

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Браженка Володимира Миколайовича

«Очищення робочих рідин повнопотоковим гідродинамічним фільтром з обертотним перфорованим циліндром та бункером для осаду»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

Актуальність теми.

Очищення робочих рідин від твердих завислих частинок, є актуальним завданням сьогодення, яке проводиться як для поліпшення екологічної ситуації, так і для видалення домішок, що ускладнюють проведення технологічного процесу та призводять до збільшення зносу обладнання. Вимоги до якості очистки робочих рідин зростає також у зв'язку з необхідністю точного обліку витратних характеристик, а сучасні точні прилади обліку вельми чутливі до наявності твердих механічних домішок в потоці вимірюваної робочої рідини.

Зараз існують багато методів і засобів видалення механічних забруднень з робочих рідин, однак найбільш раціональним з боку виготовлення і обслуговування є саме повнопотокові гідродинамічні фільтри, які по іншому називають ротаційними.

В представленій роботі розглянута актуальна задача з'ясування причин низької ефективності очищення рідин за допомогою повнопотокового гідродинамічного фільтра. Запропоновано нову конструкцію фільтроелемента, яка представлена перфорованим циліндром і яка дозволяє підвищити ефективність очищення даним фільтром до 95%. Вирішена проблема відведення відсепарованих домішок в бункер для осаду та вибрано його оптимальну геометрію, яка забезпечує утримання частинок забруднень.

Особлива важливість цієї роботи полягає в тому, що вона пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи: «Дослідження елементної бази систем авіаційного гідроприводу і гідропневмоавтоматики» (№74/07.02.04).

Достовірність та ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які викладені у роботі, є достовірними та науково обґрунтованими. Всі положення

базуються на аналізі літературних джерел за даною проблемою, логічному поєднанні мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, всебічному аналізі отриманих результатів. Теоретичні дослідження виконані на фундаментальних залежностях гідродинаміки руху рідини, сучасних уявленнях про принципи побудови моделей досліджуваних процесів і математичних методах, що дозволяють отримати науковий результат на основі чисельного моделювання. Отримані результати перевірені шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень натурних моделей, які підтвердили адекватність розрахункових моделей та достовірність наведених висновків. Крім того, матеріали досліджень знайшли підтвердження під час апробацій на наукових конференціях. Все це дозволяє зробити висновок, що сформульовані автором висновки та рекомендації ґрунтуються на результатах досліджень та не викликають сумніву.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено математичну модель руху робочої рідини, яка фільтрується, та частинок домішки в ній для повнопотокового гідродинамічного фільтра, що встановлює закономірності впливу режимних параметрів течії, параметрів рідини, частинок та форми бункера на ефективність очищення.

На основі чисельного моделювання вперше доведено, що закрутка потоку рідини дозволяє виключити контакт з фільтруючою поверхнею завислих часток, які мають густину в 2...6,5 разів більшу, ніж густина несучої рідини, і розміри в 2...5 разів менші за розміри отворів фільтруючої перегородки. Також доведено виникнення гідродинамічного ефекту очищення при невеликих числах Рейнольдса: $Re_{\phi}=13030$, $Re_r=192$.

Вперше доведено, що обертання торцевої стінки фільтроелемента позитивно впливає на гідродинаміку рідини в повнопотоковому гідродинамічному фільтрі та дозволяє утримати відсепаровані частинки домішки в бункері для осаду.

Практичне значення отриманих результатів.

Практична цінність результатів дослідження полягає у розробці, дослідженні та експериментальній апробації принципово нової конструкції фільтроелемента, яка представлена обертовим перфорованим циліндром, що дозволяє підвищити ефективності очищення робочих рідин до 95% повнопотоковим гідродинамічним фільтром. Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність запропонованої

математичної моделі та достовірність проведених чисельних розрахунків, що забезпечують ефективне використання повнопотокових гідродинамічних фільтрів.

Розроблено інженерну методику розрахунку повнопотокового гідродинамічного фільтра з обертовим перфорованим циліндром та бункером для збору осаду, яка достатньо обґрунтовано представлена в дисертаційній роботі.

Встановлено, що для повнопотокового гідродинамічного фільтра найкращу ефективність утримання домішок забезпечує бункер з циліндричною та конічною розбіжною формою.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на ПП «Компанія Крона Плюс» при розробці фільтра для гідродинамічної установки високого тиску, а також у навчальному процесі кафедри гідрогазових систем НН АКІ НАУ.

Оцінка змісту роботи, її завершеність.

Дисертаційна робота Браженка В.М. представляє собою закінчену наукову працю і складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 3 додатків.

У **вступі**, згідно з вимогами, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання досліджень, вибрано об'єкт і предмет досліджень, відображено основні методи досліджень, визначено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** виконано інформаційно-аналітичний огляд сучасного стану застосування гідродинамічних фільтрів і висвітлено проблеми, що стримують широке розповсюдження гідродинамічних повнопотокових фільтрів в різних галузях промисловості.

В даний час для очищення робочих рідин широко використовуються механічні фільтри. Однак дані пристрої мають де кілька суттєвих недоліків. Перш за все це низька брудоемкість, яка тягне за собою необхідність періодичної зупинки роботи фільтруючої установки для очищення або заміни забруднених фільтроелементів. Звідси впливає другий суттєвий недолік потреба в заміні або регенерації механічного фільтра, що призводить до підвищення енерговитрат, трудовитрат і витрати спеціальних хімічних речовин.

Для вирішення проблеми очищення робочих рідин більш раціональним може бути використання повнопотокових гідродинамічних фільтрів, які по іншому називають ротаційними, конструкція яких ґрунтується на використанні обертового фільтроелемента. Вони

позбавлені недоліків механічних фільтрів, однак зараз мають низьку ефективність очищення, у напрямку підвищення якої перспективним є удосконалення конструкції фільтроелемента, а також дослідження впливу форми бункера на гідродинаміку і утримання відсепарованих частинок домішки в ньому, що не було раніше розглянуто жодним з дослідників.

У другому розділі представлені розрахункові схеми та обґрунтований розрахунковий метод дослідження руху рідини в робочій області ротаційного фільтра – порожнина між корпусом і обертовим фільтроелементом та області бункера, де відсепаровані частинки осідають.

Для дослідження та урахування всіх особливостей робочого процесу ротаційного фільтра у повному обсязі автор пропонує використовувати усереднені по Рейнольдсу рівняння Нав'є-Стокса (RANS). Для отримання замкнутої системи додано також додаткові співвідношення, що визначаються відповідною моделлю турбулентності. Для течій розглянутого типу задовільні результати забезпечує застосування моделі переносу зсувних напруг Ментера (SST $k-\omega$ модель). Виконано огляд основних етапів розвитку методів розрахунку параметрів закрученого потоку рідини у поверхні обертового проникного циліндру, що знайшли широке застосування в машинобудуванні.

У розділі наведені великомасштабна і дрібномасштабна розрахункові схеми, за допомогою яких можна повністю дослідити рух несучої рідини і частинок у повнопотоковому гідродинамічному фільтрі. Описані всі використовувані розрахункові підходи, які дозволяють виконати дискретизацію початкових рівнянь в задачі про рух рідкої фази за допомогою інтегрування систем диференціальних рівнянь в частинних похідних. Для опису руху механічних частинок у робочій рідині застосовано модель «пасивної домішки». Обґрунтовані сили, які визначають рух частинки у потоці несучої фази та враховано вплив турбулентних пульсацій.

У третьому розділі представлено результати експериментальних досліджень робочого процесу в ротаційному фільтрі при різних робочих параметрах системи в інтервалах варіюваних факторів Re_ϕ та Re_r : $100 \leq Re_r \leq 220$, $5600 \leq Re_\phi \leq 15500$. Наведено основні геометричні розміри розробленого макету ротаційного фільтра та гідравлічну схему експериментального стенду для дослідження ефективності очищення від механічних забруднень даним фільтром. Проведено оцінку точності вимірюваних параметрів.

Для визначення ефективності очищення за допомогою ротаційного фільтра перед його вхідним та вихідним патрубками відбувався відбір проб рідини за допомогою мембранного фільтра. Обґрунтовано використання методу підрахунку частинок за допомогою оптичного мікроскопа.

Автором представлені результати експериментального дослідження та проведено їх обробку. Експериментально підтверджено ефективність використання запропонованої конструкції ротаційного фільтра з обертовим перфорованим фільтроелементом та циліндричним бункером. Доведено, що при режимі течії $Re_\phi = 15500$, $Re_r = 220$ реалізується видалення $\sim 95\%$ механічних домішок розміром 200 мкм при розмірі отворів 500 мкм. Проведено регресійний аналіз, для того щоб визначити вид і піддати перевірці адекватності функціональної залежності параметрів відгуку від варіюючих факторів.

У четвертому розділі наведені аргументи доцільності розрахунку гідродинамічних течій в ротаційному фільтрі за допомогою розробленої розрахункової моделі у програмному комплексі ANSYS Fluent. Проведено верифікацію чисельного рішення за допомогою методу збіжності по сітках. Доведено адекватність використовуваної моделі турбулентності на основі результатів тестової задачі. Підтверджено узгодження результатів чисельного і фізичного експерименту під час тестування програмного продукту при дослідженні ефективності очищення рідини АМГ-10 від механічних частинок антрациту.

У рамках даної роботи виконано розрахункове дослідження течії рідини в робочій області ротаційного фільтра та області його бункера.

Доведено, що у поверхні обертового проникного фільтроелемента виникає закручена течія, яка сприяє збільшенню перекриття отворів потоком рідини. В отворах в свою чергу виникає течія по типу в каверні. В тривимірній постановці досліджено траєкторії руху завислих частинок біля проникної поверхні фільтроелемента, доведено наявність гідродинамічного ефекту очищення для дискретно перфорованого циліндра в якості фільтроелемента, та відмічено появу «буферної зони», яка запобігає контакту частинок домішки з поверхнею фільтроелемента.

Встановлено, що найкращі показники осідання частинок має бункер з конічною розбіжною та циліндричною формами, що дозволяє підвищити ефективність використання ротаційних фільтрів та забезпечує при цьому необхідну структуру потоку у бункері для осаду.

Отримано нові математичні залежності ефективності очищення фільтра від відносного діаметру і густини частинок домішки та густини

рідини при заданій конструкції фільтра, які покладені в основу інженерної методики розрахунку та проектування гідродинамічних фільтрів.

Оцінка змісту дисертації.

Оцінюючи дисертаційну роботу, слід зазначити, що вона є закінченою і вирішує поставлені завдання. В цілому вона містить всі необхідні розділи, які достатньо повно розкривають проведені автором дослідження – від ґрунтового аналізу існуючих теоретичних підходів та технічних рішень до конкретних рекомендацій. Стиль викладення і мова дисертації відповідають вимогам, що ставляться до дисертаційних робіт.

Повнота опублікованих основних результатів дослідження.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно викладені в 16 наукових працях. Серед них 3 статті у фахових виданнях України, 3 статті – у закордонних фахових виданнях (Польща, Литва), стаття у збірнику наукових праць «Молода наука. Технологія машинобудування» ДДМА, 8 – у матеріалах міжнародних конференцій, а також 1 патент на корисну модель.

Рівень і кількість публікацій, а також апробація матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій МОН України.

Відповідність автореферату основним положенням дисертації.

Зміст автореферату у достатній мірі відображає основні положення та результати дисертаційної роботи, висновки в дисертації та в авторефераті повністю співпадають.

Загальні зауваження до дисертаційної роботи.

1. В інформаційно-аналітичному огляді нажалі не приведено порівняльної характеристики повнопотокових фільтрів з іншими пристроями очищення рідин від механічних домішок окрім порівняння з механічними та неповнопотоковими фільтрами.

2. При проведенні експериментальних досліджень дисертант обмежився лише однією рідинною АМГ-10 та домішкою частинок антрациту. Бажано було б розглянути декілька рідин та домішок з різними густинами. Це б дозволило більш обґрунтовано розглянути процес очищення рідин від механічних домішок.

3. При проведенні експерименту концентрація антрациту на вході у фільтр дорівнювала приблизно 0,02...0,03 г/л. Чим обґрунтована саме така концентрація домішки?

4. В дисертаційній роботі наведено порівняння результатів ефективності очищення для чисельного моделювання та експерименту, але не приведено інформації про те як знаходиться ефективність очищення частинок при чисельному моделюванні в даному випадку.

5. Логічно було розрахункову модель, наведену у розділі 2 та обґрунтування її коректності, наведене у розділі 4 представити в одній більш загальній формі для полегшення сприйняття матеріалу.

6. При обґрунтуванні коректності розрахункових моделей течії (Розділ 4) доцільно було б провести порівняння із більшою кількістю експериментальних даних.

7. В роботі не приведено інформації про ефективну площу фільтроелемента (площа прохідного перерізу фільтруючої перегородки) і як вона впливає на ефективність очищення. Яка ефективна площа розглядалась в експерименті та чисельному моделюванні?

8. В тексті дисертації наявні деякі термінологічні неточності. Так в дисертаційній роботі кілька разів зустрічається застаріла назва мікрометра – мікрон (розділ 4, сторінки 103,107).

Висновок.

Дисертаційна робота Браженка Володимира Миколайовича «Очищення робочих рідин повнопотоковим гідродинамічним фільтром з обертовим перфорованим циліндром та бункером для осаду», є завершеною науково-дослідною роботою, що має теоретичне та практичне значення, містить нові рішення актуальної науково-практичної задачі, сутність якої полягає у підвищенні ефективності очищення рідин від механічних частинок повнопотоковим гідродинамічним фільтром з новою конструкцією фільтроелемента, представленою обертовим перфорованим циліндром, і бункером для збору осаду.

Актуальність, практичне значення, новизна і закінченість досліджень, обґрунтування та достовірність висновків заслуговує позитивної оцінки. Зміст і структура дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

В цілому дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9,11,12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», що висувуються до кандидатських дисертацій, профілю спеціалізованої вченої ради К 55.051.03 у

Сумському державному університеті, а здобувач Браженко Володимир Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
Завідувач кафедри «Мобільні енергетичні
засоби» Таврійського державного
агротехнічного університету



А.І. Панченко

Підпис Панченка А.І. засвідчую
Начальник відділу кадрів

А.В. Терещенко

