

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем


КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електропобутова техніка

Розробка побутового пилососа з аквафільтром

Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу група ЕТ-21


Підпис

Зубарець Є.В.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

старший викладач
Лісевич С.П.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

к.т.н., доц. Тиллощук Ю.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

к.т.н., доц. Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

2 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС



2 . 06 . 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ **Зубарець Євгеній Валентинович** Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка побутового пилососа з аквафільтром**

Керівник роботи **Лісевич С.П., старший викладач**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи: **прототип побутових пилососів, технологічні та технічні характеристики пральної машини**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз технологічних процесів та технічних рішень устаткування для очищення повітря від забруднень та механічних домішок

2. Розробка конструкції побутового пилососа з аквафільтром

3. Конструкторсько-технологічні розрахунки пилососа, що підтверджують працездатність пилососа з аквафільтром

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Пилососи побутові. Документ оглядовий. (A1). **Аркуш 2.**

Технологія очищення поверхонь від забруднень. Документ технологічний

(A1). **Аркуш 3.** Траєкторія проходження повітря в пилососі з аквафільтром.

Документ ілюстраційний (A1). **Аркуш 4.** Пилосос побутовий з аквафільтром.

Вид загальний. (A1). **Аркуш 5.** Побутовий пилосос з аквафільтром Схема електрична принципова (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1. Аналіз технологічних процесів та технічних рішень устаткування для очищення повітря від забруднень та механічних домішок	05.05.25 р.	
2. Розробка конструкції побутового пилососа з аквафільтром	20.05.25 р.	
3. Конструкторсько-технологічні розрахунки пилососа, що підтверджують працездатність пилососа з аквафільтром	10.06.25 р.	

Студент

Підпис

Зубарець Є.В.
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Лісевич С.П.
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Зубарець Євгеній Валентинович
2. Тема бакалаврської роботи Розробка побутового пилососа з аквафільтром
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 66

5. Ця робота присвячена удосконалення побутової автоматичної пральної машини шляхом поліпшення її техніко-економічних та енергетичних параметрів за рахунок впровадження модернізованої системи демпфування та амортизації.

У роботі описується розробка та реалізація конструкції побутового пилососа з аквафільтром.

В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам.

В першому розділі зроблено огляд та аналіз технології очищення повітря та поверхонь від механічних забруднень. Також проаналізовано існуюче обладнання для очищення повітря від механічних домішок. Приведено класифікацію пилососів, які випускаються на ринку побутової техніки України.

В другому розділі наведено актуальність розробки та розроблена технологія очищення повітря побутовим пилососом та проілюстрована відповідним малюнком. Розроблена компоновка виготовлення побутового пилососа з аквафільтром.

В третьому розділі зроблено конструкторсько-технологічні розрахунки побутового пилососа, що підтверджують його працездатність, окрема: розрахунок аеродинамічного тракту пилососа, розрахунок необхідної максимальної витрати повітря, розрахунок барботажного пристрою для перемішування рідини для очищення. Вибрано новий повітресмоктуючий агрегат та розраховано середньорічне напрацювання пилососа. Розроблено електричної схеми пилососа. Описано процес виготовлення пилососа з аквафільтром, його зборки та експлуатації.

Підпис студента Зубарець Євгеній Валентинович

«2» 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕК

Протокол 2 від «17» 06 2025 р.

Оцінка проекту ЕК 4,0/5

Рекомендації ЕК —

Особливі відмітки —

Технічний секретар Дер

«17» 06 2025 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	6
1. Аналіз технологій та обладнання для очищення повітря від забруднень і механічних частинок.....	8
1.1. Огляд технологічних методів очищення повітря від механічних домішок	8
1.2. Оцінка існуючих технічних засобів для фільтрації повітря від твердих частинок.....	22
Висновки до першого розділу.....	30
2 Розробка конструкції побутового пилососа з аквафільтром.....	31
2.1 Розроблення технології очищення повітря за допомогою пилососа з аквафільтром.....	31
2.2 Формування компоновочного рішення для виготовлення конструкції пилососа з аквафільтром.....	33
Висновки до другого розділу.....	36
3 Інженерні розрахунки, що підтверджують ефективність роботи пилососа з аквафільтром.....	37
3.1 Аеродинамічний розрахунок повітряного тракту.....	37
3.2 Визначення необхідної максимальної витрати повітря.....	44
3.3 Розрахунок барботажного елемента для інтенсивного перемішування рідини.....	49
3.4 Вибір ефективного повітровсмоктуючого вузла.....	50
3.5 Обчислення середньорічного ресурсу експлуатації пристрою.....	51

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
		Зубарець Е. В.			Літ.	Арк.	Аркушів
		Лісевич С. П.				4	63
		Тимошук			ХНУ зр. ЕТ-21-1		
		Неймак В. С.					

Розробка побутового пилососа з аквафільтром

3.6 Виготовлення, складання та практичне використання пілососа.....	55
3.7 Розробка та опис електричної принципової схеми пілососа	58
Висновки до третього розділу.....	60
Висновки	61
Перелік джерел посилань	62

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Серед помічників у побуті, що роблять хатню роботу легшою, техніка для прибирання помешкання, зокрема пилососи, стоїть чи не на першому місці. Значний попит на ці пристрої пояснюється підвищенням культури повсякденного життя та ведення господарства, разом із дедалі вищими вимогами до комфорту та гігієнічності житла.

Аналіз технічного рівня вітчизняних та зарубіжних моделей прибиральної техніки дав можливість дійти висновку, що пилососи, які виробляються в Україні, поступаються іноземним зразкам за певними характеристиками: вазі, рівню шуму і вібрації, кількості елементів комфорту, художньо-конструктивному рішенню, використуваним матеріалам. Це зменшує конкурентоспроможність і потребує вжиття заходів для підвищення технічного рівня пилососів, що випускаються.

Стандартні пилососи зазвичай пропонують такі зручності:

- механічне регулювання потоку повітря;
- індикатор заповненості пилозбірника;
- механізм автоматичного змотування шнура живлення;
- кнопка ввімкнення/вимкнення пилососа, що натискається ногою;
- місце для зберігання насадок у корпусі приладу або в окремому контейнері.

Моделі з покращеним рівнем комфорту, на відміну від стандартних, додатково обладнані електронною системою регулювання потужності. Вони мають економний та максимальний режими функціонування, а також світлову індикацію для сигналізації про обраний режим роботи.

Одним з ключових напрямків удосконалення пилососів залишається поліпшення вже наявних та створення нових повітрязбірних механізмів.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також важливим є використання найсучасніших фільтрувальних деталей, які сприятимуть значному підвищенню якості очищення повітря.

В даній кваліфікаційній роботі представлено конструкцію пирососа – пирососа з водним фільтром.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ І МЕХАНІЧНИХ ЧАСТИНОК

1.1. Огляд технологічних методів очищення повітря від механічних домішок

Відомі механічні, пневматичні і пневмомеханічні методи очищення повітря [1].

Для цього різновиду пристрою, що знаходиться в процесі розробки, ми детальніше зупинимось на питаннях пневматичного очищення та знепилювання повітря. Під час пневматичного очищення, повітря, потрапляючи у пори матеріалу та переміщуючись відносно виробу, впливає на частинки пилу (рис. 1.1).

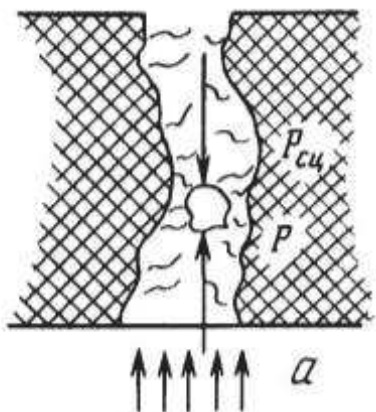


Рисунок 1.1 – Сили, які впливають на пилинку

Втрати тиску Δp , зумовлені проникненням повітря крізь матеріал, можуть бути розраховані аналітично подібно до руху рідини через зернистий або пористий прошарок у процесі фільтрації:

$$\Delta p = \frac{\mu \cdot \delta \cdot f_{yn} \cdot \rho_v \cdot \omega_{\phi}^2}{8\varepsilon^2}, \quad (1.1)$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

де μ – в'язкість повітря; δ - товщина шару матеріалу; f_{yn} - питома щільність поверхні пор; ρ_v - щільність повітря; ϖ_ϕ - фіктивна швидкість; ϖ - дійсна швидкість повітря; δ - пористість матеріалу.

Загальний аеродинамічний опір, спричинений тканиною, що відповідає зниженню тиску Δp , обчислюється за формулою, призначеною для тканинних фільтрів.

Продуктивність турбіни, яка транспортує повітря крізь зернистий або пористий прошарок, обчислюється за таким рівнянням:

$$V_k = \mathcal{G}_{z.n} S \quad (1.2)$$

де $\mathcal{G}_{z.n}$ – об'єм запиленого повітря, що видаляється при знесенні 1 м² матеріалу за одиницю часу; S - площа матеріалу.

Середня швидкість повітря, яке проникає крізь пори матеріалу:

$$\varpi_n = \frac{V_k}{S_\varepsilon} \quad (1.3)$$

Втрата тиску, викликана видаленням пилу з поверхні матеріалу:

$$\Delta p = \Delta p_{зан} + \Delta p_{підн} + \Delta p_{розг} + \Delta p_{терт} \quad (1.4)$$

де $\Delta p_{зан}$, $\Delta p_{підн}$, $\Delta p_{розг}$, $\Delta p_{терт}$ – втрати тиску обумовлені відповідно запуском, підйомом, розгоном часточок та тертям повітря в повітряпроводах.

У камерах для відстоювання пил осідає під впливом сили тяжіння. Забруднене повітря, потрапляючи по трубі 1 (рис. 1.2) до камери 2, зменшує швидкість, через що частинки втрачають здатність утримуватися у повітряному потоці і під дією власної маси осідають на дно камери. Очищене

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітря виводиться з камери через трубу 3. Щоб зменшити швидкість повітря, що надходить до камери, використовують вертикальну стінку 4 [1].

Частинка, яка має швидкість осідання по вертикалі у рухомому потоці, буде осідати на дно камери, рухаючись по параболічній траєкторії.

Об'ємні втрати повітря в камері для пиловловлювання дорівнюватимуть продуктивностям відстійника.

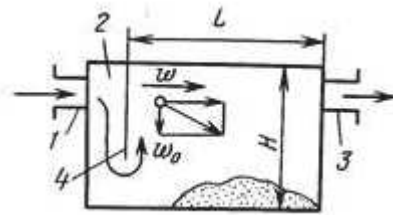


Рисунок 1.2 – Пилеосаджуюча камера

Центробіжне очищення повітря використовується у напірному рукавному фільтрі.

Забруднене повітря по трубі 1 (рис. 1.3) прямокутного перетину, приєднаній до корпусу фільтра дотично у верхній частині, надходить у циклонний пристрій 5.

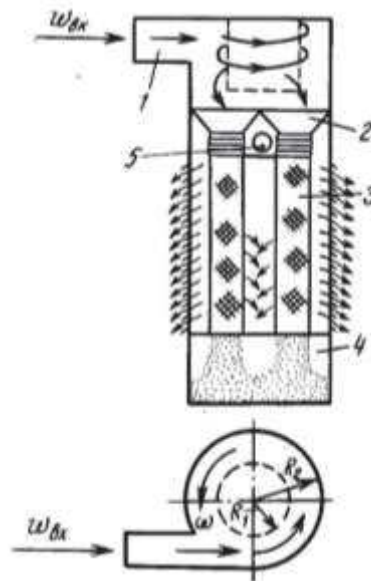


Рисунок 1.3 – Напірний рукавний тканинний фільтр

Відцентрова сила відкидає від нього частинки пилу. Досягнувши стінки корпусу та зіткнувшись з нею, часточки втрачають швидкість і падають донизу, накопичуючись у нижніх частинах фільтра 4, звідки їх і вилучають. Потік повітря, проникаючи крізь фільтрувальні мішки, спрямовується назовні крізь жалюзійні вихідні отвори в атмосферу.

Під час очищення повітря методом фільтрації, наявні у ньому частинки затримуються на поверхнях пористих перегородок фільтрів.

Найпростіший вид фільтра – сітчастий – це рамка 3 (рис. 1.4), яка обтягнута сіткою 2 з осередками 1-2 мм. Коли забруднене повітря проходить крізь сітку, на її поверхні з'являється шар 1 пуху та вати, котрий і стає фільтруючим матеріалом.

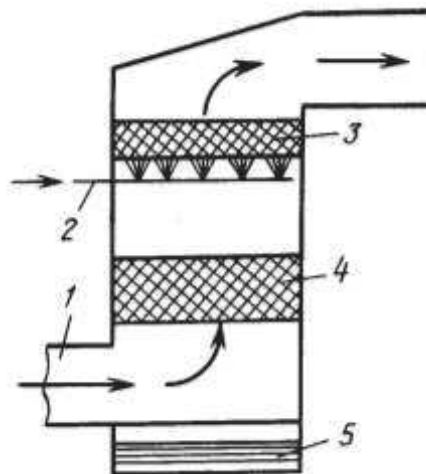
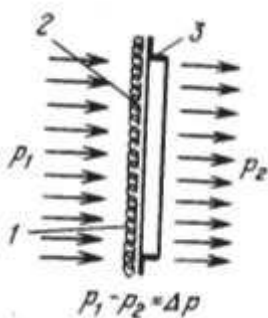


Рисунок 1.4 – Сітчастий
фільтр

Рисунок 1.5 – Фільтр з орошеними поверхнями

Зі збільшенням шару та щільності ватного матеріалу ефективність фільтрації пилу підвищується, але разом з тим зростає опір повітряному потоку. Отже, вату періодично замінюють.

Рідинні фільтри, що використовують орошувальні поверхні, використовуються для забезпечення більш високого рівня очищення повітря, досягаючи ефективності до 99%. Частинки пилу утримуються в них

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

внаслідок контакту з рідиною – водою у водяних фільтрах або маслом в масляних. Водяні фільтри є оптимальним рішенням для зволоженого пилю, наприклад, волокнистого, тоді як масляні підходять для сортів пилю, що не зволожуються.

Фільтр з змочуваними поверхнями містить робочий шар 4 (мал. 1.5), що зрошується водою за допомогою форсунок або перфорованих труб 2, також сепаруючий шар 3. Запилене повітря, надходячи через трубу 1, проходить крізь робочий шар, де уловлюються пилові частинки, а потім через сепаруючий шар, який затримує краплі води, запобігаючи потраплянню води в повітроводи та вентилятор. Забрудна вода збирається у баку-фільтрі 5.

Найбільш вичерпна класифікація приладів спирається на застосування таких методів очищення від пилю:

- фізичні методи охоплюють: механічні (аеродинамічні, гідродинамічні, фільтраційні), електричні, магнітні, акустичні, оптичні, іонізуючі, термічні;
- хімічні;
- фізико-хімічні;
- біохімічні;
- фізико-біохімічні.

Кожен із зазначених методів має свою специфічну сферу використання та поширення. В їх основі лежить один (або кілька) з наступних процесів очищення від пилю: осідання, коагуляція, видалення, дезінфекція, спалювання та захоплення.

Для усунення аерозолів (пил та імла) застосовують сухі, вологі та електричні способи. Сухі методи базуються на гравітаційному, інерційному, відцентровому осадженні або фільтрації. При застосуванні мокрих методів очищення, відбувається взаємодія між рідиною та запиленим газом. Цей процес відбувається на поверхні газових бульбашок, крапель або рідкої плівки, забезпечуючи ефективне очищення. Електричне очищення газів ґрунтується на іонізації молекул газу за допомогою електричного розряду.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внаслідок цього, частинки, що містяться в газі, електризуються, що сприяє їхньому видаленню.

При очищенні викидів з твердими аерозолями, незначне проскакування (1...2% та менше) зазвичай можливе лише при двоступеневому очищенні. Для первинного очищення використовують жалюзійні решітки та циклони, тоді як для фінального – фільтри пористі, електрофільтруючі або водяні фільтри.

Рідкі аерозолі, відомі як тумани, можна згущувати, коригуючи параметри стану, наприклад, охолоджуючи або збільшуючи тиск. Це робиться з метою подальшого осадження, що часто досягається за допомогою "мокрих" методів вловлювання. Для цього застосовують різні типи обладнання, включаючи мокрі скрубери, пористі та електричні фільтри, а також абсорбери.

Вологі методи очищення твердих та рідких аерозолів супроводжуються помітним недоліком: потребою у відділенні вловленого забруднювача від рідини, що його захоплює. З огляду на це, вологі способи виправдані лише коли інші варіанти очищення недоступні, надаючи пріоритет методам з найменшим споживанням рідини.

В основу функціонування пристроїв для очищення аерозольних викидів покладено конкретний фізичний процес. У обладнанні для уловлювання реалізуються такі методи відокремлення завислих часток від середовища, що їх містить, тобто повітря або газу: осадження під впливом сили тяжіння, інерційне осадження, осадження у відцентровому полі, фільтрація, електростатичне осадження, мокре очищення та інші способи [2].

За основним механізмом, що відповідає за відбір часточок аерозолів, прилад називають пиловловлювачем.

У пристроях, які застосовують для очищень мілких викидів, разом із головним механізмом захоплення, як правило, реалізуються й інші принципи.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки цьому, сукупна та часткова продуктивність системи виходить на більш високий щабель.

Гравітаційне осідання. Забруднюючі часточки з повітряної маси осідають під впливом земного тяжіння. Для успішного вилучення необхідно забезпечити оптимальний рух забрудненого повітря у спеціальному пристрої, враховуючи параметри часточок, їхню питому вагу та інші фактори.

Інерційне осадження. В основі інерційного осадження лежить відмінність в інерції між аерозольними частинками та навколишнім середовищем, зумовлена істотною різницею їх щільності. Рухаючись за інерцією, аерозольні частинки відокремлюються від газового середовища.

Відділення під впливом відцентрової сили. Має місце під час криволінійного руху забрудненого газового потоку з легкою складовою. Внаслідок дії сил відцентру, які з'являються, частинки аерозолію відкидаються до периферії пристрою та осідають.

Ефект зчеплення. Частинки аерозолів, які знаходяться в підвішеному стані у газовому середовищі, осідають в умовах вузьких викривлених каналів та порах під час переміщення слабопотокового газу крізь фільтруючі речовини.

Вологе очищення. Зволоження площини компонентів пристроїв водою чи іншою рідкістю сприяє уловлюванню аерозольних часточок на вказаній площині.

Осідання в електричному полі. Проходячи крізь електричне поле, часточки аерозолів заряджаються. Переміщуючись до електродів протилежного заряду, вони осідають на них.

В практичному використанні для захоплення аерозольних часток застосовують й інші підходи: агрегація часток під впливом звуку, термічне притягання, світлове притягання, вплив магнітного поля, а також біологічне очищення.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пиловловлювальне обладнання, враховуючи його розмаїття, підлягає класифікації за кількома критеріями: цільовим призначенням, домінуючим принципом функціонування, рівнем ефективності та конструктивними особливостями.

Найчастіше, з огляду на ступінь очистки, устаткування поділяють на два типи: для грубого очищення та для тонкого знепилювання. Однак, розуміння грубого та тонкого очищення є умовним і залежить від типу виробництва та поставлених завдань знепилення.

Відповідно до ДСТУ 12.2.043, обладнання, призначене для санітарного очищення газів та повітря від завислих дисперсних часточок, поділяється на два основні типи: апарати, що використовують сухе очищення, та апарати, які застосовують мокре очищення.

В свою чергу, апарати, що базуються на сухих методах очищення, які, власне, використовують фізичні явища, котрі відбуваються всередині них, поділяються на гравітаційні, інерційні, фільтраційні та електричні.

Пиловіловне обладнання, з огляду на метод відділення пилу від повітря, має такі типи: устаткування сухого очищення, де пилові часточки, відлучені від повітря, осідають на сухій площині; устаткування мокрого очищення, яке використовує рідини для відокремлення частинок від повітряного потоку.

Пиловловлювальне устаткування з огляду на механізм роботи поділяється на категорії, а враховуючи конструктивні характеристики – на типи, і використовує сухий та мокрий методи.

Апарати, що очищують мокрим способом, поділяють на інерційні, фільтрувальні та електричні.

Найбільш вживаним обладнанням для вловлювання розсіяних часток з легких газових потоків є: сухі гравітаційні та інерційні вихрові відстійники, фільтри різноманітних конструкцій, вологі пиловловлювачі, електрофільтри.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, система очищення повітря та газів здатна включати обладнання кількох різновидів, з'єднане в ланцюг послідовно, у міру зростання ефективності уловлювання пилу. Пиловловлювальне обладнання, де відділення пилу від повітряних потоків відбувається поетапно, в декілька ступенів, що різняться за механізмом дії, конструктивними рисами та методом очищення, класифікують як комбіноване пиловловлювальне обладнання.

На сучасному етапі розроблені та використовуються різноманітні техніки та обладнання для захоплення аерозольних забруднень з атмосферного повітря. Найбільшого поширення в реальних умовах набули гравітаційні, інерційні (сухі та мокрі) пристрої, а також ті, що базуються на фільтрації крізь пористі структури та на використанні електричного поля. До базових різновидів інерційно сухих пиловловлювачів зараховують жалюзні пристрої, циклони, мультициклони, а вологих – порожнисті та насадкові промивачі, пінні, пристрої ударно-інерційних дій (струменевого, імпакторного, ротоклоного), скрубери Вентурі. Пористі фільтри класифікують з огляду на фільтрувальний матеріал: волокнисті (ткані й неткані), сипкі матеріали, спресовані металеві й металокерамічні порошки, металеві та полімерні сітки. Далі - за конструкцією та типорозмірами. В електрофільтрах ключовим критерієм для класифікації є напрям руху потоку, що очищується - горизонтальний або вертикальний.

Вибір обладнання для створення системи пиловловлювання визначається специфічними потребами виробництва та фізико-механічними й фізико-хімічними характеристиками дисперсних часток.

1.1.1. Механічне вловлювання

Термін "механічні відстійники" зазвичай вживається для позначення обладнання, де частинки осідають під впливом чи то сили тяжіння, чи то інерції, або й того, й іншого разом. У гравітаційних відстійниках частинки

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадають з потоку газу під впливом власної маси. В інерційних відстійниках, потік часточок, підвішених у газі, зазнає різкої зміни напрямку. Спричинені цим інерційні сили намагаються виштовхнути часточки з потоку. Циклонні відстійники, які використовують інерцію відцентрової сили, являють собою важливий окремий випадок інерційних відстійників.

Швидкість випадання частинок перебуває у прямому зв'язку з силою, що діє на них. Для дуже легких дрібних частинок гравітаційне осідання є вкрай повільним і малорезультативним способом, особливо для тих, чий розмір не перевищує 100 мкм. Застосування інерційного ефекту призводить до значного пришвидшення уловлювання. Завдяки цьому є змога зменшити габарити обладнання та збільшити ефективний діапазон захоплення до частинок, що мають розмір близько 20 мкм.

Для гравітаційного осідання газу зазвичай застосовують метод повільного пропускання через велику камеру, де частинки осідають у бункер на дні. Зменшити шлях, який необхідний для осідання часток, можливо через поділ простору камери на кілька горизонтальних, паралельних полиць.

У циклонах для очищення газів створюється обертальний або вихровий потік, що змушує частинки відчувати дію відцентрової сили. Цей ефект досягається двома способами: або введенням газу до круглої камери під кутом, або ж направленням потоку на лопаті, які розташовані радіально відносно центральної осі потоку.

Пристрої всіх цих типів вирізняються простотою конструкції та експлуатації. Вони коштують порівняно недорого, якщо зіставити їх з іншими видами осаджувальних апаратів. В цілому, вони не містять рухомих елементів, а для створення робочого середовища можливо застосувати будь-який матеріал. Споживання енергії під час роботи також відносно низьке, що впливає з невеликої різниці тиску при проходженні газу через прилад.

Відстійники цього різновиду застосовують для попереднього усунення крупних часточок з газового потоку. У більшості ситуацій, коли потрібно

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захистити атмосферу від забруднення, необхідно вловлювати значно менші частки (розміром приблизно 1 мкм), відтак, здебільшого потрібно використовувати відстійники інших конструкцій. Проте, механічні відстійники можуть застосовуватися як перші стадії очищення, монтуючись послідовно з іншими типами пристроїв, з метою зниження навантаження на них. Така схема конче потрібна для газових потоків з високим вмістом пилу. Механічні осадові фільтри здатні функціонувати тривалий час без складного обслуговування, споживаючи при цьому мінімальну кількість енергії.

1.1.2. Вихрові вловлювачі

Вихрові пиловловлювачі з'явилися на виробництві ще у 50-х, проте їм вдалося завоювати неабияку популярність. У цих пристроях, подібно до циклонів, очищення від пилу здійснюється за рахунок центробіжних сил. Головною різницею від циклонів є застосування додаткового газового потоку, який забезпечує закручування.

У вихровому пристрої з соплами, потік з домішками закручується лопатями та спрямовується вгору, відчувуючи вплив потоків вторинного газу, що витікають з тангенціальних сопел. Під дією відцентрової сили частинки, присутні в потоці, зміщуються до країв, а потім потрапляють в турбулентний вихровий потік вторинного газу, створений струменями, що направляє їх вниз у кільцевий простір між трубами. Вторинне обтікання газу, що підлягає очищенню, повільно, але цілковито проникає в газовий потік. Обтічник спрямовує потік газу до країв. Частинки пилу, відчувуючи вплив відцентрових сил, пересуваються з середини потоку до його країв.

Далі перебіг в приладах двох типів має деякі відмінності. У сопловому апараті, на потік з завищеним пилом впливають потоки додаткового повітря (газу). Вони виходять із сопел, які розміщені дотично до основного потоку. Потік набуває обертання.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відкинуті під впливом відцентрової сили до стінок пристрою, частинки пилу підхоплюються спіральним потоком додаткового повітря (газу) та переміщуються з ним донизу, у бункер. У цій частині пилові частки відокремлюються від потоку, а очищене повітря (газ) повертається на повторне очищення.

Форсунки для впорскування додаткового повітря слід розміщувати за спадною спіраллю.

1.1.3. Фільтрування

Процес фільтрації базується на комплексі фізичних явищ. Насамперед, це ефект захоплення, включно з ситовим ефектом, коли аерозольні частки затримуються в порах та каналах, перетин яких менший за розмір цих часток. Також важливою є дія інерційних сил, що змушує частки відхилятися від напрямку потоку запиленого середовища та осідати при зміні напрямку руху.

Крім того, суттєву роль відіграє броунівський рух, особливо у переміщенні субмікронних високодисперсних часток. Не слід забувати і про вплив гравітаційних сил, а також електростатичних взаємодій, адже як аерозольні частки, так і фільтрувальний матеріал можуть мати електричні заряди, або ж бути нейтральними.

Основними механізмами, що впливають на фільтрацію, виступають: контакт (захоплення), відсіювання (ситовий ефект), інерційне вловлювання, гравітаційне та дифузійне осідання, а також електростатична взаємодія. Вклад кожного з цих процесів може змінюватися в межах від 0 до 1, що залежить від конкретних умов, за яких відбувається осадження.

Зазначені фактори визначають умови, коли частинки зближаються з перешкодою до такої відстані, що стає можливим їх осідання, тобто відокремлення від газової фази. Відділення, власне, відбувається, коли частинки утримуються на структурних елементах пористого середовища за

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок сил міжмолекулярного (ван-дер-ваальсового, квантово-електричного) або хімічного зв'язку.

Загальним принципом взаємодії часток з перешкодою в усіх типах пористих середовищ є зіткнення. Це означає, що всі частки, котрі стикаються з перешкодою, уловлюються та утримуються нею. Отже, ті частки, що наближаються до перешкоди на відстань, меншу за свій радіус, вважаються осадженими внаслідок зіткнення.

В ході фільтрування майже неодмінно спостерігаються відсіювання та інерційне уловлювання часток. Ситовий ефект обумовлює рівень осідання частинок, котрі розмірами більші за пори та не здатні крізь них пройти. Він стає суттєвим після осідання на структурних компонентах фільтру початкового шару вловлюваних часток (автошару). Цей шар звужує пори і відіграє роль фільтруючого матеріалу.

Масивні частинки, керуючись інерцією, нездатні обтікати перешкоду разом з газовим потоком. Відхиляючись від лінії течії, вони мають можливість зіткнутися з перешкодою або торкнутися її. В процесі фільтрації, що відбувається через інерційне захоплення, осідають частинки, розмір яких перевищує 1 мкм.

Гравітація, дифузія та електростатичні сили виявляють свій вплив на осідання часток виключно за конкретних умов. Гравітаційне осідання може бути відчутним, коли у фільтрувальному середовищі є можливість утворення застійних зон, як-от, у круглих порах та порожнинах.

Частинки, розміром менше ніж 0,1 мкм, мають здатність наближатися до перешкод, хаотично рухаючись під впливами броунівського руху молекул. Частки дифузійного осідання у процесі захоплення більших частинок є несуттєвою.

Електростатичні сили виникають під час взаємодії заряджених об'єктів. Забруднюючі часточки та складові пористого матеріалу здебільшого мають незначну кількість зарядів, набутих спонтанно (під час дроблення цілісних

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

предметів, тертя рухливих елементів, поглинання газових іонів), але сила їхнього взаємодії є незначною. Потреба брати до уваги електростатичну взаємодію з'являється виключно у випадку штучного електризування фільтрувального матеріалу та часток.

Більшість фільтрів вирізняються високою ефективністю фільтрування. Ці пристрої можуть використовуватися як в умовах високих, так і низьких температур навколишнього середовища, в залежності від концентрації завислих часточок в повітрі.

Завдяки грамотному підбору фільтрувальних матеріалів та налаштуванню процесу очищення, можливо досягти потрібної ефективності фільтрації майже в усіх ситуаціях, де це необхідно.

Маючи численні переваги, фільтри, попри все, мають і свої недоліки: витрати на очищення у фільтрів вищі, порівнюючи з більшістю інших пиловловлювачів, наприклад, циклонами. Дане пояснюється більшою конструктивною складною структурою фільтрів, якщо порівнювати з іншими приладами, а також значними витратами електроенергії. Значна частина конструкцій фільтрів для вловлювання пилу є складнішою в експлуатації і вимагає наявності кваліфікованого персоналу для обслуговування.

За типом будови фільтрувального шару виділяють волокнисті, з тканини та зернисті фільтри. В волокнистих фільтрах зважені частки осідають на переплетеннях волокон, які закріплюються у конструкціях, таких як прямокутні рами, кільця та інші.

1.1.4. Вологе пиловловлювання

Процес вологого пиловловлювання базується на взаємодії запиленого газового потоку з рідиною. Рідина, поглинаючи завислі частинки, переміщує їх з апарату у вигляді шламів. Метод мокрого очищення газового потоку від твердих часток (пилу) заслуговує на увагу як порівняно легкий у реалізації, але при цьому надзвичайно результативний спосіб очищення.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Скрубери - вологі очищувачі пилу, з корпусом в вигляді вертикальної вежі, пусті всередині або з наповнювачем. Крізь скрубер проходить забруднене повітря, а в пристрій подається рідина.

У мокрих скруберах відбувається інтенсивна взаємодія газу з рідиною, що супроводжується утворенням дрібних крапель. Захоплення цих крапель потоком газу може призвести до виносу рідини із скрубера до каналів, вентиляторів, а звідти – у атмосферу. Якщо не вжити необхідних дій, щоб відсікти захоплену потоком рідину, це здатне призвести до корозії, ерозії, забивання, ушкоджень вентиляторів та вивільнення шкідливих речовин.

Забруднювачі, які накопичуються у рідині, котра використовується для зрошення скруберів, потрібно ліквідувати із системи.

1.2. Оцінка існуючих технічних засобів для фільтрації повітря від твердих частинок

На базі загальної технології очищення повітря від забруднень було розроблено пилоочисні пристрої, серед яких пиłosоси.

Пиłosос - це пристрій для прибирання пилу, що працює за принципом всмоктування повітря, яке генерується спеціальним механізмом. Цей потік захоплює пил, долаючи опір шлангів, щіток та фільтрів, які затримують сміття. Отже, тиск повітря на вході та виході пиłosоса не однаковий: на виході він менший через втрати на тертя та подолання опору складових.

Швидкість повітряного потоку повинна перевищувати швидкість витання часток пилу на 25-30%. Швидкість витання - це швидкість, за якої частинки утримуються повітрям у підвішеному стані.

Основні параметри пилоочищення, що їх вимірюють за допомогою пиłosоса [1]:

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- потужність пилоочищення (ППО) – це величина, що визначає співвідношення між об'ємом зібраного з поверхні пилу та об'ємом пилу, який було розвіяно по випробувальній поверхні (1 м). Переважно пиłosоси демонструють показник ППО в діапазоні 80-98% для твердих покриттів підлоги і 60-91% для килимових виробів;

- нитьозбиральна здатність (НЗЗ) - це співвідношення ниток, що зібрані з поверхні, до ниток, котрі розсіялись по тестовій поверхні. У сучасних виробках НЗЗ становить 70-95%.

Параметри, що визначають техніко-економічні та експлуатаційні характеристики пиłosосів:

- розрідження, що утворює повітрявсмоктувальний агрегат. Розрідження – це спад щільності, а відповідно і тиску повітря, котрий створює повітрявсмоктувальний агрегат;

- продуктивність, або витрата, визначає об'єм повітряно-пилової суміші в кубічних метрах за одиницю часу. Цей параметр залежить від конструктивних особливостей та геометричних параметрів частин пиłosоса.

- споживча потужність – це середнє арифметичне від двох величин потужності, яку споживає пиłosос: коли вхідний отвір закритий і коли відкритий;

- ККД (коефіцієнт корисної дії) – це показник, який визначається як співвідношення між потужністю повітряного потоку та споживаною потужністю. Діапазон показника коливається в межах від 20 до 40 відсотків.

Завдяки розрідженню, яке створює вентилятор, приведений у рух електродвигуном, пиłosос всмоктує потік повітря та твердих часток до свого пилозбірника. Повітря проходить через фільтр і виходить назад у приміщення, а пил та сміття затримуються у мішку або спеціальному контейнері. Насадка шланга пиłosоса повинна щільно прилягати до поверхні, що очищається. Кожен тип пиłosоса має свій набір насадок та спосіб регулювання щільності прилягання.

За напрямком руху повітряного потоку, пирососи класифікуються на прямоточні та вихрові.

У циклонному пирососі повітряний потік, потрапляючи до пилозбірника, закручується, змушуючи пил осідати на дні контейнера. Принцип дії такий: при активації всмоктувального пристрою створюється знижений тиск у пилозбірнику та швидкий повітряний потік на вході. Повітряно-пилові суміші, потрапляючи всередину, змінюють траєкторію руху (під прямим кутом) та закручується, що призводить до її гальмування, і пил осідає на дні. Дрібніші частинки пилу утримуються тканинним фільтром.

Потік повітря, що виходить, додатково очищається фільтром, який затримує найдрібніші частинки пилу. Для зручності збору пилу, у вхідному отворі пилозбірника зазвичай розміщують одноразові паперові мішки.

За конструктивними особливостями пирососи класифікуються наступним чином:

- пирососи сухого прибирання;
- миючі пирососи;
- пирососи з аквафільтром;
- пирососи вбудовуються;
- пирососи роботи;
- пирососи пароочищувачі.

Розглянемо пирососи докладніше, проаналізувавши їхні плюси та мінуси, а також виділимо найпоширеніші моделі, що використовуються в домашніх умовах [4,5,6]:

- пирососи, призначені для сухого та вологого прибирання, обладнані мішком-пилозбірником;
- пирососи з аквафільтром, де фільтрація здійснюється за допомогою води;
- контейнерні пирососи, які працюють без мішків (циклонні пирососи).

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен із цих різновидів презентує широкий спектр пирососів, серед котрих можна відшукати як ті, що вражають класом фільтрації, так і такі, що здатні викликати невдоволення під час використання. Спробуємо дослідити всі сильні та слабкі сторони кожного з трьох представлених типів пирососів.

Пирососи (для сухого й вологого прибирання) з мішком-смітником.

Найчисленнішою категорією серед цих пирососів є підлогові моделі. Їх класифікують на вихрові пирососи (з вертикальним розташуванням мотора) та прямоточні (з горизонтальним розташуванням мотора) (див. рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд пирососа з мішком-пилезбірником

Конструкція прямоточних пирососів передбачає такий вигляд (рис. 1.7): горизонтальний видовжений корпус 6 (рис. 1.7) обмежений з обох сторін кришками, передня кришка 2 має відкидну або знімну конструкцію, задня 7 - фіксовано закріплена.

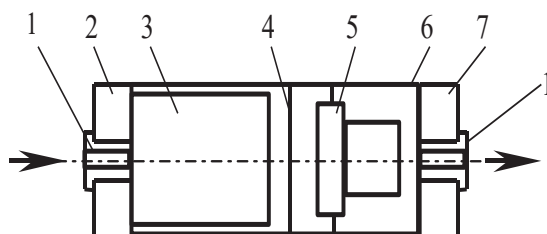


Рисунок 1.7 - Схема наземного прямоточного пирососа

Кришки корпусів оснащені штуцерами (1), що призначені для приєднання гнучкого шланга, до якого, в свою чергу, можуть бути приєднані різні насадки.

Повітря, потрапляючи крізь вхідний отвір кришки пирососа, очищується фільтрувальною системою 3, котра також виконує роль пилозбірника. Ці фільтри сконструйовані у формі мішка, орієнтованого назустріч повітряному потоку. Мішок знімається, опираючись краєм на периметр корпусу, або ж кріпиться на спеціальних виступах.

За фільтром-пилозбірником, відокремленим спеціальною захисною сіткою 4, розташовано повітряно-всмоктувальний агрегат 5 пирососа. Пиросос встановлюється на полозах або коліщатках. Для перенесення слугує ручка. Головним елементом пирососа є його повітрязабірний блок, що вміщує двоступеневий відцентровий вентилятор і електродвигун.

Корпус у вихрових пирососах складається з двох секцій, що поєднуються за допомогою спеціальних фіксаторів, і ущільнюються у зоні роз'єднання гумовим кільцем.

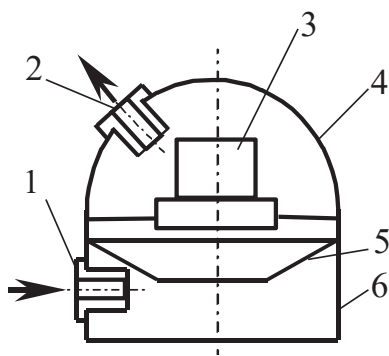


Рисунок 1.8 - Схема наземного вихрового пирососа

Нижня частина 6 (рис. 1.8) корпусу пирососа виконує роль пилозбірника. У цій частині розташований всмоктувальний патрубок 1, вхідний отвір якого призначено для під'єднання шланга та насадок пирососа. Всмоктувальний патрубок сконструйований таким чином, що повітря, проходячи через нього, набуває вихрового руху, в результаті чого крупний

пил та сміття осідають на дні пилозбірника. Нижня частина корпусу пирососа відокремлена від верхньої частини 4 фільтром 5. У верхній частині корпусу знаходиться повітровсмоктувальний агрегат 3, що складається з електродвигуна та відцентрового вентилятора.

Чисте повітря, що було пропущене через фільтр, вентилятор та двигун, покидає пиросос через вихідний отвір 2.

Переваги: конструкція класичних пирососів добре знайома кожному, що робить користування та догляд простими; вибір пирососа за якістю фільтрації залежить від кількості та класу фільтрів, які в ньому встановлено; пиросос завжди наготові. На відміну від інших пирососів, перед початком прибирання та після завершення немає потреби у додаткових маніпуляціях (залити воду, полоскати, сушити чи вичищати щітку). До кожної моделі можна легко добрати будь-який тип пилозбірника (одношарові чи двошарові паперові, міцні синтетичні – одно-, дво- або тришарові), що дає змогу досягти потрібних показників у роботі всього пристрою. У випадку, якщо змінних мішків немає в наявності, можна використовувати текстильний мішок багаторазового використання. Заміна мішка відбувається просто й гігієнічно (1 раз на 1-2 місяці).

Недоліки: очищення тканинного, багаторазового мішка для пирососа - справа негігієнічна і малоприємна; у міру наповнення мішка сила всмоктування пирососа суттєво знижується. Значно менше подібного трапляється із змінними пилозбірниками, виконаними з тришарового синтетичного матеріалу. При застосуванні таких мішків втрата потужності всмоктування майже не відчутна, завдяки чому одним мішком можна користуватися у 1,5 ... 2 рази довше, ніж паперовим; «ахіллесова п'ята» звичайних пирососів – це саме мішки для сміття. Їх випускають численні різноманітні виробники, як за межами країни, так і в Україні. Дешеві та неякісні пилозбірники здатні підносити неприємні неочікуваності у вигляді: пропускання пилу через неякісний фільтрувальний матеріал, невеликі порізи

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

через гостре сміття та, як наслідок, просочування пилу, розриви від різниці тиску або потрапляння вологи, неприємний запах через життєдіяльність мікроорганізмів всередині мішка.

Пилосос з аквафільтром (рис. 1.9). Сучасні пилососи поділяються на два основні типи: для звичайного «сухого» прибирання – ті, що підходять для паркету, та для «вологого» прибирання – миючі пилососи. Досвід та поради фахівців свідчать, що в оселі з різними типами підлогового покриття доцільно мати універсальний пилосос, який забезпечує і сухе, і вологе прибирання. Якщо поглянути на питання чистоти ширше, то в будинку також варто мати очищувач-зволожувач повітря, що ефективно «миє» повітря, усуваючи з нього завислий пил. В результаті народилася цілковито нова концепція приладу - екопилососа, що поєднує в собі пилосос та очисник повітря. Він поступово заміщує на ринку пилососи з мішками. Ринок екопилососів та очищувачів повітря повільно зливається в один, оскільки виробники обох видів техніки усвідомили спільну мету – максимальне очищення повітря. Їхня мета - позбавити повітря від шкідливого пилу та бруду, наблизивши його до природного стану.



Рисунок 1.9 - Пилосос з аквафільтром кальянного (барботажного) типу

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Розуміння цього явища й стало поштовхом до появи на ринку пирососа з водним фільтром, чи, як його ще називають, аквапирососа. Його конструкція передбачає аквафільтрацію: як при звичайному сухому, так і при вологому прибиранні. Пиросос з аквафільтром застосовує дивовижні природні якості води, щоб зволожувати та осідати пил у ній, перекриваючи йому шлях до вільного переміщення. Найважливішим критерієм під час вибору пирососа з аквафільтром є система змішування пилу з водою. Від того, наскільки ефективно пиросос осідає часточки пилу у воді, залежить якість його роботи.

Пирососи з аквафільтром поділяються на два основні види: кальянні (барботажні) та сепараторні. Барботажні пирососи з аквафільтром функціонують за таким принципом: повітряний потік з пилом та сміттям через патрубок 1 потрапляє в колбу з водою 2, де частина пилу і великого сміття осідає. Однак, значна частина пилу з бульбашками повітря «спливає» з води.

Аби хоч якось приборкати та відфільтрувати цей пил, інженери вигадали «лабіринти», котрі «закручують» повітряно-водяний потік, таким чином досягається зволоження та осідання пилу у воді, а основне очищення виконується за допомогою каскаду пористих фільтрів 3. Резервуар аквафільтра цих пирососів, хоч і сам апарат масивний, зазвичай має невеликий об'єм і вміщує близько 1 літра води. Це означає, що воду потрібно міняти часто, кожні 10-15 хвилин під час прибирання.

Вдосконалені пирососи з аквафільтрами кальянного зразка можуть мати до 5-ти різноманітних фільтрів, саме завдяки цьому забезпечується високий рівень очищення повітря. У пирососах з аквафільтрами даного типу, фільтри після кожного прибирання необхідно ретельно промивати та висушувати. Інакше, на вологих фільтрах розпочнеться розмноження грибків, бактерій та інших шкідливих мікроорганізмів, перетворюючи фільтр на джерело не лише неприємних запахів, але й вторинного забруднення.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність пирососа з аквафільтром зменшується через забруднення фільтрів, хоча й менше, ніж у пирососів звичайного типу. Ці пирососи обладнуються потужнішими електродвигунами – близько 2500 Вт, що спричиняє збільшення споживання електроенергії.

Висновки до першого розділу

Проведено огляд та аналіз технологій очищень повітря і поверхонь від механічних забруднень. Проаналізовано наявне обладнання, призначене для очищень повітря від механічних частинок. Наведено класифікацію пирососів, які можна придбати на ринку електропобутової техніки України.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОБУТОВОГО ПИЛОСОСА З АКВАФІЛЬТРОМ

2.1. Розроблення технології очищення повітря за допомогою пилососа

Для ефективного видалення пилу з поверхонь та очищення повітряного потоку в домашньому приладі, рекомендується використовувати пилососи. В них доцільно застосовувати складні фільтри, а саме, войлочні та водні фільтри (аквафільтри).

Пилососи з аквафільтром, або ж, як їх часто називають, з водяним фільтром, вважаються одними з найкращих, коли мова йде про якість прибирання, зокрема, і про очищення повітря. Вони належать до класу пилососів сухого прибирання, хоча існують моделі, які також можуть виконувати функцію миття. Технологія очищення повітря, що використовується в пилососах з аквафільтром, дає змогу зменшити викиди пилу до рівня 0,01-0,001%, що є надзвичайно високим показником і гарантує якість очищення, порівнянну з вбудованими пилососами. Окрім безпосереднього прибирання простору, пилососи з аквафільтром також додають вологи та освіжають повітря, що позитивно відбивається на загальному стані повітря в приміщенні. Сила всмоктування пилососа з аквафільтром є стабільною протягом всього процесу прибирання. Це контрастує з пилососами для сухого прибирання, що мають мішок для збору сміття, в яких потужність всмоктування поступово зменшується зі збільшенням заповнення мішка.

Метод очищення такий: дрібні частки пилу і сміття всмоктуються всередину корпусу пилососа, де зібране сміття та пил проходять через воду, яка міститься в корпусі пилососа. Важкі відходи (пісок, сміття і таке інше) миттєво тонуть та осідають на дні. Легкий пил разом з бульбашками повітря

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

"спливає" з води, зберігаючи свою сухість. Для очищення повітря від цього пилю використовується сепаратор, розташований над поверхнею води. Сепаратор – це порожнистий циліндр. Його бокова поверхня сформована з поздовжніх пластин особливої форми, кількість яких сягає приблизно шістдесяти. Обертаючись з неймовірною швидкістю (до 25 тисяч обертів на хвилину), цей пристрій формує над водною гладдю повітряно-водяний вихор. У цьому вихорі найдрібніші водяні крапельки перехоплюють (зволожують) різноманітні дисперсні частки: пил, квітковий пилок, спори та інші. Через високу швидкість обертання сепаратора та особливу форму лопатей, вся суміш води та бруду не проникає глибше, а повільно осідає у воді [4].

Очищене від води та пилю повітря (з ефективністю 99,91%) потрапляє до сепаратора, звідки видувається з пилососа. У певних моделях замість сепаратора для остаточного очищення використовуються фільтри тонкого очищення HEPA [5].

Система водяного фільтрування функціонує наступним чином: на початку, водяна стіна, утворена з чотирьох зустрічних розпилювачів, затримує до 96% частинок пилю.

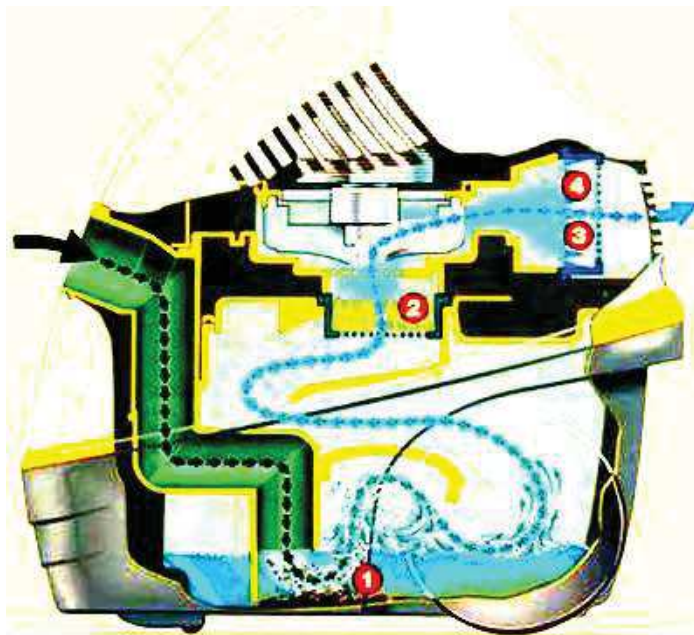


Рисунок 2.1 – Схема очищення повітря пилососом з аквафільтром

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Після цього відбувається інтенсивне перемішування води з пилом за допомогою вихрових потоків, що забезпечує змочування пилу, який залишився. На заключному етапі система фільтрів утримує зволожені, але ще не осілі на дно частинки пилу. Ілюстрація технології очищення повітря від механічних забруднень з використанням водяного фільтра представлена у графічній частині.

Визначальною рисою фільтра з водою є його вміння очищати не лише ті поверхні, з яких збирається пил за допомогою насадки, а й загалом повітря у приміщенні.

Відбувається це завдяки специфічному процесу: зволене повітря, яке виходить з пилососа, розповсюджується по всій площі приміщення. Це позитивно впливає на здоров'я. Паралельно з цим, волога осідає на найдрібніших частинках пилу, що перебувають у повітрі, збільшуючи їхню вагу. В результаті цього, вони поступово опускаються на підлогу.

2.2. Формування компоновочного рішення для виготовлення конструкції пилососа

Розроблюваний пилосос – це екологічно свідомий пристрій для прибирання, з покращеною потужністю. Збільшення потужності пилососа дає змогу підвищити ефективність прибирання, скорочуючи час, необхідний для очищення, а також незначно покращити якість збирання, збільшуючи силу всмоктування.

У конструкції пилососа втілено нестандартні інженерні рішення, які гарантують високу якість технічних характеристик. Одним із таких рішень є використання насадки з дисками, покритими спеціалізованим полірувальним матеріалом (мікрофібровими подушечками), що дозволяє здійснювати очищення і полірування підлоги одночасно.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пилосос оснащений низкою функцій, які значно підвищують зручність користування:

- індикатор (датчик) заповнення пилозбірника;
- прилад для регулювання сили електродвигуна;
- автоматичний механізм намотування шнура;
- система для упорядкованого зберігання приладдя;
- додатковий фільтр, що затримує пил із дрібними частками, включно з вугільним від щіток електродвигуна;
- фільтр з кількома шарами;
- пристрій, який регулює потік повітря (розміщений на шлангу);
- пристрій, призначений для розподілу або коригування напрямку повітряного потоку.

Конструкція спроектованого побутового пилососа зображена на рис. 2.2.

Засмоктування повітря з кімнати та його вдування у корпус пилососа з аквафільтром здійснюється вентилятором під поз.7. Повітряний струмінь крізь нижню частину пиловловлювача під поз.10 скеровується під кутом до водяної поверхні, що міститься в ємності. При взаємодії з водою та зміні напрямку потоку, повітря звільняється від частки зваженого пилу. Далі, потік повітря спрямовується на пиловловлюючу площину, яку змочує водяний струмінь, що подається з резервуара завдяки помпі поз. 8 у розпилювач поз. 18. Очищене від пилу повітря виходить через прямокутний отвір кришки поз. 2. Для уникнення надмірного зволоження повітря, що було очищене від пилу, в траєкторії повітряного потоку розміщено лабіринт, який утворено відбивачами поз.12, 13. Щоб знизити шум, що виникає від дзюрчання води, у нижній секції пиловловлювача облаштовано накопичувач поз.17, через бічні прорізи котрого вода спокійно стікає назад у ємність. Фільтр насоса, позиція 9, служить для очищення води перед її потраплянням до насоса. Воду для очищення наливають у ємність, позиція 22. Корпус АВП вільно, без закріплення, розміщується всередині ємності.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

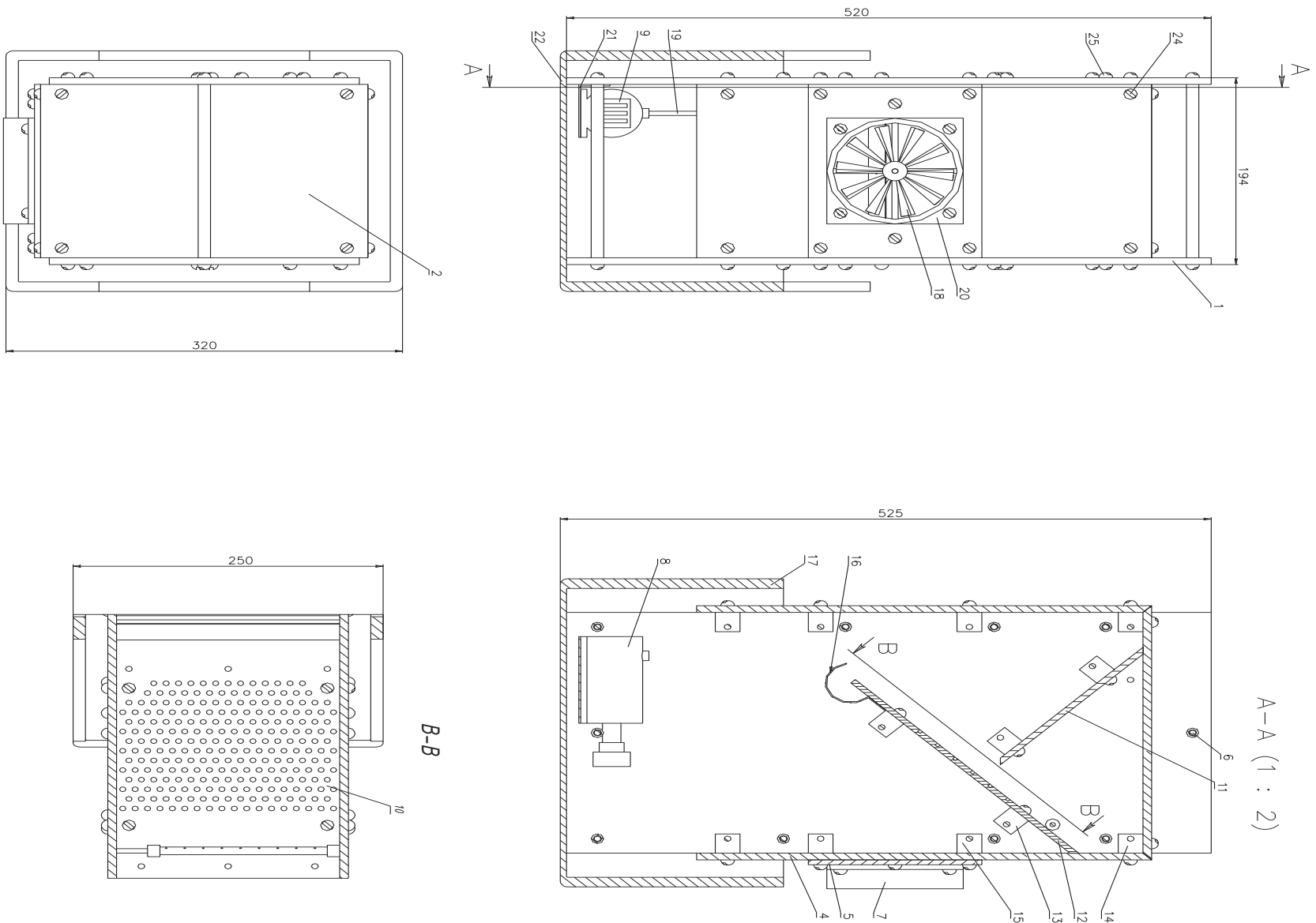


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд побутового пилососа

Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Корпус пирососа, що має аквафільтр, сформовано з двох бічних частин поз.1, що з'єднані між собою за допомогою царг поз.6 та гвинтів поз.33. Прямокутну форму пирососу з аквафільтром забезпечують стінки поз.3, 4 і кришка поз.2, приєднані до боковин через кронштейни поз. 14,15. У середині корпусу міститься пиловловлювач з розпилювачем поз.18, кожух поз.16 та накопичувач поз.17. Окремо, у внутрішньому просторі корпусу, на кронштейнах поз.15 зафіксовано направляючу поз.11. Вентилятор змонтовано на накладці поз.5, яка, у свою чергу, кріпиться до передньої стінки поз.4.

Висновки до другого розділу

Для ефективного очищення поверхонь від пилу та очищення повітряних мас у побутовому приладі доцільно застосовувати пирососи, в яких як фільтруючі елементи використовуються комбіновані фільтри: зокрема, повстяні та водяні фільтри (аквафільтри). Розроблено метод очищення повітря з використанням звичайного пирососа, що проілюстровано візуальним прикладом. Створено конструкцію побутового пирососа з аквафільтром, готового до виробництва.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ПИЛОСОСА З ВОДЯНИМ ФІЛЬТРОМ

3.1. Аеродинамічний розрахунок повітряного тракту

Аеродинамічна система пилососа включає в себе: шланг, корпус, водяний фільтр, всмоктувальний блок та гідравлічні опори різного типу. Кожен з цих компонентів має конкретний аеродинамічний опір. До того ж, певним опором характеризуються місця концентрації повітряного потоку (вхід та вихід повітря з корпусу, звуження або розширення потоку).

Загальні втрати тиску обчислюються як сукупність втрат на окремих відрізках тракту. Виокремлюють втрати на тертя, що виникають при переміщенні повітря повітропроводом або конструкційними елементами значної протяжності, та втрати на місцевих опорах. Отже, втрати тиску на кожній ділянці тракту ΔH , Па [8]:

$$\Delta H = \lambda \cdot \frac{l}{d} \frac{V^2 \gamma}{2} + \zeta \frac{V^2 \gamma}{2}, \quad (3.1)$$

де λ - лінійний коефіцієнт опору;

l - довжина трубопроводу, м ;

d - діаметр трубопроводу, м;

V - швидкість потоку, м/с;

γ - питома вага повітря кг/м³;

ζ - коефіцієнт місцевого опору, що залежить від його виду [8,9].

Втрати енергії через тертя, або лінійні втрати, визначаються довжиною повітряного каналу, конфігурацією та габаритами його поперечного перерізу, станом шорсткості стінок, характером руху повітря і показником тертя.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати в місцевих опорах залежать від їхнього типу, властивостей та швидкості повітряного потоку в кожному окремому компоненті.

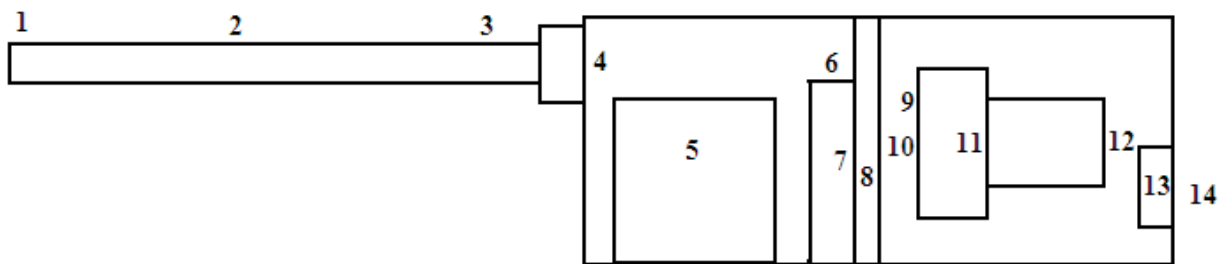
Швидкість руху повітря в кожній ланці тракту визначатимемо за формулою:

$$V = \frac{Q}{F}, \quad (3.2)$$

де Q - розхід повітря пирососа, $\text{м}^3/\text{с}$, примаємо приблизну стандартну характеристику розходу пирососа $Q = 0,036 \text{ м}^3/\text{с}$;

F - площа поперечного перетину елемента тракту, м^2 .

Схема аеродинамічного шляху пирососа зображена на рисунку 3.2.



1 – прямолінійна ділянка; 2 – ділянка з гофростінкою; 3 – ділянка з поворотом; 4 – розширення тракту; 5 – дифузор; 6 – водяний фільтр; 7 – войлочний фільтр; 8 – перегородка; 9 – звуження; 10 – решітка; 11 – звуження; 12 - розширення тракту; 13 – фільтр додатковий; 14 – звуження

Рисунок 3.1 - Схема розрахунку аеродинамічних втрат в тракті пирососа

За формулою (3.1) обчислимо втрати тиску на кожній ділянці пирососа, використовуючи відповідні значення:

- пряма секція труби 1 (рис. 3.1):

$$\lambda = 0,02 \frac{Вт}{м \cdot К}; \gamma = 1,2 \frac{кг}{м^3}; l = 0,15 \text{ м}; d = 0,032 \text{ м};$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} = 8,04 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

$$Q = 0,036 \text{ м}^3/\text{с}; V = 44,7 \text{ м/с}; \Delta H_1 = 112,7 \text{ Па}.$$

- пряма секція з гофрованим профілем 2, (рис. 3.1):

$$\lambda = 0,098 \frac{Вт}{м \cdot К}; \gamma = 1,2 \frac{кг}{м^3}; l = 1,75 \text{ м}; d = 0,036 \text{ м};$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,036^2}{4} = 9,72 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

$$V = 45,6 \text{ м/с}; \Delta H_2 = 3619 \text{ Па}.$$

- пряма секція з поворотом 3 (рис. 3.1):

$$\lambda = 0,02 \frac{Вт}{м \cdot К}; \gamma = 1,2 \frac{кг}{м^3}; l = 0,32 \text{ м}; d = 0,028 \text{ м};$$

$$\zeta = \frac{a}{90^\circ} \text{ при } \alpha < 90^\circ \text{ і } \alpha = 30^\circ, \text{ тоді:}$$

$$\zeta = 0,33$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,028^2}{4} = 5,76 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$\frac{273028}{44} \text{ м}^2;$$

$$V = 58,5 \text{ м/с}; \Delta H_3 = 1145,7 \text{ Па.}$$

- розширення шляху при вході 4 (рис. 3.1):

$$f = 0,034 \text{ м}^2; F = 0,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \gamma = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$V = 1,06 \text{ м/с}; \Delta H_4 = 1525,6 \text{ Па.}$$

- дифузор 5 (рис. 3.1):

$$\Delta H_5 = \zeta \frac{V^2 \gamma}{2}.$$

$$\zeta = 0,4;$$

$$V = 2,58 \text{ м/с}; \Delta H_5 = 1,6 \text{ Па.}$$

Водяний фільтр 6 (рис. 3.1).

Опір водяного фільтру визначається за емпіричним рівнянням:

$$H_6 = 10(\Delta h + V),$$

де Δh - перепад висот між рівнями рідини в трубці і зовні (рис. 3.2), мм;

V - витрата газу на 1 пог. м довжини перегородки, м.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

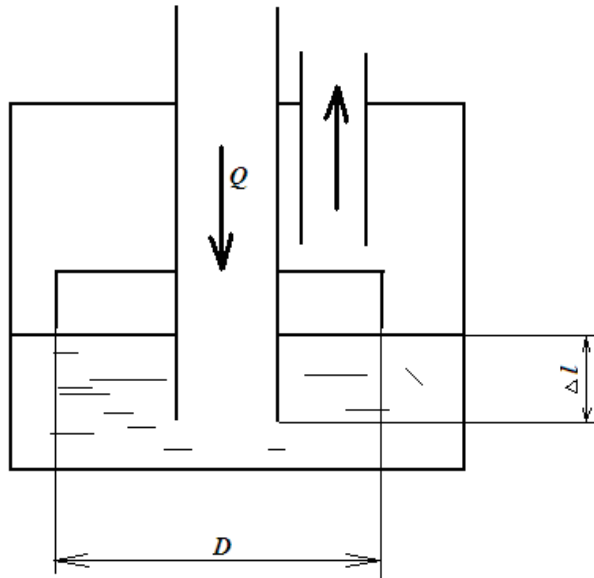


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема для розрахунку гідравлічного опору аквафільтра

Звуження трубопроводу на виході з фільтру:

$$\Delta H_7 = \zeta \frac{V^2 \gamma}{2}$$

$$\zeta = 2,45; V = 0,8 \text{ м/с}; \Delta H_7 = 0,95 \text{ Па.}$$

Решітка:

$$\Delta H_8 = \zeta \frac{V^2 \gamma}{2}$$

$$\zeta = 2,5; V = 2,57 \text{ м/с}; \Delta H_8 = 10 \text{ Па.}$$

Звуження (9):

$$\Delta H_9 = \left(1 - \frac{f}{F}\right) \frac{V^2 \gamma}{2}$$

$$f = 0,0015 \text{ м}^2; F = 0,014 \text{ м}^2; \gamma = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. V = 24 \text{ м/с}; \Delta H_9 = 155,5 \text{ Па.}$$

Решітка 10:

$$\Delta H_{10} = \zeta \frac{V^2 \gamma}{2}$$

$$\zeta = 2,5; V = 34,3 \text{ м/с}; \Delta H_{10} = 1765 \text{ Па.}$$

Звуження (11):

$$\Delta H_{11} = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{f}{F}\right) \frac{V^2 \gamma}{2}$$

$$f = 0,001181 \text{ м}^2; F = 0,014 \text{ м}^2; \gamma = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$V = 19,88 \text{ м/с}; \Delta H_{11} = 103 \text{ Па.}$$

Розширення тракту 12 (рис. 3.1):

$$\Delta H_{12} = \left(1 - \frac{f}{F}\right)^2 \frac{V^2 \gamma}{2}$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f = 0,0276 \text{ м}^2; F = 0,03 \text{ м}^2; \gamma = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot V = 13,04 \text{ м/с}; \Delta H_{12} = 84 \text{ Па.}$$

Фільтр додатковий 13:

$$\Delta H_{13} = \frac{\Delta H_E \cdot V}{V_E}$$

$$\Delta H_E = 98 \text{ Па}; V_E = 0,97 \text{ м/с}; f = 0,00865 \text{ м}^2.$$

$$V = 4,16 \text{ м/с}; \Delta H_{13} = 420 \text{ Па.}$$

Звуження (14):

$$\Delta H_{14} = \zeta \frac{V^2 \gamma}{2}$$

$$\zeta = 2,5; V = 9,23 \text{ м/с}; \Delta H_{14} = 100 \text{ Па.}$$

$$\text{Сумарні витрати в шляху: } \Delta H = \sum_{i=1}^{14} \Delta H_i = 9058 \text{ Па.}$$

Визначення потужності всмоктування пирососа.

Потужність всмоктування визначається з рівняння:

$$P_B = H_{CT} \cdot Q, \quad (3.3)$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де H_{CT} - розрідження в пирососі.

$$P_B = 9058 \cdot 0,036 = 326 \text{ Вт.}$$

Потужність всмоктування, котру споживає пиросос, витрачається на надання енергії повітряному середовищу. Тобто, на створення швидкісного потоку повітря, що й відриває частинки пилу від поверхні, з якої його прибирають. Цей показник визначає скоріше потенціал пирососу, ніж його реальну ефективність.

3.2 Визначення необхідної максимальної витрати повітря

Визначення витрати повітря відбувається виходячи з потреби забезпечення ефективного пиловловлювання на поверхні підлоги:

Об'єм повітря, що всмоктується пирососом, залежить від конструктивних особливостей насадки [3].

$$Q = Q[B, L_{щ}, b_{щ}, L_{полки}, h_{фрон}, h_T, Q, R_{ф}, (V_{hcr} / (V_L)_{cp.}, V_Z / (V_{hcr.}; \omega, h)], (3.5)$$

де B – параметр що характеризує фізико–хімічні властивості пилу, а також стан і ступінь забруднення поверхні;

$L_{щ}$ – довжина щілини пирососної насадки;

$b_{щ}$ – ширина щілини;

$L_{полки}$ – ширина полиці;

$h_{фронт}$ – висота розташування фронтальної крайки щілини над забрудненою поверхнею;

h_T – те ж з тильної сторони насадки;

Q – кут нахилу корпусу насадки щодо горизонтальної площини;

$R_{фр}$ – радіус обрису фронтальних утворюючих корпусу насадки;

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$(V_{hcp})/(V_L)_{cp}$ – параметр, що визначається з відношення середньої швидкості повітря по висоті каналу до його середньої швидкості уздовж розглянутої сторони насадки і який характеризує поле швидкості уздовж насадки;

$V_z/(V_h)_{cp}$ – параметр, що характеризує поле швидкості повітря по висоті зазору між крайкою полиці насадки й оброблюваною поверхнею;

ω - швидкість руху насадки по запиленій поверхні;

n – число провідок насадки по запиленій поверхні.

Введемо визначення питомої витрати повітря, що стосується одного метра довжини щілини:

$$q = \frac{Q}{L_{щ}} \quad (3.6)$$

Приймаємо:

$$\frac{V_{hcp}}{V_{Lcp}} = 1. \quad (3.7)$$

Визначено, що $V = 0,5 - 0,8$ м/с при трьох та більше проходах не впливає на ефективність пиловловлювання, аналогічно не впливає на здатність прибирати пил радіус $R_{фр}$.

Формула (3.7) приймає наступний вид:

$$q = q[b_{щ}, L_n, h_{фр}, h_T, \theta, V_z / (V_h)_{cp}, h_{np}]. \quad (3.8)$$

Відомо, що в реальних умовах експлуатації пилососа, зокрема при

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прибиранні горизонтальних пласких твердих поверхонь, забруднення полідисперсним пилом з розмірами частинок, зазвичай до 2 мм, питома витрата повітря визначається рівнянням:

$$q = 1 + X_H \cdot h_{cp} \quad (3.9)$$

де X_H – параметр, який визначає ефективність збору пилу насадкою, залежно від її геометричних розмірів, кількості проходів на поверхні, а також умов, за яких відбувається очищення від пилу.

h_{cp} – середня висота розміщення полиці над запиленою поверхнею, в міліметрах.

$$X_H = X_H(Q, b_{щ}, L_n, h_{фр}, h_T, n_{пр}), \quad (3.10)$$

$$X_{щ} = 0.71 + 0.29 \cdot B_{щ}, \quad (3.11)$$

де $B_{щ} = b_{щ}/10$ мм [3].

$$X_{ln} = l^{(187Ln-72)Ln} \quad (3.12)$$

Вплив $h_{фр}$ на h , встановлено шляхом порівняння з $\Delta h=0$, тобто полки розміщено на одній площині. У цьому разі $\Delta h=0$ приймає значення 1. Вплив повторюваних проводів зменшує потрібну витрату повітря у такому співвідношенні: 1:1.62:2.25.

Отож, якщо брати за основу один прохід насадкою по запиленій площині $\bar{X}'_{пр} = 1$, то маємо показник $\bar{X}''_{пр} = 0.617$. Якщо ж зробити двічі, а

при трьох проходах - $\bar{X}_{np}''' = 0.445$.

Коефіцієнт ефективності очищення піску з гладкої поверхні під час одного проходу насадкою (еталонні параметри: $\theta=90$, $b_{щ}=10$ мм, $l_n=0$, $\Delta h=0$) становить 1,42.

Отже, вплив параметру Б на здатність насадок збирати пил можна зобразити таким чином:

$$\bar{X}_B = 1,42 \cdot X_B. \quad (3.13)$$

Підсумовуючи вищевказані відомості, а також враховуючи вплив густини пилу, що відводиться, ми виводимо наступну формулу для параметра X_H :

$$X_H = 1.42 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_H}{100}} \cdot \bar{X}_\theta \cdot \bar{X}_{вщ} \cdot \bar{X}_{ln} \cdot \bar{X}_{\Delta h} \cdot \bar{X}_{np} \cdot \bar{X}_B. \quad (3.14)$$

Множники з третього по шостий, як індикатори, вказують на роль конструктивних особливостей насадок у їхній здатності захоплювати сміття, окреслюючи шлях до X_{min} , тобто найменшої потреби в об'ємі повітря для ефективного прибирання пилу.

До комплекту пилососа для прибирання підлоги включають спроектовані насадки з такими розмірами, в мм [6]:

$$\begin{aligned} L_{щ} &= 230 \text{ мм}; & b_{щ} &= 10; & L_n &= 10 \text{ мм}; \\ h_{фр.} &= 2 \text{ мм}; & \theta &= 90^\circ. \end{aligned}$$

де $\gamma_H = 1000 \text{ кг/м}^3$ – щільність пилу;

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1 - \frac{90 - \theta}{90} = 1 - \frac{90 - 90}{90} = 1; \quad (3.15)$$

$$\bar{X}_{\text{вц}} = 0,71 + 0,29 \cdot (10/10) = 1,0;$$

$$\bar{X}_{\text{лн}} = e^{(1870/01-72) \cdot 0/01} = l^{-0/07013} = \frac{1}{2} = 0,5;$$

$$\bar{X} \Delta h = 1.$$

де $\bar{X}_B = 1,75$, - визначається в залежності від щільності пилю; $X_{np} = 1.0$
- один прохід [3].

$$\bar{X}_H = 1,42 \cdot \sqrt{\frac{1000}{100}} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 1,0 = 1,278, \text{ м}^3 / \text{год}$$

Витрата повітря q , що припадає на 1 см довжини насадки, розраховується за формулою (3.6):

~~812.78~~

~~812.78~~

З огляду на неточність розрахунків, застосуємо поправний коефіцієнт 1,25.

Відтак, потрібна витрата повітря становитиме:

$$Q_H = Q \cdot 125 = 81,78 \cdot 1,25 = 102,225 \text{ м}^3/\text{Г} = 283,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Приймаємо $Q_H = 300 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок барботажного елемента для інтенсивного перемішування рідини

Пневматичне перемішування, застосоване барботуванням, реалізується таким чином. Через спеціальні трубки з отворами, які монтуються на дні ємності (ці трубки називають барботерами), крізь всю рідину, яка підлягає обробці, подається повітря. Цей потік повітря змушує середовище рухатися та перемішуватись.

Тиск повітря чи газу, що застосовується для барботажу, мусить бути таким, щоб створити необхідний напір у трубах, а також здолати локальні перешкоди та гідростатичний опір рідини, яку перемішують. Відтак, під час розрахунку пневматичних пристроїв, що призначені для перемішування, визначають потрібний тиск та витрату повітря або газу.

Атмосферний тиск повітря чи газу розраховується за такою формулою:

$$p = \frac{p_1 V^2}{2g} (1 + \sum \xi + p_2 H) \quad (3.16)$$

де H – висота стовпа перемішує рідини, м;

ρ – щільність відповідно повітря (газу) що перемішують рідини в кг/м^3 ;

w – швидкість повітря в трубопроводі (зазвичай приймають $w = 20\text{-}40$ м / с);

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів гідравлічних і місцевих опорів;

p_0 – тиск над рідиною в апараті, Па.

При обчисленні барботерів, хвилинна витрата повітря на 1 м² вільної поверхні, де відбувається змішування рідин в апараті, може бути прийнята: для слабкого перемішування – 0,4 м³, для середнього – 0,8 м³, а для інтенсивного – 1,0 м³.

Пневматичне перемішування не потребує використання громіздкого

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

устаткування, якщо є доступ до стисненого повітря; достатньо мати барботер, з'єднаний з повітропроводом. Пневматичне перемішування найкраще підходить для випадків, коли потрібно доволі повільне або делікатне перемішування рідин, що мають в'язкість не вище 0,2 кг/(м·с).

3.4 Вибір ефективного повітревсмоктуючого вузла

Впровадження нового фільтра сприятиме зниженню енергоспоживання повітрозабірного вузла, оскільки зменшуються втрати через аеродинамічний опір.

Згідно з проведеними підрахунками, швидкість руху повітря в пирососі зі шлангом має дорівнювати 0.03 м³/с. Відомо, що об'єм повітря, яке всмоктує пиросос зі шлангом (без будь-яких насадок та подовжувачів), становить 60% від граничного об'єму повітря, що його здатний всмоктати повітрозабірний пристрій (ПВП).

Отже, у такий спосіб максимальний об'єм повітря, що використовується ПВА, має бути не менше:

$$Q_{agr} = \frac{Q_{max}}{0,6} = \frac{0.03}{0,6} = 0,05, \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Щоб забезпечити потрібну витрату повітря, пиросос потребує агрегату потужністю 1000 Вт. Цим агрегатом є АВО-1000. Технічні дані агрегату АВО-1000 містяться в табл. 3.1.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика агрегату

Найменування показника	Значення показника
1. Споживана потужність, Вт	1000±150
2. Продуктивність максимальна, м ³ /с	0.065 _{-0.006}
3. Статичний тиск максимальний, кПа	20.0 _{-2.0}

3.5 Обчислення середньорічного ресурсу експлуатації пристрою

Для обчислення середньорічної продуктивності пилососа слід встановити розміри поверхонь різних типів, які потрібно прибирати в оселі пилососом, а також кількість прибирань цих поверхонь протягом року.

З огляду на економію електроенергії та раціональне використання пилососів, апарати потужністю 1000 Вт оптимально підходять для прибирання осель, що перевищують 50 м². Для помешкань такого розміру, що потребують прибирання, найкраща періодичність обробки поверхонь пилососом за тиждень, а також необхідна кількість проходів насадки для забезпечення чистоти, наведені в джерелі [8, табл. 7.21].

Загальна площа $S_{заг}$ поверхонь, які підлягають прибиранню за тиждень (враховуючи число проходів поверхнею та кількість прибирань на тиждень кожного виду поверхні):

$$S_{общ} = \sum S_i \cdot m \cdot n, \quad (3.17)$$

де i – порядковий номер виду поверхні.

Площа поверхні будь-якого виду може бути обчислена як помножене

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

значення довжини L_i , пройденої насадкою по цій поверхні, на ширину b_i , що відповідає сліду, який залишає насадка.

$$S_i = L_i \cdot b_i. \quad (3.18)$$

Довжина переміщення L_i насадки визначається як результат множення швидкості V її руху по очищуваній поверхні ($V = 0.5$ м/с для будь-яких типів поверхонь) на час T_i , витрачений на прибирання цієї поверхні:

$$L_i = V \cdot T_i. \quad (3.19)$$

Підставимо значення для L_i у формулу S_i та відшукаємо T_i :

$$T_i = \frac{S_i}{V \cdot b_i}. \quad (3.20)$$

Отже, тижнева продуктивність пилососа T_n може бути представлена наступною формулою:

$$T_n = \frac{\sum S_i}{V \cdot b_i}. \quad (3.21)$$

Оскільки ширина слідів від насадок для прибирання різноманітних поверхонь незначно відрізняється, за винятком сліду від насадки для килимів та підлоги, виразимо їх через показник ширини останньої.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_i = \frac{b_k}{K_1}, \quad (3.22)$$

де b_k - ширина смуги, яку залишає насадка для чищення килимів і підлоги, м.

K_1 - коефіцієнт, який враховує співвідношення ширини сліду насадки для миття підлоги й килимів до ширини сліду насадки для прибирання з інших типів поверхонь.

Визначимо загальну площу усіх типів поверхонь, за винятком площ килимів і підлоги, через останні, ввівши коефіцієнт K_2 , який відображає співвідношення цих площ:

$$S_{\text{общ}} = S_k + K_2 \cdot S_k. \quad (3.23)$$

Позначимо $S_k = S_k$, як S_k

$$S_{\text{общ}} = S_k + K_2 \cdot S_k. \quad (3.24)$$

Замінивши в виразі для b_i на відповідне значення в формулі для $S_{\text{общ}}$:

$$T_H = \frac{S_k}{V \cdot b_k} + \frac{S_k \cdot K_1 \cdot K_2}{V \cdot b_k} = (1 + K_1 \cdot K_2) \cdot \frac{S_k}{V \cdot b_k}. \quad (3.25)$$

Відповідно до СТ СЕВ 4670-84, величина L щілини насадки для чищення килимів та підлоги визначається як:

$$L_{щ} = (b_k + 0.02), \text{ м.} \quad (3.26)$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Для полегшення обчислень виразимо b_k через $L_{щ}$

$$b_k = K_3 \cdot L_{щ}, \quad (3.27)$$

де K_3 – коефіцієнт, який бере до уваги ширину ділянки для прибирання, залежно від величини щілинного отвору насадки.

Довжину щілини сопла, своєю чергою, можна виразити за допомогою такої формули:

$$L_{щ} = \frac{Q}{\sigma \cdot \omega}, \quad (3.28)$$

де Q – витрата повітря при роботі пилососа, м³/з;

σ - поперечний розмір щілини, м;

ω - швидкість у вхідному перетині насадки, м/с.

Підставивши $L_{щ}$ у b_k , а відтак отриманий вираз у формулу T_H , знаходимо:

$$T_H = (1 + K_1 \cdot K_2) \cdot \frac{S_k \cdot \sigma \cdot \omega}{V \cdot Q \cdot K_3}. \quad (3.29)$$

Отже, середнє напрацювання пилососа T_r буде визначатися як:

$$T_r = \frac{S_k \cdot \sigma \cdot \omega}{V \cdot Q \cdot K_3} \cdot (1 + K_1 \cdot K_2), \quad (3.30)$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де N – кількість тижнів у році; $N = 52$.

З технічного завдання на розробку пирососа $Q = 0.035 \text{ м}^3/\text{год}$

$$S_k = 340 \text{ м}^2 \text{ і } K_2 = 0.25.$$

Виходячи з того, що мінімальна швидкість v повітряного потоку у вхідному перетині насадки повинна бути не менш 5 м/с, а тому що мінімальна витрата повітря дорівнює $0.4Q_{max}$ (ДСТ10280-83 Пирососи електричні побутові. Загальні технічні вимоги.), те при $Q_{max} = 0.035 \text{ м}^3/\text{з}$.

$$\omega_{max} = \frac{\omega_{min}}{0,4} = 12,5, \text{ м / с .} \quad (3.31)$$

З конструктивних міркувань ми припускаємо:

$$K_1 = 2.5 \quad K_3 = 0.9 \quad \sigma = 0.01 \text{ м.}$$

Підставивши у формулу T_r відомі значення параметрів та коефіцієнтів, отримуємо:

$$T_r = 52 \cdot (1 + 2.5 \cdot 0.25) \cdot \frac{340 \cdot 0.01 \cdot 12.5}{0,5 \cdot 0,035 \cdot 0,9} = 456031 = 63,3 \text{ год.}$$

Приймаємо: $T_2 = 70$ год.

3.6 Розробка побутового пирососа з водяним фільтром

Виготовлення пирососа з аквафільтром починається з вибору важливих компонентів: вентилятора та помпи. Вентилятор обирається з врахуванням

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивності, яка повинна становити від 80 до 120 кубічних метрів за годину, та низького рівня шуму. Щодо помпи, її вибір базується на здатності піднімати воду на висоту 0,6-0,7 метри (див рис. 2.2 та БРМА 25.00.00.000 СК). Викрійки переносяться на обрані матеріали згідно з технічною специфікацією, а самі деталі виготовляються відповідно до креслень. У глухих отворах пиловловлювача, в потоці води, яка надходить з розпилювача, утворюються вихори. Ці завихрення збільшують площу контакту очищеного повітря з водною поверхнею. Царги вирізаємо з нержавіючих сталевих прутків. Якщо використовуються звичайні сталі, їх необхідно пофарбувати після завершення робіт. Розпилювач, позиція 18, робимо, доопрацьовуючи стандартний повітряний розпилювач для акваріума. Кронштейни поз.14 та 15 виготовляємо з ебоніту. У випадку необхідності, його можна замінити на алюмінієвий сплав. Поз.16, 17 та 20 вирізаються з листів нержавіючої сталі або алюмінієвого сплаву. Ємність виготовляється на основі пластикового циліндра. Відбивачі поз.12 та 13 робимо з пластикових відрізків садового шланга, розрізаючи їх вздовж на дві половинки.

Усі кріпильні деталі при монтажі застосовувати виключно з цинковим шаром. Розпочинати з монтажу на пиловловлювач збірного бункера, розпилювача та кожуха. Під час фіксації розпилювача до кожуха лапками, отвори розпилювача розміщувати під кутом 45° до поверхні пиловловлювача. Далі, використовуючи царги, з'єднати між собою обидві бічні частини, прикріпивши з внутрішнього боку боковин кронштейни поз. 14, 15 (не затягуючи гвинти поз. 31 повністю). До передньої панелі прикріплюємо накладку з вентилятором, що вже закріплено. До кришки фіксуємо відбивачі поз.12, 13, використовуючи гвинти поз.29 та стійки поз.20. Потім всередину бічних стінок поміщаємо пиловловлювач (з приєднаними до нього деталями) та прикріплюємо його до кронштейнів. За потреби кожух можна підігнути до площини пиловловлювача, витримуючи мінімально допустиму відстань у 5

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

мм. Далі, до нижньої частини лівої боковини фіксуємо тримач помпи, а на нього, використовуючи стандартні присоски, монтуємо саму помпу з фільтром. У разі, якщо присоски викликають сумніви щодо надійності, рекомендується додатково закріпити помпу гумовим кільцем (наприклад, вирізаним з мотоциклетної камери), яке охоплює і тримач, і саму помпу. Після цього з'єднуємо вихід насоса з розпилювачем за допомогою трубки поз.19, провівши її всередині корпусу пирососа з аквафільтром, як зазначено на складальному рисунку. Далі вставляємо направляючу поз.11 всередину корпусу, а зовні прикріплюємо до кронштейнів передню та задню стінки. Перед тим, як закріпити задню стінку, через проріз у лівій боковині протягуємо кабель живлення для помпи. Згори фіксуємо кришку з уже встановленими на ній компонентами. Виконуємо затягування кріплень з боку боковин. Якщо помітні великі щілини між елементами корпусу, їх потрібно заповнити прозорим силіконовим герметиком, призначеним для скляних виробів. Після цього у верхній лівій частині корпусу встановлюють компоненти електричної схеми пирососа, виконуємо електромонтаж, закриваємо деталі коробкою поз.23, виготовленою з пластику. Вхідний отвір вентилятора рекомендується закрити ґратами (від блоків живлення комп'ютерів). Щоб зменшити шум, на дно контейнера доцільно приклеїти вирізаний за формою дна шматок пінополіетилену (туристичний килимок).

Експлуатація пирососа з аквафільтром передбачає такі дії. Перш ніж почати прибирання, наповніть резервуар водою, орієнтуючись на вказівники. Потім помістіть блок фільтрації всередину і підключіть прилад до мережі. Воду слід замінювати, коли вона стає брудною, але не менше одного разу на три дні, якщо пиросос з аквафільтром використовується регулярно. Переносити корпус пирососа з аквафільтром слід, тримаючи за верхню царгу. Ємність зручно переносити, використовуючи бокові вирізи. Під час роботи необхідно контролювати об'єм води у резервуарі – його недостатня кількість може спричинити вихід з ладу помпи. Не менше одного разу на місяць

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

потрібно ретельно промивати ємність, фільтр та внутрішні частини пирососа з аквафільтром, обов'язково відключивши прилад від електромережі.

3.7 Розробка схеми електричної пирососа

Принцип дії схеми пирососа: напруга для двигуна М подається через гасильний конденсатор С1 (3,3 нФ х 500В) (рис. 3.3), живлення надходить до випрамної схеми, що складена з діодів D1 та D2. Конденсатор С2 (1000 мкФ х 100 В) вирівнює коливання випрамляча, після чого напруга подається на колектор транзистора Q1. Регулювання потужності відбувається за допомогою резистивного дільника R2-R3, який контролює режим роботи транзистора у сталих умовах.

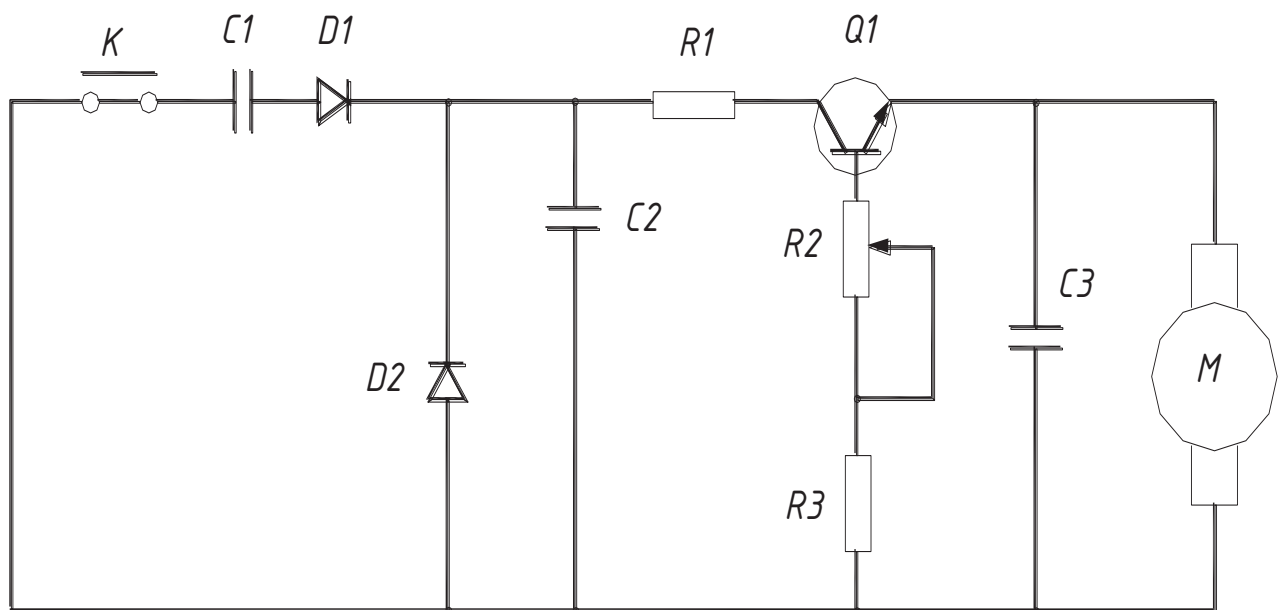


Рисунок 3.3 – Схема електрична принципова

Конденсатор можна перевірити звичайним омметром, і його опір має бути теоретично безкінечним. Перевірку транзистора можна здійснити як перевірку звичайного діода, тобто також за допомогою омметра. Підключаємо омметр до висновків "база-колектор" і вимірюємо опір. Потім змінюємо полярність щупів омметра та повторюємо вимір. В одному

напрямку омметр повинен показати певне значення опору, а в іншому - дуже великий, практично безкінечний опір.

Виходячи з виконаних конструктивних та енергетичних обчислень, а також вибору необхідного оснащення для функціонування побутового пилососа з аквафільтром, сформуємо технічну характеристику пилососа та внесемо її до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Технічна характеристика побутового пилососа

Найменування параметра		Значення параметра
1.	Номінальна напруга, В	220±2%
2.	Розрідження, кПа, не менш	15,5
3.	Витрата повітря (зі шлангом), м ³ /с, не менше	350·10 ⁻³
4.	Номінально споживана потужність, Вт	1000±15
5.	Пилоочисна здатність, %, не менш	95,0
	- на підлозі	89,0
6.	Час очищення, с, не більш	50,0
	- на підлоги	55,0
	- на килимі	
7.	Ниткозбірна здатність на килимі, %, не менш	95,0
8.	Корисна ємність пилосбірника, %, не менш	4,0
9.	Питома маса (відношення маси до витрати повітря і встановленого терміну служби пилососа), кг/с (м ³ років), не більш	35,71
10.	Питома споживавана потужність (відношення споживаємої потужності до витрати повітря), Вт с/м ³ , не більш	2,67·10 ⁻³
11.	Маса, кг, не більш (без комплекту оснастки)	7,5
12.	Габаритні розміри пилососа, мм, не більш	450
	- довжина	360
	- ширина	360
	- висота	360

Висновки до третього розділу

Виконано інженерно-технологічні обчислення для побутового пилососа, які доводять його функціональність, а саме: розрахунок аеродинамічного шляху пилососа, визначення потрібної максимальної продуктивності повітря, розрахунок барботувального обладнання для перемішування рідин для очищення. Вибрано новий тип всмоктувального вузла та обчислено середній річний час роботи пилососа. Створено електричну схему пилососа. Описано процес розробки пилососа з водяним фільтром, його монтажу та використання.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті роботи над бакалаврською роботою проведено огляд та аналіз технологій очищень повітря і поверхонь від механічних забруднень. Проаналізовано наявне обладнання, призначене для очищень повітря від механічних частинок. Наведено класифікацію пилососів, які можна придбати на ринку електропобутової техніки України.

Для ефективного очищення поверхонь від пилу та очищення повітряних мас у побутовому приладі доцільно застосовувати пилососи, в яких як фільтруючі елементи використовуються комбіновані фільтри: зокрема, повстяні та водяні фільтри (аквафільтри). Розроблено метод очищення повітря з використанням звичайного пилососа, що проілюстровано візуальним прикладом. Створено конструкцію побутового пилососа з аквафільтром, готового до виробництва.

Виконано інженерно-технологічні обчислення для побутового пилососа, які доводять його функціональність, а саме: розрахунок аеродинамічного шляху пилососа, визначення потрібної максимальної продуктивності повітря, розрахунок барботувального обладнання для перемішування рідин для очищення. Вибрано новий тип всмоктувального вузла та обчислено середній річний час роботи пилососа. Створено електричну схему пилососа. Описано процес розробки пилососа з водяним фільтром, його монтажу та використання.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Лісніченко Д.К., Іванішин І.С. Пилососи // "Електропобутова техніка." – 2018. – № 25. – С. 18–25.
2. Горбатюк М.О., Шульга А.В. Вдосконалення систем фільтрації в побутових пилососах // "Журнал побутової електроніки." – 2017. – № 12. – С. 30–35.
3. Козяр В.І., Чумак О.В. Аквафільтрація як ефективний метод очищення повітря // "Наукові праці інженерного факультету." – 2019. – № 4. – С. 22–28.
4. Сидоренко Т.М., Федорчук І.О. Дослідження ефективності аквафільтрів у пилососах // "Технічна електроніка." – 2020. – № 6. – С. 45–50.
5. Демчук Л.С., Остапчук Н.М. Особливості проектування побутових пилососів нового покоління // "Побутова техніка сьогодення." – 2021. – № 3. – С. 33–39.
6. Чередниченко О.В., Гнатенко П.І. Інновації в системах повітряного очищення // "Техніка в побуті." – 2018. – № 8. – С. 40–47.
7. Діденко С.В., Бондаренко І.Г. Вимоги до фільтрувальних систем побутової техніки // "Сучасні прилади та системи." – 2017. – № 5. – С. 28–35.
8. Литвин В.П., Снігур І.С. Гідродинамічні особливості аквафільтрів // "Інженерні науки." – 2020. – № 7. – С. 16–22.
9. Ткачук А.Р., Самойленко Є.М. Мікроклімат і пил: аспекти очищення повітря в приміщеннях // "Екологія та енергетика." – 2019. – № 2. – С. 51–58.
10. Іващенко Ю.С., Кулик Л.М. Енергоспоживання побутових пилососів // "Електротехніка і автоматизація." – 2016. – № 10. – С. 19–25.
11. Романенко К.В., Гончар Т.І. Системи зволоження і фільтрації повітря // "Приладобудування та автоматика." – 2017. – № 6. – С. 24–30.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Корольчук В.М., Чабан О.І. Проектування електродвигунів для пирососів з аквафільтром // "Електромеханічні системи." – 2021. – № 9. – С. 36–43.

13. Савчук Н.О., Тимошенко Л.П. Стандарти чистоти повітря у побутових пристроях // "Наука і техніка у побуті." – 2020. – № 11. – С. 29–35.

14. Завадський О.В., Панченко Ю.Ф. Шумозахист у побутовій техніці // "Техніка і комфорт." – 2018. – № 4. – С. 15–22.

15. Кравчук Д.В., Слюсар О.Б. Технології очищення повітря: перспективи та виклики // "Електротехнічні системи." – 2019. – № 7. – С. 44–50.

16. Лисенко І.Г., Щербак О.П. Аеродинамічні характеристики пилозбірників // "Журнал енергетичних технологій." – 2021. – № 3. – С. 27–33.

17. Трубай О.В., Єрмаков В.С. Моделювання роботи побутового пирососа з аквафільтром // "Механічні системи та автоматика." – 2020. – № 6. – С. 18–24.

18. Мельник С.П., Шаповал І.А. Підвищення ефективності побутових засобів очищення повітря // "Інноваційні технології в техніці." – 2019. – № 5. – С. 36–42.

19. Гречанюк Л.В., Савенко П.О. Аналіз конструкцій побутових пирососів із системою аквафільтрації // "Побутова електроніка і автоматика." – 2022. – № 2. – С. 40–46.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		