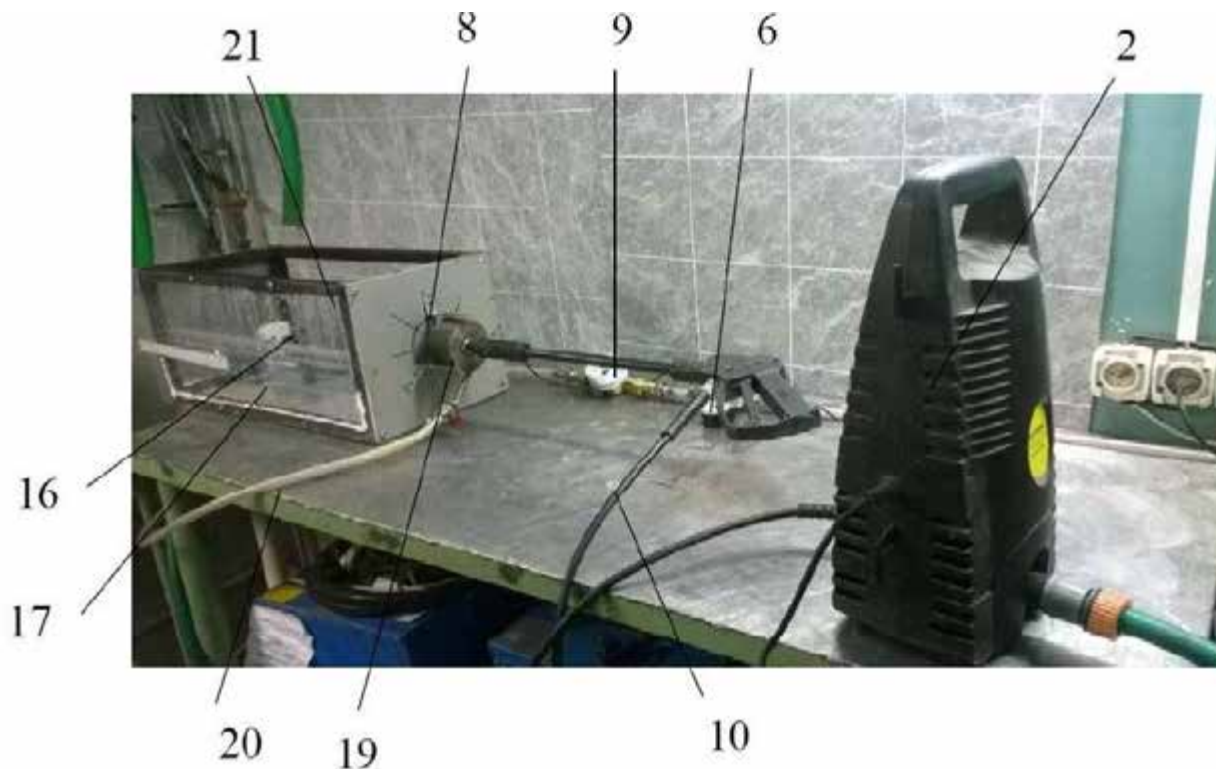


Рис. 3.2. Загальний вигляд експериментальної установки:

1 - насоса високого тиску, 8 - тримач, 9 - витратомір повітряний, 20 - повітряна магістраль, 6 - манометр повітряний, 10 - напірна магістраль, 16 - зразок, 17 - лінійка, 18 - мийна камера і встановлене в ній дослідне сопло 7, 19 - повітряна камера.

Лабораторна установка працює від мережі живиться 220В: електродвигун 3 приводить в дію насос високого тиску 2. Насос 2 закачує миючу рідину з бака 14 звідти вона надходить в напірну магістраль 10 і далі, до віяло формуючого сопла 7 загальний вигляд якого показано на рисунку

3.3. При витіканні з сопла миючий струмінь подається на дослідний зразок 16, закріплений в мийній камері 18. Відстань до зразка вимірюється лінійкою 17, експериментальне сопло фіксується затискачами 7. Електродвигун

3 приводить в дію повітряний насос 5. По повітряній магістралі 20 надходить в камеру де надає руху веденому колесу з крильчаткою. Кількість миючої рідини, що проходить через сопло визначалась витратоміром 9, кількість витраченого повітря витратоміром 8 встановленим в повітряній магістралі.

Регулювання тиску миючої рідини в здійснюється регулятором тиску, встановленим в насосі.



Рис. 3.3. Віялоформуєча насадка гідралічного струменя:

1 - нерухома труба, 2 - поворотна опора, 3 - корпус повітряної камери,
4 - віяло формуєча гідралічна насадка, 5 - ведене колесо з крильчаткою.

Під час лабораторних досліджень ми проводили розрахунок таких параметрів:

- кількість струменів

$$n_{-1} = 2, \quad n_0 = 3, \quad n_{+1} = 4$$

- діаметр вихідного отвору (d_H):

$$d_{H-1} = 0,9 \text{ мм}, \quad d_{H0} = 1 \text{ мм}, \quad d_{H+1} = 1,1 \text{ мм}$$

- тиск рідини в напірній магістралі:

$$P_{-1} = 7 \text{ МПа}, \quad P_0 = 8 \text{ МПа}, \quad P_{+1} = 9 \text{ МПа}$$

- число оборотів сопла в хвилину:

$$\vartheta_{-1} = 110 \text{ об/хв}, \quad \vartheta_0 = 110 \text{ об/хв}, \quad \vartheta_{+1} = 150 \text{ об/хв}$$

Зразки брудних поверхонь, виготовляли зі сталі 08СП у формі пластин

150x150 мм, товщиною 1 мм. Всі пластини були покриті лакофарбовим покриттям. Зразки піддавалися штучному забрудненню, [20] найбільш поширеними видами забруднень представлених в табл. 3.1.

Перший етап включав занурення в відпрацьовану оливу, після чого зразок відстоювали в вертикальному положенні протягом 10 хв. Другий етап нанесення шару ґрунтового пилу і подальше просушування при температурі 160°C в електричній сушильній шафі, протягом 2 годин. Товщина шару забруднення визначали зваживши дослідні пластини до і після забруднення, отримане значення збільшення ваги після забруднення ми розділяли на площу пластин, знаючи об'ємну масу оливних забруднень не важко визначити товщину шару забруднення, вона становила 0,8 - 1 мм.

Час миття зразків становив 15с і фіксувався за допомогою секундоміра, ступінь очищення визначалася зважуванням зразків до миття і після [7]. Після миття зразки висушували при температурі 40°C. Зважування здійснювали на лабораторних вагах SF-400-C (500 г, 0.01 г) (рис. 3.4.).



Рис. 3.4. Лабораторні ваги SF-400-C (500 г)

Ступінь очищення визначали за формулою 3.1:

$$Q = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G} \cdot 100, \quad (3.1.)$$

де Q - ступінь миття, %;

G_1 - вага забрудненого зразка, г;

G_2 - вага зразка після миття, г;

G - маса зразка до нанесення забруднення, м.

Частоту обертання сопла вимірювали за допомогою лазерного безконтактного тахометра DT-2234C+ (рис. 3.5.). Кількість витраченої електроенергії вимірювали за допомогою побутового ватметра (рис. 3.6.).



Рис. 3.5. Безконтактний тахометр DT-2234C+.



Рис. 3.6. Intertek Cat 2 ваттметр, вольтметр, амперметр 3680W(CAT II).

Витрату рідини вимірювали за допомогою побутового лічильника води Гідротек 1/2 (рис. 3.7.). Всі результати випробувань заносили в журнал дослідів.



Рис. 3.7. Побутовий лічильник води Гідротек 1/2.

Досліди повторювали тричі. Після чого проводили обробку результатів за допомогою методів математичної статистики [21] в табличному редакторі Google таблиці.

3.2. Методика виробничих випробувань

Досліди виконували на кафедрі технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка, НУБіП України.

Пристрій може працювати в двох режимах – з обертанням і без обертання. Режим без обертання струменів добре вивчений, тому найбільша увага приділялася режиму з використанням віялових струменів. Використання віялових струменів здійснювалося на віддаленні від об'єкта мийки в межах 150...250 мм. Як робоча рідина використовувалася водопровідна вода температура, якої перебувала в межах 18-20°C [1, 2, 4-7].

Як об'єкт дослідження була взята широко поширені в сільському господарстві автомобілі.

На поверхні сівалок зустрічаються забруднення, характерні для більшості автомобільної техніки. При проведенні досліджень використовувалися сучасні вимірювальні прилади та обладнання, які пройшли в установленому порядку державну перевірку і необхідне в процесі експерименту тарування.

В якості досліджуваного виду забруднення були середньо - і слабо зв'язані забруднення характеристика яких наведена в таблиці 3.1.

Для визначення найбільш ефективних технологічних параметрів мийки нами фіксувалися такі експлуатаційні показники [[1, 2, 4-7, 9, 12-21]]: витрати електроенергії, Вт год; - витрата миючої рідини; час миття; якість очищення, мг/см².

Час миття фіксували секундоміром. За час миття вимірювали витрату миючої рідини, кількість витраченої електроенергії. Якість очищення оцінювали по еталонних ділянках поверхні машин з фіксованою площею, характеристика яких по досліджуваним маркам автомобільної техніки приведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1.

Характеристика досліджуваних видів забруднень.

Класифікація забруднень	Вид забруднень	Зв'язок частин забруднення з поверхнею	Границя міцності при стисканні, МПа	Умовний коефіцієнт міцності
Маслянисто-брудні	Пил, маслянисті залишки	Середньо зв'язані	10-15	0,3
Технологічні забруднення	Залишки мастильних матеріалів, пил продуктів зносу, металеві ошурки,	Середньо зв'язані	3-20	0,5
Рослинні залишки	Бруд, рослинні залишки	Середньо зв'язані	5-10	0,2

Характеристика еталонних поверхонь

Елемент конструкції	Площа еталонної ділянки	Покриття еталонної ділянки	Вид забруднення	Характеристика поверхні
Бункер ззовні	(0,4x0,4) 0,16	Лакофарбове покриття	Пил, бруд, рослинні залишки	Плоска, і під кутом до іншої поверхні
Бункер під добрива в середині	(0,15x0,15) 0,0225	Без покриття	Продукти корозії, рослинні залишки	Плоска, і під кутом до іншої поверхні
Сошники	(0,1x0,1)0,1	Без покриття	Продукти корозії, рослинні залишки, бруд	Складної форми

За результатами досліджень проводили оцінку якості миття еталонної ділянки відповідно до вимог описаних в [1].

Виявлення залишків забруднення перевіряли за допомогою накладання чистої рамки, що відповідає розміру еталонної ділянки, яка виготовлялася з гнучкого прозорого матеріалу (поліетилен товщиною 0,4 мм), розміченій на квадрати площею 1 см².

Результати досліджень піддавали обробці методами математичної статистики. При проведенні порівняльних випробувань зовнішнього миття використовувалися технології і засоби механізації зовнішнього миття автомобільної техніки, описані в першому розділі.

Під час зовнішнього миття автомобіля, мийний пістолет оператор тримав двома руками під кутом 40-50° відносно очищуваної поверхні; оптимальна

швидкість переміщення була в межах 0,25-0,6 м/с. Поверхні мили горизонтальними або вертикальними смугами і не допускали хвилеподібних, петлеподібних і коливальних рухів; вмикання і вимикання установки проводилося тільки під час руху гідромонітора [1].

При визначенні трудомісткості миття фіксували підготовчий, заключний, допоміжний, основний і додатковий час, виражений залежністю [1].

$$T_H = T_O + T_B + T_{\text{дод}} + T_{\text{п.з.}}, \quad (3.2.)$$

де T_H - технічна норма часу;

T_O - основний час;

T_B - допоміжний час;

$T_{\text{дод}}$ - додатковий час;

$T_{\text{п.з.}}$ - підготовчо-заключний час.

Основний час, це час витрачений безпосередньо на миття до досягнення якісних показників. Допоміжний час витрачається на допоміжні операції по підготовці умов для виконання основної роботи. Додатковий час враховує організаційно-технічне обслуговування робочого місця. Підготовчо- заключний час затрачається на виконання робіт, пов'язаних з початком і закінченням всіх мийних робіт (операцій) [1].

Визначення технологічних операцій зовнішньої мийки в СТО, по обраним автомобільної техніки повинно проводитися в однаковій послідовності і за єдиною представленою схемою робіт таблиця 3.3.

Оцінка якості мийки всій поверхні автомобільної техніки проводилась за середнім значенням, розрахованим за формулою

$$Q_M = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{M_i}}{n_i}, \quad (3.3.)$$

Де $\sum_{i=1}^n Q_{M_i}$ - сума оціночних показників поверхонь обраного автомобіля;

n_i - кількість еталонних поверхонь.

Отримані результати піддавалися математичній обробці.

Миття деталей і складальних одиниць

Місця обробки	Очистка	Час очистки, хв	Місця обробки	Очистка	Час очистки, хв
Причіпна скоба	Обертвий струмінь	0,1	Сошник	Обертвий струмінь	3,1
Гідравлічний механізм	Обертвий струмінь	0,1	Колеса	Обертвий струмінь	4
Кузова	Обертвий струмінь	0,3	Рама	Обертвий струмінь	1
Паливопровод и	Обертвий струмінь	2,4	ззовні	Обертвий струмінь	3
Загортач	Обертвий струмінь	3	Підніжка	Обертвий струмінь	1

Час очищування 18,4 хв.

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення впливу факторів впливу на багатофакторний експеримент ми використовували план багатофакторного експерименту Боксу-Бенкіна другого порядку, він дозволяє мінімізувати число дослідів при [17, 19].

За результатами експериментів отримано рівняння регресії 4.1. Параметри експериментальної установки:

V_{ar1} - кількість струменів;

V_{ar2} - діаметр отворів;

V_{ar3} - тиск миючої рідини в соплі;

V_{ar4} - швидкість обертання сопла.

Матриця плану, рівні варіювання факторів експерименту і отримані значення параметра оптимізації, представлені в таблиці 4.1.

Обробка результатів експерименту проводилася на комп'ютері, і по знайденим значенням було складено рівняння регресії:

$$\vartheta_5 = b_0 + b_1 \cdot \vartheta_1 + b_2 \cdot \vartheta_2 + b_3 \cdot \vartheta_3 \cdot \vartheta_3 + b_4 \cdot \vartheta_2 \cdot \vartheta_4 + b_5 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2 + b_6 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_3 + b_7 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_4 + b_8 \cdot \vartheta_2 \cdot \vartheta_3 + b_9 \cdot \vartheta_2 \cdot \vartheta_4 + b_{10} \cdot \vartheta_3 \cdot \vartheta_4 + b_{11} \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_1 + b_{12} \cdot \vartheta_2 \cdot \vartheta_2 + b_{13} \cdot \vartheta_3 \cdot \vartheta_3 + b_{14} \cdot \vartheta_4 \cdot \vartheta_4 \quad (4.1)$$

Аналіз поверхонь відгуку проводили методом двомірних перерізів. Будувалися серії кривих рівного виходу в області допустимих значень варіювання незалежних змінних. За результатами експерименту були розраховані коефіцієнти регресії, побудовані контурні графіки і проведена оцінка значимості факторів експерименту на параметр оптимізації [22].

На підставі рівняння регресії побудований графік залежності ступеня очищення поверхні зразка (V_{ar5}) від кількості віялових струменів (V_{ar1}) і діаметра вихідного отвору (V_{ar2}) зображений на рисунку 4.1 [22].

$$V_{ar5} = 0,6263 + 0,039 \cdot x - 0,0287 \cdot y + 0,1836 \cdot x \cdot x + 0,0024 \cdot x \cdot y - 0,0946 \cdot y \cdot y, \quad (4.2.)$$

Таблиця 4.1.

Матриця плану і рівні варіювання факторів.

Рівні факторів		Фактори				Критерій оптимізації
		Кількість струменів	Діаметр отвору, мм	Тиск миючої рідини в соплі, МПа	Частота обертання сопла, об/хв	Ступінь очистки поверхні, %
		V_{ar1}	V_{ar2}	V_{ar3}	V_{ar4}	V_{ar5}
Нижній рівень (-)		2	0,9	7	110	
Основний рівень (0)		3	1	8	130	
Верхній рівень (+)		4	1,1	9	150	
Інтервал зміни		1	0,1	1	20	
План дослідів	1	+	+	0	0	0,735
	2	+	-	0	0	0,777
	3	-	+	0	0	0,634
	4	-	-	0	0	0,698
	5	0	0	+	+	0,642
	6	0	0	+	-	0,592
	7	0	0	-	+	0,622
	8	0	0	-	-	0,606
	9	0	0	0	0	0,632
	10	+	0	0	+	0,795
	11	+	0	0	-	0,717
	12	-	0	0	+	0,691
	13	-	0	0	-	0,683
	14	0	+	+	0	0,609
	15	0	+	-	0	0,587
	16	0	-	+	0	0,691
	17	0	-	-	0	0,634
	18	-	-	-	-	0,695
	19	+	0	+	0	0,951
	20	+	0	-	0	0,929
	21	-	0	+	0	0,901
	22	-	0	-	0	0,842
	23	0	+	0	+	0,441
	24	0	+	0	-	0,379
	25	0	-	0	+	0,483
	26	0	-	0	-	0,159
	27	0	0	0	0	0,634

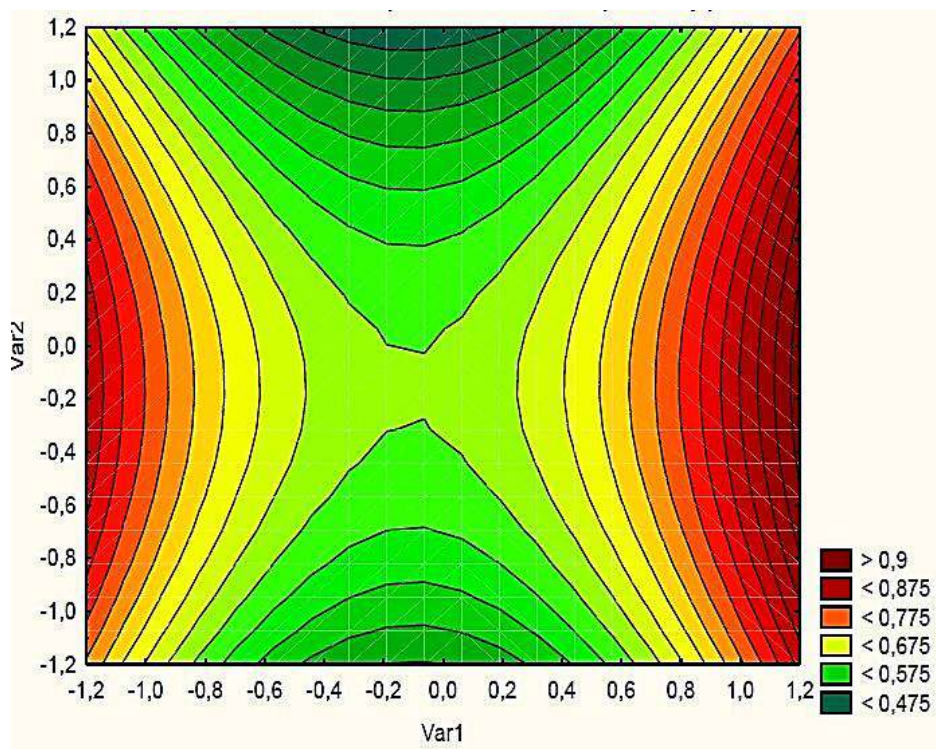


Рис. 4.1. Графік залежності ступеня очищення поверхні зразка від кількості віялових струменів, шт. і діаметра вихідного отвору, мм.

Аналіз математичної моделі і графіків показує, що оптимальними значеннями варійованих факторів будуть наступні значення: кількості віялових струменів 2,8 приймаємо ціле число 3; діаметра вихідного отвору 0,97 мм.

На підставі рівняння регресії побудований графік залежності ступеня очищення поверхні зразка (V_{ar5}) від тиску рідини в напірній магістралі (V_{ar3}) і швидкість обертання сопла (V_{ar4}) зображений на рис. 4.2.

$$V_{ar5} = 0,6937 + 0,0093 \cdot x + 0,0153 \cdot y + 0,0678 \cdot x \cdot x + 0,0222 \cdot x \cdot y - 0,1192 \cdot y \cdot y, \quad (4.3.)$$

Аналіз математичної моделі і графіків показує, що раціональними значеннями варійованих факторів будуть наступні значення: тиску рідини в напірній магістралі 7,8 МПа; швидкість обертання сопла 132 об/хв.

На підставі рівняння регресії побудований графік залежності ступеня очищення поверхні зразка (V_{ar5}) від швидкості обертання сопла (V_{ar4}) і кількості віялових струменів (V_{ar1}) зображений на рисунку 4.3.

$$V_{ar5} = 0,6263 + 0,0369 \cdot x + 0,0188 \cdot y + 0,1857 \cdot x \cdot x + 0,0207 \cdot x \cdot y - 0,094 \cdot y \cdot y, \quad (4.4.)$$

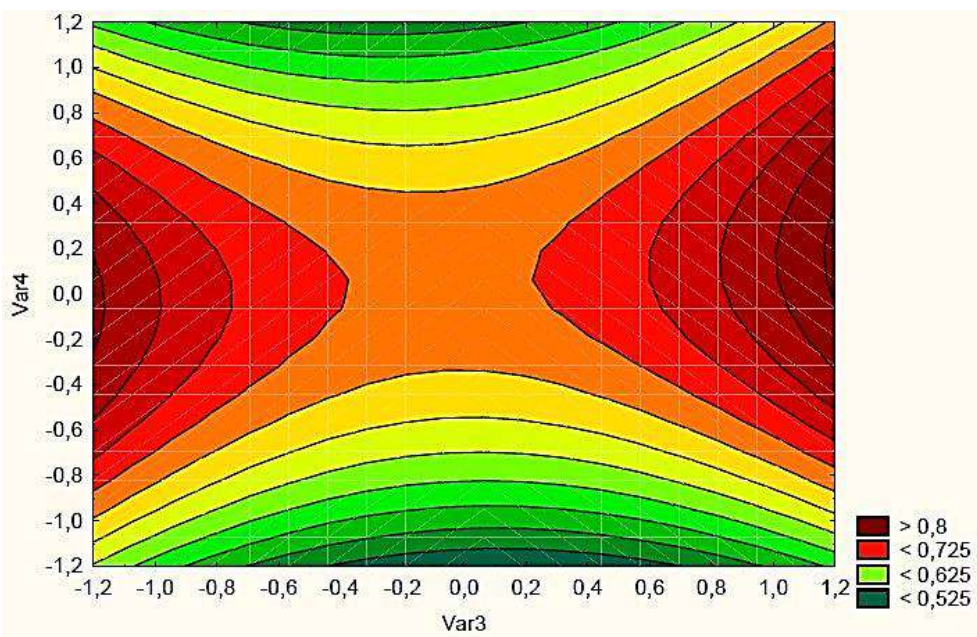


Рис. 4.2. Контурний графік залежності ступеня очищення поверхні зразка, від тиску рідини в напірній магістралі і швидкості обертання сопла об/хв.

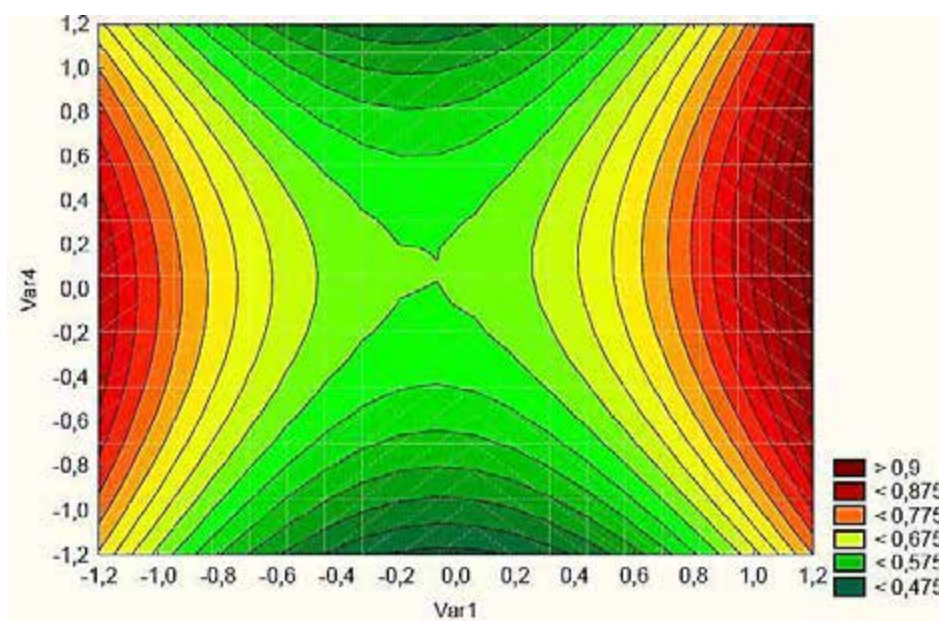


Рис. 4.3. Графік залежності ступеня очищення поверхні зразка, від швидкості обертання сопла об/хв. і кількості віялових струменів шт.

Використання розробленої конструкції сопла з раціональними параметрами дозволить отримати якісні і кількісні характеристики обертового струменя, що забезпечують високий ступінь очищення поверхні [17, 19, 23].

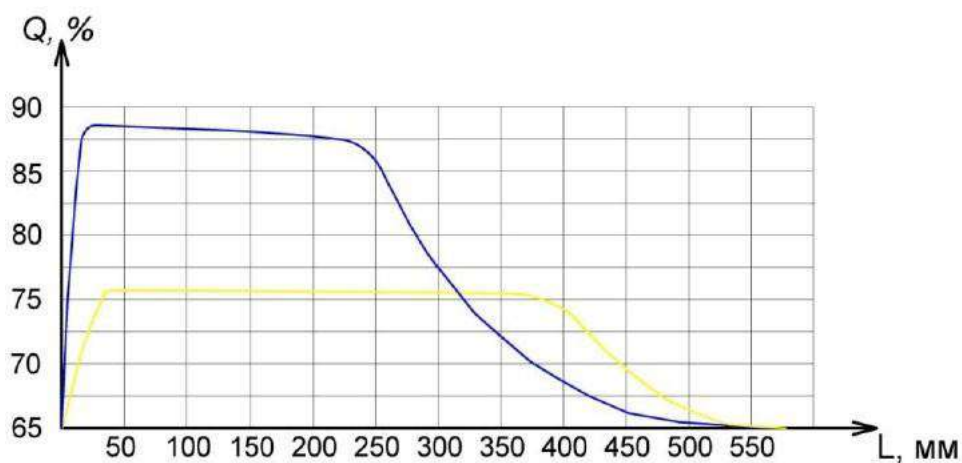
Результати перетворень рівняння регресії (4.1.) представлені в таблиці (4.2.).

Таблиця 4.2.

Результати перетворення рівняння регресії.

	Estimate	Standard	t-value	p-value	Lo.Conf	Up.Conf
b0	0,6372	0,0	35,08	0,0000	1	1
b1	0,0386	0,0	4,86	0,0003	0	0
b2	-0,0290	0,0	-3,65	0,0032	-0	-0
b3	22,40	93901,1	0,00002	0,9999	-1022956	1022986
b4	15,15	469508,5	0,00003	0,9999	-1022956	1022986
b5	0,0034	0,0	0,2519	0,805381	-0	0
b6	-0,0114	0,0	-0,84899	0,412504	-0	0
b7	0,0154	0,0	1,14754	0,273522	-0	0
b8	-0,0109	0,0	-0,81167	0,432786	-0	0
b9	-15,1448	469508,5	-0,00003	0,999975	-1022986	1022956
b10	0,0064	0,0	0,47581	0,642751	-0	0
b11	0,1794	0,0	14,26816	0,000000	0	0
b12	-0,0989	0,0	-7,86232	0,000004	-0	-0
b13	-22,3217	939017,1	-0,00002	0,999981	-2045965	2045920
b14	-0,1010	0,0	-8,03133	0,000004	-0	-0

На рисунку 4.4. - представлені результати визначення оптимальної відстані від сопла до поверхні омивання дозволяє досягти максимальних показників очищення поверхні.

Рис. 4.4. Графік залежності ступеня очищення Q , від відстані L .

Жовта смуга, струмінь без обертання;

Синя смуга, струмінь з обертанням.

Під час роботи дослідного сопла, структура рідини змінюється, крапля рідини стає більшою, і її маса більше. Дрібні краплини втрачають м'яку силу через опір повітря, а великі - вдаряють по поверхні, очищення з більшою швидкістю. Виникає потужний ударний імпульс, величина якого на відстані 220 мм від насадки складає 87%. Конструкція насадки забезпечує стабільне зростання швидкості потоку рідини і формування стійкого граничного шару, це сприяє отриманню компактного струменя з високими енергетичними характеристиками.

На рисунку показані результати знаходження швидкості обертання розробленого сопла, за яких досягаються максимальні якісні показники очищення.

З графіка максимальний ступінь очищення досягається за швидкості обертання в 132 об/хв, вона становить 87%.

Для проведення реальних випробувань, нами була виконана натурна модель сопла, вона монтується на промислову мийну установку. Її розробка необхідна для реалізації поставлених в попередньому розділі завдань. Принципова схема і загальний вид установки представлені на рисунку 4.5. і 4.6.

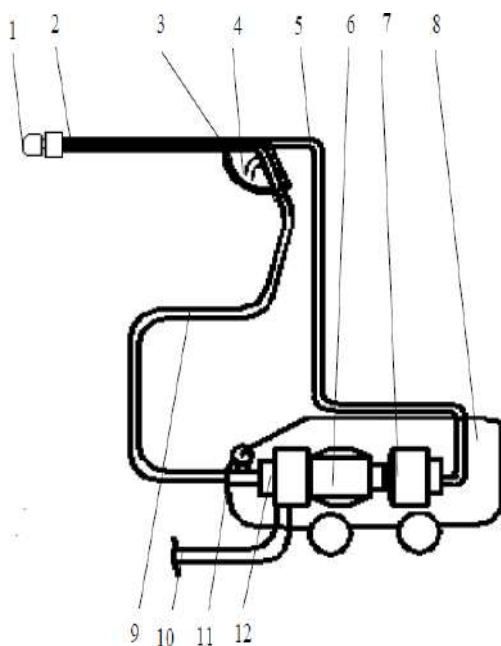


Рис. 4.5. Принципова схема установки:

1 - віяло формуюче сопло, 2 - гідромонітор, 3 - кнопка подачі повітря, 4 -

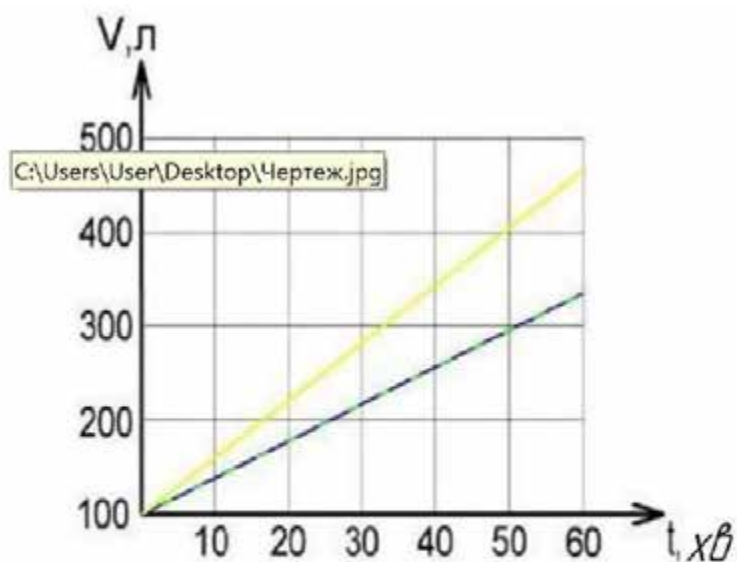
кнопка подачі води, 5 - повітряний магістраль, 6 - електродвигун, 7 - насос компресора, 8 - корпус установки, 9 - напірні магістраль, 10 - подача води; 11 - манометр; 12 - насос високого тиску;

Миюча установка складається з корпусу 8, плунжерного насосу високого тиску 12, електричного двигуна 6. Вода в насос надходить через напірну магістраль, і подається до миючого пістолету. На передній частині гідромонітора закріплений порожнистий з пропускними каналами корпус, всередині якого встановлено, сопло. Під час випробувань проведено порівняння поширених способів і засобів для миття автомобільних засобів і встановлені техніко-експлуатаційні показники роботи установок, представлені на рисунках 4.7., 4.8. і в таблиці 4.3.



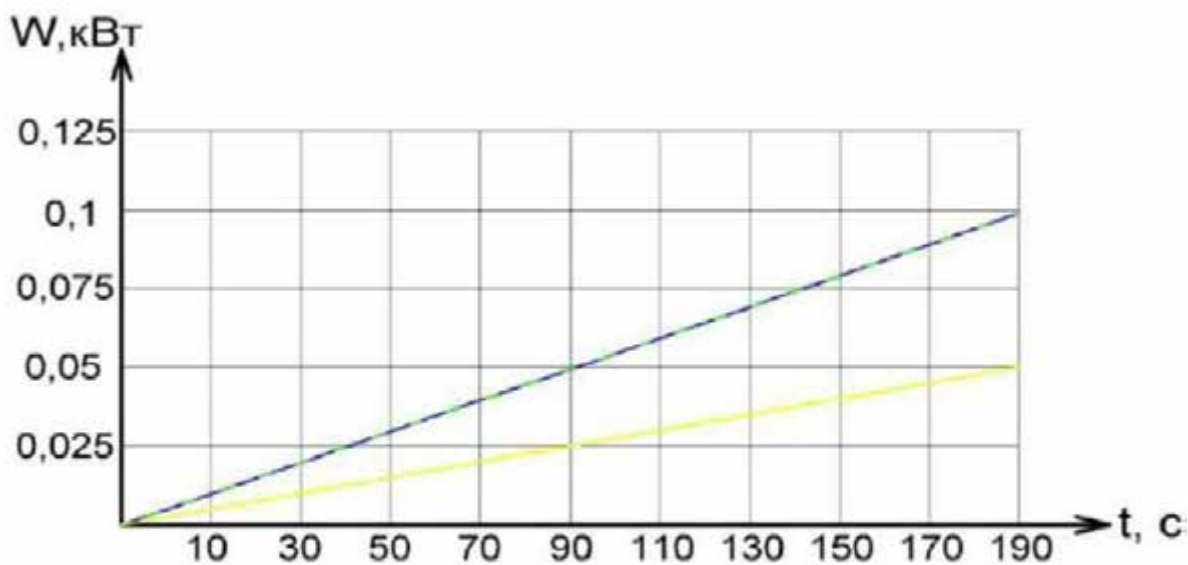
Рис. 4.6. Загальний вигляд установки:

1 - ємність для води, 2 - насос високого тиску, 3 - напірний шланг високого тиску, 4 - експериментальне сопло, 5 - компресор, 6 - повітряний шланг, 7 - манометр мийної установки.



- - експериментальна установка
- - установка високого тиску "KARCHER K7"
- - установка високого тиску "Huter W105-GS"

Рис. 4.7. Графік споживання води під час миття.



- - експериментальна установка
- - установка високого тиску "KARCHER K7"
- - установка високого тиску "Huter W105-GS"

Рис. 4.8. Графік споживання електроенергії під час миття.

Час миття поверхонь автомобільної техніки наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Час миття поверхонь автомобілів.

№	Зміст операції	Технічні вимоги	Кількість виконавців	Час операції, хв	Витрати праці, люд/год
1	2	3	4	5	6
Підготовчі операції					
1	Підготувати і зібрати агрегат	По інструкції	1	1	1
2	Розташувати агрегат поблизу місця роботи	Не ближче 0,4 м	1	0,1	0,1
3	Заземлити агрегат	По інструкції	1	0,3	0,3
4	Підключити агрегат до мережі	220В	1	0,1	0,1
Додаткові операції					
5	Відпрацювати методи миття		1		3
6	Відпочинок і природні потреби оператора		1	3	3
Допоміжні операції					
7	Визначити ділянку поверхні по формі і виду забруднення		1	1	1
8	Пуск агрегату в роботу	По інструкції	1	0,1	0,1
9	Зупинка агрегату: зменшення тиску вимкнення з мережі живлення	По інструкції	1	1	1
Основні операції					
10	Відкрити вентиль монітору і тримати до стабільного струменя		1	0,5	0,5
11	Обмивати поверхні на відстані 0,5-0,7 м		1	16,75	16,75
12	Переставляти монітор зі швидкістю 0,25-0,6 м/с		1	5,1	5,1
13	Вимкнути монітор (пістолет)		1	0,1	0,1

Завершальні операції					
14	Видалити рідину з агрегату і прокачати вхолосту		1	1	1
15	Вимкнути заземлення		1	0,3	0,3
16	Відключити агрегат від мережі		1	0,1	0,1
17	Розібрати агрегат		1	1	1

Таблиця 4.4.

Експлуатаційні показники очищення автомобілів від середньо і слабо пов'язаних забруднень.

№	Назва способу очищення	Марка установки	Показники оцінки				
			Витрата електроенергії	Витрата миючої рідини	Робочий тиск, МПа	Час очищення, хв	Залишкові забруднення, г/м ²
1	Мийка високого тиску	«Huter W105-GS»	0,6	128	6,8	25,4	0,85
2	Мийка високого тиску	«KARCHER K7»	0,9	158	14,3	20,3	0,74
3	Мийка обертовим струменем	Дослідна установка	0,8	116	7,8	18,5	0,71

Максимальне очищення поверхні досягається при використанні миючої установки «KARCHER K7» і дослідної установки з обертової струменем, об'єм залишкових забруднень на 7-9% нижче, ніж при використанні мийки високого тиску «Huter W105-GS». Аналіз техніко-експлуатаційних показників показав, що мийка з обертовим струменем є найбільш економічною, витрата електроенергії і робочої рідини на 15-20% нижче, ніж при використанні мийки високого тиску «KARCHER K7» і забезпечує високу продуктивність. Залишкові забруднення складають 3-5%.

Аналіз якості очищення еталонних зразків із застосуванням струменевого сопла показаний на рисунку 4.9.

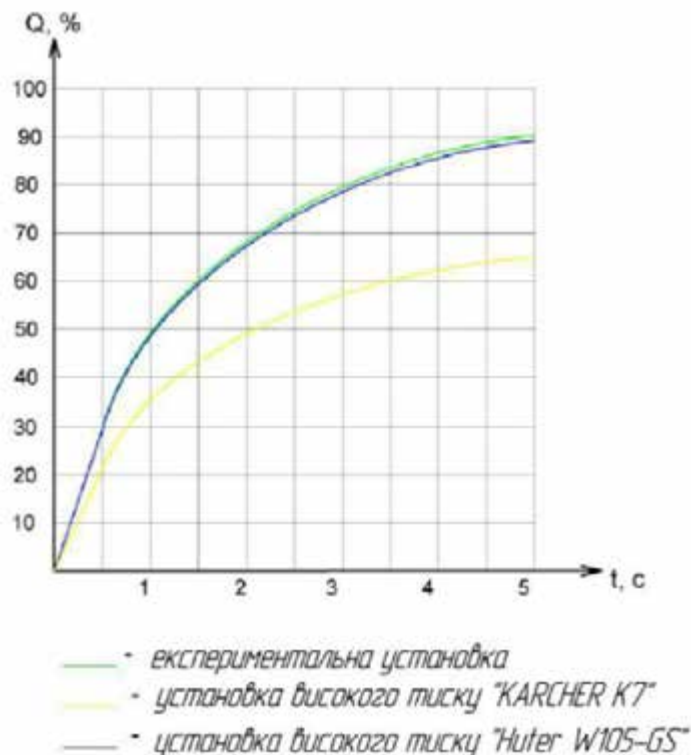
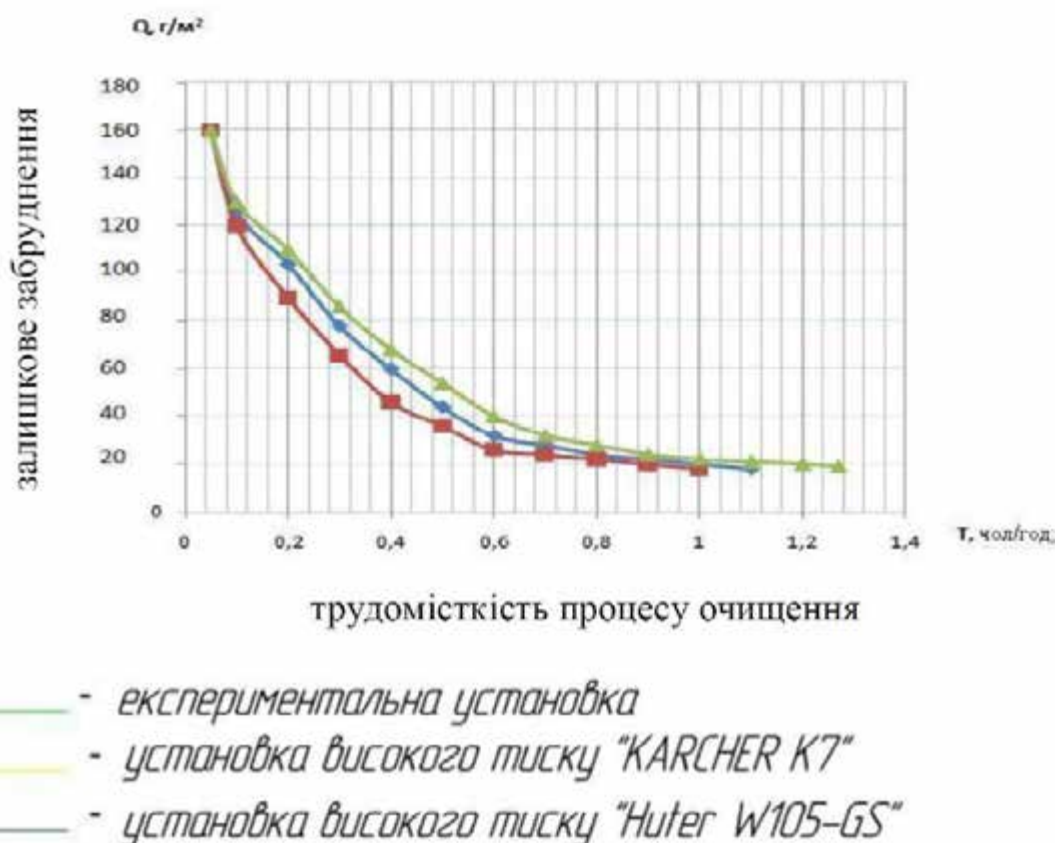


Рис. 4.9. Графік залежності ступеня очищення від часу.

На початку процесу миття спостерігається максимальна ступінь очищення, потім вона падає, для забезпечення високих експлуатаційних показників роботи установок, час очищення необхідно обмежувати. Найбільш ефективними є «KARCHER K7» і експериментальна установки. Передбачена якість очищення еталонного зразка досягається за 5 с. Ефективність очищення залежить не тільки від техніко-експлуатаційних показників, а й від технології організації робіт. Нами були проведені дослідження по впливу технології очищення на трудомісткість і якість робіт, представлені на рисунку 4.10.



Рису. 4.10. Графік впливу технології очищення на трудомісткість і якість робіт.

Аналіз якості очищення від витрат праці показав, що найвищі трудові затрати при митті автомобільної техніки на СТО були у установки «Hunter W105-GS» і «KARCHER K7». Застосування експериментальної установки забезпечило істотне збільшення ефективності очищення автомобільної техніки від забруднень. Так для отримання достатньої якості очищення (залишкове забруднення 1 г/м²), трудомісткість миття експериментальної установки становить 1,03 люд/год, для «KARCHER K7» - 1,11 люд/год, і «Hunter W105-GS» - 1,15 люд/год.

На підставі проведених виробничих випробувань запропонований спосіб очищення пройшов успішну виробничу перевірку. Застосування розробленої технології дозволило підвищити ефективність очищення автомобілів, так загальний час мийної операції становить для автомобілів 18,4 хв (див. таблицю 4.3).

ВИСНОВКИ

На підставі досліджень, науково-виробничого досвіду очищення автомобільної техніки та агрегатів від забруднень визначено, що для очисних (миючих) установок найбільш перспективними у плані підвищення якості миття є гідродинамічні насадки, вони створюють ефект гідравлічного удару та забезпечують зростання механічної дії водяного струменя.

Для інтенсифікації процесу миття-очищення автомобільної техніки та агрегатів нами розроблена конструкція пристрою з обертовими гідравлічним струменем, він складається з прямої нерухомої труби, на яку надіте ведене колесо з крильчаткою, вона забезпечує обертання циліндричного патрубку з соплами і утворення обертового струменя. Її застосування забезпечує комплексний гідродинамічний вплив на частинки забруднення з багаторазовим повторенням, що дозволяє зруйнувати забруднення і видалити його з зони миття.

Під час теоретичних досліджень визначено, що потенційна енергія руйнування забруднення обертовим струменем повинна бути не менше 3 КДж на м^2 , а швидкість краплини на виході з сопла повинна становити не менше 21 м/с.

Визначено, що оптимальними параметрами пристрою для утворення обертового струменя є: кількість струменів - 3; діаметр отворів - 0,97 мм; тиск миючої рідини в соплі - 7,8 МПа; швидкість обертання сопла - 132 об/хв.

Максимальна ефективність мийки досягається на відстані 220 мм від сопла до поверхні що очищується, і швидкості обертання сопла 132 об/хв.

Обґрунтування параметрів миючих пристроїв забезпечує підвищення продуктивності, зниження трудомісткості миючого процесу і економії ресурсів. Одержані результати теоретичних і експериментальних досліджень можуть бути використані підприємствами, що займаються створенням миючих установок.

У подальшій перспективі наукових досліджень для малих і великих СТО необхідно продовжити роботу в напрямку вдосконаленні конструкцій мийних машин, з метою підвищення їх продуктивності, економії і якості видалення забруднень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник /за ред. О.І. Сідашенко, О.А. Науменка. - Х.: "Міськдрук", 2010. -744 с.
2. Паладійчук Ю.Б, Зінев М.В. Спеціалізовані ремонтні підприємства, стан і перспективи розвитку чи занепаду // Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наукових праць XVIII міжн. наук. конф. (1618 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль : Крок, 2017. 240 с
3. Головна сторінка державної служби статистики в Україні/ Електроннийресурс // Режим доступу вільний: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Сидорчук О. В., Котенко С. С., Василенко М. О., Кучерявий В. М. Проблеми технічного сервісу сільськогосподарської техніки. Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Т.2. Глеваха, 2014. Випуск 99. С. 299307.
5. Лауш П.В. і ін. Технічне обслуговування і ремонт машин. – К.: Вища школа, 2013.
6. Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник / Л.В. Швець, Ю.Б. Паладійчук, О.О. Труханська. Вінниця: ВНАУ, 2019. – 648 с.
7. Д. Г. Войтюк Сільськогосподарські та меліоративні машини / Д.Г. Войтюк В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.; іл.
8. Обладнання для очищення та видалення забруднень деталей сільгосптехніки Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу /Електронний ресурс // Режим доступу вільний: <https://propozitsiya.com/ua/obladnannya-dlya-ochishchennya-ta-vidalennya-zabrudnen-detaley-silgosptehniki>
9. Технологія розбирання сільськогосподарських машин (частина третя) Електронний ресурс // Режим доступу вільний: <https://hydro-maximum.com.ua/ua/a343465-tehnologiya-razborki-selskohozyajstvennyh.html>
10. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств: навч. посіб. А.А. Дудніков., П.В. Писаренко. О.І. Біловод., І.А. Дудніков., О.П. Ківшик. /

Вінниця: ФОП Каштелянов О.І., 2021.-400 с.

11. Обладнання для чищення та видалення забруднень деталей сільгосптехніки
Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу /Електронний ресурс //
Режим доступу вільний: <https://propozitsiya.com/ua/obladnannya-dlya-ochishchennya-ta-vidalennya-zabrudnen-detaley-silgosptehniki>
12. Кількість сільськогосподарської техніки у виробників сільськогосподарської продукції / Електронний ресурс // Режим доступу вільний: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/sg/nsgt/arh_nsgt_u.htm
13. Рекламний проспект мінімийки Karcher / Електронний ресурс // Режим доступу вільний: <http://karcher-gt.com.ua/index.php?cat=1>
14. Рекламний проспект мийки високого тиску Karcher / Електронний ресурс // Режим доступу вільний: <http://karcher-gt.com.ua/index.php?cat=25>
15. Рекламний проспект мийки високого тиску / Електронний ресурс //Режим доступу вільний: <https://profitech.com.ua/ua/p980466408-professionalnaya-mojka-vysokogo.html>
16. Schwartz A.M., Perry J.W. Surface active Agents and Detergents. v.2, Intersie. Publ., N.Y. - Lnd., 1958
17. Kirilin A.V. The theoretical aspects of removing contamination of agricultural machinery /A.V. Kirilin // Modern Science. 2017. № 4-1. С. 38-41.
18. Цуркан О.В., Полева Ю.А., Ковальчук О.С. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів із дисципліни "Основи наукових досліджень" для студентів напряму підготовки 6.050503 "Обладнання переробних і харчових виробництв" денної та заочної форми навчання. – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 44 с.
19. М.С. Агєєв, І. В. Грицук, Е.К. Солових Застосування комбінованих технологій відновлення для підвищення ресурсу деталей засобів транспорту Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ), 2020, Вип. 194.С. 81 – 92.
20. М.С. Агєєв, А.В. Рудковський, О.П. Грищенко, Е.К. Солових, С.О. Магопець Відновлення деталей засобів транспорту комбінованим методом нанесення багатофункціональних покриттів Науковий журнал «Вісник

- Хмельницького національного університету». Технічні науки. 2020. №3 (285). С. 268 – 277. DOI 10.31891/2307 – 5732.
21. O. Saraiev, I. Saraieva, I. Gritsuk, R. Vrublevskiy, D. Kurnosenko, M. Ahieiev Automated Diagnostic System for Engine Cylinder – Piston Group. SAE Technical Paper 2020 – 01 – 2022. 2020. doi: <https://doi.org/10.4271/2020 – 01 – 2022>. Mode of access: SAE International (Scopus). <http://papers.sae.org/10.4271/2020 – 01 – 2022>. Title from the screen.
 22. М.С. Агєєв, М.А. Білоцерківський, В.М. Лопата, Н.В. Вігілянська Використання структурних аномалій в сталевих газотермічних покриттях при підвищенні зносостійкості засобів транспорту. Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». Технічні науки. 2020, №4. Том 1 (287), С. 257 – 262. DOI 10.31891/2307 – 5732.
 23. M. Ageev, S. Dovzhuk, V. Nikolaychuk The Influence of Design Parameters for Electric arc Equipment on the Factors of Spray Process and Properties of Coatings. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2019. Col.1(32). P.114 – 123.
 24. Ethernet 1st Edition Wiley; 1st edition (March 15, 2022) - 416 pages
 25. The Car Book: The Definite Visual Guide Dorling Kindersley 2022 рік,- 368 pages
 26. Per Enge (Author), Nick Enge (Author), Stephen Zoepf Electric Vehicle Engineering 1st Edition, Kindle Editio McGraw Hill; 1st edition (January 24, 2021) - 209 pages
 27. Гента Г., Морелло Л. Автомобільне шасі. Том 2. Проектування системи. Спрінгер, 2019. 825 с.
 28. Франк Х., Франк Д. Математичні методи реконструкції аварії: погляд судово-медичної експертизи. Бока-Ратон: CRC Press, 2009. 328 стор.
 29. Стефан Х. Методи реконструкції аварії. Динаміка систем автомобіля. 2019. Том 47. Номер 8: С. 1049-1073. DOI: 10.1080/00423110903100440.
 30. Після затвердження переліку науково-технічної та довідкової літератури, що рекомендується, яка використовується для проведення судових експертиз.

- Наказ Міністерства юстиції України від 30 липня 2010 р. № 1722/5. К., 2017. 94 с.
31. Ротштейн А., Ребедайло В., Кашканов А. Нечітко-логічна ідентифікація коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з поверхнею дороги. Доповіді та листи про нечіткі системи та II. 2017. 6(1–3), сторінки 53–64.
 32. Ротштейн А., Кашканов А. Нечітка експертна система визначення коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям. Дії 6-ї Європейської конференції з інтелектуальних технологій та м'яких обчислень, Аахен, Німеччина, 2018 р. с. 1735–1740.
 33. Lyashuk, O., Levkovich, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semitrailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>
 34. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (ч. I) / Ю. І. Пиндус, Р. Р. Заверуха. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 145 с
 35. М.С. Агеєв Дослідження кінетики виміру електрохімічного потенціалу в часі при підвищенні корозійної стійкості деталей Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». Технічні науки. 2019 №6 (279). С. 240 – 248. DOI 10.31891/2307 – 5732.
 36. М.С. Агеєв Застосування методів аналітичної механіки для створення моделі переміщення маси в робочих зонах елементів СЕУ. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк: 2013. Вип. №40.С. 4 – 6.
 37. Б.А. Ляшенко, М.С. Агеєв, С.Л. Чиграй Управління дифузійним насиченням пористих покриттів в умовах термоциклічного іонного азотування Інженерія поверхні і реновація виробів: матеріали 17 – ї міжнародної науково- технічної конференції (29 травня – 2 червня 2017 р., Одеса). Одеса: АТМ України. 2017. С. 111 – 114.
 38. Ющенко К.А. Інженерія поверхні. Київ: Наук-а думка, 2007. 559 с.
 39. В.М. Корж, Ю.С. Попіль Інженерія поверхні – новий технологічний

- напрямок виготовлення та відновлення деталей машин та конструкцій. Сучасне машинобудування. 1999. №1. С. 92 – 94.
40. М.В. Кіндрачук, В.М. Писаренко, Н.В. Іщук, М.В. Кіндрачук Формування зносостійких структур на сталях дискретною модифікацією поверхні. *Металознавство та обробка матеріалів*, 2009. №3. С. 11 – 17.
41. В.В. Возненко Підвищення експлуатаційних характеристик деталей приладів шляхом формування поверхонь з дискретно-орієнтованою топографією: автор. дис. к.т.н., НТУУ. Київ: 2006. 20 с.
42. Патент 33410, Україна. Спосіб нанесення дискретних зносостійких покриттів. Бюл. 2001. № 1.
43. А.О. Корнієнко Формування покриттів триботехнічного призначення комбінованою лазеро-хіміко-термічною обробкою. Проблеми тертя та зношування: Науково-техн. зб. К.: НАУ. 2008 Вип. 49. Т.2. С.61 – 65.
44. Білецький В.Р., Криворучко В.І. Аналіз технологій миття поверхонь сільськогосподарської техніки. Технічний прогрес в АПВ: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9-10 травня 2023 року / Державний біотехнологічний університет. Харків. С. 84-87.
45. Білецький В.Р., Криворучко В.І. Пристрій для створення обертового гідравлічного струменя. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р.* Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 3-6.
46. Lau W. J., Ismail A. F., Firdaus S. Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes. *Separation and purification Technology*. 104. 2013 P. 26–31.
47. Bukatenko N., Zinchenko M., Iershova N. Innovative Technology for Clearing Detergent Solutions after Car Washing while Making Environmentally Friendly Managerial Decisions. *Key Engineering Materials*. 925. 2022. P. 93–101. URL: <https://doi.org/10.4028/p-4g90xd>

48. Portna O. V., Iershova N. Yu. Eco-management of organizations within the green economy system. *Acta Innovations*. 35. 2020. P. 81–94. 5. More information about the concept of green economy. URL: <https://www.unenvironment.org/resources/publication/shades-green-introduction-greeneconomy-parliamentarians-issues-brief>
49. Tekere M., Sibanda T., Maphangwa K. W. An assessment of the physicochemical properties and toxicity potential of carwash effluents from professional carwash outlets in Gauteng Province South Africa. *Environmental Science and Pollution Research*. 23. 2016. P. 11876–11884.
50. Aikins S., Boakye D. O. Carwash wastewater characterization and effect on surface water quality: A case study of washing bays sited on Oda and Daban streams in Kumasi, Ghana. *ARP Journal of Science and Technology*. 5(4). 2015. P. 190–197.