

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення ефективності технологічного процесу миття деталей автомобіля з дослідженням гідродинамічного навігаційного струменя

Виконав: студент 6 курсу, групи МАмз-61  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Мех В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Гевко І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Левкович М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«10» листопада 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Меху Владиславу Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу миття деталей автомобіля з дослідженням гідродинамічного навігаційного струменя

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 10 » листопада 2023 року № 4/7–1038

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Характеристика технологічного процесу миття деталей автомобіля

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально–технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково–дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Способи механічного очищення – 1А1.

Огляд засобів для очистки водяних технологічних відходів – 2А1.

Схема фільтрування – 1А1.

Установка для миття автомобіля знизу – 1А1.

Мобільна промивна система – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 10.11.2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально–технічний розділ	15.11.2023	
2	Технологічний розділ	22.11.2023	
3	Конструкторський розділ	28.11.2023	
4	Науково–дослідний розділ	06.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	20.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мех В.А.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Гевко І.Б.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Вдосконалення технологічного процесу миття деталей автомобіля з дослідженням гідродинамічного навігаційного струменя».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Гевко І.Б.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 62 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 2 сторінок додатків.

Ключові слова: ефективність, очищення, тиск, потік рідини, тривалість миття.

## ЗМІСТ

<b>Вступ.....</b>	<b>6</b>
<b>1 ЗАГАЛЬНО–ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>7</b>
1.1 Типи забруднень на поверхнях компонентів, механізмів та елементів автомобілів.....	7
1.2 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	14
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>15</b>
2.1 Технологічний процес промивання та чищення поверхів елементів під час відновлення транспортних одиниць.....	15
2.2 Використання пристроїв для миття під великим натиском.....	18
2.3 Конструктивні особливості гідродинамічних насадок.....	23
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>27</b>
3.1 Огляд засобів для очистки водяних технологічних відходів.....	27
3.2 Машини для робочих зона миття автомобільних компонентів.....	39
<b>4 НАУКОВО–ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>42</b>
4.1 Основний план пристрою який досліджується.....	42
4.2 Детальний аналіз руху частинок обертових потоків.....	44
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>51</b>
5.1 Повітряне середовище та його роль у створенні сприятливих умов праці.	51
5.2 Вентиляція приміщення.....	53
5.3 Класифікація надзвичайних ситуацій природного походження.....	56
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>59</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>60</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

У сучасному світі автомобілізації та інновацій технологічні процеси стають ключовими для забезпечення ефективної експлуатації та тривалого терміну служби автомобіля. Однією з найважливіших операцій підтримки автомобіля в ідеальному стані є миття його деталей. Тим не менш, стандартні методи миття можуть не завжди забезпечувати оптимальне очищення, особливо в складних і вузьких місцях. У зв'язку з цим виникає потреба вдосконалення та модернізації технологічних процесів миття.

Гідравлічний удар рідини може виявитися ключовим інструментом у цьому процесі, дозволяючи збільшити ефективність очищення та скорочення часу миття. Цей метод використовує особливості руху рідини під високим тиском для створення потужного потоку, який здатний виводити бруд з найбільш віддалених і труднодоступних місць.

Ця робота присвячена дослідженню можливостей вдосконалення технологічного процесу миття деталей автомобіля, зокрема за допомогою пристроїв для гідравлічного удару рідини. Ми розглянемо основні принципи роботи таких пристроїв, їх переваги та обмеження, а також потенцій для використання в автомобільній промисловості.

## 1 ЗАГАЛЬНО–ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Типи забруднень на поверхнях компонентів, механізмів та елементів автомобілів

Забруднення поверхонь вузлів, агрегатів і деталей автомобілів можуть бути дуже різноманітними і залежати від умов експлуатації та догляду за автомобілем. Ось деякі з основних видів забруднень:

Бруд та пил. Це найбільш поширене забруднення, особливо на автомобілях, які експлуатуються в сільській місцевості або на неасфальтованих дорогах.

Пісок та гравій. Частинки можуть залишатися на поверхні після руху по гравійних дорогах.

Сіль і реагенти. В зимовий період на дорогах часто використовують сіль та хімічні реагенти для боротьби з ожеледдю, які можуть осідати на деталях автомобіля, спричиняючи корозію.

Масла та змащувальні речовини. Витоки можуть забруднювати нижню частину автомобіля, особливо в районі двигуна та трансмісії.

Відкладення від вихлопних газів. Особливо актуально для старих автомобілів або тих, у яких несправний вихлоп.

Смола, пташиний послід, деревний сік. Зазвичай осідають на кузові автомобіля, якщо він паркується під деревами.

Хімічні реагенти. Це можуть бути залишки від мийки автомобіля, особливо якщо використовувались жорсткі мийні засоби.

Водяні плями. Можуть залишатися після дощу або мийки, особливо якщо автомобіль не просушувався належним чином.

Відкладення від гальмівної пилюки. Це чорний пил, який осідає на дисках і колесах автомобіля від зносу гальмівних колодок.

Корозія. Хоча це не є забрудненням у традиційному розумінні, корозія може бути результатом постійного контакту з забруднюючими речовинами.

Для кожного типу забруднення існують спеціальні чистячі засоби та методи очищення. Регулярний догляд та чистка автомобіля допомагають

зберегти його в ідеальному стані та продовжити термін його служби.

Відносно взаємодії, частки пилу та різних незгоджень можуть формувати три типи взаємодій (див. рис. 1.1).

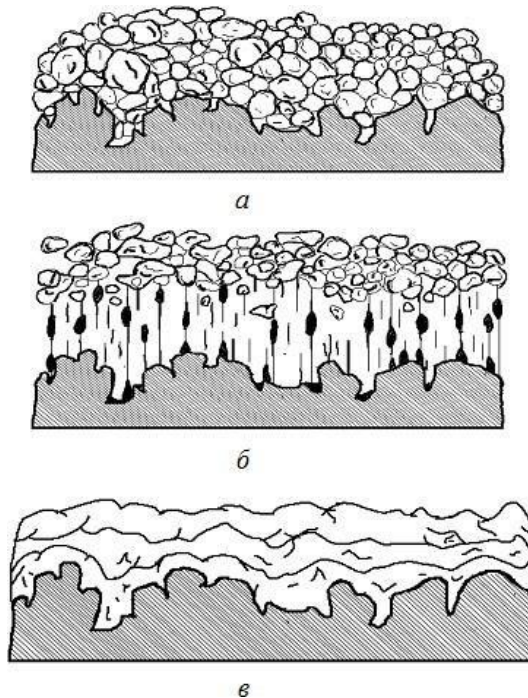


Рис. 1.1. Взаємозв'язок між чистою поверхнею та домішками: а – пристаюче через адгезію; б – прикріплене на зовнішній області; в – глибоко анкероване.

Під час використання машини пил та інші дрібні частки можуть потрапити до внутрішніх камер установок, де, комбінуючись з маслом, забруднюють його, що призводить до прискореного стирання деталей, які стикаються. Наприклад, існує безпосередній зв'язок між кількістю пилу в потраченому двигуном повітрі та зносом компонентів групи циліндрів та поршнів. Досвід використання транспортних засобів демонструє, що забруднений воздухоочишувач може призвести до зменшення стиснення та відмови двигуна через несподіваний знос компонентів групи циліндрів та поршнів. Схожі наслідки можуть виникнути через забруднення, яке залишається в картері двигуна під час обслуговування або ремонту, заміни масла без очищення мастильної системи, оскільки рештки можуть забруднити нове масло миттєво.

Потрібно, щоб повітря, яке потрапляє для створення горючої суміші, було чистим від небажаних частинок. У цьому допомагає пристрій для фільтрації повітря. Проте повне вилучення всіх домішок із повітря в реальних умовах є складним завданням. Ці частки, змішуючись із відпрацьованими газами в



циліндри, можуть потрапити в основний блок двигуна через міждетальні проміжки і тим самим забруднювати мастильну рідину.

Домішки у паливній системі можуть стати великою проблемою. Зазвичай основним чинником збоїв в паливній системі автомобілів є наявність часток пилу в горючій рідині.

Ефективне функціонування паливоподаваючих насосів та інжекторів відбувається лише за умови, що розміри частинок забруднень у дизельному горючому не перевищують відстаней у точних з'єднаннях.

Типові очисні пристрої можуть зупиняти частки розміром більше 0,001...0,002 мм у поперечнику. Дрібніші частки, які знаходяться у дизельному горючому, можуть суттєво підвищити швидкість зношування високоточних компонентів. Для видалення таких часток із дизельного горючого, рекомендується відстій протягом 48...96 годин.

До факторів зовнішнього середовища можна зарахувати відносний рівень вологості повітря, який флюктує через різноманітні причини. Індекс температури атмосфери коливається впродовж дня та рік в рік. Відзначено, що спад температури атмосфери на 2...5 °C зводить до зменшення критичної відносної вологості (64%) на 14–16%.

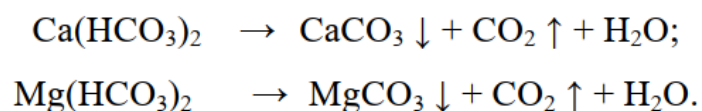
Водяна рідина, яку застосовують для охолодження у двигунах із внутрішнім згорянням, має такі мінуси:

спонукає до утворення відкладень на внутрішніх поверхнях охолоджувальної системи;

посилює корозійні процеси в металевих частинах.

Це зумовлено наявністю у ній розчинених солей магнію ( $MgCO_3$ ) та кальцію ( $CaCO_3$ ).

Під час підігріву води, солі магнію та кальцію розщеплюються із вивільненням вуглекислого газу, формуючи твердий відклад карбонатів магнію та кальцію:



Ці відклади комбінуються з механічними додатками, формуючи відкладення на внутрішньому боці системи охолодження. Типові місця для

утворення цих відкладень та накопичення шламу у системі охолодження ДВЗ зображені на рис. 1.2.

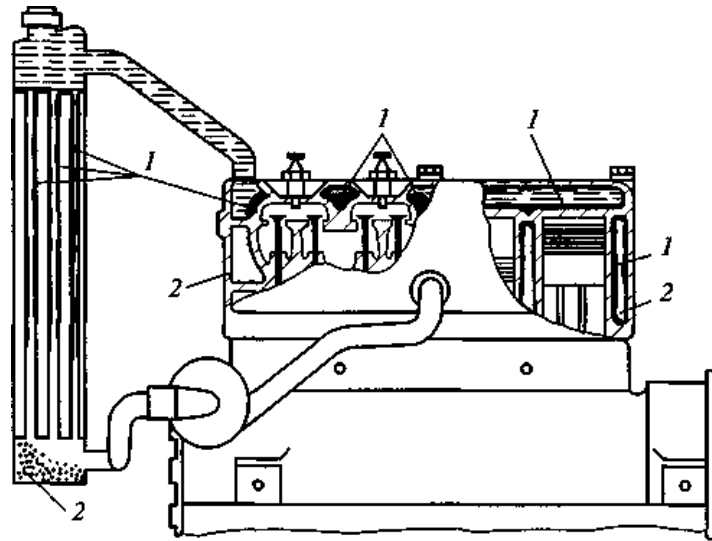


Рис. 1.2. Типові позиції накопичення вапнякових осадів та грязевих відкладів у системі охолодження автівок: 1 – вапнякові відклади; 2 – бруд.

Через накопичення відкладень у системі охолодження мотор стає занадто гарячим, що впливає на стабільний процес горіння робочого газу, погіршення умов змащування та насиченість циліндрів атмосферою. Коли температура води стає занадто високою, її рух у системі охолодження призупиняється.

Під час використання часто зосереджуються на тому, що вода в системі охолодження починає кипіти і її рух зупиняється через парові затори. Однак, найчастіше це веде до того, що мотор стає гарячим, що знижує його продуктивність та ефективність. Високі температурні зміни можуть викликати появу тріщин на верхній частині корпусу мотора.

Утворення вапнякових осадів стрімко взаємодіє з корозійними реакціями, тому на внутрішніх поверхнях системи охолодження переважно осідають результати корозії.

У процесі використання автомобільні каркаси зазнають впливу руйнівних чинників доріг, де ключовими елементами є іони хлориду  $Cl$ , амонію  $NH_4$ , сульфідів  $SO_4$  та нітрідів  $NO_3$ .

До зовнішніх небажаних частинок відносять старі верхні покриття. Вони виступають як головний метод оберігання поверхні від розрушення, від ворожого впливу атмосфери та надають естетичний вигляд виробу (рис. 1.3).

Під час використання техніки поверхонь верхніх покриттів засмічуються

шкідливими дорожніми частинками, відбувається старіння та знищення захисного шару, оскільки вони мають мілкі та грубі пори, які формуються під час випарювання розчинників під час сушінки. Таким чином, верхні покриття мають показник здатності до поглинання вологи. Завдяки цим порам волога та гази, розчинені у ній, долають шлях до основи та викликають окислювальні процеси на металі (Рис. 1.4).

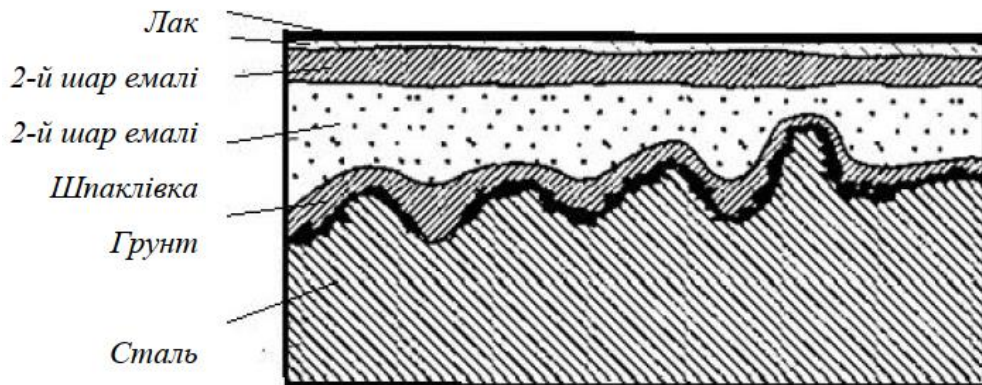
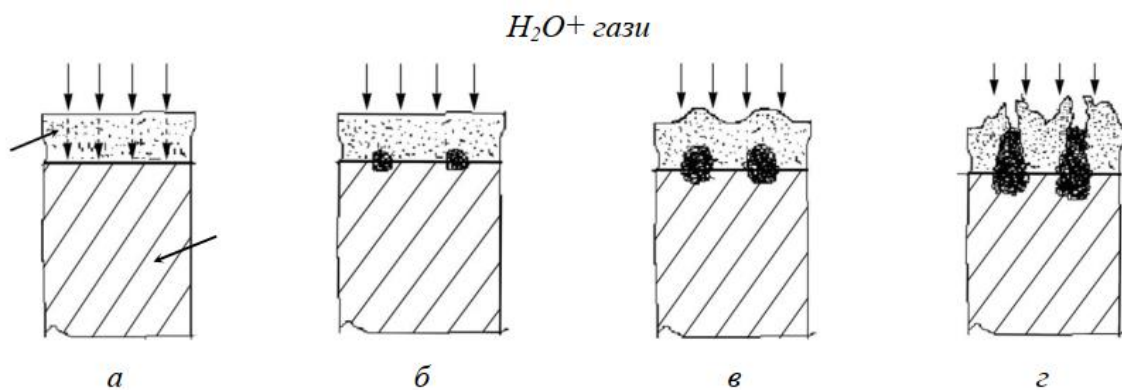


Рис. 1.3. Принцип використання захисно–орнаментального верхнього шару на сталевій основі.



1.4. Етапи розвитку корозії під верхнім шаром ЛФП: а – проникнення води та газів до основи; б – утворення вогнищ корозії на основі; в – активне розширення корозійних продуктів; г – пошкодження покриття ЛФП через дію корозійних агентів.

При використанні і зберіганні обладнання його може атакувати шкідливе оточення, призводячи до корозії, зокрема на непокритих ділянках. Внаслідок цього утворюється ржавчина – бугриста вологолюбна матерія відтінків від бурштинового до золотистого, яка не захищає основний матеріал.

Процеси руйнування можуть проникати всередину або поширюватися по поверхні. Це обумовлено умовами середовища, в якому вони відбуваються.

Наприклад, локальне руйнування, незважаючи на малу область, глибоко проникає в матеріал, знижуючи його витривалість. На рис. 1.5 наведено види руйнувань обладнання. Процеси руйнування відбуваються на усіх металічних ділянках.



Рис. 1.5. Типологія корозійних процесів у транспортних засобах та обладнанні для введення добрив.

Окрім зменшення терміну служби обладнання, руйнування металу призводить до значних втрат ресурсу. Це безпосередній ушкодження від руйнування обладнання, але ще більш значущим є тимчасова зупинка машин на відновлення через непрацездатність компонентів або систем внаслідок руйнування. Часом такі процеси можуть зменшити ефективний термін використання частин або взагалі вивести їх із стану працездатності.

На покритих коліром поверхонь процес руйнування деталей розпочинається з пухлин, після чого з'являється облущення покриття чи лаку.

Зазвичай на таких ділянках можна побачити поверхневі углиблення, які містять речовини, що виникають в результаті корозійних реакцій.

До іншого типу забруднюючих речовин належать експлуатаційні:

покриття з вуглецевих речовин у камерах двигуна;

осад на внутрішніх сторонах коробок передач, приводних механізмів, мостів та ін.;

залишки палива, грязі та олії на зовнішній поверхні деталей;

засмічення на поверхнях частин системи охолодження;

сажа;

осади у воздухосбірниках пневмосистем, у резервуарах для палива та інше.

Засмічення розподіляють згідно таким критеріям:

за особливостями процесів, що відзначаються при їх виникненні;

за хімічною структурою.

Згідно першого критерію, засмічення розбиваються на:

засмічення, осади яких на частинах не призводять до хімічних змін у них (олія, пилюка, конденсат);

засмічення, при осіданні яких відзначаються хімічні зміни (сажа, лакові осади, результати корозії та фарбовані речовини).

Загальний підхід до класифікації забруднень устаткування за їхніми фізико–механічними характеристиками представлено у (рис. 1.6).

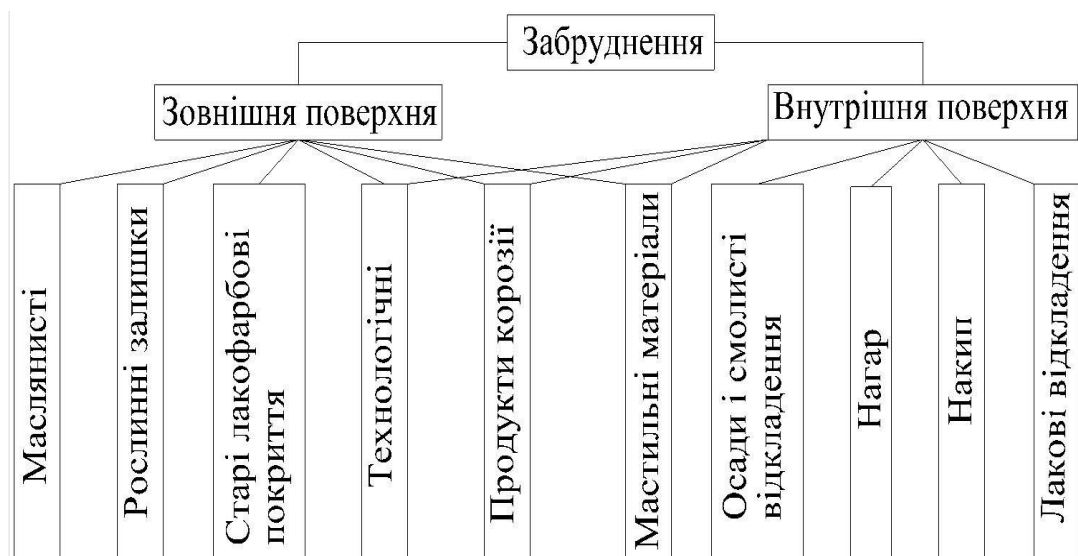


Рис.. 1.6. Розподіл забруднень на поверхнях блоків устаткування.

## 1.2 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу

Процес миття деталей автомобіля є важливим етапом у технічному обслуговуванні транспортного засобу. На якість миття впливають різноманітні фактори, зокрема техніка промивання, властивості мийного розчину та характер забруднень.

Пристрій гідравлічного удару рідини демонструє великий потенціал для підвищення ефективності процесу миття. Гідравлічний удар може створювати інтенсивні потоки рідини, які сприяють відділенню навіть стійких забруднень.

Необхідно провести детальне дослідження пристрою гідравлічного удару, щоб встановити оптимальні параметри його роботи для різних типів забруднень.

Постановка завдання на магістерську роботу:

Мета дослідження: вивчення та вдосконалення технологічного процесу миття деталей автомобіля за допомогою пристрою гідравлічного удару рідини.

Основні завдання:

Вивчення сучасних методів миття деталей автомобіля та їх ефективності.

Аналіз конструкції та принципу роботи пристрою гідравлічного удару.

Експериментальні дослідження впливу гідравлічного удару на процес миття різних типів забруднень.

Розробка рекомендацій щодо оптимізації технологічного процесу миття за допомогою гідравлічного удару.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний процес промивання та чищення поверхів елементів під час відновлення транспортних одиниць

Регулярне очищення автомобілів дає змогу:

обмежити ризик утворення джерел корозії, так як забруднені ділянки створюють мікротріщини, які слугують як осередки псування захисних та декоративних шарів, а також місцем для електрохімічної (щілинної) корозії;

зберегти та продовжити термін служби поверхневих покриттів;

вдосконалити робочі умови для співробітників;

поліпшити доступність до компонентів та деталей авто, а також спростити зовнішній огляд;

надати автомобілю презентабельний вигляд;

покращити якість обслуговування та відновлення автомобілів.

Все згадане підкреслює потребу в автоматизації процесів прання та чистки автомобілів.

На рис. 2.1. показана організаційна діаграма технічного процесу відновлення компонентів обладнання. Етап чистки передбачає:

відділення незадовільностей за допомогою ручного та автоматичного приладу (лезами, щітинами та очищенням у кругових установках та вібраційних ємностях);

видалення незадовільностей за допомогою направленої струмені.

Струменевий очисник використовує значну кількість води: наприклад, очищення вантажівки потребує 600...1200 л, автомобіля – 80...100 л при водяному тиску 1,5 МПа. Щоб зберегти воду та забезпечити вищий рівень чистки, використовуються конкретні детергенти.

Плюси методу очищення струменем:

універсальність для чистки різних типів техніки;

відносна простота використання;

великий вибір режимів чистки;

збереження захисного покриття під час процесу.

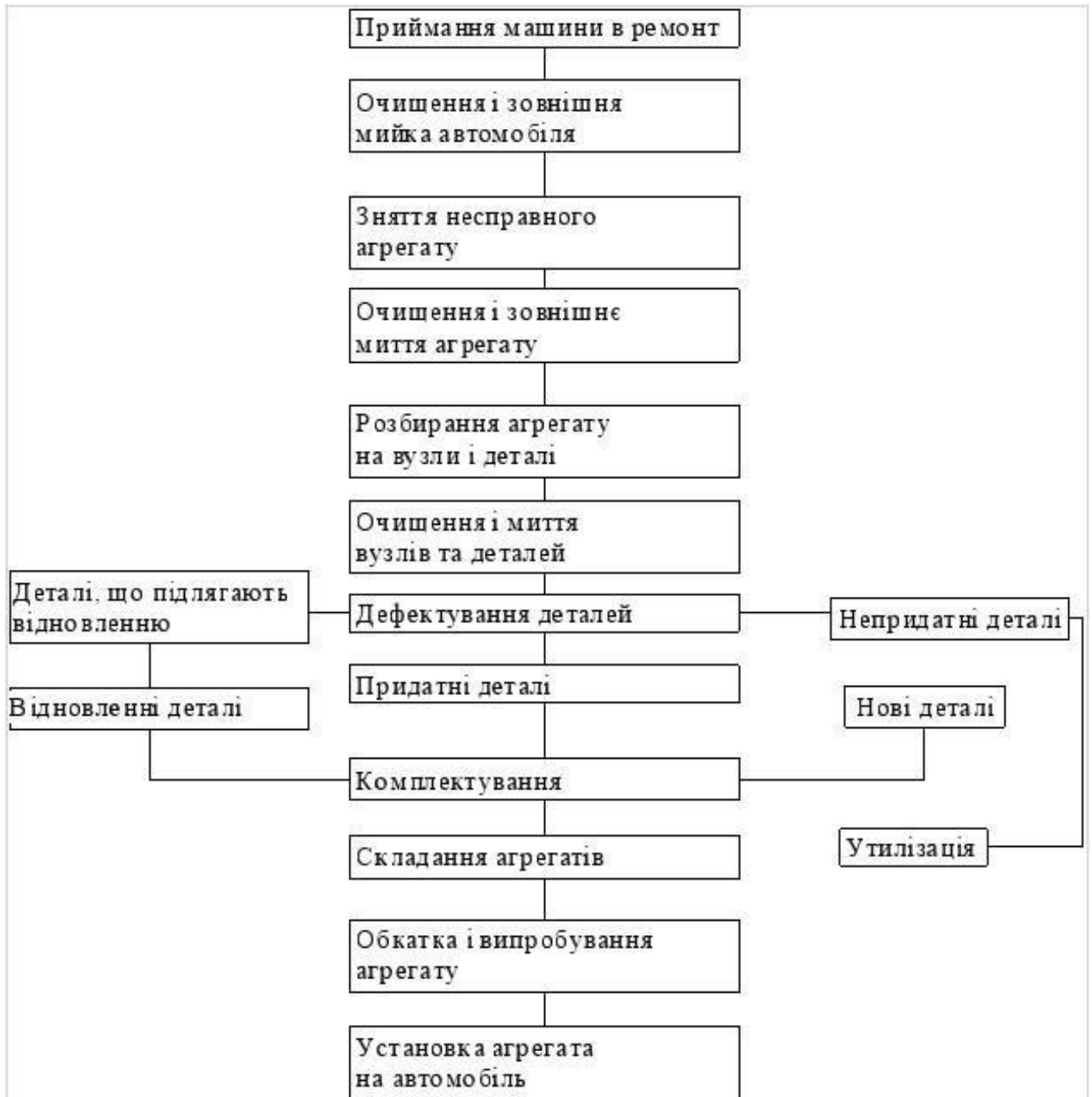


Рис. 2.1. Організаційна діаграма техніки відновлення транспортних засобів.

Основні характеристики, що визначають струменеве очищення, включають температуру очисного рідкого середовища, його споживання; динамічний натиск потоку; тип очисних препаратів.

Підвищуючи температуру рідини, знижуються адгезійно–когезійні взаємодії між забрудненням та поверхнею автомобіля. Вибір температурного режиму залежить від типу незапланованих домішок, матеріалу, з якого зроблена поверхня, а також від потреб у якості процесу очищення.

Динамічний тиск водяної струмені відіграє ключову роль у його здатності до миття. Цей параметр формується на основі конфігурації струменя, обсягу



використовуваної миючої рідини, тиску насоса та віддаленості до поверхні автомобіля, що очищається.

Чим вищий обсяг використаної миючої рідини, тим більша енергія її удару. Оскільки вода є важливим природним ресурсом, краще збільшувати ефективність удару не завдяки збільшенню її споживання, але шляхом зростання тиску в її виходу з дюзи, оскільки це підсилює ударний ефект струменя.

Ефективність удару струменя підсилюється при скороченні відстані до об'єкта, який очищується. При підвищенні тиску у дюзі, робота насоса стає більш продуктивною. Максимальне споживання води відбувається під час застосування розпилювача. За тиску у 140–150 Па споживання води доходить до 16 л/хв, що на 14–28% більше порівняно з використанням турбінних дюз.

Тверда основа забруднень та заплутані форми поверхонь диктують потребу у застосуванні очисників. Методика струминного очищення потребує значних об'ємів рідини для миття, що вважається її головною слабкістю.

Для очищення компонентів, блоків та частин перед відновленням застосовуються різноманітні методи рис. 2.2.

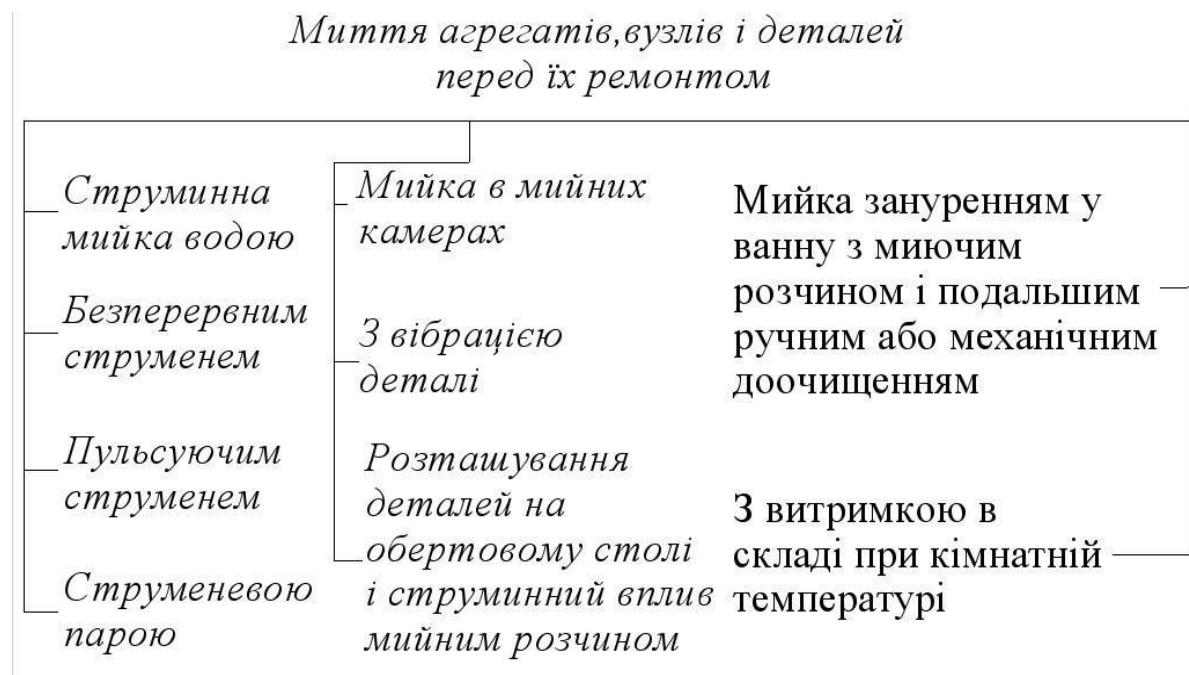


Рис. 2.2. Типологія очищення забруднених областей компонентів та частин під час відновлення обладнання.

## 2.2 Використання пристроїв для миття під великим натиском

При методі миття водяним струменем енергія гідроудару використовується як основний механізм для видалення забруднень. Схема взаємодії водяного потоку з брудною поверхнею зображена на рис. 2.3.

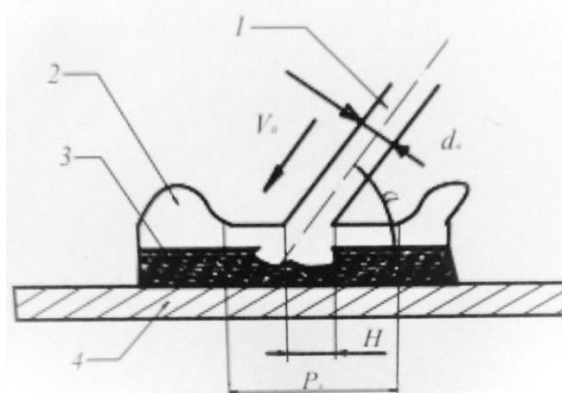


Рис. 2.3. Діаграма взаємодії потоку з забрудненою площиною:

1 – рух рідини; 2 – гідроудар потоку; 3 – накладення; 4 – площина, яка миється;  $V_0$  – темп руху потоку;  $\alpha$  – кут нахилу потоку;  $P$  – вплив потоку на забруднену площину;  $N$  і  $T$  – вертикальні та горизонтальні елементи впливу потоку на забруднену площину;  $d_H$  – ширина потоку.

Використання водяного потоку для виведення слабкоз'єднаних та помірних забруднень забезпечує високий рівень чистоти. Основа методів миття водяним струменем полягає в застосуванні енергії гідроудару, розрахунок якої проводиться за допомогою наступної формули:

$$P = m_v v_0 (1 - \cos \alpha) = \rho w_0 v_0^2 (1 - \cos \alpha) \quad (2.1)$$

Темп виходу рідини з насадки становить:

$$v_0 = \varphi \sqrt{2gH} \quad (2.2)$$

Обсяг води  $Q$ , що проходить крізь насадку:

$$Q = \frac{\pi d^2 v_0}{4000} \quad (2.3)$$

Звужуючи діаметр насадки та збільшуючи тиск, можна досягти високої швидкості виходу рідини та збільшити механічний ефект (удар).

Використання технік з водяними струменями для усунення помірно– та добре пристосованих забруднень є обмеженим через істотне підвищення тиску миючого агента, що призводить до збільшення витрат електрики.

Щоб обійти цю проблему, було запропоновано метод гідродинамічної кавітаційної обробки. Його основа – ерозійна дія кавітаційних пузирців, створених у специфічному насадку, які збільшують руйнівний ефект водного струменя на предметі, що миється. Процедури кавітаційної обробки вважаються майбутніми, адже вони забезпечують збільшену механічну активність завдяки додатковій енергії та якісне миття за мінімізованими витратами.

Але кавітаційний метод миття має обмежену ефективність і збільшену важкість у керуванні процедурами кавітації, що істотно скорочує сфери його використання.

Дослідження доступних методів миття вказує на те, що найбільш обіцяючим способом видалення забруднень з технічних поверхонь є метод водяного струмину. Підвищити ефективність таких систем можливо не тільки з допомогою збільшення потужності електромотора і збільшення температури митної рідини, але й використовуючи екстра енергію водяного потоку. Для цього потрібне створення специфічних насадок.

Відомий дизайн митних апаратів, які можуть здійснювати очистку техніки за допомогою кавітаційної та сублімаційної енергії. Збільшення якості видалення забруднень на поверхнях при користуванні цим обладнанням досягається завдяки підсиленню потужності струмину через насичення його кавітаційними пузирками, що володіють великою ерозійною активністю.

Суттєвим недоліком цього дизайну є обмежена ефективність, адже ділянка дії кавітації не велика. Використовуючи це обладнання, якісне очищення можливе тільки на короткій відстані від кавітаційного елемента. Під час проведення очищувальних робіт важливо стежити за відстанню до оброблюваної поверхні, що ускладнює застосування цього пристрою. Потреба в постійному моніторингу розрахункових даних, відхилення від норм яких ускладнює кавітаційний процес, також негативно впливає на робочі характеристики моделі.

Для досягнення відмінної якості чистки частин двигуна перед відновленням варто користуватися силою потоку з льодовою кавітацією. Цей процес базується на можливості ефективно видаляти забруднення завдяки взаємодії з гранулами льоду з CO<sub>2</sub>, які значно прискорюються при закритті кавітаційних пузирів у рідині. Механічна взаємодія цих льодових частинок з поверхнею призводить до демонтажу забруднення. Коли гранули CO<sub>2</sub> вдаряються об поверхню, відбувається процес сублімації (частка переходу від твердої до газової форми, не стаючи рідиною). У результаті цього виділяється велика кількість енергії, яка руйнує будь-яке забруднення. Після сублімації гранули CO<sub>2</sub> не залишають залишків на деталях та не пошкоджують їх, тоді як вода змиває забруднення.

Експериментальний пристрій для чистки частин двигуна перед відновленням зображено на рис. 2.4.

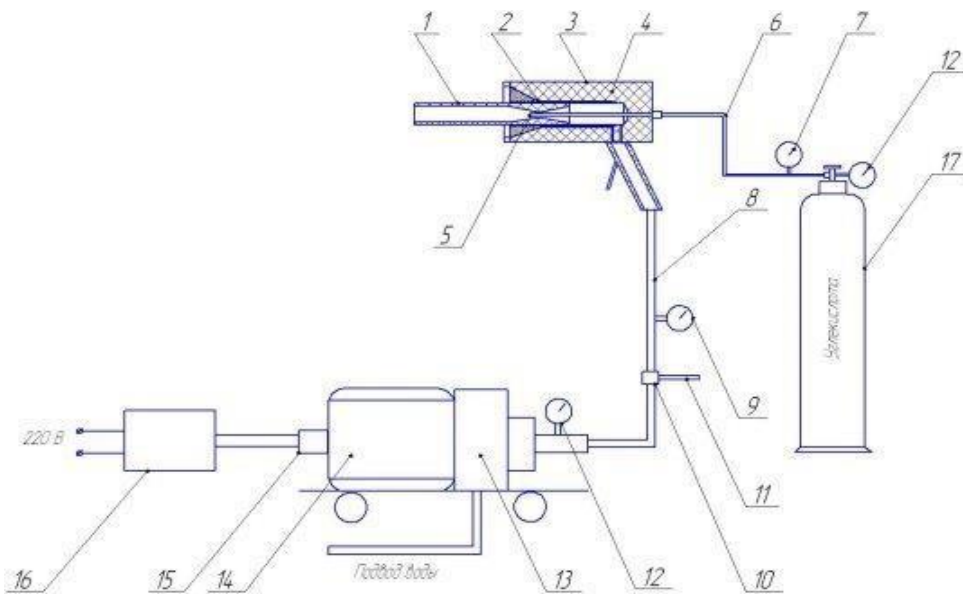


Рис. 2.3. Експериментальний апарат:

1 – адаптер; 2 – сопло для льоду та кавітації; 3 – корпусний блок; 4 – пістолет для льодо-кавітації; 5 – трубопровід подачі CO<sub>2</sub>; 6 – основний канал CO<sub>2</sub>; 7 – вимірювач вуглекислоти; 8 – труба для мийної рідини; 9 – рідкий вимірювач; 10 – обхідний клапан; 11 – додаткова трубопровідна лінія; 12 – прилад для вимірювання тиску; 13 – насос великої потужності; 14 – мотор; 15 – стартовий блок; 16 – електропанель; 17 – циліндр з CO<sub>2</sub>.

Робочий етап протікає наступним чином. Насос забезпечує подачу води до очисного приладу, де формується тиск. При проходженні рідини через

вузьке переходове місце (генератор кавітації) у воді з'являються кавітаційні пазирки. У цей водяний струміль з кавітацією вводять CO<sub>2</sub> (з температурою приблизно –70° С). Внаслідок цього у струмені формуються крижані частки. Ці частки переміщуються в потоці з кавітаційними пазирками, використовуючи енергію їхнього спадання, прискорюються і спрямовуються до поверхні деталі.

Апарат працює в двох варіантах: кавітація та льодяна кавітація.

Кавітація використовується для видалення слабо та помірно з'єднаних накладень, тоді як льодяна кавітація служить для виведення міцно пристосованих накладень.

Аналіз експериментального обладнання показав, що його робочі характеристики кращі в порівнянні з робочими характеристиками загальнозживаних систем. У порівнянні з технологією використання водяного піску та методом гідродинамічного видалення за допомогою струмин високого тиску, споживана електрична енергія та вартість робочого процесу зменшилися.

Проте слід підкреслити, що велика вартість та потреба у попередній обробці вуглекислоти зменшують можливість використання такого типу устаткування.

Передовим методом підвищення якості очищення металічних деталей від незацікавлених частинок є потокова аеро–абразивна техніка машин. В якості шліфувального матеріалу використовується еко–дружній реагент – натрієвий бікарбонат, частки якого розкидуються під тиском повітря та завдяки ударній кінетичній енергії забезпечують видалення забруднень з машин. Контейнер для абразиву розташований у корпусі засобу, а стиснуте повітря надходить зі стороннього ресурсу (рис. 2.5).

Пристрій діє наступним чином. Перед включенням дюза 11 від'єднується, і через вихід оболонки 1 у контейнер 3 додається агент - бікарбонат натрію. Після цього, з використанням різьбового з'єднувача 11, дюза прикріплюється до оболонки 1 (при цьому обсяг камери для мішанки коригується шляхом зміщення дюзи під час її встановлення на оболонку). Обертання регулюючого винта 8 виконується до моменту збігу перфорованих отворів 4 на контейнері з абразивом 3 з перфорованими отворами 5 в протоці для доставки абразивно-повітряного міксу. Із зовнішньої сторони, через з'єднувач 10, повітря під

давленням направляється в протік 9. При нажимі на важіль 14 стиснуте повітря протікає через пропускні отвори 7 в протік для доставки абразивно-повітряного міксу 6, при цьому давлення повітря в протоці 6 коригується в залежності від розміру діаметра пропускних отворів 7. Через перфоровані отвори 4 і абразив 5 з контейнера 3 потрапляє в потік повітря, який керується через протік 6 до камери змішування 2. З камери 2 мікс абразиву та повітря через дюзу 11 вирушає під давленням на об'єкт обробки. Через протік повітря 13, частка повітряного потоку з протоці 9 входить в контейнер 3, де він перемішує абразив, запобігаючи його стисненню, а також створює давлення для постачання абразиву в протік 6.

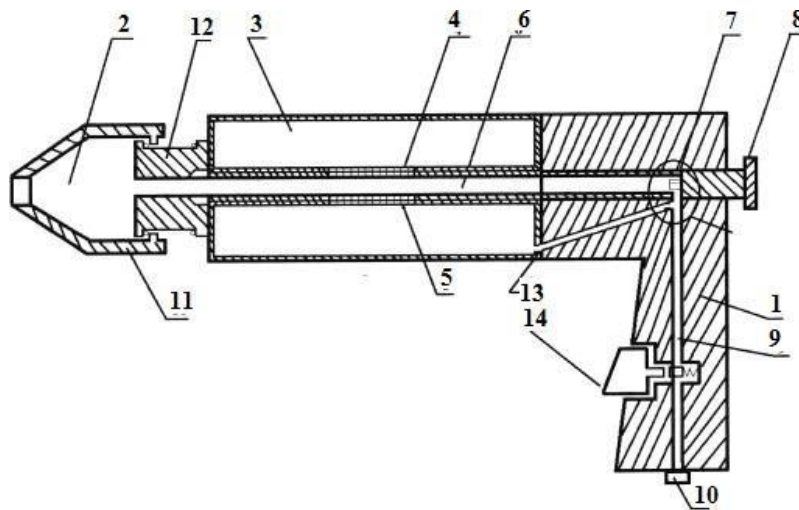


Рис. 2.5. Засіб для аероабразивного видалення забруднень з машин:

1 – оболонка; 2 – база; 3 – контейнер; 4, 5 та 7 – отвірки; 6 – труба для подачі композиції; 8 – регулятор напруги; 9 – пасаж; 10 – з'єднання; 11 – дюза; 12 – кінчик; 13 – трубка для повітря; 14 – спусковий гачок.

Апарат діє у двійковому режимі - для очистки дуже забруднених та слабо забруднених поверхонь. Налаштування поставки шліфувального матеріалу та компримованого газу відбувається наступним чином. У протоці 6 для доставки міксу шліфувального матеріалу та газу існують відкриті отвори 7 з діаметрами 3 та 5 мм.

При обробці дуже забрудненої поверхні, для підсилення потоку міксу газу та абразиву, використовується відкритий отвір з діаметром 5 мм у протоці 6. За допомогою налаштувального елемента 8 сіткові отвори 4, розташовані в ємності для шліфувального матеріалу 3, та сіткові отвори 5 у протоці 6

співпадають, забезпечуючи оптимальний потік абразиву до протоку міксу газу та абразиву 6.

При використанні легкого режиму, призначеного для видалення легких забруднень, обертаючи налаштувальний елемент 8, в протоці 6 встановлюється вентиль з діаметром 3 мм. Це обмежує потік стисненого газу. Водночас, отвори 4 та 5 відкриваються не повністю, знижуючи кількість шліфувального матеріалу, що витікає з ємності 3.

Використання цього обладнання забезпечує відмінну якість виконаної роботи, зі зниженням витрат на енергію та робочу силу.

### 2.3 Конструктивні особливості гідродинамічних насадок

Ефективність очищення за допомогою водяного струменя великою часткою визначається дизайном дюзи та темпом виходу води з неї. Дюзи використовуються для створення високошвидкісного тиску, регулювання об'єму рідини та придання потоку води конкретної форми. Їх виробляють з металевих сплавів або капролону, і різноманітний дизайн дозволяє створювати різні типи мийчих потоків: розбризкувачі, вентилятороподібні, штикові, прорізні тощо (рис. 2.6).

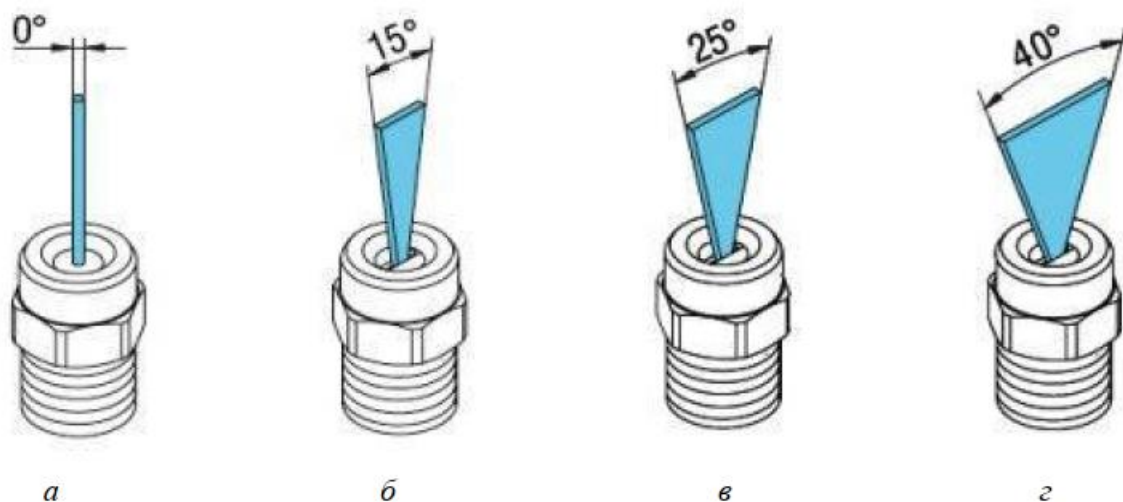


Рис. 2.6. Сопла мийних систем для формування:

а - штикового потоку, б, в, г – вентилятороподібного потоку.

Потік штикової конфігурації володіє сильною мийною спроможністю при обмеженій ефективності на площі, тоді як у вентилятороподібного потоку

ситуація протилежна - велика ефективність на площі, але менший мийний потенціал.

Специфічно, при штиковому потоці на розсташуванні 20 см зберігається 60...80% первинного ударного тиску, у той час як при вентилятороподібному лише до 10% на такому ж розміщенні.

Штикові дюзи створюють гострий, неперервний та концентрований потік, який проходить крізь всю глибину забруднень, відшаровуючи їх від бази, що сприяє очищенню у труднодоступних зонах.

Вентилятороподібні дюзи, що володіють формою подібною до плоского січення, при невеликих кутах формують плаский та гострий потік із сильним ударом. Однак при зростанні кута вони створюють більш розширений потік із знижуючоюся силою удару майже пропорційно (рис. 2.7).

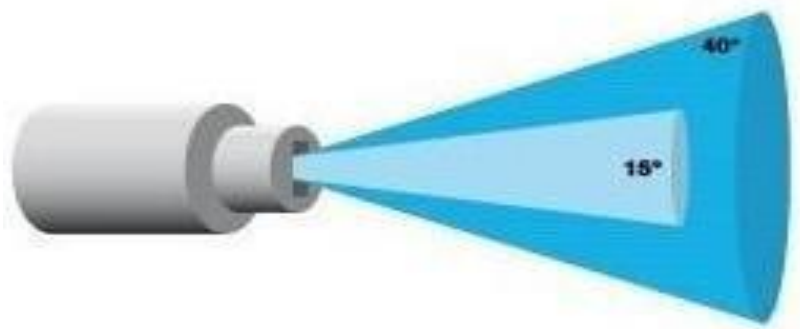


Рис. 2.7. Рівень активності водяного потоку відповідно до кута розкиду.

Головними параметрами, які описують дюзи, є: показник витрат  $\mu$ , показник опору  $\varepsilon$  та динамічний показник  $\varphi$ . Об'єм рідини, який проходить через насадку при стабільному тиску, розраховується за формулою:

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2P}{\rho}} \quad (2.4)$$

Сила потоку води з дюзи:

$$W = \frac{mv^2}{2} \quad (2.5)$$

Темп виходу рідини з дюзи. Це значення становить:

$$v = 4 \frac{2P}{\rho} \quad (2.6)$$

Динамічний показник. Його розрахунок відбувається наступним чином:



$$\varphi = \frac{1}{\alpha + \varepsilon} \quad (2.7)$$

Таким чином, силу потоку можна представити як:

$$W = \frac{mv^2}{2} = \mu \frac{\pi d^2 \rho}{8(\alpha + \varepsilon)^2} = \left(\frac{2P}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (2.8)$$

З формули (2.9) можна дійти висновку, що сила потоку визначається масою рідини та темпом її виходу.

Згідно з принципами гідравліки, із зростанням тиску в дюзі збільшується темп та потужність потоку.

Стабілізація кавітаційних явищ можлива завдяки використанню гідроакустичних дюз, механізм дії яких базується на ефекті створення звуку турбулентними течіями рідини, еластичними об'єктами та рідинами у стані кавітації. До цієї категорії дюз відносяться гідродинамічні випромінювачі, зокрема, акустико-кавітаційна дюза (рис. 2.8).

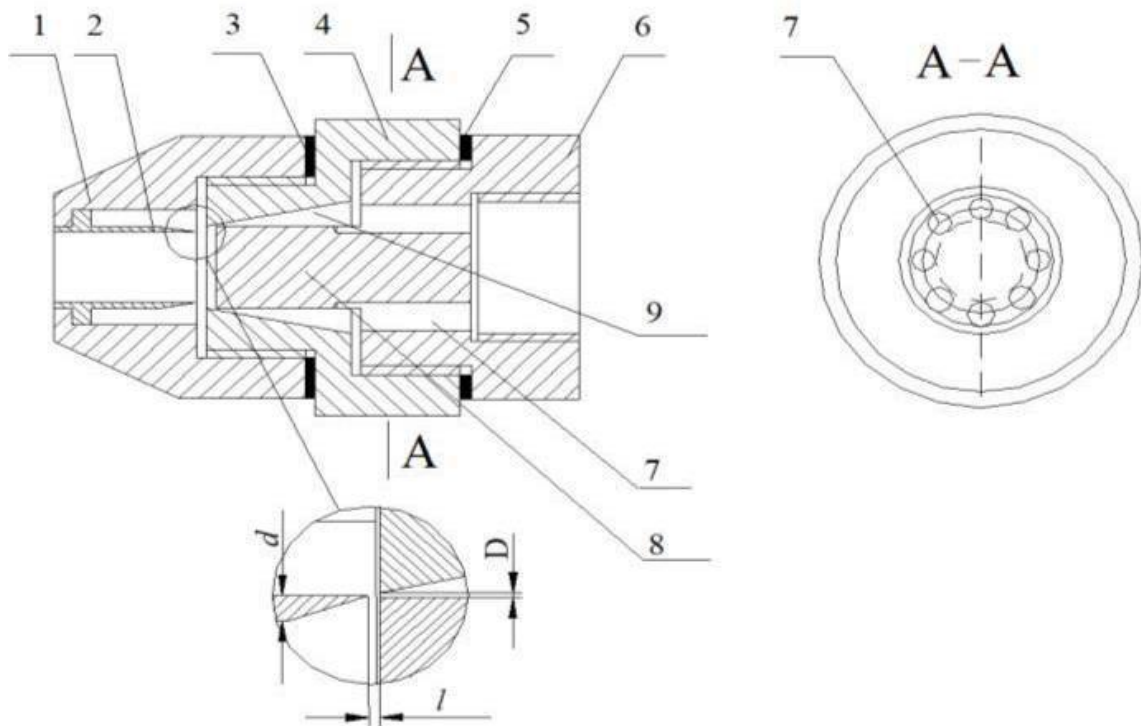


Рис. 2.8. Схема акустико-кавітаційної дюзи:

1 – вхідна частина приладу; 2 – вібраційна втулка; 3 – регулювач відстані між вібраційною втулкою та обертовим проходом; 4 – центральний елемент приладу; 5 – регулювач ширини обертового проходу; 7 – живильний канал; 8 – стержневий елемент.

Основа дії акустико-кавітаційної дюзи ґрунтується на проходженні потоку рідини через кільцевий канал до лопаток резонуючої втулки, ініціюючи їхні коливання. Оскільки усі лопатки створені ідентично, їх коливання відбувається зі схожою частотою. Коли частота коливань лопаток співпадає, виникає резонанс, який значно підвищує їхню амплітуду. Збільшення амплітуди коливань призводить до генерації в потоці рідини міцних ультразвукових хвиль, формуючи ультразвукове середовище. Кавітаційні включення, що формуються в цьому акустичному середовищі, активно вібрують: розширюючись під час депресії ультразвукової хвилі та стискаючись під час збільшення тиску.

Ультразвуковий сигнал, рухаючись у струмені чистильної рідини, очистить площину, відскакуючи від неї і формуючи область підвищеного тиску, де відбувається інтенсивне скорочення кавітаційних пупирків, яке веде до розбиття забруднюючої плівки.

Серед слабких сторін зазначеної структури можна виділити великий тиск рідини, необхідний для взаємодії з елементами резонатора, а також потребу в постійному нагляді за встановленими характеристиками.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Огляд засобів для очистки водяних технологічних відходів

Сучасні об'єкти для миття авто, розроблені за стандартними та унікальними планами, обладнані камерами для додаткової обробки використаних водяних технічних рідин. На рис. 3.1. зображено структуру очисних споруд з механізмом для видалення відкладень та додатковим фільтром. Використані технічні рідини або самостійно, або разом з рідкістю з опадів направляються на очищення. У сепараторі тверді елементи осідають протягом 1–1,5 годин, тоді як нафтові рештки дрейфують до поверхні. Відсід видаляється за допомогою спеціального механізму. Зібрані нафтові рештки переправляються до контейнера та згодом утилізуються. На рис. 3.1. зображено конструкцію очисних об'єктів із пристроєм для збирання нафтових решток. Використання цього пристрою покращує якість збору нафтових залишків і продовжує тривалість експлуатації додаткового фільтра.

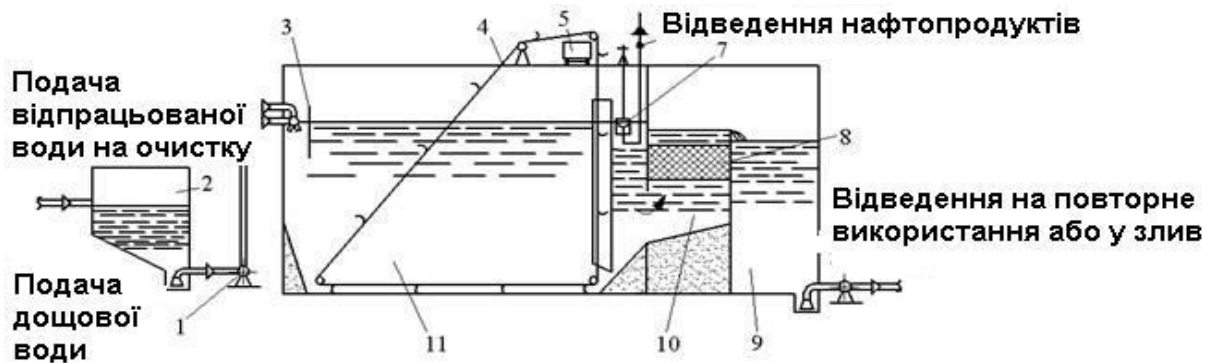


Рис. 3.1. Дизайн очищувальних конструкцій з приладом для вилучення відкладень та апаратом кінцевої обробки.

1 – агрегат для перекачування; 2 – стабілізуючий бак; 3 – розділовий елемент; 4 – пристрій для вилучення відкладень; 5 – ємність для відсідів; 6 – апарат для переміщення нафтових решток; 7 – канал для збору нафти; 8 – очисник; 9 – камера збору води; 10 – секція додаткової обробки; 11 – сепаратор.

Відзначено, що час осідання твердих елементів та вспливу нафтових решток корелює з глибиною водного шару, який проходить процес відділення. Підвищення якості очищення використовуваних рідин досягається

використанням горизонтальних протічних сепараторів із засобами розподілу води (рис. 3.2). Сепаратор 7 має засоби розподілу води, які формуються з низки паралельних ламелей, розміщених під кутом  $55^\circ$  до рівні. Відстань між ламелями – 200 мм. Ці розподільні елементи сприяють формуванню рівномірних потоків, що підсилює процес осідання твердих частинок та впливу нафтових залишків.

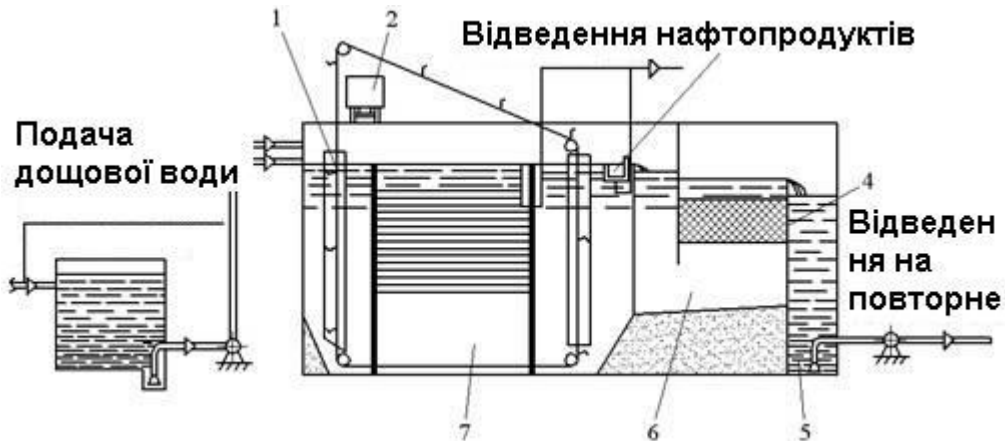


Рис. 3.2. Дизайн очищувальних конструкцій із засобами розподілу води.

1 – пристрій для вилучення відкладень; 2 – ємність для відсідів; 3 – обертова труба для збору нафти; 4 – очисник; 5 – зони забору води; 6 – секція додаткової обробки; 7 – сепаратор; 8 – агрегат для перекачування.

Відкладення з сепаратора видаляється за допомогою пристрою для вилучення відкладень та переноситься до ємності для додаткового стиснення. Для збору нафтових решток використовуються металічні ємності, розташовані у верхньому сегменті засобів розподілу води. Після сепаратора розташована обертова труба для збору нафти, яка використовується, коли ємності потребують ремонту. Після сепаратора розташована секція додаткової обробки використаних рідин, де розміщені очисні елементи, наповнені дерев'яними чіпами, коксом або іншою фільтруючою речовиною. В цій зоні є детектори висоти рідини, які сповіщають про перевищення норми води при блокуванні очисників. Конструкції для очищення, оснащені зазначеними засобами розподілу води, допомагають знизити кількість нафтових решток в прочищеній воді до 30 мл/л.

На діаграмі 3.3. зображено структуру очищувальних споруд з гідровитяганням відкладень. Пройшла обробку рідина направляється до лінійного

сепаратора, де проходить процедуру осідання впродовж 1,5 годин. Після цього, через водовідвідна система, потрапляє до очисників, де відбувається процес пропускання рідини зверху вниз. З очисників водний розчин потрапляє до ємності обробленої або циркуляційної води, звідки водний насос відбирає її для повторного застосування у зонах автомийок або для виведення у систему водовідведення. Відкладення, яке зосереджується у нижній частині лінійного сепаратора, спускається в колекторний ям. Для цього активується промивний насос, що надає рідину для гідроочищення за допомогою специфічного трубного маршруту. У той же час відкривається відводячий клапан колекторного яма. Відсіди промиваються водою з ємності циркуляційної води впродовж 3...5 хвилин.

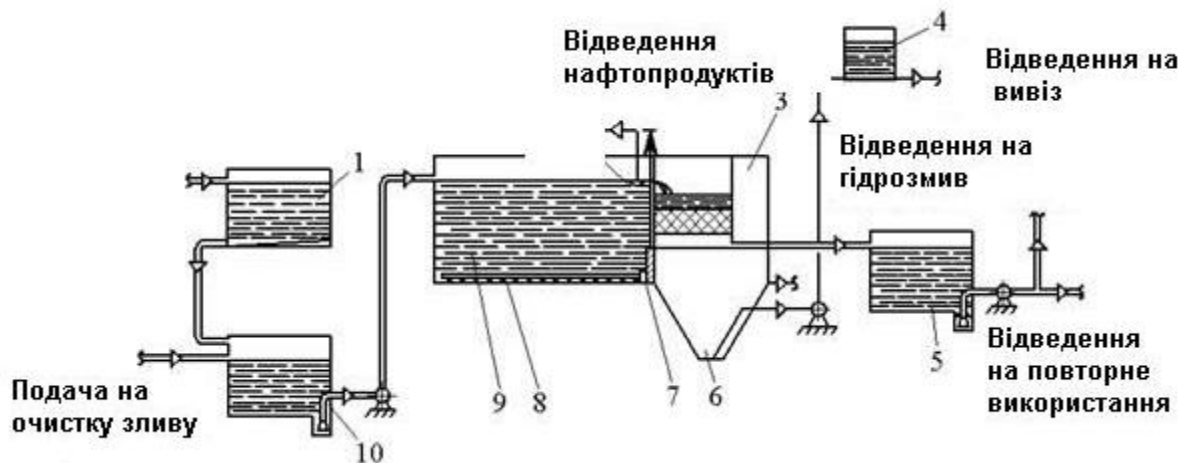


Рис. 3.3. Діаграма очищувальних конструкцій із водою для механічного видалення відкладень.

Після цього насос автоматично вимикається, а клапан ручним способом замикається. Відкладення зі збірної ємності переноситься до приймальної ємності, де здійснюється часткове осідання та відвод води до ємності виробничих рідин. Залишки із ємності переносяться до транспортного засобу для подальшої утилізації.

Основні проблеми очисних споруд, збудованих за зазначеними методиками, такі: регульовальна ємність може заповнюватись, що призводить до того, що вода з дощу не потрапляє для очищення; пристрої для збору нафти не забезпечують ефективного вилучення нафтових речовин; пристрої для видалення відкладень часто ламаються, і потрібно користуватися спеціальним обладнанням для видалення мулу; фільтраційні елементи потребують

регулярної заміни; ефективність очищення води часто є недостатньою для її повторного використання.

Більш сучасним методом є очистка води на трьохкомпонентних гідроапаратах при обробці вологих ґрунтів. За цією методикою збіжні води з мийних установок накопичуються у спеціальних басейнах, а потім з допомогою спеціалізованих насосів надходять до гідроапаратів під тиском. Там відбувається вилучення крупних зерен піску, а залишок під поточним тиском потрапляє в трьохкомпонентні гідроапарати великого діаметру. У них відокремлюються тверді частинки та вуглеводні. Потім очищена вода проходить через фільтри, що містять кварцовий пісок, і використовується в мийних установках. Показники забрудненості води після такої обробки становлять: тверді речовини – 22 мг/л, розчинені органічні сполуки – 18 мг/л, вуглеводні – 5 мг/л.

На рис. 3.2. демонструється діаграма обладнання для очищення води за допомогою гідроелеваційної техніки та подальшого висушування осаду у гідроапаратах. Структура обладнання містить: рівнинний осадник, пристрій для вилучу нафти, акумулюючий відсік, фільтраційні блоки двох типів, пристрій для збору відходів, камеру збору води, насосний комплекс, вертикальні гідропідйомники та гідроапарати із зберігаючим блоком.

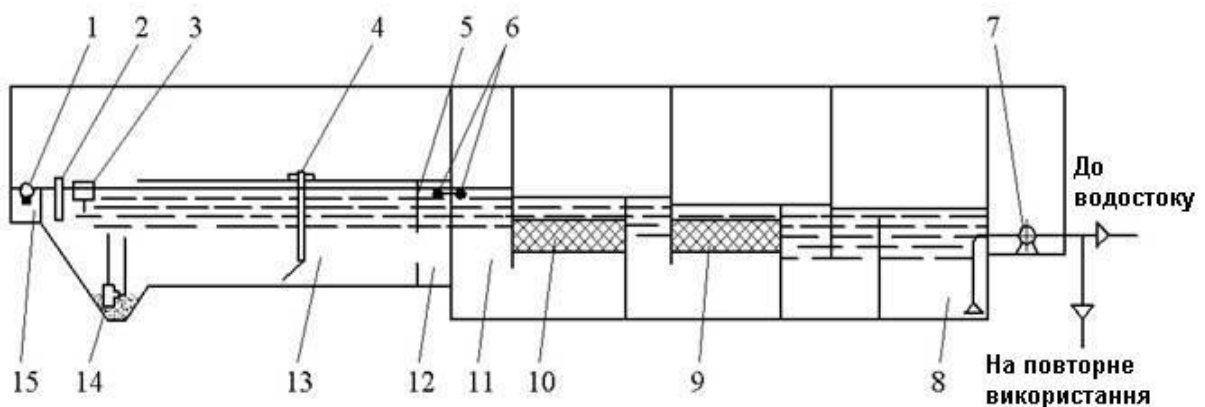


Рис. 3.4. Діаграма очищувальних об'єктів із використанням гідропідйомної методики видалення відходів та їхнього висушування у гідроапаратах.

1 – ділянка подачі; 2 – решітчаста бар'єра; 3 – лоток для вилучення нафти; 4 – збірник; 5 – стінка уловлювання нафти; 6 – виходи; 7 – підкачувальний пункт; 8 – камера збору води; 9 – вторинні фільтруючі елементи; 10 – первинні фільтруючі елементи; 11 – камера розподілу; 12 – агрегаційна ємність; 13 –

горизонтальний сепаратор; 14 – вертикальний гідропідйомник; 15 – стоковий жолоб.

Технологічні водні рідини, що залишилися після автомийки, проходять через сітчасті бар'єри для утримання грубих включень та направляються до очищувального обладнання. Ефективний розподіл рідини в рівнинному осаднику відбувається завдяки розподілювачу з додатковими відводами, стічним каналом та щілинним екраном. По завершенню осадника, потік направляється під стінкою для вилову нафти, переходить до акумулюючого відсіку та звідти до розподільної зони перед основними фільтрами, переходить через них та потрапляє до камери збору води. Очищена рідина може бути повторно використана або виведена до системи водовідведення.

Утворений осад видаляється з камер за допомогою води з камери збору, яка направляється до вертикального гідропідйомника та далі до гідроапаратів. Збирання осадів та вуглеводнів виконується за допомогою мобільного пристрою для збору відходів. Водовиведення з осаду здійснюється у гідроапаратах під тиском, після чого матеріал переходить до зберігаючого контейнера. Вуглеводні, що знаходяться на поверхні, видаляються у спеціалізовані контейнери та вибираються насосом у зберігаючий резервуар.

Масове виробниче застосування знайшли багатосекційні флотаційні пристрої. Вони створені для відділення від виробничих відходів літаючих та емульгованих вуглеводнів, мелких мінеральних та органічних частинок. Рівень вуглеводнів в прочищеній рідині на такому обладнанні зазвичай не перевищує за 10 – 20 мг/л.

Діаграма обладнання для флотації зображена на малюнку 3.5. Флотаційні пристрої представляють собою металічний бак, розбитий перекладами на чотири послідовні зони 3, 6 і 7. Перші три зони призначені для етапової флотації, тоді як у четвертому відбувається відокремлення води. Водяний розчин з осадником 14 через помпу 13 направляється в циклонний міксер 11, після чого через перекладини потрапляє в міксер 3 та до зони флотації 6. Процес флотації відбувається шляхом додавання до зони зменшеного тиску водного потоку, насиченого газом, за допомогою труб 5 із отворами. Насичення води газом відбувається в тисковому контейнері 8, куди воду направляє помпа

10. Компримований газ надходить від компресора через едуктор 9 до всмоктувального каналу, де формується газо–водний розчин. Літаючі в зонах обробки вуглеводні збираються засобом збору 4 у резервуар 2. Обладнання додатково комплектується едуктором 12 для введення розчину коагуляційного агента у оброблювану воду та дозатором 1 для підготовки та введення потрібної кількості розчину коагуляційного агента.

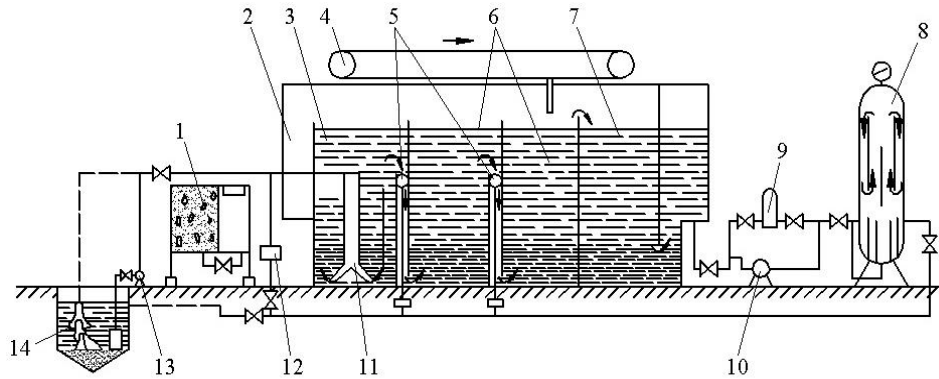


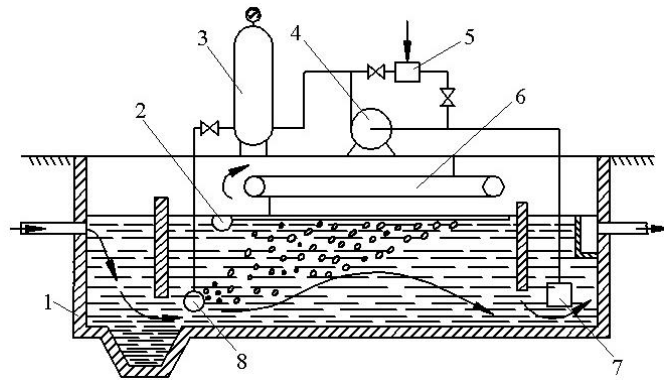
Рис. 3.5. Діаграма пристрою для флотаційного процесу.

1 – механізм для регулювання затвора; 2 – відсік; 3 – змішувальна зона; 4 – пристрій для скребіння; 5 – відгалужувачі; 6 – флотаційні відсіки; 7 – зона осідання води; 8 – бак під тиском; 9, 12 – впорскувач; 10, 13 – помпа; 11 – циклонний міксер; 14 – осадник.

Підвищити ефективність очистки водяних технічних рідин можливо через модернізацію звичних очисних систем АПТ (осадник із пристроєм для вилучення нафтопродуктів), використовуючи систему рециркуляції для збагачення деякої частини обробленої води газом. На ілюстрації 3.8. наведено проект модифікації осадника в пристрій для флотації під тиском. Над осадником розміщується бак під тиском 3. Доля очищеної води через втягувальний клапан 7 відбирається циркуляційним насосом 4 та із застосуванням газового впорскувача 5 надходить до бака під тиском 3, звідки через дистрибутивну трубу 8 – до осадника 1, де комбінується із водою для очистки. Виділені повітряні бульбашки піднімають частки забруднень, формуючи піну на поверхні. Для збору цієї піни передбачено жолоб для піни 2. Для виведення піни з осадника використовують механізм зі скребком 6. Такий підхід до модернізації осадників збільшує їх продуктивність майже вдвічі та



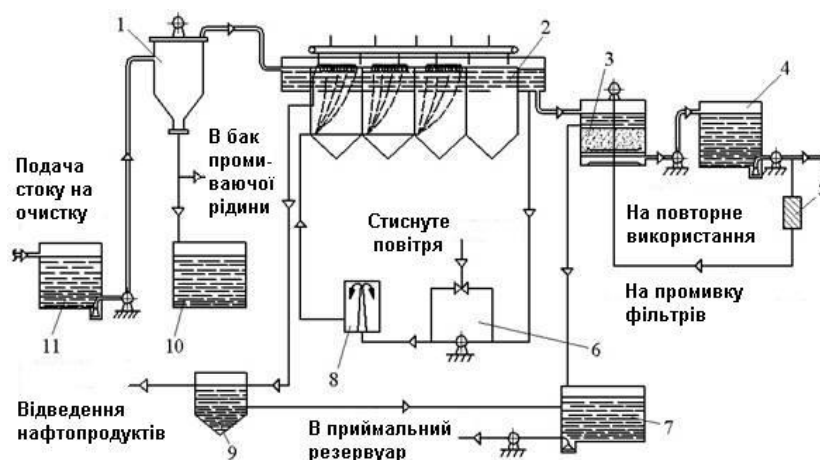
суттєво підвищує стандарт очищення водних середовищ від нафтових речовин та інших небажаних елементів.



Дизайн пристрою для флотації під тиском.

1 – осадник; 2 – канавка для збору піни; 3 – тисковий резервуар; 4 – циркуляційний помпаж; 5 – аератор; 6 – очищувальний пристрій; 7 – втягуючий вентиль; 8 – ділянка для розподілу рідини.

Використанням сучасних технологій та машин дозволяє досягти ефективного очищення води та усунення осадів у системі очищення води з рециркуляцією, дизайн якої ілюстровано на малюнку 3.7. В даному обладнанні реалізовано процедуру фільтрування води в динамічних фільтрах, комплексне очищення через флотаційні блоки та додаткове рафінування води в кремнеземних фільтрах перед її повторним використанням для мийки автівок. Відходи з мийок надходять до аккумуляторного бака 11, після чого спеціалізованим насосом перекачуються до модульних вібраційних фільтрах 1, де відокремлюється вода від твердих домішок.



Діаграма наземного водоочисного обладнання з рециркулюючою системою водо подачі:

1 – дрібнозернистий сепаратор; 2 – установка видалення бульбашок; 3 – силікатний очисник; 4 – резервуар очищеної води; 5 – термічний модуль; 6 – насосна станція з аератором; 7 – резервуар для рециркуляційної води; 8 – накопичувач під тиском; 9 – розділювач олій; 10 – зосереджувач відходів; 11 – колектор приходящих стоків.

Металевий бак 2 (зображення 3.8) має об'єм 0,35 м<sup>3</sup> та циліндричну конструкцію з конусоподібним дном, що опирається на основу 11. Корпус цього контейнера має канали для надходження стоків 3, виходу прочищених вод 5 та виведення відвалів 9. У баку розміщені одинадцять панелей 1, які покриті тонкою сіткою (отвори 40–70 мм) з корозійностійкої сталі. Вода під тиском 0,1–0,2 МПа, який відображається на манометрі 8, проходить через перфоровані панелі, видаляючи тверді частинки та залишаючи відвали на сітці. З плином часу (приблизно кожні 2–3 тижні) відвали накопичуються на сітці, збільшуючи водний опір. При досягненні тиску 0,15 МПа активується автоматичний система, яка містить датчик та виконавчий елемент, і запускає очисний механізм, розташований у кришці 4.

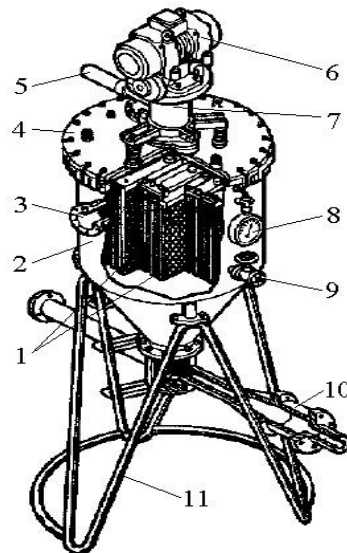


Рис. 3.8. Вібраційний очисник:

1 – очисні модулі; 2 – металева ємність; 3 – вхід для забруднених вод; 4 – верхнє покриття; 5 – вихід для профільтрованої води; 6 – вібраційний пристрій; 7 – знімач модулів; 8 – прилад для виміру тиску; 9 – вихід для виведення відкладень; 10 – гідропідйомний механізм; 11 – основа.

Обладнання для промивання фільтра містить скребковий агрегат і секцію фільтрування, яка закріплена засобом утримання 7, який формує єдиний блок з

вібраційним пристроєм 6. Накопичений на мережі шар конденсованих частинок під час промивання скребками та вібраційним пристроєм (вібраційний пристрій створює 2800 рухів за хвилину) відділяється від мережі, спускається до конусної частини обладнання і звідти з часом виводиться в ємність для збору відкладень за допомогою гідроелеваторної системи 10.

Після того, як відстійники очистили воду, вона потрапляє в багаторівневий флотуючий апарат, а потім в силікатні фільтри для додаткової очистки. У силікатних фільтрах задержуються залишки нафтопродуктів та відокремлені частки. На діаграмі 3.9. представлено структуру силікатного фільтру. Водовідведення із канави 1 направляється в силікатний фільтр і очищається в ньому, просочуючись з верхньої частини донизу. Фільтруючий елемент – це шар силікатного піску 2 товщиною 600 мм, який підтримується дренажною тарілкою 3, зробленою з щілинних пластикових панелей. Після фільтрації вода накопичується в нижньому відділі фільтру та підкачується насосом до ємності з чистою водою для повторного миття транспортних засобів. Під шаром силікатного піску знаходяться решітки 4, зроблені з трубок, якими подається стиснуте повітря під час відновлення (промивання) фільтру. Промивання водою з повітрям виконується теплою водою в напрямку знизу вгору. Тепла вода надходить під дренажну тарілку. Разом з цим активується вібраційний пристрій 5 та подача стислого повітря до системи продування, що забезпечує ефективне очищення забрудненого піску фільтру.

Втім, підлоговий водоочистний комплекс з циркуляційною системою водопостачання має свої слабкі сторони. Ефективність використовуваних в системі вібраційних фільтрів визначається рядом чинників, зокрема вибором використовуваних фільтруючих екранів, їх стійкістю та продуктивністю. Надійність таких фільтрів стає критичною, коли систему використовують для обробки водяних рідин з автотранспортних підприємств, що мають транспортні засоби високої вантажності або машини, що функціонують на будмайданчиках чи в регіонах із складними дорожніми обставинами. У таких умовах кількість відходів після промивання одного транспортного засобу може бути до 150 кг. Тому для забезпечення стабільної роботи вібраційних фільтрів систему слід комплектувати первинними осадниками або альтернативними пристроями для

зниження концентрації частинок у воді (наприклад, гідроциклонами чи апаратами для видалення піску).

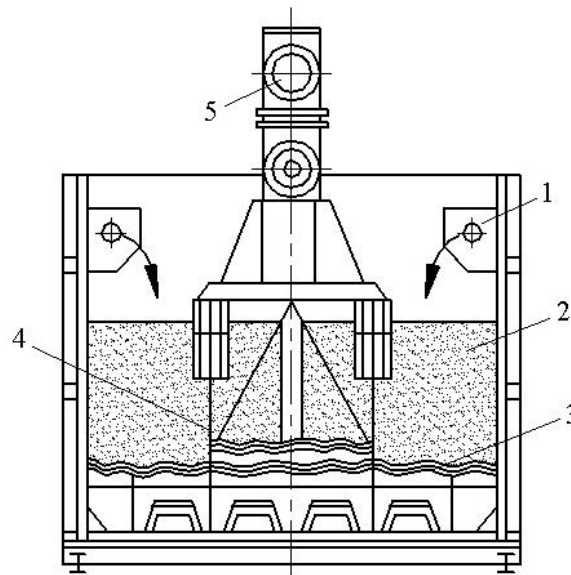


Рис. 3.9. Діаграма силікатного очищувача:

1 – жолоб; 2 – силікатні гранули; 3 – водовідводний таці; 4 – решітка; 5 – коливальний пристрій.

Ще однією проблемою системи є використання pomp для перекачування використаних водних рідин з прийомної ємності до вібраційних фільтрів. Загалом, кожна помпа, яка транспортує комбінацію води та нафтових виробів до очисного пристрою, неминуче спричиняє дроблення (розпилення) нафтових частинок, що стає можливим завдяки збільшенню швидкості води та нафтових виробів у поточному елементі центробіжних pomp та в системі клапанів поршневих pomp. При цьому, ступінь емульгування нафтових виробів визначається не лише впливом перекачувальної помпи, а й типом нафтового продукту. У цьому контексті в'язкі нафтові продукти (наприклад, густі змазувальні матеріали) мають схильність до сильного емульгування. З великою концентрацією емульгованих нафтових продуктів у використаних рідинах, фільтри злиття не можуть забезпечити високоякісне водоочищення. Через це значна кількість нафтових виробів потрапляє до фільтрів фінального очищення, спричиняючи швидке забруднення фільтруючого матеріалу та потребу в частих операціях по відновленню фільтрів.

Щоб вирішити цю проблему, найбільш доцільно користуватися очищувальними засобами, де на початковому етапі встановлюються тискові

гідроциклони. Ці пристрої допомагають виділяти грубі частинки до 30 мкм з використаних водних рідин, співпрацюючи з пісчаними ємностями. Такий підхід дозволяє автоматизувати видалення відкладень безпосередньо під час роботи очищувального обладнання. На наступному етапі, для видалення дрібних домішок, рекомендується використовувати тискову флотацію із коагулянтами, яка демонструє кращі результати в очищенні води з нафтовими домішками порівняно з іншими методами. На заключному етапі, за допомогою фільтрувальних систем, проводиться глибоке очищення води, регулюючи її хімічний та бактеріологічний склад.

На діаграмі 3.10 представлено структуру очищувального об'єкта із тисковими гідроциклонами. Вона включає в себе колектор 2, насосну установку 1, три тискових гідроциклона 3, пісчану ємність 4, обладнання для реагентів 5, тисковий флотаційний пристрій 6 та бак 7 для прочищеної води. При повторному вживанні води можливий 90% її повернення. Концентрація твердих частинок у прочищеній воді дорівнює 84 мг/л, а нафтових виробів – 7 мг/л.

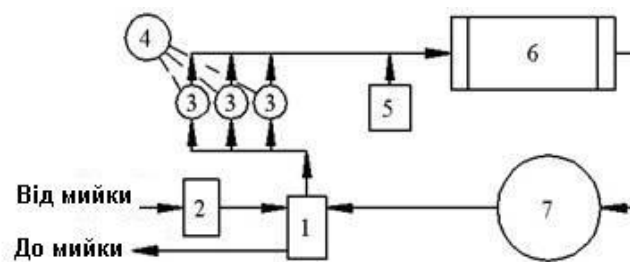


Рис. 3.10. Діаграма споруди для очищення води з тисковими гідроциклонами: 1 – станція перекачування; 2 – вхідний бак; 3 – водяний циклон; 4 – контейнер для піску; 5 – устаткування для реагентів; 6 – тисковий флотаційний пристрій; 7 – ємність для прочищеної води.

На мал. 3.11. зображено концепцію водоочистного об'єкта із флотаційним пристроєм. Ця конструкція має горизонтальний осадник 1, пристрій для збору нафти та масла 2, додатковий осадник 3, перекачувальну установку 4, корабельні флотаційні пристрої з імпеллерами 5 та ємність 6 для прочищеної води. При знову використаній воді досягається 50% її повернення. Концентрація твердих частинок у прочищеній воді становить 85 мг/л, а нафтових виробів – 7,6 мг/л. Слабкою стороною системи є застосування імпеллерної флотації, яка є більш складною в порівнянні з напірною і має менш

високий ступінь очистки. Додатково, флотаційні камери мають великі зовнішні параметри.

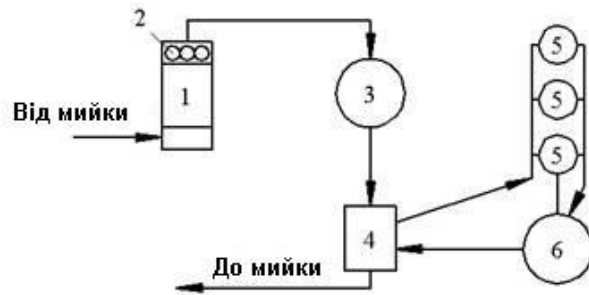


Рис. 3.11. Концепція водопроочиувальної конструкції із флотаційним обладнанням:

1 – горизонтальна сепараторна камера; 2 – відсікач нафтопродуктів; 3 – додаткова седиментаційна ємність; 4 – підкачувальний модуль; 5 – флотаційний пристрій; 6 – ємність для профільтрованої води.

На рис. 3.12. зображено діаграму структури очищення з контейнером для реагентів. Ця конструкція схожа на ту, яку можна побачити на рисунку 3.11, але відмінність полягає в тому, що замість флотаційних установок імпульсної конструкції тут використовуються напорні піскові очисники. Застосування таких очисників дозволяє добувати воду.

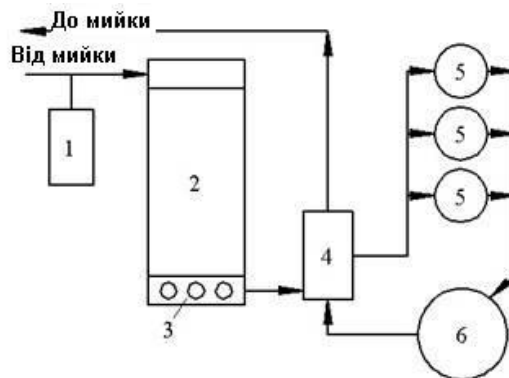


Рис. 3.12. План очищення води із ємністю для хімікатів.

1 – ємність для хімікатів; 2 – горизонтальний сепаратор; 3 – прилад для вилучення нафтопродуктів; 4 – пумпуючий модуль; 5 – підтискові пісчані осадники; 6 – ємність для прочищеної води.

На мал. 3.13. ілюстровано план об'єкта очищення, де метод електричної коагуляції використовується для підсилення обробки використовуваних водних технічних рідин. Елементи системи включають: горизонтальне осідання 1, додаткове відділення 2, підкачувальний модуль 3, пристрій для електричної

коагуляції 4, послідовний осадник 5, додатковий фільтр 6 та ємність 7 для обробленої води.

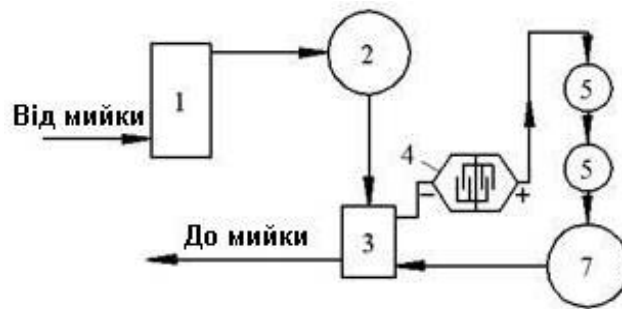


Рис. 3.13. Діаграма структури очищення води з електричним коагулянтном:  
1 – горизонтальний осадник; 2 – додатковий відсідник; 3 – пумпуючий пост; 4 – електричний коагуляційний апарат; 5 – трійчатий сепаратор; 6 – завершальний фільтр; 7 – ємність для прочищеної води.

Для кожної конкретної ситуації дизайн об'єктів очищення слід обирати, враховуючи їх технічні та економічні характеристики. Коли планується повторне вживання води, рівень її обробки має бути у відповідності до стандартів.

### 3.2 Машини для робочих зона миття автомобільних компонентів

Крім вуглеводнів, у використаних рідинах для прання, які надходять з пральних апаратів, присутні алкалії, технічні олії та осідальні матеріали. Рекомендується очистка таких рідин за допомогою двох методів: обробка у приймальному баку, з наступним проходженням через гідроциклон та завершальна обробка у флотаційному пристрої; обробка у приймальному контейнері, за якою йде коагуляція у горизонтальному осаднику та завершальна обробка через фільтри. За першим методом (див. рис. 3.14) алкалії у використаній рідині обробляються розведеною кислотою, яка подається з хімічного контейнера 1.

У водовіртних апаратах 2 проходить процес відокремлення грубих висівок та нафтових речовин. Згідно з альтернативним методом (див. рис. 3.15) після зниження кислотності розчину введенням кислоти додається згустувач (алюмінієва сірчанокислота), і потім вода направляється до лінійного осадника,

де протягом 1,5–6 годин її стає спокійніше. Виринаючі нафтові відходи збирають у спеціальному каналі і перекачують до ємності для переробки. Фінальне водоочищення відбувається за допомогою фільтрів, наповнених активованим деревним вугіллям. Як в першому, так і в другому методах в нижню частину збірника подається стислений газ для посилення нейтралізаційного процесу.

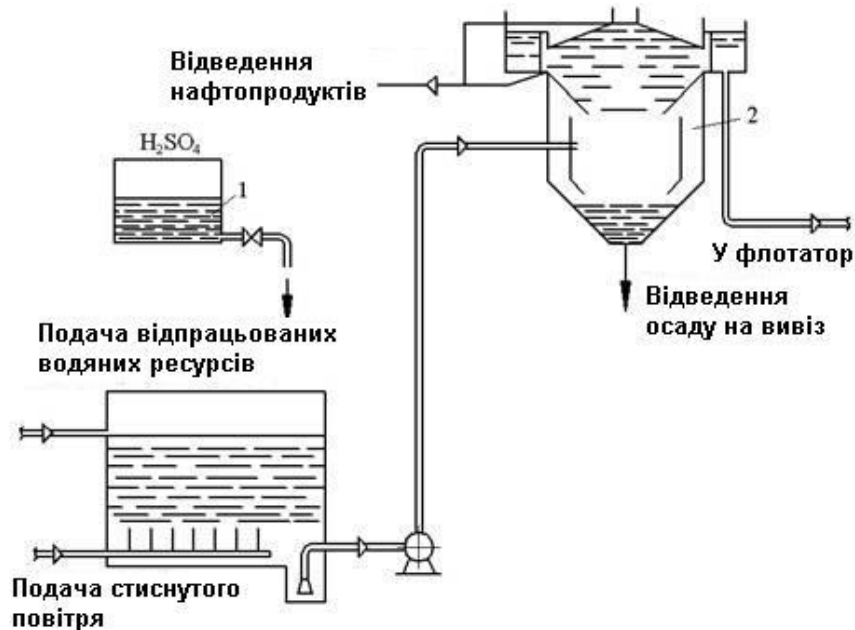


Рис. 3.14. Діаграма обробки використаних стоків пральних апаратів з використанням гідрообертача:

1 – контейнер для реагентів; 2 – водовіртний апарат.

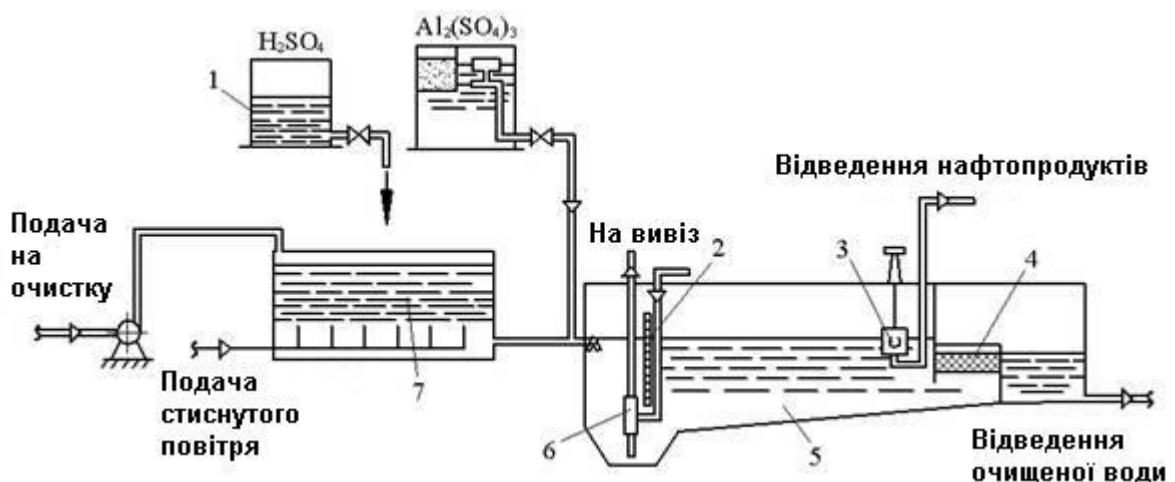


Рис. 3.15. План очистки використаних вод з мийних пристроїв через процес згуртування:

1 – ємність для реагентів; 2 – ділянка з щілинами для розподілу; 3 – лоток для збору нафтових решток; 4 – зона фінального очищення; 5 – лінійний осадник; 6 – підйомний механізм; 7 – ємність для нейтралізації стоків.



Ефективний спосіб очистки вод, які мають велику кількість нафтопродуктів, – це використання гіперфільтрації. Цей метод передбачає пропускання води під високим тиском (близько 5,0 МПа) крізь напівпроникаючі мембранні шари, де 90–98% забруднюючих речовин затримуються. На зображенні 3.16. можна побачити устаткування для очищення води, концентрація нафтопродуктів в якій досягає 6000–9000 мг/л.



Рис. 3.16. Устаткування для обробки вод, забруднених нафтопродуктами, за допомогою техніки ультрафільтрації:

1 – перетинковий пористий виріб; 2 – отворина для видалення нафтових речовин.

Забруднені води, після видалення грубих домішок, потрапляють у очисний апарат розмірами 760x1100 мм із засобом очищення з перетинкової тканини. Під тиском 2,5–5,0 МПа тут здійснюється вилучення нафтових речовин. Водний розчин проходить через мікроскопічні отвори в очисному засобі та очищується до вмісту нафтових речовин 10 мг/л. Такий апарат рекомендовано включати у систему при митті компонентів, складових і дрібних частин автотранспортних засобів.

## 4 НАУКОВО–ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Основний план пристрою який досліджується

Велика ціна, нестійкість та обмежена ефективність поточних моделей сопел фактично обмежують їх використання у ремонтних роботах. Тому для покращення якості показників збільшують ефективність очистки завдяки поєднанню різноманітних методів робочої активності.

Збільшення механічного ефекту можливе через використання додаткових джерел енергії, як–то енергії обертового потоку. Тож, аби підвищити якість очищення забруднених ділянок устаткування, необхідно створити дизайн засобу, який може створювати обертовий потік та спрямовувати його на визначену ділянку.

Відома конструкція, що включає в себе прямолінійну стаціонарну трубу 1 (рис. 4.1) для підключення до джерела водопостачання під напором. На неї за допомогою обертової опори 2 монтується рухоме колесо з лопатками 3. Рухоме колесо з лопатками 3 пов'язане з корпусом циліндричної насадки, яка з'єднується із стаціонарною трудою за допомогою манжети 5 та завершується насадкою 6, формуючи обертові потоки.

У центральній частині торцевої поверхні насадка 6 виконані наскрізні отвори 7, розташовані під кутом 120 один до одного. При цьому кожен отвір має форму конуса, обмежену двома плоскими паралельними поздовжніми поверхнями.

Прилад діє таким образом: Стаціонарна труба 1, підключена до джерела водопостачання, надсилає воду під напором через ущільнювач 5 у циліндричну насадку 4. Потік атмосфери, який протікає через канал для повітря 9, потрапляє в об'єкт аерокамери 10 і запускає у рух лопатку рухомого колеса 3, розташованого усередині аерокамери 8.

Під час обертального руху об'єкта 3, насадки 4 і струминного елемента 6 щодо основної вертикальної вісі обертання рухома рідина отримує імпульс. При виході з елемента 6 створюється гідравлічний потік, який виконує

віртуальний рух навколо свого центру і направляється на поверхню, що підлягає очищенню.

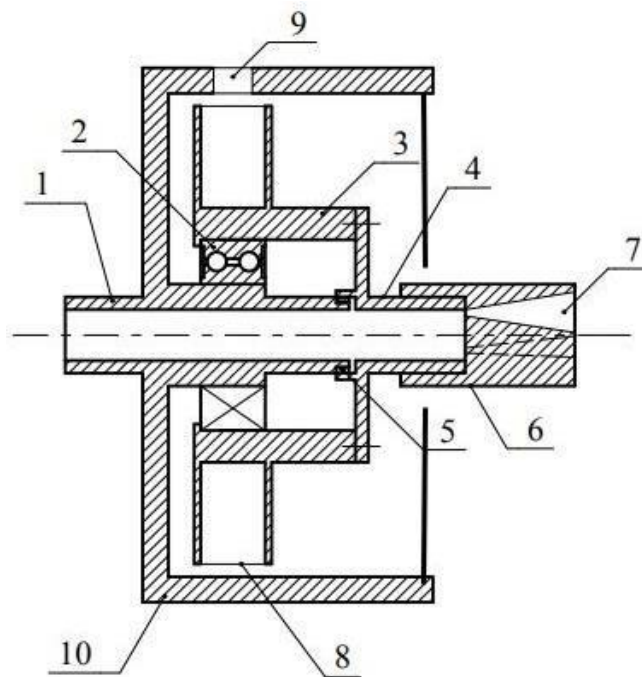


Рис. 4.1. Засіб для формування обертового гідралічного потоку:

1 – стаціонарна цевня, 2 – обертова база, 3 – рухоме дискове колесо, 4 – циліндрична насадка, 5 – манжетний затвор, 6 – вентиляторний водний елемент; 10 – корпус аерокамери.

У процесі роботи насадка діє так. Вода під напором проникає через проникаючі отвори 7 елемента 6, де між рівними площинами утворюється рівномірний потік. В каналі проникаючого отвору 7 відбувається створення віяльного рівного потоку. Цей рівний потік розподіляється на всьому просторі отвору 7. Під час обертання віяльного елемента 6 в проникаючому отворі 7 на виході створюється гідралічний потік, який виконує віртуальний рух. Три отвори 7 місцезнаходяться під кутом 120 градусів відносно один одного.

Недоліками зазначеного приладу є залежність від трубопроводу стисненого аерозолю, потік з якого служить джерелом енергії для обертового елемента.

Ми пропонуємо використовувати для здійснення руху елемента реактивний імпульс, який буде генеруватися реактивними потоками рідини через сопла, розташовані на елементі.

Цей інженерний підхід сприятиме полегшенню будови механізму приводу та скороченню розмірів виконавчого елемента.

Основний зміст запропонованого методу відображено на рис. 4.2.

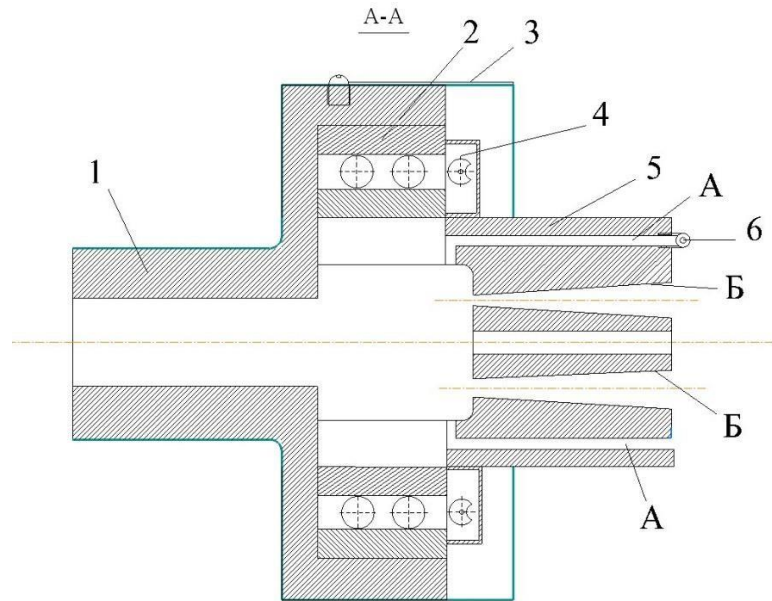


Рис. 4.2. Запропонований апарат для формування напрямних потоків:

1 – оболонка; 2 – обгортка; 3 – опора; 4 – ущільнювач; 5 – адаптер; 6 – виход.

В корпусі 1 за допомогою підшипників 3 закріплений елемент 5. Характерною рисою елемента є наявність декількох потоків. Два потоки А знаходяться в одному горизонті і мають сталий переріз. Їх завдання – подавати рідину до двох виходів 6. Під кутом 90 градусів розміщені два потоки конусної форми. Щоб запобігти потраплянню рідини на робочі частини підшипника, використовуються оболонка 2 та ущільнювач 4.

Апарат функціонує наступним способом. Під високим тиском чистильна рідина з камери В направляється до всіх каналів. Виходячи з виходів 6, формується реактивна дія, що змушує адаптер 5 обертатися.

Отже, на предмет очищення надходять відразу три потоки чистильного розчину. Один – з центрального шляху – стабільної конфігурації та напрямку, два додаткових – у відерцевідної форми, що рухаються із визначеною частотою.

#### 4.2 Детальний аналіз руху частинок обертових потоків

Розбиремо процедуру очищення забрудненої площини як розбивання незгод на поверхні рухомим потоком рідини, а саме змогу дії на стаціонарний об'єкт.

Розіберемо водяний тиск рухомого водного потоку на площину солідної стаціонарної кривої перепони, вважаючи площину незгод приблизно циліндричною за контуром.

Відомо: середній темп витoku рідини  $v_1$ , обертовий темп насадки  $\omega$ , розмір виходу  $d_0$ . Розглянемо траєкторію частинки рідини, яка вийшла з діючої дільниці (див. рис. 4.3).

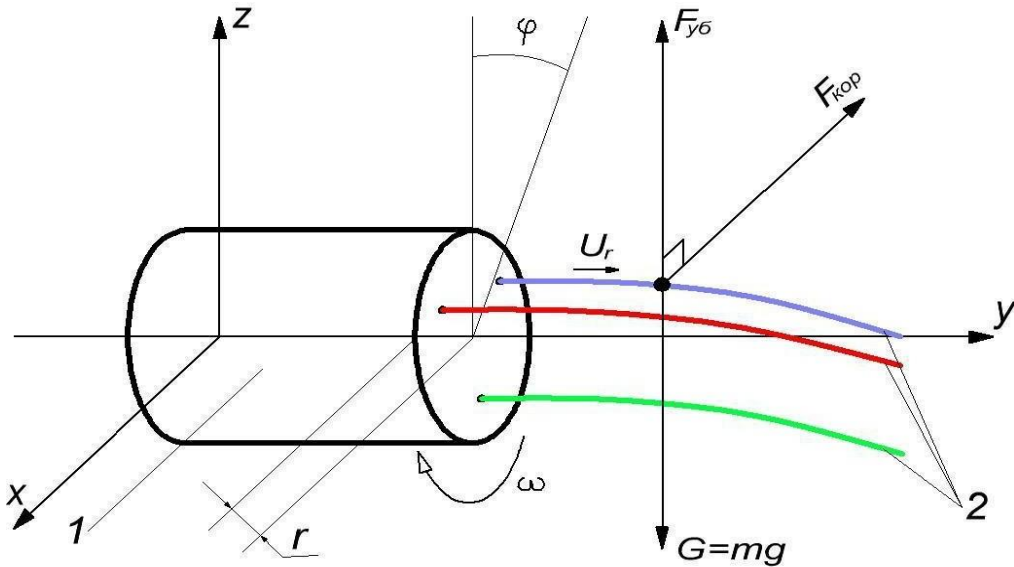


Рис. 4.3. Комп'ютерна модель для встановлення шляху частинок:

1 – дюза, 2 – речовина

На частинку рідини будуть впливати гравітаційна сила, інерційні сили, відцентрова сила та коріолісова сила.

$$m_k \bar{a} = \bar{G} + \bar{F}_{\text{кор}} + \bar{F}_{\text{вц}} \quad (4.1)$$

Сила, пов'язана з відцентровим діянням, буде діяти у плоскості  $z=0$  у.

$$\begin{aligned} F_{\text{вц}}^x &= m_k \omega^2 R \cos \varphi \\ F_{\text{вц}}^y &= m_k \omega^2 R \sin \varphi \end{aligned} \quad (4.2)$$

Оскільки орієнтація відцентрової та коріолісової сил зазнаватиме змін під час повороту насадка (зображення 3.4), складемо формулу для визначення прискорення Коріоліса в системі координат:

$$\bar{F}_{\text{кор}} = m_k 2(\bar{\omega}^* = \bar{v}_r) \quad (4.3)$$

$$2(\bar{\omega}^* = \bar{v}_r) = 2 \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \omega \cos \varphi & \omega \sin \varphi & 0 \\ \dot{x} & \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix} \quad (4.4)$$

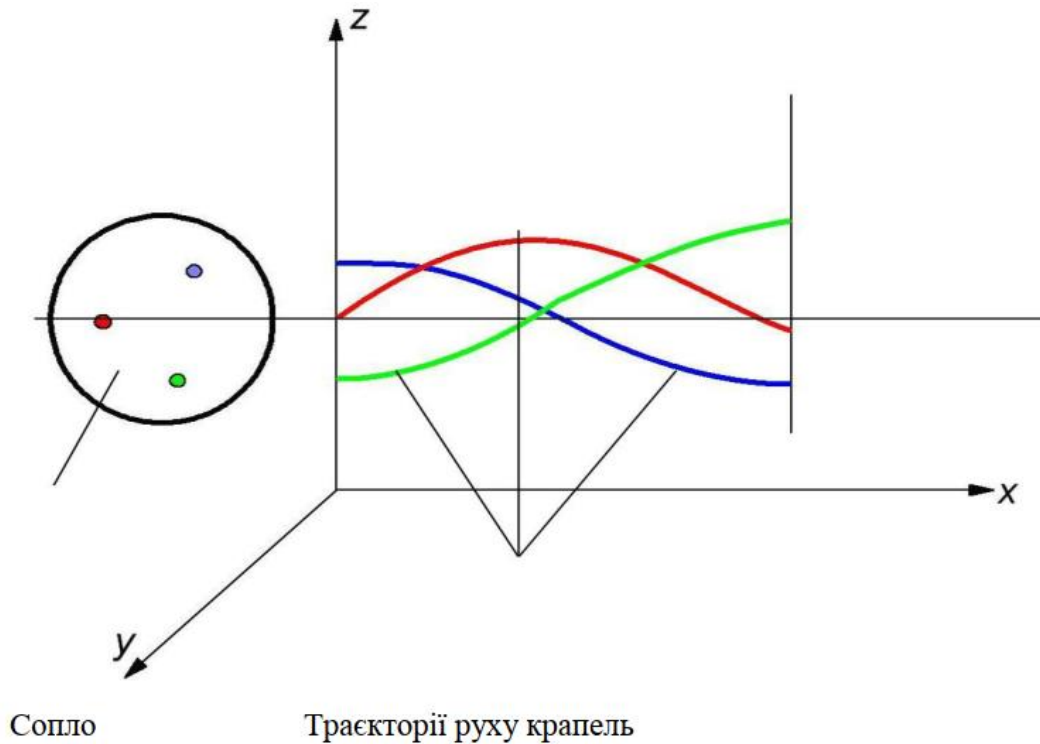


Рис. 4.4. Обертання сопла та траєкторія краплин.

Після спрощення рівняння за параметром  $m$  ми отримуємо:

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= -2\dot{z} \omega \sin \varphi - \omega^2 R \cos \varphi \\ \ddot{y} &= 2\dot{z} \omega \cos \varphi \\ \ddot{z} &= -2(\dot{y} \omega \cos \varphi - \dot{x} \omega \sin \varphi) - \omega^2 R \sin \varphi\end{aligned}\quad (4.5)$$

При зіткненні краплини з заплямленою поверхнею вона деформується, внаслідок чого частина бруду відсікається та усувається (див. рис. 4.5).

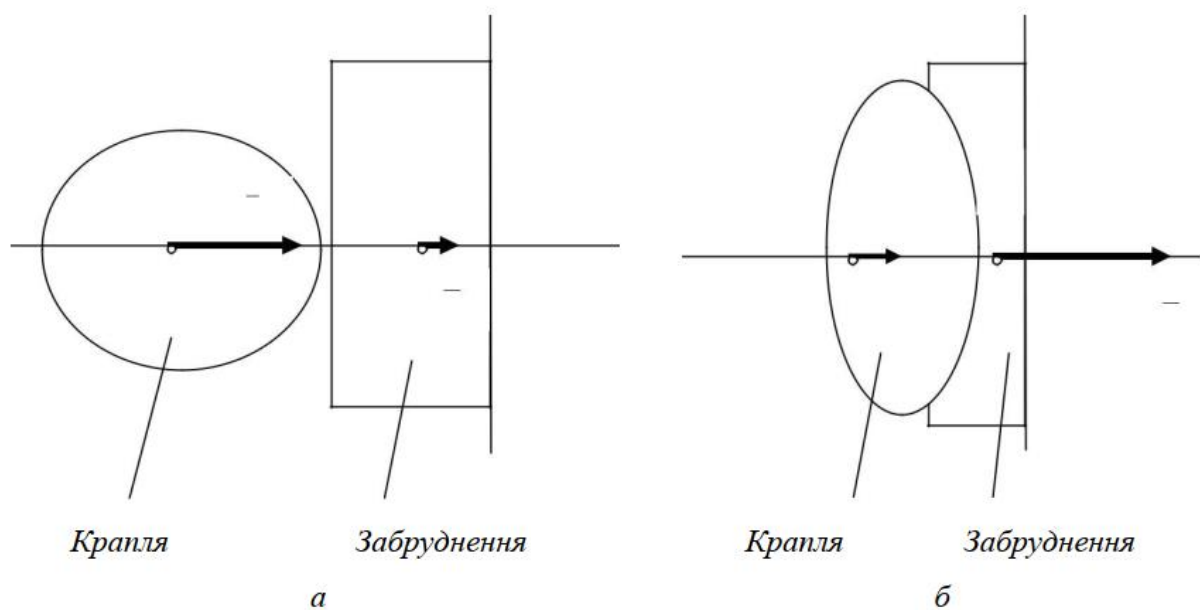


Рис. 4.5. Діаграми швидкості для центральних точок краплини та бруду на старті (а) та після зіткнення (б).

Тоді втрата рухової енергії краплини та елемента бруду відповідно до постулату про рухову енергію становить:

$$T_0 = m_k v_1^2 + m_{чз} u_1^2 \quad (4.6)$$

Остаточна рухова енергія:

$$T = m_k v_2^2 + m_{чз} u_2^2 \quad (4.7)$$

Втрати рухової енергії під час зіткнення краплі:

$$T_0 - T = m_k(v_1^2 - v_2^2) - m_{чз}(u_1^2 - u_2^2) \quad (4.8)$$

Під час прямого зіткнення краплі з часткою забруднення, маючи дані про їх вагу, швидкості центральних точок цих об'єктів перед зіткненням та коефіцієнт повернення, встановимо швидкості краплі та частини забруднення після зіткнення та ударну силу. Використовуючи правило про зміну імпульсу системи, де діючі сили є внутрішніми, встановлюємо, що загальний імпульс зовнішнього удару дорівнює нулю, отже, імпульс системи до та після зіткнення є сталим.

У цьому виразі ми маємо два невизначені елементи:  $v_2$  та  $u_2$ . Тому, аби з'ясувати ці параметри, потрібне додаткове виразне рішення, яке базується на додатковому коефіцієнті повернення  $k$ . Враховуючи, що після зіткнення частинка забруднення набуває вищу швидкість порівняно з краплею ( $v_2 \leq u_2$ ), коефіцієнт повернення під час прямого зіткнення об'єктів буде розраховуватися на основі співвідношення модулів відносних швидкостей об'єктів після та до удару, а саме:

$$k = \frac{v_2 - u_2}{v_1 - v_1} = \frac{v_2 - u_2}{v_1 - u_1} \quad (4.9)$$

де  $v_1 > u_1$ .

Тоді

$$u_2 - v_2 = k(v_1 - u_1) \quad (4.10)$$

Розв'язавши набір з двох виразів, ми знаходимо:

$$\begin{aligned} v_2 &= v_1 - (1+k) \frac{m_k}{m_k + m_{чз}} (v_1 - u_1) \\ u_2 &= u_2 + (1+k) \frac{m_k}{m_k + m_{чз}} (v_1 - u_1) \end{aligned} \quad (4.11)$$

Відповідно:

$$k = \frac{u_2 - v_2}{v_1 - u_1} \quad (4.12)$$

Звідти:

$$\frac{1-k}{1+k} = \frac{(v_1 - u_1) - (u_2 - v_2)}{(v_1 - u_1) + (u_2 - v_2)} \quad (4.13)$$

Тоді:

$$(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2) = \frac{1-k}{1+k} [(v_1 - v_2) - (u_1 - u_2)] \quad (4.14)$$

Тоді:

$$m_k(v_1 - v_2) = -m_{чз}(u_1 - u_2) \quad (4.15)$$

Вводячи це число у формулу (4.8), ми визначимо:

$$T_0 - T = m_k(v_1 - u_1)[(v_1 + u_1) - (v_2 + u_2)] \quad (4.16)$$

Цю формулу можна розуміти наступним чином:

$$T_0 - T = \frac{1-k}{1+k} [m_k(v_1 - v_2)^2 + m_{чз}(u_1 - u_2)^2] \quad (4.17)$$

дані величини  $(v_1 - v_2)$  та  $(u_1 - u_2)$  демонструють, на яку величину знизилася швидкість кожного із співударюваних об'єктів (або інакше кажучи – швидкостями, які були втрачені під час удару).

Отже, з рівняння (4.17) слідує, що енергія, яка зникла у системі під час прямого центрального та не ідеально пружного зіткнення двох об'єктів, є рівною частці енергії, якою б розпоряджалася система, якби її об'єкти діяли з втраченими швидкістю параметрами.

Після декількох змін в рівнянні (4.17), його можна представити в альтернативній формі:

$$T_0 - T = \frac{m_k m_{чз}}{2(m_k + m_{чз})} (1 - k^2)(v_1 - u_1)^2 \quad (4.18)$$

У ситуації, коли елемент забруднення стаціонарний ( $u_1 = 0$ ), отримаємо наступне:



$$\begin{cases} T_0 - T = \frac{m_k m_{чз}}{2(m_k + m_{чз})} (1 - k^2) v_1^2 \\ T_0 - T = m_k v_1^2 \\ T = \frac{m_k + k^2 m_{чз}}{m_k + m_{чз}} T_0 \end{cases} \quad (4.19)$$

Тому, максимальний втрат кінетичної енергії спостерігається при повністю невідновлюваному ударі ( $k = 0$ ), де об'єкти після удару не роз'єднуються. В цьому випадку  $v_2 = u_2 = u$ , і формула (4.16), що представляє принцип Карно, прийме наступний вигляд:

$$T_0 - T = m_k (v_1 - u)^2 + m_{чз} (u_1 - u)^2 \quad (4.20)$$

Отже, енергія, яка зникла у системі під час прямолінійного центрального і повністю невідновлюваного зіткнення, є еквівалентом тієї енергії, якою система була б обладнана, якщо її компоненти діяли б зі швидкостями, які були втрачені. Враховуючи  $k = 0$ , ми отримаємо формулу для визначення втраченої енергії під час повністю невідновлюваного зіткнення у новій формі:

$$T_0 - T = \frac{m_k m_{чз}}{2(m_k + m_{чз})} (v_1 - u_1)^2 \quad (4.21)$$

Розберемо ситуацію повністю невідновлюваного зіткнення, де один із об'єктів (елемент забруднення) перед зіткненням перебував в стані спокою, отже його відносна швидкість перед зіткненням  $u_1 = 0$ .

У такій обставині енергія руху системи на старті та після зіткнення:

$$T_0 = m_k v_1^2 \quad (4.22)$$

$$T = (m_k + m_{чз}) v_2^2 \quad (4.23)$$

$$T = \frac{1}{1 + \frac{m_{чз}}{m_k}} T_0 \quad (4.24)$$

Оскільки під час цілковито нееластичного зіткнення  $v_2 = u_2$  і  $v_1 = \frac{m_k + m_{чз}}{m_k}$ .

Розглянемо розпад забруднень під впливом потоків з різними шляхами при повному викривленні.

Тривимірне рівняння реології для ізотропного віщства:

$$-\sigma = k_y e_v + \xi_s \dot{e}_v \quad (4.25)$$

Цей об'ємний коефіцієнт відпору гальмує виникнення еластичних викривлень і провокує в'язке поглинання.

Робота на одиницю об'єму при викривленні:

$$A = m_k \int_0^{e_v} k_y e_v de_v + \int_0^t \xi_s \dot{e}_v^2 dt \quad (4.26)$$

Перший компонент у правій частині є відновлюваною потенційною енергією, а другий перетворюється в теплову енергію та розсіюється. Отже, деструкція виникає, коли цей перший компонент досягає та перебільшує максимальну потенційну енергію матеріалу при уніформному загальному напруженні, яке можна визначити.

Критерій деструкції:

$$A - \int_0^t \xi_s \dot{e}_v^2 dt = \int_0^{e_v} k e_v de_v \geq \Pi \quad (4.27)$$

Об'ємне збільшення, що призводить до деструкції, складається з:

$$\epsilon e_{vr} = \pm \sqrt{\frac{2\Pi}{k}} \quad (4.28)$$

Отже, величина розтягнення, за якої відбувається деструкція, складається з:

$$-\sigma = k_y e_v + \xi_s \dot{e}_v = \sqrt{2\Pi k} + \xi_s \dot{e}_v \quad (4.29)$$

Коли деструктивна напруга є нерухомою ( $e_v = 0$ ), в такому випадку:

$$\sigma_{rs} = \pm \sqrt{2\Pi k_y} \quad (4.30)$$

$$\sigma = \sigma_{rs} + \xi_s \dot{e}_v \quad (4.31)$$

Отже, тиск, при якому матеріал зламається під час усюдного однакового розтягнення, збільшується із зростанням темпу розширення.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Повітряне середовище та його роль у створенні сприятливих умов праці

Залежно від хімічного складу повітря, фізичних та інших його властивостей (температура, вологість, рухливість, тиск), наявності інших забруднень у вигляді пилу, патогенних мікроорганізмів різного походження тощо повітряне середовище може бути сприятливим, несприятливим або навіть небезпечним. Сприятливим є повітряне середовище відповідної чистоти повітря і нормативних метеорологічних показників. Але при певних технологічних процесах відбувається забруднення повітря. Так, установлено, що основна частка шкідливих речовин у відпрацьованих газах карбюраторних двигунів припадає на оксид вуглецю, вуглеводні і азот, дизельних - на оксиди азоту і сажу.

При застосуванні етилованого бензину у відпрацьованих газах присутні аерозолі свинцю - особливо небезпечні речовини. Свинець і вуглеводні тривалий час утримуються у повітрі (свинець - 3-5 діб, вуглеводні - до 10 діб) і мають здатність накопичуватися як у зовнішньому середовищі, так і в організмі.

Олефіни, що утворюються при згоранні палива, беруть участь в утворенні фотохімічного туману.

Оксид вуглецю утворюється в основному при згоранні палива з нестачею кисню (у зонах швидкого охолодження суміші) або при дисоціації  $\text{CO}_2$  у зонах високих температур. Внаслідок підвищених значень коефіцієнта надлишку повітря у дизельному двигуні значна частина  $\text{CO}$  доокислюється до  $\text{CO}_2$ , тому показники  $\text{CO}$  дизелів у 10-30 разів менші, ніж карбюраторних двигунів.

Вуглеводні і альдегіди - продукти неповного згорання палива.

Альдегіди утворюються в результаті холодних полумєневих реакцій, які передують основному процесу горіння. Особливо це характерне при роботі двигуна на холостих обертах, незначних навантаженнях та при розгоні.

Вуглеводні й альдегіди належать до високотоксичних речовин, за певних умов впливають на утворення смогу.

Сажа викидається переважно дизельними двигунами, утворюючись в процесі дифузного горіння при нестачі кисню. Сажа здатна адсорбувати канцерогенні речовини і розповсюджувати їх у навколишньому середовищі.

Відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання містять й інші токсичні компоненти: оксиди сірки, сірководень, свинець та інші.

З метою створення у виробничих приміщеннях нормативних метеорологічних умов виробничі, допоміжні і санітарно-побутові приміщення повинні бути обладнані опаленням і загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією відповідно до вимог.

## **5.2 Вентиляція приміщення**

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень не повинна перевищувати встановлених норм. При тривалості роботи в середовищі, яке містить оксид вуглецю, не більше 1 години, гранично допустима концентрація оксиду вуглецю може бути підвищена до  $50 \text{ мг/м}^3$ , при тривалості роботи не більше 30 хв - до  $100 \text{ мг/м}^3$ , при тривалості роботи не більше 15 хв — до  $200 \text{ мг/м}^3$ . Повторні роботи в умовах підвищеного вмісту оксиду вуглецю в повітрі робочої зони можуть проводитися з перервами не менше ніж на 2 години.

Для забезпечення потрібних умов повітряного середовища приміщення зберігання, профілактичного обслуговування та ремонту транспортних засобів інші виробничі приміщення повинні бути обладнані загальнообмінною, припливно-витяжною вентиляцією з механічним примусом з урахуванням режиму роботи підприємства, марок автомобілів, що експлуатуються, і кількості шкідливих речовин, що виділяються.

У приміщеннях зберігання автомобілів видалення повітря слід передбачати з верхньої і нижньої зон порівну, а подача припливного повітря повинна здійснюватися зосереджено вздовж проїздів.

У приміщеннях профілактичного обслуговування та ремонту автомобілів видалення повітря системами загальнообмінної вентиляції слід передбачати із верхньої і нижньої зон порівну з урахуванням витяжки з оглядових канав, а подачу припливного повітря - розосереджено в робочу зону і оглядові канали, а також в приямки траншей і тунелі оглядових канав.

У приміщеннях для виконання шиномонтажних, зварних, фарбувальних, оббивальних та деревообробних робіт подачу припливного повітря слід передбачати з верхньої зони струменем, спрямованим зверху вниз, а видалення повітря - з нижньої зони. Системи витяжної вентиляції в приміщеннях дільниць фарбування, зарядки акумуляторних батарей, ремонту паливної апаратури не допускається об'єднувати між собою і з системами витяжної вентиляції інших приміщень.

Для вилучення шкідливих викидів безпосередньо від місць їх виникнення необхідно в приміщеннях улаштовувати місцеві відсмоктувані.

Місцеві відсмоктувальні пристрої застосовують для видалення всіх видів шкідливостей: теплоти, вологи, газів, парів, пилу. Конструктивно це можуть бути закриті приймачі, бортові відсмоктувані, витяжні зонти, шафи, кабінки і камери, всмоктувальні панелі та інші пристрої, спеціальні кожухи тощо.

Витяжними кожухами обладнують шліфувальні, полірувальні та заточувальні верстати.

Об'єм повітря, м<sup>3</sup>/год, для видалення пилу від таких верстатів обчислюють за формулою:

$$L = 103AD,$$

де D — діаметр робочого круга, м;

A - коефіцієнт пропорційності:

A = 2 при D = 0,25 м; A = 1,8 при D = 0,25 - 0,60 м; A = 1,6

при D > 0,60 м.

Витяжні шафи різних конструкцій застосовують у хімічних лабораторіях, акумуляторних відділеннях ремонтних майстерень для заряджання акумуляторів, при термічній і гальванічній обробці деталей, фарбуванні виробів, виконанні робіт з полімерами тощо.

Спеціальні kabіни і камери слід застосовувати при фарбуванні деталей машин як технологічні пристрої. Для ефективної роботи кратність обміну повітря в них повинна становити 30-100.

Витяжні зонти широко застосовують у ковальських відділеннях ремонтних майстерень, на робочих місцях паяння або при використанні шкідливих речовин у невеликих кількостях. Типовим застосуванням витяжного зонта є ковальський горн. Щоб забруднене повітря від ковальського горна повністю видалялось, необхідно, щоб він був обладнаний витяжним пристроєм з необхідним подаванням повітря.

Всмоктувальні панелі застосовують на малогабаритних робочих місцях (електрозварювання, ремонт акумуляторів, робота з полімерними матеріалами тощо). Різновиди цього пристрою використовують при ручному зварюванні в закритих посудинах. При цьому приймальна частина (у вигляді лійки) закріплюється безпосередньо біля зони горіння електричної дуги. Зварювальний аерозоль за допомогою такого пристрою відсмоктується (при забезпеченні необхідної швидкості потоку повітря) і видаляється назовні.

Бортові відсмоктувані застосовують для видалення шкідливих речовин у вигляді парів і газів у ваннах для гальванічних покриттів деталей, в електролітичних пристроях, які використовують як електролізні ванни, та інших місткостях, наприклад, у пристроях для електролітичного полірування тощо. При цьому з електролітів, до складу яких входять висококонцентровані кислоти, хромовий ангідрид та інші речовини, видаляються у вигляді пари оксиду хрому і нікелю, ціаністих сполук тощо.

Як правило, бортові відсмоктувані мають форму щілин шириною 40-100 мм і як повітроприймачі розміщені з одного або обох боків ванни (залежно від її ширини). Шкідливі речовини, що утворюються над поверхнею електроліту, особливо при його нагріванні, потоками повітря спрямовуються до приймальної частини щілини, потрапляють до неї і видаляються назовні вентиляційним пристроєм.

Розрахунки щілинних відсмоктувальних пристроїв необхідно проектувати за спеціальними методиками, які більш точно враховують вплив багатьох факторів на ефективність їх роботи.

Дільниці (робочі місця) для безкамерного фарбування транспортних засобів повинні бути обладнані пристроями (гідрофільт-рами) для уловлювання аерозолів фарби.

Приміщення для ацетиленового генератора повинне мати механічну припливну вентиляцію у вибухозахисному виконанні і природну витяжну вентиляцію.

У приміщеннях для ацетиленового генератора потужністю до 20 м<sup>3</sup>/год газоподібного ацетилену допускається улаштування природної припливно-витяжної вентиляції.

Повітря, яке містить горючий пил або горючі відходи, має підлягати очищенню до надходження його у вентилятори. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної вентиляції.

Приміщення для зберігання і профілактичного обслуговування транспортних засобів, у яких можливе швидке підвищення концентрації шкідливих речовин у повітрі, має обладнуватися системою автоматичного контролю за станом повітряного середовища.

Усі вентиляційні установки, за винятком віконних і дахових вентиляторів, повинні розташовуватися в окремих приміщеннях.

Забороняється'.

- працювати у виробничих приміщеннях, де виділяються шкідливі речовини, при несправній або невиключеній вентиляції;
- рециркуляція повітря у виробничих приміщеннях, де виділяються пари, гази або може мати місце різке збільшення концентрації шкідливих і вибухонебезпечних речовин, газу.

Перед здачею в експлуатацію заново змонтованих вентиляційних установок, а також після їх реконструкції і ремонту вони повинні пройти наладку і випробування. При зміні технологічних процесів, а також при перестановці виробничого обладнання, що забруднює повітря, вентиляційні установки повинні бути приведені у відповідність до нових умов.

### 5.3 Класифікація надзвичайних ситуацій природного походження

Джерелом виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру є небезпечні природні явища. Всі надзвичайних ситуацій природного характеру поділяються на 11 класів і 63 групи.

1. Геологічні небезпечні явища включають 6 груп. Землетруси, виверження вулканів, зсуви, обвали, осідання землі, карстові провали.

2. Метеорологічні небезпечні явища включають - 19 груп. Урагани, бурі, снігові замети, налипання снігу, зледеніння, сильні дощі (зливи), великий град, хуртовина, сильний мороз, сильна спека, сильний туман, посуха, заморозки, пилові бури, буреломи.

3. Гідрологічні (морські) небезпечні явища включають 4 групи. Сильне (високе) хвилювання в море, високий або низький рівень моря, ранній льодостав або припай, швидке обледеніння суден.

4. Гідрологічні (прісноводні) небезпечні явища включають 8 груп. Високі рівні води (паводки, повені), маловоддя, затори, низькі рівні води, ранній льодостав і поява льоду на судноплавних водоймах і річках, підвищення рівня ґрунтових вод (підтоплення), снігові лавини.

5. Пожежі в природних екосистемах включають 3 групи. Лісові пожежі, пожежі степових і хлібних масивів, торф'яні пожежі.

6. Інфекційні захворювання людей включають 6 груп. Окремі випадки екзотичних та особливо небезпечних інфекцій (чума, віспа, холера, сибірська виразка, туляремія); групові випадки небезпечних інфекційних хвороб (малярія, черевний тиф, кліщовий енцефаліт). Епідемічний спалах небезпечних інфекційних хвороб (дизентерія, гепатит) Епідемія (грип), пандемія, інфекційні захворювання невиявленої етнології.

7. Отруєння людей включають 5 груп. Отруєння людей в результаті вживання продуктів харчування; отруєння людей в результаті вживання води, отруєння людей токсичними речовинами (окремі випадки, групові випадки, масові випадки).

8. Інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин включають 6 груп:



- окремі випадки небезпечних інфекційних хвороб; епізоотії - широке поширення інфекційних хвороб, властиво масовість, спільність і джерела збудника інфекції (ящур, чума та ін.);
  - панзоотії - вищий ступінь розвитку епізоотії, характерна широким поширенням інфекційної хвороби, що охоплюють країну або кілька країн.
  - не виявленої етнології.
1. Масові отруєння диких тварин включають 1 групу;
  2. Масова загибель диких тварин;
  3. Поразка сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками включають 4 групи;

Медико-біологічна надзвичайна ситуація (МНБС). Сукупність умов і обставин, коли порушено нормальні умови життя та діяльності людей, існування тварин і росту рослин, спричинене масовим поширенням інфекційних хвороб людей і тварин, отруєнням людей і тварин, ураженням рослин хворобами та шкідниками, що може створити загрозу життю та здоров'ю людей, загибелі тварин і рослин. Як відмічене у роботі «Україна, як повноправний член світового співтовариства, приймає безпосередню участь у міжнародних інтеграційних та глобалізаційних процесах в різних сферах діяльності, що в свою чергу, в деякій мірі підвищує ризик виникнення на її території МБНС». Цю тезу можна підтвердити розглянувши тенденцію зростання кількості людей які постраждали в МБНС.

Отруєння людей - спостерігаються в результаті споживання ними неякісних продуктів харчування або води. Таке може статися, коли вживаються продукти з простроченими строком зберігання чи була порушена технологія їх виготовлення і зберігання. Ця проблема дуже актуальна для світу і України. На першому місці серед НС природного характеру знаходяться отруєння людей.

Крім наслідків посилення техногенного тиску на навколишнє середовище, яке призводить до потрапляння в продукти харчування значної кількості хімічних елементів, включаючи важкі метали та інших шкідливих речовин відбувається зниження якості і фальсифікації продуктів харчування які набули масового характеру. В роботі приведені результати перевірки якості груп продовольчих товарів, яка була виконана Держспоживінспекцією України.

Аналіз цих даних, який був проведений в вищевказаній роботі показав що споживання харчових фальсифікатів і їх фальсифікатів більш-менш рівномірно розподілене по всій території України.

Крім того, на думку деяких фахівців існує взаємозв'язок між збільшенням імпорту пальмової олії в Україну та збільшенням смертності від широкого спектру хвороб. Всесвітня Організація Охорони Здоров'я (World Health Organization) засуджує використання пальмового масла в харчовій промисловості. Численні дослідження цієї області довели, що по-перше, пальмова олія містить один з найвищих відсотків насичених жирів, тобто жирів які викликають запальний процес на внутрішній поверхні артерій, який може спровокувати виникнення склеротичних бляшок. Насичені жири підвищують в крові рівень ліпопротеїнів низької щільності в зв'язку з чим високий ризик захворювання атеросклерозом. По-друге, високий вміст насичених жирів в пальмовій олії веде до серцево судинних захворювань, таким як ішемічна хвороба серця, і є однією з найчастіших причин смерті людей.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході дослідницької роботи було проведено аналіз сучасних методів та технологій миття деталей автомобіля. Виявлено, що використання пристрою гідравлічного удару рідини може забезпечити більш ефективне та якісне очищення деталей в порівнянні з традиційними методами.

Досліджено основні параметри та характеристики пристрою гідравлічного удару рідини, що впливають на якість миття. Встановлено, що оптимізація робочих параметрів, таких як тиск, швидкість та кут розпилення, може покращити результати очищення деталей.

Розглянуто різні насадки та сопла, які можуть бути використані в пристрої для досягнення найкращого ефекту миття. Проаналізовано переваги та недоліки кожного з них, визначено оптимальні умови для їх використання.

На підставі проведених досліджень можна рекомендувати вдосконалення технологічного процесу миття деталей автомобіля за допомогою пристрою гідравлічного удару рідини. Це не тільки покращить якість миття, але і знизить витрати ресурсів та скоротить час процесу.

Таким чином, використання гідравлічного удару рідини в процесі миття деталей автомобіля є перспективним напрямком для подальших наукових та практичних розробок в цій галузі.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. Технічний контроль стану дорожніх машин / Малишев В., Кущевська Н., Петренко Т, Докуніхін В. - Університет "Україна", 2022. 252 с.
2. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів [Львів](#) 2017 – 376 с.
3. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - [Ліра-К](#), 2017 – 288 с.
4. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - [Львівська політехніка](#) 2017, - 324 с.
5. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо–кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
6. Гевко І.Б Техніко–економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла–мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Ляшук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21–31.
7. Техніко–економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид–во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
8. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Шашків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид–во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
9. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид–во ТНТУ, 2021. – 194 с.
10. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни«Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» /

О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.

11. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.

12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.

13. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. – Київ: Знання–Прес, 2007. – 527с.

14. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид–во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.

15. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress–strain state elements of the truck semi–trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161–172. ISSN: 0209–3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

16. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247–B258.

17. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress–strain state elements of the truck semi–trailer body bottom (2023) Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, 118, pp. 161–172. (Scopus).

18. Aulina, V., Kropivnya, V., Kuzyka, O., Lyashuk, O., Bosyia, M., Vovk, Y., Kropivnaa, A., Sokol, M., Senyk, A., Slobodyan, L. The Influence of Titanium as a Desferoidizing Element on the Stability of Production of Magnesium Cast Irons with Compacted Graphite (2021) Tribology in Industry - Kragujevac : University of Kragujevac, 4 (43), pp. 654–666. (Scopus).

19. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.

20. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник / Пістун І. П., Хом'як Й. В., Хом'як В. В. – 2-ге вид., стер. – Суми : Університетська книга, 2015. – 374 с.