

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
менеджменту імені М.П. Момотенка

(назва кафедри)

В. Братішко

(підпис)

Роговський І.Л.

(підпис)

(ПІБ)

“__”__2023 р.

“__”__2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення технічних засобів миття автомобілів в АПК

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма: «Автомобільний транспорт»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор

В.Д. Войтюк

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

Кандидат технічних наук, доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Тітова Л.Л.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Брик Петро Андрійович

(ПІБ студента)

КИЇВ 7 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка
докт. тех. наук, проф. Роговський І.Л.

(науковий ступінь, вчене звання)

2023 року

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Петру БРИКУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма: «Автомобільний транспорт»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Удосконалення технічних засобів миття
автомобілів в АПК

затверджена наказом ректора НУБіП України від «01» березня 2022 р. №385

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10.11.2023 року

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи технічні засоби миття, математична
модель, проведення експерименту, прилади вимірювання

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стані аналіз питання. Мета дослідження
2. Теоретичне дослідження технічних засобів миття автомобілів в АПК
3. Експериментальні дослідження

Перелік графічного матеріалу (за потреби) _____

Дата видачі завдання « 10 » 10 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Тітова Л. Л.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнята до виконання _____

(підпис)

Брик П. О.

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1 Характеристика забруднень сільськогосподарської техніки.....	7
1.2 Аналіз технологій мийки поверхонь сільськогосподарської техніки	16
1.3 Аналіз застосовуваних конструкцій і засобів механізації для мийки сільськогосподарської техніки	21
Розділ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МИЙКИ ЗОВНІШНІХ ЗАБРУДНЕНЬ ПОВЕРХОНЬ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ОБЕРТОВИМИ СТРУМЕННЯМИ.....	29
2.1 Аналіз застосовуваних конструкцій насадок.....	29
2.2 Конструктивне рішення.....	34
2.3 Теоретичне дослідження руху крапель обертових струменів	36
2.4 Теоретичне дослідження ударного впливу крапель струменя	41
Висновки	43
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
4.3 Економічна ефективність	58
Висновки	61
ВИСНОВОК.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Актуальність теми роботи. 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 ефективною і недорогою 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 товару виробника 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 дозволяють надати мийної струмені різну форму.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності процесу мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції

обґрунтуванням параметрів пристрою для створення обертаючого мийного струменя.

Завдання дослідження, щоб забезпечити досягнення поставленої мети, зводяться до наступного:

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 для перевезення сільськогосподарської продукції.

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

Наукова новизна:

- теоретично обґрунтовані параметри пристрою мийки зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції;

- результати експериментальних досліджень мийки зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції із застосуванням обертаючого струменя.

Теоретична і практична значущість роботи. Теоретично розглянуто рух крапель обертових струменів, їх ударну дію на забруднення і процес руйнування забруднень.

Представлено пристрій, що дозволяє створити обертовий струмінь для мийки зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції.

Методологія і методи дослідження. У теоретичних дослідженнях використовувалися закони гідродинаміки, теплотехніки, теоретичної механіки,

фізики. При експериментальних дослідженнях використовувалися загальновідомі методики, а так само розроблені на їх основі приватні методики. При цьому використовувалися сучасні прилади та обладнання, а так само спеціально виготовлені установки. Обробка експериментальних даних проводилася методами математичної статистики з використанням сучасних математичних і комп'ютерних програм.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

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-хімічними параметрами і їх впливу на вибір способу видалення при очищенні поверхонь.



Рис. 1.1 - Класифікація забруднень в залежності від складності їх видалення і 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 всди і рослинних соків.

Олійно-грязьові відкладення формуються при контакті дорожнього пилу і бруду з 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 відносяться 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 тертових елементів машин.

Залишки отрутохімікатів не складний багатоконпонентний 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 вимагає знімати при ремонті і підготовці автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції до консервації при міжсезоння зберіганні, з використанням різного технологічного устаткування. 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 фарба 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, 53].

Як показали дослідження (рисунок 1.2, 1.3) [11, 47] 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.

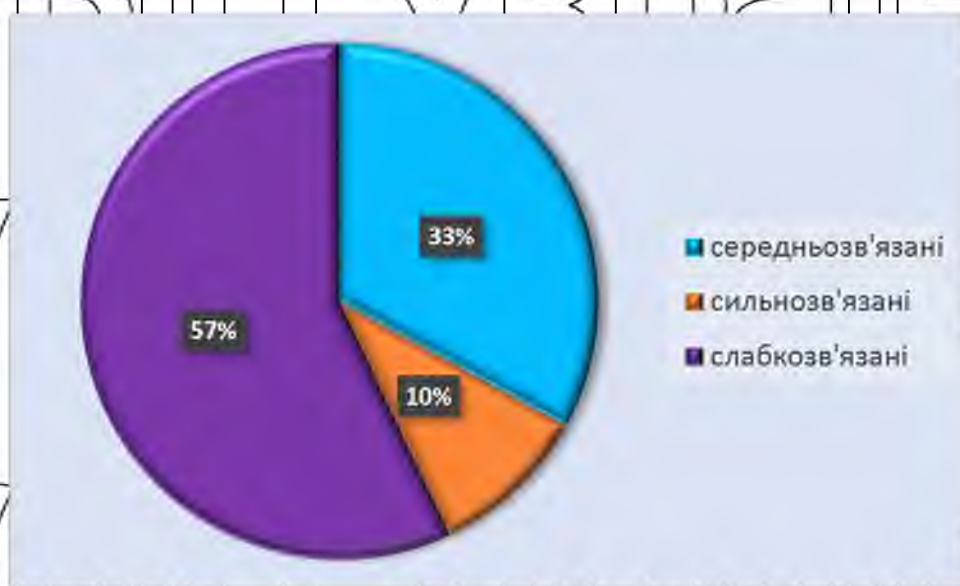


Рис. 1.2-Діаграма займаних площ забруднень

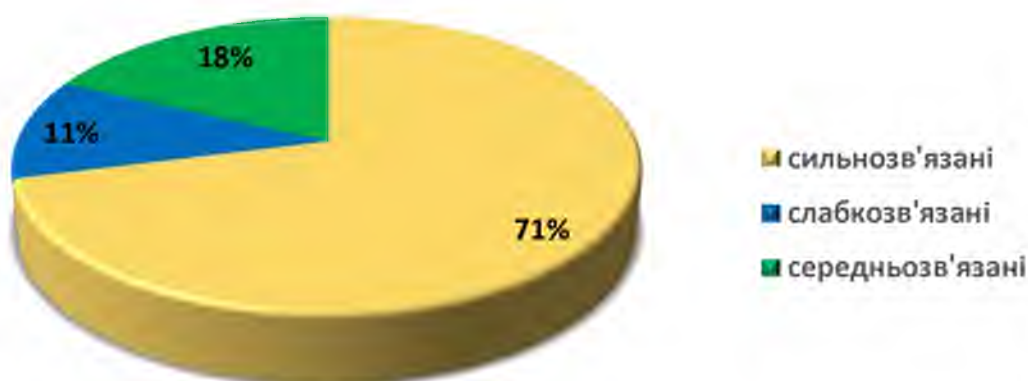


Рис. 1.3-Діаграма трудомісткості видалення забруднень

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 допустимому нормативами кількості [113, 115, 121].

Більшість забруднень машин мають багатоконпонентні склади, що включають як рідкі, так і тверді фази, що мають різну дисперсність, що істотно

впливає на адгезійну силу зчеплення частинок забруднення з поверхнею, що очищується [32, 37, 38, 118].

За особливостями формування на зовнішніх елементах машин і щільності забруднення можуть бути поділені на три групи [35, 46, 113, 134].

Саму значну частину площа поверхонь машин сільськогосподарського призначення складають слабо пов'язані (57%) і середньо пов'язані (33%) забруднення, трудомісткість видалення яких з очищуються значно нижче, ніж у сильно пов'язаних. Сильно пов'язані забруднення (10%), як правило, розташовані в місцях доступ до яких утруднений і тому для їх видалення потрібно великі витрати праці (71%) [15, 76, 82, 83, 116, 133, 137, 139, 140].

На підставі вищевикладеного можна сформулювати висновок про те, що високої трудомісткості процесу мийки сільськогосподарської техніки від забруднень.

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

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 когезійних сил) з їх подальшим видаленням (подолання утримують адгезійних сил) [29].

За способом видалення забруднень (рисунок 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. Дана 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, активно руйнують вогнища забруднень на оброблюваної поверхні. Ключовими недоліками даної технології мийки, що обмежують її практичне застосування, є негативний вплив на навколишнє середовище і шкода,

Механічна енергія потрібна для руйнування забруднень і видалення їх з поверхні, що очищається шляхом створення нормальних і догичних напружень. Механічне видалення забруднень може здійснюватися зіскоблюванням (рисунк 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].

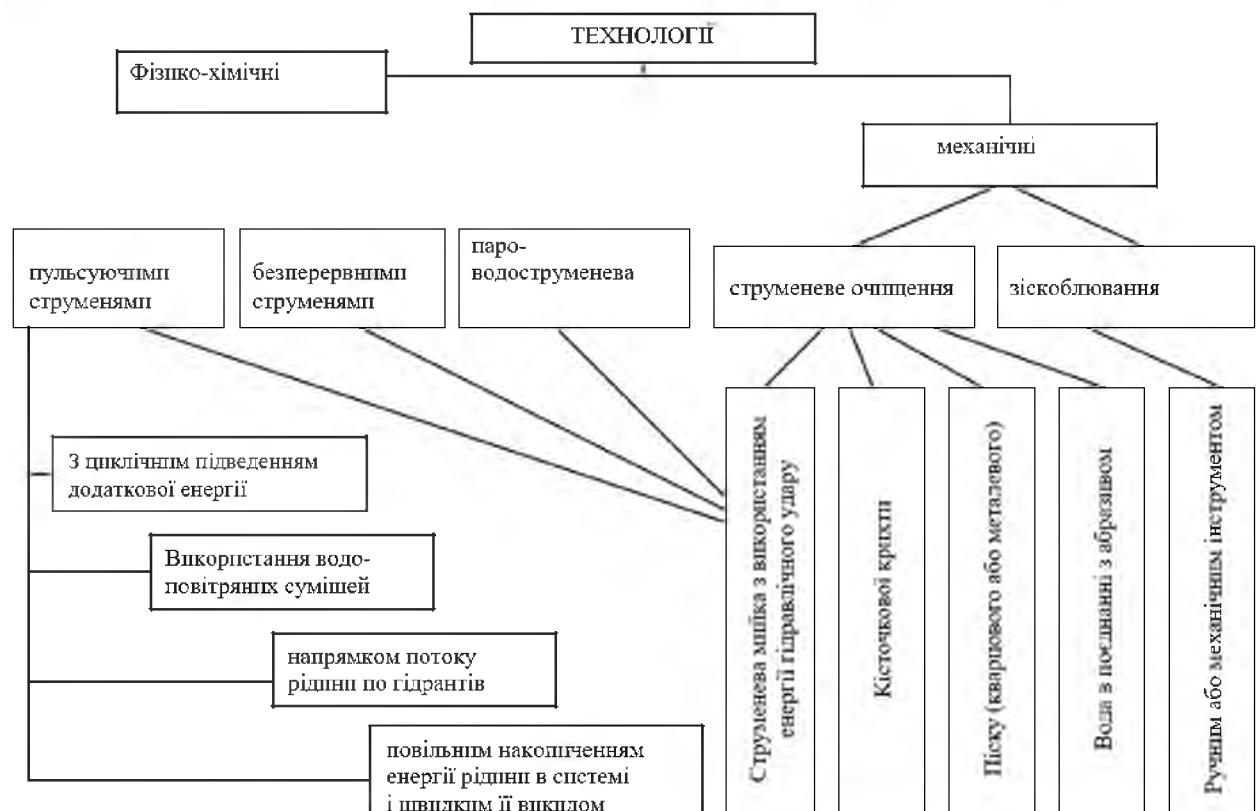


Рис. 1.4 - Технології видалення забруднень з поверхні машини



Рис. 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 віброабразивної очищення використовуються для очищення деталей від забруднень на спеціалізованому обладнанні, і, отже, дана технологія не може бути застосована для зовнішньої очистки та 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 широке 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.

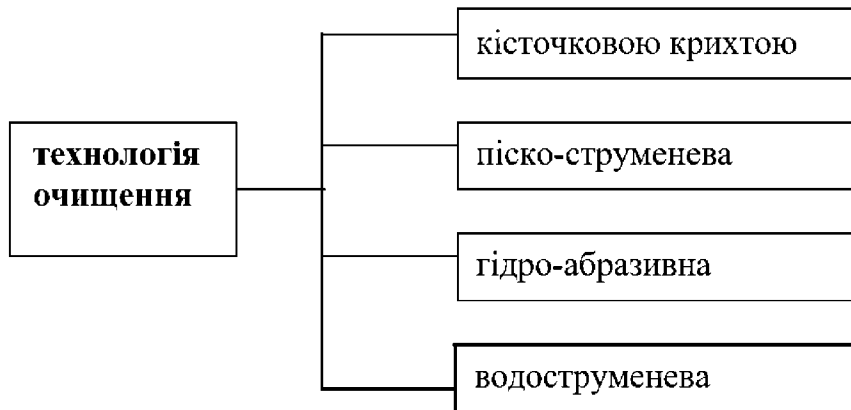


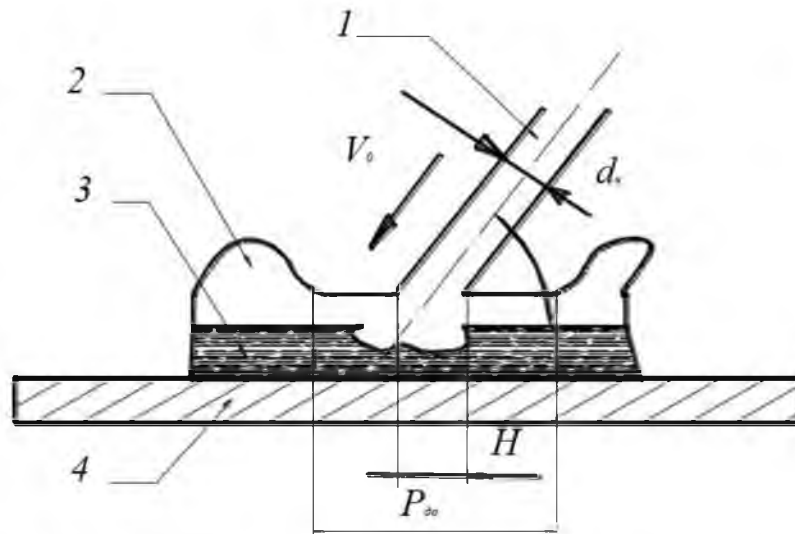
Рис. 1.6. Класифікація технологій очищення з використанням сухих і водяних струменів

Застосування піскоструменевої технології очищення доцільно для видалення середньо і сильно зв'язкових забруднень (залишків лакофарбового покриття, продуктів корозії). Дана технологія полягає в обдубві очищуються 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 металевий 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 [53, 76, 55]

Для очищення машин при гідроабразивної технології використовується кварцовий пісок, карбіди кремнію, окису алюмінію. Сутність даної технології полягає в різкому викиді гідроабразивної суміші за допомогою стиснутого оброблювану поверхню. Очищуючий ефект залежить від процентного вмісту абразиву в суміші, однак при його збільшенні виникають труднощі в досягненні водно-абразивної емульсії до об'єкта, а низький вміст абразиву призводить до погіршення якості видалення забруднень. Найбільше застосування в гідроабразивної технології очищення отримав кварцовий пісок.

При водострумнинні 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.



1- потік розлікається 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_H - діаметр струменя

Рис. 1.7 - Схема впливу струменя на омивану поверхню

Застосування гідравлічної струменя для видалення слабозв'язаних і середньозв'язаних забруднень дозволяє забезпечити високу ступінь очищення.

Принцип дії технологій водоструминної 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;

ρ - щільність рідини, кг/м³;

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

ω_0 - перетин набігає струменя, м²;

α - кут відображення струменя від точки зустрічі з перепорою, 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/с²;

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

швидкість v_0 визначає витрата води Q через насадки:

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

де d - діаметр сопла.

Зменшуючи діаметр сопла d і підвищуючи натиск, 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 сильнов'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, 42]. Сутність цього способу полягає в ерозійному впливі кавітаційних бульбашок, згенерованих в спеціальному соплі і підсилюють ступінь руйнуючого впливу 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 у 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 обертається 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 наявністю 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
- рухливі

3. за розташуванням:

НУБІП України

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 установка миюча рідина на зовнішніх

поверхнях направляється через спеціальні насадки у вигляді сопел (форсунок), розташованих на стаціонарних або переміщуються трубопроводах - колекторах.

Мийні установки проїзного типу дозволяють одночасно очищати всі забруднені поверхні машин, так як 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 монтується виконавчі елементи установок (трубопроводи з соплами або щітками), а також вентиляційне

обладнання, призначене для обдування (сушіння) машин.

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 1.8 Стационарна 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 (рисунок 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 складними 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].



Рис. 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 неякісної мийки.

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, 45]. Відомі 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 (рисунок 1.11). Установка Інтерскол АМ-130/2500В є переносний і складається з насоса плунжерного типу і силового агрегату, потужністю 2,5 кВт. Вона оснащена двома насадками для формування в'язлої і кіндзальний струменів.



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

Рис. 1.10 - Установка Інтеркол АМ-Т30/2500В для водоструменевго очищення



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

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

Пересувна водоструминна мийна установка моделі М125 (рисунок 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, 52, 58]. Даний принцип роботи застосовується в більшості сучасних

мийних установок. Додатково в конструкції моделі M125 передбачені баки для мийних складів.



1 - ємність для мийного розчину, 2 - ручка для переміщення, 3 - корпус установки, 4 - гідромонітор, 5 - шланг високого тиску.

Рис. 1.12 - Зовнішній вигляд установки водоструминної очищення M125

Зарубіжні виробники також пропонують широкий спектр мийних установок високого тиску (рисунок 1.14). Іноземні фірми випускають різноманітний модельний ряд установок для мийки високого тиску.

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.



а - «Karcher» До 7; б - «OERTZEN» 316 С; в - «CHAMPION» HP6300;

г - «Bosch» AQT 45-14 X; д - «STERWIN» S-160 ERW; е - «PATRIOT» GT 320

Рис. 1.14 - Зовнішній вигляд зарубіжних пересувних мийних установок

високого тиску.

Характеристики мийних установок зарубіжного виробництва представлені в таблиці 1.1.

Живлення представлених 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° С. Конструктивно переважна більшість пересувних установок високого тиску складаються з пересувного візка, з розташованими на ній двигуном, насосом високого тиску, передавальною муфтою або редуктором. Установки комплектуються шлангами високого тиску і гідромоніторами, які

призначені для надання сформованої в соплі струменя потрібного напрямку [23, 26, 39].

Таблиця 1.2

Апарати високого тиску без підігріву води зарубіжного виробництва.

Моделі установок	Розміри, (ДхШхВ, в см):	Потужність електродвигуна, 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 (рисунк 1.14). Іноземні фірми випускають різноманітний модельний ряд установок для мийки високого тиску.

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.





а - «Karcher» K7; б - «DERTZEN» 316 C; в - «CHAMPION» HP6300;
 г - «Bosch» ACT 45-14 X; д - «STERWIN» S-160 EPW;
 е - «PATRIOT» GT 320 Imperial

Рис. 1.14. Зовнішній вигляд зарубіжних пересувних мийних установок високого тиску.

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° С. Конструктивно переважна більшість пересувних установок високого тиску складаються з пересувного візка, з розташованими на ній двигуном, насосом високого тиску, передавальною муфтою або редуктором.

Установки комплектуються шлангами високого тиску і гідромоніторами, які призначені для надання сформованої в соплі струменя потрібного напрямку [53].

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
"DERTZEN" (Німеччина)	316C	4,3	18	780	34

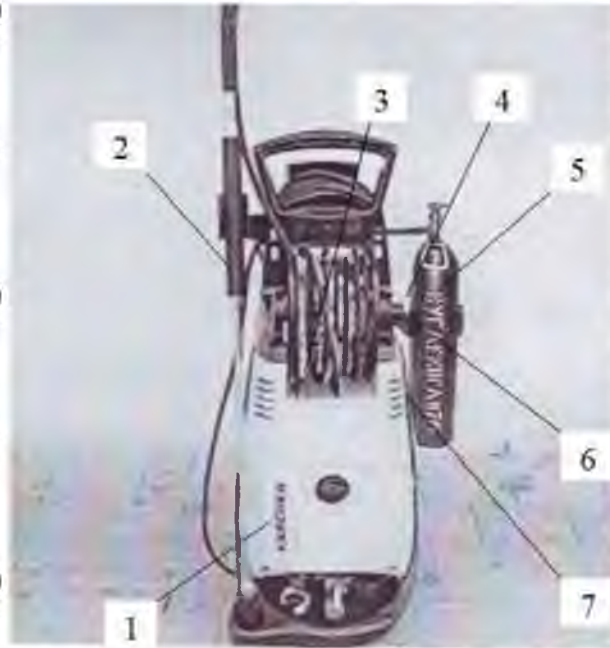
"CHAMPION" (Китай)	130x76x76	2,4	15	420	25
"Bosch" (Німеччина)	HP6300	3,1	14	450	18,5
"STERWIN" (Китай)	AQT 45- 14 X	2,5	16	460	19
"PATRIOT" (Китай)	GT 320 Imperial	1,4	10	390	5,2

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 мийної рідини, що позитивно відб'ється на ефективності механічної дії на забруднення.

Дослідження, проведені гуртківцями наукового гуртка «Обґрунтування методів діагностування і прогнозування технічного стану машин» кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка Національного університету біоресурсів і природокористування України показали, що підвищення продуктивності установок можна досягти не тільки за рахунок збільшення потужності електродвигуна і підвищення температури мийної рідини.

Науковим керівником та гуртківцями кафедри Гіговою Л. Л., Білою Я. Ю., Василенком А. М., Ступаченком С. Х., Крими А. Г., Кумейко А. Г., Коваленком О. В. розроблений ряд конструкцій мийних машин, що дозволяють виробляти гідродинамічне очищення забруднень автотранспортних засобів з використанням енергії кавітації і сублимації (рисунк 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 ерозійної здатністю.



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.

Рис. 1.15. Загальний вигляд промислового зразка установки для очищення з використанням рідинної багатокомпонентного струменя

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 максимальне ерозійне 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, основним напрямком підвищення експлуатаційних характеристик мийних установок як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва є підвищення напору мийної рідини для збільшення механічної дії на забруднення, але підвищення продуктивності установок можна досягти не тільки за рахунок збільшення потужності електродвигуна і підвищення температури мийної рідини, але і за рахунок використання додаткової енергії гідродинамічного впливу, для отримання якої необхідна розробка насадок спеціальної конструкції. [38, 39, 42].

Висновки

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 покращення 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 перспективно підвищувати не за рахунок підвищення потужності електродвигуна і підігріву мийної рідини, а шляхом застосування спеціальних насадок, що дозволяють домогтися підвищення рівня механічного впливу на забруднення.

З використуваних 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 низька продуктивність через малої плями мийки, підвищити яку можна шляхом додання обертання віялові водяні струмені, які засновані на процесях турбулентності рідини, пружними тілами рідинами, що дозволяють виключити недоліки гідродинамічних насадок за рахунок застосування закручування водяного струменя.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

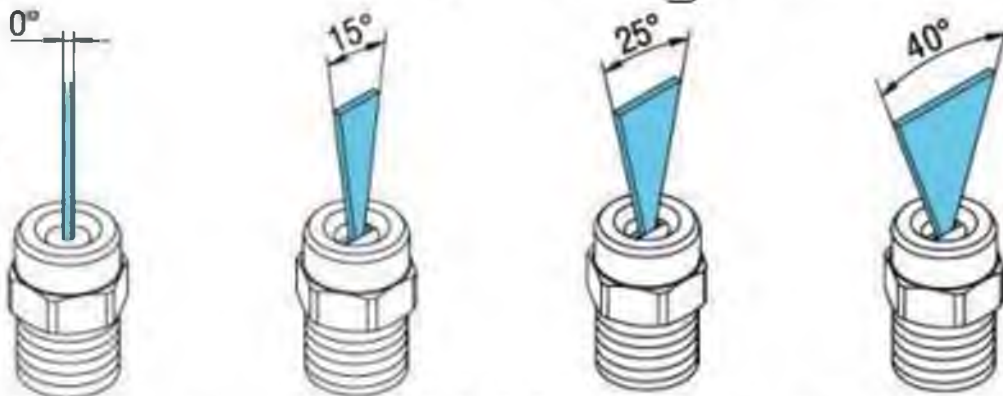
НУБІП України

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МИЙКИ ЗОВНІШНІХ ЗАБРУДНЕНЬ ПОВЕРХОНЬ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ОБЕРТОВИМИ СТРУМЕНЯМИ

2.1 Аналіз застосування конструкцій насадок

Продуктивність водострумного 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 мийочої струменя: розсіюють, віялоподібні, кинджальні, щілинні і 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].



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

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

5% [24, 25, 53, 140]. Кінджалні насадки формують різку, суцільну і зосереджену струмінь, проникаючи через всю товщину забруднень і відривати їх знизу від поверхні, що очищається, що дозволяє проникати у важкодоступні місця. Віялові насадки, що мають плоске перетин, при малих кутах утворюють плоску і різку струмінь з великою силою удару, а в міру збільшення кута - широкий струмінь з зменшується силою удару (рисуюнок 2.2).

Основними показниками, що характеризують насадки є: коефіцієнт витрати μ , коефіцієнт опору μ і швидкісний коефіцієнт φ . 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;

ρ - щільність рідини, кг/м³.



Рис. 2.2 Ступінь насиченості водного струменя в залежності від кута її розпилу

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 φ - швидкісний коефіцієнт.

Швидкісний коефіцієнт визначається формулою:

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

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

ε – коефіцієнт опору повітря.

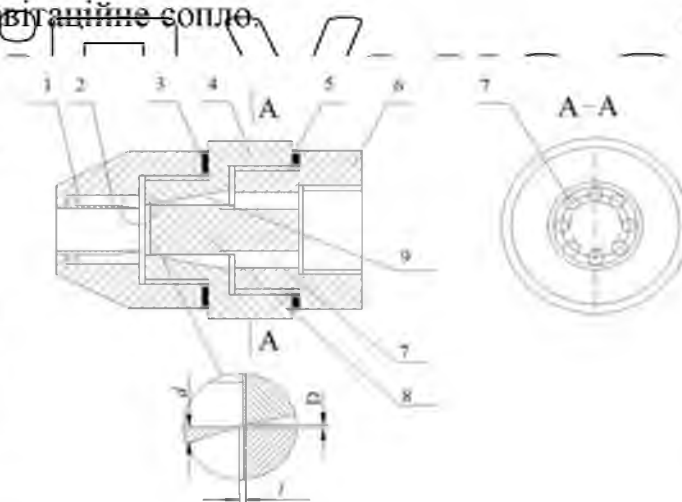
Отже, енергію струменя можна виразити:

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

З виразу (2.5) можна зробити висновок, що енергія струменя залежить від маси рідини і швидкості її закінчення [44]. 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 соплел 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.



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 - підводячі канали, 8 - циліндричний стержень.

Рис. 2.2 Акустико-кавітаційне сопло:

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, тому коливання виникають з однаковою частотою. При збігу частоти коливань пелюсток втулки виникає явище резонансу, внаслідок якого їх амплітуда різко збільшується. Зростання амплітуди коливань веде до викинення

і розповсюдження в струмені рідини інтенсивних ультразвукових коливань, які

формують ультразвукове поле. Утворені в звуковому полі кавітаційні бульбашки

інтенсивно пульсують, розширюючись в фазі розрідження ультразвукової хвилі

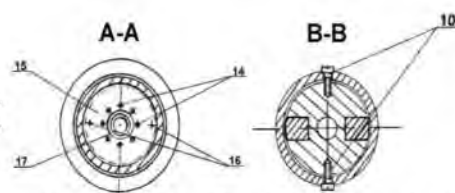
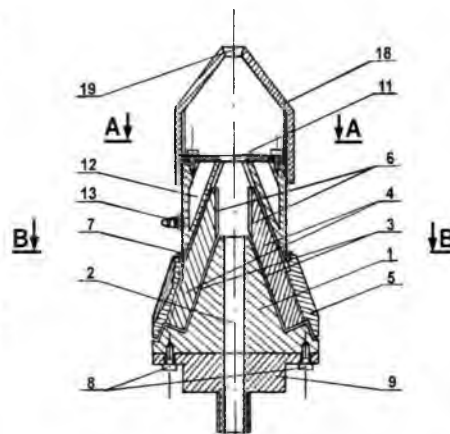
і зменшуючись в фазі підвищеного тиску [53]. Ультразвукова хвиля,

поширюючись в пружному струмені м'якої рідини очищає поверхню,

відбиваючись від неї і створюючи зону надлишкового тиску, де відбувається

масове схвалення 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.



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

Рис. 2.3 - Універсальне сопло:

Робота сопла відбувається наступним чином: в початковому положенні повзуни 4 розведені на максимальну відстань, тобто знаходяться в нижньому положенні, а камера змішувача 18 ввинчена на глибину, що дозволяє задати її максимальний обсяг. При подачі на 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 17 кришки 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.

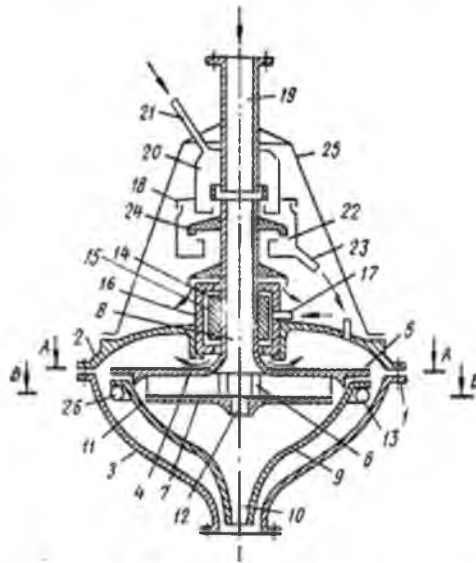
В камері змішувача вуглекислота розширюється, охолоджується і змішується з водою, при цьому в суміші відбувається зародження кристалів вуглекислоти. Процес зародження, його інтенсивність і величина кристалів регулюється зміною обсягу камери, для цього камеру переміщують по різьбі головки 11. Після цього вуглекислота в кристалізованому стані потоком води подається через отвір 20 на поверхню зразка [23, 26, 31, 39, 40].

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 (рисунк 2.4).

Пристрій працює наступним чином. Через нерухомий вхідний шланг 19 і підводить 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 втиснути повітря, при цьому шип 15 з робочим колесом 4 підводиться, сила тертя зменшується. Потім на лопатки 27 турбіни 13 робочого колеса 4 через сопла 26 стиснене повітря, під тиском якого 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.



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 - соплло, 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.

Рис. 2.5. Пристрій для створення напірної водного струменя.

2.2 Конструктивне рішення

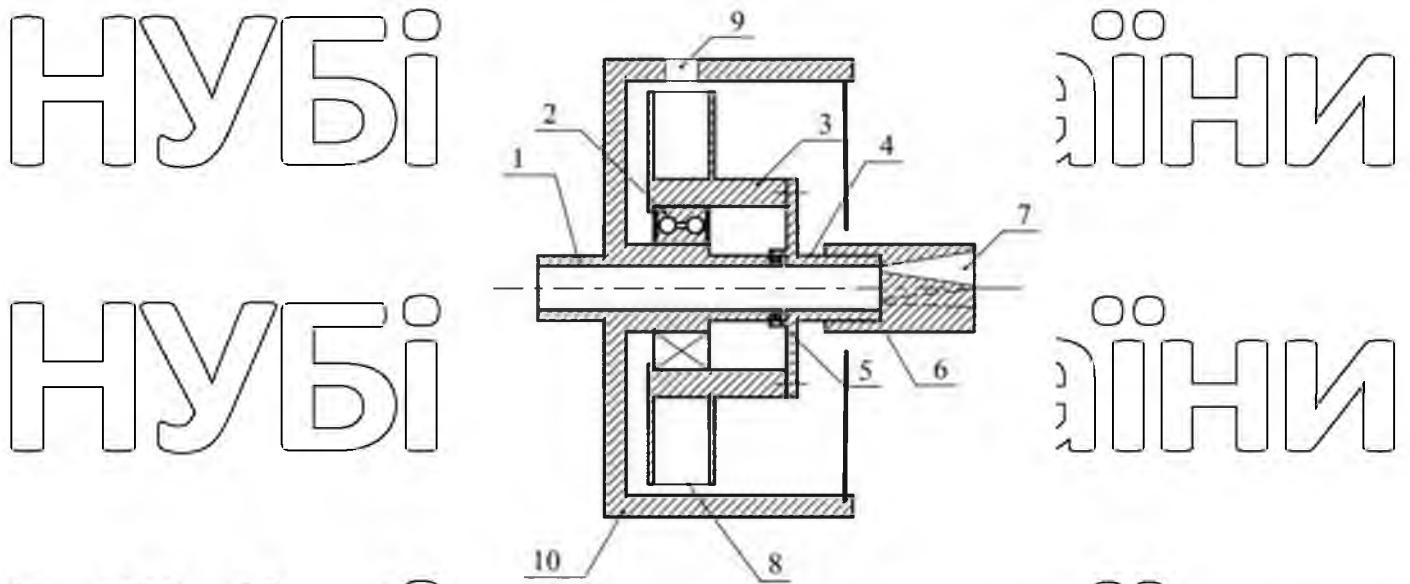
Технічне рішення полягає в забезпеченні можливості формувати обертового струменя води заданого напору і ступеня закрутки гідравлічної струменя, при мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції від забруднення.

Для отримання обертових гідравлічних струменів було розроблено пристрій, який складається з прямої нерухомою 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 циліндричним струмені утворюючим насадкою 6 представлено на рисунку 2.6.

У центральній частині торцевої поверхні струмені утворює насадка 6 виконані наскрізні отвори 7, розташовані під кутом 120° один до одного. При цьому кожен отвір має конусоподібну форму з конусністю 18° , обмежену двома плоскими паралельними поздовжніми поверхнями (рисунок 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 приєднаним віялоутворюючою насадкою 6.



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

Рис. 2.6 Пристрій для створення обертового гідралічного струменя

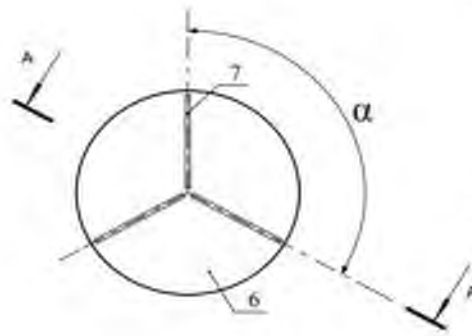


Рис. 2.7. Струменеутворююча віялова насадка

При обертанні корпуса 3, патрубка 4 і струнеобразуючої насадка 6 щодо загальної поздовжньої осі обертання передається потоку рідини, а на виході з насадка 6 формується обертового навколо своєї осі гідралічний струмінь, що подається на поверхню, що очищається автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції.

При цьому віялоподібна насадка працює наступним чином. Есда під тиском потрапляє в наскрісні отвори 7 віялоподібна насадка 6, де між плоскими паралельними поверхнями формується плоска струмінь на ділянці Z (рис. 2.3). У

каналі наскрізного отвору 7 відбувається формування віялоподібного плоского струменя. Плоска струмінь формується на всій довжині отвору 7. При наданні обертання віялоподібній насадці 6 в наскрізному отворі 7 на виході з насадки 6 формується обертового навколо своєї осі гідравлічна струмінь. Кут β розпилення становить 18° . Три наскрізних отвори 7 розташовані під кутом ϕ 120° один до одного [20, 24, 38].

2.3 Теоретичне дослідження руху крапель обертових струменів

Так як більшість поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції представляють криволінійну перешкоду, розглянемо процес мийки як руйнування забруднення рідиною обертового струменя, тобто здатністю впливу на нерухому перешкоду [5, 23, 38, 50].

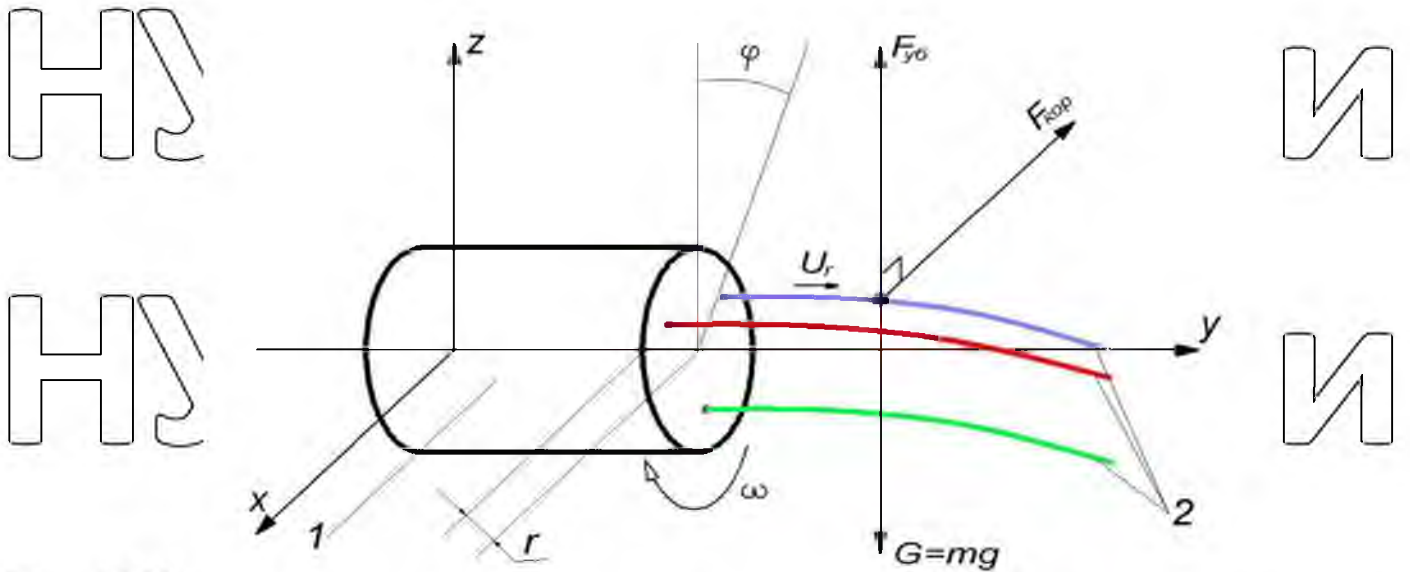
Розглянемо гідравлічний тиск обертового гідравлічного струменя на поверхню твердої нерухомої криволінійної перепони, беручи поверхню забруднення близькою за формою до циліндричної.

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

2. Задано: середньо витратна швидкість витікання струменя V_1 ,

кутова швидкість обертання насадки ω_0 , діаметр вихідного

отвору d_0 площею. Розглянемо рух краплі, що вилетіла з сопла (рис. 2.8), на краплю будуть діяти сили тяжіння, сили інерції, відцентрова і сила Кориоліса.



1 - сопло, 2 - рідина

Рис. 2.8. Розрахункова схема до визначення траєкторії руху крапель

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

- де m_k - маса краплі, кг;
- G - сила тяжіння, Н;
- F_{kop} - сила Коріоліса, Н;
- $F_{ц}$ - відцентрова сила, Н.

Розкриємо рівняння визначником третього порядку по верхньому рядку:

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

Визначник другого порядку буде відповідно швидкості

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

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

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

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

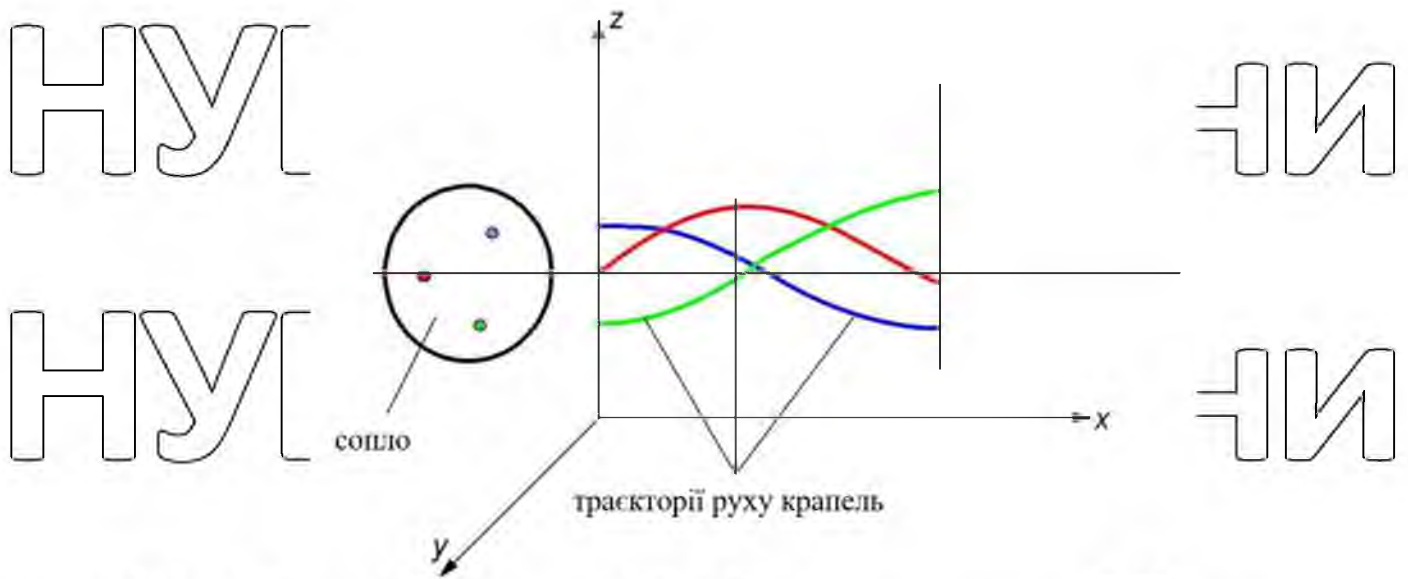


Рис. 2.9. Схема траєкторії руху крапель при обертанні соплу

2.4 Теоретичне дослідження ударного впливу крапель струменя

При падінні краплі на забруднену поверхню відбувається удар краплі на частку забруднення. В результаті удару крапля втрачає форму і відбувається руйнування і зміщення частинки забруднення (рис. 2.10). Таким чином, втрата кінетичної енергії частинки краплі і частки забруднення 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 ($v_2 \leq u_2$). Коefіцієнт відновлення при прямому ударі двох тіл буде визначатися як частка від ділення модулів відносних швидкостей тел 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

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

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

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

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

$$m_x(v_1 - v_2) = -m_o(u_1 - u_2) \quad (2.20)$$

Підставляючи це значення в рівність (2.12), отримуємо

$$T_0 - T = m_x(v_1 - u_1)[(v_1 + u_1) - (v_2 + u_2)] \quad (2.21)$$

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

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

де різниця $(V_1 - V_2)$ 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) слід 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.

Таблиця 2.1

Розподіл забруднень за ступенем активності

Ступінь активності забруднень	Вид забруднень поверхні	Щільність, кг/м ³	Товщина, мм	Межа міцності на стиск, МПа	Умовний коефіцієнт адгезійної міцності
1	2	3	4	5	6
Слабопов'язані	Рослинні залишки	40-100	30	3-20	0,2
Середньопов'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
Міцнопов'язані	Старі лакофарбові покриття	1000-1400	30	30	3

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
	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

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 1м².

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 на 10⁻⁵ Дж.

Подальше дослідження кінетичної енергії струменя розпадається на краплі дозволило встановити, що початкова швидкість струменя згідно з формулою (2.22) повинна становити близько 21 м/с. Для випадку обертаються гідравлічних струменів.

Висновки

На підставі проведених теоретичних досліджень можна зробити наступні

висновки:

1. Для вдосконалення мийного процесу розроблено пристрій з обертовими гідравлічними струменями складаються з прямої труби на яке надіто ведене колесо з крильчаткою, яка забезпечує обертання циліндричного патрубку з соплами. Завдяки чому утворюються обертаються струменя.

2. Застосування обертових струменів забезпечує комплексне гідродинамічний впливу на частинки забруднення. Завдяки обертанню спрямованої струменів вплив здійснюється під деяким кутом з багаторазовим

повторенням, що покращує руйнування частинок забруднення і сприяє відведення забруднених частинок із зони мийки.

3. Теоретичні дослідження реологічних властивостей забруднень дозволило встановити потенційну енергію руйнування забруднення яка становить близько 3 кДж на м². Аналіз впливу струменів і крапель миючої рідини

дозволило встановити, що для видалення забруднень швидкість на виході з сопла повинна складати близько 21 м/с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Розділ 3 МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальні відомості

Лабораторні дослідження проводились з метою визначення мийної здатності обертових струменів, створюваних розробленим соплом. До завдань лабораторних досліджень входило визначення раціональних параметрів сопла, що забезпечують найкращу якість очищення поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції, раціональних параметрів відстані від сопла до поверхні, що очищається і швидкості руху обертового струменя [53].

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 автотранспортних 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 автотранспортних 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].

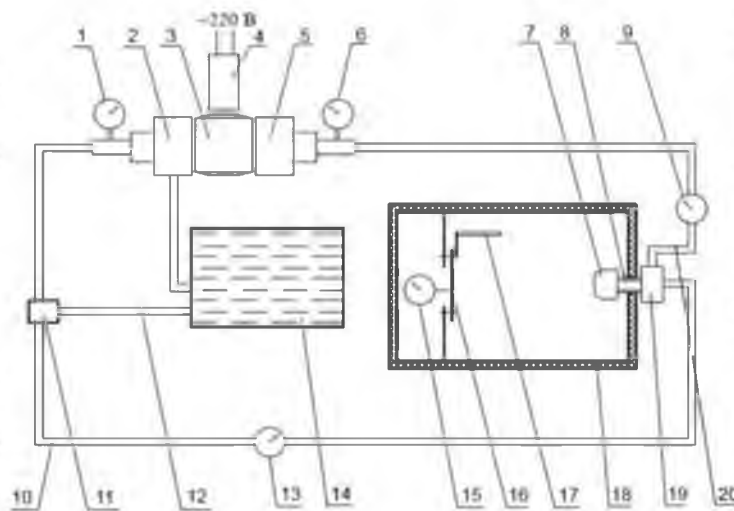
До завдань лабораторних досліджень входило:

1. Визначення раціональних параметрів роботи експериментальної мийної установки

2. Визначення залежності ступеня очищення від відстані до поверхні, що очищається.

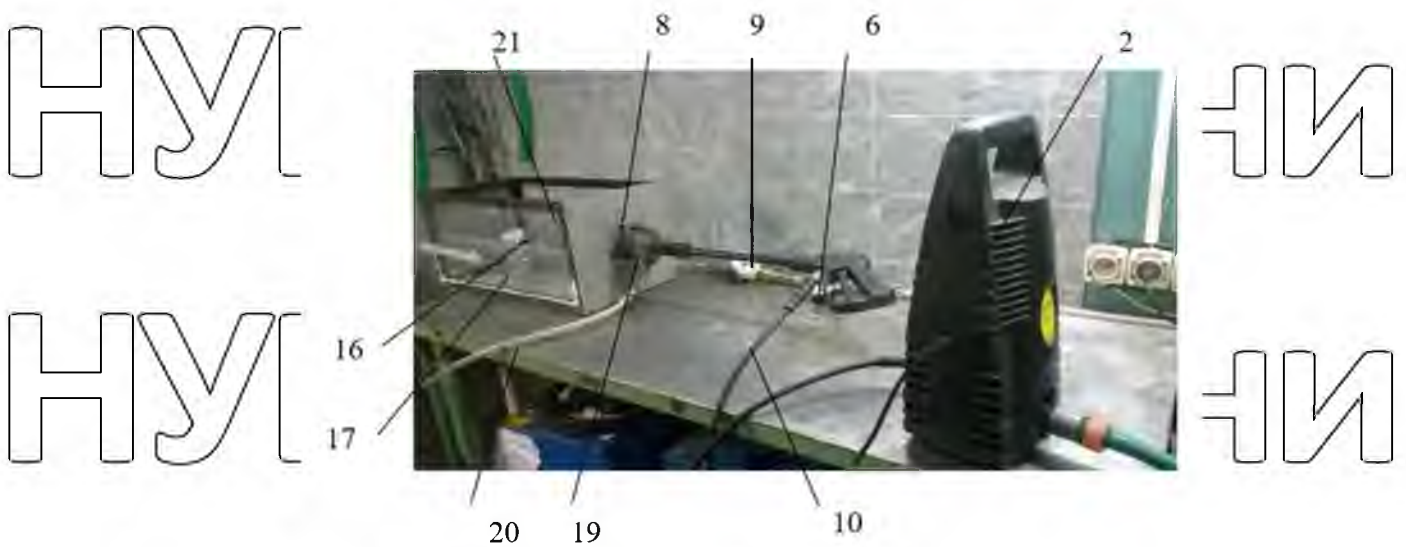
3. Визначення залежності ступеня очищення від швидкості потоку мийного струменя.

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



1 - водяний манометр, 2 - водяний насос, 3 - електродвигун, 4 - електрощит, 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 3.2 - Принципова схема 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 обертовим віяльським соплом 7, 19 - повітряна камера

Рис. 3.3 - Загальний вигляд експериментальної установки:

Лабораторна установка живиться від мережі 220 В і працює наступним чином: Електродвигун 3 пускає вхід 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 вибутоворююче експериментальне сопло 7 загальний вигляд якої представлений на рисунку 3.4. При виході з сопла миюча струмінь прямувала на зразок 16, закріпленій 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 повітряній магістралі.

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



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

Рис. 3.4. Загальний вигляд пристрою для створення обертового гідравлічного струменя

На лабораторній установці проходив замір наступних параметрів:

1. Кількість струменів:

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

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 [46].

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°C в електричній сушильній шафі «2В-151» (рисунок 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 (рисунок 3.6). 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 глибини дефекту [40].



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

Рис. 3.6 - Магнітний товщиномір немагнітних покриттів MT-201

Швидкість частоти обертання сопла вимірювалося за допомогою лазерного тахометра «DIGITAL TACHOMETER HS2234» (рисунок 3.8)

Кількість витраченої електроенергії вимірювалося за допомогою приладу «LEMANSO LM 602» (рисунок 3.9)



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

Рис. 3.8 - Тахометр «DIGITAL TACHOMETER HS2234»

Кількість витрати рідини вимірювалася за допомогою приладу «ОХТА ГОЛ 15» (Рис. 3.10)

Всі результати випробувань заносилися в спеціальний журнал дослідів.

Дослідження повторювалося в триразову послідовність. Після чого проводилася обробка результатів за допомогою програми STATISTICA v8.0 [46, 50].



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

Рис. 3.10 - «ОХТА ГОЛ 15»

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 оцінку його якісних показників.

До завдань виробувань входило:

1. Визначення експлуатаційних характеристик експериментальної установки.

2. Порівняльний аналіз показників роботи експериментальної установки і установок 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 обертових віялових струменів, виявлення параметрів при яких якість і ефективність мийки будуть

максимальними. Використання обертових віялових струменів здійснювалося на різному віддаленні від об'єкта мийки. Інтервал вилучень 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° С [53].

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 [53].

Для отримання інформації з достовірною ймовірністю 0,9 при коефіцієнті варіації 0,1 і відносної помилку 0,1 випробування проводилося на трьох

одинаках 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 [53].

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 мийної рідини;
- час витрачений на мийку;
- якість очищеної поверхні, мг/см².

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	слабкозв'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 мийної рідини

за допомогою волюметра 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 води, 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 ²	Некриття 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 [53].

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 [53].

№ 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, 53]:

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 ($Var2$) зображений на рисунку 4.1, 4.2 [53].

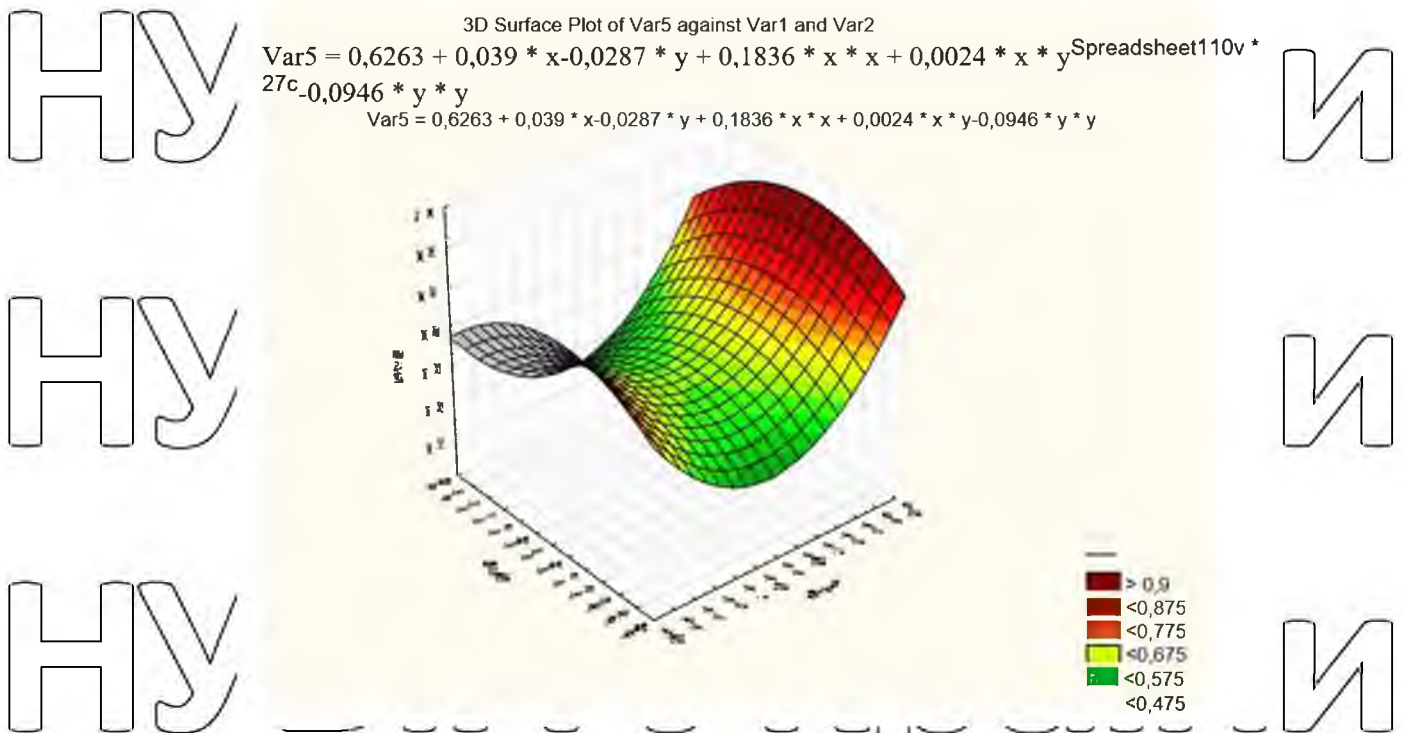


Рис. 4.1. Тривимірний графік залежності ступеня очищення поверхні зразка від кількості віялових струменів, шт. і діаметра вихідного отвору, мм.

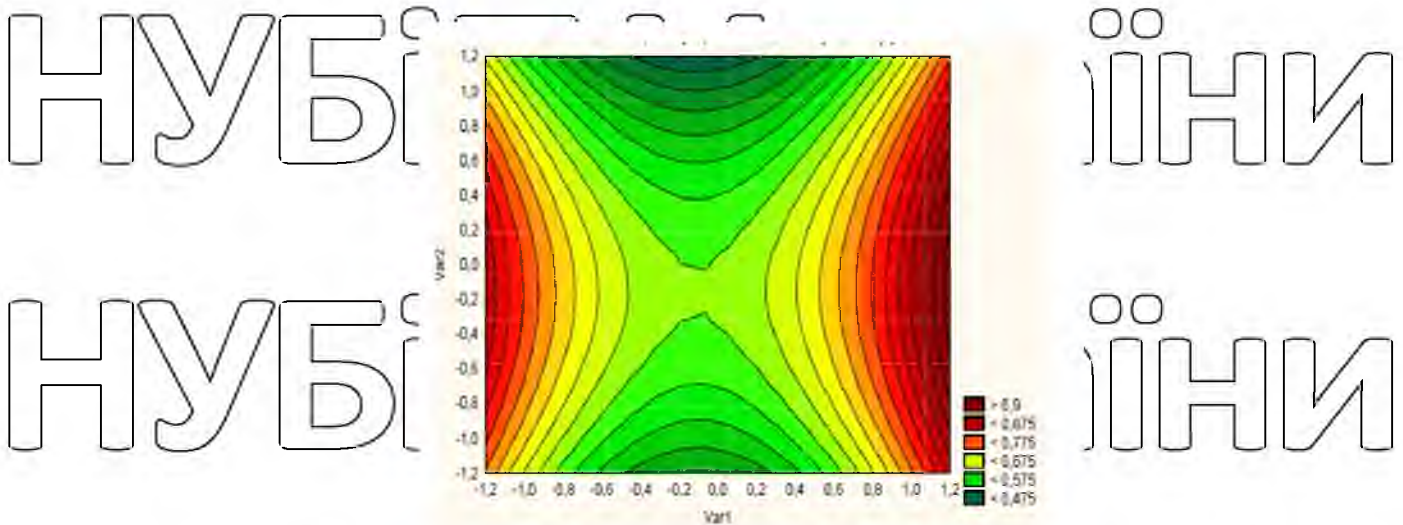


Рис. 4.2. Контурний графік залежності ступеня очищення поверхні зразка від кількості віялових струменів, шт. і діаметра вихідного отвору, мм.

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 швидкості 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.

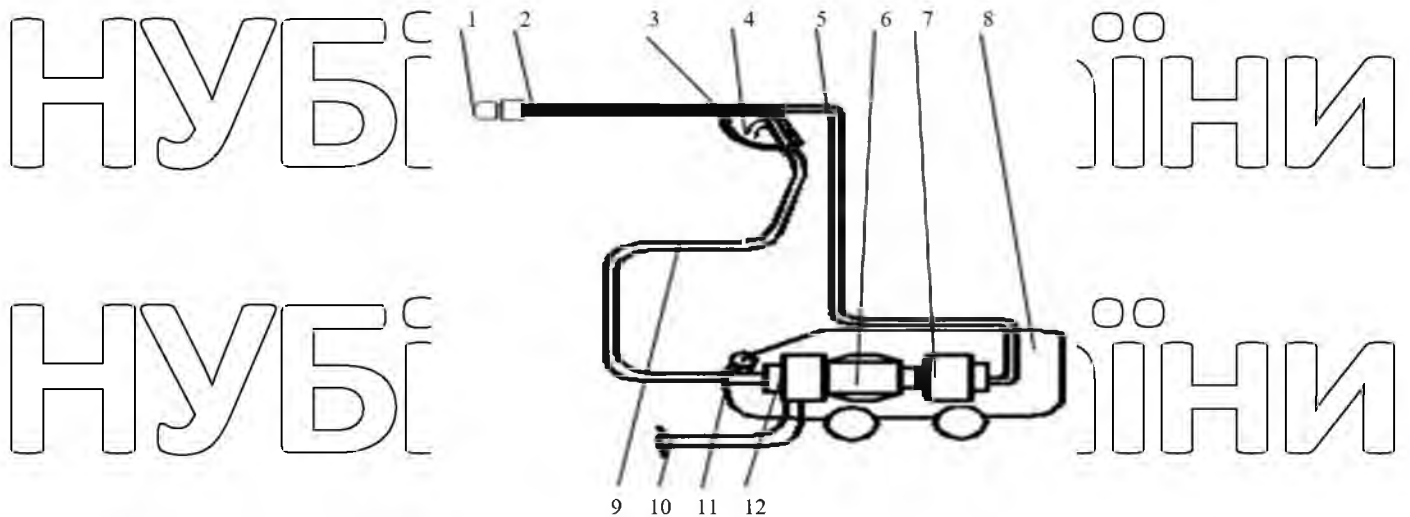
Висновки

1. 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.
2. Максимальний ступінь очищення може бути досягнутий при відстані від сопла до омиваючої поверхні рівній 220 мм.

3. 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, дозволяє проводити очищення обертовими віяловими струменями. Принципова схема і загальний вид установки представлені на рисунку 4.3 і 4.4 відповідно



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 - напірна магістраль, 10 - подача води; 11 - манометр; 12 - насос високого тиску;

Рис. 4.3 - Принципова схема установки:

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 шість обертового віялового сопла.



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

Рис. 4.4. Загальний вигляд 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 W 105-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 чол * год для установки «KARCHER K7» - 1,11 чол * год, і установки «Huter W105-GS» - 1,15 чол * год. [53, 76, 89, 139, 140].

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

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 $1 \text{ г} / \text{м}^2$), Трудомісткість

мийки для експериментальної установки складає 1,03 чол * год витрата електроенергії 2,3 кВт * год; витрата води 0,4 м³.

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.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Використання експериментальної мийної установки для видалення забруднень з зовнішніх поверхонь автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції різних марок в господарствах Рязанської області дозволило знизити витрати і отримати економічний ефект [6, 22, 27, 48, 49, 56, 57].

Вихідні дані, що відображають економічну ефективність використання різних варіантів мийних машин дані в таблицях 4.4 і 4.5.

Експериментальна установка порівнювалася з установкою KARCHER 7, яка має високу продуктивність, і дозволяє отримати високу якість мийки [6, 22, 27, 48, 49, 56, 57].

Розроблена технологія мийки, дозволила проводити операції по усуненню забруднень з техніки в господарствах оперативне, 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, 48, 49, 56, 57].

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

Витрати на модернізацію визначалися за формулою:

$$K_B = V_{O.D.} + V_{B.D.} + V_{B.P.} + V_{3.B.}, \quad (4.1)$$

$V_{O.D.}$ - 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.

$V_{3.B.}$ - загальновиробничі (цехові витрати) на модернізацію, грн.

Витрати на виготовлення оригінальних деталей:

$$V_{O.D.} = V_M + V_{P.P.}, \quad (4.2)$$

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

$V_{п.р.}$ - 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:

$$V_{з.п.} = V_{в.р.} + R_{з.п.} \quad (4.3)$$

де $V_{в.р.}$ - основна заробітна плата виробничих робітників, що беруть участі 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

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

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

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання установок для мийки сільськогосподарської техніки при видаленні забруднень різної щільності

Установки для мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції

№п/п	Найменування показників	Установки для мийки автотранспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції	
		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 ³ води, грн.	4,5	4,5
11	Вартість 1 кВт / год, грн.	1,68	1,68
12	Вартість скидання 1 м ³ стічних вод, грн.	8,58	8,58
13	Площа, яку займає машиною, м ²	0,2	0,4

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 обертовим струменем повинна бути не менше 3 КДж на м^2 , 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 - $0,97 \text{ мм}$; тиск мийної рідини в соплі - $7,8 \text{ МПа}$; 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 .

5. Фактичний річний економічний ефект від впровадження результатів дослідження склав $4697,6 \text{ грн.}$ на одну одиницю автотранспортного засобу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

НУБІП України

1. Anders G. J. Innovations in power systems reliability. Springer. 2011. 361 p.

2. Delphi Diesel Systems, Publication №: DDNX125(EN) Delphi Diesel Aftermarket Operations UK, 2012. 76 p.

3. Endrenyi J. Comparison of two methods for evaluating the effects of maintenance on component and system reliability. IEEE International Conference Probabilistic Methods Applied to Power Systems. 2014. P. 307–312.

4. Endrenyi J. The Present Status of Maintenance Strategies and the Impact of Maintenance on Reliability. A Report of the Probability Application Subcommittee. IEEE Transactions on Power Systems. 2011. Vol. 16. № 4. P. 638–646.

5. Ge H. Maintenance optimization for substations with aging equipment: a dissertation for the degree of Phd. Lincoln, Nebraska. 2010. 212 p.

6. Hampel R., Kurr D., Schefenadler H. Elektronisches Messsystem zur digitalen Erfassung und Auswertung von Indikatordiagrammen. 2015. № 2. P. 33–38.

7. Latino M. A. Behavioral based reliability. Machinery Reliability Conference. 2020. April. <http://reliability.com/industry/articles/article36.pdf>.

8. Smykov S. V., Seregin A. A., Nikitchenko S. L., Kurochkin V. N., Valuev N. V. Hinged aggregate for technical maintenance of machines: Modeling, testing and conditions of application. Journal of Mechanical Science and Technology. 2018. T. 32. № 8. C. 3807-3815.

9. Wegrzyn, J. Liquefied Natural Gas for Trucks and Buses. SAE Technical Paper Series. 2018. № 2000-01-2210.

10. Zehn Prozent Biokraftstoff für Alle. Verein Deutscher Ingenieure. VDI Nachrichten. 2015. Jg. 59. № 47. 8 p.

11. Hunt D. Farm power and machinery management. Tenth edition. Agricultural Engineering. 2013. Dubli. Vol. 3. P. 1703-1709.

12. Onwuaku A. P., Akubuo C. O., Ahaneku I. E. Fundamentals of Engineering for Agriculture Immaculate Publications Limited. 2 Aku street, Ogui New Layout, Enugu, Nigeria. 2006. 186 p.

НУБІП України

13. Ojha T. P., Michael A. M. Principles of Agricultural Engineering. Vol. 1. Jain Brothers. New Delhi (sixth edition). 2012. 210 p.

14. Yohanna J. K., Ifem, J. E. C. Performance evaluation of field efficiency of farm machinery in Nasarawa and plateau state. Proceeding of the Nigerian Institution of Agricultural Engineers. 2013. P. 88-92.

15. Kepner R. A., Bainer R., Barger E. L. Principles of Farm Machinery, AVI Publishing Company Inc. Wester port. 2016. 208 p.

16. Oduma O., Igwe J. E., Ntunde D. I. Performance evaluation of field efficiencies of some tractor drawn implement in Ebonyi State. International Journal of Engineering and Technology. 2015. Vol. 5(4). P. 45-50.

17. Agricultural field machinery selection and utilization for improved farm operations in South-East Nigeria: A review. Available from: https://www.researchgate.net/publication/335951790_Agricultural_field_machinery_selection_and_utilization_for_improved_farm_operations_in_South-East_Nigeria_A_review [accessed Mar 02 2020].

18. William E. Crop – Machinery Management. Lower State University Extension and Outreach. Dept. of Economics, 2015. P. 641-732-5574.

19. Аніскевич Л. В. Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11. Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2005. 36 с.

20. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. 370 с.

21. Аулін В. В., Гриньків А. В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану 248 транспортних засобів на основі теорії сенситивів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016. №5. С. 109–116.

22. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної

техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.

23. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.

24. Аулін В. В., Гриньків А. В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. №8. С. 9–20.

25. Аулін В. В., Гриньків А. В., Замота Т. М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості. Вісник інженерної академії України. 2015. №3. С. 66–72.

26. Аулін В. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Мартиненко О. Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків, 2015. Вип. 158. С. 252–262.

27. Аулін В. В., Лисенко С. В., Кузик О. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія. Кропивницький. 2016. 304 с.

28. Бабанін О. Б. Наукові основи вдосконалення технології контролю, діагностування та матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів: Дис... докт. техн. наук: 05.22.07 Рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Харківська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2001. 288 с.

29. Бабіюк Г. В. Системне обґрунтування і розробка адаптивних способів забезпечення надійності гірничих виробок: Дис... докт. техн. наук 05.15.04 шахтне та підземне будівництво. Донбаський державний технічний університет. Дніпропетровськ, 2005. 522 с.

30. Біловод О. І. Підвищення надійності і обґрунтування параметрів процесу виробництва і відновлення розроблених дискових копачів

бурякозбиральних машин : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, Харків, 2008. 20 с.

31. Бірюков Д. С. Аналіз та оптимізація надійності складних систем з багатьма станами : автореф. дис... канд. техн. наук: 01.05.04. Київ. нац. ун-т імені Тараса Шевченка. Київ, 2009. 20 с.

32. Беднар Є. Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи утримування: Дис... канд. техн. наук 05.22.07 рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Харків, 2004. 161 с.

33. Бойко А. І. Тенденції розвитку вітчизняного сільгоспмашинобудування і проблем забезпечення надійності машин. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. НАУ, 2004. Вип. 73. Ч. 2. С. 181–183.

34. Бойко Ю. Ф. Исследование и обоснование технологического процесса технического обслуживания трактора сельскохозяйственного назначения (на примере трактора Т-40А). Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.03 эксплуатация и ремонт сельскохозяйственных машины и орудий. Государственный всесоюзный научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка. Москва, 1977. 19 с.

35. Бондаренко В. В. Удосконалення технології технічного обслуговування та діагностування електрообладнання пасажирських вагонів: Дис... канд. техн. наук 05.22.07 рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2002. 194 с.

36. Боузаєнне Меккі бен Салем. Удосконалення урахування впливу регіональних факторів на процес технічного обслуговування авіаційної техніки (на прикладі району Середземного моря): дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Національний авіаційний ун-т. Київ, 2006. 186 с.

37. Броди С. М., Погосян И. А. Вложенные стохастические процессы в теории массового обслуживания. Київ. Наукова думка, 1973. 127 с.

38. Адамчук В. В. Стан наукового забезпечення механізації сільського господарства в Україні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. Вип. 13., кн. 1. С. 21–29.

39. Гуков Я. С. Наукове забезпечення формування державної політики стосовно відтворення та оновлення матеріально-технічної бази агропромислових підприємств. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2008. Вип. 92. С. 13–25.

40. Агеєва І. В. Розвиток системи інженерно-технічного обслуговування. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, 2007. Вип. 54. С. 160–168.

41. Демко О. А. Вплив кваліфікації операторів на ефективність використання машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2009. Вип. 134, ч.2. С. 159–169.

42. Васильєва Н. К. Економіко-математичне моделювання системного інноваційного оновлення аграрного виробництва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук : 08.00.11 Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. Київ. 2007. 36 с.

43. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Мелітополь, 2012. 39 с.

44. Волк М. О. Методи та засоби розподіленого імітаційного моделювання електронних систем: дис... канд. техн. наук 01.05.02 Математичне моделювання та обчислювальні методи. Харківський державний технічний університет радіоелектроніки. Харків, 1999. 189 с.

45. Волох О. П. Методика обґрунтування раціональних значень параметрів технічного обслуговування машин інженерного озброєння при їх використанні за призначенням: Дис... канд. техн. наук: 20.02.14 Озброєння і військова техніка. Військовий інженерний інститут Подільського державного аграрно-технічного університету. Кам'янець-Подільський, 2006. 175 с.

46. Грабко В. В. Методи і пристрої для технічної діагностики та автоматичного керування силовим електрообладнанням: дис... д-р техн. наук: 05.13.05 Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування. Вінницький національний технічний університет. Вінниця, 2004. 384 с.

47. Кузьмінський Р. Д. Системно-функціональні засади синтезу технологічних ліній і дільниць ремонту вузлів та агрегатів мобільної техніки рільництва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Глеваха, 2013. 40 с.

48. Кухтов В. Г. Методи оцінки довговічності конструкцій шасі колісних тракторів: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2006. 329 с.

49. Ларін О. М. Теоретичні основи оцінки працездатності шин легкового автомобіля в експлуатації: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Академія пожежної безпеки України. Львів, 2001. 344 с.

50. Лебода А. В. Розробка організаційної структури забезпечення якості в автосервісі: Дис... канд. техн. наук: 05.13.22. Національний транспортний ун-т. Київ. 2004. 162 с.

51. Ложковський А. Г. Аналіз і синтез систем розподілу інформації в умовах мультисервісного трафіка : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.02. Одес. нац. акад. зв'язку імені О.С. Попова. Одеса. 2010. 36 с.

52. Луханін М. І. Моделювання залізничних транспортних коридорів на базі поширених мереж Петрі: Дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Українська держ. академія залізничного транспорту. Харків. 2003. 163 с.

53. Мамонова Г. В. Багатоканальні системи обслуговування у схемі усереднення та дифузійної апроксимації : автореф. дис... канд. фіз.-мат. наук: 01.05.04. Київ. нац. ун-т імені Тараса Шевченка. Київ. 2007. 18 с.

54. Мартиненко В. Я. Механіко-технологічні основи підвищення ефективності робочих органів гичкозбиральних машин: Дис... д-ра техн. наук: 05.05.11. ВАТ "Тернопільський комбайновий завод". Тернопіль. 2000. 374 с.

55. Мартинишин Я. М. Організація ремонтно-технічного обслуговування в аграрних підприємствах України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук : 08.00.04 Економіка та управління підприємствами. Миколаїв, 2009. 37 с.

56. Мигаль В. Д. Вібраційні методи оцінки якості тракторів на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2003. 513 с.

57. Молодик М. В. Основні напрями досліджень з підвищення надійності сільськогосподарської техніки при експлуатації, відновленні і ремонті. Вісник аграрної науки. 2010. № 5. С. 110–113.

58. Молодик М. В. Оцінювання надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2008. Вип. 92. С. 381–389.

59. Молодик М. В. Теоретичні передумови оцінки впливу технічного обслуговування і ремонту на надійність машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2010. Вип. 144, ч. 1. С. 75–80.

60. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві: монографія. Кіровоград: Код, 2009. 180 с.

61. Молодик М. В. Оцінка надійності електрообладнання зернозбиральних комбайнів. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2010. Вип. 94. С. 419–425.

62. Морозов В. І. Вивчення якості роботи кормозбиральних машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Економічні науки. Харків: ХНТУСГ, 2017. Вип. 65. С. 166–171.

63. Норкін В. І. Стохастичні методи розв'язання задач неопуклого стохастичного програмування та їх застосування: Дис... докт. фіз.-мат. наук 01.05.01 Теоретичні основи інформатики та кібернетики. Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова. Київ. 1998. 250 с.

64. Парацій В. А. Стохастичне прогнозування довговічності металоконструкцій причіпних обприскувачів: Дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. Тернопіль. 2000. 122 с.

65. Пастушенко С. І. Розвиток наукових основ розробки сільськогосподарської техніки підвищеної енергоефективності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2004. 32 с.

66. Підгурський М. І. Методи прогнозування ресурсу несучих і функціональних систем бурякозбиральних комбайнів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, Тернопіль, 2007. 36 с.

67. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Державної цільової програми реалізації політики в агропромисловому комплексі на період до 2020 року" №785 від 30.05.2007р.

68. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 року № 1158 «Про затвердження Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року».

69. Пустовіт С. В. Підвищення ефективності роботи зернозбирального комбайна : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. С. В. Пустовіт. Вінниця, 2013. 19 с.

70. Пустовойтенко С. В. Забезпечення якості послуг в автосервісі на основі оптимізації виробничих процесів: Дис... канд. техн. наук: 05.13.22. Національний транспортний ун-т. Київ. 2002. 178 с.

71. Рибак Т. Прогнозування ресурсу роботи мобільних сільськогосподарських машин. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке, 2004. Вип. 7. С. 149-161.

72. Розора Д. В. Моделювання випадкових процесів та полів із даною точністю та надійністю: Дис... канд. фіз.-мат. наук 01.01.05 теорія ймовірностей і математична статистика. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ. 2005. 126 с.

73. Савченко В. Б. Забезпечення надійності сільськогосподарських машин і технологічних комплексів: дис. ... канд. техн. наук. 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харківський державний технічний університет сільського господарства. Харків. 2001. 156 с.

74. Ткаліч О. П. Методика визначення оптимального періоду проведення технічного обслуговування повітряних суден вітчизняного виробництва. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Національний авіаційний університет. Київ, 2007. 130 с.

75. Яцковський В. І. Удосконалення віброакустичного методу діагностування паливної апаратури автотракторних дизелів: Дис... канд. техн. наук. 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Вінницький державний аграрний університет. Вінниця, 2006. 160 с.

76. Роговський І. Л. Обґрунтування періодичності профілактичних регулювань або заміни деталей при технічному обслуговуванні сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2003. Вип. 20. С. 346–352.

77. Роговський І. Л. Обґрунтування періодичності проведення профілактичних заходів технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2003. Вип. 21. С. 366–373.

78. Роговський І. Л. Аналітичні дослідження обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград. 2003. Вип. 33. С. 209–215.

79. Роговський І. Л. Удосконалення технології технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2003. Вип. 16. С. 123–127.

80. Роговський І. Л. Аналіз форм процесу технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Механізація виробничих процесів рибного господарства, промислових і аграрних підприємств. Керч. 2004. Вип. 5. С. 278–285.

81. Роговський І. Л. Фактична періодичність проведення технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2004. Вип. 23. С. 338–342.

82. Роговський І. Л. Методичне обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія: агроінженерні дослідження. Дубляни. 2004. Вип. 8. С. 149–157.

83. Роговський І. Л. Показники технічного стану зернозбиральних комбайнів і послідовність їх визначення при технічному обслуговуванні. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2004. Вип. 73. С. 192–197.

84. Роговський І. Л. Аналітичне визначення факторів впливу на коефіцієнт готовності сільськогосподарських машин в системі їх технічного обслуговування. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград. Вип. 35. С. 224–228.

85. Роговський І. Л. Відмови зернозбиральних комбайнів в умовах рядової експлуатації та їх класифікація. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2005. Вип. 80. С. 200–206.

86. Роговський І. Л. Пристосованість до технічного обслуговування кормозбирального комбайна. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2006. Вип. 36. С. 39–44.

87. Роговський І. Л. Безвідмовність складальних одиниць сільськогосподарських машин при поступових відмовах. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2006. Вип. 37. С. 67–71.

88. Роговський І. Л. Сезонні показники експлуатаційної безвідмовності і ремонтпридатності зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2006. Вип. 101. С. 199–203.

89. Роговський І. Л. Методологічність технічного обслуговування при зберіганні сільськогосподарських машин. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2006. Вип. 41. С. 112–118.

90. Роговський І. Л. Оцінювання пристосованості до технічного обслуговування зернозбирального комбайна. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2006. Вип. 9. Кн. 2. С. 236–241.

91. Роговський І. Л. Оцінка безвідмовності газорозподільного механізму зернозбирального комбайна "Славутич" і періодичність його регулювання при технічному обслуговуванні. Механізація і електрифікація сільського господарства. Глеваха. 2006. Вип. 90. С. 135–142.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України