

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


## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

### Розробка побутового миючого пилососа

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


Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу  
група ЕТм-22-1

  
Підпис

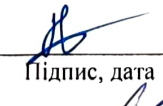
С. В. Касянчук  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

доц. В. С. Неймак  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С. І. Лукшин  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

  
Підпис, дата

проф. О. С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

Зав. кафедри МАЕЕС

24 12 2023 р.

Хмельницький 2023

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

д.т.н., проф. Поліщук О.С.

\_\_\_\_\_ .2023р.

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Касянчук Сергій Васильович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка побутового миючого пилососа

керівник роботи Неймак Віталій Станіславович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 15 08 2023 р. № 30

2. Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики побутових пилососів

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

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих конструкцій сучасних пилососів.

2. Розробка конструкції миючого пилососа. 3. Розробка та розрахунки вузлів миючого пилососа. Перелік джерел посилання.

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

1. Пилосо́си (ДО, А1). 2. Класифікація пилососів (ДО, А1). 3. Миючий пилосос (ВЗ, А1). 4 Миючий пилосос (ЕЗ, А1). 5. Насадка (СК, А1). 6. Процес чистки за допомогою миючого пилососа (ДТ1, А1). 7. Схема розборки миючого пилососа (ДТ2, А1). 8. Агрегат всмоктувальний (СК, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих конструкцій сучасних пілососів	до 30.10.23р.	
2. Розробка конструкції миючого пілососа	до 10.11.23р.	
3. Розробка та розрахунки вузлів миючого пілососа.	до 20.11.23р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 12.12.23р.	

Студент

Підпис

В.С. Касянчук  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

В.С. Неймак  
Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента  
освітньої програми 141 «Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Касянчук Сергій Васильович

2. Тема магістерської роботи Розробка побутового миючого пілососа

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Волошин С.Ф. к.т.н., доцент

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 85

5 Аналіз стану виробництва в Україні показав позитивну динаміку за період 1970-1990 років - високі темпи зростання виробництва, випуск пілососів збільшився в понад 3 рази проте негативну динаміку за період 1990-2007 років - високі темпи зниження виробництва, обсяг випуску пілососів зменшився в понад 10 разів. В магістерській роботі здійснюється розробка побутового миючого пілососа, що є актуальним як для домашнього використання, так і для навчальних потреб. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих конструкцій сучасних пілососів. В другому розділі здійснюється розробка конструкції миючого пілососа. В третьому розділі проведено розробку та розрахунки вузлів миючого пілососа.

Підпис студента \_\_\_\_\_  
" " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 03 від 29 " 12 \_\_\_\_\_ 2023 р.

Оцінка проєкту ЕК 80 бпс 4,5/13  
Рекомендації ЕК \_\_\_\_\_

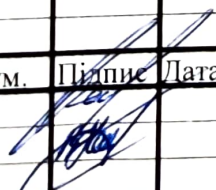



Особливі відмітки \_\_\_\_\_

Технічний секретар \_\_\_\_\_

"29" 12 \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗМІСТ

	с
Вступ.....	5
1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій сучасних пилососів.....	7
1.1 Історія появи і тенденції розвитку пилососів .....	7
1.2 Класифікація пилососів.....	14
1.3 Патентний огляд існуючих конструкцій сучасних пилососів.....	21
Висновки до першого розділу.....	34
2 Розробка конструкції миючого пилососа.....	35
2.1 Будова миючого пилососа.....	35
2.2 Опис електричної схеми миючого пилососа.....	35
2.3 Розробка рекомендацій для експлуатації миючого пилососа.....	36
Висновки до другого розділу.....	39
3 Розробка та розрахунки вузлів миючого пилососа.....	40
3.1 Аналіз основних технологічних параметрів миючого пилососа.....	40
3.2 Розрахунок основних вузлів миючого пилососа.....	42
3.3 Розрахунок аеродинамічного тракту пилососа.....	52
3.4 Розрахунок середньорічного напрацювання пилососа.....	61
3.5 Розрахунок необхідної максимальної витрати повітря.....	65
Висновки до третього розділу.....	70
Загальні висновки.....	71
Перелік джерел посилання.....	72

<b>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</b>								
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата	Розробка побутового миючого пилососа	Літера	Арквш	Арквшів
Виконав	Касянчук						4	74
Перевір.	Неймак					ХНУ, гр.ЕТМ-22-1		
Н.контр.	Пундик С.І							
Затвер.	Поліщук О.С.							





# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ ПИЛОСОСІВ

## 1.1 Історія появи і тенденції розвитку пилососів

Американський винахідник Деніел Хесс вигдав килимовий пилосос 1860 року і того ж року запатентував його (рис. 1.1). Це був перший попередник пилососа, який мав щітку, що оберталася, і вакуумний насос для всмоктування. Пристрій не мав пилозбірника, тому весь пил осідав у циліндричній ємності з водою. У результаті можна сказати, що пилосос для вологого прибирання з'явився раніше за пилосос для сухого прибирання. Однак ця машина так і не стала популярною, оскільки була надто великою та важкою, а керувати нею мали дві людини.

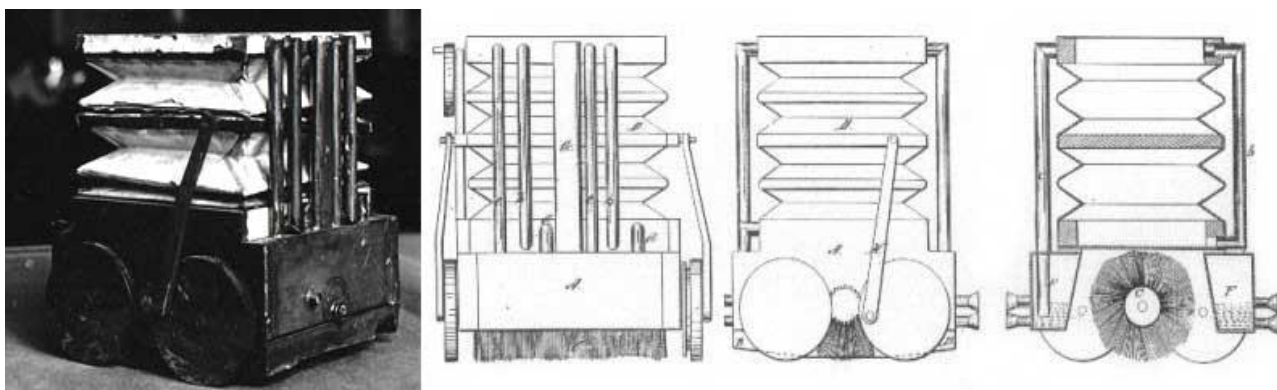


Рисунок 1.1 – Фото машини для підмітання килимів

Було зроблено кілька спроб створити пилосос, але 1869 року Айвзу В. Макгаффі зі США вдалося створити механічний пилосос, схожий за конструкцією на сучасний вертикальний пилосос. Винахідник назвав пристрій "Вихор". Незважаючи на те що цей пилосос було запущено у виробництво, керувати ним було доволі складно (рис. 1.2). Потрібні були спритність, творчий

підхід і достатня сила, щоб переміщати важкий пилосос і водночас повертати ручку для приведення в дію вентилятора, який всмоктував повітря і пил. Пристрій залишався механічним, оскільки розробники не могли оснастити його електродвигуном.

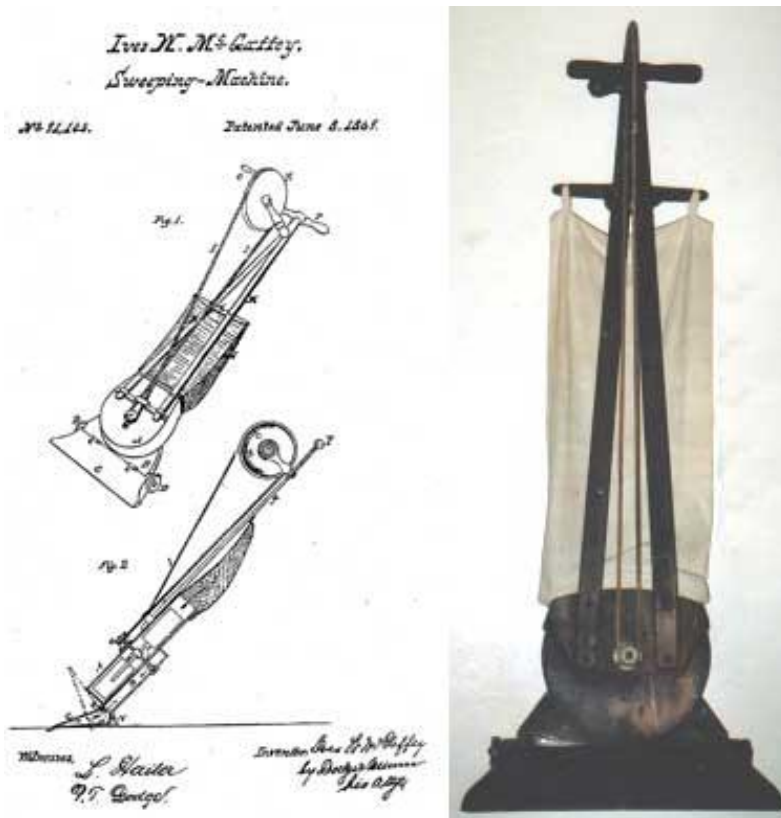


Рисунок 1.2 – Механічний пилосос Вихор (Whirlwind)

Принципи конструкції пилососів було розроблено в середині XIX століття. Однак, щоб перейти від теорії до практики, було потрібне компактне джерело енергії. Трифазні двигуни з'явилися на початку XX століття. Його розробив російський інженер Михайло Дриво-Добровольський, який працював на німецьку компанію AEG [6].

Перший пилосос із мотором розробив 1901 року інженер Г'юберт Сесіл Бут, який назвав його "біллі, який пихкає" (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Перший пилосос із мотором «Буркотливий Біллі»  
(Puffing Billy)

Машина працювала від бензинового двигуна, була громіздкою і важкою і оснащувалася вакуумним насосом потужністю 5 к.с. Через свою вагу пилосос повинен був обслуговуватися чотирма людьми і переміщатися на возі, запряженому кіньми. З цієї ж причини пилосос був оснащений 30-метровим шлангом і подавався через вікно". Буркотун Біллі" став популярний для прибирання казарм у лондонських доках. Першим VIP-клієнтом Бута стала королівська сім'я, якій потрібно було почистити великий блакитний килим у Вестмінстерському абатстві перед коронацією короля Едуарда VII. Після цього королівська сім'я стала надавати машину своїм почесним гостям. Одного разу як почесний гість у них був турецький султан, якому машина так сподобалася, що він купив її для свого палацу. Це був великий успіх. Незабаром після цього

































активує подавання повітря в насадку та спрямовує спрямований потік повітря, видуває пил і сміття за рахунок повітряного потоку і відсутності додаткового опору в трубопроводі, що підвищує, зокрема, його безпеку, зручність використання, зручність використання і, відповідно, екологічність самого пилососа. Крім того, значно підвищується екологічність самого пилососа, оскільки повітря, яке в прототипі видувається з вихідного отвору в приміщення пристроєм, що висмоктує повітря, і забруднює приміщення дрібним пилом, який залишився в повітрі після очищення фільтром, циркулює всередині пилососа, не потрапляючи в приміщення.

На мал. 1.8 показано схему пилососа двох типів: з роздільними нагнітальним і всмоктувальним трубопроводами та з двома суміщеними концентричними порожнинами.

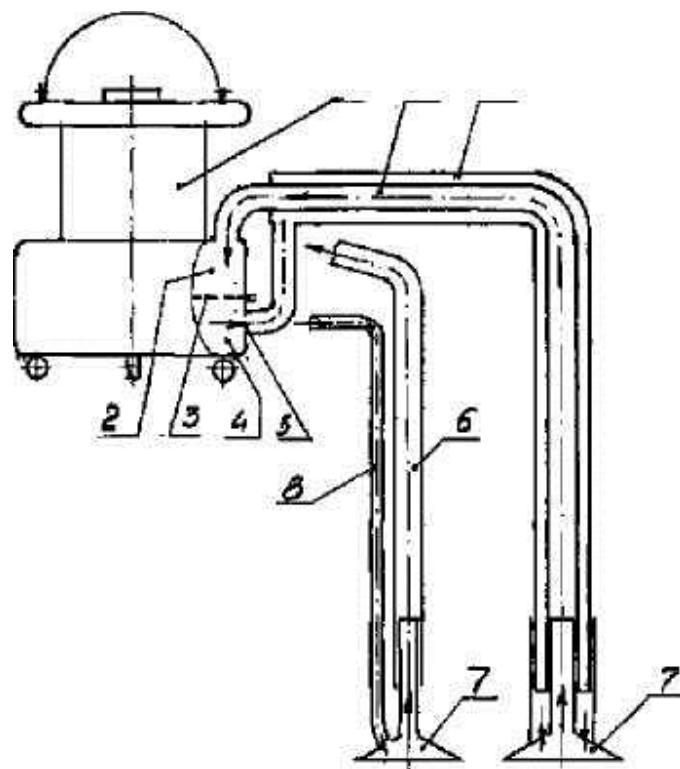


Рисунок 1.8 – Пилосос (а.с. U 77826)

Пилосос має всмоктувальний блок 1, установлений на рухомій основі, мішок 2 із фільтром 3, розвантажувальну камеру 4 з випускним отвором 5, всмоктувальну трубу 6 із соплом 7 і додаткову трубу 8, що з'єднує випускний отвір 5 розвантажувальної камери 4 із соплом 7.

Пилосос працює таким чином.

Під час роботи повітросмоктувального пристрою 1 повітря разом із пилом і брудом всмоктується через сопло 7 і трубою 6 прямує до пилозбірника 2, де проходить через фільтр 3 для видалення пилу і бруду та надходить у камеру струменя 4. Очищене повітря подається з камери 4 через вихідний отвір 5 у сопло 7, надходить на поверхню, з якої видалено пил і бруд у соплі 7, обдувається з поверхні та всмоктується через всмоктувальну трубу 6 у пилозбірник 2. Потім повітря циркулює всередині пилососа. Це виключає необхідність застосування пульсаторів і резонаторів, спрощує конструкцію, підвищує якість очищення поверхні, виключає вібрацію трубопроводу та потрапляння до приміщення дрібного пилу, що залишився в повітрі після очищення фільтром 3, а також знижує шум пилососа, оскільки відсутня пульсація повітря в пилососі.

В основу винаходу [10] покладено створення пилососа [МРМА 23.00.00.000 ДО1, рис. 3] зі спрощеною конструкцією засобів регулювання внутрішнього тиску, який простий у виготовленні та експлуатації.

Згідно з винаходом це завдання розв'язують у пилососі, який містить корпус, фільтр, пристрій для всмоктування повітря та засоби регулювання внутрішнього тиску, водночас у стінці корпусу утворено отвір, наявне кільцеве ущільнення, а засоби регулювання внутрішнього тиску підпружинені пружинною пластиною, встановленою на стінці корпусу. Рішення забезпечується тим, що засіб регулювання внутрішнього тиску являє собою запобіжний клапан, встановлений в отворі, який підпружинений пружинною пластиною, встановленою на стінці корпусу.

Порівняно з прототипом пропонується пилосос простіший у виготовленні та експлуатації. Пружні пластини сконструйовані таким чином, що коли тиск у корпусі падає до максимального значення, здатного пошкодити двигун, зовнішній тиск відкриває запобіжний клапан і всередину надходить необхідна кількість повітря. Таким чином, ті самі завдання, що й у прототипі, виконуються за допомогою більш простої та дешевої конструкції обладнання.

Вид збоку на пилосос показано на рис. 1.9, а запобіжний клапан - на рис. 1.10.

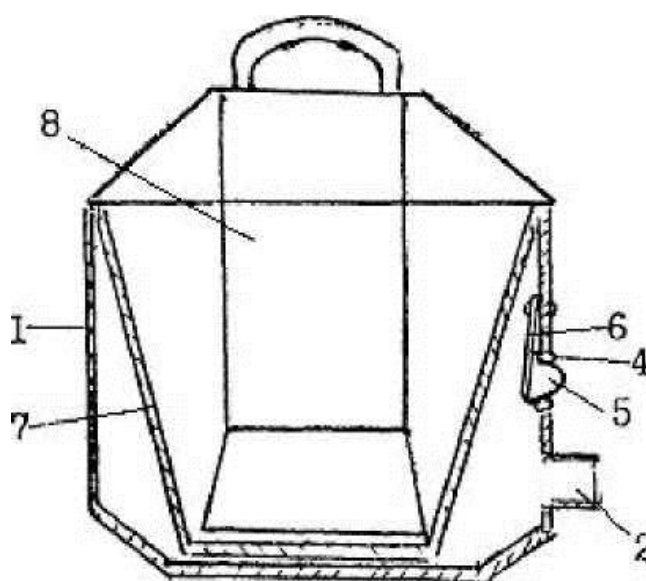


Рисунок 1.9 – Пилосос(а.с. U 3163)

Пилосос містить у собі корпус 1 з насадкою 2. У стінці корпусу 1 є отвір 3 з кільцевим ущільненням 4, у якому розташований запобіжний клапан 5, підпружинений пружинною пластиною 6, закріпленою на стінці корпусу 1. Усередині корпусу 1 розміщено фільтр 7 і повітровідсмоктувальний пристрій 8.

Пилосос працює таким чином.

Коли повітря в корпусі 1 досягає прийняттого рівня вакууму, мотор пристрою всмоктування повітря 8 працює в нормальному режимі. Коли сопло





Рухомий пружинний важіль 10 розташований на внутрішній стінці 9 корпусу пирососа 4. Один кінець 11 пружинного кронштейна 10 шарнірно з'єднаний із фіксувальним затискачем 8, а інший кінець 12 вставлений у фіксувальну кишеню 6. Пружинний кронштейн 10 виконаний у вигляді цільної конструкції і складається з двох пружин 13 і 14, двох ножиць 15 і 16 та одного пружно деформованого тримача 17.

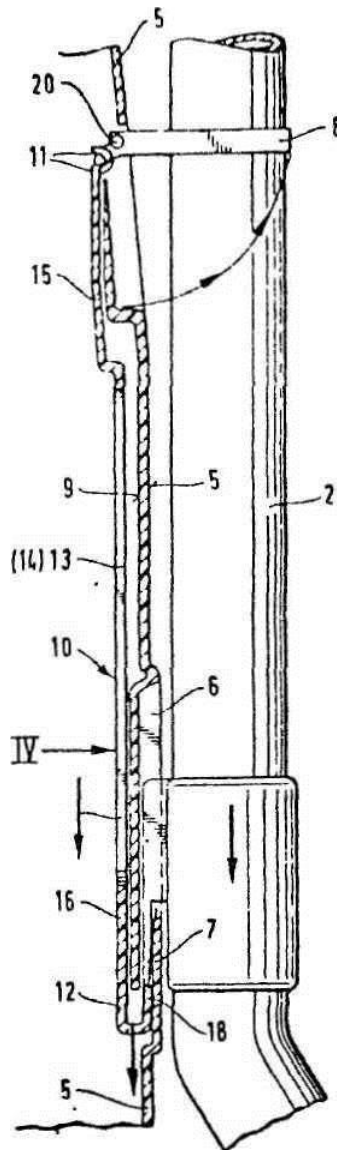


Рисунок 1.12 – Утримуючий пристрій з виведеним назовні утримуючим затискачем








## 2.3 Розробка рекомендацій для експлуатації миючого пілососа

### 2.3.1 Пробний запуск.

- Вставте всмоктувальний шланг, який є частиною універсального шланга, у з'єднувальний елемент пілососа. Потім вставте муфту шланга для розпилення в інший з'єднувальний елемент. Переконайтеся, що муфта правильно встановлена;

- Одягніть всмоктувальний шланг на ручку склоочисника і вставте муфту шланга розпилювача в з'єднання ручки. Переконайтеся, що муфта правильно встановлена;

- Одягніть всмоктувальний шланг із приєднаною насадкою для чищення на місці на ручку і закріпіть накидною гайкою, повернувши її за годинниковою стрілкою.

- Приєднайте насадку для оббивки безпосередньо до універсального шланга.

### 2.3.2 Експлуатація пілососа для оббивки меблів

У чистому відрі приготуйте розчин мийного засобу і води відповідно до інструкцій виробника.

Бак для чистої води можна заповнювати тільки до позначки "Max".

Вставте резервуар для стічних вод у пілосос і закрийте кришку [MRMA 23.00.00.000DT1].

Вставте вилку в розетку.

Увімкніть пілосос, одночасно натиснувши кнопки [всмоктування] і [розпилення].

Щоб розпорошити розчин для чищення, натисніть важіль на ручці пілососа.



#### 2.3.4 Запобіжні заходи під час використання.

Чим чутливіша поверхня, що очищається, тим менше мийного засобу слід використовувати.

Джутові килими можуть зморщитися або вицвісти, якщо їх занадто намочити.

Для килимів із довгим ворсом чистіть ворс, поки він ще вологий.

Тепла вода більш ефективна.

На сильно забруднені ділянки нанесіть додатковий мийний розчин і залиште на 5-10 хвилин.

Працюйте від вікон до дверей і від очищених до неочищених поверхонь.

Після вологого прибирання текстильне покриття необхідно змочити спеціальним розчином, щоб запобігти його повторному забрудненню. Для цього рекомендується використовувати Care Tex RM 762. Це захистить поверхню від раптового забруднення і запобіжить її зарядці.

По очищеній поверхні не слід ходити або обставляти її до повного висихання (щоб уникнути появи іржавих плям і вм'ятин).

#### 2.3.5 Рекомендації щодо вибору чистячих засобів

Рекомендації щодо вибору чистячих засобів зведені до таблиці 3.1

Таблиця 2.1 - Рекомендації щодо вибору чистячих засобів

№	Позначення	Застосування
1	RM 760, порошок	Чистка килимів та м'яких меблів
2	RM 760, таблетки	Чистка килимів та м'яких меблів
3	RM 764, рідина	Чистка килимів та м'яких меблів
4	RM 761, рідина	Піногасник, без вмісту силікону
5	RM 762, рідина	Засіб для просякнення килимів
6	RM 765, Mitex	Засіб для виведення кліщів











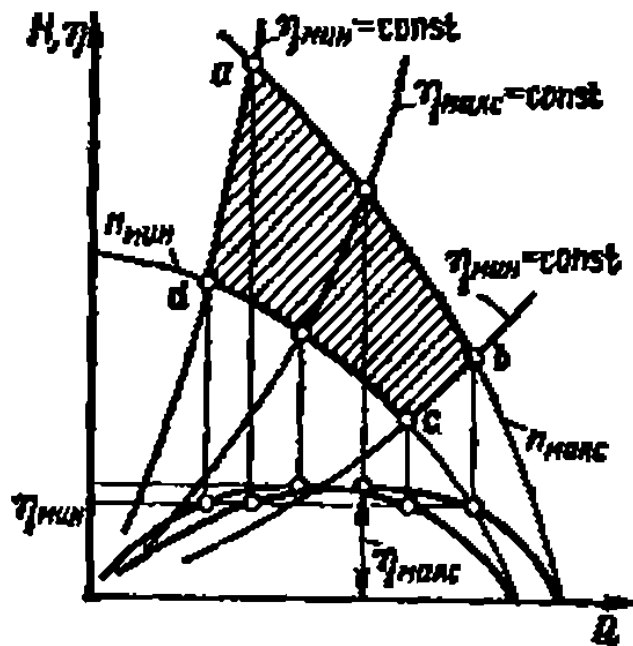


Рисунок 3.1 – Побудова характеристик відцентрового вентилятора із регульованою частотою обертання

Попереднім розрахунком визначається необхідний тиск  $p$  вентилятора при заданій подачі  $Q$ . Для врахування помилок при розрахунку втрат тиску в системі приймається на подачу  $1,05Q$  та тиск  $1,1p$ .

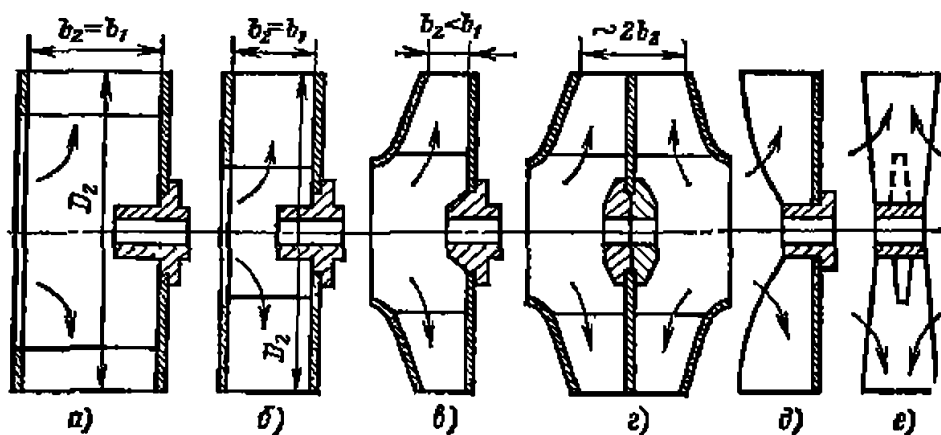


Рисунок 3.2 – Схеми робочих коліс відцентрових вентиляторів: а) – барабанна, б) – кільцева, в), г) – конічна, д), е) – конічна


Найпростіший і найнадійніший спосіб розрахувати вентилятор - використовувати кругову діаграму. Значення відкладаються на координатних осях, і, провівши нормаль до осей, можна отримати точку перетину, яка визначає необхідний розмір і швидкість обертання вентилятора.

Загальний вигляд всмоктувального агрегата ВВА-600 показано на малюнку 3.3 (аркуш [МРМА 23.00.00.000ВЗ]). Основними вузлами є нижній корпус 1, верхній корпус 2, корпус підшипника 3, щит 5, щіткотримач 7, кришка підшипника 8, кришка 10, колекторна щітка 11, якорь 12, статор 13, турбіна 14 і система вентиляції 15.

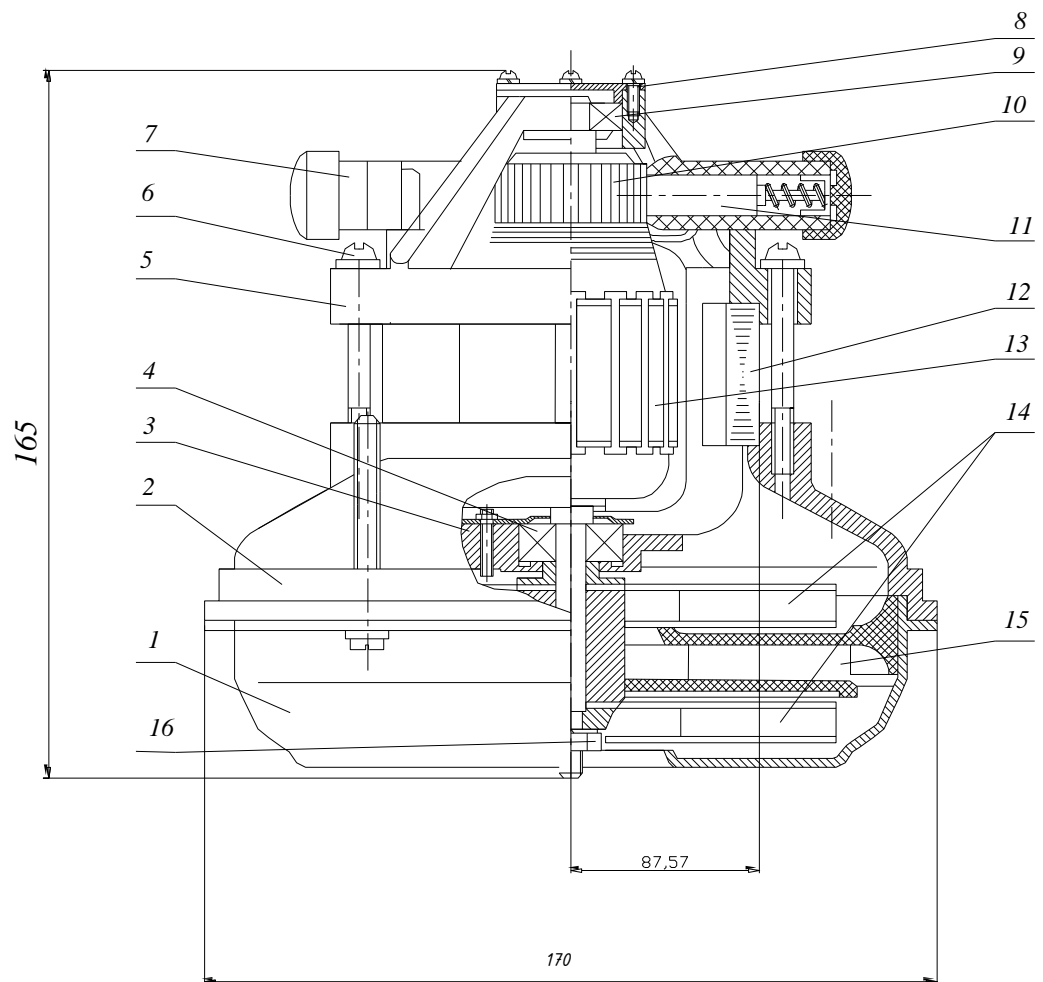


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд всмоктувального агрегату ВВА-600



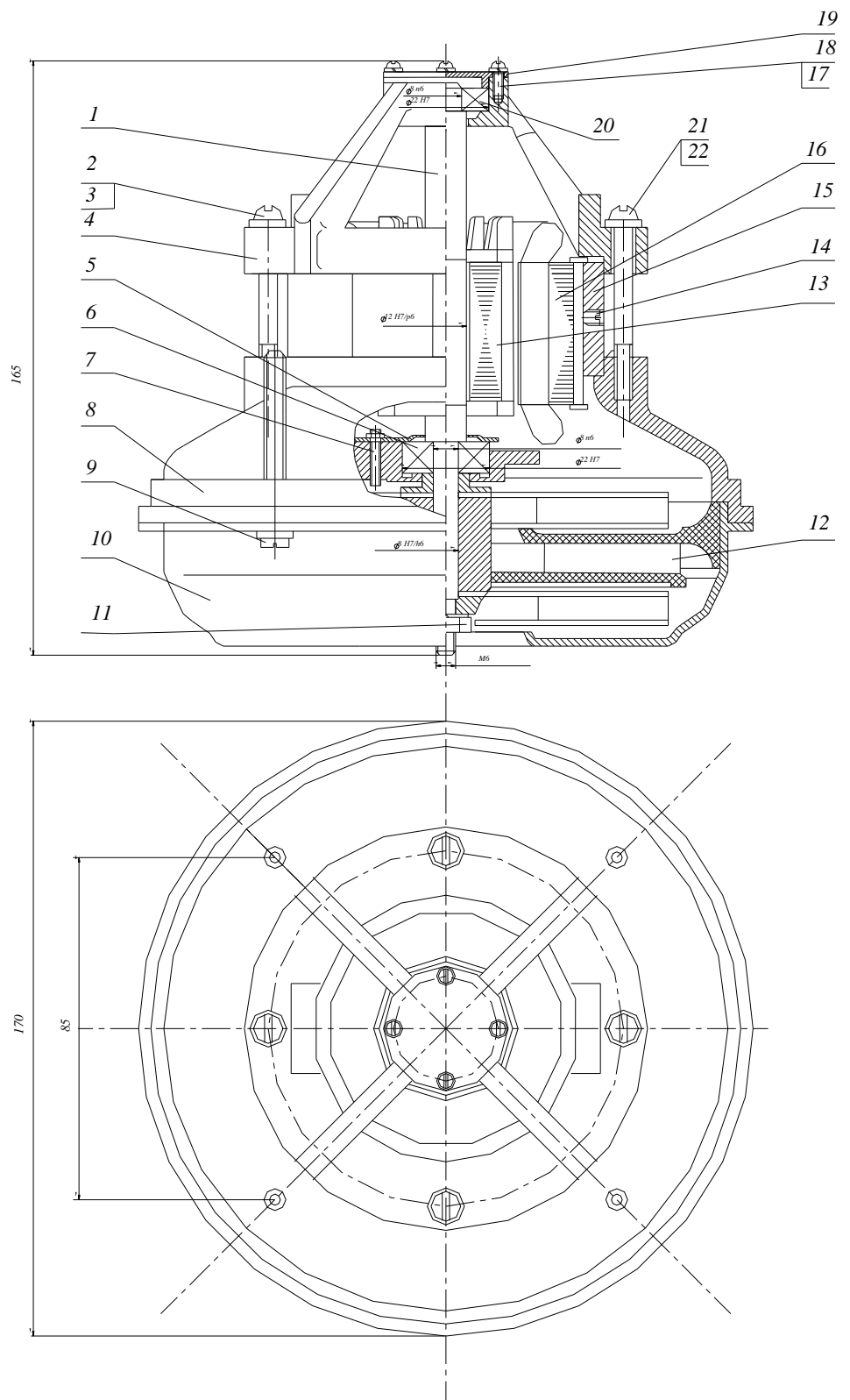


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд всмоктувального агрегату з асинхронним двигуном


### 3.2.2 Розрахунки бризгового насоса

Як бризгові насоси було вирішено використовувати вібраційні насоси, які прості за конструкцією, надійні в експлуатації і добре зарекомендували себе під час роботи як із водою, так і з агресивними середовищами. Зокрема, було обрано вібраційний насос з інерційним принципом роботи.

Інерційний принцип роботи заснований на тому, що виконавчий орган чинить на рідину короткочасний імпульс тиску. При цьому амплітуда прискорення виконавчого органу перевищує (2-3). У міру зменшення прискорення коливання виконавчого органу і стовпа рідини відбуваються синхронно, без поділу, і рідина не піднімається. Це можна забезпечити, перекачуючи рідину з об'єму, укладеного між двома клапанами, в напірний трубопровід.

Найпростіша вібраційна насосна система складається з вібростенда, виконавчого механізму (клапана) і напірного трубопроводу. Математична модель гідродинамічних процесів під час впливу робочого тіла на стовп рідини описується такою системою рівнянь:

$$\frac{1}{a^2} \frac{\partial p}{\partial t} = -\rho \frac{\partial v}{\partial x}; \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -\rho \frac{\partial v}{\partial t} - F(v^2) - g\rho; \quad (3.2)$$

$$\frac{1}{b^2} \frac{\partial \sigma}{\partial t} = -\rho_3 \frac{\partial u}{\partial x}; \quad (3.3)$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} = -\rho_3 \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (3.3)$$

де  $a$  - швидкість поширення пружних хвиль в рідині, або в повітряноводному середовищі;

$t$  - час;

$v$  - швидкість рідини;

$p$  - тиск рідини;

$\rho$  - густина рідини;

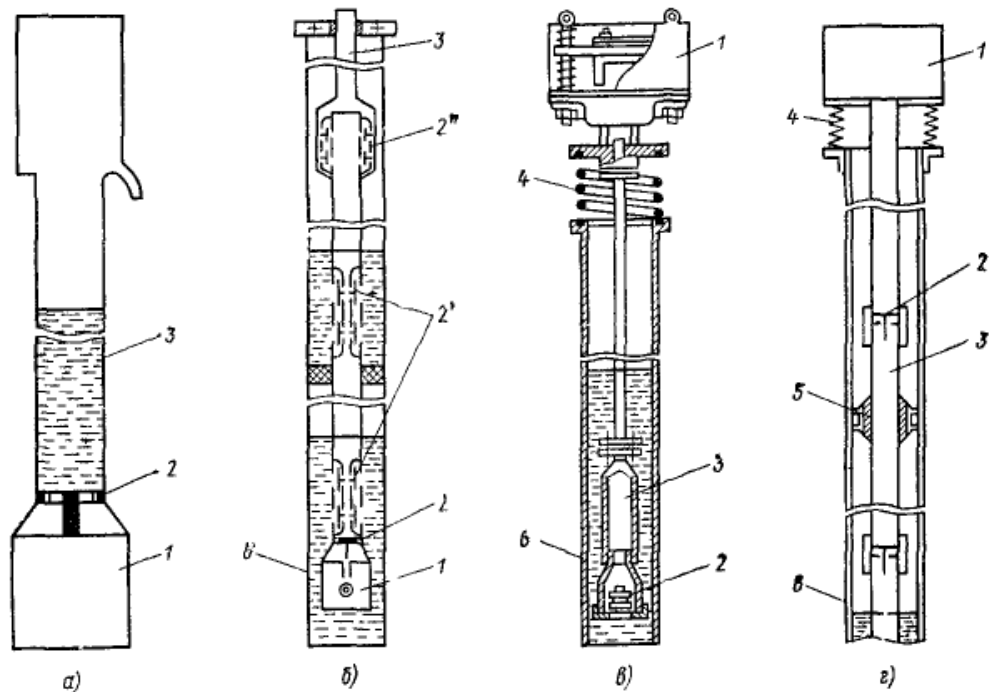
$\rho_s$  - густина матеріалу труби;

$F(v^2)$  - втрати напору на тертя;

$\sigma$  - напруження в матеріалі трубопроводу;

$b$  - швидкість поширення пружних хвиль в матеріалі трубопроводу;

$u$  - швидкість коливань в перерізі трубопроводу.



1 – вібробудник, 2 – робочий орган – клапанний вузол; 3 – труба; 4 – пружна підвіска; 5 – направляючі; 6 – обсадна колона.

Рисунок 3.5 – Схеми вібраційних насосів: а – занурюваного типу з одним клапаном, б – багатоклапанний, занурюваний; в – з поверхневим електромагнітним приводом; г – багатоклапанний, глибинний

Продуктивність насоса визначається аналітично, в припущенні, що рідина є однорідним середовищем. Якщо параметри інерційного насоса допускають припущення, що не враховують хвильові процеси, то його роботу можна виразити так: під час коливань робочого колеса або трубопроводу з амплітудою прискорення, що перевищує протитиск, над клапаном відбувається розгерметизація. Коли стовп рідини розділяється, клапан відкривається, і об'єм між основою стовпа рідини і клапаном заповнюється рідиною з впускного пристрою. Швидкість заповнення визначається розмірами клапана, зануренням у рідину і тиском на поверхні рідини.

Рівняння руху стовпа рідини має такий вигляд:

$$m\ddot{x} + (p_a + \rho g H)S - (p_p - p_3)S = 0, \quad (3.5)$$

де  $\rho$  - густина рідини;

$p_p$  - надлишковий тиск над стовбом;

$p_3$  - тиск під стовпом при заборі із відкритого джерела:

$$p_3 = p_a + \rho g(h_3 - h_{кл});$$

$p_a$  - атмосферний тиск;

$h_{кл}$  - зменшення тиску в клапані через тертя в трубопроводі;

$S$  - площа основи трубопровода;

$m$  - маса стовпа рідини.

Продуктивність насоса визначається максимальною відносною відстанню  $X$  від стовпа рідини до основи клапана. У найпоширенішому типі вібраційного насоса використовується гармонійна вібрація клапана. Тоді диференціальне рівняння (4.5)(at) можна записати у вигляді.

$$\ddot{X} - A\omega^2 \cos(\omega t + \phi) = -f. \quad (3.7)$$

Початкові умови:

$$\dot{X}(t_0) = 0; \quad \ddot{X}(t_0) = 0; \quad (3.8)$$

дозволяють отримати:

$$X = -A \cos(\omega t - \phi) - \frac{f}{2\omega^2} (\omega t - \omega t_0)^2 + A \cos(\omega t_0 + \phi) - A(\omega t - \omega t_0) \cdot \sin(\omega t_0 + \phi), \quad (3.9)$$

де  $\phi$  - початкова фаза переміщення, що визначається із умов існування рівнянь.

Для визначення величин  $\phi$  та  $t_0$  при заданому  $\frac{f}{A\omega^2}$  можна скористатися таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахункові параметри вібраційних насосів

$\frac{f}{A\omega^2}$	$\frac{2\pi n - \omega t_0}{\pi}$	$\phi$	$\frac{f}{A\omega^2}$	$\frac{2\pi n - \omega t_0}{\pi}$	$\phi$	$\frac{f}{A\omega^2}$	$\frac{2\pi n - \omega t_0}{\pi}$	$\phi$
1	0	0	0,63	1,2	2,89	0,16	4,0	4,87
0,99	0,2	0,48	0,45	1,6	3,93	0,13	4,4	6,10
0,95	0,4	0,94	0,3	2,0	5,02	0,13	4,8	1,07
0,92	0,5	1,18	0,24	2,4	6,21	0,13	5,2	2,33
0,89	0,6	1,42	0,22	2,8	1,16	0,12	5,6	3,58
0,82	0,8	1,90	0,21	3,2	2,41	0,10	6,0	4,82
0,73	1,0	2,39	0,19	3,6	3,65			

Найбільше відносне переміщення  $X_{\max}$  визначають із формули 4.9 при підстановці замість  $t = t_1$ , що визначений із умови  $\dot{X} = 0$ , тобто

$$\frac{f}{A\omega} (t_1 - t_0) + \sin(\omega t_0 + \phi) + \sin(\omega t_1 + \phi) = 0. \quad (3.10)$$

Відповідна продуктивність насоса може бути забезпечена, якщо час відкриття клапана, час закриття клапана і площа поперечного перерізу клапана відповідають заповненню об'єму над клапаном.

Тому в розробленому пральному пілососі було використано соленоїдний насос типу EKS 17 P/V виробництва Goteo (Швейцарія) [18]. Насоси цієї фірми використовуються в мийних пілососах фірм Thomas і Karcher.

Оскільки трубопроводи мають просту конструкцію, розрахунки трубопроводів для вібраційних насосів не проводяться.

### 3.3 Розрахунок повітряного тракту пілососа

Повітряний тракт пілососа складається зі шланга, корпусу, водяного фільтра, всмоктувального пристрою та різних видів гідравлічного опору. Кожен із цих елементів має певний опір повітря. Крім того, у місцях зосередження повітряного потоку виникають певні опори (входи і виходи повітря з корпусу, звуження і розширення потоку).

Загальна втрата тиску визначається як сума втрат на кожній ділянці повітропроводу. Існують втрати на тертя під час проходження повітря через значну довжину повітропроводу або елемента конструкції, а також втрати через місцевий опір. Таким чином, втрати тиску на кожній ділянці повітропроводу Па:

$$\Delta H = \lambda \cdot \frac{l}{d} \frac{v^2 \gamma}{2} + \zeta \frac{v^2 \gamma}{2}, \quad (3.11)$$

де  $\lambda$  - лінійний коефіцієнт опору;

$l$  - довжина трубопроводу, м;

$d$  - діаметр трубопроводу, м;

$v$  - швидкість потоку, м/с;





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

Прямолинійна ділянка з поворотом 3 (рисунок 3.6):

$$\Delta H_3 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \frac{v^2 \gamma}{2} + \zeta \frac{v^2 \gamma}{2}. \quad (3.15)$$

Прийнято [12]:

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

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

$$\zeta = 0,33 \quad F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,036^2}{4} = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,028^2}{4} = 6,19 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

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

Розширення тракту при вході 4 (рисунок 3.6):

$$\Delta H_4 = \left(1 - \frac{f}{F}\right)^2 \frac{v^2 \gamma}{2}. \quad (3.16)$$

Прийнято [12]:

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















$$T_H = \sum T_i = \frac{\sum S_i \cdot m \cdot n}{\nu \cdot b_i}. \quad (3.24)$$

Крім ширини захоплення насадок для килима та підлоги, ширина захоплення насадок для різних поверхонь практично ідентична одна одній, тому вона виражається в ширині захоплення насадок для килима та підлоги.

$$b_i = \frac{b_k}{K_1}, \quad (3.25)$$

де  $b_k$  - ширина колії насадок для килимів і підлог,  $m$

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує відношення ширини насадок для прибирання підлог і килимів до ширини насадок для прибирання інших типів поверхонь.

Загальна площа поверхні всіх типів поверхонь, крім загальної площі поверхні килимів і підлог, виражається через останню, а для врахування співвідношення цих площ вводиться коефіцієнт  $K_2$ :

$$\sum S_i (i=3,5,6,7,8) \cdot m \cdot n = K_1 \cdot \sum S_i (i=1,2,4) \cdot m \cdot n. \quad (3.26)$$

Позначимо  $\sum S_i (i=1,2,4) \cdot m \cdot n$  через  $S_k$ .

$$S_{\text{общ}} = S_k + K_2 \cdot S_k. \quad (3.27)$$

Підставивши у вираження для  $b_i$  у вираження для  $S_{\text{общ}}$

$$T_H = \frac{S_k}{\nu \cdot b_k} + \frac{S_k \cdot K_1 \cdot K_2}{\nu \cdot b_k} = (1 + K_1 \cdot K_2) \cdot \frac{S_k}{\nu \cdot b_k}. \quad (3.28)$$

У відповідності зі СТ СЕВ 4670-84 довжина  $L$  із щілини насадки для прибирання килимів і підлоги дорівнює:

$$L_{uz} = (b_k + 0.02). \quad (3.29)$$

Для зручності розрахунків виразимо  $b_k$  через  $L_{uz}$

$$b_k = K_3 \cdot L_{uz}, \quad (3.30)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт, що враховує ширину поверхні, що очищається, у залежності від довжини щілини насадки.

У свою чергу довжина щілини насадки виражається формулою

$$L_{uz} = \frac{Q}{\sigma \cdot \omega}, \quad (3.31)$$

де  $Q$  – витрата повітря при роботі пилососа, м<sup>3</sup>/с;

$\sigma$  - поперечний розмір щілини, м;

$\omega$  - швидкість у вхідному перетині насадки, м/с.

Підставивши  $L_{uz}$  у  $b_k$ , а потім отримане вираження у формулу  $T_H$ , одержимо :

$$T_H = (1 + K_1 \cdot K_2) \cdot \frac{S_k \cdot \sigma \cdot \omega}{v \cdot Q \cdot K_3}. \quad (3.32)$$

Тоді середнє напрацювання  $T_2$  пилососа буде дорівнює

$$T_G = N \cdot (1 + K_1 \cdot K_2) \cdot \frac{S_k \cdot \sigma \cdot \omega}{v \cdot Q \cdot K_3}, \quad (3.33)$$

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

З технічного завдання на розробку пилососа  $Q = 0.035$  м<sup>3</sup>/с



$$Q = Q[B, L_{щ}, b_{щ}, L_{полки}, h_{фрон}, h_T, Q, R_{ф}, (V_{нсп} / (V_L)_{сп.}, V_Z / (V_{нсп.}; \omega, h], \quad (3.36)$$

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

$L_{щ}$  – довжина щілини пілососної 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;

$(V_{нсп})/(V_L)_{порівн.}$  – параметр, який визначається з відношення середньої швидкості вітру по висоті каналу до середньої швидкості вітру вздовж розглянутої сторони сопла, що характеризує поле швидкостей уздовж сопла;

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

$\omega$  - швидкість руху насадки по запиленій поверхні;

$n$  – число проводок насадки по запиленій поверхні.

Введемо поняття питомої витрати повітря, що відноситься до 1 м довжини щілини:  $q = \frac{Q}{L_{щ}}$

Приймаємо :

$$\frac{(V_h)_{сп.}}{(V_L)_{сп.}} = 1. \quad (3.37)$$

Встановлено, що  $V = 0.5 - 0.8$  м/с при 3-х і більш проводках не впливає на пилоприбиральну здатність, також не впливає на пилоприбиральну здатність радіус  $R_{\text{фр}}$ .

Залежність (3.36) приймає наступний вигляд:

$$q = q[b_{\text{щ}}, L_n, h_{\text{фр}}, h_T, \theta, V_z / (V_h)_{\text{ср}}, h_{\text{нр}}]. \quad (3.38)$$

Заведено вважати, що під час реальної роботи пирососа, тобто під час прибирання горизонтальних, плоских, твердих поверхонь, забруднених полідисперсним пилом із розміром часток до 2 мм, питома витрата повітря можна виразити за формулою

$$q = 1 + X_H \cdot h_{\text{ср}}. \quad (3.39)$$

де  $X_H$  – це параметри, що характеризують продуктивність пиловидалення насадки залежно від її конструктивних розмірів, кількості дротів насадки, поверхні та умов пиловидалення;

$h_{\text{ср}}$  – середня висота розташування полки над запиленою поверхнею, мм.

$$X_H = X_H(Q, b_{\text{щ}}, L_n, h_{\text{фр}}, h_T, n_{\text{др}}), \quad (3.40)$$

$$X_{\text{вщ}} = 0.71 + 0.29 \cdot B_{\text{щ}}, \quad (3.41)$$

де  $B_{\text{щ}} = b_{\text{щ}}/10$  мм

$$X_{\text{лн}} = l^{(187L_n - 72)L_n}. \quad (3.42)$$

Вплив  $h_{фр}$  до  $h$  визначено в порівнянні з  $\Delta h=0$ , тобто полки знаходяться на одному рівні,  $\bar{X}\Delta h$  при  $\Delta h=0$  дорівнює 1. Вплив повторних провідок знижує необхідна витрата повітря у відношенні: 1:1.62:2.25.

Отже, якщо прийняти при одноразовій провідці насадкою по запиленій поверхні  $\bar{X}'_{np} = 1$ , то при дворазовій  $\bar{X}''_{np} = 0.617$ , а при триразовій  $\bar{X}'''_{np} = 0.445$ .

Коефіцієнт процесу видалення піску з гладкої поверхні при одноразовій провідці насадкою (еталонні розміри:  $\theta=90^\circ$ ,  $b_{щ}=10$  мм,  $l_n=0$ ,  $\Delta h=0$ ) дорівнює 1.42.

Отже, вплив параметра  $B$  на пилоприбиральну здатність насадок можна представити так:

$$\bar{X}_B = 1.42 \cdot X_B. \quad (3.43)$$

Узагальнюючи приведені вище дані, а також з огляду на вплив щільності пилу, що видаляється, одержуємо наступний вираз для параметра  $X_H$ :

$$X_H = 1.42 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_H}{100}} \cdot \bar{X}_\theta \cdot \bar{X}_{щ} \cdot \bar{X}_{ln} \cdot \bar{X} \Delta h \cdot \bar{X}'_{np} \cdot \bar{X}_B. \quad (3.44)$$

Коефіцієнти 3-6 визначають вплив конструктивних елементів насадки на її збиральну здатність і показують, як досягається  $X_{min}$ , а отже, і мінімальна витрата повітря на видалення пилу.

У комплект пилососа для очищення підлог від пилу входять розроблені насадки з такими конструктивними розмірами (мм):

$$L_{щ} = 230; \quad b_{щ} = 10; \quad L_n = 10;$$

$$h_{\text{фр.}} = 2; \quad \theta = 90^\circ.$$

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

$h_{\text{фр}}$  - розмір часток.

$$1 - \frac{90 - \theta}{90} = 1 - \frac{90 - 90}{90} = 1; \quad (3.45)$$

$$\bar{X}_{\text{вц}} = 0.71 + 0.29 \cdot (10 / 10) = 1.0;$$

$$\bar{X}_{\text{ln}} = e^{(1870/01-72) \cdot 0/01} = l^{-0/07013} = \frac{1}{2} = 0.5;$$

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

де  $\bar{X}_B = 1.75$ , визначається в залежності від щільності пилю;  $X_{np} = 1.0$  - один прохід.

$$\bar{X}_H = 1.42 \cdot \sqrt{\frac{1000}{1000}} \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.5 \cdot 1.0 \cdot 1.8 \cdot 1.0 = 1.278, \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Питома витрата повітря  $q$ , на 1 см погонної довжини насадки, по формулі (4.39) дорівнює:

$$q = 1 + 1.278 \cdot 2 = 3.556 \text{ м}^3 / \text{год},$$

$$Q = q \cdot L_{\text{ц}} = 3.556 \cdot 23 = 81.78 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

З огляду на, недосконалість розрахунку вводимо поправочний коефіцієнт 1.25.

Тоді необхідна витрата повітря буде дорівнює:

$$Q_H = Q \cdot 1.25 = 81,78 \cdot 1.25 = 102,225 \text{ м}^3 / \text{год} = 283,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}.$$





## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електропобутова техніка : підруч. для студентів ВНЗ / І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, Т. Я. Біла, М. Є. Скиба. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 213 с. : іл., табл. – Бібліогр.: с. 211.

2. Історія створення пилососів [Електронний ресурс] // Все для пилососів. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://filtermdp.com/uk/kb-uk/історія-створення-пилососів>.

3. Сорока І. В. Інфраструктура товарного ринку: Навчальний посібник / І. В. Сорока. – Київ: НМЦВО МОІНУ України, НВФ "Студцентр", 2002. – 608 с.

4. Апопій В. В. Комерційна діяльність на ринку товарів та послуг / В. В. Апопій, Я. А. Гончарук. – Київ: ЧМУ "Укоопосвіта", 2002. – 458 с.

5. Попович М. Г. Електричні машини та електропривод побутової техніки: Підручник / М. Г. Попович, Л. Ф. Артеменко. – Київ: Либідь, 2004. – 352 с.

6. Бондаренко М. Й. Інженерне проектування та розрахунок електропобутової техніки : навч. посіб. / М. Й. Бондаренко, С. А. Демішонкова. – Київ : КНУТД, 2019. – 185 с.

7. Патент на корисну модель № 78398, Україна, МПК А47L 5/22, F16H 1/28. Пилосос / Авдєєва Т. Л. та ін.. № а200505070 Заяв. 30.05.2005. Опубл. 15.03.2007. Бюл. № 5.

8. Пат. 5,902,386 США, МКИ А47L 5/22. Reduced diameter separator for a vacuum cleaner apparatus / Gustafson; Eric (Cadillac, MI), Rohn; Dean (Cadillac, MI), Cummins; Craig (Manton, MI), Erickson; Skip (Cadillac, MI), Kassien; Jeffrey R. (Tustin, MI), Lovelace, Jr.; Michael R. (Cadillac, MI). - № 25512117; Заявл. 10.11.1997; Опубл. 11.05.1999.

9. Патент на корисну модель № 77826, Україна, МПК А47L 5/22, F16H 1/28. Пилосос / Панасенко О. О.; Чорний А. П. №а 200500281 Заяв. 15.12.2006. Опубл. 15.01.2007, бюл. № 1.



