

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну**

УДК 629.3.083:62-585.862

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

надійності техніки

_____ А.В.Новицький

“ ___ ” _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Розробка технологічного оснащення для
технічного обслуговування
повітроочисників»**

Спеціальність: 133 – галузеве машинобудування

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф.

Булгаков В.М.

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц.

Ружило З.В.

Виконав:

Синегуб О.В.

Київ-2025

Реферат

Синегуб Олег Вікторович

Бакалаврська кваліфікаційна робота

«Розробка технологічного оснащення для технічного обслуговування повітроочисників»

Розроблена кваліфікаційна бакалаврська робота включає:

пояснювальну записку об'ємом 90с., та 12 слайдів ілюстративної частини у вигляді презентації.

Для підвищення ефективності ремонтно-обслуговуючих процесів у центральних ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств необхідне постійне оновлення та модернізація технічного оснащення. Впровадження сучасного обладнання та технологій забезпечує підвищення якості обслуговування техніки, скорочення часу на виконання ремонтів та зниження експлуатаційних витрат.

У рамках даної дипломної роботи виконано реконструкцію центральної ремонтної майстерні ТОВ «Контакт Плюс» Шосткинського району Сумської області з метою вдосконалення технологічного процесу очищення повітряних фільтрів двигунів внутрішнього згорання.

Розроблено конструкцію спеціалізованого стенду для очищення повітряних циліндричних фільтрів, які широко застосовуються в системах фільтрації тракторів та іншої сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: трактор, технологія, сільськогосподарська техніка, відновлення, очищення, технічне обслуговування, випробування, фільтр.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|--------------|--------|------|----------------------------------|-------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Синегуб О.В. | | | РЕФЕРАТ | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Ружило З.В. | | | | | 5 | 1 |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | Ревенко Ю.І | | | | | | |
| | | | | | | НУБІП України, КД | | |

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Анотація | 5 |
| Вступ | 6 |
| 1 Аналіз вихідних даних | 10 |
| 1.1 Характеристика господарства | 10 |
| 1.2 Склад машинно – тракторного парку | 13 |
| 1.3 Характеристика ремонтно – обслуговуючої бази..... | 15 |
| 1.4 Аналіз потреби в ремонтно – обслуговуючих діях..... | 15 |
| 1.5 Постановка завдань на дипломне проектування..... | 19 |
| | |
| 2 Проектно – Інформаційна частина | 29 |
| 2.1 Конструкція та принцип дії повітряних фільтрів..... | 20 |
| 2.2 Механізми фільтрації: затримка частинок, осадження, інерційний ефект..... | 22 |
| 2.3 Вплив забруднень на пропускну здатність і опір потоку повітря | 23 |
| 2.4 Влив забруднення на економію пального. Дослідження..... | 24 |
| 2.5 Аналіз конструкції та технічних характеристик повітряних циліндричних фільтрів | 25 |
| | |
| 3. Аналіз стендів для очищення циліндричних повітряних фільтрів тракторних агрегатів та с.-г. машин..... | 30 |

| | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------------------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | | 8 | 2 | |
| Реценз. | | | | | ЗМІСТ | | |
| Н. Контр. | Ревенко Ю.І | | | | | | |

| | |
|---|----|
| 4. Конструкторський розділ | 36 |
| 4.1 Методи очищення повітряних циліндричних фільтрів..... | 36 |
| 4.2 Обґрунтування розробки | 37 |
| 4.3 Будова і робота стенду | 38 |
| 4.4 Розрахунки приводу стенду для очищення повітряних циліндричних фільтрів..... | 41 |
| 4.5 Розрахунок і конструювання ланцюгової передачі..... | 46 |
| 4.6 Уточнений розрахунок валу..... | 51 |
| 4.7 Розрахунок вала за еквівалентним моментом..... | 54 |
| 4.8 Розрахунок зварних швів..... | 56 |
| | |
| 5. Екологічна експертиза проекту..... | 58 |
| | |
| 6 Охорона праці | 61 |
| 6.1 Охорона праці в ТОВ «Контакт Плюс»..... | 64 |
| 6.2 Логічне моделювання небезпек..... | 64 |
| 6.3 Заходи безпеки праці при проведенні технічного сервісу МТП..... | 66 |
| | |
| 7 Економічна ефективність проекту | 77 |
| 7.1 Розрахунок витрат на побудову стенду..... | 77 |
| 7.2 Експлуатаційні витрати... .. | 82 |
| 7.3 Економія на витраті пального | 83 |
| 7.4 Результат | 85 |
| | |
| Висновки | 86 |
| Література | 99 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ВСТУП

Сільське господарство є однією з ключових галузей економіки України, яка забезпечує значну частку валового внутрішнього продукту та впливає на стабільність і розвиток інших галузей народного господарства. Ефективність роботи аграрного сектора безпосередньо залежить від технічного забезпечення, зокрема від стану машинно-тракторного парку, в основі якого переважають агрегати з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ).

Однією з найважливіших умов надійної та довговічної експлуатації ДВЗ є якісне очищення повітря, яке надходить у камеру згорання. Для цього широко використовуються повітряні циліндричні фільтри. У процесі роботи техніки фільтрувальні елементи накопичують значну кількість пилу й твердих частинок, що призводить до зниження пропускну здатності повітря до камери згорання та збільшення навантаження на двигун. Вчасне очищення повітряних фільтрів дозволяє знизити витрати пального, запобігти передчасному зносу циліндро-поршневої групи та зберегти номінальні характеристики двигуна.

Однак, у більшості сільськогосподарських підприємств відсутні спеціалізовані засоби для якісного очищення повітряних фільтрів, що змушує або замінювати їх передчасно, або проводити неефективне очищення вручну. Це підвищує експлуатаційні витрати та знижує ресурс двигунів.

У зв'язку з цим, актуальним завданням є проектування стенду для очищення циліндричних повітряних фільтрів, який дозволить автоматизувати процес очищення, покращити його якість, зменшити трудомісткість робіт і забезпечити дотримання екологічних та технічних норм.

| | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------------------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | | | 6 | 2 |
| Реценз. | | | | | ВСТУП | | |
| Н. Контр. | Ревенко Ю.І | | | | НУБІП України, КД | | |

Метою даної дипломної роботи є розробка конструкції стенду для очищення повітряних циліндричних фільтрів, що використовуються у системах фільтрації двигунів внутрішнього згорання. У процесі виконання проекту буде здійснено техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження даного стенду в умовах ремонтної майстерні, а також розглядатимуться питання охорони праці, екологічної безпеки та організації ремонтно-обслуговуючих процесів.

1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Характеристика господарства

ТОВ «Контакт Плюс» розташовується в 12 км від районного центру м.Шостка і 180 км від обласного центру м. Суми з райцентром ТОВ «Контакт Плюс» зв'язує дорога з твердим асфальтовим покриттям. До найближчої залізничної станції – 14 км.

Природно-кліматичні умови сприятливі для ведення сільськогосподарського виробництва. Середня річна температура +10°C, середньорічний рівень опадів – 530 мм.

По складу ґрунтів та території господарства переважають дерново-середньо- і сильно-підзолисті супіщані ґрунти .

ТОВ «Контакт Плюс» спеціалізується на виробництві зернових (жито, пшениця, овес, кукурудза) і технічних культур (соя, соняшник, ріпак).

Загальна земельна площа господарства – 10258 га, з них 9813 га сільськогосподарські угіддя, у тому числі 9679 га ріллі.

Структура земельних площ господарства показана в таблиці 1.1.

| | | | | | | | |
|----------|--------------|----------|--------|------|----------------------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | | | 10 | 11 |
| Реценз. | | | | | АНАЛІЗ ВИХІДНИХ | | |

Таблиця 1.1- Структура земельних площ господарства.

| Склад угідь | Площа, га | Відсоток від загальної площі |
|-------------------------|-----------|------------------------------|
| Загальна земельна площа | 10258 | 100 |
| Всього с/г угідь | 9813 | 98 |
| З них: | | |
| - рілля | 9679 | 87 |
| - пасовище | 97 | 1 |
| - сінокоси | 194 | 2 |

Наявність сільськогосподарських тварин в господарстві показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Наявність сільськогосподарських тварин в господарстві

| Показники | Одиниці виміру | 2023 рік | 2024 рік |
|---|----------------|----------|----------|
| Поголів'я ВРХ | гол. | 427 | 437 |
| В тому числі дійного | гол. | 228 | 243 |
| Середньодобовий надій на 1 фуражну корову | кг | 3,9 | 4,2 |
| Середньодобовий приріст ВРХ | кг | 105 | 115 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

Як бачимо з даної таблиці 1.2., що поголів'я ВРХ збільшилось на 10 голів, значно збільшився надій молока на 1 корову. Середньодобовий приріст ВРХ також збільшився.

Для аналізу одного з напрямків спеціалізації виробництва сільськогосподарської продукції пропонують таблицю 1.3. Структура посівних площ, де вказана посівна площа, врожайність, питома вага культури до загальної площі.

Таблиця 1.3 -Структура посівних площ та урожайність с/г культур

| Назва культур | с/г Площа га 2024 р. | Урожайність, ц/га | | |
|-----------------------|----------------------------|-------------------|---------|--------|
| | | 2021 р. | 2022 р. | 2023р. |
| Жито | 612 | 34,6 | 33,6 | 33,1 |
| Пшениця | 1368 | 52,3 | 55,7 | 54,8 |
| Ячмінь | 891 | 41,5 | 39,8 | 41,2 |
| Овес | 379 | 28 | 25,5 | 24 |
| Вика | 294 | 15 | 13,5 | 12,8 |
| Просо | 285 | 10 | 9 | 9,2 |
| Люпин | 197 | 20,4 | 17,3 | 18,0 |
| Кукурудза на силос | 511 | 400 | 350 | 387 |
| Ріпак | 1529 | 32,1 | 35,3 | 31,6 |
| Соняшник | 2582 | 31,3 | 29,8 | 30,3 |
| Кукурудза | 1993 | 82 | 75 | 78 |

Як видно з таблиці 1.3. ТОВ «Контакт Плюс» планує в 2025 році збільшити урожайність сільськогосподарських культур.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

1.2 Склад машинно-тракторного парку

Склад машинно-тракторного парку різноманітний з помірною необхідною кількістю, з автопарком вантажних автомобілів.

У господарстві машинно-тракторний парк поновлюється, як новою, так і вживаною технікою. Вживана техніка має поступове старіння механізмів, що призводить до підвищення витрат на експлуатацію і ремонт.

Склад машинно-тракторного парку ТОВ «Контакт Плюс» наведемо в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Склад машинно-тракторного парку.

| Назва, машина | марка | Кількість, шт. |
|-----------------------------|-------|----------------|
| Трактори: | | |
| John Deere 6M | | 1 |
| John Deere 8R | | 4 |
| New Holland T8 | | 2 |
| MTЗ 2022В | | 2 |
| MTЗ 82 | | 2 |
| T-150 | | 1 |
| K-701 | | 1 |
| Зернозбиральні комбайни: | | |
| New Holland CX8.80 | | 3 |
| New Holland CX8080 | | 2 |
| Case 7140 | | 1 |
| Палесьє | | 1 |
| Акрос-530 | | 1 |
| Class Lexion 760 | | 1 |
| Class Lexion 770 | | 1 |
| Автомобілі: | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

Продовження Таблиці 1.4

| Назва, машина | марка | Кількість, шт. |
|------------------|---------|----------------|
| КамАЗ 5511 | | 1 |
| КамАЗ 55102 | | 2 |
| КамАЗ 5410 | | 2 |
| ГАЗ 3307 | | 1 |
| ГАЗ 53 | | 1 |
| ЗИЛ 130 | | 1 |
| MAN | | 2 |
| МАЗ Колос | | 2 |
| Обрипскувачі: | | |
| Horsh Leeb | | 1 |
| New Guardian | Holland | 1 |
| Навантажувачі: | | |
| Class Scorpion | | 1 |
| Kramer KT357 | | 1 |
| JCB 531-70 | | 1 |

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|------------------|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат а</i> | | |

1.3 Характеристика ремонтно - обслуговуючої бази

До складу ремонтно – обслуговуючої бази ТОВ «Контакт Плюс» входять: центральна ремонтна майстерня з майданчиками для зберігання сільськогосподарських машин, автогараж з майданчиком для стоянки автомобілів, боксами для проведення технологічного обслуговування з оглядовими ямами і естакадами. На території господарства знаходиться ангар для технічного обслуговування і нескладних ремонтів тракторів і комбайнів, майданчики для зберігання сільськогосподарської техніки та ремонту, критий майданчик для зберігання комбайнів, ремонту сільськогосподарських машин, комбайнів. Також організована одна виїзна бригада для наладки і ремонту сільськогосподарської техніки, тракторів і комбайнів в польових умовах, забезпечена спеціально обладнаним автомобілем із газозварювальною установкою.

На тракторних бригадах обладнані склади матеріалів і запасних частин, пункти заправки тракторів і комбайнів паливо – мастильними матеріалами.

1.4 Аналіз потреби в ремонтно - обслуговуючих діях

Для забезпечення працездатного стану машино-тракторного парку застосовується Єдина планово-попереджувальна система технічного обслуговування та ремонту машин. Вона передбачає комплекс обов'язкових, планомірно здійснюваних технічних заходів, завдяки яким машини підтримуються у робочому стані та готові до виконання сільськогосподарських робіт. Розвиток діагностики сільськогосподарської техніки дає змогу значно вдосконалити цю систему, зокрема за рахунок усунення передчасних ремонтів, які не мають технічної потреби, а також підвищення якості регулювань.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | | | |

Таблиця 1.5 -Кількість операцій, які припадають на одиницю машино-тракторного парку, шт.

| № | Найменування операції | Виконавці | Інструменти та матеріали | Примітки |
|----|---------------------------------------|-------------|----------------------------|---|
| 1 | Очищення техніки від бруду та пилу | Механізатор | Щітки, ганчірки, компресор | Особливо увага до радіаторів |
| 2 | Перевірка рівня мастила | Механізатор | Щуп, мастило | Долити за потреби |
| 3 | Контроль рівня охолоджувальної рідини | Механізатор | ОЖ, мірна ємність | Долити при необхідності |
| 4 | Огляд шин (тиск, пошкодження) | Механізатор | Манометр, насос | Вирівняти тиск згідно з нормою |
| 5 | Перевірка стану фільтрів | Механізатор | Запасні фільтри, компресор | Очистити або замінити |
| 6 | Огляд кріплень і з'єднань | Механізатор | Гайкові ключі | Підтягнути за необхідності |
| 7 | Перевірка роботи освітлення | Механізатор | Тестер, лампи | Замінити несправні |
| 8 | Контроль рівня пального | Механізатор | Дизпаливо, мірна лінійка | Дозаправка при потребі |
| 9 | Перевірка роботи гідросистеми | Механізатор | Огляд, тестовий запуск | Усунути витік, при необхідності замінити рідину |
| 10 | Запуск двигуна та перевірка роботи | Механізатор | Ключ запалювання | Оцінити роботу за звуком і димністю |

Планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту машино-тракторного парку сільськогосподарських підприємств поділяється на дві групи заходів: технічне обслуговування і ремонт.

Технічне обслуговування — це сукупність регламентованих, короткочасних технологічних операцій, що включають контроль технічного стану (діагностику) машин, підтягування з'єднань, регулювання вузлів і агрегатів, очищення, змащування та заправлення. Його метою є забезпечення надійної, економічно ефективної та безперебійної роботи машин шляхом підтримання їх у справному технічному стані. Обслуговування виконується без вилучення техніки з виробничого процесу, безпосередньо в ході її експлуатації. Своєчасне та якісне виконання регламентів технічного обслуговування дозволяє запобігти передчасному зносу складових частин машин, порушенням регулювань, виникненню несправностей та відмов, а також істотно подовжити строк служби техніки і підвищити її технічний ресурс. Для цього побудовано пункти ТО і машинні двори, виробничі комплекси, обладнані необхідними засобами для своєчасного й ретельного проведення технічного обслуговування.

У підприємствах створені спеціальні ланки, до складу яких входять майстри-наладчики та слюсарі, підпорядковані завідувачому машинним двором. Ланки спеціалізуються на технічному обслуговуванні та ремонті плугів культиваторів, сівалок, комбайнів, тракторів, вантажних автомобілей. У їх розпорядженні є токарні та фрезерувальні верстати, зварювальне та необхідне обладнання.

При щозмінному технічному обслуговуванні трактористи-машиністи проводять зовнішнє очищення машин, перевіряють стан вузлів, усувають підтікання, а завідуючий майстерні перевіряє загальний технічний стан машин, регулює вузли і механізми.

Ремонт являє собою систему заходів по усуненню в машині несправностей, відказів і граничного стану для відновлення її робото здатності

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 17 |

або технічного ресурсу. Ремонт пов'язаний з тимчасовим вилученням машини з виробничого циклу і доставкою її в майстерню або на завод для виконання необхідних технологічних процесів ремонту.

Розрізняють поточний і капітальний ремонти.

Поточний ремонт називається плановий вид ремонту, призначений для відновлення робото здатності машини і після відмови або досягнення граничного стану деяких неосновних деталей. Капітальний ремонт являє собою плановий вид ремонту, який виконується в зв'язку з досягненням основними деталями граничного стану і призначений для відновлення ресурсу машини.

При поточному ремонті використовується обмінні агрегати і вузли. Ремонт здійснюється в ремонтних майстернях з приміщенням відповідного технологічного обладнання.

Капітальний та поточний ремонти проводяться в центральних ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємствах.

Майстерня може проводити ремонт тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин, а також ТО і діагностування.

Дана майстерня в змозі забезпечити якісний і швидкий ремонт тракторів, автомобілів і с/г машин, які є в господарстві.

1.5 Постановка завдань на дипломне проектування

Зростання трудомісткості операцій з технічного обслуговування машинно-тракторного парку зумовлює пропорційне збільшення обсягу робіт, що виконуються в центральній ремонтній майстерні (ЦРМ). Однак наявна матеріально-технічна база ЦРМ, з огляду на її недоукомплектованість та обмежені виробничі потужності, не дозволяє повною мірою забезпечити виконання необхідного обсягу ремонтно-обслуговуючих операцій. У зв'язку з цим виникає необхідність у технічній реконструкції майстерні з метою оптимізації виробничих процесів, зокрема шляхом модернізації робочих постів, доукомплектування спеціалізованим технологічним обладнанням та підвищення продуктивності за рахунок збільшення кількості умовних ремонтно-обслуговуючих процесів, що можуть виконуватись у заданий проміжок часу, а саме впровадження ефективного технологічного оснащення для обслуговування повітроочисників.

Виконаний аналіз вихідних даних (плану ЦРМ ТОВ «Контакт Плюс», річних звітів виробничо – господарської діяльності господарства за 2022-2024 роки) дає можливість визначити завдання кваліфікаційної роботи.

- 1) **Провести аналіз** конструкції повітроочисників, їх технічних характеристик, особливостей експлуатації.
- 2) **Вивчити існуючі методи та засоби** технічного обслуговування повітроочисників, визначити їх переваги та недоліки.
- 3) **Обґрунтувати необхідність розробки нового технологічного оснащення**, враховуючи сучасні вимоги до обслуговування та зростаючі обсяги ремонтних робіт у центральній ремонтній майстерні ТОВ «Контакт Плюс».
- 4) **Розробити конструкцію оснащення**, що забезпечує виконання регламентованих операцій з очищення повітроочисників.
- 5) **Виконати необхідні розрахунки** на міцність, надійність і працездатність розробленого оснащення.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

- 6) **Розробити виробничо-технологічну документацію.**
- 7) **Здійснити оцінку техніко-економічної ефективності впровадження розробленого оснащення.**
- 8) **Опрацювати заходи з охорони праці, техніки безпеки та охорони навколишнього середовища при виконанні технічного обслуговування з використанням оснащення.**

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

2 ПРОЕКТНО-ІНФОРМАЦІЙНА ЧАСТИНА

Сільське господарство є однією з ключових галузей економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку та розвиток суспільства. Ефективність роботи сільськогосподарської техніки значною мірою залежить від її технічного стану, зокрема від справності систем фільтрації повітря. Повітряні циліндричні фільтри відіграють важливу роль у захисті двигунів від пилу, бруду та інших забруднень, що особливо актуально в умовах інтенсивної експлуатації техніки на полях. Проте з часом фільтри засмічуються, що знижує їхню пропускну здатність, погіршує роботу двигуна та підвищує витрати палива.

2.1 Конструкція та принципи дії повітряних фільтрів

Повітряний фільтр це пристрій, який очищає повітря, яке потрапляє в двигун внутрішнього згорання. Повітря в ДВЗ застосовується для згорання палива, а це означає, що всі домішки, які потрапляють з повітрям впливають на стані двигуна. Хороший повітряний фільтр здатний не просто захистити двигун, але і зменшити витрату палива, тому його роль не можна недооцінювати. [3; 8]

Різновиди моторних повітряних фільтрів.

1. Інерційні фільтри.

Перевагами даного типу є багаторазове використання, самостійне обслуговування. Для справної роботи досить періодично очищати фільтр від пилу. Головним недоліком є великі розміри та низький ступінь фільтрації. Принцип роботи полягає в різкій зміні напрямку потоку повітря, за рахунок чого всі великі частки бруду падали на дно, а потік проходив через фільтруючий елемент. [3]

| | | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|--------------------------------------|-------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | | ПРОЕКТНО- ІНФОРМАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | | | | 21 | 10 |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | Ревенко Ю.І | | | | | НУБІП України, КД | | |

2. Інерційні масляні фільтри.

Цей тип фільтрів замінив інерційний і був дещо ефективнішим, хоча в даний час він покритий матеріалом. В своїй основі вони все ще виконували весь цикл інерційних фільтрів, єдиною відмінністю було моторне масло на дні корпусу фільтра, яке зберігало грубий пил, пісок та інше сміття. Ці фільтри також були багаторазовими, як і інерційні фільтри. Інерційно-масляний фільтр можна зустріти в сільськогосподарській техніці. [38]

3. Паперові фільтри.

Цей вид фільтра є найпопулярнішим і на сьогоднішній день використовується практично у всіх сучасних конструкціях двигуна. Ці фільтри працюють за принципом фільтрації повітря через кілька шарів пористого паперу, обробленого спеціальними смолами. Спеціальні конструкції складеного паперу збільшують фільтраційну здатність самого фільтра. Паперові фільтри очищають повітря по всій поверхні, а не тільки по краях, тим самим в змозі зловити найдрібніші частинки пилу, забезпечуючи хорошу пропускну здатність. До переваг цього виду фільтра можна віднести його досить невисоку вартість. [42]

2.2 Механізми фільтрації: затримка частинок, осадження, інерційний ефект

Принцип дії циліндричних повітряних фільтрів базується на кількох фізичних механізмах очищення повітря, що надходить до двигуна:

1. **Затримка частинок:** основний механізм, який полягає в уловлюванні великих частинок (пилу, піску, органічних залишків) порами фільтрувального матеріалу. Розмір пор визначає мінімальний діаметр частинок, які затримуються (наприклад, для пилу розміром 10–20 мкм).

2. **Осадження:** дрібніші частинки (менше 5 мкм) осідають на поверхні фільтрувального матеріалу завдяки дифузії та електростатичним силам. Цей процес особливо важливий для затримки пилу, що утворюється в сухих польових умовах.

3. **Інерційний ефект:** великі та важкі частинки, рухаючись у потоці повітря, через інерцію не встигають змінити траєкторію разом із потоком, що огинає волокна фільтра, і осідають на його поверхні. Цей механізм ефективний для грубих забруднень, таких як пісок чи рослинні залишки.

Комбінація цих принципів дозволяє фільтру ефективно очищати повітря, забезпечуючи захист двигуна від абразивного зносу та зниження продуктивності. Повітряний потік спрямовується через фільтр радіально: від зовнішньої поверхні до внутрішньої порожнини, звідки очищене повітря надходить у двигун. [24]

2.3. Вплив забруднень на пропускну здатність і опір потоку повітря

У процесі експлуатації сільськогосподарської техніки фільтри поступово накопичують забруднення, що суттєво впливає на їхню роботу. Накопичення частинок на поверхні та в порах фільтрувального матеріалу призводить до таких наслідків:

1. **Зниження пропускну здатності:** забиті пори зменшують об'єм повітря, що проходить через фільтр за одиницю часу. Це може спричинити недостатнє надходження кисню до камери згоряння, що погіршує ефективність двигуна та підвищує витрату палива.
2. **Збільшення опору потоку повітря:** заростання фільтра створює додатковий опір, який вимірюється перепадом тиску між зовнішньою та внутрішньою сторонами фільтра. Наприклад, чистий фільтр має ΔP на рівні 1–2 кПа, тоді як забруднений може досягати 5–10 кПа, що перевищує допустимі норми для більшості двигунів.
3. **Пошкодження двигуна:** у критичних випадках, коли опір стає надмірним, двигун може "засмоктувати" частинки через фільтр, що призводить до абразивного зносу циліндрів і поршнів.

У сільськогосподарських умовах, де техніка працює в запиленому середовищі (наприклад, під час оранки чи збирання врожаю), швидкість забруднення фільтрів значно вища, ніж у міських умовах. Це обґрунтовує необхідність розробки стенду для їхнього очищення, що дозволить відновлювати пропускну здатність без заміни фільтра. [2; 4; 7]

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

2.4. Вплив забруднення на економію пального. Дослідження.

На базі підприємства «КонтактПлюс» було проведено дослідження на вплив забруднення повітряного фільтра на витрату пального. Дослідження проводилося на двох однакових тракторах- John Deere 8345R. [45]



Рис 2.1- John Deere 8345R

Обидві мають приблизно 345 кінських сил. Ми встановили абсолютно нові фільтри і використовували обидва трактори протягом однієї робочої зміни одного дня, виконуючи ту саму роботу на одному й тому ж полі. Наступного ранку ми почистили один з фільтрів за допомогою повітряного компресора і витрусили з нього понад 1,0 кг бруду. Інший фільтр ми залишили в машині без змін. Наприкінці другого дня машина з непочищеним фільтром використала на 10% пального більше, ніж та, у якій фільтр був почищений. Після цього ми почистили другий фільтр (який не чистили перед тим) і отримали з нього трохи більше 1,3 кг бруду. Висновок.

Обидва фільтри вже були майже повністю забиті після лише одного дня роботи. Другий фільтр вже не міг вмістити більше бруду — інакше ми б отримали з нього 2 кілограми, а не 1,3. Загальним висновком дослідження- повітряний фільтр потрібно чистити щозмінно, тоді буде досягнута економія пального.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 25 |

2.5. Аналіз конструкції та технічних характеристик повітряних циліндричних фільтрів

Машинно-тракторний парк ТОВ «Контакт Плюс» характеризується різноманітним складом техніки, що включає як трактори і комбайни в достатній кількості, так і вантажні автомобілі.

Для оцінки різноманітності фільтрів, що використовуються в техніці ТОВ «Контакт Плюс», проведено аналіз їхньої поширеності та розмірів.

Технічні характеристики фільтрів показані в таблиці 2.1.

Найпоширенішими за кількістю одиниць техніки є фільтри з артикулом 740-1109560, які застосовуються в п'яти вантажних автомобілях КамАЗ (моделі 5511, 55102, 5410). Цей фільтр має розміри 350 × 230 × 125 мм і виготовлений із гофрованого паперу з металевим каркасом, що забезпечує міцність за умов інтенсивної експлуатації.

Другим за поширеністю є комплект фільтрів 84432503 (зовнішній) та 84432504 (внутрішній), який використовується в п'яти зернозбиральних комбайнах New Holland (СХ8.80 – 3 одиниці, СХ8080 – 2 одиниці). Їхні розміри становлять 450 × 200 × 120 мм (зовнішній) та 440 × 100 × 80 мм (внутрішній), а матеріал – синтетичні волокна з водовідштовхувальним покриттям, що підвищує ефективність у запиленних умовах.

Серед інших поширених артикулів варто відзначити 238Н-1109010 (4 одиниці: Палесье КЗС-1218, Акрос-530, МАЗ Колос) та RE587793 / RE587794 (4 одиниці: John Deere 8R), що свідчить про значну частку техніки з двигунами ЯМЗ та John Deere у машино-тракторному парку. [45]

Найменшу висоту має фільтр із артикулом 53-11-1109010, який застосовується в автомобілі ГАЗ 53: його висота становить 280 мм при зовнішньому діаметрі 190 мм і внутрішньому 100 мм.

Найменший зовнішній діаметр (165 мм) зафіксовано у фільтрі RE284091 для трактора John Deere 6М, а найменший внутрішній діаметр (70 мм) – у внутрішнього фільтра RE284092 для тієї ж моделі. Ці компактні розміри характерні для техніки з менш потужними двигунами, що потребують меншого об'єму повітря. Натомість найбільші розміри має фільтр із артикулом 700-1109510, який використовується в тракторі К-701: висота 500 мм, зовнішній діаметр 280 мм, внутрішній діаметр 150 мм. Цей фільтр, виготовлений із гофрованої целюлози зі сталевим каркасом, призначений для двигунів ЯМЗ-240 із високою продуктивністю, що пояснює його габарити. [45]

Отже, аналіз показує, що в машинно-тракторному парку ТОВ «Контакт Плюс» переважають фільтри середнього розміру (350–450 мм у висоту), такі як 740-1109560 та 84432503 / 84432504, що відповідає потребам вантажних автомобілів і сучасних комбайнів. Водночас діапазон розмірів від 280 × 165 × 70 мм до 500 × 280 × 150 мм вказує на необхідність розробки універсального стенду, здатного обробляти як компактні, так і великогабаритні циліндричні фільтри.

| | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
| | | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |

Таблиця 2.1- Технічні характеристики повітряних циліндричних фільтрів [21; 22; 23; 24; 34; 45; 46; 47]

| Категорія | Модель техніки | Кількість одиниць | Артикул | Розміри (В × ЗД × ВД, мм) | Примітки |
|-----------|----------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|--|
| Трактори | | | | | |
| Трактори | John Deere 6M | 1 | RE284091 / RE284092 | 330 × 165 × 90 / 320 × 85 × 70 | Для двигунів PowerTech 4.5L або 6.8L, матеріал: гофрований папір з синтетичним покриттям |
| Трактори | John Deere 8R | 4 | RE587793 / RE587794 | 340 × 180 × 100 / 330 × 90 × 75 | Для двигунів PowerTech 9.0L, матеріал: целюлоза з полімерним армуванням |
| Трактори | New Holland T8 | 2 | 87682993 / 87682994 | 350 × 190 × 110 / 340 × 95 × 80 | Для двигунів FPT Cursor 9, матеріал: синтетичні волокна (поліестер) |
| Трактори | MTЗ 2022В | 2 | 260-1109010 | 400 × 240 × 130 | Для двигунів Д-260, матеріал: гофрований папір, армований сіткою |
| Трактори | MTЗ 82 | 2 | 240-1109015 | 280 × 220 × 120 | Для двигунів Д-240/243, матеріал: целюлоза, металевий каркас |
| Трактори | T-150 | 1 | A53.21.000 | 450 × 250 × 140 | Для двигунів СМД-60/62, матеріал: папір із синтетичним просоченням |
| Трактори | К-701 | 1 | 700-1109510 | 500 × 280 × 150 | Для двигунів ЯМЗ-240, матеріал: гофрована целюлоза, сталевий каркас |

Продовження табл. 2.1.

| Категорія | Модель техніки | Кількість одиниць | Артикул | Розміри (В × ЗД × ВД, мм) | Примітки |
|------------|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| Комбайни | New Holland CX8.80 | 3 | 84432503 / 84432504 | 450 × 200 × 120 / 440 × 100 × 80 | Для двигунів FPT Cursor 9, матеріал: поліестер із водовідштовхувальним покриттям |
| Комбайни | New Holland CX8080 | 2 | 84432503 / 84432504 | 450 × 200 × 120 / 440 × 100 × 80 | Аналогічно CX8.80, сумісність із серією CX, матеріал: синтетичні волокна |
| Комбайни | Case 7140 | 1 | A173290 / A173291 | 430 × 210 × 115 / 420 × 95 × 75 | Для двигунів Cummins 8.3L, матеріал: целюлоза з посиленням каркасом |
| Комбайни | Палесье (КЗС-1218) | 1 | 238Н-1109010 | 480 × 260 × 140 | Для двигунів ЯМЗ-238, матеріал: гофрований папір, сталева сітка |
| Комбайни | Акрос-530 | 1 | 238Н-1109010 | 480 × 260 × 140 | Для двигунів ЯМЗ-236, матеріал: папір із синтетичним просоченням |
| Комбайни | Claas Lexion 760 | 1 | 000795510 / 000795520 | 500 × 220 × 130 / 490 × 110 × 85 | Для двигунів Mercedes-Benz OM502, матеріал: поліестер із високою щільністю |
| Комбайни | Claas Lexion 770 | 1 | 000795510 / 000795520 | 500 × 220 × 130 / 490 × 110 × 85 | Аналогічно Lexion 760, матеріал: синтетичні волокна з армованим каркасом |
| Автомобілі | | | | | |
| Автомобілі | КамАЗ 5511 | 1 | 740-1109560 | 350 × 230 × 125 | Для двигунів КамАЗ-740, матеріал: гофрований папір, металевий каркас |
| Автомобілі | КамАЗ 55102 | 2 | 740-1109560 | 350 × 230 × 125 | Аналогічно КамАЗ 5511, матеріал: целюлоза з просоченням |
| Автомобілі | КамАЗ 5410 | 2 | 740-1109560 | 350 × 230 × 125 | Аналогічно КамАЗ 5511, сумісність із серією 740, матеріал: папір із сіткою |
| Автомобілі | ГАЗ 3307 | 1 | 4301-1109010 | 300 × 200 × 110 | Для двигунів ЗМЗ-511, матеріал: гофрована целюлоза |
| Автомобілі | ГАЗ 53 | 1 | 53-11-1109010 | 280 × 190 × 100 | Для двигунів ЗМЗ-53, матеріал: папір із металевим каркасом |
| Автомобілі | ЗИЛ 130 | 1 | 130-1109010 | 320 × 210 × 115 | Для двигунів ЗИЛ-130, матеріал: целюлоза, сталева сітка |
| Автомобілі | MAN | 2 | 81.08304-0088 | 400 × 240 × 130 | Для двигунів D2066/D2676 (TGA), матеріал: синтетичні волокна (поліестер) |
| Автомобілі | МАЗ Колос | 2 | 238Н-1109010 | 480 × 260 × 140 | Для двигунів ЯМЗ-238, матеріал: гофрований папір із просоченням |

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | | | | |

Продовження табл. 2.1.

| Категорія | Модель техніки | Кількість одиниць | Артикул | Розміри (В × ЗД × ВД, мм) | Примітки |
|---------------|----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|---|
| Обприскувачі | Horsh Leeb | 1 | 240-1109010 (аналог) | 380 × 220 × 120 | Для двигунів Deutz/Mercedes, матеріал: целюлоза з водостійким покриттям |
| Обприскувачі | New Holland Guardian | 1 | 87682993 / 87682994 | 350 × 190 × 110 / 340 × 95 × 80 | Для двигунів FPT, матеріал: синтетичні волокна (поліестер) |
| Навантажувачі | | | | | |
| Навантажувачі | Claas Scorpion | 1 | 00 0146 592 0 | 360 × 180 × 100 | Для двигунів Deutz TCD 3.6, матеріал: гофрований папір із синтетичним просоченням |
| Навантажувачі | Kramer KT357 | 1 | 1 000 133 546 | 370 × 190 × 105 | Для двигунів Deutz TCD 3.6, матеріал: целюлоза з армованим каркасом |
| Навантажувачі | JCB 531-70 | 1 | 32/925682 / 32/925683 | 340 × 170 × 95 / 330 × 85 × 70 | Для двигунів JCB Dieselmax, матеріал: синтетичні волокна з водовідштовхувальним покриттям |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

3. АНАЛІЗ СТЕНДІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ

У умовах експлуатації транспорту та промислового обладнання повітряні фільтри відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної роботи двигунів та систем вентиляції. З часом фільтри забруднюються, що призводить до зниження продуктивності, підвищеної витрати пального та зростання зносу механізмів. Регулярне очищення повітряних фільтрів дозволяє суттєво продовжити їх термін служби, зменшити експлуатаційні витрати та підтримувати високу ефективність роботи обладнання.

Використання спеціалізованого стенду для очищення повітряних фільтрів забезпечує якісне та безпечне видалення пилу та інших забруднень без ризику пошкодження фільтруючого елемента. Такий підхід не лише економічно вигідний, але й екологічно відповідальний, адже зменшує кількість відходів і сприяє раціональному використанню ресурсів.

| | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|-------------------------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | | Літ. | Арк. | Акрушіє |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | | | 30 | 6 |
| Реценз. | | | | | АНALІЗ СТЕНДІВ НУБІП України, КД | | |
| Н. Контр. | Ревенко Ю.І | | | | | | |

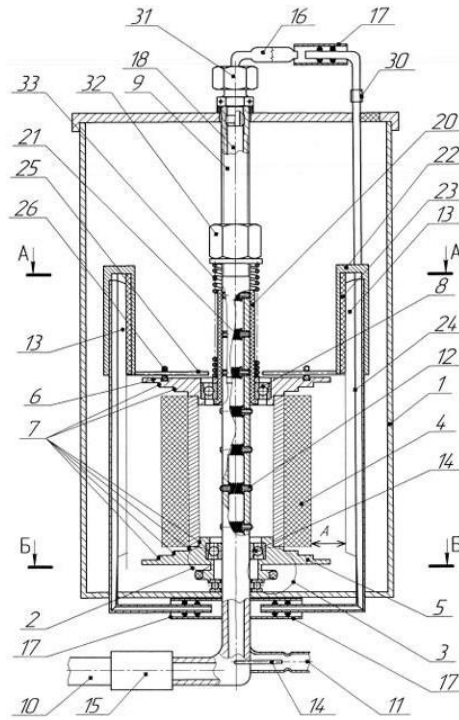


Рисунок 3.1- JP 3004914 (A) - 1991-01-10

Відомий очистний апарат для очищення повітряних фільтрів.(JP 3004914 (A) - 1991-01-10), що має наступну конструкцію. Опора, пов'язана з продувними каналами повітродувки, розташована в повітроочисній камері, що має патрубок для відсмоктування пилу. Від пилу камери здійснюється насосом. вільно обертається знімний вал. Вал з'єднується з кришкою, що герметично закриває верхню частину фільтра, що очищається.

Недоліком пристрою є необхідність створення великого витраченого повітря для рівномірного очищення фільтра по всій довжині. [8]

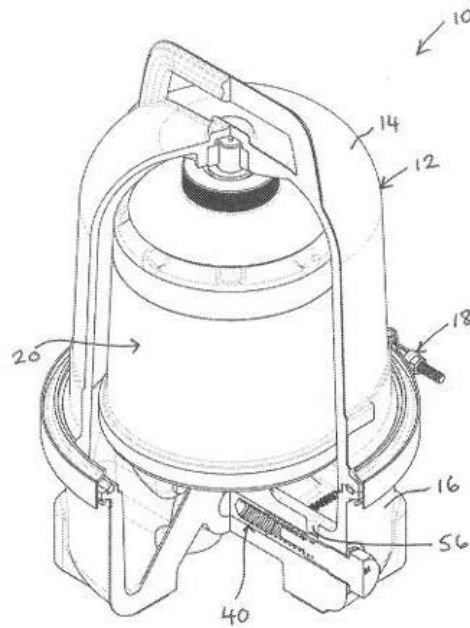


Рисунок 3.2- JP 6074112 (A) - 1994-03-15

Відомо пневматичний пристрій для очищення циліндричного повітряного фільтра (JP 6074112 (A) - 1994-03-15), що має таку конструкцію: корпус із герметичними дверима з'єднаний з каналом для подачі стисненого повітря. Всередині корпусу розташовані регульовані опори, між якими встановлюється циліндричний фільтр з різними геометричними параметрами. Мотор використовується для обертання кожної опори та фільтра відповідно. Додаткові потоки стисненого повітря з форсунки очищають зовнішню поверхню фільтра, яка не очищається основним потоком. Пил, видалений з фільтра, надходить у всмоктувальний колектор, з'єднаний з каналом для передачі повітряно-пилової суміші до сепаратора. [16]

Недоліком є необхідність великого потоку стисненого повітря для рівномірного очищення фільтра. [18]

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |

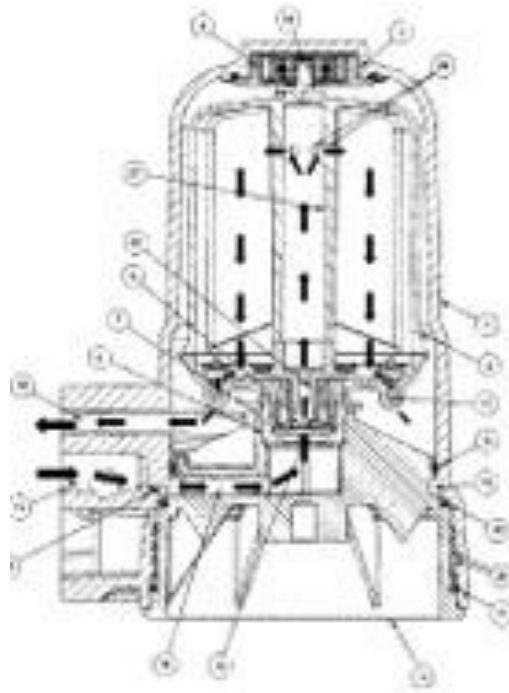


Рисунок 3.3- CN 201632454 (U) - 2010-11-17

Відомо очищувальний пристрій для повітроочисника (CN 211632454 (U) – 20-4-11-17), яке містить опорний диск, розпилювальну трубку, кришку та повітрозабірник, у якому фільтр встановлюється на опорний диск. Розпилювальна трубка з'єднується з опорним диском і має отвори, рівномірно розташовані по її довжині. Трубка знаходиться по центру фільтра. Подача стисненого повітря в трубку здійснюється через отвір в опорному диску. Кришка герметично закриває повітрозабірник зверху. [20]

Недоліком цього пристрою є неможливість очищення повітряних фільтрів більшої довжини, ніж розпилювальна трубка, а також нерівномірний розподіл тиску повітря вздовж трубки, що знижує якість очищення фільтра. [23]

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 33 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

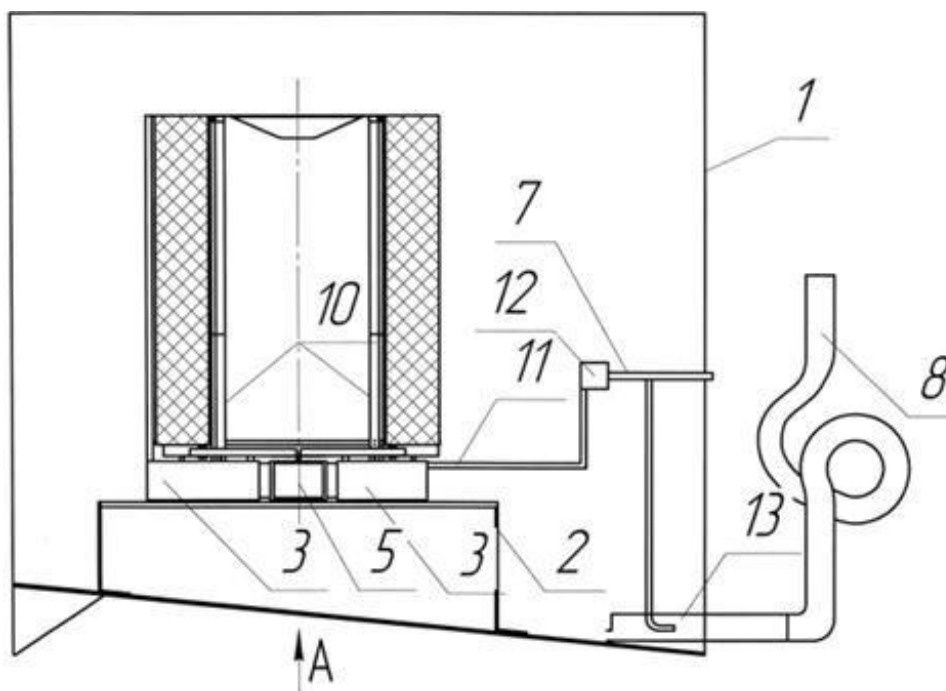


Рисунок 3.4- GB1301020 (A) - 1972-12-29

Відомо також очищувальний пристрій для повітряного фільтра GB1371020 (A) - 1969-12-29 . Циліндричний паперовий фільтр двигуна внутрішнього згоряння встановлений у корпусі циліндричної форми, що має вхідний отвір і отвір для виведення чистого повітря. Усередині фільтра розташоване очищувальне пристосування, пов'язане з джерелом стисненого повітря, що представляє собою патрубок, який обертається навколо осі. [25]

Недоліком є його вузька спеціалізація (призначений для конкретного фільтрувального елемента) та неможливість використання такої конструкції для очищення повітряних фільтрів з великим співвідношенням довжини до внутрішнього діаметра ($>1,5$).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

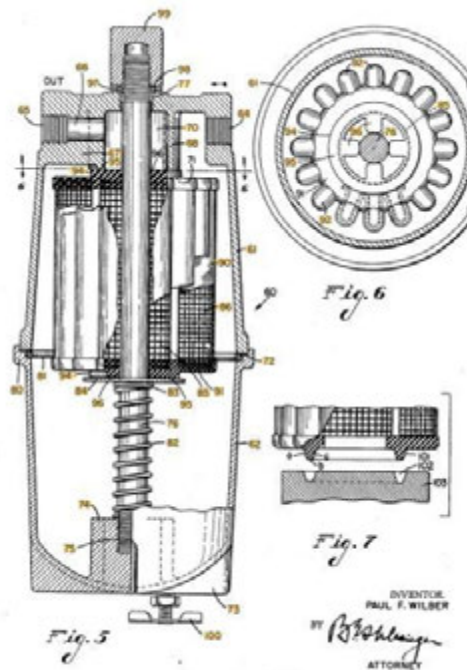


Рисунок 3.5- US 2003033688 (A1) - 2003-02-20

Відомо також очищувальний пристрій для повітряного фільтра (US 2003043689 (A1) - 1996-02-20), що має циліндричну рукоятку зі скрізним отвором. На одному кінці рукоятки є зажим для з'єднання зі шлангом подачі стисненого повітря, а на протилежному — обертається насадка. Усередині насадки розташована розподільна камера з невеликими випускними отворами на зовнішній поверхні для виходу стисненого повітря. Отвори розташовані під кутом, що дозволяє ротору обертатися як турбінне колесо під час виходу стисненого повітря з насадки. Вона спрямовує повітряні потоки на внутрішню поверхню фільтра для видалення пилу з фільтрувального паперу.

Недоліком цього пристрою є те, що очищення повітряного фільтра здійснюється вручну.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Методи очищення повітряних циліндричних фільтрів

Очищення повітряних циліндричних фільтрів є важливим етапом їх експлуатації та обслуговування, що забезпечує ефективну роботу фільтраційної системи та запобігає передчасному зношенню. [8]

У процесі очищення фільтрів відбуваються складні фізико-механічні явища, що сприяють видаленню забруднень із фільтруючого матеріалу та відновленню його пропускної здатності. Існує два основних підходи до очищення повітряних фільтрів: [18]

Технологічний метод включає використання спеціалізованих матеріалів і конструкцій, що полегшують очищення. Це може бути застосування матеріалів з антиадгезійними властивостями, що перешкоджають накопиченню пилу, або використання змінних фільтруючих елементів, які легко піддаються регенерації. Також застосовуються методи механічного струшування або вібраційного очищення, які дозволяють ефективно видаляти налиплий пил. [20]

Експлуатаційний метод передбачає правильну організацію процесу очищення відповідно до умов експлуатації. Це може бути регулярне продування стисненим повітрям, промивання спеціальними миючими засобами або застосування автоматизованих систем очищення. Важливим фактором є поступове збільшення інтенсивності очищення в залежності від ступеня забруднення фільтра, що забезпечує збереження його ресурсу та ефективності роботи. [23]

| | | | | | | | |
|----------|--------------|----------|--------|------|----------------------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | | | 36 | 22 |
| Реценз. | | | | | КОНСТРУКТОРСЬКИЙ | | |

Обидва методи взаємодоповнюють один одного і сприяють забезпеченню тривалого терміну служби повітряних фільтрів та підтриманню їх оптимальних робочих характеристик. [24]

4.2 Обґрунтування розробки

Повітряні фільтри є важливими компонентами систем подачі повітря в двигунах внутрішнього згорання, компресорах, вентиляційних системах та промислового обладнанні. У процесі експлуатації вони накопичують пил, бруд, аерозольні частинки, що знижує ефективність їх роботи, збільшує опір повітряного потоку та може призвести до перегріву та прискореного зношення механізмів.

Неефективне очищення або несвоєчасна заміна фільтрів спричиняє підвищене споживання пального, зниження потужності обладнання та збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Тому розробка стенда для очищення циліндричних повітряних фільтрів є важливим завданням, що дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування, покращити ефективність роботи фільтраційної системи та продовжити термін служби фільтрів.

Основною метою створення стенда є забезпечення ефективного, швидкого та безпечного очищення циліндричних повітряних фільтрів від забруднень без пошкодження їх фільтруючого матеріалу. Серед основних завдань стенда:

- Видалення сухих забруднень з мінімальним механічним впливом.
- Автоматизація процесу очищення для зменшення трудових витрат.
- Можливість регулювання параметрів очищення залежно від типу забруднень і матеріалу фільтра.
- Забезпечення екологічної безпеки та зниження впливу забруднень на довкілля.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

Впровадження стенда для очищення повітряних фільтрів забезпечить:

- Збільшення ресурсу фільтрів – повторне використання фільтрів після якісного очищення.
- Зменшення витрат на обслуговування – скорочення витрат на закупівлю нових фільтрів.
- Підвищення якості очищення повітря – покращення роботи фільтраційних систем у двигунах, зменшення витрати пального.
- Зниження негативного впливу на довкілля – мінімізація забруднення через контрольоване видалення відходів.

4.3 Будова і робота стенду

Стенд для очищення повітряних фільтрів зображено на рис. 4.1 і має таку конструкцію. Корпус 1 конструктивно об'єднаний з очищувальною камерою 2, оснащеною кришкою 3 із притискним пристроєм 4, і має можливість переміщатися по напрямних 5 рами 6. Фільтрувальний елемент 7, який очищається, встановлюється всередині очищувальної камери. Камера приводиться в рух електродвигуном 8, прикріпленим до корпусу через повзун 9, який може переміщатися в пазах корпусу. Крутний момент від редуктора передається через ланцюгову передачу 10, що має натяжний пристрій 11, на гвинтову пару, що складається з зірочки 12 (ведена зірочка).

Передача обертання та осевого переміщення пристрою відбувається через передачу і гвинт 13. Гвинт являє собою трубу для подачі стисненого повітря, на зовнішній поверхні якої нарізана ходова різьба. Для контролю тиску стисненого повітря використовується манометр 14. Осьове переміщення зірочки передається на корпус і пов'язану з ним скобу 15 через упорні шайби 16.

Очищення фільтрувального елемента здійснюється нерухомою в осьовому напрямку насадкою 17, встановленою на кінці гвинта.

Ротор насадки має всередині циліндричну виїмку та випускні отвори для виходу стисненого повітря. Радіальні отвори спрямовують повітря перпендикулярно до внутрішньої поверхні очищувачого фільтра; отвори, розташовані під кутом, забезпечують обертання ротора під час виходу повітря з насадки. Вакуумметр 18 встановлений у випускному патрубку 19 для відсмоктування пилу з камери й контролю рівня розрідження повітря, яке відсмоктується.

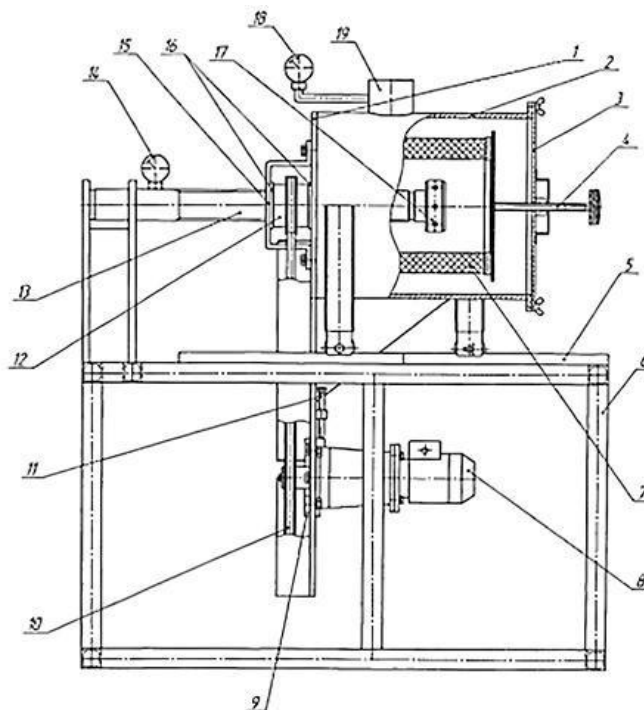


Рисунок 4.1 – Загальне креслення стану для очищення повітряних циліндричних фільтрів сільськогосподарської техніки:

- 1 – Корпус; 2 – Очищувальна камера; 3 – Кришка; 4 – Притискний пристрій; 5 – Напрявні; 6 – Рама; 7 – Фільтрувальний елемент; 8 – Електродвигун; 9 – Повзун; 10 – Ланцюгова передача;
 11 – Натяжний пристрій; 12 – Зірочка (ведена);
 13 – Гвинт (труба для подачі стисненого повітря);
 14 – Манометр; 15 – Скоба; 16 – Упорні шайби;
 17 – Насадка для очищення; 18 – Вакуумметр; 19 – Випускний патрубок;

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

Пристрій працює наступним чином. Очищуваний фільтрувальний елемент 7 встановлюють на опорне кільце камери 2 і фіксують за допомогою кришки 3, яку затягують притискним пристроєм 4. Усередину фільтра через гвинт 13 подається стиснене повітря з повітряної магістралі, що приводить у рух насадку 17. Далі запускається електродвигун мотор-редуктора 8, який через клиноремінну передачу 10 приводить у рух шків-гайку 12. Осьове переміщення шківа-гайки вздовж осі гвинта 13 передається на корпус 1 і пов'язану з ним скобу 15 через упорні шайби 16. Під час обертання шківа-гайки за годинниковою стрілкою камера починає рухатися вздовж гвинта з обертовою насадкою. Після того як насадка проходить всю довжину фільтрувального елемента, шків-гайка починає обертатися у зворотному напрямку, що призводить до зворотного переміщення камери з фільтром.

Реверсування електродвигуна мотор-редуктора відбувається автоматично за допомогою трифазного магнітного пускача (реверсивного реле) з встановленим періодом. Обертальний рух струменів стисненого повітря в поєднанні з періодичними зворотно-поступальними рухами камери забезпечує ефективне очищення фільтра. Пил, який видаляється з фільтра, відсмоктується за допомогою центробіжного вентилятора, підключеного до випускного патрубку 19 через гофрований рукав. Контроль тиску повітря, що надходить до камери, здійснюється манометром 14. Ступінь очищення фільтра визначається за рівнем розрідження у випускному патрубку, який контролюється вакуумметром 18. Для очищення повітряних фільтрів із посадковим діаметром, меншим або більшим за діаметр опорного кільця камери, використовується комплект перехідних кілець (проставок).

4.4 Розрахунки приводу стенду для очищення циліндричних фільтрів сільськогосподарської техніки. [1]

Спроекувати привод вала очисника, кінематична схема та вихідні дані для розрахунків наведені нижче

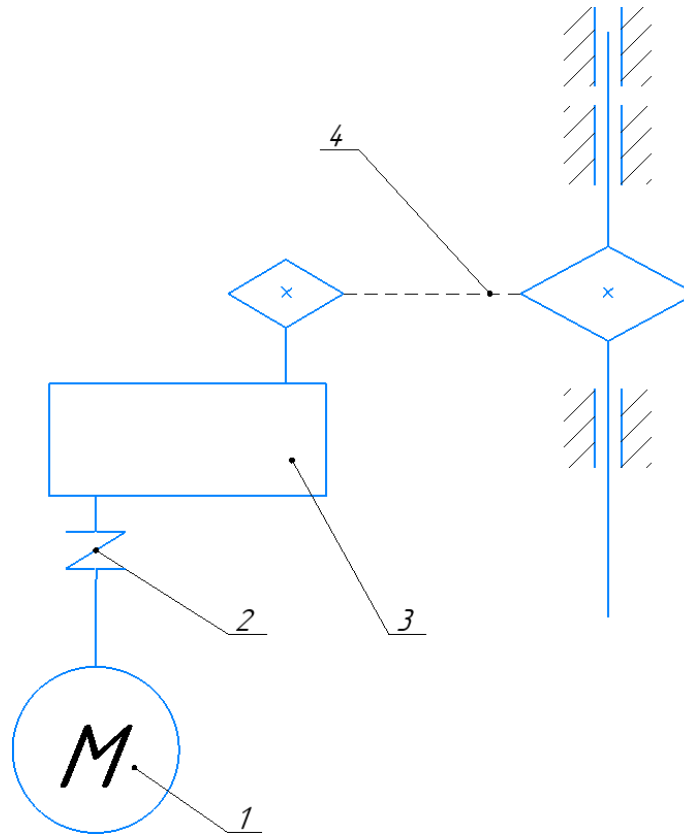


Рисунок 4.2 – Кінематична схема приводу стенду:

1 – Електродвигун; 2 – Муфта; 3 – Редуктор; 4 –Ланцюгова передача;

Вихідні дані для розрахунку:

$$P_{\epsilon} = 2 \text{ кВт}$$

$$\omega_{\epsilon} = 42 \text{ рад/с}$$

$$\beta = 90 \text{ град}$$

$$t = 20 \text{ тис.год.}$$

1. Кінематичний розрахунок привода

$$U_{заг1} = 314/2 = 157,667$$

$$U_{заг1} = 157/2 = 76,333$$

$$U_{заг1} = 104,7/2 = 54,9$$

$$U_{заг1} = \frac{78,5}{2} = 36,167$$

$$U_{заг} = U_{ред} / U_{лан1}$$

$$U_{ред} = U_{заг} / U_{лан1}$$

$$U_{ред} = U_{заг} / (2 \dots 5)$$

$$U_{ред} = 157,667 / (2 \dots 5) = 20,9 \dots 52,339 - \mathbf{314}$$

$$U_{ред} = 76,333 / (2 \dots 5) = 10,467 \dots 26,167 - \mathbf{157}$$

$$U_{ред} = 54,9 / (2 \dots 5) = 6,98 \dots 17,45 - \mathbf{104,7}$$

$$U_{ред} = 36,167 / (2 \dots 5) = 5,233 \dots 13,08 - \mathbf{78,5}$$

Конічний редуктор: 1; 1,5; 2; 3; 4; 5

Конічно-циліндричний редуктор: 6,3; 10; 14; 20; 28

Черв'ячний редуктор: 8; 10; 12,5; 16; 20; 25

2. Потужність електродвигуна

Потрібна потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$P_{дов.п.} = \frac{P_B}{\eta_{заг}}$$

де $P_{дов.п.}$ - потрібна потужність електродвигуна, кВт;

P_B - номінальна потужність на вихідному валу урухомника, кВт;

$\eta_{заг}$ - загальний коефіцієнт корисної дії.

$$\eta_{заг} = \eta_m * \eta_{кон.з.} * \eta_{ланц.п.} = 0,985 * 0,95 * 0,92 = 0,861$$

$$P_{дов.п.} = \frac{P_B}{\eta_{заг}} = \frac{2}{0,861} = 2,484 \text{ кВт.}$$

де $\eta_m = 0,995 \dots 0,985$ – ККД компенсуючої муфти, приймаємо

$$\eta_m = 0,985;$$

$\eta_{кон.з.} = 0,96 \dots 0,95$ – ККД конічної передачі, приймаємо $\eta_k = 0,95$;

$\eta_{ланц.п.} = 0,94 \dots 0,92$ – ККД відкритої ланцюгової передачі,

приймаємо $\eta_{л.} = 0,92$;

3. Вибір електродвигуна

Згідно $P_{\text{дв.п.}} = 2.484$ кВт, $\omega_c = 78.5$ рад/с, приймаємо електродвигун типорозміру АІР 112 МВ8 (рисунок 4.3), у якого номінальна потужність $P_{\text{ном.}} = 3$ кВт; *при номінальному навантаженні*: ковзання – 4.5%, ККД – 83%, $\cos\phi = 0,7$, відношення максимального крутного моменту до номінального 2.2; відношення пускового струму до номінального $\frac{I_n}{I_{\text{ном.}}} = 6$; номінальна частота обертання $n = 716$ об/хв.

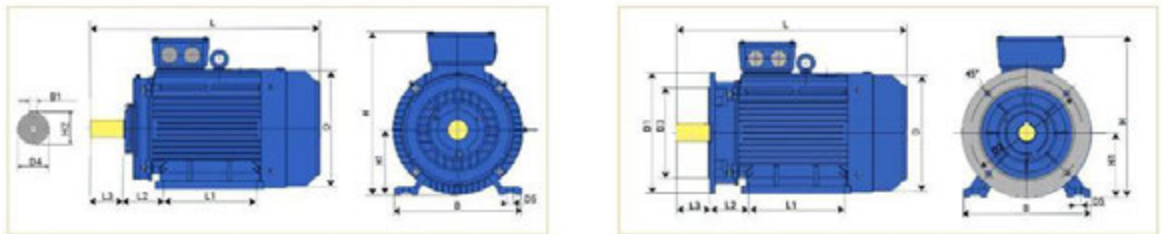


Рисунок 4.3 – Електродвигун АІР 112 МВ8

Визначаємо недовантаженість електродвигуна за формулою:

$$\Delta = \frac{P_{\text{ном.}} - P_{\text{дв.п.}}}{P_{\text{ном.}}} \cdot 100\% = \frac{3 - 2.484}{3} \cdot 100\% = 12.9\%$$

Визначаємо коефіцієнт завантаженості електродвигуна за формулою:

$$K_z = \frac{P_{\text{дв.п.}}}{P_{\text{ном.}}} = \frac{2.484}{3} = 0,871$$

4. Визначаємо передаточне число

Визначим фактичне передаточне число привода та розподілимо його за ступенями використовуючи таку залежність:

$$U_{\text{заг.факт.}} = \frac{\omega_{\text{ном.}}}{\omega_{\text{в}}} = \frac{74.9}{42} = 1,78 ;$$

$$U_{\text{заг.факт.}} = U_{\text{р}} * U_{\text{лан.}}$$

$$\omega_{\text{ном.}} = \frac{\pi * n}{30} = \frac{3.14 * 716}{30} \approx 74.9 \text{ рад/с.},$$

З ряду стандартних значень передаточних відношень приймаємо

$$U_{\text{лан.}} = U_{\text{заг.факт.}} / U_{\text{р}} = 1,78.$$

5. Визначимо потужність, кутову швидкість і крутний момент на валах привода.

I вал

$$P_I = P_{\text{дв.н}} = 2.484 \text{ кВт};$$

$$\omega_I = \omega_{\text{ном}} = 74.9 \text{ с}^{-1};$$

$$T_I = 10^3 \left(\frac{P_I}{\omega_I} \right) = 10^3 \left(\frac{2.484}{74.9} \right) = 0.0465 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

II вал

$$P_{II} = P_I \cdot \eta_M = 2.484 \cdot 0.985 = 2.432 \text{ кВт}.$$

$$\omega_{II} = \omega_I = 74.9 \text{ с}^{-1};$$

$$T_{II} = 10^3 \left(\frac{P_{II}}{\omega_{II}} \right) = 10^3 \left(\frac{2.432}{74.9} \right) = 0.046 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

III вал

$$P_{III} = P_{II} \cdot \eta_{\text{кон.з}} = 2.432 \cdot 0.95 = 2.260 \text{ кВт};$$

$$\omega_{III} = \frac{\omega_{II}}{u_{\text{кон.з}}} = \frac{74.9}{1.78} = 42.08 \text{ с}^{-1};$$

$$T_{III} = 10^3 \left(\frac{P_{III}}{\omega_{III}} \right) = 10^3 \left(\frac{2.260}{42.08} \right) = 0.218 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

6. Складаємо таблицю вихідних даних для розрахунку передач і муфт.

| Назва передачі муфт | P ведучого вала кВт | ω ведучого вала рад/с | T ведучого Вала Н*м | U |
|--------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-----|
| Муфта пружно-компенсуюча | 2,484 | 74,9 | $0,0465 \cdot 10^3$ | — |
| Ланцюгова передача | 2,260 | 44,2 | $0,218 \cdot 10^3$ | 1,7 |

Відповідно до обраного передаточного числа редуктора та крутного моменту на тихохідному валові редуктора обираю редуктор Z38C5.

4.5 РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ [1]

Вихідні дані:

- потужність на ведучому валу $P_1 = 2,260$ кВт;
- на веденому валу $P_2 = 1,999$ кВт;
- крутний момент на ведучому валу $T_1 = 0,21 \cdot 10^3$ Н·м;
- на веденому валу $T_2 = 1,006 \cdot 10^3$ Н·м;
- передаточне число передачі $U = 1,7$;
- кут нахилу передачі до горизонту $\beta = 90^\circ$.

Дана ланцюгова передача використовується в приводі до привода вала очисника стенда для очищення повітряних циліндричних фільтрів, який працює в одному напрямку обертання. Регулювання провисання ланцюга здійснюється переміщенням однієї з опор. Мащення – періодичне.

1. Визначаємо крок ланцюга:

$$t = 280 \sqrt[3]{\frac{P_1 \cdot K_E}{z_1 \cdot \omega_1 \cdot [\rho] \cdot m_p}}$$

де K_E – коефіцієнт експлуатації, який характеризує фактори, що впливають на довговічність ланцюга;

Z_1 - кількість зубів ведучої зірочки;

$[\rho] = 35$ МПа – допустимий питомий тиск в шарнірі, між валиком та втулкою;

$K_H = 1,25$ – коефіцієнт, що залежить від нахилу лінії центрів зірочок до горизонту;

$K_M = 1,5$ – коефіцієнт, що залежить від характеру змащування ланцюга;

$K_{\text{реж}} = 1,25$ – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи;

$K_a = 1$ – коефіцієнт довжини ланцюга.

$$K_E = 1,35 \cdot 1,15 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1,25 \cdot 1 = 3,64;$$

$$Z_1 = 29 - 2 \cdot U = 29 - 2 \cdot 1,7 = 29 - 3,4 = 25,6 \approx 26 \text{ зуба,}$$

$$Z_2 = Z_1 \cdot U \leq Z_{2\text{max}},$$

де $Z_{2\max}=100$ – максимальна кількість зубів веденої зірочки;

$$Z_2 = 19 \cdot 1,7 = 32,3 \approx 33 \leq 100.$$

$$t = 280 \sqrt[3]{\frac{2,260 \cdot 3,64}{19 \cdot 42,98 \cdot 35 \cdot 1}} = 280 \cdot \sqrt[3]{0,0011} = 280 \cdot 0,103 = 28,8.$$

Виконуємо перевірку на необхідну кількість рядів ланцюга:

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot \omega_1}{2000 \cdot \pi} = \frac{19 \cdot 28,8 \cdot 42,98}{2000 \cdot 3,14} = 1,31 \text{ м/с};$$

$$V_{\max} = 7,3 \frac{Z_1}{\sqrt{t}} = 7,3 \sqrt{\frac{19}{28,8}} = 7,3 \cdot 0,8 = 5,84$$

Оскільки $V < V_{\max}$, за табл. 4.10 (ДСТУ 13568-97) приймаємо ланцюг приводний роликовий з кроком 28,8 мм, число рядів – 1 (рис. 4.13):

Ланцюг ПР-31,75-89 ДСТУ 13568-97 (рисунок 4.5),

З'єднувальна ланка – Ланка С- ПР-31,75-89 ДСТУ 13568-97,

Ланка подвійна перехідна – Ланка П2- ПР-31,75-89 ДСТУ 13568-97.

Ланка перехідна – Ланка П- ПР-31,75-89 ДСТУ 13568-97.

Основні параметри обраного ланцюга:

Крок ланцюга – $t = 31,75$ мм;

Руйнівне навантаження – $Q = 89$ кН.;

Діаметр ролика – не менше $d_1 = 19,05$ мм;

Діаметр валика – не більше $d_2 = 9,53$ мм;

Відстань між внутрішніми пластинами – не менше $b_1 = 19,05$ мм;

Маса одного погонного метра – $q = 3,8$ кг/м;

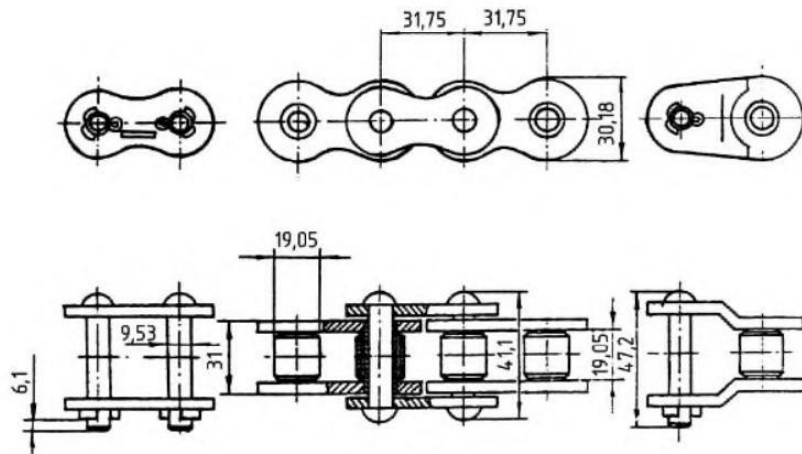


Рис. 4.5 Ланцюг ПР-31,75-89 ДСТУ 13568-97

2. Визначаємо міжосьову відстань та довжину ланцюга:

$$a = a_t \cdot t,$$

де $a_t = 40$ кроків – попередньо прийнята міжосьова відстань виражена в кроках ланцюга.

$$a = 40 \cdot 31,75 = 1270 \text{ мм.}$$

Необхідна довжина ланцюга в кроках:

$$L_t = 2 \cdot a_t + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{1}{a_t} = 2 \cdot a_t + a_1 + \frac{b}{a_t}$$

$$\text{де } a_1 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = \frac{19 + 95}{2} = 57; \quad b = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2 = \left(\frac{95 - 19}{2 \cdot 3,14} \right)^2 = 12,10^2 =$$

$$146,308$$

$$L_1 = 2 \cdot 40 + 57 + \frac{146,308}{40} = 137 + 3,658 = 140,658 \text{ кроків.}$$

Приймаємо $L_t = 140$ кроки.

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$\begin{aligned} a &= \frac{t}{4} L_t + a_1 + \sqrt{(L_t - a_1)^2 - 8b} \\ &= 7,94 \cdot 140,658 + 57 + \sqrt{(140,658 - 57)^2 - 8 \cdot 146,308} \\ &= 7,94 \cdot 197,658 + \sqrt{5828,197} = 7,94 \cdot 274,001 = 2175,57 \end{aligned}$$

Для забезпечення провисання ланцюга міжосьову відстань необхідно зменшити на:

$$(0,002 \dots 0,004)a = (0,002 \dots 0,004)2175,57 = (4,35 \dots 8,7) = 5,57,$$

$$a = 2175,57 - 5,57 = 2170 \text{ мм.}$$

За один обхід ланцюга по контуру кожна ланка піддається ударам чотири рази. Найбільшого значення удар ланки досягає об зуб ведучої зірочки з боку ведучої вітки.

Число ударів ланки за одну секунду:

$$v = \frac{2 \cdot Z_1 \cdot \omega_1}{\pi \cdot L_t} \leq [v]$$

де $[v] = 25 \text{ с}^{-1}$ – значення допустимого числа ударів ланки ланцюга за секунду.

$$v = \frac{2 \cdot 19 \cdot 14,98}{3,14 \cdot 140} = 1,29 \leq [v]$$

3. Визначаємо сили, що діють в вітках ланцюга і сили тиску на вали:

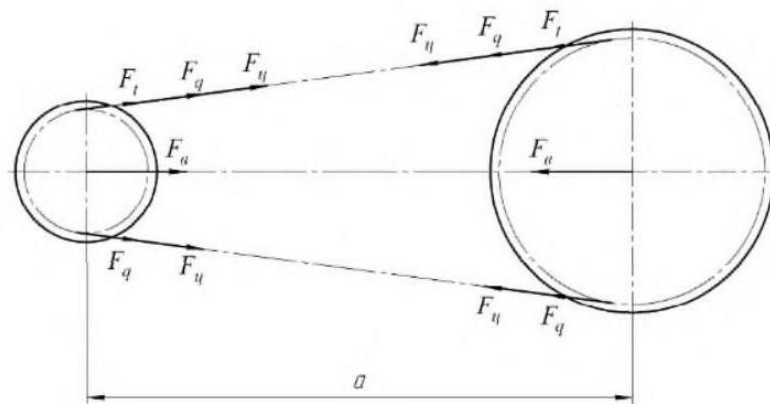


Рис. 4.6 Схема сил, що діють в ланцюговій передачі

Колова сила:

$$F_t = \frac{100 \cdot P_1}{V} = \frac{100 \cdot 2,26}{1,31} = 148,5 \text{ , Н}$$

Сила натягу ланцюга від провисання:

$$F_q = K_f \cdot q \cdot a \cdot g ,$$

де $K_f = 2$ – Коефіцієнт провисання;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

$q = 3,8 \text{ кг/м}$ – погонна маса ланцюга.

$$F_q = 2 \cdot 3,8 \cdot 2170 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = 161,6 \text{ Н.}$$

Сила натяжки ланцюга від відцентрових сил:

$$F_{ц} = q \cdot V^2 = 3,8 \cdot 1,31^2 = 6,5 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля в ведучій вітці ланцюга:

$$F_{заг1} = F_t \cdot K_d + F_q + F_{ц} = 148,5 \cdot 1,35 + 161,6 + 6,5 = 217,5 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля в веденій вітці ланцюга:

$$F_{заг2} = F_q + F_{ц} = 161,6 + 6,5 = 168,1 \text{ Н.}$$

Сили, що діють на вали ведучої та веденої зірочок:

$$F_B = F_t \cdot K_d + 2 \cdot F_q = 148,5 \cdot 1,35 + 2 \cdot 161,6 = 238,6 \text{ Н.}$$

Перевірка ланцюга за питомим тиском в шарнірах:

$$\rho = \frac{F_t \cdot K_E}{S \cdot m_p \cdot 10^2} \leq [\rho],$$

де $S = 262,2 \text{ мм}^2$ – проекція опорної поверхні шарніра однорядного ланцюга;

$[\rho] = 35 \text{ МПа}$ – допустимий питомий тиск в шарнірах ланцюга.

$$\rho = \frac{1488,5 \cdot 3,64}{2,62 \cdot 1 \cdot 10^2} = 34,6 \leq [\rho],$$

$$\Delta = \frac{\rho - [\rho]}{[\rho]} \cdot 100\% \leq +5\%$$

$$\Delta = \frac{34,6 - 35}{35} \cdot 100\% = -1,1\% \leq +5\%$$

Отже передача недовантажена на 1,1 %, що є в межах норми.

Запас міцності ланцюга:

$$n = \frac{Q}{F_{заг1}} \geq [n],$$

де $[n] = 7$ – допустимий запас міцності ланцюга.

$$n = \frac{89 \cdot 10^3}{3527,5} = 25,2 \geq [n],$$

Отже, передачу розраховано вірно.

4.6 УТОЧНЕНИЙ РОЗРАХУНОК ВАЛА [1]

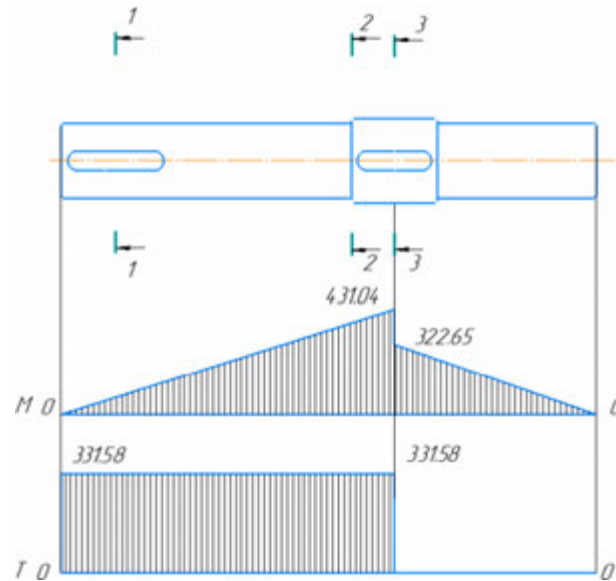


Рис. 4.7 Епюра еквівалентного моменту валу

Для даного валу небезпечними перерізами є:

1-1- Шпонковий паз з розмірами $b \times h = 12 \times 8$ $t_1 = 5.0$ мм $t_2 = 3.3$ мм

2-2 – галтель радіуса $r = 1$ мм;

3-3 – шпонковий паз на ведучій зірочці з розмірами $b \times h = 14 \times 90$
 $t_1 = 5.5$ мм $t_2 = 3.8$ мм

Границі витривалості матеріалу Сталь 40 $\sigma_{13r} = 275$ МПа,

границя міцності $\sigma_B = 640$ МПа, границя текучості $\sigma_T = 340$ МПа, $\tau_{-1k} = 165$ МПа,

Коефіцієнки для Сталі 40 $KK\tau\tau = 2.45$ $\varepsilon\varepsilon\tau\tau = 0.73$ $\beta\beta = 0.94$
(шліфування).

Перевіримо переріз 3-3, так як там найбільший момент.

$$\sigma_3 = 10^3 \frac{M_3}{W_3} = 10^3 \frac{431,04}{7606,76} = 56,566 \text{ Мпа}$$

Переріз 3-3

$$W_3 = \frac{\pi \cdot d_3^3}{32} - \frac{b \cdot t_1(d_3 - t_1)^2}{2 \cdot d_3} = \frac{3,14 \cdot 45^3}{30} - \frac{14 \cdot 5,5(45 - 5,5)^2}{2 \cdot 45}$$

$$= 7606,76 \text{ мм}$$

$$\tau_3 = 10^3 \frac{T_3}{W_{p3}} = 10^3 \frac{331,58}{16548,4} = 20,03 \text{ МПа}$$

$$W_{p3} = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} - \frac{b \cdot t_1(d_3 - t_1)^2}{2 \cdot d_3} = \frac{3,14 \cdot 45^3}{16} - \frac{14 \cdot 5,5(45 - 5,5)^2}{2 \cdot 45}$$

$$= 16548,4 \text{ МПа}$$

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{13r}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\tau \cdot \beta} \cdot \sigma_3} = \frac{275}{\frac{1,4}{0,73 \cdot 0,94} \cdot 56,665} = 2,37$$

$$n_\tau = \frac{\tau_{1k}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\tau \cdot \beta} \cdot \tau_3} = \frac{165}{\frac{2,45}{0,73 \cdot 0,94} \cdot 20,03} = 2,307$$

Тоді

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{n_\sigma^2 + n_\tau^2} \geq [n] = 1,5 \dots 2$$

$$n = \frac{2,37 \cdot 2,307}{2,37^2 + 2,307^2} = 1 \leq [n] = 1,5 \dots 2$$

Умова не виконуються, отже потрібно взяти другий матеріал для валу. Візьмемо Сталь 45. Границі витривалості матеріалу Сталь 45

$\sigma_{13r} = 295$ МПа, границя міцності $\sigma_b = 680$ МПа, границя текучості $\sigma_\tau = 360$ МПа, $\tau_{-1k} = 175$ МПа,

Коефіцієнки для Сталі 45 $K_\tau = 1.68$ $\varepsilon_\tau = 0.83$ $\beta = 0.94$ (шліфування)

Виконаємо розрахунки

Переріз 3-3

$$\sigma_3 = 10^3 \frac{M_3}{W_3} = 10^3 \frac{431,04}{7606,76} = 56,566 \text{ МПа}$$

$$W_3 = \frac{\pi \cdot d_3^3}{32} - \frac{b \cdot t_1(d_3 - t_1)^2}{2 \cdot d_3} = \frac{3,14 \cdot 45^3}{30} - \frac{14 \cdot 5,5(45 - 5,5)^2}{2 \cdot 45} = 7606,76 \text{ мм}$$

$$\tau = 10^3 \frac{T_3}{W_{p3}} = 10^3 \frac{331,58}{16548,4} = 20,03 \text{ Мпа}$$

$$W_{p3} = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} - \frac{b \cdot t_1(d_3 - t_1)^2}{2 \cdot d_3} = \frac{3,14 \cdot 45^3}{16} - \frac{14 \cdot 5,5(45 - 5,5)^2}{2 \cdot 45}$$

$$= 16548,4 \text{ Мпа}$$

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{13r}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\tau \cdot \beta} \cdot \sigma_3} = \frac{295}{\frac{1,88}{0,83 \cdot 0,94} \cdot 56,665} = 2,16$$

$$n_\tau = \frac{\tau_{1k}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\tau \cdot \beta} \cdot \tau_3} = \frac{175}{\frac{1,68}{0,83 \cdot 0,94} \cdot 20,03} = 3,51$$

Тоді

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{n_\sigma^2 + n_\tau^2} \geq [n] = 1,5 \dots 2$$

$$n = \frac{2,16 \cdot 3,51}{2,16^2 + 3,51^2} = 1,83 \leq [n] = 1,5 \dots 2$$

Отже, умова виконується, тому для виготовлення вала потрібно взяти сталь

45

4.7 РОЗРАХУНОК ВАЛА ЗА ЕКВІВАЛЕНТНИМ МОМЕНТОМ

Вихідні дані для розрахунку:

Матеріал валу – Сталь 40

Крутний момент – $T_{IV} = 218$ Нм

Сила – $F_B = 268,6$ Н

$a = b = 107,6$ мм

1. Визначаємо реакції опор (рисунок 4.9).

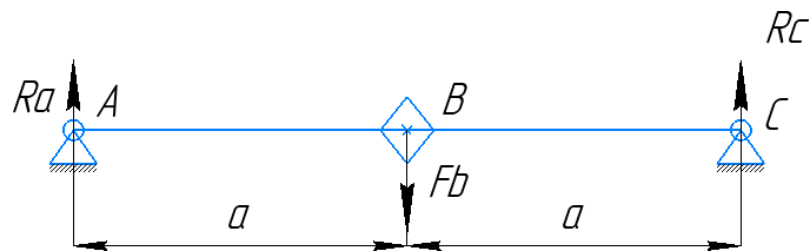


Рисунок 4.9 Реакції опор

$$\sum M_A = 0;$$

$$-F_B \cdot a + R_C \cdot 2a = 0$$

$$\sum M_C = 0;$$

$$-R_A \cdot 2a + F_B \cdot a = 0$$

Звідки

$$R_C = F_B / 2 = 268,6 / 2 = 134,3 \text{ Н}$$

$$R_A = F_B / 2 = 262,6 / 2 = 134,3 \text{ Н}$$

2. Будемо епюри згинаючих моментів

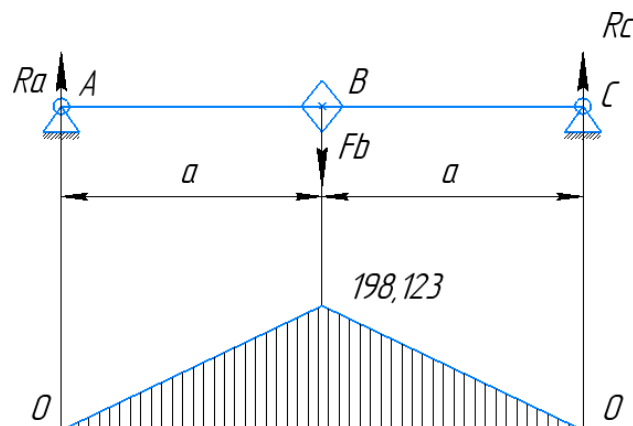


Рисунок 4.10 Епюра згинального моменту

$$M_A = 0 ;$$

$$M_B = RA \cdot a = 134,3 \cdot 107,6 = 16,123 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Крутний момент на валу нам відомий $T_{IV} = 218 \text{ Нм}$

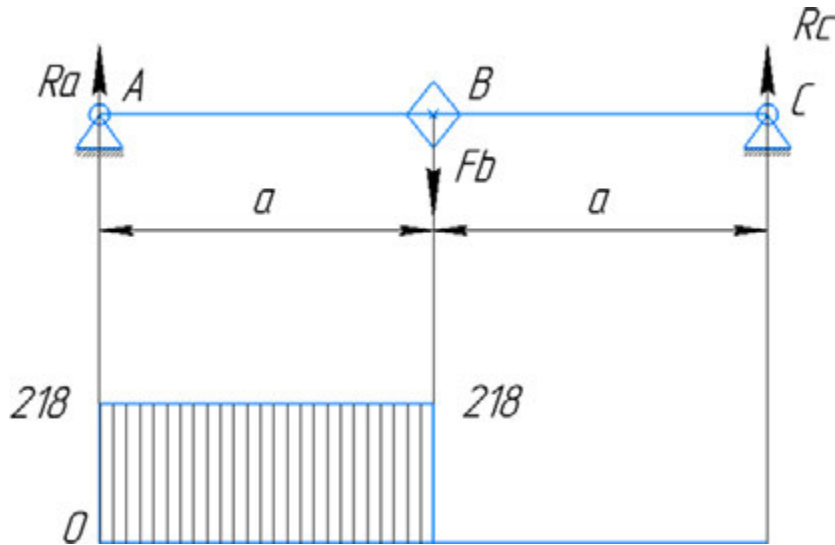


Рисунок 4.11 Епюра крутного моменту

3. Визначаємо діаметр вала в небезпечному перерізі.

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M^2 + 0,75T^2} = \sqrt{198^2 + 0,75 \cdot 218,2} = 273,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо діаметр вала:

$$d = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{\text{екв}}}{\pi \cdot \sigma_p}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 273,3}{3,14 \cdot 85,94}} = 31,8 \text{ мм}$$

Визначаємо допустимі напруження:

Границя витривалості $\sigma_{-1} = 250 \dots 340 \text{ МПа}$;

Приймаємо $\sigma_{-1} = 275 \text{ МПа}$.

$n_{-1} = 3,2 \dots 3,5$ - коефіцієнт запасу міцності.

Напруга, яка допускається $\sigma_p = \frac{\sigma_{-1}}{n_{-1}} = \frac{275}{3,2} = 85,94 \text{ МПа}$

4.8 Розрахунок зварних швів [1]

Розраховуємо зварні шви рами

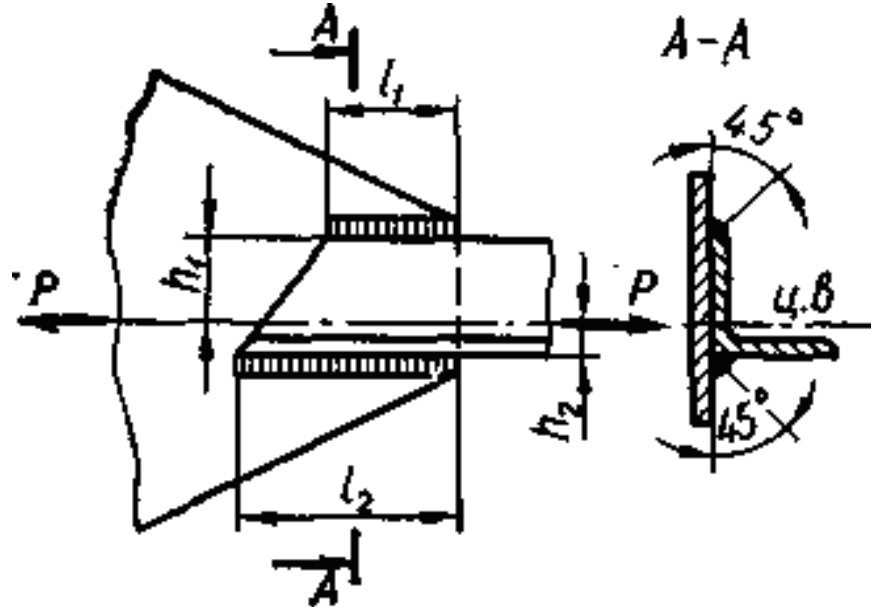


Рисунок 4.12 – Схема зварних швів

Визначаємо потрібні розміри флангових швів, що з'єднують штаби. Розтягальна сила $P=140$ кН, а допустиме напруження на зріз для металу шва $[\tau_e]=110$ Мпа; $\delta=1$ см; $\delta_1=0,8$ см; $b=10$ см; $b_1=12,5$ см

$$l = \frac{P}{1,4\delta[\tau_e]} + 0,02M = \frac{130 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 110} + 0,01 \text{ м} = 11,2 \text{ см}$$

Знайдемо потрібні довжини l_1 та l_2 флангових швів, які зєднують рівнобокий кутник № 5 з косинкою, при дії навантаження $P=60$ кН.

Умова міцності на зріз двох шків має вигляд

$$\tau = \frac{P}{(l_1 + l_2)\delta \cdot \cos 45^\circ} \leq [\tau_e]$$

Де δ – товщина полиці кутника.

Загальна довжина швів при $\delta=5$ мм

$$(l_1 + l_2) \geq \frac{P}{\delta \cos 45^\circ [\tau_e]} = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 90} \text{ м} = 0,19 \text{ м} = 19 \text{ см}$$

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|------|------|----------|--------|------|

Щоб забезпечити однакові умови роботи обох швів, треба співвідношення для швів вибрати зворотним співвідношенням відстаней h_1 та h_2 що визначають положення центра ваги кутника, через який проходить сила P , тобто $l_1/l_2 = h_2/h_1$ При $h_1 = 3,6$ см та $h_2 = 1,4$ см

$$l_1/l_2 = 1,4/3,6 = 0,4 \quad l_2 = 19/1,4 = 13,5 \text{ см} \quad l_1 = 19 - 13,5 = 5,5 \text{ см}$$

5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ПРОЕКТУ

Охорона навколишнього середовища – це комплекс заходів, спрямованих на збереження екологічної рівноваги між діяльністю людини та природою, що включає раціональне використання природних ресурсів, зменшення забруднення та відновлення екосистем. Глобальні екологічні проблеми, такі як зміна клімату, деградація ґрунтів і зникнення біорізноманіття, потребують негайних заходів для їхнього вирішення.

Усі забруднення навколишнього середовища поділяються на такі категорії:

- **Механічні** – включають запилення атмосфери, забруднення ґрунту та води твердими відходами, що можуть містити мікропластик, важкі метали та токсичні речовини.
- **Хімічні** – виникають через викиди промислових і транспортних підприємств, що містять діоксини, бенз(а)пірен, пестициди та інші небезпечні сполуки, які накопичуються в організмах живих істот, спричиняючи мутації та захворювання.
- **Фізичні** – включають теплове, світлове, електромагнітне та радіаційне забруднення, що негативно впливають на здоров'я людини та біосферу.
- **Біологічні** – пов'язані з потраплянням у природу патогенних мікроорганізмів, генетично модифікованих організмів (ГМО) та інвазійних видів, які змінюють природні екосистеми.

Ремонтні підприємства та майстерні є джерелами всіх перелічених видів забруднень, оскільки при очищенні машин та під час технологічних процесів виділяються токсичні речовини.

| | | | | | | | |
|-----------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Синегуб О.В.</i> | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Ружило З.В.</i> | | | | 58 | 3 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | ЕКОЛОГОГІЧНА | | |
| | | | | | | | |

Вплив експлуатації транспорту на навколишнє середовище

Транспорт є одним із головних забруднювачів атмосфери та чинником зміни клімату. Викиди від автомобілів, тракторів та іншої техніки містять:

- Токсичні відпрацьовані гази – основні компоненти: оксид вуглецю (СО), оксиди азоту (NOx), вуглеводні (СН), сажа та важкі метали (наприклад, свинець і кадмій). Високі концентрації СО можуть викликати отруєння, а NOx сприяють утворенню кислотних дощів.
- Аерозолі та тверді частинки – дрібнодисперсні частинки РМ2.5 і РМ10, що проникають у легені та кровоносну систему, провокуючи захворювання дихальних шляхів і серцево-судинної системи.
- Шумове забруднення – рівень шуму понад 85 дБ може викликати стрес, порушення сну, головний біль, зниження продуктивності праці та серцево-судинні розлади.
- Забруднення води та ґрунту – через витік нафтопродуктів, масел і технічних рідин у водойми та ґрунти, що призводить до порушення біологічної рівноваги екосистем.

Шляхи зменшення шкідливого впливу транспорту

Для зниження негативного впливу техніки та транспорту необхідно застосовувати комплекс заходів:

- Контроль викидів газів – використання газоаналізаторів типу УГ-2 для перевірки рівня СО та СН, налаштування паливної системи, системи запалювання та регулювання холостого ходу.
- Вентиляція робочих приміщень – обладнання постів ТО та ремонту витяжною вентиляцією для усунення шкідливих газів.
- Безпечне поводження з відходами – використання спеціальних резервуарів для збору та утилізації відпрацьованих масел, установлення очисних споруд для запобігання потраплянню забруднюючих речовин у воду.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|------|------|----------|--------|------|

- Раціональне водоспоживання – запровадження замкненого циклу водопостачання, що дозволяє очищати та повторно використовувати воду для миття техніки.

- Зниження шумового забруднення – використання шумозахисних конструкцій, дотримання технологічних норм експлуатації машин.

Застосування вищезазначених заходів сприяє зменшенню негативного впливу транспорту та виробництва на навколишнє середовище та покращенню екологічної ситуації. [7; 9; 38]

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Аналіз умов праці в ТОВ «Контакт Плюс»

План-схема розташування території майстерні представлена в графічній частині на відповідному аркуші. Забезпечення належного стану охорони праці в майстерні є обов'язком її керівника та особи, відповідальної за охорону праці. У приміщенні створено куточки з охорони праці, а на кожному робочому місці, залежно від спеціалізації, розміщені плакати з техніки безпеки, а також забезпечено наявність медичних аптечок, інструкцій, нормативних документів і засобів для гасіння пожеж.

У майстерні регулярно проводяться первинні, повторні та позапланові інструктажі, які фіксуються записами в журналі інструктажів. Для ремонтної майстерні складено план заходів з охорони праці, усі пункти якого виконуються. Нагляд і контроль за станом охорони праці здійснюються відповідно до затверджених планів і відображаються в журналі триступеневого контролю.

Знаки безпеки, що вказують на небезпечні зони, розміщені в усіх відповідних місцях. Інженер з охорони праці веде облік усіх випадків травматизму та професійних захворювань, аналізує їх причини й розробляє заходи для запобігання, а також навчає працівників основам надання першої допомоги постраждалим.

Усі працівники майстерні забезпечені спецодягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту в достатній кількості залежно від характеру виконуваних робіт.

01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ

| | | | | |
|----------|--------------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | |
| Реценз. | | | | |

ОХОРОНА ПРАЦІ

| | | |
|------|------|---------|
| Літ. | Арк. | Аркушів |
| | 61 | 15 |

| | | | | |
|-----------|-------------|--|--|--|
| Н. Контр. | Ревенко Ю.И | | | |
| Затверд. | | | | |

Будівля ремонтної майстерні відповідає будівельним нормам і правилам (СНіП) та санітарним нормам проектування промислових підприємств (СН 245–71). Це одноповерхова споруда заввишки 7 метрів. Ділянки, на яких утворюються пил, газу чи зола, розміщені відокремлено одна від одної.

Ширина проходів становить 1,4 м, відстань між одиницями обладнання перевищує 1 метр, а ширина проїздів дорівнює 2,5 метра, що відповідає встановленим стандартам. Підлога в майстерні рівна, бетонна, регулярно прибирається.

Площа на одного працівника становить 63 м², а об'єм приміщень перевищує 100 м³, що відповідає санітарним вимогам.

Для захисту від дії шкідливих і небезпечних факторів передбачено наступні заходи з охорони праці:

- вивішені відповідні знаки безпеки;
- використовуються блокуючі пристрої;
- захист частин обладнання, яке рухається, спеціальними кожухами, щитками, екранами.

Усі обладнання, розміщені в майстерні, мають санітарно-технічні паспорти. Призначені відповідальні особи, які стежать за технічним станом обладнання. Електрообладнання в ремонтній майстерні працює від трифазної чотирипровідної мережі з напругою 380/220 В.

Для запобігання ураженню електричним струмом у майстерні реалізовано комплекс організаційних і технічних заходів. Приміщення майстерні класифікується як таке, що не має залишкового тепла. Категорія робіт – середньої важкості II S. [2]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 62 |

Психофізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером дії поділяються на:

- Фізичні навантаження (статичні та динамічні);
- Нервово-психічні перевантаження, зокрема монотонність праці.

Електробезпека

В обладнанні використовуються електродвигуни, які підключені до трифазної чотирипровідної мережі з напругою 380 В і частотою 50 Гц. Відповідно до ПУЕ-86, приміщення класифікується як особливо небезпечне через наявність двох умов, характерних для таких приміщень: струмопровідна підлога (залізобетон) та можливість одночасного дотику людини до об'єктів, з'єднаних із землею, а також до металевих частин електрообладнання.

Для захисту від ураження електричним струмом передбачено занулення обладнання з заземленням нейтралі відповідно до ДСТУ 12.1.030-97.

Електробезпека в нормальному режимі роботи забезпечується такими заходами:

1. ізоляція електромереж від землі;
2. застосування низьких напруг;
3. використання ізоляційних матеріалів. [11]

Пожежна безпека

Горючою речовиною є мінеральне масло з температурою спалаху понад 60°C, що належить до класу ГР (горючі рідини).

Причиною виникнення пожежі може стати коротке замикання в електромережі або несправність у гідросистемі молота, що призводять до збільшення температури робочої рідини.

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007, дільниця належить до приміщень категорії "Г". Ступінь вогнестійкості будівель визначається відповідно до ДБН В.1.1-7:2016. До II ступеня вогнестійкості відносяться споруди з несучими та огорожувальними конструкціями, виконаними з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону чи залізобетону із застосуванням листових і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 63 |

плитних негорючих матеріалів. У покриттях таких споруд дозволяється використовувати незахищені сталеві конструкції.

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016, пункт 1, площа поверху в межах пожежного відсіку будівель заввишки три поверхи і більше не має обмежень. Найбільша відстань до евакуаційних виходів у приміщенні категорії пожежонебезпеки "Г" (відповідно до ДБН В.1.1-7:2016) при щільності людського потоку 1 особа/м² становить 100 м. Ширина евакуаційного виходу складає 2 м.

Для гасіння пожежі на початковій стадії її виникнення передбачено використання внутрішніх пожежних кранів. Як первинні засоби пожежогасіння застосовуються ящики з піском, азбестові полотна та порошкові вогнегасники ОХП-10. [2; 13]

6.2. Логічне моделювання небезпек

Стосовно теми дипломного проекту складено логічну схему небезпек в ЦРМ, де виконуються технічне обслуговування та ремонт МТП. [11]

Таблиця 6.1 - Логічна схема небезпек при ТО і ПР автомобілів

| Джерело небезпеки | Причина виникнення | Наслідки | Заходи запобігання |
|---------------------------------------|---|--------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Електричний струм | Коротке замикання, пошкоджена ізоляція, неправильне підключення, волога на обладнанні | Ураження струмом, пожежа | Занулення, заземлення, перевірка ізоляції, вологозахисні розетки |
| Горючі рідини (масло, бензин, дизель) | Витік через несправність шлангів, перегрів обладнання, іскри від інструментів | Пожежа, вибух, опіки | Вогнегасники (ОХП-10), контроль температури, герметичність систем |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|--------------------------------------|---|
| Рухомі частини обладнання (вала, шестерні) | Неправильна експлуатація, відсутність захисних кожухів, необережність | Травми (порізи, переломи, ампутація) | Захисні кожухи, блокування рухомих частин, інструктаж |
| Підняті автомобілі (домкрати, підйомники) | Несправність гідравліки, порушення ТБ, перевантаження | Падіння автомобіля, травми | Перевірка механізмів, стопори, дотримання вантажопідйомності |
| Шум і вібрація | Робота двигунів, пневмоінструментів, відсутність шумозахисту | Погіршення слуху, втома, стрес | Шумозахисні навушники, віброгасильні килимки, обмеження часу роботи |
| Хімічні речовини (кислоти, мастила) | Контакт зі шкірою, вдихання парів, проливання | Опіки, отруєння, алергії | ЗІЗ (рукавиці, респіратори), вентиляція, герметичні ємності |
| Недостатнє освітлення | Погана видимість, перегорілі лампи | Травми, помилки, втома очей | Яскраве рівномірне освітлення, заміна ламп |
| Пожежонебезпечні умови | Накопичення горючих матеріалів, іскри від зварювання | Пожежа, задимлення | Пожежні крани, ящики з піском, азбестові полотна, прибирання |
| Слизька підлога | Розлите масло, вода, відсутність протиковзкого покриття | Падіння, травми | Абсорбенти, протиковзкі мати, прибирання |
| Важкі предмети (запчастини, інструменти) | Неправильне піднімання, падіння з висоти | Удари, переломи | Вантажопідйомне обладнання, ергономіка, навчання |
| Гострі кромки (металеві деталі) | Робота без рукавиць, необережність | Порізи, інфекції | Захисні рукавиці, обробка гострих країв |
| Несправність вентиляції | Засмічення фільтрів, недостатня потужність | Отруєння газами, погане самопочуття | Обслуговування вентиляції, контроль викидів |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Неправильне зберігання інструментів | Хаотичне розміщення, падіння з полиць | Травми, пошкодження обладнання | Стелажі, фіксація інструментів, маркування |
| Перегрів обладнання | Тривалий режим роботи, недостатнє охолодження | Поломка, пожежа | Планові перерви, технічне обслуговування |
| Пневматичні інструменти | Високий тиск повітря, розрив шлангів, неправильне підключення | Травми від струменя, шум, вибух шланга | Перевірка шлангів, регулятори тиску, ЗІЗ |
| Електричні інструменти | Пошкоджений кабель, перевантаження, робота у вологих умовах | Ураження струмом, опіки, пожежа | Перевірка кабелів, заземлення, сухі умови роботи |
| Зварювальне обладнання | Іскри, ультрафіолетове випромінювання, перегрів електродів | Опіки, ураження очей, пожежа | Захисні щитки, окуляри, вогнегасники, вентиляція |
| Верстатне обладнання | Заклинювання деталей, відсутність огорож, неправильна фіксація | Травми рук, відлітання стружки | Огорожі, фіксація заготовок, захисні окуляри |

6.4 Заходи безпеки праці при проведенні технічного сервісу МТП

Вимоги до персоналу

Працівники зобов'язані дотримуватися інструкцій з охорони праці, які визначають правила виконання робіт і поведінки в виробничих приміщеннях, а також вимоги щодо роботи з машинами та механізмами. Вони повинні використовувати засоби індивідуального захисту. Працівники, які працюють в умовах підвищеного ризику або шкідливого виробництва, мають проходити обов'язкові медичні огляди, спеціальне навчання, інструктажі з техніки безпеки та отримувати кваліфікаційні посвідчення.

Під час виконання робіт необхідно строго дотримуватися технологічних процедур. Перед виконанням робіт, що вимагають наряд-допуску, працівники повинні пройти поточний інструктаж. [36]

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--|----------------------------------|------|
| | | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | | 66 |

Вимоги до технічного стану машин, обладнання

До роботи на машинах і механізмах допускаються особи, які досягли 18 років і пройшли інструктаж на робочому місці.

Машини, механізми та обладнання повинні бути розташовані відповідно до проекту, із суворим дотриманням нормативних вимог щодо ширини транспортних проїздів і технологічних проходів за СНП. Машини слід встановлювати на надійних фундаментах, основах або станинах, при цьому їх необхідно точно вирівнювати та закріплювати. Після установки повинна проводитися перевірка технічного стану кожної машини: спершу перевіряється їх робота на холостому ході, а потім під навантаженням. [11]

При обслуговуванні машин і обладнання кількома працівниками призначається старший, який відповідає за їх безпеку.

На місцях установки машин, механізмів та обладнання повинні бути вивішені правила з охорони праці, особистої гігієни та надання першої медичної допомоги потерпілим.

Виробниче обладнання повинно бути безпечним під час монтажу, експлуатації, ремонту та зберігання. Основні елементи конструкції обладнання повинні передбачати можливість уникнення випадкового пошкодження, яке може призвести до небезпеки, або виділення шкідливих речовин, що перевищують санітарні норми. Рухомі або обертові частини машин повинні бути вбудовані в конструкцію або захищені кожухами. Зовнішні контури захисних пристроїв повинні розташовуватися в межах основного обладнання. Якщо неможливо огородити небезпечні виконавчі органи, необхідно передбачити пускову сигналізацію та засоби для зупинки і відключення машин від джерела енергії. [13]

Конструкція обладнання повинна включати захист від ураження електричним струмом, пристрої для видалення шкідливих речовин, а також захист від шуму і вібрації.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 67 |

Вимоги до технологічного процесу

Технологічний процес повинен відповідати вимогам пожежної безпеки та не забруднювати повітря робочої зони та навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) викидами шкідливих речовин.

Процес має бути організований таким чином, щоб усунути прямий контакт працівника зі шкідливими речовинами. У випадку наявності шкідливих виробничих факторів слід використовувати механізацію, автоматизацію або дистанційне керування технологічним процесом. Організація технологічного процесу повинна передбачати раціональний розподіл праці та часу для відпочинку, а також обмеження важких робіт. [2]

Вимоги до приміщень

Згідно з ДСП 173-96, на одного працівника має припадати не менше 15 м³ об'єму та 4,5 м² площі приміщення. Висота приміщень повинна становити від підлоги до стелі не менше 3,2 м, а для транспортно-складського господарства — від 3,0 до 3,2 м. Ширина пішохідних доріжок повинна бути в межах 0,3–1,5 м, а ширина проходів між шафами зі стелажми — 1 м.

Зимовим часом, для зниження теплових втрат, всі зовнішні виходи з приміщень повинні бути обладнані тамбурами з двома дверима або повітряно-тепловими завісами. Стіни приміщень повинні бути легкими для очищення від пилу і достатньо теплостійкими, щоб на внутрішніх поверхнях не осідала волога.

Вікна з фрамугами, розташовані на висоті від підлоги понад 1,8 м, повинні мати пристрої для їх відкриття з рівня, що не перевищує 1,8 м

Розрахунок вентиляції на виробничих ділянках

Розрахунок природної вентиляції проводиться, як визначення отворів, через які здійснюється приплив свіжого повітря.

Вхідні дані:

1. Виділення СО однією людиною: 15 л/год
2. Виділення парів води однією людиною: 70 г/год
3. Температура у приміщенні: +18 °С

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 68 |

4. Температура зовні: +15 °C
 5. Розмір приміщення: 10x10x10 м
 6. Виділення парів летючих речовин: 0,05 л/год

Кількість повітря для видалення СО:

Кількість СО, що виділяється у приміщенні:

$$W_{\text{вид}} = 15 \text{ л/год} * 1000 = 15000 \text{ мг/год}$$

ГДК(Гранично допустима концентрація) СО: $W_{\text{гдк}} = 20 \text{ мг/м}^3$

Вміст СО у свіжому повітрі: $W_{\text{пов}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$

Необхідна кількість повітря для видалення СО:

$$W = W_{\text{вид}} / (W_{\text{гдк}} - W_{\text{пов}}) = 15000 / (20 - 0,01) = 7417,45 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість повітря для видалення водних парів:

Кількість парів води, що виділяються в годину:

$$W_{\text{води}} = 70 \text{ г/год} * 1000 = 70000 \text{ мг/год}$$

ГДК (Гранично допустима концентрація) для водяної пари:

$$W_{\text{гдк}} = 18204 \text{ мг/м}^3$$

Вміст водяної пари у свіжому повітрі: $W_{\text{пов}} = 12763 \text{ мг/м}^3$

Необхідна кількість повітря для видалення водних парів:

$$W = W_{\text{води}} / (W_{\text{гдк}} - W_{\text{пов}}) = 70000 / (18204 - 12763) = 64,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість повітря для видалення парів летючих речовин:

Виділення парів летючих речовин: $0,05 \text{ л/год} = 50 \text{ мл/год} = 50 \text{ мг/год}$

ГДК летючих речовин: 15 мг/м^3

Вміст летючих речовин у свіжому повітрі: $0,005 \text{ мг/м}^3$

Необхідна кількість повітря для видалення парів летючих речовин:

$$W = 50 / (15 - 0,005) = 4,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Сумарний об'єм повітря, що потребує видалення:

$$\Sigma W = 7417,45 + 64,3 + 4,3 = 7486,05 \text{ м}^3/\text{год}$$

Щільність повітря:

Щільність повітря при температурі 15°C:

$$\rho_3 = 353 / (273 + 15) = 1,23 \text{ кг/м}^3$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | | | | |

Щільність повітря при температурі 18°C:

$$\rho_{\text{в}} = 353 / (273 + 18) = 1,21 \text{ кг/м}^3$$

Швидкість припливу повітря:

$$\text{Швидкість припливу повітря: } V = 1,42 * 0,5 * 1,21 = 0,699 \text{ м/с}$$

де: ϕ - коефіцієнт, що враховує втрати тиску, (0,5);

H - тиск, Па;

$\rho_{\text{в}}$ – внутрішня щільність повітря; кг/м^3

Тиск визначається по формулі :

$$H = 9,8 * 6 * (1,23 - 1,21) = 1,176 \text{ Па}$$

де: h-висота розміщення витяжного повітропроводу;

$\rho_{\text{в}}, \rho_{\text{з}}$ - щільність повітря в середині і зовні приміщення, кг/м^3 .

Площа отворів:

$$S = W / (3600 * V) = 7486,05 / (3600 * 0,699) = 2,9 \text{ м}^2$$

$$\text{Кількість отворів: } n = S / 0,49 = 3 / 0,49 = 6,1 \approx 6 \text{ отворів}$$

Продуктивність дефлектора:

Продуктивність одного дефлектора:

$$W_{\text{д}} = W / n = 7486,05 / 6 = 1247,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

Діаметр дефлектора:

Використовуємо формулу для діаметра дефлектора:

$$D = \sqrt{(4 * Q / (\pi * v))}$$

$$Q = 766,31 / 3600 = 0,2134 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$D = \sqrt{(4 * 0,2134 / (\pi * 3))} = 0,3 \text{ м}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

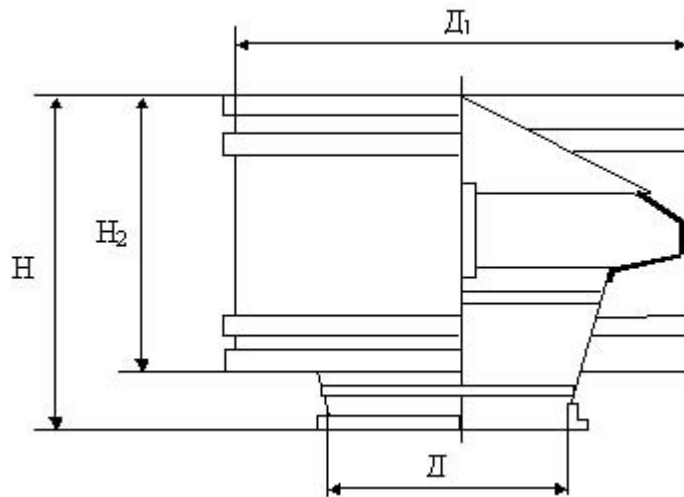


Рисунок 6.1 - Схема дефлектора

Розрахунок механічної вентиляції.

Кількість повітря для повітрообміну

Обсяг повітря, необхідний для повітрообміну, визначається за формулою:

$$W_o = W * K_o$$

де:

- $W = 1247,7 \text{ м}^3/\text{год}$ – розрахункова кількість повітря,
- $K_o = 1.8$ – коефіцієнт запасу.

Обчислюємо:

$$W_o = 1247,7 * 1.8 = 2246,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

Втрати напору на прямолінійних ділянках трубопроводу:

Втрати на кожній ділянці залишаються без змін, оскільки вони залежать від геометрії трубопроводу, щільності повітря, швидкості потоку та коефіцієнта опору.

- Перша ділянка: $H_1 = 3,025 \text{ Па}$
- Друга ділянка: $H_2 = 5,45 \text{ Па}$
- Третя і четверта ділянки: $H_3 = H_4 = 3,025 \text{ Па}$
- П'ята і шоста ділянки: $H_5 = H_6 = 3,63 \text{ Па}$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 71 |

Втрати на жалюзях:

$$H_m = 66,55 \text{ Па}$$

де α_m - коефіцієнт місцевих втрат напору.

$$H_m = 0,5 * 1,1 * 102 * 1,21 = 66,55 \text{ Па.}$$

Сумарні втрати напору

Обчислюємо загальні втрати напору:

$$\Sigma H = 3,025 + 5,45 + 3,025 + 3,025 + 3,63 + 3,63 + 66,55 = 88,33 \text{ Па}$$

Вибір вентилятора

Обираємо вентилятор з характеристиками:

$$A = 2800 \text{ м}^3/\text{год}, \eta = 0,45.$$

Потужність електродвигуна:

Формула для розрахунку потужності електродвигуна:

$$P = (H * K * W) / (3600 * \eta_l * \eta_p)$$

де:

- $H = 88,33 \text{ Па}$ – повний напір вентилятора,
- $K = 1,8$ – новий коефіцієнт запасу,
- $W = 1247,7 \text{ м}^3/\text{год}$ – кількість повітря,
- $\eta_l = 0,45$ – ККД вентилятора,
- $\eta_p = 0,93$ – ККД передачі.

Підставляємо значення:

$$P = (88,33 * 1,8 * 1247,7) / (3600 * 0,45 * 0,93) = 0,115 \text{ кВт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 72 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

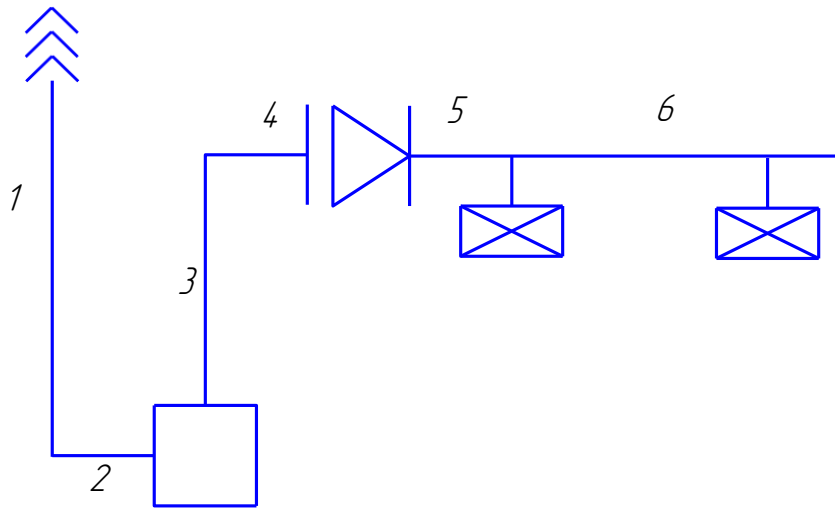


Рисунок 6.2 - Схема вентиляції

Розрахунок освітленості на дільниці

Вихідні дані

Довжина приміщення: $a = 10$ м

Ширина приміщення: $b = 10$ м

Висота приміщення: $H = 10$ м

Стіни і стеля побілені: коефіцієнти відбиття відповідно 50% і 30%

Розряд виконуваних робіт: 3

Розрахунок природної освітленості:

Визначимо нормований коефіцієнт освітленості

$$e_n = e \cdot m \cdot c$$

де e - коефіцієнт природного освітлення (додаток ДБН В.2.5-28-2006),

$$e = 1;$$

m - коефіцієнт світлового клімату ($m=0,8...1,2$);

c - коефіцієнт сонячного клімату ($c=0,6...1,0$)

$$E_n = 1 * 1 * 0.6 = 0.6$$

Визначимо сумарну площу вікон при боковому освітленні:

$$S_B = (0.6 * 100 * 1.5) / (13 * 1.3 * 0.5 * 2.2) = 3.82 \text{ м}^2$$

де $S_{\text{п}}$ - площа підлоги виробничого приміщення, м^2 ($S_{\text{п}}=100 \text{ м}^2$);

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 73 |

K_3 - коефіцієнт запасу ($K_3=1,0...1,7$);

η_o - світлова характеристика вікон ($\eta_o=13$);

$K_{зд}$ - коефіцієнт, який враховує затемнення вікон сусідніми будівлями ($K_{зд}=1,0...1,7$);

τ_o - загальний коефіцієнт світлопропускання вікон ($\tau_o=0,3...0,6$);

r_1 - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх елементів приміщення ($r_1=2,2$).

Розрахунок загального штучного освітлення:

Через значні коливання температури в приміщенні (понад 10 °С) та знижену напругу в мережі (менше 90% від номінальної) вибрано джерело світла – лампи розжарення. Для робіт 3-го розряду передбачено комбіноване освітлення.

Згідно з нормами ДБН В.2.5-28-2006, нормативна штучна освітленість для даного типу освітлення та розряду робіт становить $E_n = 400$ лк.

Обираємо світильники БК-200, які мають світловий потік 18600 лм, світлову віддачу 18,6 лм/Вт при напрузі 220 В (відповідно до ГОСТ 6825-74). Світильники розташовуємо паралельно у два ряди.

Розрахунок загального штучного освітлення

Визначення розрахункового світлового потоку однієї лампи:

$$\Phi = (E_n * S_{п} * z * k) / (N * n * h)$$

де: $E_n = 400$ лк,

$S_{п} = 100$ м², $z = 1.2$, $k = 1.5$, $N = 4$, $n = 2$, $h = 0.5$.

Обчислюємо: $\Phi = (400 * 100 * 1.2 * 1.5) / (4 * 2 * 0.5) = 18000$

Розрахункові дані світлового потоку найбільш відповідають лампі типу

БК-200 з світловим потоком $\Phi_{л}=18600$ лм.

Визначимо загальну електричну потужність:

$$P = P_{л} \cdot n, \text{кВт}$$

де: $P_{л} = 1000$ Вт, $n = 2$, $N = 4$.

Обчислюємо: $P = 1000 * 2 * 4 = 8000$ Вт = 8 кВт

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 74 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | | | | |

Засоби пожежної безпеки

У ремонтній майстерні найбільшу пожежну небезпеку становлять роботи, що передбачають використання відкритого вогню, такі як зварювання, паяння, шиномонтаж, а також фарбувальні роботи та обслуговування гідравлічних систем.

Для забезпечення пожежної безпеки на цих ділянках встановлюють відповідне протипожежне обладнання та інвентар: вогнегасники, ящики з піском, відра, лопати, багри. Весь інвентар розміщують на дерев'яних пожежних щитах.

Розрахунок кількості пожежних щитів

Кількість пожежних щитів визначається за нормою:

1 щит на 300–350 м² виробничої площі.

Площа підлоги майстерні:

$$S=10\times 10=100\text{ м}^2$$

Мінімальна необхідна кількість пожежних щитів:

$$N_{\text{щитів}}=100/350\approx 0.29$$

Оскільки за нормативами щити встановлюють цілими одиницями, приймаємо **1 пожежний щит**.

Пожежні щити можуть бути відкритого або закритого типу (із дверцятами з сітки-рабиці) та слугують для зберігання протипожежного інвентарю. До складу кожного щита входять лом, багор, лопата, два відра та два вогнегасники. [2; 8]

Розрахунок кількості вогнегасників

За нормами для даної категорії робіт приймається 1 вогнегасник ОХВП-10 на кожні 50 м² виробничої площі.

Необхідна кількість вогнегасників:

$$N_{\text{вогн.}}=100/50=2$$

Отже, для цієї майстерні необхідно встановити **2 вогнегасники**. [13; 14]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 75 |

7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

Розробка стенду для очищення повітряних циліндричних фільтрів спрямована на зниження витрат на технічне обслуговування техніки ТОВ «Контакт Плюс», подовження терміну служби фільтрів і підвищення ефективності роботи.

Мета оцінки – визначити економічну доцільність проекту через порівняння витрат на його реалізацію з отриманою вигодою.

Вихідні дані базуються на складі техніки (31 одиниця) та типових ринкових цінах станом на 2025 рік.

7.1. Розрахунок витрат на побудову стенду

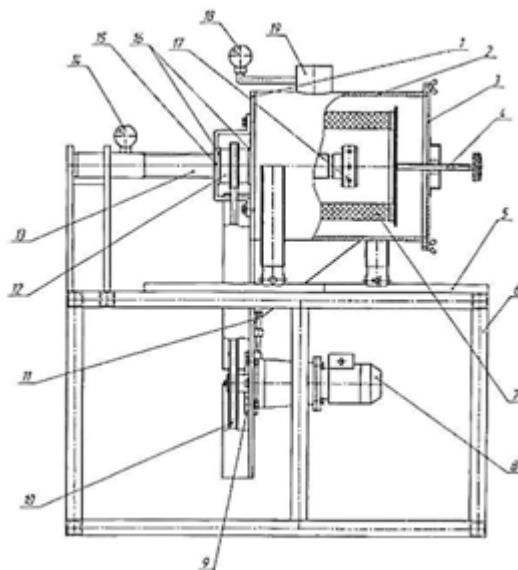


Рисунок 7.1- Стенд очищення повітряних циліндричних фільтрів

Загальна вартість стенду

- Рама: 3297 грн.
- Камера: 1011 грн.

| | | | | | | | |
|----------|------|--------------|--------|------|----------------------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Синегуб О.В. | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Ружило З.В. | | | | 76 | 9 |
| Реценз. | | | | | ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ | | |

| | | | |
|-----------|-------------|--|--|
| Н. Контр. | Ревенко Ю.І | | |
| Затверд. | | | |

- Електродвигун: 5000 грн.
- Система подачі: 2150 грн.
- Механізми обертання: 2391 грн.
- Компресор: 7000 грн.

Загальна сума:

$$3297 + 1011 + 5000 + 2150 + 2391 + 7000 = 20850 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.1- Вартість виготовлення стенду

Детальний розрахунок наведений у підрозділах 1-5

1. Довжина профілю для виготовлення рами (елемент б)

Вертикальні стійки стенду: $4 \times 1 \text{ м} = 4 \text{ м}$.

Горизонтальні зверху: $(2 \times 1.5 \text{ м}) + (2 \times 1 \text{ м}) = 5 \text{ м}$.

Горизонтальні знизу: 5 м .

Поперечні підсилювачі: $4 \times 1 \text{ м} = 4 \text{ м}$.

Загальна довжина: $4 + 5 + 5 + 4 = 18 \text{ м}$.

2. Вага профілю

Вага 1 м профілю 40x40x2 мм: 2.42 кг/м.

Загальна вага: $18 \text{ м} \times 2.42 \text{ кг/м} = 43.56 \text{ кг}$.

3. Вартість матеріалів

Ціна сталі: 50 грн/кг.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

Вартість профілю: 43.56 кг x 50 грн/кг = 2178 грн.

4. Додаткові витрати

Різка: 18 м x 10 грн/м = 180 грн.

| | |
|--|---------------------|
| Зварювання (12 стиків): 12 x 50 грн = 600 грн. | Вартість, грн |
| 1 Рама | 3 297 € |
| Фарбування: Площа 2.88 м ² (схема 0.16 м), фарба 0.576 кг x 200 грн/кг = 115 грн, робота 2.88 м ² x 50 грн/м ² = 144 грн. | 2 150 € |
| 3 Електродвигун (2.5 кВт) | 5 000 € |
| 5 Система подачі | 2 150 € |
| Разом: 259 грн. | Механізми обертання |
| | 2 391 € |
| | Разом: |
| | 20 850 € |

Кріплення: 8 болтів x 10 грн = 80 грн.

Загальна вартість виготовлення рами стенду

2178 (профіль) + 180 (різка) + 600 (зварювання) + 259 (фарбування) + 80 (кріплення) = 3297 грн.

2. Камера для очищення (елементи 3, 4)

Це основна частина стенду, де відбувається очищення фільтрів. Камера — це циліндричний корпус діаметром 0.3 м і висотою 0.3 м, виготовлений із листової сталі товщиною 1 мм.

Площа поверхні циліндра:

Бічна поверхня: $\pi \times D \times H = 3.14 \times 0.3 \text{ м} \times 0.3 \text{ м} = 0.785 \text{ м}^2$.

Дві основи: $2 \times \pi \times (D/2)^2 = 2 \times 3.14 \times (0.15)^2 = 0.3925 \text{ м}^2$.

Загальна площа: $0.785 + 0.3925 = 1.1775 \text{ м}^2 \approx 0.87 \text{ м}^2$.

Вага: Листова сталь 2 мм важить 15.7 кг/м² (стандартна вага). Загальна вага: $0.87 \text{ м}^2 \times 15.7 \text{ кг/м}^2 = 13.66 \text{ кг}$.

Вартість сталі: 50 грн/кг. $13.66 \text{ кг} \times 50 \text{ грн/кг} = 682,95 \text{ грн}$.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 78 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

Різка та зварювання: 5 м зварних швів по 50 грн/м = 250 грн.

Фарбування: Площа 0.87 м², фарба 0.2 кг/м² x 0.87 м² x 200 грн/кг = 34 грн, робота 0,87 м² x 50 грн/м² = 43 грн. Разом: 78 грн.

Загальна вартість камери:

$$682 + 250 + 78 = 1011 \text{ грн. [30]}$$

3 Електродвигун (елемент 7)

Вартість двигуна: Електродвигун 2,5 кВт коштує 5000 грн.

4 Система подачі повітря/рідини (елементи 1, 2, 15, 16, 17)

Це трубопроводи, клапани та манометри для подачі стисненого повітря або мийного розчину.

Трубопроводи: 5 м пластикових труб (діаметр 20 мм) по 50 грн/м = 250 грн.

Клапани (2 шт.): 2 клапани по 500 грн = 1000 грн.

Манометри (2 шт.): 2 манометри по 300 грн = 600 грн.

Фітинги та кріплення: Для з'єднання труб — 300 грн.

Загальна вартість:

$$250 + 1,000 + 600 + 300 = 2150 \text{ грн.}$$

5 Механізми обертання (елемент 6,9,10)

Ведуча зірочка: Зірочка з 15 зубцями, діаметром 50 мм, для вала двигуна (діаметр 20 мм). Вартість такої зірочки — 300 грн.

Ведена зірочка: Більша зірочка, із 30 зубцями, діаметром 100 мм, для вала механізму обертання. Вартість — 400 грн.

Кріплення зірочок: Для фіксації зірочок на валах потрібні стопорні кільця або шпонки — 2 комплекти по 50 грн = 100 грн.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 79 |

Загальна вартість зірочок:

$$300 \text{ (ведуча)} + 400 \text{ (ведена)} + 100 \text{ (кріплення)} = 900 \text{ грн.}$$

Довжина ланцюга: Відстань між зірочками залежить від конструкції.
Відстань між осями зірочок — 0.5 м.

Для замкнутого контуру ланцюга потрібно приблизно $2 \times 0.5 \text{ м} + \text{запас на з'єднання} = 1.2 \text{ м}$.

Тип ланцюга: Використаємо стандартний роликівий ланцюг (наприклад, 1ПР-12,7-10-1, крок 12.7 мм). Ціна такого ланцюга — орієнтовно 150 грн/м.

$$\text{Вартість ланцюга: } 1.2 \text{ м} \times 150 \text{ грн/м} = 180 \text{ грн.}$$

З'єднувальна ланка: Для з'єднання ланцюга — 50 грн.

Загальна вартість ланцюга:

$$180 + 50 + = 230 \text{ грн.}$$

Вал: Сталевий вал діаметром 20 мм, довжиною 0.5 м. Вага: $0.5 \text{ м} \times 2.47 \text{ кг/м}$ (вага вала 20 мм) = 1.235 кг.

$$\text{Вартість: } 1.235 \text{ кг} \times 50 \text{ грн/кг} = 61 \text{ грн.}$$

Підшипники (2 шт.): 2 підшипники по 300 грн = 600 грн.

$$\text{Загальна вартість: } 61.75 + 600 = 661 \text{ грн.}$$

7.2 Експлуатаційні витрати

Загальні експлуатаційні витрати стенду складаються з витрати на електроспоживання (електродвигуна та компресора) та обслуговування та амортизації стенду.

Добові витрати на експлуатацію- 46 гривень, а місячна витрата складає- 1.384 гривень

Таблиця 7.2- Експлуатаційні витрати

1. Електроспоживання

- Електродвигун стенду

Потужність: 2,5 кВт

Тривалість: 1 година/день

Тариф: 8.4 грн/кВт·год

Витрати:

$$2.5 \times 1 \times 8.4 = 21 \text{ грн/день}$$

- Компресор

Потужність: 2.2 кВт

Тривалість: 1 година/день

Тариф: 8.4 грн/кВт·год

Витрати:

$$2.2 \times 1 \times 8.4 = 18 \text{ грн/день}$$

2. Обслуговування та амортизація

Загальні витрати: 200 грн/місяць.

При 30 днях роботи:

| № | Стаття витрат | Сума, грн/місяць |
|---------------|------------------------------------|------------------|
| 1 | Електроспоживання (двигун 2.5 кВт) | 630 |
| 2 | Електроспоживання (компресор) | 554 |
| 3 | Обслуговування та амортизація | 200 |
| Разом: | | 1384 |

Середній наробіток у машино-тракторному парку ТОВ «Контакт Плюс»

сягає 20,000 мото-годин на рік.

Середня витрата пального складає 25 літрів на годину.

Витрата пального парком: 20,000 мото-годин x 25 літрів/год = 500000 літрів на рік.

Вартість пального: 50 грн/літр.

Загальна вартість пального: 500,000 літрів x 50 грн/літр = 25000000 грн на рік.

Економія пального завдяки стенду: Стенд зменшує витрату пального на 5-15%. Візьмемо середнє значення — 10% для базового сценарію, а потім розглянемо діапазон.

Економія пального: 500000 літрів x 0.10 = 50000 літрів.

Економія в грошах: 50000 літрів x 50 грн/літр = 2500000 грн на рік. [39]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. 82 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| Показник | Значення |
|------------------------|--------------------|
| Річний наробіток | 20000 мото-годин |
| Середня витрата | 25 л/год |
| Загальна витрата | 500000 л |
| Вартість пального | 50 грн/л |
| Загальна вартість | 25000000 грн |
| Середня економія (10%) | 2500000 грн |
| Річні витрати стенду | 12372 грн |
| Чиста економія | 2487628 грн |

Таблиця 7.3 Річна економія стенду

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|----------------------------------|------------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. 82 |
|--|--|--|--|--|----------------------------------|------------|

| | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|

|

7.6 Результат

Стенд для очищення повітряних циліндричних фільтрів є економічно доцільним для машинотракторного парку "Контакт Плюс". Завдяки значній щорічній економії (до 3,841,000 грн/рік у найкращому сценарії), проект забезпечує суттєву фінансову вигоду. Основний внесок у економію дає зменшення витрати пального, що особливо важливо при високій вартості пального (50 грн/літр) та значному наробітку парку (20,000 мото-годин). Впровадження стенду не лише швидко окупається, а й забезпечує довгострокову економію, що робить його вигідною інвестицією для підприємства. [34]

Таблиця 7.4 Основні економічні показники проекту

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|----------------------------------|------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 84 |

| Показник | Значення | Опис |
|---------------------------------------|-------------------|--|
| Кількість одиниць техніки | 31 | Техніка ТОВ «Контакт Плюс» |
| Річний наробіток, мото-год | 20000 | Загальний обсяг роботи парку |
| Середня витрата пального | 25 л/год | Для всієї техніки |
| Вартість пального | 50 грн/л | Станом на 2025 рік |
| Річна витрата пального | 500000 л | $20,000 \times 25$ |
| Річна вартість пального | 25000000 грн | $500,000 \text{ л} \times 50 \text{ грн/л}$ |
| Орієнтовна економія (10%) | 2500000 грн | Завдяки очищеним фільтрам |
| Вартість виготовлення стенду | 20850грн | Повна собівартість (з урахуванням компресора) |
| Місячні експлуатаційні витрати | 1384 грн | Обслуговування + електроенергія двигуна та компресора |
| Річні експлуатаційні витрати | 12372 грн | $1,384.40 \times 9$ |
| Повна річна економія | 2483387грн | $2,500,000 - 16,612.80 \text{ грн}$ |
| Термін окупності | 3 дні | $20,850.20 \text{ грн} / \sim 6,800 \text{ грн/день}$ економії |

Висновки

1. Проведено аналіз конструкції повітроочисників, їх технічних характеристик та особливостей експлуатації. Встановлено, що найпоширенішими є паперові циліндричні фільтри, які активно використовуються в техніці ТОВ «Контакт Плюс». Їхня ефективна робота критично важлива для захисту двигунів від пилу та забруднень, а засміченість фільтра призводить до зниження продуктивності, перевитрати пального і зносу деталей двигуна внутрішнього згорання.

2. Вивчено існуючі методи технічного обслуговування повітроочисників та визначено їх переваги й недоліки. До основних методів належать ручне витрушування, продування стисненим повітрям, вологе очищення. Недоліками є низька ефективність, трудомісткість, ризик пошкодження фільтрувального елемента і відсутність системності.

3. Обґрунтовано необхідність розробки нового технологічного оснащення. На основі аналізу ремонтно-обслуговуючої бази ТОВ «Контакт Плюс» встановлено, що наявне обладнання не забезпечує належного рівня очищення фільтрів. З урахуванням річного наробітку техніки в понад 20000 мото-годин, потреба в надійному, продуктивному та безпечному стенді є обґрунтованою та нагальною.

4. Розроблено конструкцію стенду для очищення повітряних фільтрів. В основі роботи стенда — використання стисненого повітря, спрямованого на фільтр у закритій камері. Це дозволяє якісно очищувати фільтри без їх демонтажу чи пошкодження, підвищує продуктивність робіт і знижує трудомісткість.

| | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------------------------------|------|---------|
| | | | | | 01.12.БКР.2265 с 16.12.24.059 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Синегуб О.В. | | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Ружило З.В. | | | | | 85 | 2 |
| Реценз. | | | | | ВИСНОВОК | | |
| Н. Контр. | Ревенко Ю.І | | | | | | |
| | | | | | НУБІП України, КД | | |

5. **Виконано необхідні інженерні розрахунки.** Проведено перевірку міцності елементів конструкції, зокрема валів, приводу, зварних швів та ланцюгової передачі. Підтверджено надійність і працездатність конструкції під час експлуатації в умовах ремонтної майстерні.

6. **Розроблено виробничо-технологічну документацію.** Визначено вартість виготовлення стенду — 20850 грн. Проведено розрахунок експлуатаційних витрат, які становлять 1384 грн на місяць при врахуванні електроспоживання компресора і електродвигуна.

7. **Здійснено оцінку техніко-економічної ефективності впровадження.** Очікувана економія пального за рахунок щозмінного очищення фільтрів становить близько 2500000 грн на рік. З урахуванням витрат, чистий економічний ефект сягає 2483387 грн. Термін окупності становить менше одного місяця.

8. **Опрацьовано заходи з охорони праці, техніки безпеки та екології.** Розроблено комплекс організаційних і технічних рішень для безпечної роботи персоналу, зменшення впливу шкідливих чинників (пил, шум), передбачено систему відведення повітря з частинками пилу, рекомендовано використання засобів індивідуального захисту та вентиляції.

| | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|