

*Демішонков Я.В., аспірант, Друховець М.В., бакалавр, Трихлєб А.С., бакалавр  
Київський національний університет технологій та дизайну*

### **АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ЕЛЕКТРОПИЛОСОСА**

*Анотація.* В роботі розглянуто процеси ефективного перетворення електричної енергії в рух повітряного потоку за умови автоматичного контролю за станом об'єкту обробки. Методологічною і теоретичною основою дослідження служать основні положення теорії електроприводу та методи розрахунку систем автоматичного контролю технологічних процесів. Теоретично обґрунтовано можливість ефективного використання системи автоматичного керування приводом побутових пилососів з можливістю визначення концентрації пилу в повітряному потоці і визначено її необхідні параметри.

*Ключові слова:* електропривод; автоматичний контроль; концентрація пилу; повітряний потік; параметри.

*Demishonkov Ya.V., Drukhovets M.V., Trichleb A.S.*

*Kyiv National University of Technologies and Design*

### **AUTOMATIC CONTROL OF THE ELECTRIC VACUUM CLEANER DRIVE**

*Abstract.* The paper considers the processes of efficient conversion of electrical energy into the movement of air flow under the condition of automatic control over the parameters of the object of processing. The methodological and theoretical basis of the study are the main provisions of the theory of electric drive and methods of calculating systems of automatic control of technological processes. The possibility of effective use of the system of automatic control of the drive of household vacuum cleaners with the possibility of determining the concentration of dust in the air flow is theoretically substantiated and its necessary parameters are determined.

*Keywords:* electric drive, automatic control, dust concentration, air flow, parameters.

**Вступ.** Офісна техніка, устаткування, меблі, одяг при використанні забруднюється пилом. Пил проникає щілині половини, ворс килимів, складки одягу, осідає на поверхнях меблів і устаткування, притягується до екранами моніторів або телевізорів. На підприємствах живлення, на кухні пил змішується з гаром летючими компонентами масел і жирів і набуває клейових властивостей. До складу пилу входять частинки ґрунту, частинки бавовни, шерсті, папери, гар, промислові забруднення у вигляді дрібних частинок, пилок рослин і т.д. Крім того, пил містить декілька видів грязьових кліщів, комах паразитів тварин, інші прості організми, що харчуються залишками органічного походження [1, 2].

Знепилювання поверхні є важливою проблемою, яку вирішують наступні технології очищення:

- технологія механічного прибирання пилу;
- вологе прибирання пилу;
- пневматичне очищення або прибирання;
- технології комбінованого прибирання, що поєднують в собі все або окремі вищезазначені технології.

**Постановка завдання.** Актуальність дослідження обумовлена високими темпами розвитку сучасних побутових пилососів, зокрема їх електроприводу. Основні напрями їх вдосконалення пов'язані зі зменшенням витрат електроенергії, підвищення надійності і довговічності роботи, а також зменшенням собівартості. Використання в приводі побутових пилососів сучасних систем керування двигуном відповідає всім вищезазначеним вимогам.

Об'єкт дослідження: процеси ефективного перетворення електричної енергії в рух повітряного потоку за умови автоматичного контролю за станом об'єкту обробки.

Предметом дослідження є приводи побутових пилососів.

Наукова новизна полягає в тому, що теоретично обґрунтовано можливість ефективного використання системи автоматичного керування приводом побутових пилососів з можливістю визначення концентрації пилу в повітряному потоці і визначено її необхідні параметри.

Практична значимість полягає в тому, що результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення конструкцій побутових пилососів.

Механічне прибирання виконують щітками, механічними і електромеханічними пристроями, вибиванням і т.д. При чищенні поверхні особливо з волокнистою структурою, волокна обробляються щіткою і крупинки частинки пилу віддаляються під дією ворсу щітки.

Вологе прибирання. При ній частинки пилу руйнуються і легше вимиваються з поверхні, крім того, волога вбиває більшість паразитів – комах або грязьових кліщів.

Пневматичне прибирання. Принцип дії даної технології полягає в тому, що пилососом або центральним компресором системи пиловидалення створюється потік повітря, яке, проходячи уздовж поверхонь (підлоги, устаткування і т.д.), волокон килимів, пір (або тканинних) матеріалів захоплює з собою частинки пилу.

Комбіноване прибирання. Найчастіше, дана технологія поєднує вологе і пневматичне прибирання, тобто на поверхню розбризкується миюча речовина, яка потім разом з гряззю віддаляється повітряним потоком. Як, правило, реалізується «миючими пилососами» [3].

Алергенні властивості пилу відомі вже декілька сторіч. Одна з перших згадок про це відноситься до XVII століття: фламандський лікар Джон Баптіста описав ченця, який починав задихатися, коли підмітав. Але тільки двадцяте століття з значним зростанням числа алергій (за даними імунологів, кожні 10 років число людей, страждаючих алергічними захворюваннями, в світі подвоюється) примусило учених розглянути пил в буквальному розумінні слова під мікроскопом, щоб з'ясувати, яка ж з її складових найбільш небезпечна для нашого організму. У 1964 році група голландських учених виділила з домашнього пилу кліщів, що відносяться до виду *Dermatophagoides pteronyssinus*. Алерген, отриманий з них, викликав характерну шкірну реакцію у хворих з алергією на домашній пил. До теперішнього часу в домашньому пилі знайдено близько 150 видів кліщів, але *Dermatophagoides pteronyssinus* – їх найбільш алергенні представники. І наші житла, офіси, готельні номери забезпечують їм найкомфортнішу обстановку: вологість в межах 70...80%, температуру 20...25°C і кисень.

Так учені в результаті серії експериментів визначили, що 1 грам домашнього пилу містить: від 2000 до 15000 кліщів [4].

Дрібні фрагменти кліщів (від 10 до 40 мікрон) і продукти їх життєдіяльності володіють винятковою здатністю викликати алергію. Піднявшись в повітря, ці алергени довго не осідають, а при вдиханні потрапляють до нас в організм. Щодня ми вдихаємо 12 тисяч літрів повітря, а з ними 6 мільярдів порошинок – близько двох столових ложок пилу. Адже окрім пилових кліщів в пилі ховається ще ціла група алергенів. У її склад входять лупа тварин і людини, волокна бавовни і льону, цвілеві гриби, вата, пух, комахи, їх залишки і виділення, частинки клеїв з книжкових палітурок, картонних коробок і меблів. Пил безперервно утворюється при старінні і руйнуванні предметів з тканини (матраци, подушки, м'які меблі, килими, завіски, м'які дитячі іграшки і багато що інше). Додайте сюди бактерійні і вірусні забруднення, тютюновий дим і кухонний чад – і отримаєте достатньо повну картину. За оцінками екологів, навіть домашнє повітря в 4–6 разів брудніше і в 8–10 разів більш токсичне від зовнішнього [5].

Фахівці з екології житла визнали найефективнішим способом боротьби з пилом вакуумне прибирання. Просто кажучи, прибирання за допомогою пилососа. Але це саме та палиця, що опинилася про два кінці. Чим би ми не прибирали: пилососом, що дістався в спадок ще від бабусі, або суперсучасним агрегатом, який і чистить, і миє, і приємні аромати по кімнатах розсіює – результат один. Потривожений пил (піднята потоком з вихлопу пилососа і не затримана його фільтрами) піднімається в повітря приміщень. Найдрібніші частинки опускаються із швидкістю 0,2...0,5 метрів на добу, а основний пиловий фон так і зависає на висоті 50...90 см від підлоги (до речі як раз там, де грають діти) [6–8].

Метою дослідження є розробка системи автоматичного керування приводом пилососа з можливістю оцінювання ступеня запиленості поверхонь обробки.

При проведенні досліджень було поставлено наступні завдання:

- визначити середню масу побутового пилу, що всмоктується пилососом при відомому розході повітря за одиницю часу прибирання приміщення в «нормально-засміченому» стані;

- виміряти спектр геометричних розмірів часток пилу, що всмоктується пилососом;

- визначити середню густину пилу.

**Результати досліджень.** В режимі максимальної потужності пилососом виконувалось прибирання житлового приміщення з періодичністю 3–5 днів.

Вимірювався час прибирання, протягом якого щітка була «в роботі» (технологічні переходи не враховані). Точність такого вимірювання робочого часу невелика, тому експеримент був проведений 5 разів з періодичністю 5 днів.

Після кожного прибирання сміття і пил, що накопичувались в контейнері циклонного пристрою вилучались. Крупні елементи сміття (гудзики, камінчики і т.п.) вилучались.

Потім проводилось зважування сміття (за виключенням крупних елементів) на електронній вазі.

З метою визначення середньої питомої ваги частинок отриманого пилу було виготовлено простий пристрій, який представлено на рис. 1.

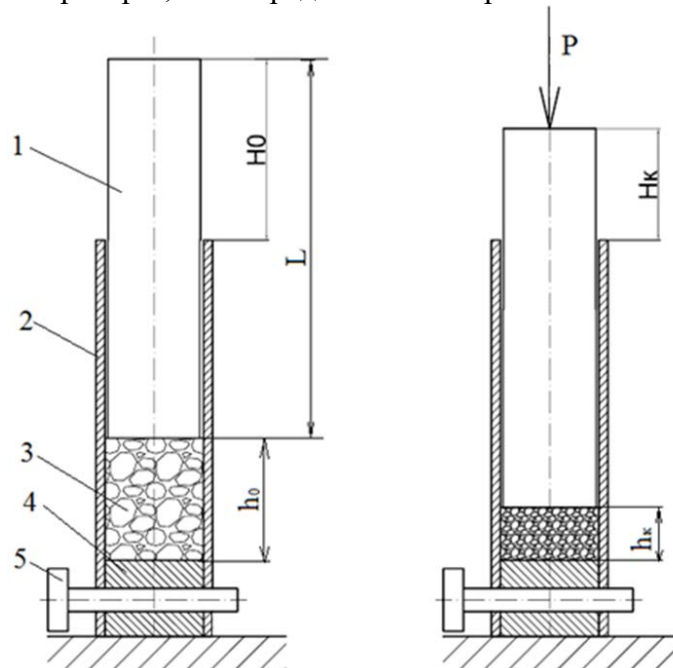


Рис. 1. Схема пристрою для вимірювання середньої питомої ваги побутового пилу: 1) сталевий стержень; 2) сталевий циліндр; 3) пил; 4) заглушка; 5) палець

Пил завантажувався в сталевий циліндр 2 приблизно до половини його висоти, потім насипану порцію зважували на електронній візі. Після зважування знову засипали в циліндр вільно опускали в середину трубки сталевий стержень і вимірювали штангенциркулем довжину його вільного кінця (рис. 1).

Потім систему трубка – пил – стержень затискали гвинтом М16 в струбціні до упору і в такому стані заміряли штангенциркулем залишкову довжину вільного кінця стержня 1.

Результати вимірювань представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

## Результати експериментальних досліджень

Параметр	№ експерименту					Середнє значення
	1	2	3	4	5	
Визначення середньої продуктивності збирання пилу						
Час роботи пирососа, с	750	570	630	690	510	
Вага пилу, г	51,05	42,51	44,73	54,51	32,74	
Продуктивність збирання пилу, г/с	0,068	0,075	0,071	0,079	0,064	0,0714
Відхилення від середнього значення, %	-4,8	+5	-0,6	+11	-10	±10
Визначення середньої питомої ваги пилу						
Вага пилу завантаженого в трубку, г	4,51	3,9	5,0	4,33	4,85	
$h_0$ , мм	72	77	65	75	70	
$h_K$ , мм	25,5	29,0	24,5	27,5	26,0	
Питома вага пилу у насипному стані, кг/м <sup>3</sup>	354	287	435	327	392	359
Відхилення від середнього значення, %	-1,4	-20	+21	-9	+9	±20
Питома вага пилу у стисненому стані, кг/м <sup>3</sup>	650	640	690	670	710	672
Відхилення від середнього значення, %	-3,2	-4,8	+2,7	-0,3	+5,7	±5

Для визначення приблизних середніх геометричних розмірів часток пилу, що прибирається з підлоги житлового приміщення було виконано сканування невеличких частин від кожної маси пилу, що отримані при дослідах. Налаштування сканеру було виконано на максимальну розподільчу здатність 12400 точок на дюйм (приблизно 500 точок на 1 мм). Для масштабування в масу пилу, при скануванні було розміщену булавку, товщиною 0,75 мм. Після сканування, отримані графічні зображення були проаналізовані за допомогою графічного середовища Автокад-16 (рис. 2). При цьому, зображення було збільшено в 100 разів і нанесено розміри на частинки, що візуально переважають за кількістю.

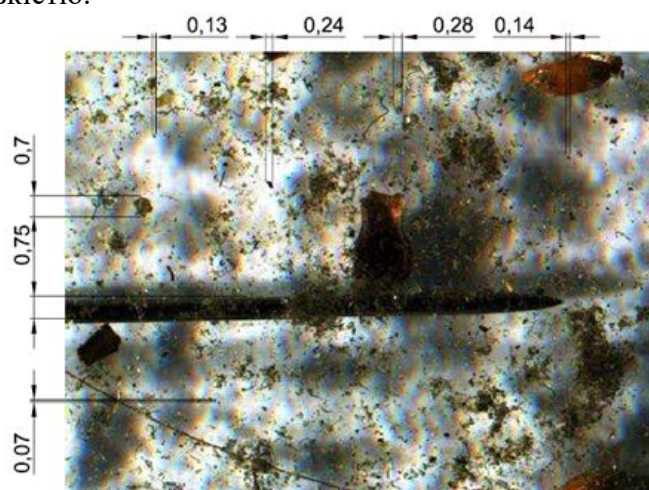


Рис. 2. Схема визначення характерних розмірів частинок побутового пилу

Структурна схема системи керування приводом пилососа, що враховує ступінь запиленості поверхонь показана на рис. 3.

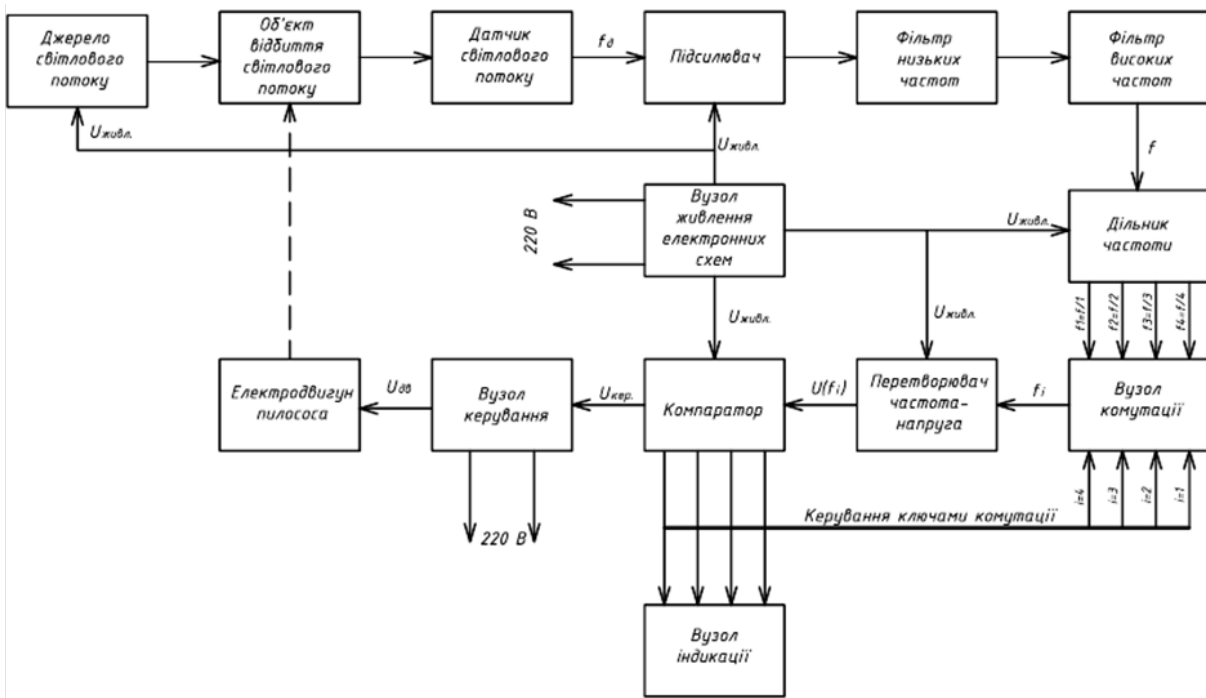


Рис. 3. Структурна схема керування приводом пилососа, що враховує ступінь запиленості поверхонь

Система складається з наступних вузлів і блоків:

- джерела інфрачервоного випромінювання;
- датчика інфрачервоного випромінювання;
- підсилювача сигналу від датчика інфрачервоного випромінювання;
- фільтрів в низько- та високочастотних сигналів (шумів);
- дільника частоти;
- вузла комутації;
- перетворювача «частота – напруга»;
- компаратора;
- електродвигуна агрегату;
- блоку керування електродвигуном;
- блоку живлення;
- вузла індикації запиленості поверхонь.

Вибір інфрачервоного діапазону обумовлений найменшою довжиною хвилі випромінювання і в результаті більшою розподільчою здатністю при малих розмірах частинок пилу. Світлодіод випромінює світловий потік під певним кутом до напрямку швидкості руху частинок пилу в трубопроводі пилососа. Частина світлового потоку, що потрапляє на частинки пилу, відбивається від них.

Навпроти світлодіоду, також під кутом до потоку пилу, розташований інфрачервоний датчик, який сприймає частину світлового потоку, що відбився від частинок пилу.

Світловий потік буде перериваним, бо частинки рухаються з великою швидкістю і розташовані на певній відстані одна від одної в повітряному потоці. Частота

переривань світлового потоку буде пропорційною швидкості руху часток і буде залежить від їх об'ємної концентрації.

Таким чином, на виході інфрачервоного датчика буде сигнал у вигляді напруги низького рівня, що змінюється з великою частотою.

Сигнал від датчика світлового потоку поступає на вхід підсилювача, який збільшує амплітуду коливань його напруги.

Оскільки спектр розмірів часток пилу в потоці дуже великий, то і частота корисного сигналу буде мати відповідний широкий діапазон. Для звуження цього діапазону до меж, що характерні для тих часток, що переважають за масовою концентрацією запропоновано встановити фільтри низьких і високих частот.

Фільтр низьких частот виключатиме сигнал від поодиноких часток великого розміру, а фільтр високих частот - сигнал від дрібного пилу, що має низьку масову концентрацію і присутній навіть в відносно-чистому повітрі.

Після фільтру частотний сигнал поступає в дільник частоти, який виконує дві функції:

- знижує частоту до рівня, що сприймається подальшою частиною системи;
- реагує на передній і задній фронт наростання/спадання напруги і формує на виході частотний сигнал у вигляді меандру.

Вузол комутації призначений для вибору каналу дільника частоти з потрібним коефіцієнтом поділу. Він може бути виконаний на транзисторах, що працюють в режимі ключів і керуються сигналами з компаратора.

Оскільки наш корисний сигнал має частотну залежність від властивостей об'єкту контролю, то його використання для перетворення і керування представляє певні труднощі. Тому запропоновано використати перетворювач частотного сигналу в сигнал постійної напруги, рівень якої пропорційний частоті. Такі перетворювачі існують, використовуються в електронних системах і бувають виконані на одній спеціалізованій мікросхемі.

Після перетворення частотного сигналу в напругу певного рівня, він подається на входи компаратора. Його функція в нашій схемі полягає в реагуванні на рівень вхідного сигналу і відповідно до його значення вмикати на виході той, чи інший канал для подальшого керування. Компаратор може мати від одного до кількох каналів. Їх кількість визначає кількість рівнів регулювання частоти обертання електродвигуна.

Для узгодження сигналів від компаратора з силовими драйверами електродвигуна служить вузол керування. В ньому повинна бути гальванічна «розв'язка» електронної і силової частини схеми.

**Висновки.** В результаті роботи нами запропоновано автоматичне керування приводом пилососа на основі оптично-електронної системи контролю забруднення поверхонь, що прибираються.

Проведені експериментальні дослідження дозволили отримати значення показників властивостей домашнього пилу, які були використані при розрахунках системи контролю.

Запропонована оптично-електронна система контролю забруднення поверхонь дозволить автоматично регулювати швидкість електродвигуна і потужність повітряного потоку в залежності від ступеня запиленості поверхонь, а також за допомогою індикації інформувати користувача про доцільність подальшого шурування щіткою по вже чистій поверхні (або навпаки - потрібно ще попрацювати на цьому місці).

### Список використаної літератури

1. Лисай О. Н. Исследование состава пыли и поведения частиц пыли в воздушной среде / О. Н. Лисай // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 1. – С. 191–194.

2. Качалин А. Пылесос за 100 лет сбавил в весе и поумнел / А. Качалин // Эхо планеты. – 2001. – № 39. – С. 32–33.
3. Пылесосы для сухой и влажной уборки (пылевлагососы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cleantex.com.ua/files/>
4. Каталог товаров. Профессиональная техника для уборки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gradomoy.ru/catalog/professional\\_uborka/](http://www.gradomoy.ru/catalog/professional_uborka/)
5. Клименко А. П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли / А. П. Клименко. – М.: Химия, 1978. – 208 с.
6. Романченко С. Б. Оптические пылемеры с инфракрасными измерительными головками / С. Б. Романченко // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск: Аэрология. – 2007. – Т. 7. – С. 265–272.
7. Патент України №22042 Пристрій для вимірювання запиленості газів / В. Б. Белявцев, І. Ф. Дем'янков, В. В. Євдокимов. Опубліковано: 30.04.1998.
8. Максименко Ю. Н. Переносной оптический пылемер ВОГ – 2 / Ю. Н. Максименко, Е. Г. Мазан, А. К. Тимин // Вісник НТУУ "КПІ". Серія: Приладобудування. – 2010. – Вип. 40. – С. 81–86.