

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ГІДРОГАЗОВИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

_____ Бадах В. М.

“ ”

20 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

**Тема: «Розробка та дослідження мобільної водоструменевої установки для
очистки злітно-посадочних смуг аеропортів від нашарувань гуми.»**

Виконавець: студент 2-го курсу **Богуняк Роман Юрійович** _____

Керівник: к.т.н., доцент **Бадах Валерій Миколайович** _____

Консультанти з розділів:

Охорона праці: к.т.н., доцент **Казанець Віталій Іванович** _____

Охорона навколишнього
середовища: д.т.н., професор **Фролов Валерій Федорович** _____

Нормоконтролер: к.т.н., проф., **Сивашенко Терентій Іванович** _____

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут Аерокосмічний факультет
Кафедра Гідрогазових систем
Освітній ступінь Магістр
Спеціальність 134 “Авіаційна та ракетно — космічна техніка”
Освітньо — професійна програма “Літаки і вертольоти”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бадах В. М.

“ ” 2020р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи студента

Богуняк Роман Юрійович

1. Тема роботи: “Розробка та дослідження мобільної водоструменевої установки для очистки злітно-посадочних смуг аеропортів від нашарувань гуми”. Затверджена наказом ректора від 05.11.2029 №2210/ст.
2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 по 24.12.2020 рік.
3. Вихідні дані до роботи: нашарування гуми на злітно-посадковій смузі та способи її видалення; предмет дослідження – видалення нашарувань гуми за допомогою струменевої установки високого тиску
4. Зміст пояснювальної записки: основні параметри та характеристики, яким повинна відповідати майбутня установка.
5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: креслення, структурні схеми варіантів проектованої установки, графіки.
6. Календарний план

№ п/п	Етапи виконання роботи	Термін виконання етапів	Відмітка про виконання
1.	Початок роботи над роботою, визначення мети та завдання	05.10.2020	

2.	Робота над розділом 1. Устрій та технічні характеристики установки.	24.10.20	
3.	Робота над дослідною частиною, розділ 2. Експериментальні дослідження характеристик робочого інструменту.	18.11.20	
4.	Робота над розділом 3.	30.11.20	
5.	Робота над розділом 4.	12.12.20	
6.	Підведення висновків.	19.12.20	
7.	Перевірка внесення правок та підписання	21.12.2020	

7. Консультанти з окремих розділів роботи:

Розділ	Консультант	Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	Фролов Валерій Федорович		
Охорона праці	Казанець Віталій Іванович		

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 2020р.

Керівник: _____ Бадах В. М.

Завдання прийняв до виконання: _____ Богуняк Р. Ю.

Дата “ _____ ” _____ 2020р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Розробка та дослідження мобільної водоструменевої установки для очистки злітно-посадочних смуг аеропортів від нашарувань гуми»: 82 сторінки, 35 рисунків, 5 таблиць, 16 використаних джерел, 2 додатки.

СТРУМЕНЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ, НАШАРУВАННЯ ГУМИ, ОЧИСТКА ЗПС, УСТАНОВКА ВИСОКОГО ТИСКУ.

Об'єкт дослідження – нашарування гуми на злітно-посадковій смугі та способи її видалення; *предмет дослідження* – видалення нашарувань гуми за допомогою струменевої установки високого тиску.

Мета дипломної роботи – проектування мобільної водоструменевої установки для очистки ЗПС від нашарувань гуми на базі силового агрегату установки ОРСТ 5/63Д.

Методи дослідження – інженерні методи розрахунків гідроагрегатів, цифрове моделювання процесів.

Розроблено компоновку установки, розраховано її основні конструктивні елементи. Розраховано економічні показники при експлуатації установки. Установлено правила та норми використання водоструменевої установки. Досліджено процеси, що протікають при роботі установки. Розроблено основний робочий інструмент для очистки ЗПС.

Прогнозні припущення щодо розвитку предмета дослідження – автоматизація процесів управління установкою, розробка ефективнішого робочого інструменту.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. РОЗДІЛ 1.УСТРІЙ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ	9
1.1 Призначення.....	9
1.2 Принцип роботи.....	15
1.3 Технічні характеристики.....	16
1.4 Платформа.....	16
1.5 Компоновка та розміщення вузлів та агрегаів.....	18
1.6 Схема подачі робочої рідини вустановку.....	18
1.7 Оцінка техніко-економічної ефективності установки.....	21
1.8 Дизельний двигун.....	23
1.9 Насосний агрегат.....	24
1.10 З'єднувальна муфта.....	27
1.11 Автомат розвантаження насосу.....	29
1.12 Фільтруючі елементи.....	32
1.13 Гідроаккумулятор.....	33
1.14 Роторний диск.....	36
1.15 Робочий спецінструмент.....	38
1.16 Рама.....	39
1.17 Шланги високого і низького тиску.....	39
1.18 Вимоги до аеродромних машин при роботі на льотному полі.....	40
1.19 Запуск.....	41
1.20 Транспортування й зберігання.....	42
2. РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОЧОГО ІНСТРУМЕНТУ	43
2.1 Експериментальна установка для проведення випробувань на функціонування робочого інструменту	43
2.2 Результати експериментальних досліджень	46

3. РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	59
3.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники під час експлуатації проектованої мобільної водоструменевої установки.....	59
3.1.1 Умови праці суб'єкта.....	59
3.1.2 Перелік небезпечних та шкідливих чинників.....	59
3.1.3 Шум на робочому місці.....	60
3.1.4 Вібрації механізмів.....	63
3.1.5 Небезпека рухомих елементів.....	64
3.2 Технічні і організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників.....	65
3.3 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки в робочій зоні водоструменевої мобільної установки.....	66
3.4 Основні правила техніки безпеки, пожежної та вибухової безпеки при ТО, ремонті та експлуатації водоструменевої установки високого тиску.....	69
4. РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	72
4.1 Екологічна експертиза.....	72
4.2 Забруднення навколишнього середовища стічними водами.....	74
4.3 Склад забруднюючих речовин.....	76
4.4 Екологічна оцінка установки.....	78
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРН – автомат розвантаження насосу;

ВАТ – відкрите акціонерне товариство;

ВП – вогнегасник порошковий;

ГДС – гранично допустимі скиди;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина;

ЗПС – злітно-посадкова смуга;

КЗО – комплект захисного одягу;

ПБФ – полімербетонні фільтр;

ПММ – паливно-мастильні матеріали;

ПОПП – проблемно-орієнтовні прикладні програми;

РД – рульова доріжка;

ТУ – технічні умови;

ВСТУП

Водоструменева і водоабразивна техніка високого тиску найбільший розвиток і застосування одержала в останні 20 років, окремі приклади використання силового впливу водяного струменя мали місце в різних країнах. У самостійний напрямок, як напрямок науки, водоструменева техніка виділилася в 60-ті роки минулого сторіччя і поступово почали визначилися області її ефективного застосування, а передові технології у виготовленні ущільнюючих компонентів й конструкційних матеріалах дозволили створити водяні насоси з високим робочим тиском від 400 до 3000 бар. Даний діапазон тисків дає можливість вирішувати широкий комплекс технологічних завдань, включаючи якісну мийку у важко доступних місцях та тяжкозабруднених поверхонь без використання мийних засобів і хімпрепаратів, очищення від таких типів забруднень як: відкладення бітуму, старої фарби, іржі, тощо, а також видалення поверхневих шарів металу, граніту, бетону, будівельного каменю й іншого, за допомогою додавання абразиву.

Досвід передових компаній свідчить, що при виконанні робіт на транспорті, в енергетиці, комунальному господарстві, нафтогазовому комплексі й інших галузях виробництва водоструменева техніка відіграє високу роль та є незамінна.

РОЗДІЛ 1

УСТРІЙ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ

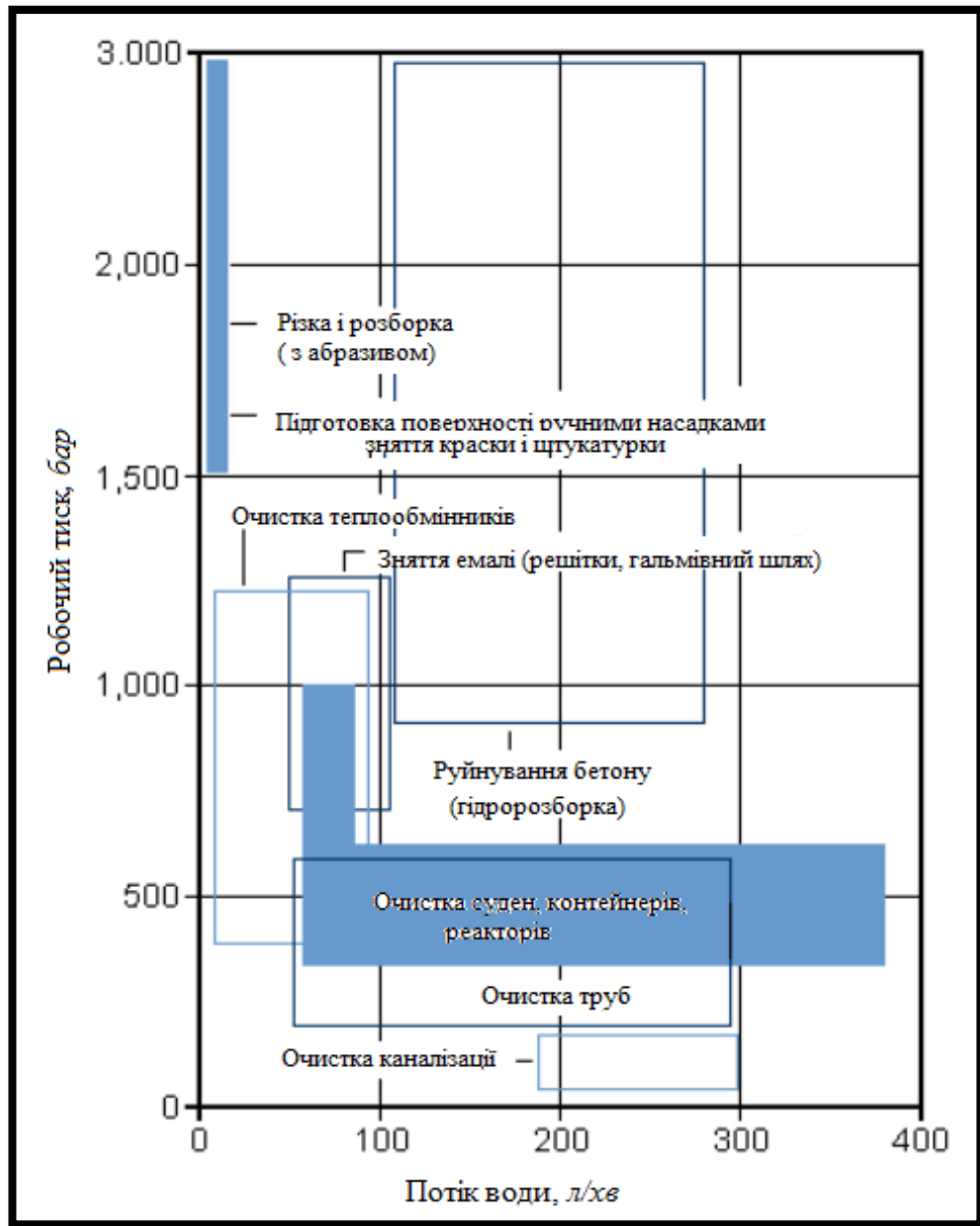
1.1. Призначення

Мобільна водоструменева установка призначена для очистки злітно-посадкових смуг від нашарувань резини, яка залишається після гальмування літаків при посадці, для якісної очистки швів аеродромних плит, очистки освітлювачів злітної смуги та інших елементів смуги, а також забруднених поверхонь які потребують очищення.

Лідерами в області виготовлення водоструменевої техніки є відомі німецькі фірми HAMMELMAN та WOMA, а також американські - AQUA-DYNE та INGERSOL RAND, які пропонують ринку споживачів весь спектр водоструменевого устаткування.

Область застосування водоструменевої техніки визначається робочим тиском . Це означає що кожна задача та процедура має виконуватись під певним тиском, щоб запобігти пошкодженню поверхні, очистка якої проводиться та досягнути бажаного результату.

На мал.1 показано застосування водоструменевої техніки високого тиску в залежності від робочого тиску.



Мал. 1 Застосування водоструменевої техніки високого тиску в залежності від робочого тиску

Очистка ЗПС

При посадці літака відбувається гальмування, шини літака стираються, залишаючи нашарування гуми на злітно-посадковій смузі (ЗПС). Внаслідок цього зменшується тертя та забруднюються білі полоси безпеки, які в результаті стають непомітними. Накопичуючись шар за шаром гума може закривати білі полоси безпеки уже через два - три тижні.

Шари гуми, які залишаються на ЗПС після гальмування літаків помітно зменшують тертя покриття, і це є досить небезпечним чинником.



Рис. 2 Величина тертя злітно-посадкових смуг до і після водоструменевої обробки (Вимірювання: SAAB SurfaceFrictionTester)

Видалення нашарувань гуми проводять декількома методами механічним, хімічним і за допомогою струменів води високого тиску:

- механічний метод полягає у фрезеруванні поверхні. При фрезеруванні нашарування гуми видаляються з поверхні за допомогою спеціального механічного обладнання – фрези. Прибиральні машини після очистки видаляють пил та залишки гуми. Продуктивність такого методу середня та може досягати 500 м²/год.
- хімічний метод полягає у розчиненні резини хімічними реактивами, після чого продукти руйнування змивають водою та видаляють прибиральними машинами або машинами-пилососами.
- метод видалення гумових нашарувань струменем води під високим тиском, виконується спеціальним обладнанням, продуктивність цього методу є високою та може сягати до 800м²/год. Даний метод через значні переваги поступово витісняє усі інші.

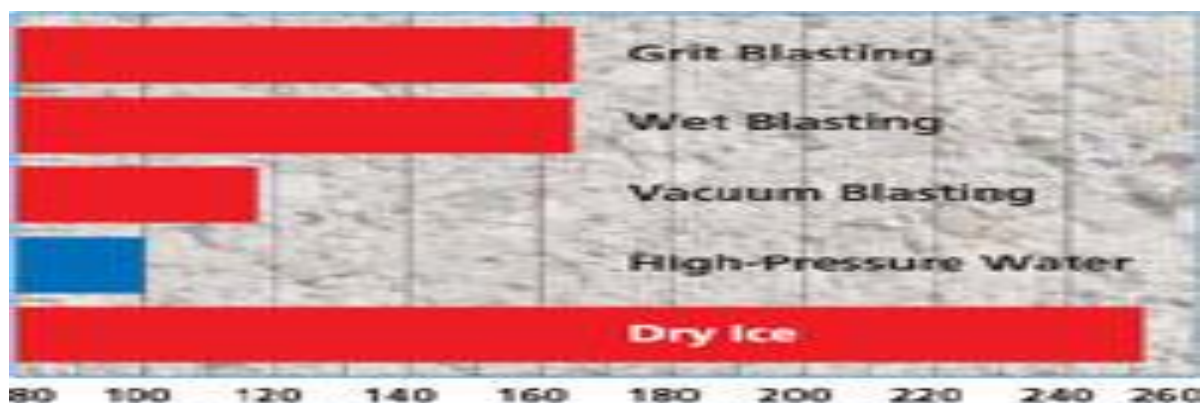
Водоструменева очистка – екологічно чистий спосіб видалення нашарувань гуми, очистки різних поверхонь від забруднень, видалення іржі та лакофарбових покриттів, тощо.



Мал. 3 Порівняння покриття ЗПС до і після очистки

Переваги водоструменевої техніки високого тиску:

- вібрації і рівень шуму при роботі є мінімальними;
- відсутність пилу;
- пошарове видалення покриття без пошкодження основи;
- відсутність механічних пошкоджень і структурних змін основи;
- висока якість очистки і висока ступінь обеззаражування;
- відсутність хімічного впливу і абразивних домішок;



Мал. 4 Порівняння у % конкуруючих методів очистки (Німецько-Французький інститут навколишнього середовища, Карлсрух): GritBlasting – обробка струменем сухого піску; WetBlasting – обробка струменем води з піском; VacuumBlasting -

обробка струменем повітря; *High-Pressure Water*- обробка водоструменевою технікою високого тиску; *Dry Ice*- обробка сухим льодом.

Технологія водоструменевої очистки також є досить ефективною та найдешевшою в порівнянні з іншими технологіями які використовуються.

Проаналізувавши вищезазначене можемо вважати, що найбільш доцільною технологією для очистки ЗПС буде застосування водоструменевого методу. Але для застосування цього методу необхідне обладнання розроблене конкретно під поставлену задачу. На ринку таке обладнання існує, воно ефективне та надійне, але основною проблемою є ціна такого обладнання. Найвідомішими виробниками такого обладнання є розробки німецьких компаній **WOMA** та **Weigel Hochdrucktechnik**:

а) Розробка компанії **WOMA**: *Runway Cleaner*

Дана водоструменева установка працює з тиском до 3000бар і витратою рідини до 187л/хв, існує декілька моделей з потужністю від 147кВт до 780кВт.



Мал. 5 Установка
«*RunwayCleaner*»

б) Розробка компанії WeigelHochdrucktechnik

Дана водоструменева установки використовує систему високого тиску TrackJet. Система TrackJet – це ультраточна водоструменева система надвисокого тиску з автоматизованою сопловою системою. Завдяки робочому тиску в 2500 бар дана система потребує лише 1700 л/год рідини.



Мал. 6 Установка TrackJet

Установки даних виробників експлуатуються на багатьох аеродромах Європи. Проте через дороговизну таке обладнання, можуть дозволити собі не всі. Отже, *завданням* є створення водоструменевої установки, ціна якої буде значно нижчою за ціни існуючих аналогів. Саме цей критерій і визначатиме перевагу розроблюваної установки над іншими. Наприклад, одним із рішень яке суттєво вплине на ціну це платформа, в якості якої можна обрати автомобіль КамАЗ. Дане рішення призведе до економії коштів на автомобілі майже в 2 рази, адже такі відомі марки автомобілів як Mercedes, Volvo, MAN коштують значно дорожче.

Якщо керуватись концепціям розробки відомих виробників, то це призведе до збільшення вартості установки. Наприклад, на закордонних аналогах встановлюється пілосос який прибирає залишки, що утворились після очистки, проте ця додаткова функція коштує дорого і як результат зростання ціни установки.

При необхідності, після очистки можна використовувати звичайну мийну машину, або машину пілосос яка прибере всі залишки.

Установка яка розробляється так як і інші аналоги окрім очистки ЗПС можуть виконувати також інші завдання:

- зняття гуми зі ЗПС;
- зняття дорожньої розмітки;
- очистка і обеззаражування;
- підготовка асфальтових і бетонних покриттів перед нанесенням наступного шару;
- зняття асфальту, бітуму і бетону.

Для розробки установки високого тиску використаємо силовий агрегат який застосовується на установці ОРСТ 5/63Д. Дана установка розробленої на базі науково-дослідних та конструкторських робіт лабораторії кафедри гідрогазових систем літальних апаратів Національного авіаційного університету, силовий агрегат забезпечить нам номінальний тиск 63МПа, цього тиску достатньо для очистки злітно-посадкових смуг.

1.2. Принцип роботи

При виконанні головних завдань - очистки ЗПС – рідина під тиском подається до роторного диску, що змонтований на рамі попереду автомобіля. Диск приводиться в обертання потоком рідини, завдяки тому, що силовий струмінь виходить з сопла під невеликим кутом. Рухаючись з невеликою швидкістю забезпечується очистка смужки шириною 1м (дорівнює діаметру роторного диска).

В установці передбачена безступеневе регулювання тиску в діапазоні від 0 до 800 бар. При цьому номінальний рівень тиску складає 630 бар.

При виконанні додаткових задач використовується спеціальний інструмент. Для користування в такому режимі потрібен оператор, який вручну направлятиме гідропістолет із силовим потоком на поверхні, що потрібно очистити. Перехід на ручний спеціалізований інструмент відбувається закриттям подачі рідини на роторний диск і відкриттям крану подачі на спеціалізований інструмент.

1.3. Технічні характеристики

- використовувана робоча рідинатехнічна вода
- допустима температура робочої рідини.....небільше 70 °С
- допустима температура навколишнього середовища.....від 0 до +40 °С
- допустимий вміст твердих часток:
 - по масі.....не більше 0,2 %
 - по розмірах... ..небільше 0,2 мм
- Потужність привідного дизельного двигуна.....103 квт
- Тиск робочої рідини на виході насоса:
 - номінальний.....63Мпа
 - максимальний.....80Мпа
- Подача робочої рідини насосом.....5 м³/год (83,5 л/хв).

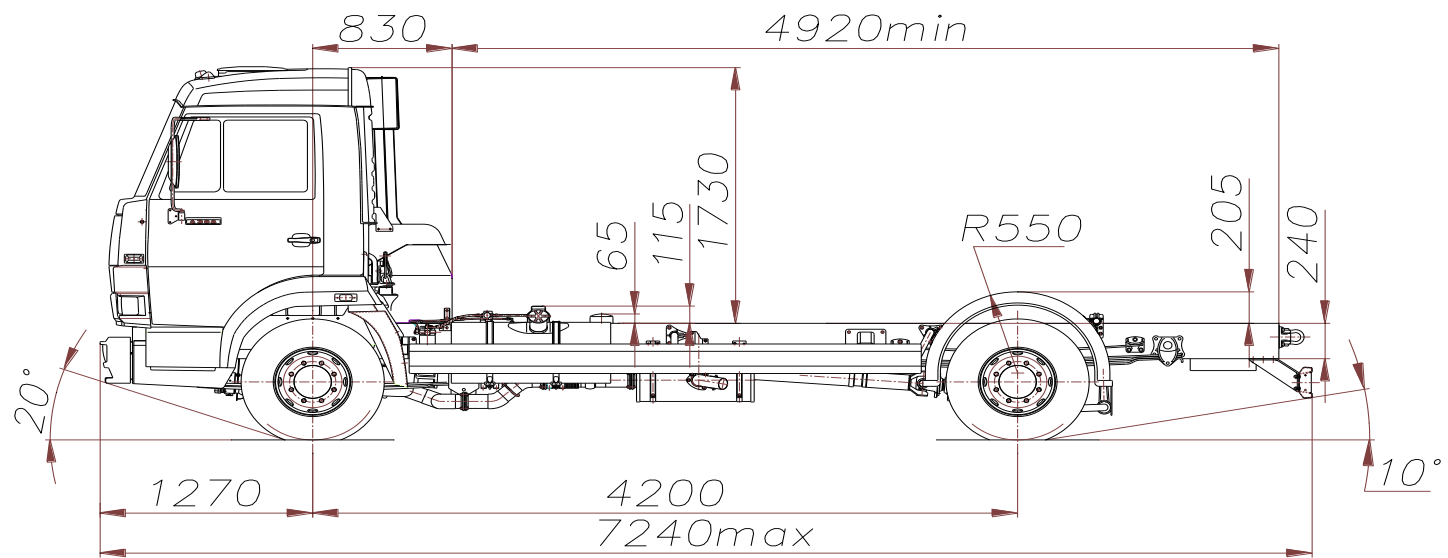
1.4. Платформа

Для забезпечення мобільності установки, застосуємо платформу середньотонажного вантажного автомобіля Камаз 4308.

“Камаз 4308 має наступні характеристики:

- Максимальна швидкість, км/год.....100
- Двигун.....CUMMINSB5.9 180,R-6
- Потужність двигуна, к.с.....180
- Паливний бак, л.....170
- Габаритні розміри, мм:
 - ширина..... 2500
 - висота.....2620
 - довжина.....7225
- Колесна формула:
 - задня вісь.....2×2
 - передня вісь.....2×1
- Середня вартість автомобіля, грн.....300 000
- Маса автомобіля 5900
- Вантажопідйомність, кг.....до 8000”[13].

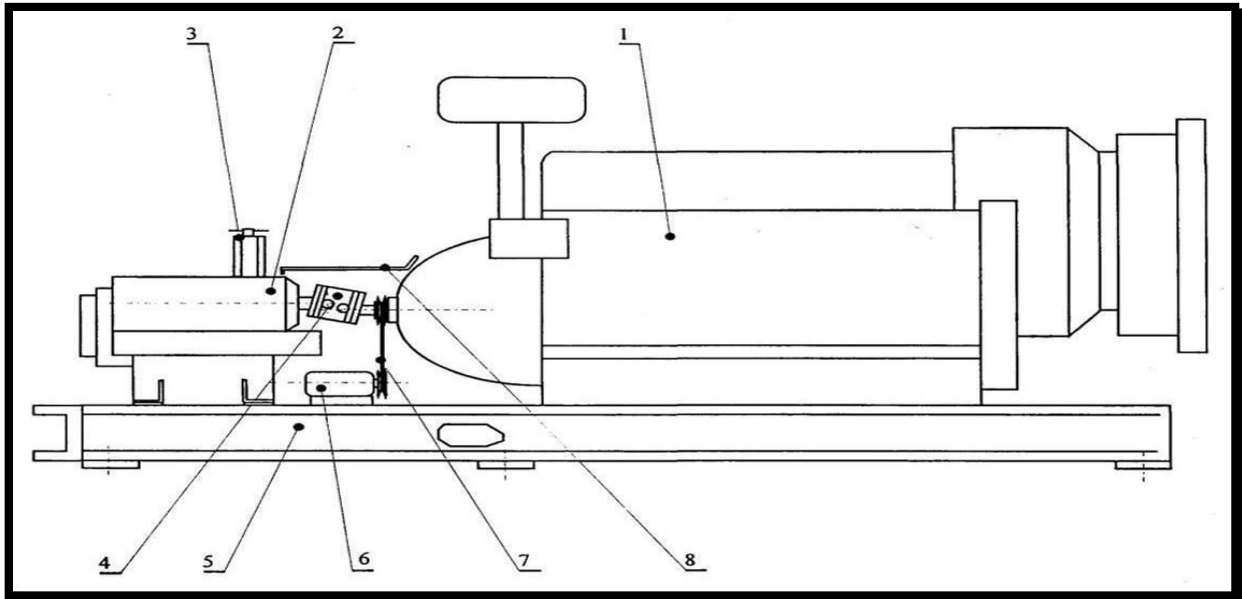
Схема платформи зображена на мал. 7.



Мал.7. Платформа КамАЗ 4308

1.5. Компоновка та розміщення вузлів та агрегатів

В установці високого тиску використовується силовий агрегат який застосовується на установці для очистки поверхонь ОРСТ/63Д. Установка ОРСТ 5/63Д є високоефективною, екологічно чистою і енергозберігаючою. Дана установка приводиться в дію дизельним двигуном



К
270
М2/
1
яки
й
має
пот
ужн
ість
103
квт.

К

270 М2/1 який має потужність 103квт.

Мал.8. Компонування силового агрегату

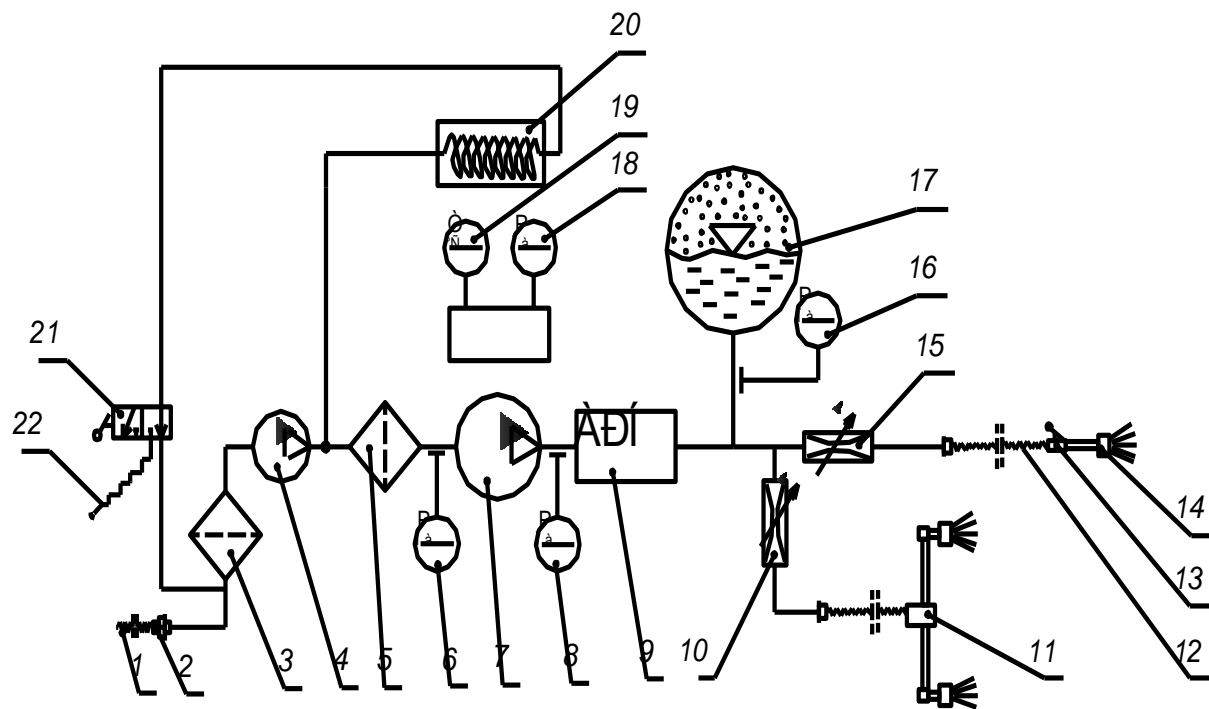
На рамі 5 закріплений дизельний двигун 1, насосний агрегат 2 і насос, що підкачує рідину, 6. Насосний агрегат і дизельний двигун з'єднані муфтою зчеплення й карданним валом 4. Насос підкачування приводиться клиновим ременем 7. Карданний вал і клиноремінна передача закриті кожухом 8.

1.6. Схема подачі робочої рідини в установку

Схема подачі робочої рідини в установку показана на мал.9. Підведення води відбувається самовсмоктуванням за допомогою шланга 1, під'єднаного до швидкокороз'ємного з'єднання 2 через фільтр грубого очищення 3 на вхід насоса підкачування 4. Після насоса підкачування вода прямує у фільтр тонкого очищення

з вмонтованим рукавним передфільтром 5 і потім на вхід насосного агрегату високого тиску 7. Контроль роботи насоса 7 і настроювання регулятора тиску, змонтованого на насосі, здійснюються за допомогою манометра 8. Для охолодження підшипників насоса застосовується відбір води на виході з насоса підкачування 4, що подається в блок системи охолодження 20, а потім подається або на вхід фільтра грубого очищення 3, або назовні за допомогою гідророзподільника 21 і шланга 22.

Після насосу високого тиску встановлено автомат розвантаження (АРН) 9. Для роботи АРН в систему вмонтовується гідропневмоакумулятор 17. Контроль за акумулятором здійснюється манометром 16. Після АРН, робоча рідина поступає до роторного диска 11 (при відкритому крані 10 і закритому крані 15) або через гнучкий рукав 12 до ручного гідропістолету 13 (при відкритому крані 15 і закритому крані 10). Гідропістолет обладнаний швидкороз'ємним з'єднанням для підключення змінного робочого інструмента 14, в залежності від виду робіт може застосовуватись роторна голівка, кругле або плоске моносопло.



Мал.9. Схема подачі робочої рідини в установку

1.7. Оцінка техніко-економічної ефективності установки

Проаналізувавши працю [6], можна виділити такі критерії економічної ефективності.

❖ “Техніко-економічні показники

- приведені питомі затрати: $Z_{\text{пр.питом}} = C_{\text{пит}} + E K_{\text{пит}}$;

$C_{\text{пит}}$ - собівартість одиниці продукції; $C_{\text{пит}} = \frac{C_{\text{зм}}}{P_{\text{зм}}}$;

$C_{\text{зм}}$ - собівартість машино – зміни (грн./зм.). Цей параметр визначає витрати за одну зміну. Витрати складаються з витрат на заробітну плату працівникам та витрати на паливо, що необхідне для роботи установки. Приймаємо, що *тривалість зміни* складатиме 12 год і при цьому заробітна плата для двох працівників, що працюватимуть на установці становитиме 600 грн. Припустимо, що за одну зміну установка працюватиме 4 активних години. Тоді, *витрата палива дизеля за зміну*:

$$V_{\text{п}}^{\text{Дуз}} = C_{\text{г}} N t = 206.2 \cdot 74 \cdot 4 = 61,04 \text{ кг},$$

де $C_{\text{г}}$ - *питома ефективна витрата палива*, г/кВт · год;

N - *необхідна потужність*, кВт; t - *час роботи дизеля*, год;

Об'єм палива становитиме: $V_{\text{п}}^{\text{Дуз}} = V_{\text{п}}^{\text{Дуз}} / \rho = 61,04 / 0,8 = 76,3 \text{ л}$;

Витрату палива автомобіля приймаємо рівною витраті дизеля: $V_{\text{п}}^{\text{Авт}} = 76,3 \text{ л}$;

Отже, *затрати на паливо за зміну* при ціні 10 грн/л становитимуть:

$$C_{\text{п}} = 2 \cdot 76,3 \cdot 10 = 1526 \text{ грн./зм.};$$

Маємо: $C_{\text{зм}} = 600 + 1526 = 2126 \text{ грн./зм}$;

$P_{\text{зм}}$ - *експлуатаційна продуктивність машини в зміну* (м²/зм.), при активній роботі 4 год. становитиме $P_{\text{зм}} = 6000 \text{ м}^2/\text{зм}$;

Отже, $C_{\text{пит}} = \frac{C_{\text{зм}}}{P_{\text{зм}}} = \frac{2126}{6000} = 0,354 \text{ грн./м}^2$;

- питомі капітальні затрати: $K_{\text{пит}} = \frac{Ц}{T_{\text{зм}} P_{\text{зм}}} = \frac{500000}{365 \cdot 6000} = 0,228 \text{ грн./м}^2$;

Ц – *розрахункова вартість машини* (грн.), Ц=500 000 грн;

$T_{зм}$ - число змін роботи машини в році відповідно до встановленого режиму роботи, приймаємо $T_{зм} = 365$;

$K_{пит}$ - тобто сума виробничих основних фондів на одиницю річного випуску продукції;

$E = 0,95$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, що характеризує середній розмір економії від зниження собівартості продукції на 1 рік додаткових капіталовкладень.

Тоді, *приведені питомі затрати*:

$$З_{пр.питом} = C_{пит} + E \cdot K_{пит} = 0,354 + 0,95 \cdot 0,228 = 0,57 \frac{грн}{м^2};$$

❖ **Енергоємність процесу** (оцінюють показником, який визначають як відношення потужності двигуна (дизель $N = 103$ кВт) до продуктивності P_T):

$N = 103$ кВт; $P_T = 25$ м²/хв.,

$$N_{пит} = \frac{N}{P_T} = \frac{103}{25} = 4,12 \frac{кВт \cdot хв}{м^2};$$

❖ **Матеріалоємність** (показник, що визначає затрати матеріалів на одиницю готової продукції):

$$G_{пит} = \frac{G}{P_T} = \frac{7785}{1500} = 5,19 \frac{кг \cdot год}{м^2}, G - \text{маса машини і установки};$$

❖ **Продуктивність**: $P_T = 25$ м²/хв [6].

Основою при вирішенні проблем є вибір підходящого рішення – альтернативи. Це залежить від здатності оцінити ефективність рішення і необхідні для реалізації затрати.

Проаналізувавши відповідні показники отримаємо уявлення про переваги і недоліки. Оцінка по таким параметрам як час, вартість та ефективність дозволяє прийняти рішення про перевагу системи (машини).

1.8. Дизельний двигун

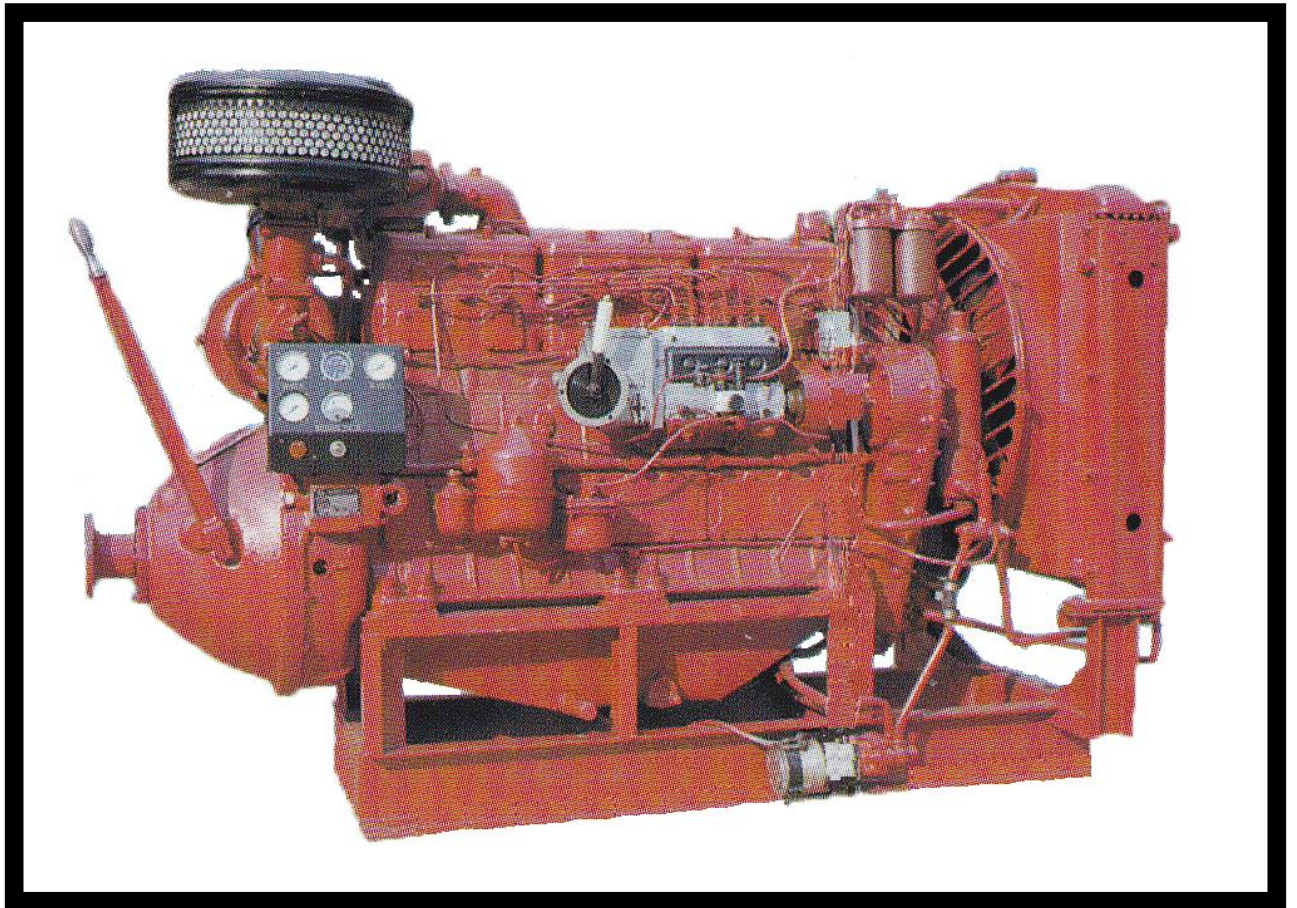
В запропонованій установці використовується дизельний двигун К 270М2/1 (мал.10) виготовлений заводом імені С.М.Кірова ВАТ «Південдизельмаш».

Модель дизельного двигуна К 270 М2/1 має технічні характеристики, які наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

“Технічні характеристики дизельного двигуна К 270М2/1

Марка дизельного двигуна	К 270 М2/1
Номінальна потужність, кВт	103
Частота обертання, що відповідає максимальній потужності, об/хв	1500
Мінімальна стійка частота обертання на холостому ході, об/хв.	не більше 700
Діаметр циліндра, мм	120
Хід поршня, мм	140
Напрямок обертання (зі сторони маховика)	ліве
Маса, кг	875
Питома ефективна витрата палива, г/кВт · год	206,2
Питома витрата масла на угар, г/кВт · год	1,64
Ресурс до першого технічного обслуговування, год	300
Ресурс до капітального ремонту, год	16000
Гарантійне напрацювання дизеля, год	6000
Напрацювання дизеля до заміни масла. Год	800
<u>Габаритні розміри, мм</u>	
довжина	2270
ширина	990
висота	1470
Орієнтовна вартість, грн	96000”[14].



Мал.10. Дизельний двигун К 270М2/1

1.9. Насосний агрегат

В установці застосуємо *трьохплунжерний кривошипний насос 1.3Т-28-3Д1* Свіського насосного заводу. Такий насос призначений для подачі прісної води з температурою до 323К (+50⁰С) та вмістом твердих частинок не більше 0.2% по масі і 0.2мм по розміру в систему гідродинамічної очистки.

“Умовне позначення насосу *1.3Т-28-3Д1* по ТУ У 3.19-05785454-025-95:

1.3 – габарит насосу;

Т – трьохплунжерний кривошипний насос;

28 – діаметр плунжера, мм;

3 – передаточне відношення вбудованого редуктора;

Д1 – виконання по матеріалу – хромована сталь 20Х13, гідравлічна частина без охолодження.

Технічні характеристики насосу для перекачування води на номінальному режимі показані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Параметри насосу на номінальному режимі

Параметри	Показники
Подача, м ³ /год (м ³ /с)	5 (1.25·10 ⁻³)
Вакуометрична висота всмоктування, м	3
Тиск на виході з насосу, МПа	63
Діаметр плунжера, мм	28
Довжина ходу плунжера, мм	95
Частота обертання колінчатого валу, с ⁻¹ (об/хв)	7.82(470)
Потужність насосу, кВт, не більше	74
Встановлений ресурс до капітального ремонту, год., не менше	3000
Середній ресурс до капітального ремонту, год., не менше	6000
Термін служби, років	6”[15].

Робота насосу періодична, система змащування привідної частини – без охолодження.

При установці насоса та двигуна на рамі необхідно звернути увагу на те, щоб півмуфти, встановлені на кінцях насоса і двигуна, були співвісні, зазор між ними повинен бути від 2 до 8 мм.

“Порядок роботи

- Перед пуском насоса лінія всмоктувальної та нагнітальної лінії повинна бути відкрита.
- Клапан регулятора тиску відрегульований на робочий тиск на заводі виробнику.

- У випадку необхідності, регулювання провести стисканням або ослабленням тарільчатих пружин з допомогою регулювального гвинта і контргайки.
- Під час роботи слідкувати за показниками приладів, герметичністю ущільнень, за нагрівом сальників та підшипників і за температурою масла в привідній частині.
- Нагрів масла в картері станини не повинен перевищувати 80°C.
- Тиск масла в маслосистемі привода не повинен бути нижчий 0,05МПа.
- Різкі коливання стрілок приладів, а також шум та вібрація характеризують ненормальну роботу насоса. В такому випадку зупинити насос та усунути неполадки.
- Після закінчення роботи зупинити агрегат.
- Виключити двигун, закрити всі вентиля на трубопроводах.
- У випадку, якщо температура навколишнього повітря нижче 0°C, необхідно звільнити гідравлічну частину від перекачування рідини.
- При тривалій перерві в роботі насоса проточну частину необхідно законсервувати”[5].

1.10. З'єднувальна муфта

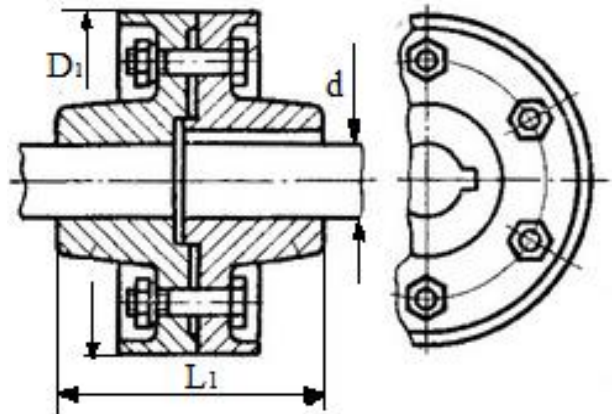
Для з'єднання валів дизельного двигуна та гідронасоса застосуємо глуху муфту. Глуха муфта використовується для постійного з'єднання співвісних валів в одну жорстку лінію.

Розрахунок виконаємо по методиці розглянутій у праці [7]. За основу візьмемо максимальні параметри які будуть передаватись через муфту.

Такими параметрами є:

- ✓ Потужність $N = 103 \text{кВт}$
- ✓ Частота обертання $n = 1500 \text{об/хв}$

Використаємо фланцеву муфту закритого типу (мал.11), для того, щоб її використати також як шків ремінної передачі.



Мал.11 Муфта закритого типу

“Вибираємо муфту по нормалях машинобудування **МН 2726 -61-**
МН 2729 -61.

Діаметр з'єднувальних валів - $d=55$;

Зовнішній діаметр муфти - $D_1= 190$;

Ширина муфти - $L_1=220$;

Допустимий $M_{кр}$: для сталі - $M_{кр}=120 \text{кгс}\cdot\text{м}$;

для чугуну- $M_{кр}=70 \text{кгс}\cdot\text{м}$.

- Максимальний крутний момент, що може розвинути дизель:

$$N = M \cdot \omega ; \Rightarrow M = \frac{N}{\omega} ,$$

де M – момент сили; ω - кутова швидкість; n – число обертів.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1500 \text{ об/хв}}{60} = 157 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$N = 103 \text{ кВт} = 103000 \text{ Вт} = 10300 \text{ кгс} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1};$$

$$M = \frac{10300 \text{ кгс} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}}{157 \text{ с}^{-1}} = 65,6 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Отже вибираємо чугунну муфту з допустимим $M_{\text{кр доп}} = 70 \text{ кгс} \cdot \text{м}$.

Фланцеві муфти забезпечують найбільш точне, жорстке і міцне з'єднання валів. Поряд з цим, вони здатні передавати значні крутні моменти.

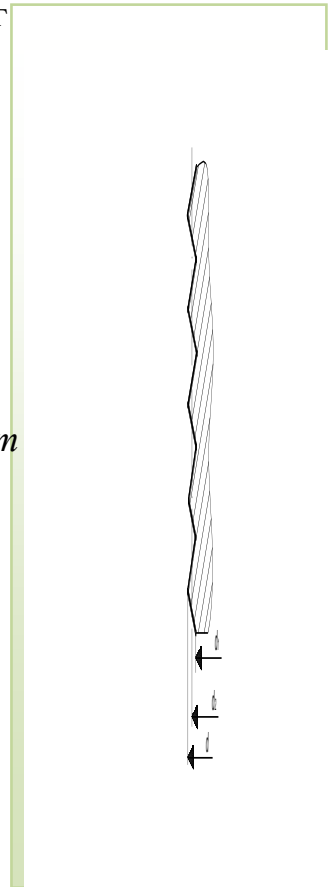
Крутний момент передається муфтою за рахунок тертя між торцевими поверхнями півмуфт, що викликано затяжкою болтів, поставлених в отвір з зазором. В цьому випадку болти розраховуються на розтяг по силі затяжки, яка при середньому радіусі поверхні тертя

$\frac{D+d_4}{4}$ приблизно розраховується по формулі:

$$Q = \frac{4 M_{\text{кр}} k}{(D+d_4) z f},$$

де Q - сила затяжки одного болта в кгс; $M_{\text{кр}}$ - крутний момент в кгс·см; D і d_4 - діаметри в см (мал.12); f - коефіцієнт тертя ($f=0,1 \dots 0,2$); z - число болтів; k - коефіцієнт режиму роботи муфти (при дії змінного навантаження $k=1,8-2$). При $k=1$ маємо:

$$Q = \frac{4 M_{\text{кр}} \cdot k}{(D_1 + d_1) z f} = \frac{4 \cdot 65,6 \text{ кгс} \cdot \text{м} \cdot 1}{(0,2 + 0,055) \cdot 6 \cdot 0,15} = \frac{262,4}{0,2235} = 1143,4 \text{ кгс}$$



Мал.12.

Елемент різьби болта муфти

- Внутрішній діаметр різьби:

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,34 F_{\text{зам}}}{[\sigma_p] \pi \cdot i}} = \sqrt{\frac{1,34 \cdot 1143,4 \text{ Н}}{20 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 1}} = \sqrt{0,0001578} = 0,01256 \approx 12,5 \text{ мм};$$

Приймаємо: $d_1 = 13 \text{ мм}$, тоді зовнішній діаметр

різьби $d=16\text{мм}$.

$$\delta_p = \frac{1,3 F_{зам}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{1,3 \cdot 4 F_{зам}}{\pi d_1^2 \cdot i} \leq [\delta_p] = 120 \text{ МПа}$$

- Умови міцності при розтяганні: , де 1,3 – к-нт закрутки ; i – число площини зріза (у нашому випадку $i=1$).

$$\delta_p = \frac{1,3 \cdot 4 \cdot 11434}{3,14 \cdot 0,013^2 \cdot 1} = 112043,116 \text{ Па} = 112,04 \text{ МПа}$$

$$\delta_p = 112,04 \text{ МПа} < [\delta_p] = 120 \text{ МПа} \quad \text{»[7].}$$

Умова необхідної міцності виконується.

1.11. Автомат розвантаження насосу

У період між робочими операціями потужність яка вимагається від насосу може бути змінною. Для вирішення цієї задачі забезпечимо розвантаженні насосу постійної подачі шляхом зменшення тиску за насосом за допомогою автомату розвантаження насосу.

“Розрахунок необхідних характеристик АРН.

$$N = \Delta p Q, \text{ де } \Delta p = p_H - p_{BC},$$

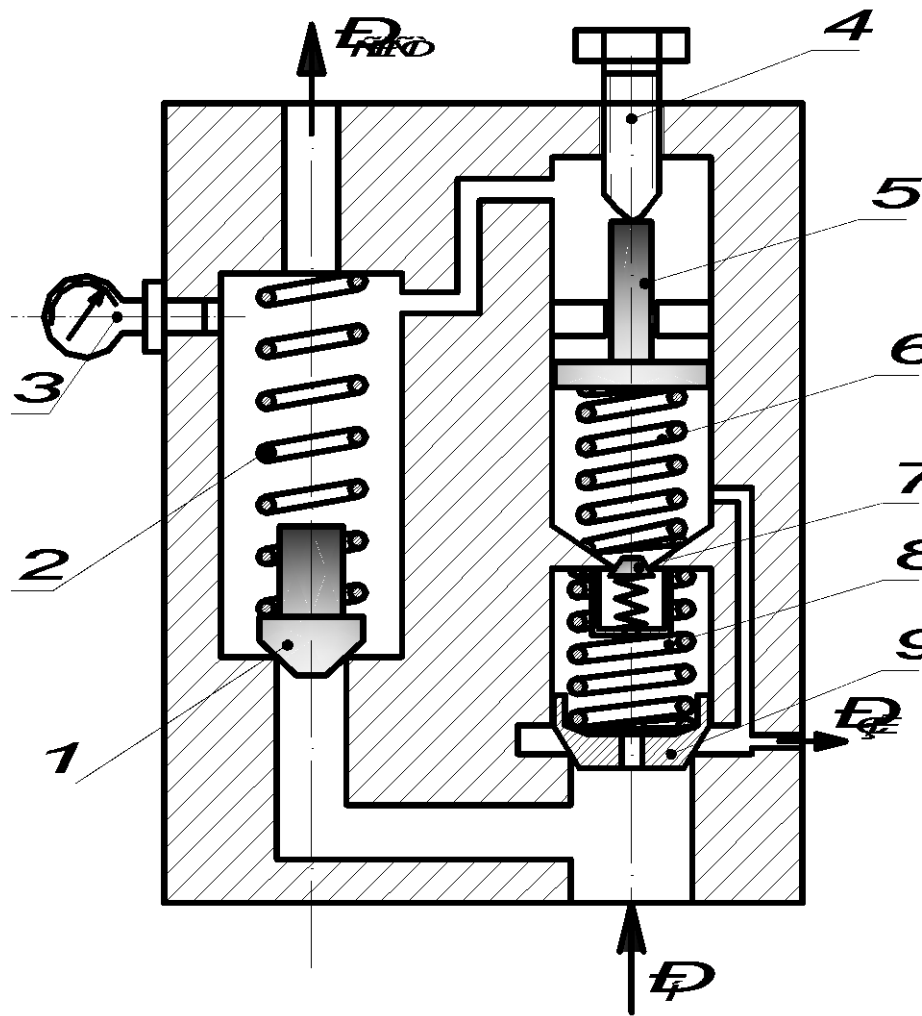
де p_H - тиск в лінії нагнітання за насосом; p_{BC} - тиск усмоктування на вході у насос;
 Q - подача насосу.

Відомо:

а) робочий тиск: $p_{роб} = 63 \text{ МПа}$;

б) максимальний тиск: $p_{max} = 80 \text{ МПа}$;

в) подача насоса: $Q = 5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 83,5 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$.



Мал.13 Автомат розвантаження насосу

- 1-зворотній клапан; 2-пружина зворотнього клапану; 3-манометр;
4-регулюючий гвинт; 5-поршень-датчик; 6-пружина датчика;
7-перепускний клапан; 8-пружина поршня; 9-поршень.*

Розрахунок

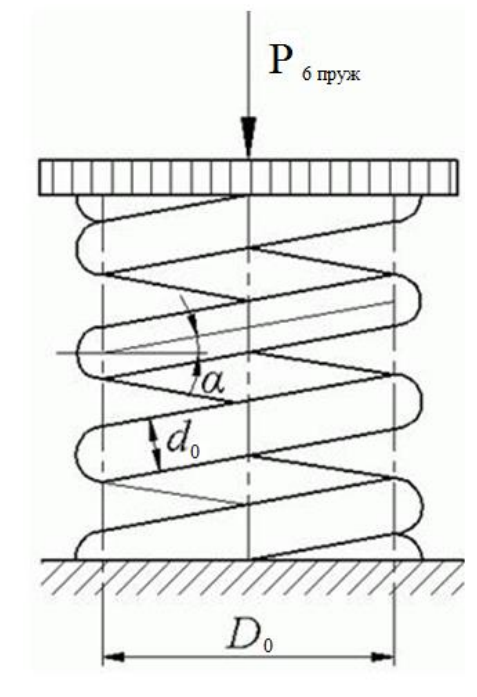
- Максимальна сила пружини датчика

$$P_{6\text{MAX}} = (p_{\text{MAX}} - p_{\text{зп}}) S_5 = (800 - 0) \frac{3.14 \cdot 0.5^2}{4} = 157 \text{ кг} ;$$

приймаємо $P_{6\text{MAX}} = 160 \text{ кг}$

- Тиск спрацювання задаємо - $p_{\text{спрац.}} = 70 \text{ МПа}$, тоді сила в момент спрацювання:

$$P_{\text{спрац.}} = p_{\text{спрац.}} S_5 = 700 \frac{3.14 \cdot 0.5^2}{4} = 137 \text{ кг}$$



РАХУНОК ПРУЖИНИ ДАТЧИКА(6)модуль пружини:

$$m = \frac{D_0}{d_0} = 6 \quad \text{- приймаємо з конструктивних міркувань;}$$

діаметр проволочки пружини:

$$\sqrt[3]{\frac{8 P_{MAX} m}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{1.17 \cdot \frac{8 \cdot 160 \cdot 6}{3.14 \cdot 5000}} = \sqrt[3]{0.572} = 0.76 \text{ мм};$$

правочний коефіцієнт, при $m=6$, $k=1.17$;

устиме крутильне навантаження, $[\tau]=500 \text{ МПа}$ для

пружинної сталі з $d_0 \leq 6 \text{ мм}$

сталі 60С2А);

0.76 мм, приймаємо $d_0=3 \text{ мм}$ - з

Мал. 14 Розрахункова схема пружини датчика

конструктивних міркувань для забезпечення необхідної жорсткості пружини.

$$D_0 = d_0 m = 3 \cdot 6 = 18 \text{ мм}$$

- Середній діаметр пружини:

- Робоча просадка пружини дорівнює ходу поршня датчика:

задаємо конструктивно - $\lambda_P = 12 \text{ мм}$;

- Кількість витків пружини:

$$n = \frac{G d_0^4 \lambda_P}{8 D_0^3 \Delta P} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 3^4 \cdot 12}{8 \cdot 18^3 \cdot 230} \approx 7.2$$

де $G=8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ - модуль зсуву;

$\Delta P = P_{MAX} - P_{спрац} = 1600 - 1370 = 230 \text{ Н}$ - приріст навантаження;

Повне число витків пружини стиснення повинне бути більше числа робочих витків, так як крайні витки, які упираються, фактично не беруть участі в деформації пружини. Тому приймаємо: $n_{повн} = 9$

- Попереднє стиснення пружини:

$$\lambda_{\Gamma} = \frac{8 D_0^3 P_{спрац} n}{G d_0^4} = \frac{8 \cdot 1370 \cdot 18^3 \cdot 7.2}{8 \cdot 10^4 \cdot 3^4} = 71 \text{ мм} ;$$

- Крок робочих витків: приймаємо $t = 14 \text{ мм}$

- Довжини пружини:

а) довжина повністю стисненої пружини: $H_{\max} = d n_{\Gamma} = 3 \cdot 9 = 27 \text{ мм} ;$

б) довжина установки: $H_{\text{нижн.}} = H_0 - \lambda_{\Gamma} = 126 - 71 = 55 \text{ мм} ;$

в) довжина при дії сили P_{\max} : $H_{\text{верхн.}} = H_{\text{нижн.}} - \lambda_P = 55 - 12 = 43 \text{ мм} ;$

г) довжина вільної пружини: $H_0 = H_{\max} + (t - d_0) n = 27 + (14 - 3) \cdot 9 = 126 \text{ мм} , [6].$

1.12. Фільтруючі елементи

Робоча рідина перед тим як потрапити до гідромотора повинна пройти очистку. Для виконання цієї умови є застосуємо фільтр.

Фільтруючі елементи мають циліндричну конструкцію сформовану з пористого матеріалу, що складається з неорганічних часток і сполучений на основі поліефірних смол.

Корпус фільтра дозволяє реалізувати модульний принцип побудови системи. Залежно від необхідної продуктивності фільтрації робочої рідини в корпус можливо встановити необхідну кількість фільтруючих елементів (модулів) тим самим забезпечуючи відповідні параметри системи. Крім того технологія дозволяє виготовляти фільтруючі елементи практично будь-яких розмірів і форм, що дає можливість адаптувати їх під наявні корпуси фільтрів.

Дані фільтри знайшли широке застосування у таких напрямках як:

- фільтрація питної води;
- фільтрація стічних вод й водопостачання;
- фільтрація пально-мастильних матеріалів;
- фільтрація харчових рідин (соки, пиво, вино й ін).

У цей час налагоджено виробництво двох типорозмірів фільтруючих елементів ПБФ-1 і ПБФ-2.

Таблиця 1.3

Основні характеристики фільтруючих елементів

Найменування параметра	Значення параметра	
	ПБФ-1	ПБФ-2
Габаритні розміри (мм)		
• Довжина	250	245
• Зовнішній діаметр	230	110
• Внутрішній діаметр	170	60
Тонкість фільтрації (мкм)	30	30
Перепад тиску на фільтруючому елементі не більше (МПа)	0,05	0,05
Продуктивність по воді при перепаді тиску 0,02МПа (м. куб/ч)	6	4,5
Температура рідини не більше (°З)	60	60
Маса (кг)	5	3,5

Орієнтовна вартість фільтруючих елементів:

ПБФ-1 - 200 грн. ПБФ-2 - 150 грн.

1.13. Гідроаккумулятор

Призначення гідропневмоаккумулятора в даній системі – це забезпечення роботи автомата розвантаження насосу, який потрібен для зменшення потужності насосу при перериві в його роботі.

В даній системі використаємо сферичний діафрагменний акумулятор. З об'єктом $W_0=5л=0,005м^3$. Сферичний акумулятор відрізняється від циліндричних компактністю і малою вагою.

Для розрахунку параметрів акумулятора, скористаємось працями [2,7].

“Для розрахунку гідропневмоаккумулятора відомо наступні параметри:

P_1 – тиск початку зарядки ($P_1=70МПа$);

P_2 – тиск в кінці зарядки ($P_2=80МПа$);

W_0 – конструктивний об'єм ($W_0=5\text{л}$).

Запишемо зв'язок параметрів через рівняння політропи:

$$\frac{W_1}{W_0} = \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}}; \quad \frac{W_2}{W_0} = \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}},$$

де W_1 - об'єм газу при P_1 ; W_2 – об'єм газу при P_2 ; P_0 – початковий тиск в акумуляторі; n – показник політропи. (при $n=1$ маємо ізотермічний процес).

Числове значення показника політропили можемо встановити лише для конкретних умов з врахуванням інтенсивності стиснення або розширення повітря і умов відведення тепла. Якщо наповнення акумулятора рідиною представляє собою повільний процес, то значення n буде близьким до 1. В нашому випадку акумулятор матиме швидкий цикл зарядки та розрядки, тому показник політропи приймаємо $n=1,1$.

Розрядка акумулятора звичайно відбувається інтенсивніше ніж зарядка, в наслідок чого при розширенні повітря температура його значно змінюється, що впливає на величину тиску. Однак для спрощення розрахунків значення показника політропи при розрядці приймемо рівним його величині при зарядці.

- Початковий тиск в акумуляторі P_0 : $P_0=(0,9\dots 1)P_1$

Але для збільшення корисного об'єму акумулятора ($W_k=W_1-W_2$) і відповідно для збільшення енергоємності вигідно приближати P_0 до значення P_1 , тому приймемо **$P_0=P_1=70\text{МПа}$**

- Об'єм газу при P_1 :

$$W_1 = \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}} W_0 = \left(\frac{70}{70}\right)^{\frac{1}{1,1}} \cdot 5 = 5 \text{ л};$$

- Об'єм газу при P_2 :

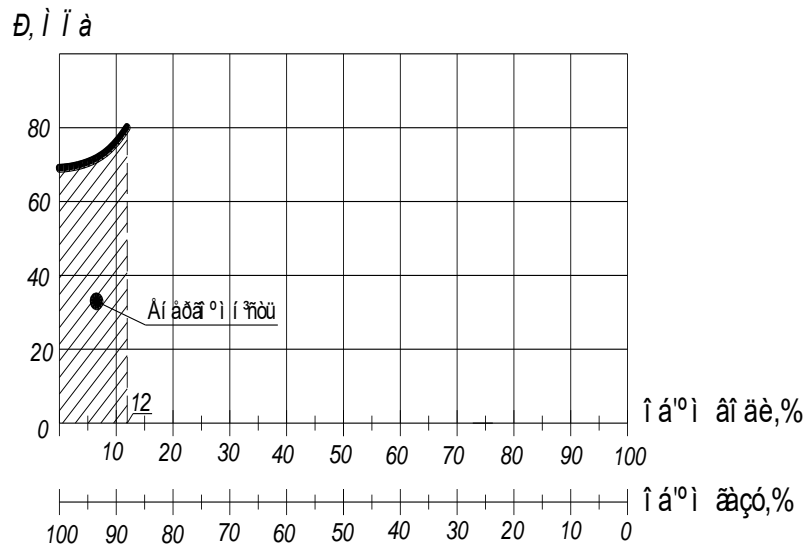
$$W_2 = \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}} W_0 = \left(\frac{70}{80}\right)^{\frac{1}{1,1}} \cdot 5 = 4,4 \text{ л};$$

- Корисний об'єм акумулятора: $W_k=W_1-W_2=5-4,4=0,6 \text{ л}$;

- Енергоємність гідроневмоакумулятора:

$$E = W_0 \cdot P_0 \cdot \ln \frac{P_2}{P_1} = 0,005 \cdot 70 \cdot 10^6 \cdot \ln \frac{80}{70} = 46736 \text{ Н} \cdot \text{м (Дж)};$$

. Графік процесу стиснення повітря в акумуляторі:



Деф. 2.7 Ī ðí òáñ ñò èñí áí í ý á àéóí óëýò ĩ ðí

. Розрахунок гідропневмоакумулятора на міцність:

Розрахунок товщини стінок S:

Для нержавіючоїлегованоїсталі: сталь 08X22Н6Т $\sigma=590\text{Па}$

$$S = \frac{P_{\max} \cdot D}{4\sigma}$$

де D - внутрішній діаметр сфери; σ - допустиме напруження на розрив для матеріалу ($\sigma=590\text{МПа}$).

Якщо конструктивний об'єм акумулятора

$$W_k = 5 \text{ л, то } W = \frac{4}{3} \pi r^3; r^3 = \sqrt[3]{\frac{W}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{0,005}{4 \cdot 3,14}} = \sqrt[3]{0,00119}; r = \sqrt[3]{0,00119} = 0,106 \text{ м};$$

Отже діаметр акумулятора - $D=2r=2 \cdot 0,106=0,212\text{м};$

$$S = \frac{80 \text{ МПа} \cdot 0,212 \text{ м}}{4 \cdot 590} = 0,00718 \text{ м} = 7,2 \text{ мм.}$$

Тоді:

. Підвищення температури:

$$\frac{t_2+273}{t_1+273} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{n-1}{n}}; (t_2+273) = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{n-1}{n}} \cdot (t_1+273) = \left[\frac{80}{70} \right]^{\frac{1,1-1}{1,1}} \cdot (t_1+273) = 1,6122 \cdot (t_1+273);$$

t_1 – температура перед початком зарядки акумулятора;

t_2 – температура після зарядки.

Якщо наприклад $t_1=20^\circ\text{C}$, то $t_2=(1,0122 \cdot 293)-273=296,6-273=23,6^\circ\text{C}$.

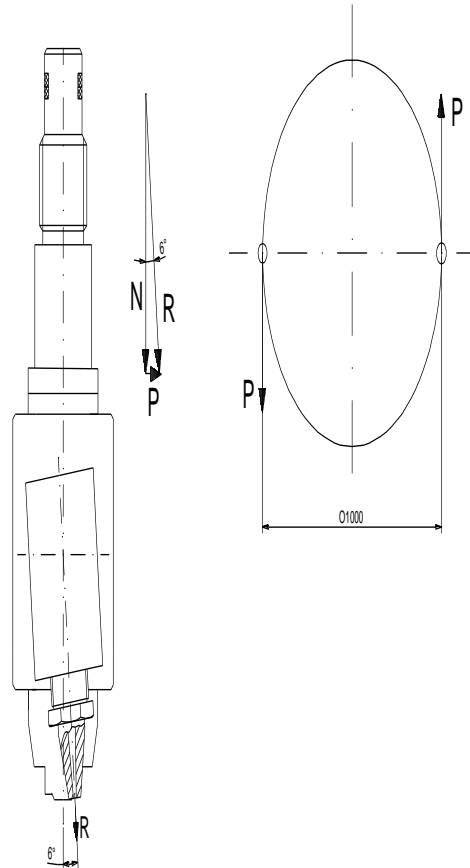
Підвищення температури є несуттєвим, тому у відношенні пожежної безпеки гідроакумулятор є *безпечним*”[2,7].

1.14. Роторний диск

Для роботи водоструменевої установки в основному режимі (очистка ЗПС) використовується ротор типу «роторний диск». Це роторна головка з великим діаметром розміщення сопел. В розроблюваній установці діаметр сопел роторного диску – 1м.

Роторний диск складається з сідла на якому встановлено корпус. На корпусі закріплено стакан. Корпус з стаканом обертаються відносно сідла на гідравлічній подушці, яка утворюється завдяки виконанню в сідлі проточок. Обертання відбувається під дією крутного моменту, що утворюється при виході струменя під кутом. . Діаметр вихідного отвору сопла становить – 1,6 мм. . Роторний диск монтується на рамі, що кріпиться до переднього бампера автомобіля. Між вихідним отвором сопла і поверхнею яка очищується забезпечується відстань – 15см. Така відстань забезпечить необхідний вплив на очищувану поверхню, а також потрібну ширину кругової смужки при обертанні.

“РОЗРАХУНОК КРУТНОГО МОМЕНТУ



- Швидкість витікання рідини із сопла:

$$V = \phi \sqrt{2gH} = \phi \sqrt{\frac{2p}{\rho}} = 0.95 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 63 \cdot 10^6}{1000}} = 337.2 \text{ м/с};$$

ϕ - коефіцієнт швидкості, приймаємо $\phi = 0.95$

- Діаметр вихідного отвору сопел (знайдемо необхідний діаметр сопел для реалізації усієї подачі та перепаду тиску насоса):

$$Q = 2 S_0 V = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{OTB}^2}{4} V = 0,00139 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$d_{OTB} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00139}{\pi \cdot 337,2}} = 0,0016 \text{ м} = 1,6 \text{ мм};$$

У дод. А наведено проливні характеристики сопел при різних значеннях діаметру та при значеннях $\square = 1$ та $\square = 0,63$. У дод. Б наведено результати моделювання течії потоку через сопло у програмі SolidWorksFloXpress.

- Реактивна сила одного сопла:

$$F_{p} = - V \cdot \frac{dm}{dt} = - V \cdot Q_M = - V \cdot Q / 2 \cdot \rho = - 337 \cdot 2 \cdot \frac{0.00139}{2} \cdot 1000 = 234,35 \text{ H} = 23,4 \text{ кг};$$

- Повна реактивна сила: $F = 2 F_p = 2 \cdot 23,4 = 46,8 \text{ кг};$

- Нормальна сила N та крутильна сила P :

$$N = F_p \cos \alpha = 128,5 \cos 6^\circ = 234,35 \cdot 0,9945 = 233 \text{ H};$$

$$P = F_p \sin \alpha = 128,5 \sin 6^\circ = 234,35 \cdot 0,1045 = 24,5 \text{ H};$$

- Крутний момент:

$$M_{kp} = 2 P r = P D = 24,5 \cdot 1 = 24,5 \text{ H} \cdot \text{м.} \text{ »[2,6].}$$

1.15. Робочий спецінструмент

Окрім роторного диску, на установці передбачено окремий модульний спецінструмент. При необхідності інструмент може бути підключений до установки. Наявність такого доповнення розширює сферу застосування водоструменевої установки. Робочий спецінструмент застосовується для ретельної очистки швів аеродромних плит, для очистки освітлювачів злітної смуги та інших забруднених поверхонь, які недоступні для очищення ротором.

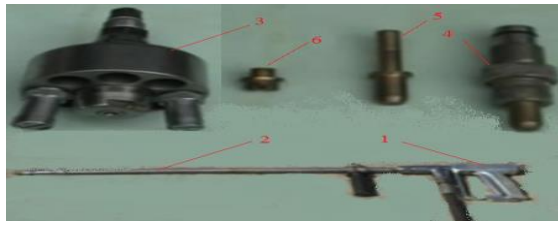
Спецінструмент складається з : гідропістолета, подовжувального шлангу і комплекту змінного інструменту в складі: роторної голівки, перехідника-тримача для моносопел, круглемоносопел і плоскемоносопел.

Гідропістолет при натисканні на спусковий пристрій подає робочу рідину під тиском у відповідний робочий інструмент і далі на поверхню яка очищується.

Кругле моносопло здійснює найбільший вплив на очищувану поверхню й призначений для видалення технологічних забруднень, які не вдається видалити за допомогою роторної голівки, а також для очищення важкодоступних місць і різання цегли, асфальту, бетону й т.п.

Плоске моносопло використовується для видалення легких забруднень при мийці й очищенні протяжних поверхонь.

Для кожного типу забруднень, використовується один із зазначених видів інструмента.



Мал. 15. Робочий спецінструмент

*1 - гідропістолет, 2 - подовжувальна штанга, 3 - роторна голівка,
4 - перехідник-тримач для моносопел, 5 - кругле моносопло,
6 – плоске моносопло.*

1.16. Рама

Для кріплення роторного диска до автомобіля застосовується рама. Рама по своїй конструкції проста. Кріпиться до переднього бампера автомобіля. Щоб підняти роторний диск від землі для його огляду або заміни на рамі змонтований пневмоциліндр. Для роботи циліндра використовується повітря яке підводиться від пневмосистеми автомобіля. Для опори рами застосовуються чотири колеса малого діаметра, це забезпечує стійкість рами.

1.17. Шланги високого і низького тиску

Для подачі робочої рідини з баку до насоса підкачування, від насоса підкачування до насосного агрегату, а також для подачі робочої рідини до роторного диску та робочого спецінструменту застосовуються шланги низького та високого тиску.



Для подачі робочої рідини з баку до насоса підкачування і потім до насосного агрегату будемо застосовуються шланги низького тиску фірми HYDROSCAND.

«Шланги для низького тиску мають наступну структуру: внутрішній шар – синтетичний каучук, зовнішній шар –

атмосферостійкий синтетичний каучук, армування – одна обвідка із сталеві проволоки. Внутрішній діаметр шлангу низького тиску 1,5 дюйма (38,1мм). Призначенні для робочого тиску 5МПа. Вага 1,41 кг/м. Для установки необхідно 1,5м такого шлангу і 4 коліна низького тиску, так як радіус перегину шлангу - >500мм»[14].

Для з'єднання шлангів з колінами та з іншими елементами використовуються обжимні втулки, які надаються у комплекті з шлангами. Потрібна кількість – 8шт

Для подачі робочої рідини до роторного диску та до робочого спецінструменту використаємо шланги високого тиску тієї ж фірми.

“Шланги для високого тиску мають наступну структуру: внутрішній шар – синтетичний водостійкий каучук, зовнішній шар – каучук з підвищеною стійкістю до стирання, армування – чотири сталеві спіралі. Внутрішній діаметр шлангу високого тиску 0,5 дюйма (13мм). Зовнішній діаметр – 27,8мм. Призначенні для робочого тиску 100МПа. Вага 1,25 кг/м. Радіус перегину шлангу - >200мм. Для установки необхідно 7,5м такого шлангу для лінії подачі до роторного диску та 40м для лінії подачі до спецінструменту. Шланг лінії подачі до спецінструменту намотується на барабан, що встановлений на кузові”[14].

1.18. Вимоги до аеродромних машин при роботі на льотному полі

- “Всі аеродромні машини, допущені для робіт на ЗПС, рульових доріжках (РД), перонах, повинні бути обладнані габаритними та проблісковими вогнями, які вмикаються під час роботи незалежно від часу доби, а також засобами внутрішнього аеродромного зв'язку;
- Пробліскові вогні, встановлені на аеродромних машинах, повинні бути жовтого кольору, мати ефективну силу світла не менше 40 кандел (кд) з частотою спалахування 75 ± 15 разів за хвилину;
- Кожна машина, що працює на ЗПС і РД, повинна бути обладнана буксирувальним пристосуванням та тросом, засобами пожежогасіння та медичною аптечкою;

- Допуск на ЗПС і РД технічно несправних машин та механізмів, необладнаних засобами сигналізації і зв'язку, забороняється;
- При роботі на ЗПС та РД засоби радіозв'язку, габаритні та проблискові вогні, що встановлені на машині, вимикати забороняється;
- Радіофіковані аеродромні машини повинні управлятися водіями, навченими правилам ведення внутрішнього аеродромного зв'язку;
- При отриманні відповідної команди по каналах зв'язку, працюючі на ЗПС та РД, зобов'язані зупинити роботу і негайно вивести техніку в установлене місце;
- У випадку виходу із ладу засобів зв'язку на аеродромній машині, вона негайно відводиться з льотного поля і не повинна працювати до усунення несправностей;”[15].

1.19.Запуск

- ✓ “відкрити кришки, що забезпечують доступ до приладів керування й контролю силового агрегату;
- ✓ відкрити краном необхідну робочу магістраль (або до роторного диску, або до спецінструменту), інша повинна бути закрита;
- ✓ при роботі зі спецінструментом приєднати до гідропістолета штангу з відповідним робочим інструментом;
- ✓ запустити дизель, для чого:установити рукоятку регулювання подачі палива в дизель у положення пуску (вертикально);установити важіль муфти зчеплення в положення «виключене»;перевірити наявність масла в піддоні й паливному насосі, охолодній рідині в розширювальному бачку й радіаторі й палива у видатковому баці;повернути в крайнє ліве положення вимикач «Прокачування» і тримати включеним поки тиск у системі змащення не досягне більше 98 кПа (1,0 кгс/м²);не відпускаючи вимикач «Прокачування» повернути в крайнє ліве положення вимикач«Стартер» доти, поки дизель не заробить, але не більше 12 сек. (повторні включенняелектростартерапроводитиз перервою 1-2 хв.);

- ✓ після пуску дизеля встановити рукояткою всережимного регулятора частоту обертання колінчатого вала 800-1000 об/хв і перевірити показання приладів; тиск масла повинен бути не менш 196 кПа (2,0 кгс/м²);
- ✓ включення муфти зчеплення робити при частоті обертання 800-1000 об/хв, температурі масла й охолодної рідини 30 °С, тиску масла не нижче 245 кПа (2,5 кгс/м²);
- ✓ включити муфту зчеплення й прогріти дизель при частоті обертання 1000-1200 об/хв. При температурі масла й охолодної рідини 40 °С, дозволяється навантажувати дизель до повної потужності;
- ✓ регулятор тиску виставити на нульовий тиск, відвернувши рукоятку регулятора до упору проти годинникової стрілки;
- ✓ операторам надягти захисний одяг, рукавички, захисний щиток, прогумоване взуття;
- ✓ одному з операторів зайняти місце за кермом або біля пульта установки;
- ✓ другому операторові місце біля приладів, або, при роботі зі спецінструментом, взяти гідропістолет у руки й направити до поверхні, що очищається”[15].

1.20. Транспортування й зберігання

При переміщенні автомобіля з непрацюючою установкою увесь комплект спецінструменту повинне бути складений в ящик для спецінструменту на кузові автомобіля, шланги намотані на барабани, усі капоти установки закриті на замки.

При зберіганні установки в неопалювальному приміщенні або під навісом де температура повітря може сягати позначки мінум варто продути гідравлічний тракт установки стисненим повітрям, підведеним на вхід насоса підкачування, і перевірити відсутність робочої рідини у всіх елементах гідравлічного тракту, щоб запобігти їхньому замерзанню та виведенню з ладу установки.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

2.1. Експериментальна установка для проведення випробувань на функціонування робочого інструменту

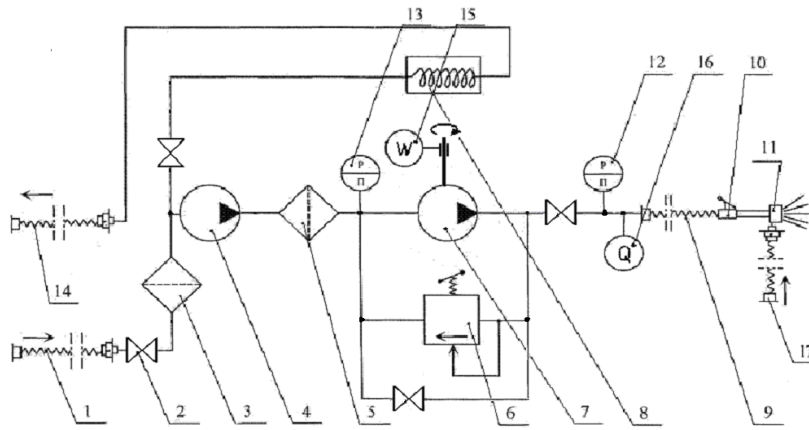
Під час виконання науково-дослідної роботи про функціональне обладнання гідроструменевої установки високого тиску для ремонтних робіт у міському господарстві було розроблено спеціальну експериментальну установку для проведення випробувань на функціонування робочого інструменту.

Для проведення експериментальних досліджень розроблено експериментальний стенд, схему якого показано на мал.17.

Основними складовими гідравлічної схеми стенду є: система живлення та підготовки води; система високого тиску, система охолодження насосу високого тиску, система регулювання тиску та робочий інструмент.

До складу системи живлення та підготовки води входять:

- кран перекривання потоку води;
- фільтр грубої очистки;
- відцентровий електронасос підкачки (витрата 20 л/хв, потужність 350 Вт.);
- фільтр тонкої очистки (полімеро-бетонний, об'ємної фільтрації, тонкість_очищення 30 мкм).



«Мал.17. Гідравлічна схема експериментальної установки:

1- рукав низького тиску (живлення); 2 – кран перекривання потоку; 3 - фільтр грубого очищення; 4 – відцентровий електронасос; 5 - фільтр тонкого очищення; 6 – запобіжний клапан; 7 - насосний агрегат високого тиску; 8 - блок системи охолодження підшипників ковзання проміжних опор штоків насоса високого тиску; 9 - рукав високого тиску (напірний); 10 - ручний гідропістолет з подовжувальною штангою; 11 – гідроабразивна насадка; 12 - манометр високого тиску; 13 - манометр низького тиску; 14 - зливний шланг системи охолодження насоса високого тиску; 15- тахометр; 16 – витратомір; 17 – рукав подачі абразиву»

Система високого тиску складається:

- трьох поршневий насос високого тиску 2,3 ПТ 1/40 (витрата - 1 м³/год, потужність - 15 кВт, максимальний робочий тиск – 40 МПа).

Система охолодження насосу високого тиску складається з наступних елементів:

- кран перекривання потоку води через радіатори охолодження;
- радіатори охолодження підшипників ковзання проміжних опор штоків насоса високого тиску.

Система регулювання тиску складається з наступних елементів:

- запобіжний клапан (тиск спрацювання – 40 МПа);
- одно каскадний переливний клапан регулювання тиску;

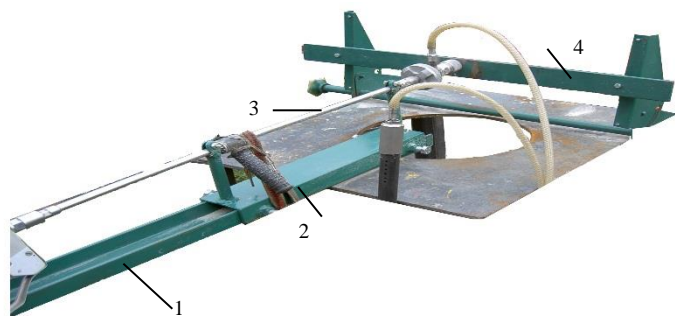
- кран „навантаження” (перекривання) робочого потоку.

Принцип роботи гідросистеми описано нижче.

Вода з водопроводу подається через кран перекриття потоку. Далі проходить через фільтр грубої очистки, після якого потік розгалужується на два кола: системи охолодження насосу високого тиску та робоче коло. Витрата води через коло системи охолодження може регулюватись краном перекриття. В робоче коло вода подається насосом підкачки, далі через фільтр тонкої очистки і подається на вхід насоса високого тиску. В корпус насоса вмонтований запобіжний клапан, який захищає систему від перевищення певного значення тиску. Далі потік розгалужується на основний та „бай-пас” потоки. Витрата води через „бай-пас” регулюється переливним клапаном, який дає можливість регулювати прохідний переріз потоку двома способами: різьбовим переміщенням запорного органу та натисканням на важіль регулювання. Витрата та тиск води в основному потоці регулюється краном перекриття. Через подовжувальну штангу вода потрапляє в гідроабразивну насадку, де відбувається перемішування швидкісного струменя води із абразивними частками.

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено і виготовлено експериментальну установку для фіксації дослідних зразків, яку показано на мал.18.

На направляючій 1 встановлено штатив 2, в якому закріплено пістолет з гідроабразивним ежектором 3. Навпроти направляючої встановлено кронштейн 4, до якого кріпиться дослідний зразок. Штатив переміщується в повздовжньому напрямку, що дозволяє



Мал.18. Експериментальна установка

змінювати відстань від очищуваного зразка до зрізу сопла ежектора. Кронштейн має властивість повертатися відносно горизонтальної площини від 0° до 90° , що забезпечує можливість вибору кута атаки.

Експерименти проводили при зміні тиску від 200 до 300 атмосфер, відстані від 100 до 200 мм., і кута від 20° до 90° .

2.2. Результати експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводились з метою встановлення впливу основних робочих параметрів на ефективність очищення поверхонь гідроабразивним робочим інструментом. Дослідні зразки поверхні виготовлювались з алюмінієвого сплаву і піддавались дії гідроабразивного струменя при цьому, шляхом зважування встановлювався знос матеріалу поверхні і геометричні параметри сліду очищення. Процес взаємодії гідроабразивного струменя з дослідним зразком поверхні показано на мал.19.



Мал.19. Процес взаємодії гідроабразивного струменя з поверхнею зразка

Проведені дослідження показали, що основними факторами, які визначають структуру і властивості гідроабразивного струменя, є: якість формування водяного струменя високого тиску в соплі живлення, умови формування гідроабразивного потоку в змішувальній камері і фокусуючому соплі і особливості характеру руху гідроабразивного струменя від сопла до оброблюваної поверхні.

Струмінь, що діє на оброблювану поверхню, повинен мати достатній запас енергії при виході зі струминного апарата і досягати об'єкту впливу з мінімальними втратами. По довжині струмінь може бути схематично розділений на три ділянки, кожна з яких являє собою усічений конус, що розходить в напрямку руху струменя. Відразу ж після виходу з сопла і на деякій відстані від нього в центральному ядрі струменя подовжня швидкість має постійне значення. Ця ділянка одержала назву початкової ділянки струменя; у її межах осьовий динамічний тиск струменя залишається незмінним і дорівнює вихідному тиску. Структура струменя в цілому, як водного, так і водоабразивного, пов'язана з характером руху на початковій ділянці, який залежить від цілого ряду факторів, таких як тиск живлення, геометричні параметри сопла та ін.

За межами початкової ділянки струменя осьовий динамічний тиск постійно зменшується. Це відбувається в результаті постійного розширення струменя і його розпаду, що спочатку охоплює його периферійну частину, де відбувається контакт потоку з навколишнім повітрям.

Ділянку струменя, на якій ще немає розриву потоку рідини, називають основною чи робочою. На цій ділянці струмінь найбільш придатний для впливу на поверхню, що оброблюється тому що вона має найбільшу потужність.

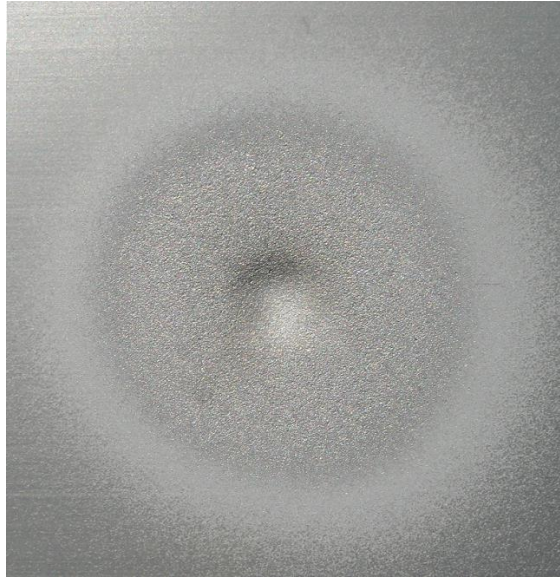
Роздроблення струменя і зниження швидкості руху і кінетичної енергії характерні для третьої ділянки струменя.

На дослідному зразку (мал. 20) чітко видно три зони, які відповідають певним ділянкам гідроабразивного струменя. Це, по-перше, зона, яка відповідає початковій ділянці струменя. Тут має місце найбільш потужний знос матеріалу зразка з

утворенням досить глибокого кратера, який відповідає найбільшій швидкості струменя, а відповідно і максимальній дії гідроабразивного потоку на поверхню.

Далі йде зона, яка потрапила під дію основної або робочої частини струменя. Ця зона матеріалу зразка характеризується досить рівномірним зношенням.

Зовнішня зона на поверхні зразка є результатом дії периферійної частини гідроабразивного струменя. Зношення матеріалу у цій зоні є мінімальним.



Мал.20. Зони взаємодії гідроабразивного струменя з поверхнею

На графіках (рис. 4.5) представлені залежності зносу алюмінієвого сплаву від тиску гідроабразивного потоку, кута нахилу робочого інструменту до поверхні α (кут установки робочого інструменту до осі перпендикулярної поверхні) і відстані від сопла робочого інструменту до поверхні зразка.

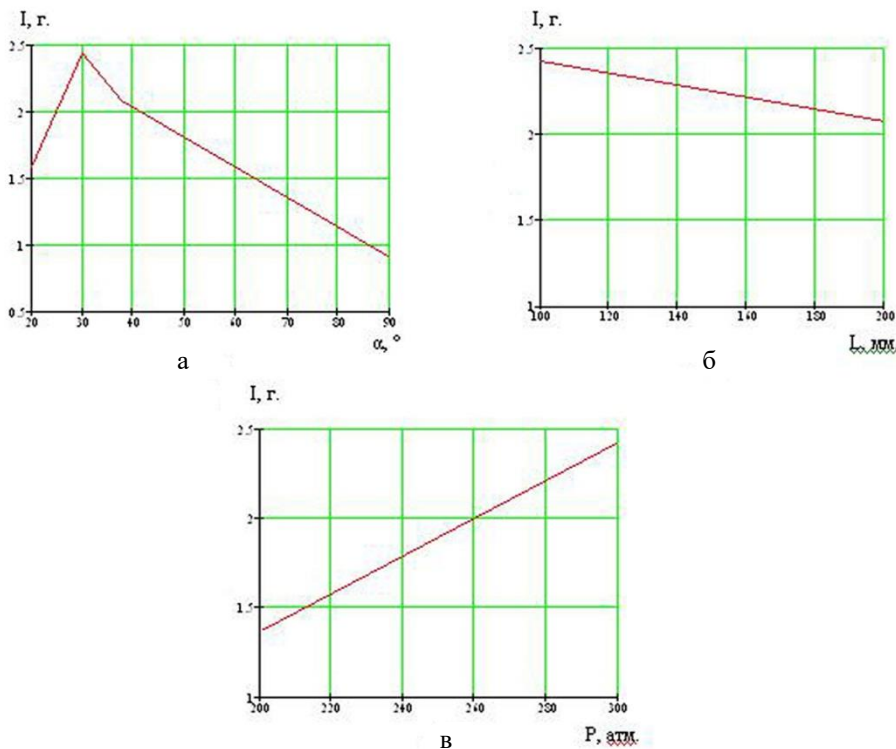


Рис. 4.5. Залежності зносу алюмінієвого сплаву I від тиску гідроабразивного потоку, кута нахилу робочого інструменту до поверхні α і відстані від сопла робочого інструменту до поверхні зразка: а - від кута α при постійних значеннях $P = \text{const} = 300$ атм., $L = \text{const} = 100$ мм.; б - від відстані між ежектором та зразком L при постійних значеннях $P = \text{const} = 300$ атм., $\alpha = \text{const} = 30^\circ$; в - від тиску P

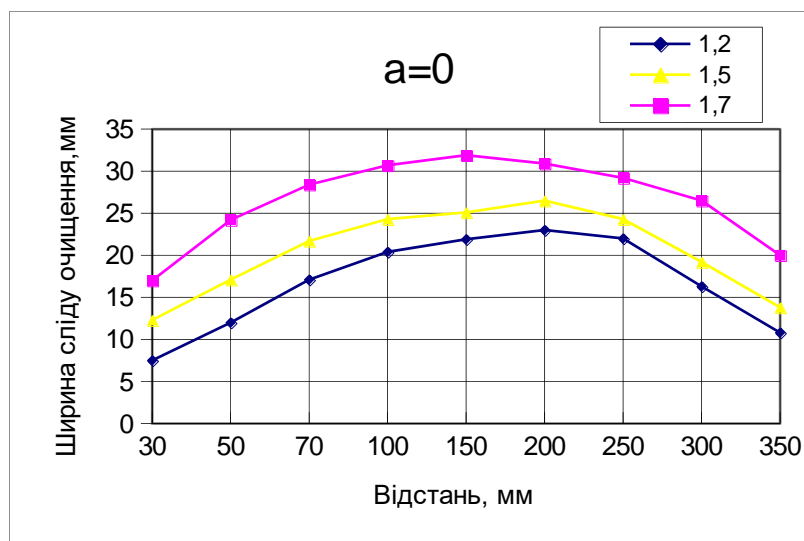
при постійних значеннях $L = \text{const} = 100$ мм., $\alpha = \text{const} = 30^\circ$

Як видно з графіку (рис.4.5, в), зі збільшенням тиску знос збільшується, а при збільшенні відстані – зменшується (рис.4.5, б). Що стосується кута α , то ця залежність неоднозначна (рис.4.5, а). При невеликих кутах знос незначний і збільшується до кутів близьких до 30° , а потім різко зменшується. При кутах близьких до 0° центральна зона зносу має форму кола, а при збільшенні кута вона приймає форму еліпса.

Основним показником, що визначає ефективність гідроабразивного очищення є ширина сліду очищення або ширина поверхні такої, що очищується за один прохід гідроабразивним інструментом до «білого металу» (ступінь очищення Sa 2,5 за міжнародним стандартом).

Для оцінки впливу швидкості переміщення робочого інструменту і його геометричних параметрів на ширину сліду були проведена три серія натурних експериментів з наступними початковими умовами: робочий тиск 35 Мпа, діаметр

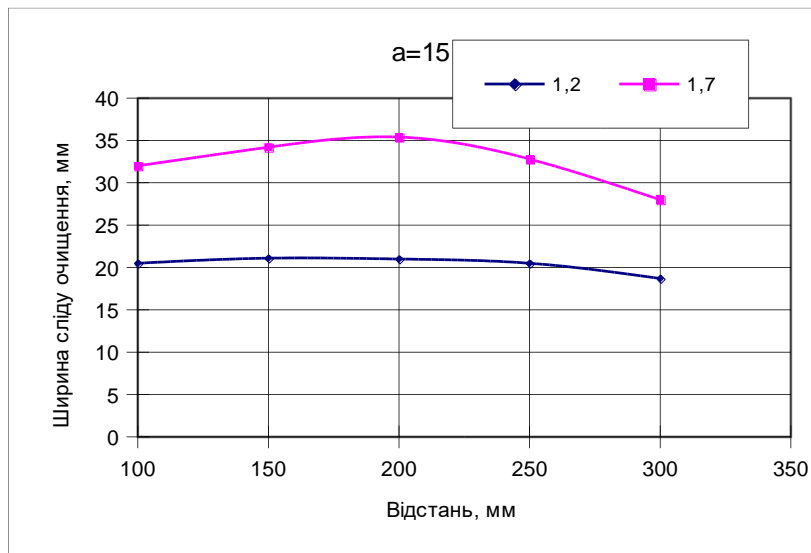
живлячого сопла 1.2, 1.5, 1.7 мм, діаметр фокусууючого сопла 5 мм. Результати експериментів показані на графіці мал.21



Мал.21. Залежність ширини сліду очищення від швидкості руху робочого інструменту

З графіка видно, що максимальна ширина сліду очищення досягається при діаметрі живлячого сопла 1,7 мм. При збільшенні швидкості руху більш ніж 0,5 м/с, ширина сліду зменшується удвічі. Таким чином, подальше підвищення швидкості недоцільне. Надалі приймаємо максимальну швидкість переміщення робочого інструменту рівної 0,5 м/с.

Далі визначалася залежність ширини сліду від відстані сопла робочого інструменту до поверхні, що очищується і від кута нахилу робочого інструменту до поверхні (кут установки робочого інструменту щодо осі перпендикулярної поверхні). Робочий тиск 35 Мпа, діаметр фокусууючого сопла 5 мм, діаметр живлячого сопла варіюється. Результати експериментів показані на графіках мал. 22.



Мал.22. Залежність ширини сліду очищення від відстані робочого інструменту до поверхні

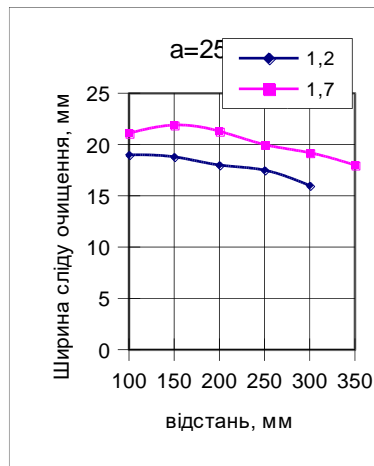
Як видно з графіків максимальна ширина сліду очищення досягається при відстані 150 – 200 мм від гідроабразивного інструменту до поверхні.

Далі досліджувався вплив кута установки робочого інструменту до осі перпендикулярної поверхні труби на ширину сліду очищення при фіксованій відстані від зрізу сопла робочого інструменту до оброблюваного об'єкту.

Результати експерименту показані графіках на мал.23.

Як видно з графіків максимальна ширина сліду очищення при відстані зрізу сопла робочого інструменту до оброблюваного об'єкту 150мм досягається при $\alpha=15^\circ$.

На графіку рис.4.9 показано залежність ширини сліду від тиску води на вході в гідроабразивний ежектор. Відстань від робочого інструменту до поверхні складала 150 мм і не мінлася в процесі експерименту.



Мал.23. Залежність ширини сліду очищення від кута нахилу осі робочого інструменту до оброблюваної поверхні

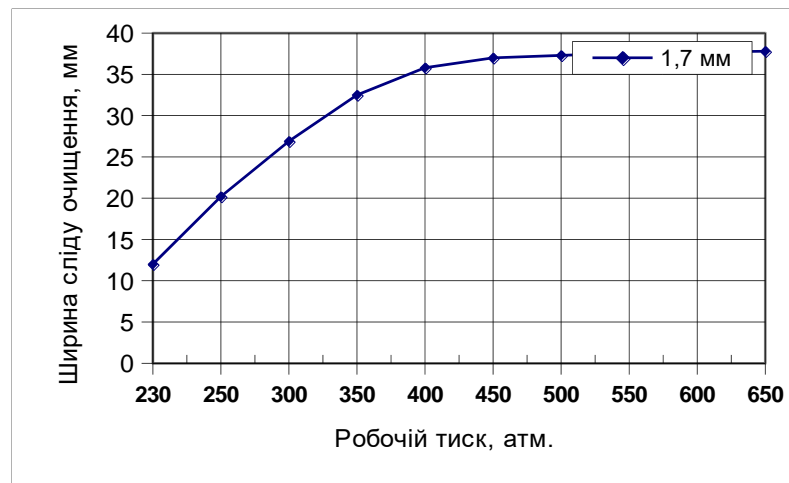


Рис. 4.9. Залежність ширини сліду від тиску

Як видно з графіка збільшення тиску більше 500 кг/см^2 не приводить до істотного збільшення ширини сліду очищення, тому є не доцільним.

Таким чином оптимальними параметрами установки для гідроабразивної очищення можна вважати:

- Швидкість переміщення робочого інструменту до 0,5 м/сек.

- Відстань від зрізу сопла гідроабразивного ежектора до оброблюваної поверхні 150 – 200 мм.
- Кут установки робочого інструменту щодо осі, перпендикулярній поверхні труби $\alpha=15^{\circ}$.
- Тиск води на вході в гідроабразивний ежектор до 50 Мпа.

Продуктивність очищення поверхні гідроабразивним робочим інструментом може бути визначена з урахуванням ширини сліду очищення і швидкості сканування оброблюваної поверхні гідроабразивним струменем.

$$F = V H Z \quad (4.1)$$

де: F – продуктивність очищення;

V – швидкість переміщення робочого інструменту;

H – ширина сліду очищення;

Z – кількість гідроабразивних ежекторів.

У нашому випадку, при використанні одного гідроабразивного ежектора становить приблизно 25м² на годину.

Випробування гідроабразивного робочого інструменту провадилось при очищенні поверхонь при проведенні ремонтних робіт на об'єктах міського господарства (мал. 24).



а)



б)



в)

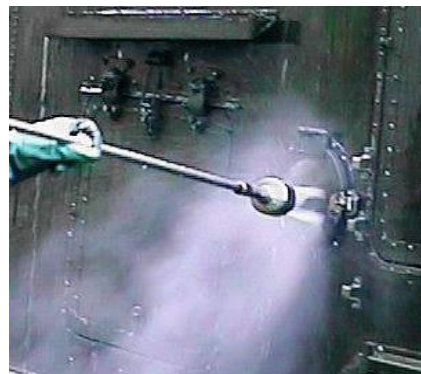


г)

Мал.24. Випробування гідроабразивного робочого інструменту

На рис. 4.10 а показано результат санації елементу залізобетонної конструкції з виділенням арматури, на рис. 4.10 б очищення гранітної плити від технологічного забруднення. На мал.25 в показано процес зачищення корозії труби із ступенем очищення $S_a 2,5$ за міжнародним стандартом ISO 8501-1. Рис. 4.10 г ілюструє результати видалення старої штукатурки перед проведенням ремонтних робіт.

На рис. 4.11 показано процес очищення поверхні транспортного засобу роторною головкою.



Мал.25. Процес очищення поверхні транспортного засобу роторною головкою

В процесі виконання експериментальних досліджень вирішувались задачі візуальної оцінки ступеня якості очищення поверхонь об'єктів дорожнього господарства та визначались технологічні режими очищення поверхонь за допомогою водоструменевої техніки.

Очищення поверхні дорожнього знака від забруднення за допомогою гідроструменевого методу поділено на декілька етапів та показано на мал.26.

Очищення проводилось за таких умов:

- очищення поверхні виконували за допомогою соплової насадки, яка утворює на виході плоский струмінь;
- відстань від зрізу сопла до оброблюваної поверхні становило 400-450 мм;
- очищення даної поверхні проводили під тиском гідроструменевого обладнання 20МПа.;
- при тиску 25МПа в процесі проведення експерименту було виявлено руйнування фарби.



Мал.26. Поетапне очищення поверхні дорожнього знака від забруднення за допомогою гідроструменевого методу

Процес поетапного очищення поверхні тротуарної плити від забруднення за допомогою гідроструменевого методу очистки показано на мал.27.

Очищення поверхні тротуарної плити:

- ширина струменя очистки на відстані 50 мм від зрізу сопла становила 70мм;
- очищення даної поверхні проводили під тиском гідроструменевого обладнання 25-30 МПа;

- ступінь чистоти можна оцінити візуально.



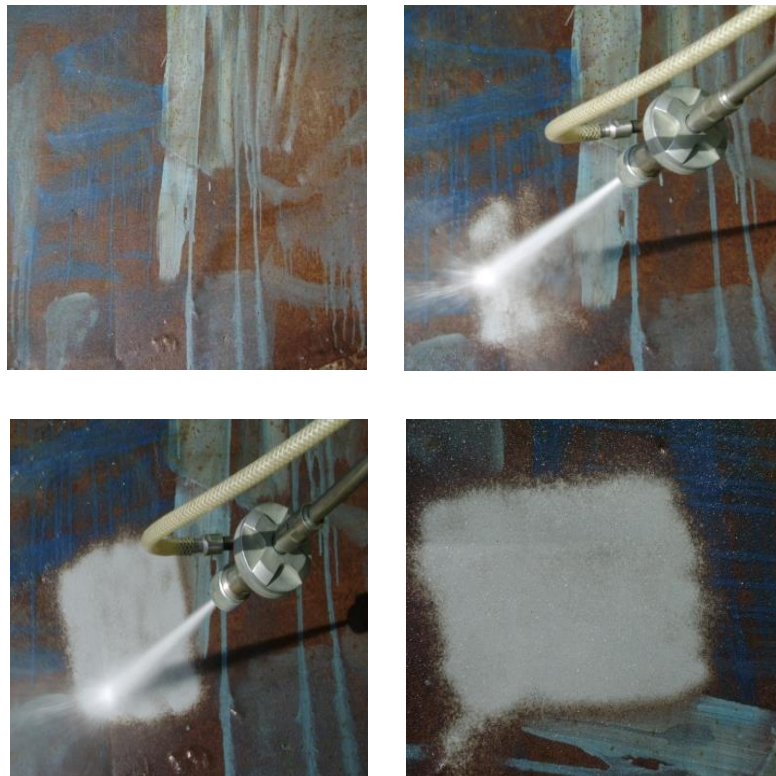
Мал.27. Поетапне очищення поверхні тротуарної плити від забруднення за допомогою гідроструменевого методу

Процес зняття старої дорожньої розмітки з дослідного зразка поверхні автомобільної дороги за допомогою гідроабразивного методу показано на мал.28. В якості робочого інструменту використовували гідроабразивний ежектор. В якості абразиву рекомендується застосовувати сипучі матеріали (рекомендується пісок річковий) з розміром часток 0,5 – 1,2 мм, в залежності від ступеню забрудненості поверхні, її матеріалу, типу нашарування, а також вимог до якості поверхні після очищення. Робочий тиск – 20 – 25МПа. Якщо тиск > 25 МПа, то відбувається руйнування верхнього шару дорожнього покриття.



Мал.28. Поетапне зняття старої дорожньої розмітки з дослідного зразка поверхні автомобільної дороги за допомогою гідроабразивного методу

Експериментальні дослідження очищення поверхонь металевих огорожувальних конструкцій автодоріг за допомогою гідроабразивного методу показано на мал.29.



Мал.29. Поетапне очищення металевих огорожуючих конструкцій від лакофарбових забруднень, а також від іржі зі ступенем очистки Sa 2,5 за допомогою гідроабразивного методу

В якості робочого інструменту використовували водопіскоструменевий ежектор. В якості абразиву рекомендується застосовувати пісок річковий з розміром часток 0,5 – 1,2 мм, в залежності від ступеню забрудненості поверхні, її матеріалу, типу нашарування, а також вимог до якості поверхні після очищення. Робочий тиск – 30-35 МПа. При тиску 35МПа відбувається очищення поверхні металевих огорожень від іржі. Очищення гідроабразивними струменями застосовується для видалення старих лакофарбових та ізолюючих покриттів і корозії металевих конструкцій. При цьому досягається ступінь очищення Sa 2,5 за міжнародним стандартом ISO 8501-1. При цьому є можливість отримання шорховатості, необхідної для якісного нанесення нового покриття. Ефективність очищення – 6-8 м²/год.

Проведені дослідження показали основні переваги застосування гідроструменевих методів очищення:

- відсутність виділень газу, пару чи шлаків;
- висока продуктивність;
- бережне видалення захисних покриттів і забруднень;
- відсутність хімічної взаємодії чи змін в структурі поверхні або механічних властивостях оброблюваних частин та матеріалів;
- високий рівень виробничої та екологічної безпеки.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Небезпечні та шкідливі виробничі чинники під час експлуатації проєктованої мобільної водоструменевої установки

3.1.1. Умови праці суб'єкта

Створення здорових і безпечних умов праці є одним з найголовніших завдань конструктора при проєктуванні установок та пристроїв. Адже, будь-який механізм повинен відповідати правилам і нормам по техніці безпеки. Захист організму людини від фізичних травм та впливу технічних засобів є першочерговою вимогою.

При проєктуванні мобільної установки високого тиску передбачено заходи щодо безпечної роботи персоналу при користуванні цією установкою. Саме персонал, тобто оператор установки та його помічник – є суб'єктами охорони праці.

Робочим місцем оператора та помічника в автоматичному режимі роботи установки є кабіна автомобіля КамАЗ. При роботі з установкою, використовуючи ручний спецінструмент – оператор працює в захисному одязі направляючи струмінь води на поверхню, яку необхідно очистити. Помічник знаходиться біля установки і стежить за нормальною роботою обладнання.

3.1.2. Перелік небезпечних та шкідливих чинників

Згідно з ГОСТ 12.0.003-74 до небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що можуть впливати на оператора установки можна віднести такі як:

- підвищений рівень шуму на робочому місці (шум від роботи водоструменевої установки);
- підвищений рівень вібрації (пов'язаний з роботою приводу установки);

- рухомі машини та механізми (захватрухливими обертовими елементами, силовий вплив струменя, розгерметизація пристроїв та деталей установки);
- підвищена температура поверхні установки (температура, яка перевищує 45°C (пов'язано з кваліфікацією робітника, рівнем його підготовки та заходами безпеки, які вжито щодо його роботи));
- підвищений рівень викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище (пов'язано з роботою силового агрегату установки та з гумовими відкладеннями).

ГОСТ 12.0.003-74 - це стандарт, що розповсюджується на шкідливі і виробничі фактори. Він встановлює їх класифікацію і вміщує вимоги і норми по видам небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

3.1.3. Шум на робочому місці

На сьогоднішній час висуваються певні вимоги до максимально допустимих рівнів шуму, виходячи з вимог комфортабельності. По вимогам стандарту ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ «Шум. Загальні вимоги безпеки.» рекомендується, щоб максимально допустимий рівень шуму в кабіні вантажного автомобіля не перевищував 80ДБа при частоті 1000Гц.

Звуки бувають повітряні і структурні: перші- поширюються в повітряному середовищі, другі - спричиняються коливаннями, які поширюються в твердих тілах. В даному випадку розглянемо повітряні звуки. Частинки середовища при цьому починають коливатися відносно рівноваги, причому швидкість таких коливань (коливальна швидкість) значно менша від швидкості поширення хвилі (швидкості звуку) [10].

«Звукове поле - це область простору, в якій поширюються звукові хвилі.

У кожній точці звукового поля тиск і швидкість руху частинок повітря змінюються з часом. Різниця між миттєвим значенням повного тиску звуку і середнім, яке спостерігається у незбуреному середовищі, називається звуковим тиском Р.

Одиниця вимірювання звукового тиску -паскаль. Звуковий тиск-величина скалярна. Для того, щоб уявити собі звуковий тиск в 1 Па, можна навести такий приклад. Нормальний атмосферний тиск на рівні моря на широті 45 і при температурі 0°C дорівнює 101325 Па, звідки виходить, що 1 Па приблизно відповідає одній сотисячній атмосферного тиску.

Інтенсивністю звуку I називається кількість звукової енергії, яка проходить за одиницю часу крізь одиницю поверхні, перпендикулярної до напрямку поширення звукової хвилі. Інтенсивність звуку-величина векторна, оскільки вона визначається залежно від напрямку руху звукового потоку. Одиницею вимірювання інтенсивності звуку є ват на квадратний метр. Інтенсивність звуку безпосередньо визначити важко, значно легше визначити звуковий тиск.

Під інтенсивністю звуку, як правило, розуміється і його гучність, хоч гучність та інтенсивність звуку не одне і те ж. Інтенсивність звуку - певна фізична величина, гучність же зумовлюється відчуттям цієї інтенсивності звуку нашою свідомістю. З медичних досліджень відомо, що усяке відчуття, в тому числі й відчуття інтенсивності звуку, збільшується значно повільніше, ніж подразнення, яке його викликає. Ступінь відчуття зростає в арифметичній прогресії, а сила подразнення, що його викликає,- в геометричній. Але перед тим як охарактеризувати поняття гучність звуку, розглянемо так звану шкалу децибелів, яка частково враховує описану вище особливість органів слуху людини.

Отже, в той час, як інтенсивність звуку зростає в геометричній прогресії, відповідні покази за логарифмічною шкалою рівнів повільно зростають в арифметичній прогресії. Це не тільки враховує фізіологічну особливість органів слуху, але й створює відповідні зручності при користуванні шкалою, оскільки в невелику кількість поділок логарифмічної шкали вкладається величезний діапазон змін інтенсивностей звуку або шуму.

Людський слух спроможний відрізнити і менші, ніж у два рази зміни гучності. Тому в акустиці зручніше користуватися дрібнішою одиницею, яка дорівнює 0.1 Б і

називається децибелом:
$$L = 10 \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$$
 [16].

Розрахунок шуму

Проектована установка складається з комплексу агрегатів, що створюють шум. Рівні шуму кожного агрегату при їх нормальній роботі вказуються в паспорті агрегату. До агрегатів, що створюють основну величину шуму відносяться:

- Автомобіль КамАЗ - 90дБ
- Дизель К 270 М2/1 -94дБ
- Насосний агрегат 1.3Т-28-3Д1 - 60дБ

Визначимо сумарний рівень усіх джерел шуму:

$$L_{\text{СУМ}} = L_{\text{МАХ}} + \sum \Delta L_i$$

$L_{\text{МАХ}}$ - більший рівень з усіх, що сумуються;

$\sum \Delta L_i$ - сума додатків у дБ, значення яких залежать від різниці між максимальним і i -м рівнями. Додатки приймаються згідно таблиці 5.1

Таблиця 5.1 Збільшення рівня інтенсивності при сумуванні звуків різної інтенсивності

$L_{\text{МАХ}} - L_i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	>12
ΔL	3	2.5	2.2	1.8	1.5	1.2	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0

$$L_{\text{СУМ}} = 95 + 1.5 + 0 = 96.5 \text{ дБ}$$

Визначимо рівень шуму на відстані 4м від джерел шуму, що відповідає середній відстані на якій працює оператор:

$$L_4 = L + 10 \lg \left(\frac{1}{4\pi^2} \right) = 96.5 + 10 \lg \left(\frac{1}{4 \cdot 3.14^2 \cdot 4^2} \right) = 96.5 + 10 (-2.3) = 73.5 \text{ дБ}$$

3.1.4.Вібрації механізмів

Допустимі промислові вібрації обмежуються санітарними нормами СН 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств» та СН 626-66 «Санітарні норми і правила при роботі з інструментами, механізмами і обладнанням, що створює вібрації, які передаються на руки працюючих».

В проєктованій установці отримало застосування обладнання, що створює вібрацію, яка несприятливо може впливати на організм людини. Цей вплив не тільки може погіршуватися самопочуття працюючого і знижувати продуктивність праці, але й часто може приводити до важкого професійного захворювання – віброхвороби.

Причиною виникнення вібрацій є виникаючі при роботі машин і агрегатів невідновлені силові впливи. В одних випадках їх джерелами є деталі зі зворотно-поступальним рухом; в інших випадках невідновлені маси, що обертаються. Іноді вібрації створюються ударами деталей.

Наявність дисбалансу у всіх випадках приводить до появи невідновлених центробіжних сил, що визивають вібрацію. Причиною дисбалансу може бути неоднорідність матеріалу обертаючого тіла, неспівпадіння центру мас тіла і осі обертання, деформація деталей від нерівномірного нагрівання при гарячих і холодних посадках.

Розрізняють загальну та локальну (місцеву) вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева викликає коливальний рух окремих частин тіла. Загальній вібрації можуть піддаватись транспортні працівники, оператори обладнання. Локальній вібрації піддаються працюючі з ручним механізованим інструментом.

Загальні вібрації з частотою менше 0.7 Гц хоч і неприємні, але не приводять до вібраційної хвороби. Тіло людини і його окремі органи рухаються в цьому випадку, як одне ціле, не випробовуючи взаємних переміщень. Резонанс на частотах 4-6 Гц відповідає коливанням плечового поясу, голови відносно основи (положення стоячи); на частотах 25-30 Гц –

голова відносно плечей (положення сидячи). Для більшості внутрішніх органів власні частоти лежать в діапазоні 6-9 Гц. Коливання робочих місць з вказаними частотами досить небезпечні, так як можуть викликати механічні пошкодження і навіть розрив даних органів.

В проєктованій установці основними джерелами вібрації є дизельний привід насосу та двигун автомобіля. Ці механізми у сукупності можуть викликати загальну вібрацію оператора, що знаходиться в кабіні. Але конструкція кабіни, завдяки застосуванню амортизації та віброзахисних покриттів, виключає можливість негативного впливу вібрації на оператора.

При користуванні ручним інструментом (гідропістолетом) вібрації майже відсутні. Про це свідчить статистика експлуатації подібних установок.

3.1.5.Небезпека рухомих елементів

Безпека обладнання забезпечується правильним вибором принципів його дії, кінематичних схем, конструктивних рішень, робочих тіл, параметрів робочих процесів, використання різних захисних засобів.

Надійність механізмів визначається ймовірністю порушення нормальної роботи обладнання. Особливо важливе значення в забезпеченні надійності має міцність конструктивних елементів. Конструкційна міцність визначається як характеристиками міцності матеріалу, так і кріпильними з'єднаннями (зварними швами, заклепками, шпонками і т.д.), а також умовами їх експлуатації (наявність змазки, корозія, зношення). Важливе значення в забезпеченні надійної роботи має наявність необхідних контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв автоматичного керування і регулювання.

В проєктованій установці найбільш небезпечними рухомими деталями є з'єднані муфтою вали дизеля та насосу. Для того, щоб можна було безпечно знаходитись біля муфти, її закрито захисним щитком.

Для запобігання пошкоджень тіла оператора, при випадковому потраплянні струменя під високим тиском, передбачено комплект захисного

одягу (КЗО). При роботі з ручним спецінструментом оператор обов'язково повинен бути одягнений в захисний одяг. До складу КЗО входить:

- куртка з каптуром з непромокальної тканини;
- штани з непромокальної тканини;
- рукавички із синтетичної тканини підвищеної міцності;
- захисний щиток.

До небезпечного чинника слід також віднести розгерметизацію деталей установки, так як це дуже небезпечно для обслуговуючого персоналу. Особлива увага повинна приділятися трубопроводам. Щоб відрізнити від небезпеки, на трубопроводи з високим тиском нанесено кільця жовтого кольору.

Для контролю за тиском системи, в її різних місцях встановлено контролюючі манометри[10].

3.2. Технічні і організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників.

Зниження рівня шуму проводиться по трьох основних напрямках: виявлення джерела шуму і зниження його шумності, ізоляція джерела шуму, шумопоглинання. З точки зору внутрішнього шуму автомобіля, останньою ланкою всього розповсюдження шуму і вібрації є кузов. Головною причиною несприятливих акустичних властивостей кузова є прагнення до зниження ваги автомобіля. В результаті полегшення конструкції, відбувається зниження жорсткості деталей, що не є несучими. І якщо жорсткість полегшеної конструкції може бути високою з точки зору міцності, то з точки зору акустичної міцності, вона може бути низькою. Тому, при проектуванні і виготовленні кузовів передбачені заходи для підвищення їхньої акустичної жорсткості та інші заходи, що сприяють зниженню шуму.

Для теплозвукоізоляції кузова і для запобігання вібрації його металевих панелей застосовуються різні мастики, теплоізоляційні матеріали і коврики, що покривають підлогу кузова, а також оббивка та звукопоглинальні

матеріали всередині кузова (встановлення резинових ущільнень, прокладок та ін.).

Зменшення коливань, і відповідно, шуму, досягається також чергуванням деталей з матеріалів, що мають різну жорсткість (металеві з резиновими або пластмасовими). При виборі звукопоглинаючих матеріалів, слід мати на увазі, що деякі з них володіють гігроскопічністю, агресивністю, запахом, недостатньою вогнестійкістю та іншими негативними властивостями.

Основним засобом запобігання вібрації металевих панелей кузова є мастика. Її в розрідженому стані розпилювачем наносять на кузов рівним шаром товщиною 1.5-2мм . При висиханні, мастика повністю не затвердає і зберігає еластичність. Завдяки цій еластичності і хорошій скріплюваності з поверхнею, на яку мастика наноситься, вона запобігає вібрації металевих панелей, створює теплозвукоізоляцію і зберігає метал від корозії.

Кабіна автомобіля КамАЗ має шар термозвукоізоляції по всій внутрішній поверхні. Термозвукоізоляція підлоги представляє собою шарову ватплінно – бітумну плиту, до якої зверху приклеюється коврик із штучної шкіри з основою із штучного войлока. Під ноги водія, на підлогу укладають спеціальні резинові коврики, які прижимаються до полу металевими планками. Термозвукоізоляція передньої частини кабіни складається з багат шарового гофрованого картону з шаром водонепроникаючого картону, що кріпиться до передка з допомогою металевих кнопок. Термозвукоізоляція боковин задньої частини і стелі здійснюється скловолокнистими плитами, що прикріплюються до панелей.

3.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки в робочій зоні водоструменевої мобільної установки. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ

Небезпечними факторами, які діють на людей та матеріальні цінності при пожежі є:

- полум'я та іскри;

- підвищена температура навколишнього середовища;
- токсичні продукти горіння та термічного розкладання;
- дим;
- знижена концентрація.

До вторинних проявів окисних факторів пожежі відносяться:

- уламки, частини агрегатів і конструкцій, які руйнуються; електричний струм, який виникає в результаті виносу високої напруги на струмопровідні частини конструкції і агрегатів;
- небезпечні фактори вибуху, який виникає внаслідок пожежі;
- вуглегасні речовини.

Забезпечення пожежної безпеки досягається:

- максимально можливим використанням негорючих та важкогорючих матеріалів та речовин;
- максимально можливим обмеженням маси горючих речовин і матеріалів та найбільш безпечним засобом їх розміщення;
- максимальною механізацією та автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з горючими речовинами;
- використанням засобів гасіння пожежі та відповідних видів пожежної техніки;
- використанням автоматичних пристроїв пожежної сигналізації та пожежогасіння.
- при виявленні несправностей чи устаткування інструменту а також при виникненні аварійної чи небезпечної ситуації, насос повинний бути негайно відключений.

Протипожежна безпека

Для протипожежної безпеки необхідно:

- негайно припинити роботу при несправності електрообладнання;
- слідкувати за ізоляцією дротів від гарячих, вологих, масляних поверхонь;
- не мити руки в бензині, керосині та ін. легкозаймистих речовинах;

- зберігати легкозаймисті речовини в спецтарі, не зливати їх в загальні відходи;
- максимально можливе застосування негорючих речовин;
- застосування ефективних засобів пожежогасіння;
- використання засобів колективного та індивідуального захисту.

Найбільшу небезпеку в плані пожежної та вибухової безпеки становить дизельний привід насосної установки. У разі виникнення пожежі, передбачається застосування вогнегасника для гасіння загорання.

На кузові установки з правого боку розміщується порошковий вогнегасник типу ВП- 1«Супутник».

Порошкові вогнегасники призначені для гасіння загорянь рідин, що легко спалахують (нафтопродукти тощо), матеріалів, які тліють (бавовна, текстиль, ізоляційні матеріали), лужних і лужноземельних металів, електроустановок напругою до 380 В, транспортних засобів, а також пожеж на об'єктах із великими матеріальними цінностями (лабораторії, музеї, картинні галереї тощо).

Застосовуючи ці вогнегасники, слід виконувати застережні заходи, уникати потрапляння порошку в органи дихання, під час заряджання використовувати протипиловий респіратор.

Зберігати порошкові вогнегасники потрібно у вертикальному стані в легкодоступному місці, захищеному від прямих сонячних променів і далеко від нагрівальних приладів.

Не рідше рази на рік порошок слід просушувати при температурі 30 - 50 °С, грудки, що утворилися, подрібнювати. Після сушіння порошок просіюють і засипають у вогнегасник.

Порошковий заряд із вогнегасника ВП-1 «Супутник» викидається способом зсипання при перекиданні корпуса, з інших вогнегасників - під дією надлишкового тиску, який створює стиснений газ (азот або повітря).

Ефект порошкового гасіння полягає в механічному збиванні полум'я, припиненні доступу кисню в зону горіння. Крім того, суміші мають інгібіруючу дію.

Вогнегасник ВП-1 «Супутник» рекомендують застосовувати для гасіння загорянь транспортних засобів, зокрема двигунів, що працюють на дизельному паливі. Це поліетиленовий циліндричний корпус, закритий сіткою і різьбовою кришкою.

Для використання треба зняти кришку й енергійним струшуванням висипати порошок на джерело пожежі для того, щоб над полум'ям утворилася хмара порошку. Вогнегасник ефективно працює при температурі від -50 до +50 °С.

3.4. Основні правила техніки безпеки, пожежної та вибухової безпеки при ТО, ремонті та експлуатації водоструменевої установки високого тиску

Дійсна інструкція містить вимоги по техніці безпеки при проведенні робіт з водоструменевого очищення ЗПС та інших забруднених поверхонь.

1. Години роботи установки, кількість включень, регулювання й заміни всіх агрегатів і комплектуючих, несправності й дефекти повинні фіксуватися в журналі експлуатації відповідальним за установку;
2. У процесі гідродинамічного очищення установкою високого тиску можливі травми:
 - від улучення на людину водяного струменя високого тиску з робочого пістолета (на відстані 3 міменш);
 - від впливу реактивної сили, створюваної високонапірним струменем (при утворенні пробоїн у рукавах, прориві води в з'єднаннях, зриві рукавів);
3. До обслуговування установок допускаються особи, що пройшли навчання, що знають правила безпеки, експлуатації й успішно здали іспити на допуск до роботи;
4. Не допускається проведення робіт з очищення при:
 - несправності електроустаткування, заземлення;

- при несправності манометрів;
 - при виявленнях пропусків води в з'єднаннях і фітингах напірних рукавів.
5. Категорично забороняється підходити до оператора, що виконує очищення, з боку, у який спрямоване робоче сопло;
 6. Не допускається згинати напірні рукава радіусом, меншим 6 зовнішніх діаметрів, згинати рукава безпосередньо перед входом у насос, у місцях з'єднань, скручувати, здавлювати їх. Рукав не повинен тертися об гострі предмети[3];
 7. **КАТЕГОРИЧНО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ** робити розбирання насоса і підключених до нього пістолетів, прочищення і заміну сопіл, роз'єднання рукавів, приєднання інструмента, підтягування різних сполучень і інші роботи до повної зупинки насосного агрегату і скидання тиску;
 8. Оператори установки повинні бути одягнені в захисні костюми, що поставляються з установкою, або аналогічні, і щільнооблягаючими руки рукавичками, гумовими чоботями й масками з прозорими щитками з оргскла, що закривають обличчя, або захисними окулярами;
 9. При роботі на установці повинні виконуватися вимоги наступних документів:
 - «Правила пристрою й безпечної експлуатації пристроїв, що працюють під тиском», затверджені Держоргтехнаглядом СРСР від 27 листопада 1987р;
 - ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.003 - 74 "Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки";
 - затверджена керівником інструкція підприємства по техніці безпеки для персоналу, працюючого з устаткуванням водоструменевих технологій високого тиску;
 - робота на установці здійснюється двома операторами. При роботі в автоматичному режимі, один оператор знаходиться за кермом автомобіля, інший збоку в кабіні спостерігає за показами приладів, які там. При роботі зі спеціалізованим інструментом, один оператор маніпулює гідропістолетом, а другий управляє режимами роботи установки та стежить за показами приладів.

Безпека при аварійних ситуаціях.

- 1) При аварійній ситуації потрібно забезпечити негайну зупинку установки;
- 2) При обриві шланга, потрібно перекрити вентиль на магістралі;
- 3) Забезпечити можливість евакуації персоналу із аварійної зони;
- 4) Надати першу медичну допомогу постраждалим в аварійній ситуації.

Висновки до розділу

Конструкція кабіни, завдяки застосуванню амортизації, шумозахисних та віброзахисних покриттів, виключає можливість негативного впливу вібрації та на оператора. При користуванні ручним інструментом (гідропістолетом) вібрації майже відсутні.

При проектуванні установки передбачено засоби захисту від рухомих механізмів. Для безпечного знаходження біля муфти, її закрито захисним щитком. Для запобігання пошкоджень тіла оператора, при випадковому потраплянні струменя під високим тиском, передбачено комплект захисного одягу (КЗО).

У разі виникнення пожежі, передбачається застосування порошкового вогнегасника ВП-1 «Супутник» для гасіння загорання. В кабіні автомобіля, згідно правил експлуатації, додатково знаходиться ще один вогнегасник.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Екологічна експертиза

Виробнича діяльність людини супроводжується утворенням великої кількості відходів, що викидаються в біосферу Землі у вигляді газів, рідин і твердих залишків. Значна частина цих відходів є шкідливою не тільки для людини, а й для всього живого. Природне середовище не встигає засвоювати, переробляти та нейтралізувати величезну масу цих речовин, що надходять у біосферу в зростаючому обсязі. Отже, відбувається їх нагромадження в повітрі, воді, рослинах, тваринах. Це явище називають *хімічним забрудненням* біосфери.

Людство має інформацію про небезпеку, яка загрожує навколишньому середовищу, але до останнього часу багато з нас вважає її неприємним, але неминучим породженням цивілізації й гадає, що ми ще встигнемо впоратися з усіма труднощами, що виникли. Проте останні десятиріччя переконливо показали, що потрібно діяти вже нині, що час вимагає створення економічно чистих технологій і машин, розроблення методів інженерно-екологічної профілактики, ви-переджального планування природоохоронних заходів.

У Законі про підприємства в Україні закріплено положення про те, що всі підприємства зобов'язані своєчасно виконувати природоохоронні заходи. Підприємства несуть відповідальність за додержання вимог і норм з охорони природи, раціонального використання та відновлення природних ресурсів.

Нарешті, Закон України про охорону навколишнього середовища визначає головні принципи охорони довкілля:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість дотримання екологічних стандартів, нормативів і лімітів використання природних ресурсів;
- гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людини;
- екологізація матеріального виробництва на засадах комплексного вирішення питань охорони навколишнього середовища.

Гарантією екологічних прав громадян поряд з іншими заходами є *екологічна експертиза*. В Україні передбачена державна, громадська та деякі інші види екологічних експертиз, які неодмінно мають здійснюватися в процесі законотворчої, інвестиційної, керівної та господарської діяльності, яка може впливати на навколишнє природне середовище.

Об'єктами екологічної експертизи є:

- проекти схем розвитку й розміщення галузей господарства;
- техніко-економічні обґрунтування й розрахунки, проекти будівництва;
- документація для створення нової техніки;
- матеріали і продукція, реалізація яких може призвести до порушень екологічної безпеки.

Екологічній експертизі можуть також підлягати екологічно небезпечні об'єкти й комплекси.

Метою екологічної експертизи є:

- визначення екологічної небезпеки господарської та іншої діяльності, що може в майбутньому безпосередньо вплинути на стан природного середовища;
- з'ясування відповідності проектів вимогам законодавства;
- оцінка повноти й обґрунтованості передбачених заходів щодо охорони природи.

Позитивні висновки екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування проекту розвитку об'єкта. Без цього здійснювати програми й проекти забороняється.

Проектована установка для очистки ЗПС не є винятком, і тому також повинна підлягати екологічній експертизі. Необхідно з'ясувати вплив, який може спричинити установка екологічній безпеці. Тож давайте розглянемо дане питання і визначимо можливий вплив на навколишнє середовище[9].

4.2. Забруднення навколишнього середовища стічними водами

Технологія очистки гумових відкладень з допомогою проекрованої установки високого тиску також робить свій негативний внесок в екологію. Основною складовою негативного впливу даної технології може бути забруднення навколишнього середовища стічними водами.

Після очистки ЗПС від гумових нашарувань уся вода, що використовувалась для очистки, разом із дрібними часточками гуми та іншими забруднювачами (пил, продукти згорання палива) осаджуються поблизу злітної смуги та накопичуються у ґрунті. Потім разом з дощовими потоками усе це потрапляє у водойми. При цьому неминуче порушується природний склад ґрунтів, забруднюються ґрунтові води і відкриті водойми. Стічні води, що утворились в такий спосіб складають лише невелику частину усіх стічних вод аеропорту.

Кількість стічних вод залежить від технологій, що застосовуються, і від обсягу робіт, які виконує підприємство. У великому аеропорту може утворюватися до кількох тисяч кубометрів таких вод на добу. Рівень забруднення стічних вод шкідливими домішками залежить від умов формування кожного стоку: культури виробництва, де головним показником є застосування передових технологій; наявності локальних очисних споруд; упорядкованості території тощо.

Стічні води аеропорту — це суміш змінного складу, що утворюється з побутових поверхневих і виробничих стоків. Побутові, або комунальні, стічні води відводяться від аеровокзалів, готелів, їдалень, адміністративно-побутових служб та житлових приміщень. Найбільше вони забруднені домішками органічного й бактеріально - біологічного походження. Поверхневі, або дощові, стічні води утворюються під час дощу й танення снігу на поверхні території аеропорту, значна частина якої має штучне покриття (бетон, асфальт) і є службово-технічною територією. У цих водах переважають мінеральні домішки, органічно й бактеріально вони забруднені менше[11, 12].

Виробничі стоки відводяться від спецавтобаз, котелень, складів ПММ, місць миття повітряних суден та їх оброблення спеціальними рідинами, ділянок ремонту

й обслуговування авіаційної техніки і т. ін. Ці води містять найшкідливіші домішки, і їх найчастіше не дозволяється скидати в міську каналізаційну мережу без попереднього локального очищення.

Стічні води впливають на санітарний режим водойм і водотоків, тобто на процеси їх природного самоочищення від органічних речовин. Вивчення процесів природного самоочищення водних об'єктів ведеться в двох напрямках: за допомогою урахування зміни біохімічного споживання кисню та обліку продуктів нітрифікації при різних концентраціях забруднюючих речовин. Кінцева мета цих досліджень - встановлення значень концентрацій у воді, при яких не порушуються основні процеси самоочищення водойм.

Розрахунок допустимих концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах, що скидаються у водні об'єкти, проводиться відповідно до Правил охорони поверхневих вод. Ці правила призначені для регулювання складу і концентрації речовин у стічних водах, а також регламентують встановлення норм ГДС речовин для водних об'єктів різних категорій[12].

Під час дослідження небезпеки забруднення водоймищ і ґрунтів стічними водами аеропорту проводиться інвентаризація джерел їх утворення і вивчаються умови їх скидання. У цьому разі завжди є можливість провести докладний аналіз хімічного складу води й визначити концентрацію кожної речовини. Порівняння концентрації шкідливих домішок з ГДК дає змогу визначити ступінь забруднення і, відповідно, рівень екологічної небезпеки кожного джерела.

Існують нормативні значення концентрації окремих шкідливих речовин у виробничих стоках, за перевищення яких забороняється скидати стічні води не тільки у водоймища, а й у міську каналізацію. У такому випадку потрібне локальне очищення води безпосередньо в місці утворення забруднення.

З метою надійного захисту водоймищ і ґрунтів від забруднення шкідливими речовинами, що містяться у стоках підприємства, має бути встановлено обмеження у вигляді граничнодопустимого скиду (ГДС) стічних вод для кожного об'єкта, де утворюються забруднені води, і підприємства в цілому. Якщо всі види стічних вод відводяться з території аеропорту або іншого підприємства загальним потоком,

спостерігається ефект розбавлення й осереднення забруднення цих вод. Критерієм, який визначає можливість скидання стічних вод у водоймища або міську каналізацію, залишаються відповідні ГДК шкідливих речовин[10].

У зв'язку зі складністю реалізації розрахунку ГДС речовин необхідне застосування ЕОМ і проблемно-орієнтованих прикладних програм (ПОПП), які забезпечують розрахунок ГДС; також необхідна висока кваліфікація фахівців при визначенні розрахункових умов скиду, розрахунку ГДС речовин і розробці планів заходів щодо їх досягнення. Враховуючи ці обставини, весь комплекс робіт по визначенню розрахункових умов, розрахунку ГДС здійснюється за замовленнями підприємств-водокористувачів організаціями-розробниками проектів ГДС.

4.3. Склад забруднюючих речовин

Щоб з'ясувати склад речовин, які попадають до стоків при очистці злітної смуги з допомогою установки потрібно визначити основні компоненти, що вміщує гума.

Технологія виготовлення гуми для шин відома вже досить давно, але і до цього дня ведуться дослідження і розробка нових видів гуми, яка зможе стати найкращою для виготовлення шин. Відомі виробники шин тримають склад своїх сумішей в секреті, але основні складові відомі всім:

- Каучук (цей компонент необхідний для виготовлення будь-якого виду шин. Раніше у складі гуми найчастіше використовували натуральний каучук, одержуваний з висушеного соку бразильської гевеї. Зараз більше застосовується каучукові суміші на основі нафти або синтетичних замінників);
- Сажа (як це не дивно звучить, але основна частина будь-якої шини - сажа. Сажа, звичайно, не звичайна, а промислова, в складі якої в основному технічний вуглець. У процесі вулканізації сажа утворює дуже міцне молекулярне з'єднання, яке дозволяє шинам бути міцними до зносу);

- Кремнієва кислота (аналог технічному вуглецю, який не робить шини такими ж міцними, але зате надає хорошу «чіпкість» гумі, тобто поліпшує ступінь зчеплення шини і дорожнього покриття. Крім того, кремнієва кислота набагато надійніше впроваджується в структуру каучуку і практично не витирається з неї як технічний вуглець, що дозволяє вважати покриття на її основі більш екологічними);
- Сірка (використовується для процесу вулканізації каучуку і технічного вуглецю або кремнієвої кислоти);
- Масла і смоли (ці елементи використовуються для пом'якшення твердої гуми. Якщо гума дуже жорстка, то вона дуже швидко зноситься і не буде належним чином зчіплюється з дорожньою поверхнею).

Усі ці компоненти потрапляють до ґрунту разом з іншими елементами, що утворюються внаслідок процесів хімічної промивки деталей, розконсервації двигунів, прокачування вузлів. Поверхневі стоки з територій аеропорту містять рідкі нафтопродукти, залишки миючих, дезінфікуючих, протиобліднювальних і протижеледних реагентів, формувальних сумішей, розчинів, які використовуються в металообробці, відпрацьовані електроліти акумуляторних батарей, продукти руйнування штучних покриттів і зношування шин.

Стічні води містять рідкі токсичні речовини: бензол, ацетон, кислоти, луги, розчинені метали (алюміній, берилій, хром та ін.), нафтопродукти і важкі метали .

Для наглядного прикладу хімічного складу поверхневих і ґрунтових вод у зоні аеропорту, розглянемо статтю, написану викладачами кафедри екології (Франчук Г.М. та Антонов А.М.), надруковану у «Віснику НАУ. 2006. №1» - «Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля».

У даній статті наведено результати дослідження поверхневих і ґрунтових вод у зоні аеропорту «Київ» (табл.6.1).

Таблиця 6.1

Результати дослідження поверхневих і ґрунтових вод у зоні аеропорту

Місце відбирання проб	Нафтопродукти, мг/л	Вміст важких металів, мг/л						
		Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr ⁺⁶	Fe
Поверхневі води								
До скидання стоку	4,1	17,5	3,5	1,2	4,5	0,03	0,3	2,3
Стік	38,5	31,3	7,7	2,6	12,9	0,05	0,8	14,6
Розведення стоку	2,3	11,0	2,1	0,6	6,6	0,03	–	2,6
Рибгосподарська ГДК	0,05	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,005	0,1
Ґрунтові води								
20 м від ЗПС	0,6	3,5	0,3	0,05	0,8	0,02	0,03	1,6
500 м від ЗПС	0,4	3,0	0,2	0,1	0,6	0,01	0,01	1,2
1000 м від ЗПС	0,4	3,0	0,2	0,1	0,6	0,01	0,01	1,3
2000 м від ЗПС	0,4	3,0	0,1	0,1	0,6	0,01	–	1,2
Господарсько-питна ГДК	0,3	0,1	1,0	1,0	0,03	0,1	0,5	0,5

Як видно з результатів дослідження, у ґрунт потрапляє чималий набір таблиці Менделєєва. Певний внесок на концентрацію нафтопродуктів робить суміш гуми з водою, що утворюється після очистки.

Усі ці забруднення найпершим чином виражаться на флорі та фауні. Коріння дерев можуть підгнивати, деякі рослини можуть взагалі не рости в таких місцях; тварини заражаються, відбувається значний вплив на нерест риби. А далі, усе це покажеться на людях, на їх самопочутті та здоров'ї, обов'язково покажеться [10].

4.4. Екологічна оцінка установки

Як уже було сказано вище, стічні води, що утворились після очистки ЗПС від нашарувань резини складають лише невелику частину усіх стічних вод аеропорту. Аналізуючи можливі методи очистки гуми зі злітних смуг (це хімічний та механічний методи), метод очистки струменем води під високим тиском є найбільш екологічним, так як при хімічному методі до забруднюючих частинок гуми додаються ще й різні хімічні речовини.

Так як даний метод очистки є найдоцільнішим, то відмовлятися від нього немає сенсу, тому є доречним навести рекомендації щодо зменшення впливу на екологію. Для того щоб мінімізувати негативний вплив даного

методу на навколишнє середовище, необхідно завадити потраплянню води з продуктами очистки в прилеглий ґрунт.

Для реалізації цього можна використати наступну технологічну схему, стоки потрапляють в бокові канавки що розміщені з обох сторін злітної смуги, далі вони подаються на спеціальні очисні споруди. Сюди стікаються стоки з усього аеропорту. Тут перед усім стоки розділяються за ступенем забруднення і в залежності від цього підлягають різній обробці.

Для очищення промислових та побутових стічних вод будують також біологічні запруды. Устрій та експлуатація таких запруд не потребують великих витрат, в той же час використання їх можливо у різноманітних кліматичних умовах.

Висновки до розділу

Основною складовою негативного впливу даної технології може бути забруднення навколишнього середовища стічними водами.

Аналізуючи результати досліджень поверхневих та ґрунтових вод поблизу аеропорту, виявляється неприємна картина – вміст хімічних елементів значно перевищує допустимі концентрації. Певний, хоч і незначний внесок на концентрацію нафтопродуктів, робить суміш гуми з водою, що утворюється після очистки.

Для мінімізації негативного впливу необхідно завадити потраплянню води з продуктами очистки в прилеглий ґрунт. Для цього стоки повинні потрапляти в бокові канавки, що розміщені з обох сторін злітної смуги, далі вони подаються на спеціальні очисні споруди і підлягають обробці.

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши інформацію та розрахунки які зроблені в даній роботі, виявлено основні параметри та характеристики, яким повинна відповідати майбутня гідроструменева установка. Прийняттю рішень передувало ретельне вивчення явищ та процесів, які пов'язані з потребою в установці та з її роботою. Встановлено, що очистка злітно-посадкових смуг аеропорту є гарантом якісного обслуговування і безпечної експлуатації та використання повітряного транспорту.

Вивчивши доступні методи очистки ЗПС від нашарувань гуми, визначили, що найбільшу перевагу має метод видалення нашарувань гуми струменем води під високим тиском. Цей метод закладений в розробку установки. Данний спосіб, через суттєві переваги, витісняє усі інші. Водоструменева очистка є ефективна та найдешевша в порівнянні з іншими методами та технологіями очистки. Водоструменева очистка – екологічно чистий спосіб видалення різного роду забруднень

Обладнання, яке необхідне для виготовлення установки високого тиску, є надійне та в рази нижче по ціні ніж іноземні аналоги. Використовуючи обладнання вітчизняних виробників ми спроектували установку для очистки ЗПС набагато дешевшу за іноземні аналоги, не поступаючись у функціях та можливостях.

Важливим аспектом при проектуванні аеродромних машин – є безпечна експлуатація на льотному полі. Заданий рівень безпеки досягається шляхом обладнання установки габаритними та пробісковими вогнями, які вмикаються під час роботи незалежно від часу доби, а також обладнання засобами внутрішнього аеродромного зв'язку.

Розробляючи проект установки, вжито всіх заходів, для безпечної експлуатації. Враховано вимоги із стандартів по охороні праці.

Конструкція кабіни, завдяки застосуванню амортизації, шумозахисних та віброзахисних покриттів, виключає можливість негативного впливу вібрації та на оператора. При користуванні ручним інструментом (гідропістолетом) вібрації майже відсутні.

При проектуванні установки передбачено засоби захисту від рухомих механізмів. Для безпечного знаходження біля муфти, її закрито захисним щитком. Для запобігання пошкоджень тіла оператора, при випадковому потраплянні струменя під високим тиском, передбачено комплект захисного одягу .

У разі виникнення пожежі, передбачається застосування порошкового вогнегасника ВП-1 «Супутник» для гасіння загорання. В кабіні автомобіля, згідно правил експлуатації, додатково знаходиться ще один вогнегасник.

У процесі роботи над проектом, було визначено складові негативного впливу процесу очистки на навколишнє середовище. Основною складовою негативного впливу даної технології може бути забруднення навколишнього середовища стічними водами.

Аналізуючи результати досліджень поверхневих та ґрунтових вод поблизу аеропорту, виявляється неприємна картина – вміст хімічних елементів значно перевищує допустимі концентрації. Певний, хоч і незначний внесок на концентрацію нафтопродуктів, робить суміш гуми з водою, що утворюється після очистки.

Для мінімізації негативного впливу в роботі наведено відповідні рекомендації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Башта Т.М. Конструкция и расчет самолетных гидравлических устройств. - М.: ОБОРОНГИЗ, 1961. – 475с.
2. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 301с.
3. Гидросистемы высоких давлений / Под ред. к.т.н. Ю.Н. Лаптеева, М. – «Машиностроение», 1973. – 152с. ДСН 3.3.6.037-99 Шум. Ультратяга та інфразвук. Загальні положення.
4. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах. - М.: Машиностроение, 1967. – 367с.
5. Поляков В.С., Барабаш И.Д. Муфты. Конструкция и расчет. Изд.4, переработанное и дополненное. – Л.:Машиностроение, 1973. – 336с.
6. Протоєреський О.С. Безпека праці на авіапідприємствах. – К.:НАУ, 2002. – 280с.
7. Протоєреський О.С., Запорожець О.І. Основи охорони праці: навч. посібник.– К.:НАУ, 2002. – 524с.
8. Франчук Г.М., Антонов А.М., Маджд С.М., Загоруй Я.В. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля. Вісник НАУ. 2006. №1
9. Франчук Г.М., Ісаєнко В.М. Екологія, авіація і космос: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2004. – 256с.
10. Франчук Г.М., Ісаєнко В.М., Кривотько В.М. Екологія та захист навколишнього середовища: Дипломне проектування. – К.: НАУ, 2005. – 192с.
11. <https://trucksreview.ru/kamaz/kamaz-4308-tehnicheskie-harakteristiki.html#3>
12. <http://www.primeps.com.ua/articles/1/138/>
13. <http://baikal-uvd.ru/plunzhernye-nasosy.html>
14. https://hydroscand.co.ua/?gclid=EAIaIQobChMIInvnbtJfi7QIVmKkYCh1TegKmEAAAYBCAAEgIhLfD_BwE

Н

У

Р

Е