

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
другого магістерського рівня

на тему: «Дослідження технічних засобів для миття автомобілів»

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-62

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Карпінський О.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: Крайник Л.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Рис В.І.  
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 621.433.052

Карпінський О.В. «Дослідження технічних засобів для миття автомобілів»

//Дипломна робота. – Дубляни: Львівський національний університет природокористування. 2024. – 79с.

Досліджено ступень забрудненості автотранспортних засобів. Встановлено, що існує потреба в розробці конструкцій спеціальних пристроїв і технологічних рішень, спрямованих на поліпшення якості миття машин від всіх видів забруднень з мінімальними енергетичними і трудовими затратами.

Проведеним аналізом визначено, що перспективною технологією мийки зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів є водоструминна мийка з підвищеним механічним впливом за рахунок додаткової енергії.

Розроблено конструкцію мийного пристрою з обертовими гідравлічними струменями. Її застосування забезпечує комплексний гідродинамічний вплив на частинки забруднення з багаторазовим повторенням, що дозволяє зруйнувати забруднення і відвести його із зони мийки.

Встановлено, що раціональними параметрами пристрою для створення 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 омиваючої поверхні і швидкості обертання сопла 132 об/хв.

Розраховано фактичний річний економічний ефект від впровадження результатів дослідження, який склав 4697,6 грн. на одну одиницю автотранспортного засобу

Таблиць 7; рисунків 13, бібліогр. джерел 43.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1 Характеристика забруднень сільськогосподарської техніки.....	9
1.2 Аналіз технологій мийки поверхонь сільськогосподарської техніки .....	12
1.3 Аналіз застосовуваних конструкцій і засобів механізації для мийки сільськогосподарської техніки .....	19
Висновки за розділом .....	28
Розділ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МИЙКИ ЗОВНІШНІХ ЗАБРУДНЕНЬ ПОВЕРХОНЬ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ОБЕРТОВИМИ СТРУМЕНЯМИ.....	30
2.1 Аналіз застосовуваних конструкцій насадок .....	30
2.2 Конструктивне рішення.....	35
2.3 Теоретичне дослідження руху крапель обертових струменів .....	37
2.4 Теоретичне дослідження ударного впливу крапель струменя .....	39
Висновки за розділом .....	42
Розділ 3. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44
3.1 Загальні відомості. ....	44
3.2 Методика лабораторних досліджень.....	47
3.3 Методика натурних випробувань .....	49
Розділ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	54
4.1 Результати лабораторних досліджень .....	54
4.2 Результати натурних випробувань .....	56
Висновки за розділом .....	59
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	60
5.1. Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій.....	60

5.2. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з безпеки праці.....	61
5.2.1. Рекомендації з охорони праці під час миття автомобілів.....	61
5.2.2. Вимоги безпеки під час мийки автомобілів.....	63
5.2.3. Вимоги щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.....	65
5.3. Пожежна безпека.....	65
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	67
Висновки за розділом.....	71
6. Економічна ефективність.....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76

## ВСТУП

В процесі експлуатації автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції на поверхні скупчуються різні забруднення, які під дією кліматичних факторів утворюють на поверхні щільні відкладення, які надають різко негативний вплив на ефективність використання машин. У зв'язку з цим мийка техніки є одним з ключових процесів, що впливають на ефективність використання техніки і підвищення якості сільськогосподарських робіт.

Нині малі і фермерські господарства зацікавлені у використанні ефективної і недорогої техніки для мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції від забруднень. Серед таких мийних машин широке застосування знайшли установки високого тиску.

Технологія використання струменів високого тиску дозволяє якісно очищати поверхню автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції. Якісна мийка струменями високого тиску досягається за рахунок застосуванням різних конструкцій насадок, що дозволяють надати струмені рідини різну конфігурацію.

Не дивлячись на широке застосування і ряд переваг дані установки мають один істотний недолік – це підвищена витрата води, що безпосередньо впливає на підвищення витрат мийного процесу, які для товаровиробника і без того великі. У зв'язку з цим для економії природних ресурсів і зниження витрат на мийку автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції в умовах малих і фермерських господарств необхідно приділити увагу пошуку нових пристроїв які дозволять підвищити енергонасиченість (ефективність) водних струменів без підвищення тиску. Дослідження показали, що в даний час вельми перспективним є конструкції універсальних сопел, які дозволяють надати мийному струмені різної форми.

**Метою магістерської роботи** є підвищення ефективності процесу мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції обґрунтуванням параметрів пристрою для створення обертаючого мийного струменя.

Для забезпечення поставленої мети необхідно було виконати наступні завдання:

1. Розробити конструкцію мийного пристрою з обертовим струменем для мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції.
2. Теоретично обґрунтувати параметри пристрою мийки зі створенням обертаючого струменя
3. Визначити економічний ефект застосування розробленого мийного пристрою.

**Об'єкт дослідження.** Пристрій мийки зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів.

**Предмет дослідження.** Параметри пристрою мийки зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції.

## Розділ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Характеристика забруднень сільськогосподарської техніки

Найінформативніше уявлення про різновиди наявних забруднень приведено в класифікації, розробленої професором Н. Ф. Тельновим (рисунок 1.1) [5, 6, 7, 9, 12, 17, 18], яка дозволяє розділити забруднення за джерелами появи, фізико-хімічним параметрам і їх впливу на вибір способу видалення при очищенні поверхонь.

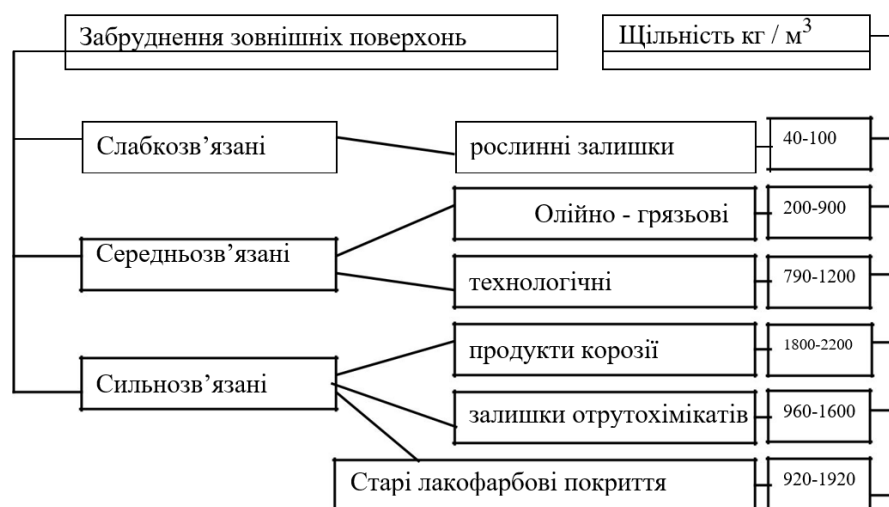


Рисунок 1.1 - Класифікація забруднень в залежності від складності їх видалення та їх щільності

Рослинні залишки накопичуються під час експлуатації техніки в полях. Вони збираються на зовнішніх елементах машин, в бункерах і на різних виступах, в порожнинах і являють собою суміш соломи, полови з пилом і шматочками землі. Надійному закріпленню ґрунтового бруду і залишків рослинного походження на поверхнях машини сприяє наявність води і рослинних соків.

Олійно-забруднюючі відкладення формуються при контакті дорожнього пилу і бруду із замасленими деталями сільськогосподарської техніки. Також можливий і зворотний ефект - на забруднені дорожнім пилом частини машин потрапляє масло і, воно, просочуючи бруд, забезпечує щільне зчеплення її часток з поверхнею машин.

Технологічні забруднення виникають на різних елементах техніки в процесі технічного обслуговування і ремонту. До таких забруднень відноситься металева стружка, продукти зносу, покриття для тривалого зберігання та інші. Дані забруднення нерідко складаються з твердих абразивних зерен, які скупчуються в глухих елементах внутрішніх поверхонь та інших важкодоступних місцях, звідки їх практично неможливо видалити. При експлуатації техніки і агрегатів технологічні забруднення з плином часу вимиваються, потрапляють на вузли і деталі, інтенсифікуючи процес зносу третьових елементів машин.

Залишки отрутохімікатів - це складний багатокomпонентний мінерально органічний склад, який представляє собою суміш різноманітних фракцій (дорожній пил, масляні відкладення і ін.) з мінеральними добривами, що застосовуються, наприклад, для боротьби з бур'янами та шкідниками сільськогосподарських культур.

Старі лакофарбові покриття відносяться до зовнішніх забруднень, які необхідно з використанням різного технологічного устаткування знімати при ремонті і підготовці автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції до консервації в міжсезонному зберіганні. Збережені старі покриття не дозволяють забезпечити надійний захист металевих поверхонь техніки від негативного впливу зовнішнього середовища і крім того нерідко самі є осередками корозійного процесу і сприяють передчасному руйнуванню машин. Проведення ремонтних робіт без зняття зруйнованого лакофарбового покриття призводить до зниження їх якості, а при виконанні зварювальних операцій залишки фарби згорають і виділяють в повітря робочої зони шкідливі речовини.

Продукти корозії формуються в процесі хімічного або електрохімічного руйнування металевих елементів машин. Як правило, продукти корозії накопичуються на поверхні машин в щілинах, отворах, швах, стиках - місцях, звідки їх важко видалити [8, 10].



Як показали дослідження (рисунок 1.2, 1.3) [11] з усієї площі поверхонь, що мають забруднення, тільки незначну частину складають сильнозв'язані забруднення, але трудомісткість їх видалення в кілька разів перевищує інші види забруднень.

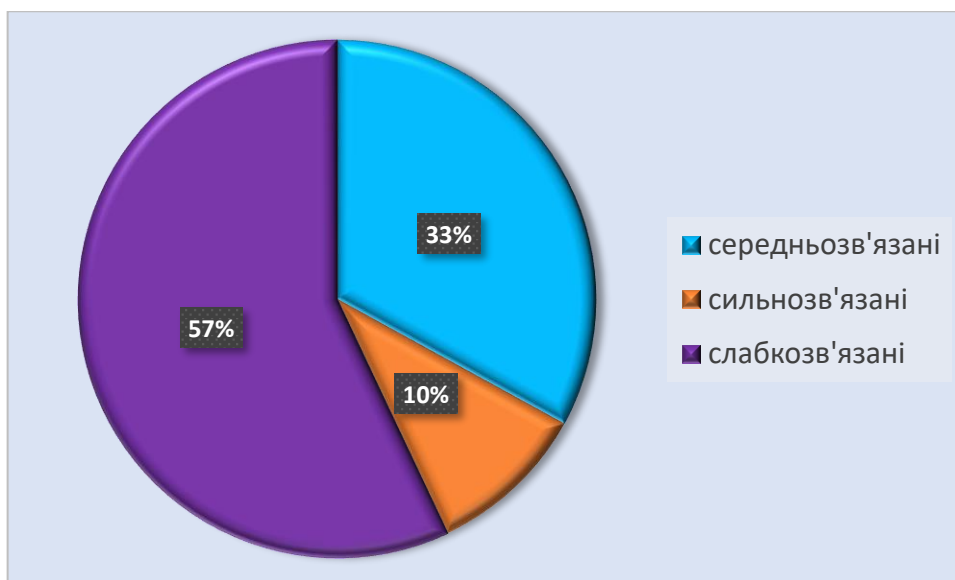


Рис. 1.2 - Діаграма займаних площ забруднень

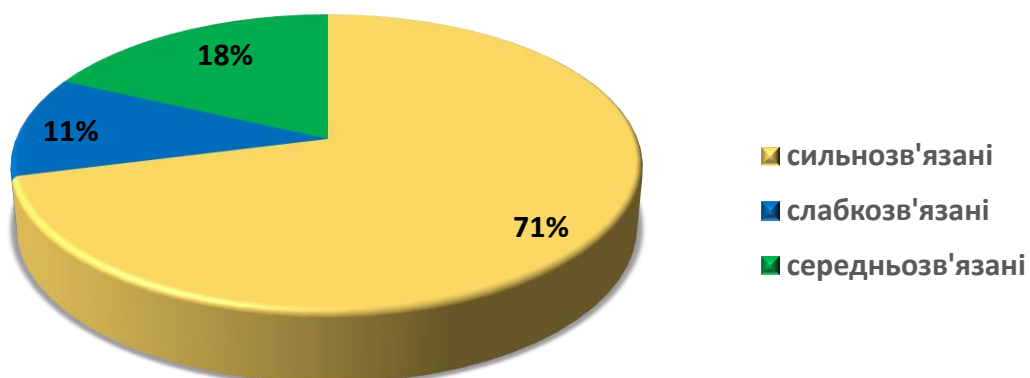


Рисунок 1.3 - Діаграма трудомісткості видалення забруднень

Технологічні умови, які регламентують наявність на 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 допустимій нормативами кількості.

Більшість забруднень машин мають багатоконпонентний склад, що включають як рідкі, так і тверді фази, які мають різну дисперсність, що істотно впливає на адгезійну силу зчеплення частинок забруднення з поверхнею, що очищується [32, 37, 38].

За особливостями формування на зовнішніх елементах машин і по щільності забруднення можуть бути поділені на три групи [35].

Саму значну частину площа поверхонь машин сільськогосподарського призначення складають слабо пов'язані (57%) і середньо пов'язані (33%) забруднення, трудомісткість видалення яких є значно нижчою, ніж у сильно пов'язаних. Сильнопов'язані забруднення (10%), як правило, розташовані в місцях, доступ до яких утруднений і тому для їх видалення потрібно великі затрати праці (71%) [15].

На підставі вищевикладеного можна сформулювати висновок про те, що процесу мийки сільськогосподарської техніки від забруднень є достатньо трудомісткий

Отже, існує потреба в розробці високотехнологічного, високоефективного з мінімальними матеріальними та трудовими затратами процесу миття і спеціальних пристроїв, що забезпечують якісне видалення всіх забруднень.

## **1.2. Аналіз технологій мийки поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції**

Мийка –це технологічний процес, який забезпечує видалення забруднень із поверхонь машин шляхом їх порушення (подолання міцності і адгезійних сил) з їх подальшим видаленням [29].

За способом видалення забруднень (рис. 1.4) всі існуючі мийно-очисні технології умовно діляться на механічні, принцип дії яких заснований на видаленні бруду за допомогою струменів води під високим тиском або ручним способом (металевими щітками, скребками) і фізико-хімічні, що дозволяють

видаляти забруднення шляхом розчинення і змивання в процесі протікання хімічних реакцій [2, 3, 13, 14, 16, 32].

Очищення забрудненої поверхні технологічних машин шляхом впливу фізико-хімічної енергії включає наступні основні процеси: емульгування, розчинення, молекулярні перетворення, диспергування, хімічне травлення оброблюваної поверхні і ряд інших процесів. Даний енергетичний вплив створюється за рахунок використання миючих засобів, які поділяються на органічні та емульсійні розчинники, кислотні розчини та синтетичні миючі засоби. Найвищу ступінь очищення дозволяють досягти синтетичні миючі засоби, в яких містяться поверхнево-активні речовини, які активно руйнують вогнища забруднень на оброблюваній поверхні. Ключовими недоліками даної технології мийки, що обмежують її практичне застосування, є негативний вплив на навколишнє середовище.

Механічна енергія потрібна для руйнування забруднень і видалення їх з поверхні, що очищається, шляхом створення нормальних і дотичних напружень. Механічне видалення забруднень може здійснюватися зіскоблюванням (рис. 1.5) або з використанням водяних струменів високого тиску, які створюються за допомогою спеціальних пристроїв, які називаються соплами.

Зіскоблювання одна з найбільш широко застосовуваних технологій очищення при технічному обслуговуванні та ремонті машин. Способи виконання даної операції можуть бути різними [26, 28].

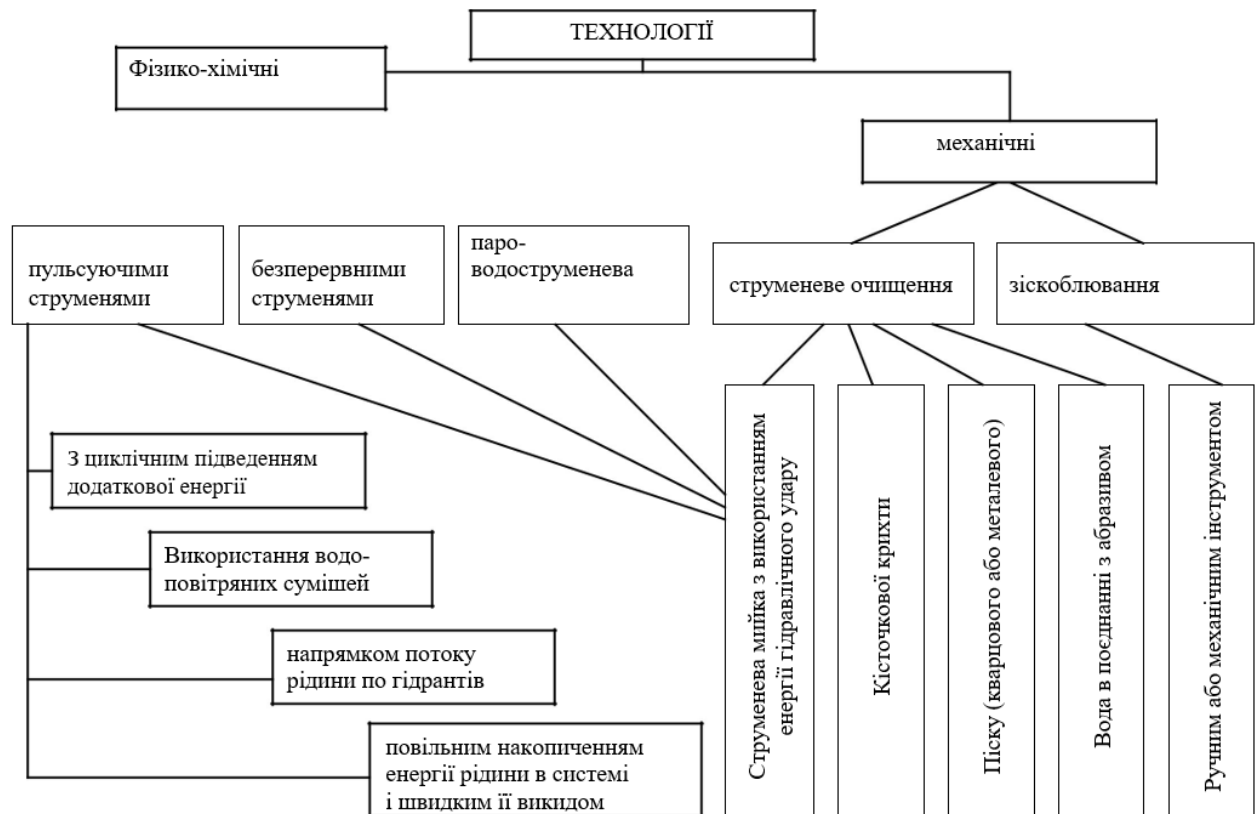


Рисунок 1.4 - Технології видалення забруднень з поверхні машини



Рисунок 1.5 - Способи зіскоблювання забруднень

Зіскоблювання з використанням ручного інструменту характеризується найнижчою продуктивністю в порівнянні з вищенаведеними способами, який здійснюється як із застосуванням механічного, так і електричного інструменту та застосовується в тих випадках, коли використовувати високопродуктивне обладнання та технології недоцільно або неможливо.

Галтівка і віброабразивне очищення використовуються для очищення деталей від забруднень на спеціалізованому обладнанні, і, отже, дана технологія не може бути застосована для зовнішньої очистки. Тому в нашій роботі вона не розглядається.

До недоліків технологій зіскоблювання відносяться низька продуктивність і висока трудомісткість, а також необхідність застосування спеціалізованого інструменту.

В агропромисловому комплексі для очищення машин від забруднень найбільш широкое застосування знайшли технології з використанням сухих і водяних струменів, класифікація яких представлена на рисунку 1.6 [6].

Процес видалення забруднень за допомогою кісточкової крихти полягає у впливі на оброблювану поверхню шкаралупи або кісточок, попередньо роздроблених до дрібнодисперсних фракцій, які під тиском від 3 до 5 МПа (в залежності від ступеня забруднення і його виду) подаються стисненим повітрям до об'єкта очищення. Цей спосіб характеризується високим ступенем очищення при мінімальних витратах, не робить руйнуючої дії на зовнішніх поверхнях і може бути використаний для очищення деталей з алюмінієвих сплавів [16, 29]. Негативним моментом використання кісточкової крихти є високий вміст пилу в повітрі робочої зони під час очищення, що істотно погіршує умови праці оператора і вимагає застосування додаткових засобів індивідуального захисту або установки витяжної вентиляції. Істотним недоліком даної технології є складність використовуваного обладнання, високі витрати при застосуванні установок з ручним керуванням струминними соплами.

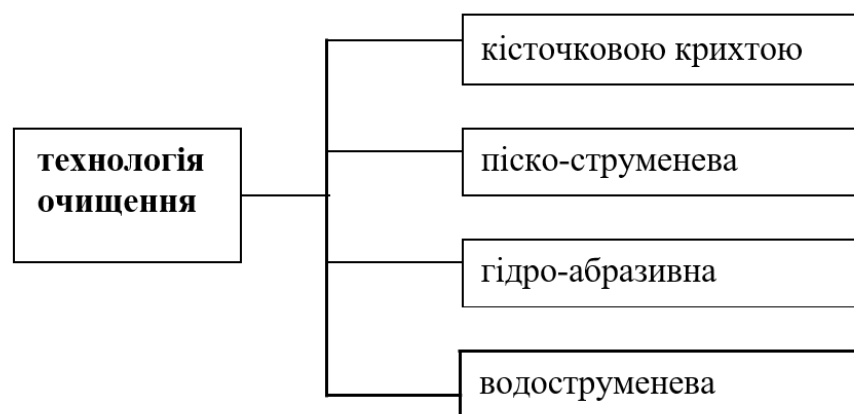


Рисунок 1.6 – Класифікація технологій очищення з використанням сухих і водяних струменів

Застосування піскоструменевої технології очищення доцільно для видалення середньо і сильно зв'язкових забруднень (залишків лакофарбового покриття, продуктів корозії). Дана технологія полягає в обдувці очищуючим металевим або кварцовим піском [26, 39]. При даному способі видалення забруднень оброблювана поверхня крім очищення додатково набуває рівномірну шорсткість, що значно покращує процес нанесення фарби, протикорозійного обробки і ряду інших операцій. При очищенні за допомогою кварцового піску відзначається підвищений вміст пилу в повітрі, яка негативно впливає на здоров'я оператора і тому кращим способом є застосування в якості компонента для очищення металевих піску (дробу, виготовленої з металу). Технологія дробоструменевого очищення є більш витратною в порівнянні з піскоструменевою, що пояснюється високою вартістю металевих пісків, навіть при тому, що витрата дробу менше в 4 рази. Недоліком дробоструминних технологій є виникнення електрохімічного корозійного процесу при очищенні деталей, виготовлених з кольорових металів.

Для очищення машин при гідроабразивній технології використовується кварцовий пісок, карбіди кремнію, окису алюмінію. Сутність даної технології полягає в різкому викиді гідроабразивної суміші за допомогою стиснутого повітря на оброблювану поверхню. Очищуючий ефект залежить від процентного вмісту абразиву в суміші, однак при його збільшенні виникають труднощі в доставці водно-абразивної емульсії до об'єкта, а низький вміст абразиву призводить до погіршення якості видалення забруднень. Найбільше застосування в гідроабразивній технології очищення отримав кварцовий пісок. При водоструминній технології очищення в якості механічного фактора, що руйнує забруднення, застосовується енергія гідравлічного удару. Принцип дії гідравлічного струменя на забруднену поверхню показаний на рисунку 1.7.

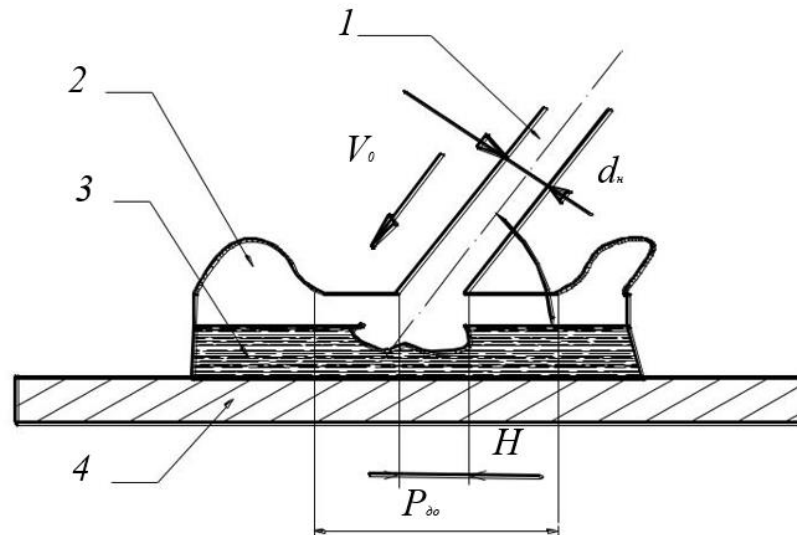


Рисунок 1.7 - Схема впливу струменя на омивану поверхню

1 - потік розтікається рідини; 2 - гідравлічний стрибок потоку; 3-забруднення; 4- очищається поверхню;  $V_0$  - швидкість струменя;  $P$ - сила впливу струменя на забруднену поверхню;  $N$  і  $T$ - нормальна і тангенціальна складові сили впливу струменя на забруднену поверхню;  $d_n$  - діаметр струменя

Застосування гідравлічного струменя для видалення слабозв'язаних і середньозв'язаних забруднень дозволяє забезпечити високу ступінь очищення. Принцип дії технології водоструминного очищення заснований на використанні сили гідравлічного удару, яка визначається за формулою 1.1

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

де  $P$  - сила удару струменя, Н;

$m_0$  - секундна маса рідини, кг/с;

$\rho$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$v_0$ - швидкість витікання рідини з сопла, м/с;

$\omega_0$  - перетин струменя, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  - кут відображення струменя від точки зустрічі з перепоною, радіан.

Ефективність використання водоструминної очищення залежить від швидкості витікання рідини з сопла, яка визначається виразом:

$$v_0 = \varphi \sqrt{2gH}$$

де  $H$  - напір води, м;

$g$  - прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>;

$\varphi$  - коефіцієнт швидкості, який залежить від форми отвору і типу насадки.

Швидкість  $v_0$  визначає витрату води  $Q$  через насадки:

$$Q = \frac{\pi d^2 v_0}{4000}$$

де  $d$  - діаметр сопла.

Зменшуючи діаметр сопла  $d$  і підвищуючи тиск, можна отримати, велику швидкість витікання рідини і тим самим підвищити механічну силу впливу (удару) при незмінній витраті 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 цього недоліку запропонований спосіб гідродинамічної кавітації очищення [12]. Сутність цього способу полягає в ерозійному впливі кавітаційних бульбашок, згенерованих в спеціальному соплі і підсилюють ступінь руйнуючого вплив струменя води на об'єкт очищення. Технології кавітаційного очищення є найбільш перспективними, оскільки дозволяють підвищити механічний вплив за рахунок додаткової енергії, отримати якісну очистку при мінімальних витратах [5, 9, 19].

Кавітаційне очищення відрізняється низькою продуктивністю і підвищеною складністю в управлінні процесами кавітації, що істотно обмежує діапазон її застосування. При цьому способі очищення виникає потреба чіткого виконання розрахункових параметрів, що забезпечують схлопування кавітаційних бульбашок безпосередньо в забрудненій поверхні.

Проведений аналіз існуючих технологій очищення показав, що найбільш перспективною для видалення забруднень з поверхні техніки є водоструменеве очищення, що дозволяє підвищити рівень механічного впливу шляхом застосування додаткової енергії, в якості якої може служити енергія обертаючого струменя. Отже, для поліпшення якості мийки забруднених поверхонь



автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції потрібно розробити конструкцію пристрою, що дозволяє формувати обертовий струмінь і впливати ним на оброблювану поверхню.

### **1.3. Аналіз застосовуваних конструкцій і засобів механізації для мийки автотранспортних засобів**

Мийні установки механічної дії знайшли широке застосування не тільки в сільськогосподарському виробництві, але і в різних галузях сільського господарства. Вони мають схожі конструктивні ознаки, за наявності яких установки можна класифікувати за такими групами:

1. за конструкцією робочого органу:

- струменеві
- щіткові
- комбіновані (струменеві і щіткові)

2. за способом переміщення щодо того, який об'єкт 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 струминного типу переважно використовуються для миття техніки великих розмірів. У таких установках мийочна рідина на зовнішніх поверхнях направляється через спеціальні насадки у вигляді сопел (форсунок), розташованих на стаціонарних або пересувних трубопроводах - колекторах.

Мийні установки проїзного типу дозволяють одночасно очищати всі забруднені поверхні машин, оскільки в процесі мийки вони примусово за допомогою конвеєра переміщуються через мийну камеру, розташовану безпосередньо в установці. В процесі миття струменеві сопла додатково здійснюють коливальні або обертальні рухи, що дозволяє поліпшити процес видалення забруднень.

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



Рисунок 1.8 - Стаціонарна струменева щіткова мийна установка

На відкритих майданчиках для мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції і 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 достатньому віддаленні від машинного двору безпосередньо на польовому стані в період проведення збиральних робіт [3, 6, 7, 9, 15].

Стационарні 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 виключення проникнення води на поверхню її конструктивних елементів в процесі мийки. [3, 6, 7, 9, 15].



Рисунок 1.9 - Пересувна мийна установка

Такі мийні установки відрізняються високою вартістю і їх застосування в умовах малих і фермерських господарств економічно недоцільно.

В малих і фермерських господарствах найбільш широке застосування знайшли побутові мобільні мийні установки.

Струменеві установки низького тиску в даний час практично промислово не виробляються і їх застосування малоефективно через низьку продуктивність і неякісну мийку.

Модельний ряд мийних установок представлений в основному універсальними апаратами середнього і високого тиску, які призначені для миття машин, як в умовах виробничих потужностей, так і для використання в невеликих господарствах [12, 16, 27, 39]. Вітчизняні виробники випускають широкий спектр водоструминних установок, які володіють хорошими експлуатаційними характеристиками і відрізняються невисокою вартістю, в порівнянні з імпортними аналогами. Для використання в умовах невеликих

господарств можуть бути застосовані установки Інтерскол АМ-130 / 2500В (рисунок 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.



Рисунок 1.10 - Установка Інтерскол АМ-130 / 2500В для водоструменевого очищення

1 - гідромонітор, 2 - шланг високого тиску, 3 - захисний кожух силової установки



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

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

Пересувна водоструминна мийна установка моделі М125 (рис. 1.12) використовується для мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції всіх 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 направляється на поверхню, що очищається під високим тиском [31, 46]. Даний принцип роботи застосовується в більшості сучасних мийних установках. Додатково в конструкції моделі М125 передбачені баки для миючих складів.

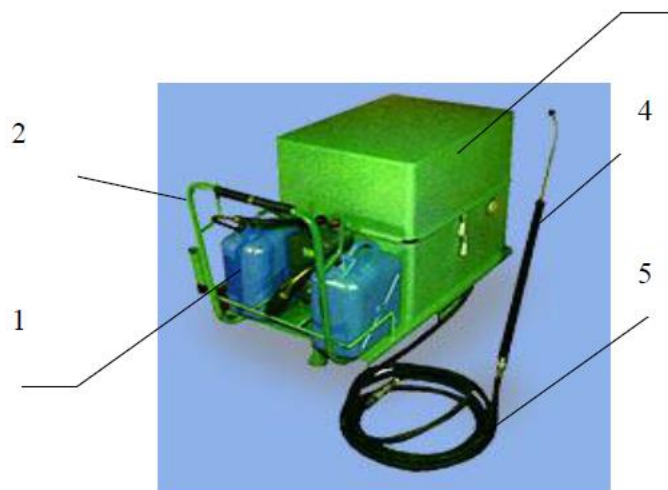


Рисунок 1.12 - Зовнішній вигляд установки водоструминної очищення М125  
1 - ємність для миючого розчину, 2 - ручка для переміщення, 3 - корпус установки, 4 - гідромонітор, 5 - шланг високого тиску

Зарубіжні виробники також пропонують широкий спектр мийних установок високого тиску (рис. 1.14). Вони випускають різноманітний модельний ряд таких установок. Порівняльний аналіз показав, зарубіжні установки відрізняються від українських зменшеними розмірами і вагою, а також більш високими експлуатаційними характеристиками, які забезпечуються за рахунок застосування сучасних матеріалів і технологічних рішень.



Рисунок 1.14 - Зовнішній вигляд зарубіжних пересувних мийних установок високого тиску

а - «Karcher»; б - «OERTZEN» 316 C; в - «CHAMPION» HP6300; г - «Bosch» AQT 45-14 X; д - «STERWIN» S - 160 EPW; е - «PATRIOT»GT 320

Характеристики мийних установок зарубіжного виробництва представлені в таблиці 1.1.

Живлення представлених в таблицях 1.1 і 1.2 установок здійснюється від мережі 220В/50Гц, максимально допустима температура води на вході становить не більше 40<sup>0</sup> С. Конструктивно переважна більшість пересувних установок високого тиску складаються з пересувного візка, з розташованими на ній двигуном, насосом високого тиску, передавальної муфти або редуктора. Установки комплектуються шлангами високого тиску і гідромоніторами, які призначені для надання сформованої в соплі струменя потрібного напрямку [23, 26, 39].

Таблиця 1.1 – Апарати високого тиску зарубіжного виробництва

Моделі установок	Розміри, (ДхШхВ. в см):	Потужність електродвигу на, кВт	Робочий тиск, МПа	Продуктивність, л/год.	Маса, кг
Інтерскол АМ-130/2500В	128х90х60	2.5	13	468	29,2
М 125	85х54х62	4	16	720	62
ЗУБР ЗАВД-3000	130х76х76	3	15	390	24

Зарубіжні виробники також пропонують широкий спектр мийних установок високого тиску (рис. 1.14). Іноземні фірми випускають різноманітний модельний ряд установок для мийки високого тиску. Порівняльний аналіз показав, що зарубіжні установки відрізняються від українських зменшеними розмірами і вагою, а також більш високими експлуатаційними характеристиками, які забезпечуються за рахунок застосування сучасних матеріалів і технологічних рішень.



Рис. 1.14 – Зарубіжні пересувні мийні установки високого тиску.

а - «Karcher»; б - «OERTZEN» 316 C; в - «CHAMPION» HP6300; г - «Bosch» AQT 45-14 X; д - «STERWIN» S - 160 EPW; е - «PATRIOT»GT 320 Imperial

Характеристики мийних установок зарубіжного виробництва представлені в таблиці 1.1.

Живлення представлені в таблицях 1.1 і 1.2 установок здійснюється від мережі 220 В / 50 Гц, максимально допустима температура води на вході становить не більше 40<sup>0</sup> С. Конструктивно переважна більшість пересувних установок високого тиску складаються з пересувного візка, з розташованими на ній двигуном, насосом високого тиску, передавальної муфтою або редуктором. Установки комплектуються шлангами високого тиску і гідромоніторами, які призначені для надання сформованої в соплі струменя потрібного напрямку.

Таблиця 1.2 – Апарати високого тиску без підігріву води зарубіжного виробництва

Фірма (країна)	Модель	Потужність, кВт	Робочий тиск, МПа	Продуктивність, л/год.	Маса, кг
"Karcher" (Німеччина)	K7	3	16	600	19,2
"OERTZEN" (Німеччина)	316C	4,3	18	780	34
"CHAMPION" (Китай)	130x76x76	2,4	15	420	25
"Bosch" (Німеччина)	HP6300	2,1	14	450	18,5
"STERWIN" (Китай)	AQT 45-14 X	2,5	16	460	19
"PATRIOT" (Китай)	GT 320 Imperial	1,4	10	390	5,2

Мийні машини для струминного очищення зовнішніх поверхонь конструктивно відрізняються незначно і складаються з наступних основних елементів: електродвигуна, насоса і мийного пістолета. Покращення характеристик мийних установок як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва можна забезпечити шляхом збільшення напору миючої рідини, що позитивно відіб'ється на ефективності механічної дії на забруднення.



Окремі дослідження показали, що підвищення продуктивності установок можна досягти не тільки за рахунок збільшення потужності електродвигуна і підвищення температури мийної рідини.

На даний час розроблений ряд конструкцій мийних машин, що дозволяють виробляти гідродинамічне очищення забруднень автотранспортних засобів з використанням енергії кавітації і сублимації (рис. 1.15) [13, 22, 25, 26]. Підвищення ступеня очищення забруднених поверхонь при застосуванні даної установки здійснюється шляхом збільшення енергії струменя за рахунок її насичення кавітаційними бульбашками, які мають високу ерозійну здатність.

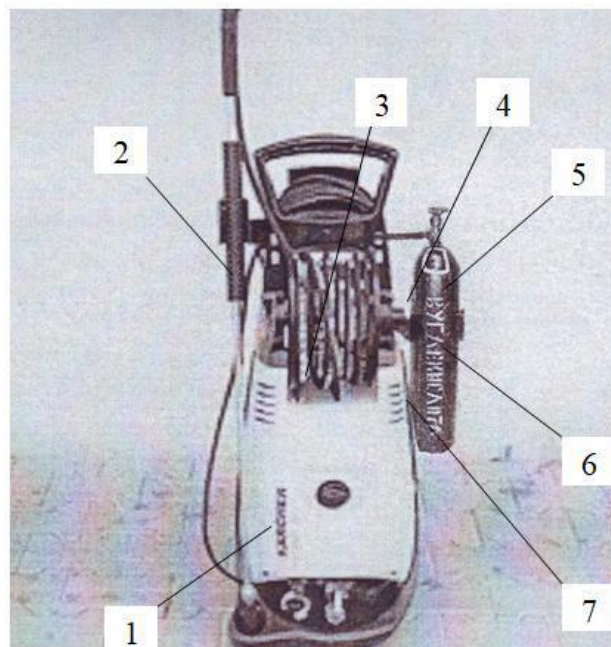


Рисунок 1.15 – Загальний вигляд промислового зразка установки для очищення з використанням рідинного багатокомпонентного струменя

1 - корпус; 2 - мийний монітор з 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 очистку автотранспортних засобів та мобільної техніки іншого призначення від усіх видів забруднення шляхом застосування енергії кавітації вибуху [3, 7, 10, 13]. Істотним мінусом цієї

конструкції є її невисока продуктивність, так як площа кавітаційного впливу порівняно мала. При застосуванні даної установки високий ступінь очищення досягається тільки на незначній відстані від кавітаційної насадки, на якому кавітаційні бульбашки забезпечують максимальний ерозійний вплив. При виконанні процесу очищення потрібно забезпечувати обов'язковий контроль відстані до поверхні, що очищається, що істотно обмежує використання даної установки. Необхідність постійного контролю розрахункових параметрів, відхилення від яких призводить до зниження або повного зникнення кавітаційного ефекту, також негативно позначається на експлуатаційних характеристиках даної конструкції [7, 10, 17, 31, 39].

До недоліків цієї конструкції слід віднести високу вартість і необхідність попередньої підготовки вуглекислотного газу. Мийні установки для видалення забруднень з сільськогосподарської техніки конструктивно відрізняються незначно і складаються з наступних основних елементів - електродвигуна, насоса і мийного пістолета. Як показав аналіз основних експлуатаційних характеристик мийних установок як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва основним напрямком їх удосконалення є підвищення напору мийної рідини для збільшення механічної дії на забруднення. Підвищення продуктивності установок можна досягти не тільки за рахунок збільшення потужності електродвигуна і температури мийної рідини, але і за рахунок використання додаткової енергії гідродинамічного впливу, для отримання якої необхідна розробка насадок спеціальної конструкції.[38, 39, 42].

### **Висновки за розділом**

Дослідження ступеня забрудненості автотранспортних засобів показали, що існуючі технології мийки не забезпечують необхідну якість через наявність стійких залишкових забруднень на зовнішніх поверхнях. Це дозволяє зробити висновок про те, що існує потреба в розробці конструкцій спеціальних пристроїв і технологічних рішень, спрямованих на поліпшення якості миття машин від всіх видів забруднень з мінімальними енергетичними і трудовими затратами і

високим ступенем очищення зовнішніх елементів автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції.

Проведений аналіз показав, що перспективною технологією мийки зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів є водоструминна мийка з підвищеним механічним впливом за рахунок додаткової енергії.

Мийні установки для видалення забруднень з автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції конструктивно відрізняються незначно і складаються з наступних основних елементів: електродвигуна, насоса і мийного пістолета.

Продуктивність мийних машин слід підвищувати не за рахунок підвищення потужності електродвигуна і підігріву миючої рідини, а шляхом застосування спеціальних насадок, що дозволяють домогтися підвищення рівня механічного впливу на забруднення.

З використовуваних насадок для мийних установок найбільш ефективними для поліпшення якості мийки є гідродинамічні насадки, що створюють ефект гідравлічного удару і забезпечують підвищення механічної дії водяного струменя. Недоліком гідродинамічних насадок є їх низька продуктивність, підвищити яку можна шляхом забезпечення зобертового водяного струменя.

## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МИЙКИ ЗОВНІШНІХ ЗАБРУДНЕНЬ ПОВЕРХОНЬ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ОБЕРТОВИМИ СТРУМЕНЯМИ

### 2.1. Аналіз застосовуваних конструкцій насадок

Продуктивність водоструминного очищення в значній мірі залежить від конструкції сопла (насадки) і швидкості витікання води з нього. Насадки служать для формування швидкісного напору, дозування витрати рідини і додання струмені води певної конфігурації. Вони виготовляються з металу або капролону, а їх різноманітна конфігурація дозволяє задавати різні форми миючого струменя: розсіюючі, віялоподібні, кинджальні, щілинні та інші (рисунок 2.1). Рідинні струменя, як правило, формують за допомогою насадок циліндричної форми. Сопла інших форм не використовуються з причини високої складності їх виготовлення, навіть, незважаючи на те, що експлуатаційні показники деяких конструкцій перевершують циліндричні [17, 20, 30].

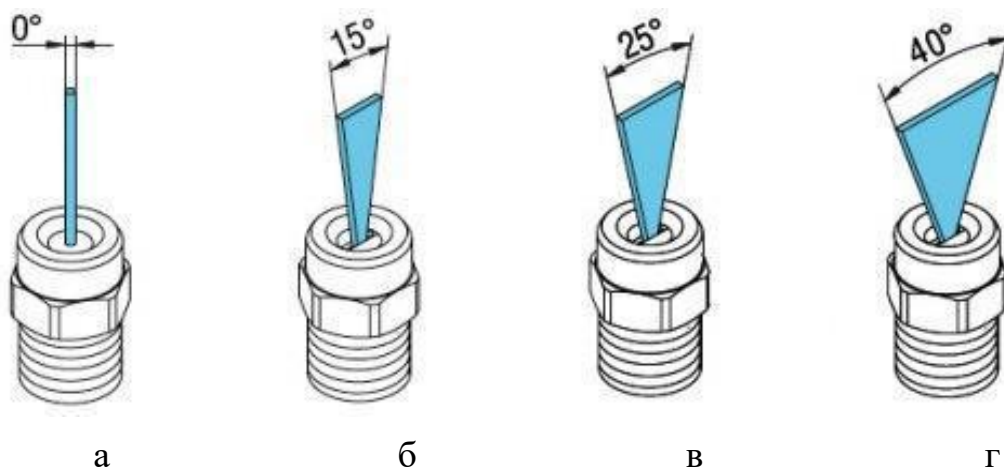


Рисунок 2.1. – Різні форми миючого струменя

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

У струменя кинджальної форми слід відзначити високе очищаюче зусилля в поєднанні з невисокою продуктивністю по площі, а у струмені віялової форми - поряд з високою продуктивністю по площі відзначається низьке очищаюче зусилля. При цьому у кинджальному струмені зберігається на відстані 20 см близько 70% вихідного ударного тиску, а у віяловій на тій же відстані - близько

5% [24, 25]. Кинджальні насадки формують різкий, суцільний і зосереджений струмінь, проникаючий через всю товщину забруднень, який відриває їх знизу від поверхні, що очищається, і дозволяє проникати у важкодоступні місця. Віялові насадки, що мають плоский перетин, при малих кутах утворюють плоский і різкий струмінь з великою силою удару, а в міру збільшення кута - широкий струмінь зі зменшенням сили удару (рисунок 2.2).

Основними показниками, що характеризують насадки є: коефіцієнт витрати  $\mu$ , коефіцієнт опору  $\mu$  і швидкісний коефіцієнт  $\varphi$ . Витрата рідини через сопло при постійному напорі визначається з виразу [53]:

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2P}{\rho}} \quad (2.1)$$

де  $d$  - діаметр отвору, м;

$P$  - тиск рідини у сопла, Па;

$\rho$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>.

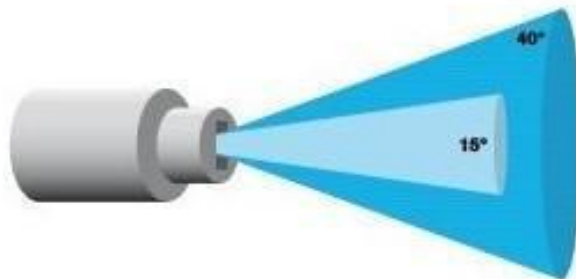


Рисунок 2.2 – Ступінь насиченості водного струменя в залежності від кута його розпилю

Енергія, яка виходить із сопла струменя визначається з виразу:

$$W = \frac{mV^2}{2} \quad (2.2)$$

де  $m$  - маса витікаючої рідини;

$V$  - швидкість витікання рідини з сопла.

Швидкість витікання визначається по формулі:

$$V = \varphi \sqrt{\frac{2P}{\rho}} \quad (2.3)$$

де  $\varphi$  - швидкісний коефіцієнт.

Швидкісний коефіцієнт визначається формулою:

$$\varphi = \frac{1}{\alpha + \varepsilon} \quad (2.4)$$

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

$\varepsilon$  - коефіцієнт опору повітря.

Отже, енергію струменя можна виразити:

$$W = \frac{mV^2}{2} = \frac{Q\rho V^2}{2} = \mu\varphi^2 \frac{\pi d^2 \rho}{8} \left(\frac{2P}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}} = \mu \frac{\pi d^2 \rho}{8(\alpha + \varepsilon)^2} \left(\frac{2P}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (2.5)$$

З виразу (2.5) можна зробити висновок, що енергія струменя залежить від маси рідини і швидкості її закінчення [42]. Швидкісний коефіцієнт струменя обернено пропорційний сумі нерівномірності розподілу швидкостей і опору повітря. За законами гідравліки зі збільшенням напору у насадки (сопла) підвищується швидкість витікання, а, отже, і енергія струменя.

З відомих сопел, які відносяться до гідравлічних апаратів для створення вільних гідродинамічних струменів, за допомогою яких видаляють забруднення з поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, виділяють наступні:

Акустико-кавітаційне сопло.

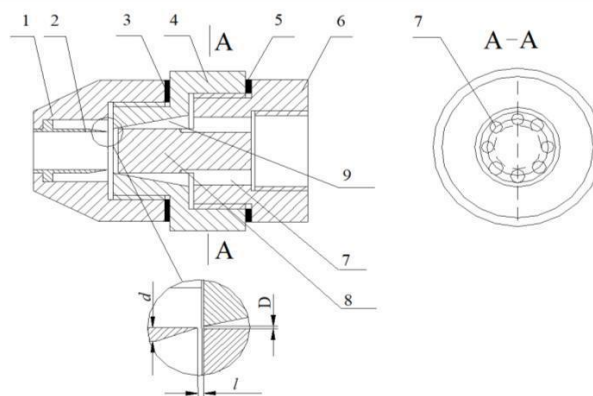


Рисунок 2.2 – Акустико-кавітаційне сопло

1 - передня частина насадки, 2 - резонаторна втулка, 3 - регулювальна шайба видалення резонатора втулки від кільцевого каналу, 4 - середня частина насадки, 5 - регулювальна шайба для зміни величини кільцевого каналу, 6 - тильна частина насадки. 7 - підвідні канали, 8 - циліндричний стержень

Принцип роботи акустико-кавітаційного сопла полягає в тому, що потік (струмінь) рідини після виходу з кільцевого каналу потрапляє на пелюстки резонатора втулки, викликаючи їх коливання. Пелюстки конструктивно виконані однаково, і тому коливання виникають з однаковою частотою. За умови збігу частоти коливань пелюсток і втулки виникає явище резонансу, внаслідок якого їх амплітуда різко збільшується. Зростання амплітуди коливань веде до виникнення і розповсюдження в струмені рідини інтенсивних ультразвукових коливань, які формують ультразвукове поле. Утворені в звуковому полі кавітаційні бульбашки інтенсивно пульсують, розширюючись в фазі розрядження ультразвукової хвилі і зменшуючись в фазі підвищеного тиску. Ультразвукова хвиля, поширюючись в пружному струмені м'якої рідини очищає поверхню, відбиваючись від неї і створюючи зону надлишкового тиску, де відбувається масове захоплення кавітаційних бульбашок, які сприяють руйнуванню шару забруднення [31]. До недоліків даної конструкції відносяться:

- високий тиск рідини для впливу на пелюстки резонатора;
- постійний контроль заданих параметрів.

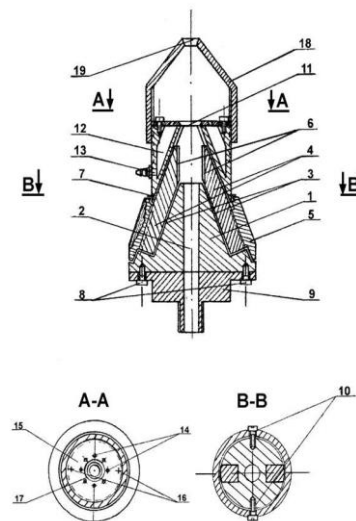


Рисунок 2.3 - Універсальне сопло

1 - тіло корпусу; 2 - наскрізний канал; 3 - пази; 4 - повзуни; 5 - регулювальне кільце; 6 - радіальний отвір повзуна; 7 - стопорне кільце; 8 - болти кріплення втулки; 9 - втулка; 10 - болти кріплення нижньої і верхньої частин сопла; 11 - отвір; 12 - газова камера; 13 - впускний отвір газової камери; 14 - випускні отвори газової камери; 15 - кришка; 16 - болти кріплення кришки; 17 - центральний отвір кришки; 18 - камера змішувача; 19 - центральний отвір змішувальної камери

Робота сопла відбувається наступним чином: в початковому положенні повзуни 4 розведені на максимальну відстань, тобто знаходяться в нижньому положенні, а камера змішувача 18 вгвинчена на глибину, що дозволяє задати її максимальний обсяг. При подачі в канал 2, вода надходить в порожнину між повзунами. Тут при повороті регулювального кільця 5 через гвинтове зчеплення повзуни переміщуються, і відбувається регулювання тиску води від найбільшого, відповідного діаметру наскрізного отвору корпусу, до найменшого, відповідного діаметру циліндричного отвору, утвореного зведеними повзунами. Далі через отвір вершини конуса 11 і центральний отвір кришки 17 вода надходить в змішувальну камеру 18, де утворює пиловидний струмінь.

Одночасно з водою вуглекислота через впускний отвір 13 надходить в камеру 12 де, частково розширюючись і охолоджуючись, подається в змішувальну камеру 18 через випускні отвори 14 в кришці 15.

В камері змішувача вуглекислота розширюється, охолоджується і змішується з водою, при цьому в суміші відбувається зародження кристалів вуглекислоти. Процес зародження, його інтенсивність і величина кристалів регулюється зміною обсягу камери. Для цього камеру переміщують по різьбі головки 11. Після цього вуглекислота в кристалізованому стані потоком води подається через отвір 20 на поверхню зразка [23, 26, 31, 39].

Розроблена конструкція пристрою забезпечує якісне очищення техніки від різних забруднень в повному обсязі. Недоліками даного сопла є: стабільність температури водного середовища, рівномірність розподілу крижаних гранул в плямі контакту.

Пристрій для створення напірної водного струменя (рис. 2.4).

Пристрій працює наступним чином. Через нерухомий вхідний шланг 19 і трубку 21 подається вода для заповнення робочого колеса 4 і гідравлічного затвора 18, а через штуцер 17 в зазор між шківом 15 і підшипником 16 подається стиснуте повітря, при цьому шип 15 з робочим колесом 4 підводиться, сила тертя зменшується. Потім стиснене повітря поступає на лопатки 27 турбіни 13 робочого колеса 4 через сопла 26 і приводить в обертання робоче колесо 4. Під



дією відцентрових сил вода починає рухатися по каналах між лопатками 6 робочого колеса 4 в напрямку від центру до периферії і через кільцевий зазор 11 в параболічний елемент 9, де вона обертається з тією ж кутовою швидкістю, що і робоче колесо 4.

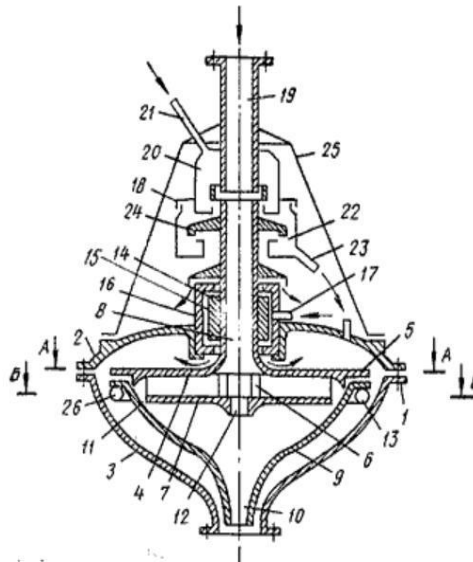


Рисунок 2.5 – Пристрої для створення напірної водного струменя  
 1 - корпус, 2 - верхня сферична частина, 3 - нижня сферична частина, 4 - робоче колесо, 5 - диск, 6 - лопатки, 7 - діафрагма, 8 - порожнистий вал, 9 - параболічний елемент, 10 - сопло, 11 - кільцевий зазор, 12 - нижнє сопло, 13 - турбіна, 14 - поворотна опора, 15 - шип, 16 - підшипник, 17 - штуцер, 18 - гідравлічний затвор, 19 - нерухома труба, 20 - камера, 21 - підвідна трубка, 22 - водозбірник, 23 - відвідна трубка, 24 - диск відкидання води, 25 - тринога, 26 - повітряне сопло, 27 - лопатки турбіни.

## 2.2. Конструктивне рішення

Технічне рішення полягає в забезпеченні можливості формувати обертовий струмінь води заданого напору і ступеня закрутки гідравлічного струменя під час мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції від забруднення.

Для отримання обертових гідравлічних струменів було розроблено пристрій, який складається з прямої нерухокої труби 1 для з'єднання з джерелом подачі води під тиском, на яку за допомогою поворотної опори 2

встановлюють ведене колесо з крильчаткою 3. Ведене колесо з крильчаткою 3 пов'язане з корпусом циліндричного патрубку 4, з'єднаного з нерухомою трубою 1 через манжетне ущільнення 5 і закінчується утворючим насадкою 6 циліндричним струменем (рис. 2.6).

У центральній частині торцевої поверхні струмінь утворює насадка 6 і виконані наскрізні отвори 7, розташовані під кутом  $120^\circ$  один до одного. При цьому кожен отвір має конусоподібну форму з конусністю  $18^\circ$ , обмежену двома плоскими паралельними поздовжніми поверхнями (рис. 2.7).

Пристрій для створення обертового гідравлічного струменя 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, що закінчується співвісно приєднаною віялоутворюючою насадкою 6.

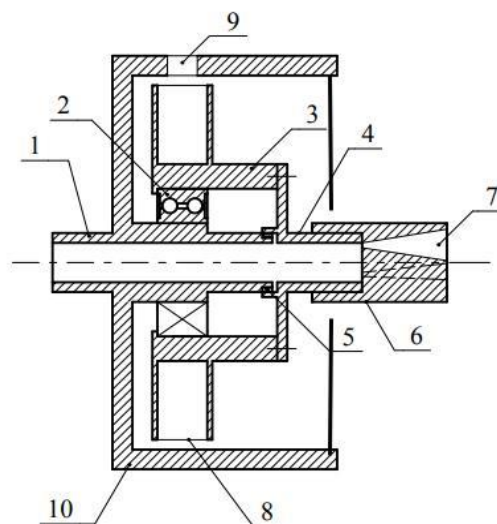


Рисунок 2.6 – Пристрій для створення обертового гідравлічного струменя  
 1 - нерухома труба, 2 - поворотна опора, 3 - ведене колесо з крильчаткою,  
 4 - циліндричний патрубок, 5 - манжетне ущільнення, 6 - віялоподібна  
 гідравлічна насадка, 7 - наскрізні отвори віялоутворюючої насадки,  
 8 - повітряна камера, 9 - канал подачі повітря, 10 - корпус повітряної камери

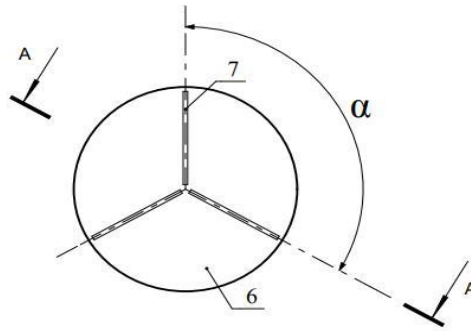


Рисунок 2.7 – Струменеутворююча віялова насадка

При обертанні корпусу 3, патрубка 4 на виході із струменеутворюючої насадки 6 формується обертовий гідравлічний струмінь, що подається на поверхню автотранспортного засобу, що очищається.

При цьому віялоподібна насадка працює наступним чином. Вода під тиском потрапляє в наскрізні отвори 7 віялоподібної насадки 6, де між плоскими паралельними поверхнями формується плоский струмінь на ділянці Z (рис. 2.3). У каналі наскрізного отвору 7 на всій ділянці відбувається формування віялоподібного плоского струменя. Плоский струмінь формується на всій ділянці отвору 7. При наданні віялоподібній насадці 6 обертання на її виході в наскрізному отворі 7 формується обертовий гідравлічний струмінь. Кут  $\beta$  розпилення становить  $18^\circ$ . Три наскрізних отвори 7 розташовані під кутом  $\phi$   $120^\circ$  один до одного [20, 24, 38].

### 2.3. Теоретичне дослідження руху крапель обертових струменів

Оскільки більшість поверхонь автотранспортних засобів представляють криволінійну перешкоду, розглянемо процес мийки як руйнування забруднення рідиною обертового струменя, тобто здатністю впливу на нерухому перешкоду [5, 23, 38].

Розглянемо гідравлічний тиск обертового гідравлічного струменя на поверхню твердої нерухомої криволінійної перепони, беручи поверхню забруднення близькою за формою до циліндричної.

1. Очищаючий струмінь витікає із насадки в необмежену повітряне середовище при сталому русі.

2. Задано: середня швидкість витікання струменя  $V_l$ , кутова швидкість обертання насадки  $\omega_0$ , діаметр вихідного отвору  $d_0$ .

Розглянемо рух краплі, що вилетіла з сопла (рис. 2.8). На краплю буде діяти сила тяжіння, сила інерції, відцентрова сила і сила Коріоліса.

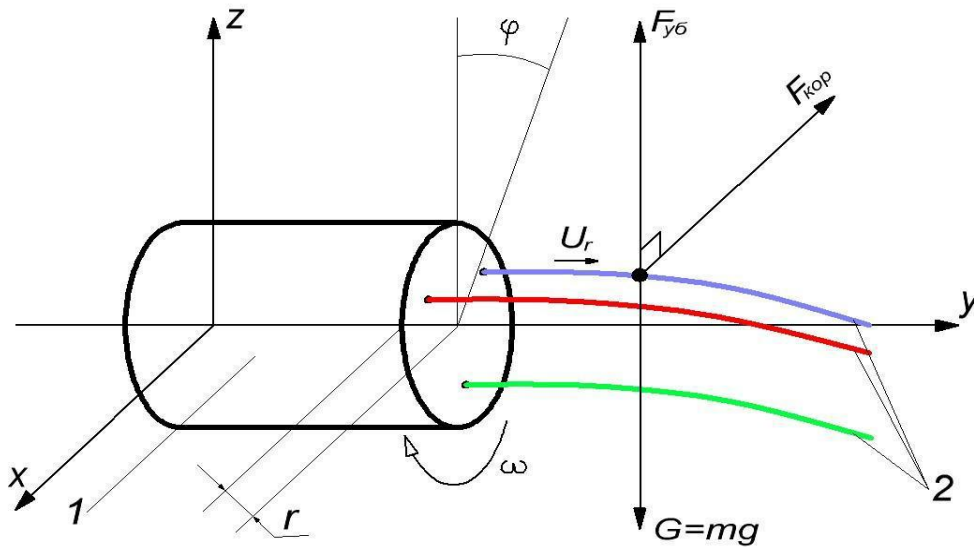


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема до визначення траєкторії руху крапель

1 - сопло, 2 - рідина

$$m_k \bar{a} = \bar{G} + \bar{F}_{кор} + \bar{F}_{ц} \quad (2.7)$$

де  $m_k$  - маса краплі, кг;

$G$  - сила тяжіння, Н;

$F_{кор}$  - сила Коріоліса, Н;

$F_{ц}$  - відцентрова сила, Н.

Розкриємо рівняння визначником третього порядку по верхньому рядку:

$$2 \left( \begin{vmatrix} \bar{i} & \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{y} & \dot{z} & \end{vmatrix} - \bar{j} \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{z} \end{vmatrix} + \bar{k} \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi \\ \dot{x} & \dot{y} \end{vmatrix} \right) \quad (2.8)$$

Визначник другого порядку буде відповідати швидкості

$$\ddot{x} = 2 \begin{vmatrix} \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix} = 2 \dot{z} \omega \sin \varphi \quad (2.9)$$

$$\ddot{y} = -2 \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{z} \end{vmatrix} = -2 \dot{z} \omega \cos \varphi \quad (2.10)$$

$$\ddot{z} = 2 \begin{vmatrix} \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi \\ \dot{x} & \dot{y} \end{vmatrix} = 2(\dot{y}\omega \cos \varphi - \dot{x}\omega \sin \varphi) \quad (2.11)$$

Оскільки напрям відцентрової сили і сили Коріоліса буде змінюватися при обертанні головки (рис. 2.9), запишемо вираз для проектування прискорення Коріоліса на осі координат:

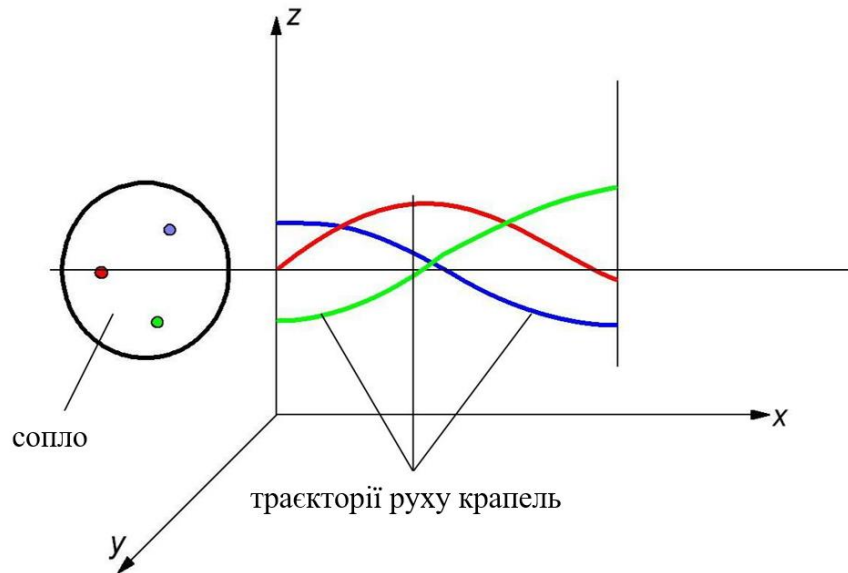


Рисунок 2.9 – Схема траєкторії руху крапель при обертанні сопла

#### 2.4. Теоретичне дослідження ударного впливу крапель струменя

При падінні краплі на забруднену поверхню відбувається її удар на частку забруднення. В результаті удару крапля втрачає форму і відбувається руйнування і зміщення частинки забруднення (рис. 2.10). Таким чином, втрату кінетичної енергії частинки краплі і частки забруднень при ударі запишемо в наступному вигляді:

$$T_0 = m_k V_1^2 + m_{чз} u_1^2 \quad (2.12)$$

де  $T_0$  - початкова кінетична енергія системи (крапля + частка+ забруднення);

$m_k$  - маса краплі, кг;

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

$V_1$  - швидкість краплі, м/с;

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

Кінцева кінетична енергія буде

$$T = m_k V_2^2 + m_{чз} u_2^2 \quad (2.13)$$

де  $T$  - кінцева кінетична енергія системи (крапля + частка забруднення);

$V_2$  - швидкість краплі після зіткнення, м / с;

$u_2$  - швидкість частинки забруднень після удару ( $V_2 \approx u_2$ ).

При центральному ударі краплі і частки забруднення, знаючи їх маси, швидкості центрів цих тіл на початку удару і коефіцієнт відновлення, визначимо швидкості краплі і частки забруднення в кінці удару і ударний імпульс. Застосовуємо теорему про зміну кількості руху системи, причому діючі сили є внутрішніми. Так як сума зовнішніх ударних імпульсів дорівнює нулю, то кількість руху системи на початку удару і в кінці удару однакова.

В цьому рівнянні два невідомих  $V_2$  і  $u_2$ . Отже, щоб визначити ці невідомі, треба знайти друге рівняння, яке отримаємо, якщо задати додатковий коефіцієнт відновлення  $k$ . Так як після удару частка забруднення отримує перевагу в швидкості над краплею ( $V_2 \leq u_2$ ), то коефіцієнт відновлення при прямому ударі двох тіл буде визначатися як частка від ділення модулів відносних швидкостей тіл в кінці і на початку удару, тобто

$$k = \frac{|v_2 - u_2|}{|v_1 - u_1|} = -\frac{v_2 - u_2}{v_1 - u_1} \quad (2.14)$$

де  $v_1 > u_1$ .

Звідси знаходимо

$$u_2 - v_2 = k(v_1 - u_1) \quad (2.15)$$

Вирішуючи систему двох рівнянь (2.13) і (2.15), отримуємо

$$\begin{cases} v_2 = v_1 - (1+k) \frac{m_k}{m_k + m_{чз}} (v_1 - u_1) \\ u_2 = u_1 + (1+k) \frac{m_k}{m_k + m_{чз}} (v_1 - u_1) \end{cases} \quad (2.16)$$

З рівності (2.16) випливає, що

$$k = \frac{u_2 - v_2}{v_1 - u_1} \quad (2.17)$$

при цьому, очевидно, має місце рівність

$$\frac{1-k}{1+k} = \frac{(v_1 - u_1) - (u_{2x} - v_2)}{(v_1 - u_1) + (u_2 - v_2)} \quad (2.18)$$

з якої знаходимо

$$(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2) = \frac{1-k}{1+k} [(v_1 - v_2) - (u_1 - u_2)] \quad (2.19)$$

З рівняння (2.19) видно, що

$$m_{\kappa}(v_1 - v_2) = -m_{\text{чв}}(u_1 - u_2) \quad (2.20)$$

Підставляючи це значення в рівність (2.12), отримуємо

$$T_0 - T = m_{\kappa}(v_1 - u_1)[(v_1 + u_1) - (v_2 + u_2)] \quad (2.21)$$

Далі, приймаючи до уваги рівність (2.19), формулу (2.21) можемо представити у вигляді

$$T_0 - T = \frac{1-k}{1+k} [m_{\kappa}(v_1 - v_2)^2 + m_{\text{чв}}(u_1 - u_2)^2] \quad (2.22)$$

де різниці  $(V_1 - V_2)$  і  $(u_1 - u_2)$  показують, наскільки зменшилася при ударі швидкість кожного з півударних тіл, а тому їх називають втраченими при ударі швидкостями.

Таким чином, з рівності (2.22) слідує, що кінетична енергія втрачена системою при прямому центральному і не цілком пружному ударі двох тіл. З рівності (2.22) випливає, що найбільша втрата кінетичної енергії буде при абсолютно непружному ударі ( $k = 0$ ), коли тіла в кінці удару не відновлюються.

На підставі проведених теоретичних досліджень отримано вирази забруднення і потенційну енергію (роботу) по руйнуванню забруднення. В результаті розрахунку отримано потенційну енергію руйнування середньо-пов'язаних забруднень, яка становить згідно з формулою (2.24) близько 3 кДж на площі  $1\text{ м}^2$ .

Таблиця 2.1 – Розподіл забруднень за ступенем активності

Ступінь активності забруднень	Вид забруднень поверхні	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Товщина, мм	Межа міцності на стиск, МПа	Умовний коефіцієнт адгезійної міцності
1	2	3	4	5	6
Слабо-пов'язані	Рослинні залишки	40-100	30	3-20	0,2
Середньо-пов'язані	Маслянисто-грязьові	200-900	5-10	1-5	0,15-0,3
	Технологічні забруднення	790-1200	5-10	1-5	0,15-0,5
Міцно-пов'язані	Старі лакофарбові покриття	1000-1400	1	30	3
	Продукти корозії	1500-2500	-	40	4
	Смолисті відкладення	950-1050	5	3-8	0,9
	нагар	1050-1200	10	30	3
	накип	2300-2600	5	30	3

Також встановлено залежності для розрахунку енергії руйнування частинок забруднень, що дозволило розрахувати початкову кінетичну енергію крапель рідини, яку можна визначити за формулою (2.23). При середньому розмірі краплі близько 0,2 мм її енергія становить близько  $7,95 \cdot 10^{-5}$  Дж.

Подальше дослідження кінетичної енергії струменя дозволило встановити, що початкова швидкість обертаючого гідравлічного струменя згідно з формулою (2.22) повинна становити близько 21 м/с.

### Висновки за розділом

На підставі проведених теоретичних досліджень можна зробити наступні висновки:

Для вдосконалення мийного процесу розроблено пристрій з обертовими гідравлічними струменями, який складається з прямої нерухої труби на яке надіто ведене колесо з крильчаткою, яка забезпечує обертання



циліндричного патрубку з соплами. Завдяки чому утворюється обертаючий струмінь.

2. Застосування обертових струменів забезпечує комплексний гідродинамічний вплив на частинки забруднення. Завдяки обертанню спрямованих струменів вплив здійснюється під деяким кутом з багаторазовим повторенням, що покращує руйнування частинок забруднення і сприяє відведенню забруднених частинок із зони мийки.

3. Теоретичні дослідження реологічних властивостей забруднень дозволило встановити потенційну енергію руйнування забруднення, яка становить близько 3 кДж на м<sup>2</sup>. Аналіз впливу струменів і крапель мийної рідини дозволило встановити, що для видалення забруднень швидкість на виході з сопла повинна складати близько 21 м/с.

## **РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1. Загальні відомості**

Лабораторні дослідження проводились з метою визначення мийучої здатності обертових струменів, створюваних розробленим соплом. До завдань лабораторних досліджень входило визначення раціональних параметрів сопла, що забезпечують найкращу якість очищення поверхонь автотransпортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, раціональних параметрів відстані від сопла до поверхні, що очищається і швидкості руху обертового струменя.

Натурні випробування проводилися для підтвердження результатів теоретичних положень і лабораторних досліджень з метою вивчення процесу мийки з використанням розробленої конструкції сопла і оцінки його якісних показників. Метою досліджень було визначення експлуатаційних характеристик експериментальної установки і порівняння їх з характеристиками відомого обладнання для мийки автотransпортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції. У завдання досліджень входило збирання та оброблення статистичних даних про витрати норм часу, матеріальних і економічних засобів на зовнішнє миття автотransпортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, розрахунок значень показників якості видалення забруднень з поверхонь для кожної з обраних марок машин [16, 25, 40].

### **3.2. Методика лабораторних досліджень**

Лабораторні дослідження проводились з метою підтвердження теоретичних досліджень про можливість використання обертового експериментального струменя, і його впливу на ефективність видалення забруднень із зовнішніх поверхонь машин [22, 28].

До завдань лабораторних досліджень входило:

1. Визначення раціональних параметрів роботи експериментальної мийної установки.
2. Визначення залежності ступеня очищення від відстані до поверхні, що очищається.
3. Визначення залежності ступеня очищення від швидкості потоку мийного струменя.

Лабораторні дослідження проводилися на експериментальній установці, принципова схема і загальний вид якої представлені на малюнках 3.2 і 3.3.

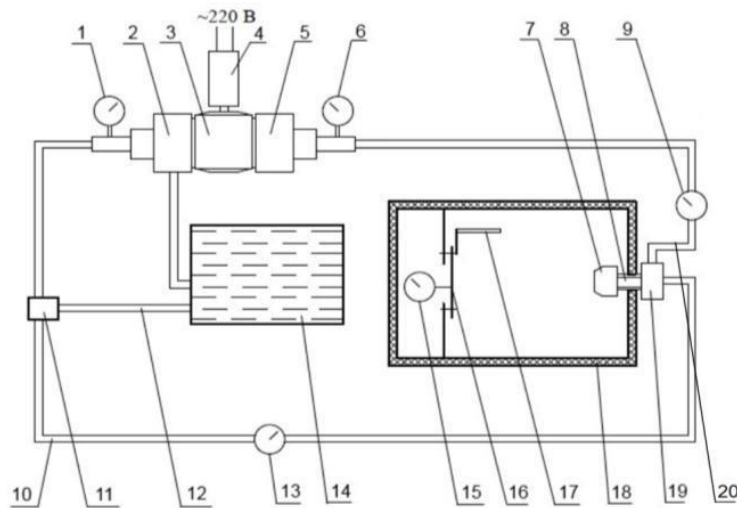


Рисунок 3.2 - Принципова схема експериментальної установки:

1 - водяний манометр, 2 - водяний насос, 3 - електродвигун, 4 - електроцист, 5 - насос повітряний 6 - манометр повітряний, 7 - віялоподібне сопло, 8 - тримач, 9 - повітряний витратомір, 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

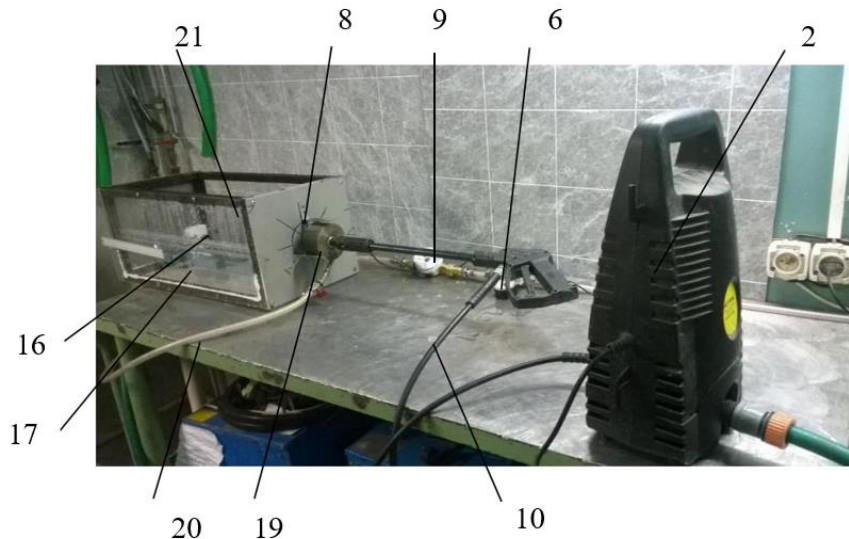


Рисунок 3.3 - Загальний вигляд експериментальної установки:

2 - насос високого тиску, 8 - тримач, 9 - витратомір повітряний, 20 - повітряна магістраль, 6 - манометр повітряний, 10 - напірна магістраль, 16 - зразок, 17 - лінійка, 18 - мийна камера і встановленим в ній обертового віялового сопла 7, 19 - повітряна камера

Лабораторна установка живиться від мережі 220 В і працює наступним чином: електродвигун 3 пускає в хід насос високого тиску 2. В результаті цього миюча рідина з бака 14 через насос високого тиску 2, надходить в напірну магістраль 10 і далі, по напірній магістралі в віялоутворююче експериментальне сопло 7 загальний вигляд якої представлений на рисунку 3.4. При виході з сопла миюча струмінь прямувала на зразок 16, закріплений в мийній камері 18. Відстань до зразка вимірювалося за допомогою лінійки 17, експериментальне сопло фіксується зажимами 7. Електродвигун 3 приводив в дію повітряний насос 5. За повітряної магістралі 20 надходив в повітряну камеру де приводив в рух ведене колесо з крильчаткою. Вплив обертового складною віялового струменя на зразок фіксувалося індикатором. Кількість миючої рідини проходить через сопло визначалося витратоміром 9, кількість повітря проходить в повітряну камеру визначалося витратоміром 8 встановленим в повітряної магістралі.

Зміна тиску рідини в напірній магістралі здійснюється за рахунок регулятора тиску, встановленого в насосі [43, 56].



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд пристрою для створення обертового гідравлічного струменя

1 - нерухома труба, 2 - поворотна опора, 3 - корпус повітряної камери, 4 - віялоподібна гідравлічна насадка, 5 - ведене колесо з крильчаткою

На лабораторній установці проходив замір наступних параметрів:

1. Кількість струменів:

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

2. Діаметр вихідного отвору ( $d_H$ ):

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

3. Тиск рідини в напірній магістралі:

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

4. Число оборотів сопла в хвилину:

$$V_{-1} = 110 \text{ об/хв}; \quad V_0 = 130 \text{ об/хв}; \quad V_{+1} = 150 \text{ об/хв}$$

Зразки поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, для проведення експериментальних досліджень, виготовлялися зі Сталі 08СП у вигляді пластин розміром 150x150 мм, товщиною 1 мм. Сталь 08СП є основним конструкційним матеріалом обшивки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції. В експерименті використовували пластини з лакофарбовим покриттям.

Зразки піддавалися штучному забрудненню, в якості якого використовувалися маслянисто-грязьові відкладення, так як цей вид забруднення зустрічається практично на всіх зовнішніх поверхнях автотранспортних засобів

для перевезення сільськогосподарської продукції і найбільш складний для видалення. Нанесення забруднень здійснювалося в два етапи [39]:

Перший етап включав занурення у відпрацьовану оливу, після чого зразок відстоювався у вертикальному положенні протягом 10 хв.

Другий етап полягав в нанесенні шару ґрунтового пилу і подальшій сушці при температурі  $60^{\circ}\text{C}$  в електричній сушильній шафі «2В-151» (рис. 3.5), протягом 2 годин [36, 40]. Товщина шару забруднення перебувала в межах від 0,8 до 1 мм і визначалася за допомогою магнітного товщиноміра немагнітних покриттів (рис. 3.5). Для контролю товщини забруднення зразок розміщували горизонтально і поміщали на нього індукційний перетворювач. Магнітні методи контролю неруйнівного сплошності металу засновані на виявленні локальних збурень поля, що створюються дефектами в намагніченому феромагнітиці. При намагнічуванні об'єкта магнітний потік протікає по об'єкту контролю. У разі знаходження несплошності на шляху магнітного потоку, виникають поля розсіювання, форма і амплітуда яких несе інформацію про розмір, характер, і глибині дефекту [40].



Рисунок 3.5 - Магнітний товщиномір немагнітних покриттів МТ-201

1 - рідкокристалічний дисплей, 2 - пульт управління, 3 - з'єднувальний кабель, 4 - індукційний перетворювач

Швидкість частоти обертання сопла вимірювалося за допомогою лазерного тахометра «DIGITAL TACHOMETER HS2234» (рис. 3.6)

Кількість витраченої електроенергії вимірювалося за допомогою приладу «LEMANSO LM 602» (рис. 3.7)

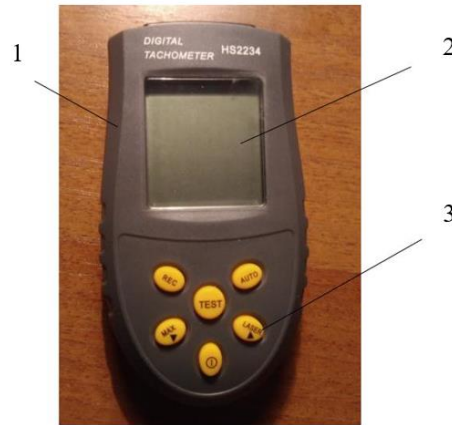


Рисунок 3.6 - Тахометр «DIGITAL TACHOMETER HS2234»

1 - корпус, 2 - рідкокристалічний дисплей, 3 - пульт управління.

Кількість витрати рідини вимірювалася за допомогою приладу «ОХТА ГОЛ 15» (рис. 3.9)

Всі результати випробувань заносилися в спеціальний журнал дослідів. Дослідження повторювався з триразовою послідовністю. Після чого проводилася обробка результатів за допомогою програми STATISTICA v8.0.



Рисунок 3.7 - «ОХТА ГОЛ 15»

1 - штуцер вихідний, 2 - штуцер вхідний, 3 - роликовий індикатор

### 3.3. Методика натурних випробувань

Натурні випробування проводилися для підтвердження результатів теоретичних положень і лабораторних досліджень з метою вивчення процесу мийки з використанням розробленої конструкції сопла і оцінки його якісних показників.

До завдань випробувань входило:

1. Визначення експлуатаційних характеристик експериментальної установки.
2. Порівняльний аналіз показників роботи експериментальної установки і установок, які застосовуються сільгосптоваровиробником.
3. Визначення економічної ефективності від впровадження експериментальної установки.

Пристрій розроблений таким чином працювати в двох режимах - з обертовими віяловими струменями і без обертання. Режим без використання обертання віялових струменів при мийки зовнішніх поверхонь добре вивчений, тому найбільша увага приділялася режиму з використанням обертаних віялових струменів, виявлення параметрів при яких якість і ефективність мийки будуть максимальними. Використання обертаних віялових струменів здійснювалося на різному видаленні від об'єкта мийки. Інтервал видалень знаходився в межах 150 ... 250 мм. Відстань до об'єкта мийки фіксувалося за допомогою лінійки закріпленої за допомогою гвинтів на гідромонітором. В якості робочої рідини використовувалася водопровідна вода температура, якої перебувала в межах 18-20<sup>0</sup> С.

Як об'єкти досліджень були взяті кількості вузлів і агрегатів, типових для більшості автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції і на їх поверхні зустрічаються забруднення, характерні для більшості автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції.

Для отримання інформації з достовірною ймовірністю 0,9 при коефіцієнті варіації 0,1 і відносної помилку 0,1 випробування проводилося на трьох одиницях кожної марки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції [40].

При проведенні досліджень використовувалися сучасні вимірювальні прилади та обладнання, які пройшли в установленому порядку державну перевірку і необхідну в процесі експерименту тарування.



Як досліджуваного виду забруднення були середньо- і слабкозв'язаного забруднення характеристика яких наведена в таблиці 3.1.

Для виявлення ефективних технологічних параметрів мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції і визначення експлуатаційних характеристик мийної машини фіксувалися такі значення [53, 56, 59]:

- витрати електроенергії, до Вт год;
- витрата миючої рідини;
- час витрачений на мийку;
- якість очищеної поверхні, мг/см<sup>2</sup>.

Таблиця 3.1 – Характеристика досліджуваних видів забруднень зовнішніх поверхонь

Класифікація забруднень	Вид забруднення	Зв'язок частинок забруднень із поверхнею	Межа міцності при стисканні, МПа	Умовний коефіцієнт міцності
Маслянисто-грязьові	Дорожня пил, маслянисті залишки	середньо-зв'язкові	10 - 15	0,3
Технологічні забруднення	Залишки протиральних паст, мастильних матеріалів, продукти зносу, металева стружка, пил	середньо-зв'язкові	3 - 20	0,5
Рослинні залишки	Бруд, солома, полова	слабозв'язкові	5 - 10	0,2

Час мийної операції і всього технологічного циклу мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції фіксувався секундоміром. За цей період часу визначалася витрата миючої рідини за допомогою водоміра ОХТА ГОЛ 15, кількість витраченої електроенергії по приладу LEMANSO LM 602. Якість очищеної поверхні оцінювалося на еталонних ділянках поверхні машин з фіксованою площею, характеристика яких

з досліджуваних марок автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції приведена в таблиці 3.2 [53, 66, 69].

Далі тампон проходив сушку, для зменшення в ньому вологи, до параметрів, при яких він перебував, в первісному стані. Для цих цілей використовувалася сушильна камера з гігрометром М-68 [13, 16].

Сушка тампона проводилася при температурі 80°C до зменшення відносної вологості в межах 40%. Після цього обтиральний тампон остаточно зважувався на електронних вагах ВЛКТ-500г-М [13, 16, 29, 40].

Таблиця 3.2 – Характеристика еталонних поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції

№ п/п	Марка машини	Назва еталонної ділянки	Площа еталонної ділянки, м <sup>2</sup>	Покриття еталонної ділянки	Вид забруднення	Характеристика поверхні
1	КамАЗ	Паливний бак	(0,2×0,2) 0,04	Лакофарбове	Олійно-грязьове	Плоска і плоска під кутом до іншої поверхні
		Підкрилок	(0,2×0,2) 0,04	Лакофарбове	Пил, бруд, рослинні залишки	Напівовальної форми
		Рама	(0,15×0,15) 0,0225	Лакофарбове	Технологічне забруднення, маслянисто-грязьове	Плоска частина з переходом у напівовальну
		Кабіна	(0,4×0,4) 0,16	Лакофарбове	Пил, бруд, рослинні залишки	Плоска і плоска під кутом до іншої поверхні

Отримані результати спостережень піддавалися математичній обробці. При аналізі проведення досліджень використовувалися графічні методи у вигляді полігонів, гістограм розподілу. Оцінка достовірності отриманих результатів проводилася на основі методів математичної статистики.

При проведенні порівняльних випробувань зовнішньої мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції використовувалися технології та засоби механізації зовнішньої мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. - Технології та засоби механізації зовнішньої мийки автотранспортних засобів

№ п/п	Найменування способу	Марка мийної машини	Технічні показники			t ° мийного розчину
			Потужність приводу насоса, кВт	Робочий тиск, МПа	Подача мийної рідини, л/хв	
1	Мийка високого тиску	Huter W105-GS	1,5	6,8	5,7	20°C
2	Мийка високого тиску	OERTZEN 316 C	4,3	20	13	20°C
3	Мийка високого тиску	KARCHER K 7	3	15	9,1	20°C
4	Мийка з обертовими віяловими струменями	Експериментальна установка	3	7,8	7,5	20°C

При проведенні зовнішньої мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, мийний гідромонітор оператор тримав однією рукою під кутом 40 - 50 градусів щодо поверхні, що очищається протягом усього проходу; оптимальна швидкість переміщення монітора дотримувалися в межах 0,25-0,6 м/с;. Поверхню мийли горизонтальними або вертикальними смугами і не допускали хвилеподібні, петлеподібні і коливальні рухи; вмикання і вимикання установки проводилося тільки під час руху гідромонітору.

## РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1. Результати лабораторних досліджень

За результатами експерименту отримано рівняння множинної регресії 4.1, для залежності ступеня очищення Var5 забруднень від параметрів експериментальної мийної установки для видалення забруднень з поверхні машин із застосуванням рідинного обертового струменя [21, 36]:

Параметри експериментальної установки:

Var1 - кількість струменів;

Var2 - діаметр отворів;

Var3 - тиск миючої рідини в соплі;

Var4 - швидкість обертання сопла.

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

$$v5 = b0 + b1 * v1 + b2 * v2 + b3 * v3 * v3 + b4 * v2 * v4 + b5 * v1 * v2 + b6 * v1 * v3 + b7 * v1 * v4 + b8 * v2 * v3 + b9 * v2 * v4 + b10 * v3 * v4 + b11 * v1 * v1 + b12 * v2 * v2 + b13 * v3 * v3 + b14 * v4 * v4 \quad (4.1)$$

Аналіз поверхонь відгуку проводився методом двомірних перетинів. Надаючи різні значення критерію оптимізації в канонічному рівнянні, будувалися серії кривих рівного виходу в області допустимих значень варіювання незалежних змінних. Розгляд всіх можливих перетинів дає наочне уявлення про значення критерію оптимізації, які він буде приймати при варіюванні рівнів кожної пари факторів. За результатами експерименту за допомогою програми STATISTICA V8.0. були розраховані коефіцієнти регресії, побудовані тривимірні і контурні графіки і проведена оцінка значимості факторів експерименту на параметр оптимізації.

На підставі рівняння регресії побудований тривимірний і контурний графік залежності ступеня очищення поверхні зразка (Var5) від кількості віялових струменів (Var1) і діаметра вихідного отвору (Var2)ображений на рисунку 4.1, 4.2.

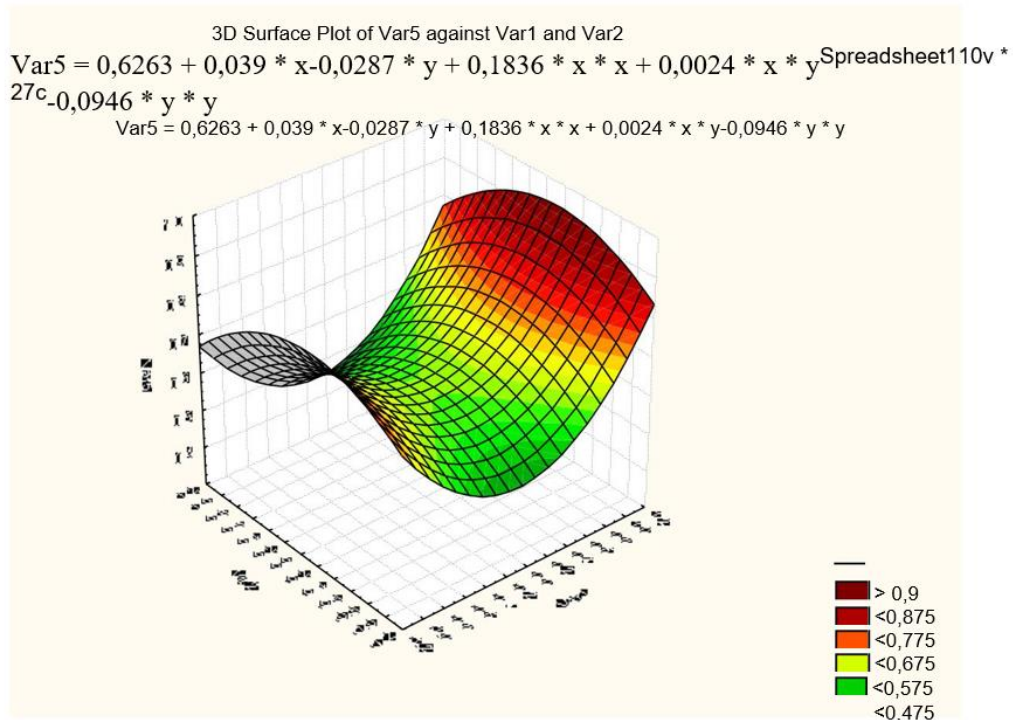


Рисунок 4.1 – Тривимірний графік залежності ступеня очищення поверхні зразка від кількості віялових струменів, шт. і діаметра вихідного отвору, мм.

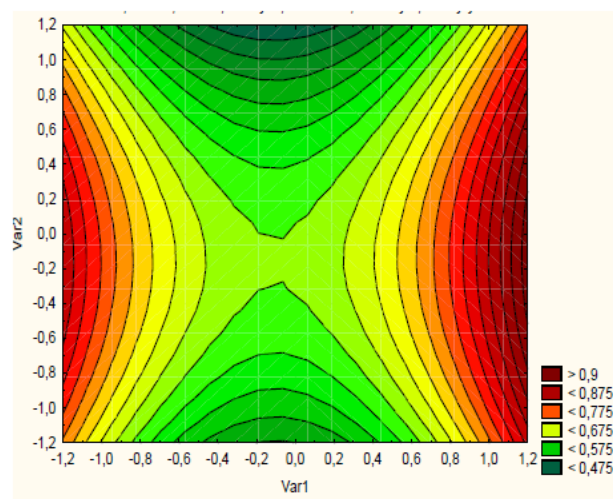


Рисунок 4.2 – Контурний графік залежності ступеня очищення поверхні зразка від кількості віялових струменів, шт. і діаметра вихідного отвору, мм.

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 тривимірний і контурний графік залежності ступеня очищення поверхні зразка (Var5) від тиску рідини в напірній магістралі (Var3) і швидкість обертання сопла (Var4).

При роботі експериментального сопла, змінюється структура рідини, що надходить на поверхню, що очищається, крапля рідини стає більшою, її маса більша. Дрібні краплі рідини втрачають свою силу через опір повітря, а великі - вдаряють по поверхні, що очищається з більшою швидкістю. Звідси виникає потужний ударний імпульс, величина якого на відстані 220 мм від насадки складає 87%. Конструкція експериментальної насадки дозволяє забезпечити плавне наростання швидкості потоку і формування стійкого прикордонного шару, що сприяє отриманню компактного струменя з високими енергетичними характеристиками.

За отриманими результатами можна зробити наступні висновки:

– експериментальні дослідження універсальної установки із застосуванням обертового струменя показали, що найбільш значущими параметрами є кількість струменів; діаметр отворів; тиск миючої рідини в соплі і швидкість обертання сопла. Раціональними значеннями параметрів установки є: кількість струменів - 3; діаметр отворів - 0,97 мм; тиск миючої рідини в соплі - 7,8 МПа; швидкість обертання сопла - 132 об / хв.

– максимальний ступінь очищення може бути досягнутий при відстані від сопла до омиваючої поверхні рівній 220 мм.

– максимальний ступінь очищення може бути досягнутий при швидкості обертання експериментального рівній 132 обертів за хвилину.

## **4.2. Результати натурних випробувань**

Для вирішення поставлених в розділі 3 завдань була створено промисловий зразок установки, яка дозволяє проводити очищення обертовими віяловими струменями. Принципова схема і загальний вид установки представлений на рисунку 4.3 і 4.4 відповідно

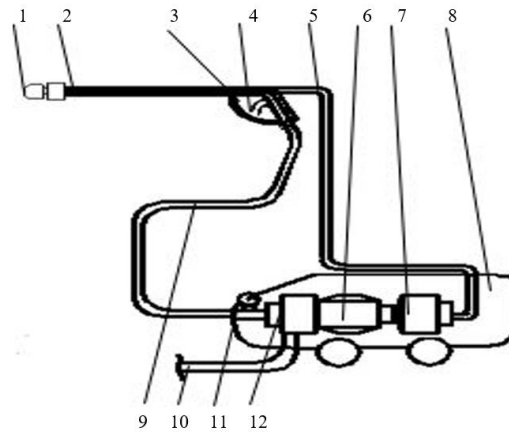


Рисунок 4.3 - Принципова схема установки

1 - віялоподібне обертове 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

Мийна установка складається з корпусу 8 всередині якого розташований плунжерний насос високого тиску 12 і електричний двигун 6. Вода до насоса надходить через підвідну магістраль, і далі через напірну магістраль подається до мийного пістолета (гідромонітором). На передній частині гідромонітора закріплений порожнистий з пропускними каналами корпус, всередині якого встановлено, що обертового віялове сопло.

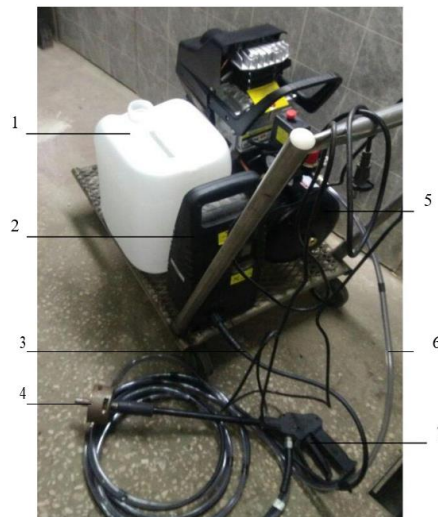


Рисунок 4.4 – Загальний вигляд установки:

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

При цьому на початковому етапі спостерігається максимальна інтенсивність очищення, а потім вона знижується, тому для отримання високих експлуатаційних показників установок, час очищення повинно бути обмежена. Найбільш ефективними є «KARCHER K7» і експериментальна установка, що забезпечують максимальну очистку при мінімальних витратах часу. Необхідна якість очищення еталонного зразка досягається за 5 с. Найгірші якісні показники має установка для очищення струменем високого тиску «Huter W105-GS», яка за такий же проміжок часу, забезпечує якість очищення не більше 65%.

Ефективність очищення автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції залежить не тільки від техніко-експлуатаційних показників роботи установок, а й від технології організації робіт.

Аналіз якості очищення від трудовитрат показав, що найбільші трудовитрати при очищенні автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції отримані при очищенні струменями високого тиску за допомогою установки «Huter W105-GS» і установки «KARCHER K7». Використання експериментальної установки дозволяє істотно збільшити ефективність очищення автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції від забруднень. Так для забезпечення допустимого якості очищення (залишкове забруднення  $1 \text{ г} / \text{м}^2$ ), Трудомісткість мийки для експериментальної установки складає  $1,03 \text{ чол} * \text{год}$  для установки «KARCHER K7» -  $1,11 \text{ чол} * \text{год}$ . і установки «Huter W105-GS» -  $1,15 \text{ чол} * \text{год}$ .

На підставі проведених натурних випробувань розроблений спосіб очищення обертовим струменем з використанням промислового зразка установки пройшов успішну виробничу перевірку. У зв'язку з цим були розроблені операційні карти для зовнішньої мийки досліджуваних марок автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції додаток. Застосування розробленої технології дозволило підвищити ефективність очищення автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, так загальний час мийної операції становить, автомобіля КамАЗ- 37,2 хв, сівалки СЗУ-3.6- 18,4 хв.



### **Висновки за розділом**

1. Порівняльний аналіз техніко-експлуатаційних показників способів і засобів видалення забруднень з поверхні автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, що очищення обертового струменем є найбільш економічним способом мийки і забезпечує високу продуктивність і безпечні умови роботи обслуговуючого персоналу.

2. Застосування експериментальної установки для мийки дозволяє істотно збільшити ефективність очищення від забруднень. Так для забезпечення допустимого якості очищення (залишкове забруднення 1 г / м<sup>2</sup>), Трудомісткість мийки для експериментальної установки складає 1,03 чол \* год витрата електроенергії 2,3 кВт \* год; витрата води 0,4 м<sup>3</sup>.

3. Застосування розробленого способу мийки дозволило підвищити ефективність очищення автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, так загальний час мийної операції становить автомобіля КамАЗ- 37,2 хв, сівалки СЗУ-3.6- 18,4 хв.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1. Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій

Під час технічного обслуговування обслуговування, а також підготовчих операцій до його проведення, зокрема миття, на працівників діють низка травмонебезпечних і шкідливих виробничих чинників – хімічні, фізичні, психофізіологічні та ін. [11,13,15,16].

Кожний небезпечний виробничий чинник незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко фіксовані значення, то її можна вважати постійною. Якщо у процесі роботи така зона може змінюватися внаслідок зміни рівня небезпечного чинника, його переміщень у просторі, то вона буде змінною.

Під час застосування хімічних речовин (застосування мийних розчинів) розмір небезпечної зони залежить від багатьох факторів і періодично може змінюватися навіть за короткий відрізок часу. Основними факторами, що впливають на небезпечну зону є швидкість струменя робочого розчину, його леткість, планування мийного відділення, особливості автомобіля тощо.

Під час обслуговування автомобілів та проведення його миття працівники можуть потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огороження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. Небезпечні дії працівників виникає внаслідок порушення регламентованого режиму роботи обладнання, нормативних вимог охорони праці, норм експлуатації тощо. Таким чином, внаслідок небезпечних дій працюючий проникає в небезпечну зону, в якій потрапляє у небезпечні обставини та умови, відповідно схему процесу формування небезпечної ситуації показано на рис. 4.1.

Зі схеми видно, що працівник допускає небезпечну дію (НД) і потрапляє у небезпечні обставини (НО), за яких на нього може діяти небезпечний

виробничий фактор (НВФ) за наявної небезпечної умови (НУ). Так створюється інша подія, що має назву небезпечної ситуації (НС).

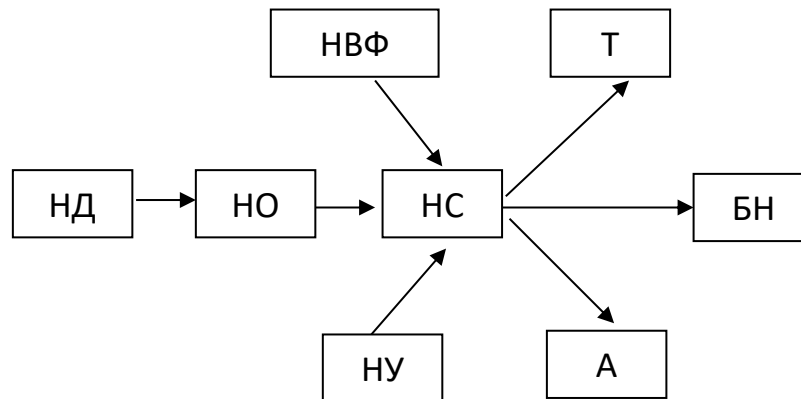


Рисунок 5.1– Блок-схема процесу формування та виникнення небезпечних, аварійних та катастрофічних ситуацій: НВФ - небезпечний виробничий фактор; НУ - небезпечні умови; НД - небезпечні дії; НО - небезпечні обставини; НС - небезпечна ситуація; А - аварія; Т - травма, БН – ситуація без наслідків

Прикладом виникнення потоку таких подій є робота транспортного засобу. Допущена водієм перша помилка – перевищення допустимого тиску струменя мийного розчину (НД<sub>1</sub>), може викликати попадання на підлогу (НД<sub>2</sub>), внаслідок чого виникає ситуація і можливе ковзання оператора по підлозі та його падіння (НС). При цьому може бути пошкоджений транспортний засіб (А) і/або травмований водій (Т).

## 5.2. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з безпеки праці

### 5.2.1. Рекомендації з охорони праці під час миття автомобілів

Профілактичне обслуговування та ремонт транспортних засобів необхідно виконувати згідно з положенням про профілактичне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту, правилами технічної експлуатації

рухомого складу автомобільного транспорту, правилами охорони праці на автомобільному транспорті.

Профілактичне обслуговування та ремонт проводиться на спеціально відведених ділянках /постах/, які оснащені необхідним устаткуванням, пристроями, інструментом, приладами згідно з нормативно-технологічною документацією.

Розташування постів профілактичне обслуговування та ремонту, відстань між автомобілями, що установлені на цих постах, а також між автомобілями і конструкціями будівель повинні відповідати нормам технологічного проектування.

Установлювати автомобілі в кількості, що перевищує норму, порушувати спосіб розстановки, зменшувати відстань між технологічними зонами і елементами будівель забороняється.

Виробниче устаткування і робочі місця слід розташовувати з урахуванням безпеки працюючих, зручності при виконанні технологічних операцій згідно з нормами технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту.

Робітники, які проводять профілактичне обслуговування та ремонт агрегатів, вузлів та деталей, повинні забезпечуватись справним інструментом та пристроями, що відповідають вимогам безпеки, які були попередньо розглянуті.

Пристрої та інструменти, необхідні для виконання робіт, повинні використовуватись за призначенням, їх слід розміщувати у легкодоступних місцях таким чином, щоб виключалась можливість випадкового переміщення або падіння. Під час роботи устаткування не допускається його чищення, змащування або ремонт.

Робочі місця, виконання робіт на яких пов'язано з небезпекою для працюючих, повинні позначатися знаками безпеки згідно з вимогами Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників.

### 5.2.2. Вимоги безпеки під час мийки автомобілів

У місцях миття транспортних засобів, агрегатів, вузлів і деталей можуть мати місце такі основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- падіння працівників на поверхні та з висоти (кузова, буфера, драбини, естакади тощо), а також падіння деталей, вузлів та агрегатів;
- наїзди транспортних засобів на працівників;
- термічні фактори (опіки гарячою рідиною, концентрованими лужними розчинами, полум'ям);
- наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин;
- підвищена відносна вологість повітря.

Миття автомобілів, агрегатів, вузлів та деталей повинно проводитися в спеціально відведених приміщеннях або на відкритих площадках. Для миття та знежирення повинні застосовуватись негорючі суміші, пасти, розчинники та емульсії, а також ультразвукові та інші безпечні у пожежному відношенні установки. Агрегати і вузли, що надходять на миття, повинні звільнятися від масла, палива, гальмової та охолоджуючої рідини. Апарелі, трапи та підлога на постах миття повинні мати шорстку (рифлену) поверхню. Під час миття автомобілів необхідно обов'язково дотримуватись таких вимог:

- робоче місце машиніста мийних машин при механізованому митті автомобілів повинне розташовуватися у водонепроникній кабіні;
- перед в'їздом до приміщення механізованої мийки повинна бути обладнана світлова сигналізація, яка сповіщає, що дозволяється заїзд автомобілів на пост; під час роботи механізованої мийки забороняється знаходитися на шляху руху автомобілів;
- пост відкритого шлангового (ручного) миття повинен розміщуватися в зоні, ізольованій від відкритих струмоведучих провідників та обладнання, що знаходяться під напругою. При митті автомобільних агрегатів, вузлів і деталей потрібно дотримуватись таких вимог:

- миття деталей паливної апаратури і двигунів, що працюють на етильованому бензині, слід здійснювати тільки після попередньої нейтралізації відкладень тетраетилсвинцю гасом або іншими нейтралізуючими розчинами; - на робочому місці повинна бути таблиця із зазначенням складу, концентрації і температури мийного розчину; концентрація лугових розчинів повинна бути не більше 2-5%; після миття луговими розчинами потрібне обов'язкове промивання гарячою водою;

- деталі, вузли і агрегати необхідно доставляти на пост миття і завантажувати в мийні установки механізованим способом; мийні ванни з гасом та іншими мийними засобами, що передбачені технологією, після закінчення миття необхідно закривати.

Забороняється застосовувати бензин та інші легкозаймисті рідини невідомого складу для протирання автомобілів, знежирення і миття деталей, вузлів і агрегатів. Після миття одного автомобіля утворюється від 200 до 1000 л (залежно від способу миття) забрудненої води, що містить 1000...3000 міліграм/л зважених часток, 50...500 міліграм/л нафтопродуктів і, можливо, до 0,15 міліграма/л тетроетилосвинця. Скидати таку воду в каналізацію або природні водоймища не можна, оскільки вона забруднюватиме воду і вбиватиме усе живе у водному середовищі. Допускається вміст у воді зважених часток не більше 0,25...0,75 міліграма/л і 0,05...0,3 міліграм/л нафтопродуктів. Для зниження забрудненості води після миття автомобілів необхідно використовувати очисні споруди. Найпростіші з них включають грязевідстійники і маслобензовловлювачі. Їх робота заснована на різниці питомих ваг води, зважених часток бруду і нафтопродуктів. Вода відразу після миття поступає в грязевідстійник, в якому важкі зважені частки осідають на дно, а вода і нафтопродукти поступають в ємність з маслобензовловлювачем.

### **5.2.3. Вимоги щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту**

Роботодавець повинен забезпечувати працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та засобами індивідуального захисту відповідно до Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам (Частина 1 і 2). Засоби індивідуального захисту, якими забезпечуються працівники, повинні відповідати вимогам Технічного регламенту засобів індивідуального захисту. Забороняється допускати працівників до роботи із шкідливими речовинами без спеціального одягу, спеціального взуття та засобів індивідуального захисту. Роботодавець повинен організувати зберігання, прання, хімчистку, дезінфекцію, ремонт спеціального одягу, спеціального взуття та засобів індивідуального захисту відповідно до Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Працівників необхідно забезпечувати засобами індивідуального захисту відповідно до ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація», «ССБП. Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 12.4.041:2001, IDT)», ДСТУ EN 14387:2006 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтри протигазові і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробування, маркування (EN 14387:2004, IDT)».

### **5.3. Пожежна безпека**

Система протипожежного захисту є сукупністю організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання дії на людей небезпечних чинників пожежі і обмеження збитків. Небезпечними чинниками пожежі, дія яких призводить до травми, отруєння або загибелі людини, а також до

матеріальних збитків є продукти горіння, висока температури, руйнування конструкцій, вибухи та ін.

Кожен автомобіль повинен мати первинні засоби гасіння пожеж, вогнегасники призначення для гасіння пожеж з пально-мастильними матеріалами, отрутохімікатами, мінеральними добривами, а також у електричних системах.

Вогнегасники всіх типів повинні мати сертифікати відповідності та проходити технічне обслуговування на спеціалізованих підприємствах, які мають ліцензію на провадження відповідного виду господарської діяльності.

Періодичність технічного обслуговування вогнегасників усіх типів повинна відповідати експлуатаційній документації, але не рідше одного разу на 2 роки. Вогнегасники, допущені до введення в експлуатацію, повинні мати: пломби на пристроях ручного пуску; облікові (інвентаризаційні) номери за прийнятою на підприємстві системою нумерації; ярлики і маркувальні написи на корпусі; червоний сигнальний колір згідно з державним стандартом. Відповідальними за своєчасне і повне оснащення об'єктів вогнегасниками та іншими засобами гасіння пожеж, забезпечення технічного обслуговування, навчання працівників підприємств правилам користування вогнегасниками є керівники цих підприємств або орендарі згідно з договором оренди.

Кожний працівник, який виявив пожежу, повинен: негайно повідомити про це по телефону пожежну охорону (при цьому слід указати адресу об'єкта, поверховість будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також назвати своє прізвище, ім'я та по батькові); ужити (по змозі) заходів для евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей; повідомити про пожежу керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового по підприємству або організації; за потреби викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну і т.ін.).



#### 5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Кожен має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійних лих і на вимогу гарантій забезпечення реалізації цього права від Кабінету Міністрів України, міністерств і інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, керівництва підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування.

Держава як гарант цього права створює систему цивільної оборони, яка має на своїй меті захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного і військового характеру.

Кожна людина у випадках аварій, катастроф стихійних лих повинен уміти захистити себе, свою сім'ю і надати допомогу таким, що постраждав.

Необхідності цього вимагає саме життя, наша дійсність. Науково-технічний прогрес значно збільшив можливості виробництва, але приніс з собою техногенну і екологічну небезпеку для людини і навколишнього середовища. Більшість регіонів держави підпадають під вплив небезпечних природних явищ. От чому кожний з нас винен добре знати і уміти для збереження здоров'я і життя.

Автотранспортне підприємство може опинитися в зоні надзвичайних ситуацій тих видів, що потребують евакуації персоналу. Але працівники АТП можуть бути залучені до евакуації населення, тому в даному розділі розглянемо саме цей випадок.

Евакуація населення виконується у наступних випадках:

- загальної аварії на атомній електростанції (код НС 10500 та 10510);
- всіх видів аварії зі СДЯР, наслідки яких загрожують життю і здоров'ю людей, що проживають в зоні можливого ураження (код НС 10520);
- загрози катастрофічного затоплення місцевості (коди НС 10720, 11110, 11120, 11130, 20260, 20310, 20311, 20314, 20420, 20510, 20590);
- масових лісових і торфових пожежах, що загрожують населеним пунктам (коди НС 20600, 20610, 20620, 20630, 20640);

- катастрофічних землетрусів та інших геофізичних та гідрометеорологічних з тяжкими наслідками (коди НС 20110, 20200, 20210, 20220, 20230, 20240, 20250, 20260 та ін.);

При проведенні часткової евакуації завчасно вивозиться незайняте у виробництві та обслуговування населення: діти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків, разом з викладачами та вихователями, студенти, пенсіонери та інваліди, які перебувають у будинках для осіб похилого віку, разом з обслуговуючим персоналом і членами їх сімей.

Щоб організовано провести евакуацію, не допустити паніки і загибелі людей необхідно:

- завчасно планувати евакуацію населення;
- визначити райони, придатні для розміщення евакуйованого з небезпечних зон населення;
- організувати оповіщення керівників підприємств і населення про початок евакуації; організувати управління евакуацією;
- турбуватись про життєзабезпечення в місцях розміщення евакуйованого населення;
- організувати навчання дітей під час проведення евакуації.

Евакуація – це упорядковане виведення чи вивезення людей з об'єктів і населених пунктів, перебування і яких стає небезпечним для життя. Основна мета евакуації – забезпечення безпеки кожної людини і всіх. Евакуації підлягають цінності, документація та архівні матеріали.

Масштаби евакуації на АТП залежать від величина поширення ураження чи загрози надзвичайної ситуації. Успішність проведення евакуації залежить від підготовленості керівництва об'єктів, населених пунктів, адміністративних територій, керівників держави, населення, сил і засобів.

Розрізняють такі види евакуації:

- а) загальна евакуація – АТП звільняє повністю;
- б) часткова евакуація – звільняється частина АТП (цехів, приміщень). При частковій евакуації необхідно обмежити виробничу діяльність і збільшити

шанси на врятування, така евакуація в будь-яку мить може перерости в загальну евакуацію;

в) негайна евакуація є терміновим заходом, якщо надзвичайна подія (пожежа, вибух, аварія та ін.) уже виникли або може виникнути в обмежений відрізок часу. Кожен з названих видів евакуації під впливом обстановки, що змінюється, може перерости в негайну евакуацію;

г) тимчасова евакуація – проводиться при порівняно невеликій, тимчасовій загрозі (підняття рівня води, хімічна аварія на віддалені та ін).

д) евакуація робітників з небезпечної зони (крім зон карантину) проводиться у разі загрози життю та здоров'ю людей. Евакуації підлягає все населення району, якому загрожує небезпека. Евакозаходи можуть мати масовий характер і здійснюватись у стислі строки із залученням всіх видів транспорту або поступово залежно від обстановки.

Приводом для планування евакозаходів є прогнозовані рівні та дози радіації, ступені радіоактивного забруднення, концентрації або щільності хімічного зараження, які перевищують допустимі дози і можуть призвести до довгострокових або непоправних наслідків для життя і здоров'я людей.

Підставою для практичного проведення евакозаходів є фактичні показники обстановки в разі надзвичайної ситуації, рішення уряду щодо проведення евакозаходів, у невідкладних випадках рушення керівника місцевої представницької та виконавчої влади території де сталося лихо.

Евакуаційні заходи АТП передбачають завчасну розробку планів евакуації, підготовку зон і районів розміщення для нормальної життєдіяльності евакуйованого населення, підготовку всіх видів транспорту, створення необхідних структур і органів управління на період евакуації, проведення комплексу заходів для охорони громадського порядку і підтримання організованості серед населення.

Евакуйовані постійно проживають у заміській зоні до особливого розпорядження.

Заміська зона – це територія, розміщена за межами можливих руйнувань у містах.

В обстановці загрози населенню особливого значення набуває термін евакуації людей за межі небезпечних зон. За таких умов у мінімальний термін евакуацію можна провести комбінованим способом, який полягає у тому, що масове виведення із небезпечної зони пішки поєднується з вивезенням деяких категорій населення всіма видами наявного транспорту.

Транспортом вивозять формування ЦО, робочі зміни підприємств, які продовжують виробничу діяльність у небезпечній зоні, населення, яке не може саме пересуватися. Решту населення організовано виводять пішки.

Евакуація робітників і членів сімей проводиться за виробничим принципом, тобто через об'єкти господарювання. Евакуація населення, не пов'язаного з виробництвом, проводиться за територіальним принципом – за місцем проживання, через домоуправління і житлово-експлуатаційні органи. Діти евакуюються разом з батьками, але можливе вивезення їх зі школами і дитячими садками.

Проведенням евакуаційних заходів займаються начальники і штаби ЦО об'єктів господарювання, керівники домоуправлінь і житлово-експлуатаційних органів, а також міські й районні евакуаційні комісії.

Основним документом, який визначає обсяг, зміст, термін проведення евакуації населення, є план цивільної оборони з розділом про захист населення. На основі плану евакуації для допомоги штабам ЦО у містах, районах і на об'єктах, господарства (підприємствах, організації і навчальні заклади) створюються евакуаційні комісії, а у сільській місцевості – евакоприймальні комісії.

Цивільна оборона України є державною системою органів управління, сил і засобів, що створюється для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

Керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального та колективного захисту, організовує здійснення евакозаходів, створює сили для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечує їх готовність до практичних дій, виконує інші заходи з цивільної оборони і несе пов'язані з цим матеріальні та фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством.

### **Висновки за розділом**

1. Використання мийки удосконаленої конструкції передбачає застосування найменшої кількості ручних робіт під час миття автомобілів, що значно зменшує ймовірність виникнення аварій, травм та небезпечних ситуацій під час очищення техніки від забруднень ;

2. На даний час особливу увагу слід звертати на захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф військового, техногенного, екологічного, природного характеру. Кожна людина у випадках аварій, катастроф стихійних лих повинна передбачити усі потрібні заходи безпеки, уміти захистити себе, свою сім'ю і надати допомогу таким, що постраждав.

## РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Використання експериментальної мийної установки для видалення забруднень з зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції різних марок дозволило знизити витрати і отримати економічний ефект [6, 22, 27].

Експериментальна установка порівнювалася з установкою KARCHER 7, яка має високу продуктивність, і дозволяє отримати високу якість мийки [6, 22, 27].

Розроблена технологія мийки, дозволила проводити операції по усуненню забруднень з техніки в господарствах оперативно, з меншою трудомісткістю.

В нашому випадку капітальні вкладення - це кошти, які спрямовані на модернізацію діючих основних фондів. Якщо розглядати їх по призначенню, то вони необхідні для інтенсифікації виробництва [6, 22, 27].

В суму капітальних вкладень нами було включено витрати на виготовлення і установку пристрою.

Витрати на модернізацію визначалися за формулою:

$$K_v = V_{O.d.} + V_{B.d.} + V_{B.p.} + V_{z.v.}, \quad (6.1)$$

$V_{O.d.}$  - витрати на виготовлення оригінальних деталей (пристрої), грн;

$V_{B.d.}$  – ціна покупних деталей, виробів, агрегатів, за преїскурантом, грн.

$V_{B.p.}$  – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкцій, грн.

$V_{z.v.}$  – загальновиробничі (цехові витрати) на модернізацію, грн.

Витрати на виготовлення оригінальних деталей:

$$V_{O.d.} = V_M + V_{p.p.}, \quad (6.2)$$

де  $V_M$  - вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей, грн. ( $V_M = 292$  грн.);

$V_{p.p.}$  - заробітна плата, робочих, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, з урахуванням додаткової зарплати і відрахувань на соціальні потреби, грн.

( $V_{п.р.} = 11940$  грн..).

Таким чином, витрати на виготовлення оригінальних деталей (пристрої) складуть 1884 грн.

Загальновиробничі (цехові) накладні витрати на модернізацію конструкції:

$$V_{з.п.} = V_{в.р.} + R_{з.п.} \quad (6.3)$$

де  $V_{в.р.}$  - основна заробітна плата виробничих робітників, що беруть участь у виготовленні пристрою, грн.

$R_{з.п.}$  - відсоток загальновиробничих витрат ( $R_{з.п.} = 62\%$ ).

$$V_{з.п.} = 1884 * 62 / 100 = 1168,08 \text{ грн}$$

Загальна сума капітальних вкладень на модернізацію обчислюється

$$K_v = 292 + 1168,08 = 1460,08 \text{ грн}$$

Експлуатаційні витрати будуть складатися з витрат на заробітну плату, електроенергію і на придбання засобів для миття техніки.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання установок для мийки при видаленні забруднень різної щільності

№п/п	Найменування показників	Установки для мийки автотранспортних засобів	
		Базова	Експериментальна
1	2	3	4
1.	Балансова вартість, грн..	14500	2200
2	Компресор, грн.	-	5516
3	Вартість сопла, грн.	-	3052
4	Кількість робочих при обслуговуванні установки для мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, чол.	1	1

5	Годинна ставка оператора установки, грн.	87,2	87,2
6	Річний фонд часу машин при роботі в одну зміну, годину	1764	1764
7	Споживання електроенергії, кВт/годину	3	3
8	Нарахування на соціальне страхування,%	5,4	5,4
9	Витрата води, л/год	550	450
10	Вартість 1 м <sup>3</sup> води, грн.	4,5	4,5
11	Вартість 1 кВт / год, грн.	1,68	1,68
12	Вартість скидання 1 м <sup>3</sup> стічних вод, грн.	8,58	8,58
13	Площа, яку займає машиною, м <sup>2</sup>	0,2	0,4
14	Річний економічний ефект	-	4697,6

Крім скорочення поточних витрат, застосування експериментальної установки дозволить підвищити продуктивність.

Таким чином, на основі наведених розрахунків можна зробити висновок, що застосування конструкції експериментальної установки дозволить отримати економічний ефект.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі дослідження проведених в комплексній магістерській роботі очищення автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції від забруднень встановлено, що для мийних установок найбільш ефективними для поліпшення якості мийки є гідродинамічні насадки, що створюють ефект гідравлічного удару і забезпечують підвищення механічної дії водяного струменя.

2. Для вдосконалення мийного процесу розроблена конструкція пристрою з обертовими гідравлічними струменями складаються з прямої нерухої труби, на яку надіто ведене колесо з крильчаткою, яке забезпечує обертання циліндричного патрубку з соплами і обертового струменя. Її застосування забезпечує комплексний гідродинамічний вплив на частинки забруднення з багаторазовим повторенням, що дозволяє зруйнувати забруднення і відвести його із зони мийки.

3. В ході теоретичних досліджень встановлено, що потенційна енергія руйнування забруднення обертового струменем повинна бути не менше 3 КДж на м<sup>2</sup>, А швидкість краплі рідини на виході з сопла повинна становити не менше 21 м/с.

4. Встановлено, що раціональними параметрами пристрою для створення обертового струменя є: кількість струменів - 3; діаметр отворів - 0,97 мм; тиск мийної рідини в соплі - 7,8 МПа; швидкість обертання сопла - 132 об / хв.

5. Максимальна ефективність мийки досягається на відстані 220 мм від сопла до омиваючої поверхні.

6. Фактичний річний економічний ефект від впровадження результатів дослідження склала 4697,6 грн. на одну одиницю автотранспортного засобу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шемякіна А. В., Латишонок М. Б., Морозова Н. М., Під'яблонський А. В. Удосконалення процесу міжсезонного зберігання сільськогосподарських машин. Вісник РДАТУ. 2010. № 3. С. 69-70.
2. Шем'якін А.В., Латишонок М.Б., Терентьев В.В., Шемякіна Є.Ю. Сопло для мийних установок. Опис корисної моделі до свідоцтва на винахід 73293. 2008. 3 с.
3. Шем'якін А. В., Латишонок М. Б., Малюгін С. Г., Паюров Р. А. Сопло для миття та знежирення поверхонь сільськогосподарських машин при підготовці їх до фарбування. Зб. наук. тр. СДАУ. 2003. С. 57-58.
4. Шемякіна А. В., Латишонок М. Б., Шемякіна Є. Ю., Астахова Є. М., Тараканова Н. М. Поліпшення умов праці операторів мийних установок. Вісник РДАТУ. 2010. № 1. С. 46-49.
5. Серпокрил Н.С., Онкаєв В.А., Бараєв В.Д., Кедеєва О.Ш., Шушунова Т.К. Водоохоронні технології як джерело на навколишнє середовище. Природно-ресурсний потенціал Прикаспію та суміжних територій: проблеми раціонального використання: зб.наук.матеріалів. 2018. С. 117-122.
6. Ерендженев В.Г., Серпокрил Н.С., Онкаєв В.А., Ермеков Т.К., Онкаєв А.В.Вплив мінеральних масел та нафтопродуктів на екологічну рівновагу довкілля. Природно-ресурсний потенціал Прикаспію та суміжних територій: проблеми раціонального використання: зб. Наук. матеріалів. 2018. С. 153-156.
7. Серпокрил, Н.С., Хуторненко К.О. До питання запобігання корозії каналізаційних трубопроводів. Будівництво та архітектура-2017. Зб. матеріалів наук.-практич. конференції. 2017. С. 244-248.
8. Маслов Г.Г., Карабаницкий А.П., Донцов В.Б. Експлуатація машинно-тракторного парку (курс лекцій). Суми, 2003. 213с.
9. Юдін М.І., Стукопин О.Г., Ширай О.Г. Організація ремонтно-обслуговуючого виробництва у сільському господарстві. Краснодар, 2002. 167 с.

10. Надточій О. В., Тітова Л. Л., Роговський І. Л. Технічне діагностування гідроприводу мобільних сільськогосподарських машин: навчальний посібник. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2020. 427 с.
11. Тітова Л. Л., Роговський І. Л., Надточій О. В. Технічний сервіс обладнання лісового комплексу : навчальний посібник. К. : НУБіП України, 2020. 405 с.
12. Козаченко О.В., Блезнюк В.М., Сорокін С.П. Технологічні карти діагностування і технічного обслуговування тракторів. Практичний посібник. Харків ТОВ «Едена». 2010 . 240 с.
13. Войтюк В.Д., Роовський І.Л., Надточій О.В., Тітова Л.Л. Технічний сервіс обладнання лісового комплексу: Навчальний посібник. К.: НУБіП України, 2017. 382 с.
14. Войтюк В.Д., Демко А.А., Надточій О.В. та ін. Структура і загальні положення концепції технічного сервісу енергонасиченої с.-г. техніки. – Вісник Харківського ДТУСГ. – Вип. 15, 2004. – 214 с.
15. Технічне обслуговування і ремонт машин в сільському господарстві. Київ, 2003. 453 с.
16. Вознюк Л.Ф., Іщенко В.В., Михайлович Я.М. Технічне обслуговування і діагностування сільськогосподарських машин. Київ. “Урожай”. 1994. 211с.
17. Агулов І.І., Вознюк Л.Ф., Левчій О.В. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин. Київ. “Урожай”. 2019. 251с.
18. Технічне обслуговування і ремонт машин. Под ред. проф. Ульмана І.Е. Москва. В.О. «Агропромвидав». 2010. 398 с.
19. Сарбаєв В. І., Селіванов С.С., Конопев В.Н., Дьомін Ю.Н. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: механізація і екологічна безпека виробничих процесів. Підручник. Р.: «Феникс», 2004. 448 с.
20. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. К.: Знання-Прес, 2004. 478 с.
21. Беднарський В. В. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Підручник. Р.: Феникс, 2005. 448 с.

22. Головін С.Ф., Коншин В.М., Рубайлов А.В. та ін. Експлуатація та технічне обслуговування дорожніх машин, автомобілів та тракторів: Підручник проф. освіта. К.: Майстерність, 2002. 464 с.

23. Докуніхін В.З., Бурдейний В.С., Загузов М.М. Проектування раціональної організаційної структури та структури управління підприємствами технічного сервісу АПК. Житомир: ДАУ. 2004 р. 60с.

24. Кисельов І.С., Пухов Є.В., Корольов А. І. Розробка технології миття коліс автомобілів під час транспортування сільськогосподарської продукції Проблеми розвитку технологій створення, сервісного обслуговування та використання технічних засобів в агропромисловому комплексі. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. За загальною редакцією Н.І. Бухтоярова, В.І. Оробінського. 2017. С. 172-175.

25. Григор'єв Д.А., Бровченко А.Д., Пухов Є.В., Спіцин І.А. Удосконалення технологічного процесу антикорозійної обробки сільськогосподарської техніки Сучасні науково-практичні рішення в АПК. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2017. С. 155-158.

26. Кисельов І.С., Корольов А.І., Пухов Є.В. Експериментальні дослідження щодо вдосконалення очисних робіт коліс сільськогосподарської техніки, тракторів та автомобілів. Наука, освіта та інновації в сучасному світі: Матеріали національної науково-практичної конференції. 2018. С. 390-393.27.

27. Шем'якін О.В., Латишонок М.Б., Терент'єв В.В., Гайдуков К.В., Зарубін І.В. Підвищення ефективності протикорозійного захисту стикових та зварних з'єднань сільськогосподарських машин консерваційними матеріалами. Вісті західного державного університету. 2016. №2 (65). С. 87-91.

28. Поцкальов, А. Ф. Організація зберігання сільськогосподарських машин М.: Колос, 1981. 231 с.

29. Шем'якін А.В., Терент'єв В.В., Морозова Н.М., Кожин С.А., Кирилін А.В. Застосування методу катодного протекторного захисту зниження втрат металу під час зберігання сільськогосподарської техніки. Вісник Рязанського

державного агротехнологічного університету ім. П.А. Костичова. 2016. №4 (32). С. 93-97.

30. С.А. Проблеми підготовки сільськогосподарських машин до тривалого зберігання в умовах малих та фермерських господарств. Принципи та технології екологізації виробництва в сільському, лісовому та рибному господарстві: Матеріали 68-ої Міжнародної науково-практичної конференції. РДАТУ. 2017. С. 325-328.

31. Програма для ЕОМ – STATISTICA v 8.0. StatSoft. - 2007.

32. Бохуленков С. А., Шемякін А. В., Латишенок М. Б., Малюгін С. Г. Основи зберігання сільськогосподарських машин у сільськогосподарському виробництві. Збірник наук. тр., присвячений 55-річчю інженерного факультету РДСГА. 2005. С. 26-28.

33. Шемякіна А. В., Латишенок М. Б., Шемякіна Є. Ю., Астахова Є. М. Оцінка якості зберігання сільськогосподарських машин. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2008. № 11. С. 2-3.

34. Колегаєв, Р. Н. Економічна оцінка якості та оптимізації системи ремонту комбайнів. ЗІ РАН. 2009. 234с.

35. Конкін, Ю. А. Економіка ремонту сільськогосподарських машин М.: АНО "ІПЕВ", 2008.

36. Кирилін А.В. Миття сільськогосподарських машин з використанням рідинних струменів високого тиску. Молодий вчений. 2017. № 11-3 (145). С. 20-22.

37. Кирилін А.В. Перспективний спосіб миття сільськогосподарських машин. Нова наука: Від ідеї до результату. 2016. № 11-2. С. 102-105.

38. Кирилін А.В. Перспективний спосіб очищення сільськогосподарських машин. зб. наук. праць «Технічні науки - від теорії до практики». Сер. "Науковий журнал "Globus". 2016. С. 70-73.

39. Кирилін О.В., Терентьєв В.В., Шемякін А.В. Стенд для порівняльних випробувань мийних машин. Роль аграрної науки у сталому розвитку сільських територій: збірник II наукової конференції. 2017. С. 441-444.

40. Кирилін А.В. Пристрій для очищення та миття автомобілів водоповітряним струменем. Сучасні автомобільні матеріали та технології (САМІТ-2016). Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. 2016. С. 175-178.

41. Кирилін А.В. Миття сільськогосподарських машин перед підготовкою до зберігання. Інноваційні технології в сільському господарстві. Матеріали III міжнародної наукової конференції. 2017. С. 44-48.

42. Кібзун, А.І. Теорія ймовірностей та математична статистика. Кібзун А.І. Фізматліт. 2002. 346с.

43. Кирилін О.В., Терентьєв В.В., Шемякін А.В. Аналіз технологічного процесу підготовки техніки до зберігання. Пріоритетні напрямки науково-технологічного розвитку агропромислового комплексу України: Матеріали Національної науково-практичної конференції. 2019. С. 192-197.