

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Мацуя Анатолія Миколайовича
на дисертаційну роботу

Славінського Дмитра В'ячеславовича

«Автоматизація процесу керування моторизованим респіратором на
основі регулювання циклічних потоків»

представлену на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з державними науковими програмами та відповідність теми дисертації її змісту.

Захист органів дихання працівників від впливу шкідливих речовин у повітрі робочої зони, для України має надзвичайно важливе значення з огляду на велику кількість підприємств, пов'язаних з видобутком та переробкою корисних копалин. Щоденна інтенсивна діяльність в таких умовах може викликати фізіологічні зміни, а також підвищити ризик виникнення професійних захворювань органів дихання під дією пилу: пневмокніоз різного походження та пилові бронхіти. Застосування моторизованих респіраторів, дозволяє зменшити опір диханню та за рахунок створення надмірного тиску повітря у підмасковому просторі, зменшити ймовірність потрапляння забрудненого повітря під маску. Однак, повна відсутність або недостатня функціональність наявних систем керування параметрами повітряного потоку в моторизованих респіраторах не дозволяють ефективно використовувати можливості цих пристроїв.

У дисертації автором вирішено актуальне наукове завдання розробки автоматизованої системи керування тиском повітря в підмасковому просторі респіратора, що враховує можливість зміни режиму дихання при зміні фізичного навантаження працівника. Розв'язання даної задачі дозволяє істотно поліпшити захист працівників від впливу шкідливих та небезпечних чинників оточуючого середовища.

Робота виконана відповідно до енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність конкурентоспроможність», затвердженої розпорядженням Кабінету міністрів України від 18 серпня 2017 року № 605-р.

Автор дисертації брав участь в якості співвиконавця в науково-дослідній роботі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» за темою: «Інтелектуальні технології керування процесами гірничого виробництва в задачах енергозбереження та енергоефективності» (ДР №0113U000402). Результати досліджень по цій темі, отримані автором особисто, представлені в розглянутій роботі.

Тема дисертації повністю відповідає її змісту.

За своїм спрямуванням та фактичним змістом, представлена робота є актуальною і відповідає спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Отримано 05.06.2024

Вчений секретар

с.п.с. 209.052.05



Тиханський М.П.

2. Наукова новизна основних висновків і результатів дисертації.

Найбільш значущими і цікавими виявляються наукові положення і результати досліджень автора, новизна і достовірність яких підтверджується нестандартністю підходу, теоретичним та експериментальним обґрунтуванням методу автоматичного регулювання уставки для системи керування тиском повітря в масці моторизованого респіратора. Сутність запропонованого підходу автоматичного регулювання уставки для системи керування тиском повітря в масці моторизованого респіратора представлена в дисертації двома науковими положеннями і чотирма науковими результатами, що мають суттєву наукову новизну.

Наукові положення, що виносяться на захист.

1. Врахування при розробці системи керування прямо пропорційної залежності значення відхилення тиску повітря у масці моторизованого респіратора від уставки та амплітуди дихання працівника, забезпечує підвищення коефіцієнта захисту респіратора та дозволяє зменшити зусилля, які необхідні для дихання.

2. Визначення часу захисної дії моторизованого респіратора забезпечується шляхом врахування при розробці системи керування залежностей величини та швидкості зростання додаткового опору шару пилу на фільтрувальній поверхні, що прямо пропорційні витраті повітря до маски.

Наукові результати:

1. Вперше отримано математичну модель динаміки тиску повітря в масці моторизованого респіратора, що дало можливість розробити систему керування тиском повітря, в якій враховано вплив циклічних потоків від дихання людини при змінному фізичному навантаженні.

2. Вперше запропоновано метод регулювання тиску повітря в масці моторизованого респіратора шляхом керування швидкістю обертання ротора електродвигуна вентилятора для збільшення ступеня компенсації коливань тиску від дихання при інтенсифікації фізичного навантаження.

3. Удосконалено імітаційну модель системи керування тиском повітря в масці моторизованого респіратора шляхом впровадження програмного модуля формування додаткового опору на фільтрувальній поверхні, який впливає на час захисної дії, що дозволило скорегувати метод визначення уставки тиску повітря відповідно до реальних умов експлуатації респіратора.

4. Отримав подальший розвиток метод еквівалентного заміщення "опір-ємність" для систем транспортування газоподібних речовин, що дозволило отримати математичну модель зміни тиску повітря в масці моторизованого респіратора в залежності від швидкості обертання крилатки на роторі електродвигуна вентилятора, із врахуванням зміни опору повітряному потоку.

Аналіз інформації, щодо відомих підходів, теорії та практики отримання математичних моделей процесів транспортування газоподібних речовин (в даному випадку – повітря) та автоматизації процесів керування параметрами повітряного потоку в моторизованому респіраторі показує вагому новизну наукових положень та результатів, що захищаються.

3. Обґрунтованість та достовірність наукових положень і результатів дисертації.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і результатів підтверджується коректним використанням методів досліджень:

- методів математичної статистики при аналізі даних експериментальних досліджень та впливу режимів дихання на роботу моторизованого респіратора;
- методу теорії транспортування газоподібних речовин при аналітичному описі руху повітряного потоку в моторизованому респіраторі;
- методів теорії автоматичного керування для розробки та імітаційного моделювання системи керування тиском повітря в масці моторизованого респіратора.

Достовірність математичної моделі зміни тиску повітря в масці моторизованого респіратора в залежності від швидкості обертання крилатки на роторі електродвигуна вентилятора підтверджується результатами комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень, якісним збігом перехідних характеристик, отриманих при цьому.

В рамках лабораторних досліджень у ТОВ НВП «Стандарт» (м.Дніпро) на базі випробувальної лабораторії технічної експертизи засобів колективного та індивідуального захисту органів дихання працюючих, за участі випробувачів була визначена захисна ефективність фільтрувальних респіраторів з примусовою подачею повітря та встановлено, що осереднений результат коефіцієнта захисту зразків на яких виконувались випробування коливався в межах 99,93÷99,97%, що цілком задовольняє вимоги стандарту ДСТУ EN12941:2004.

4. Значимість результатів роботи для науки і практики.

У науковому та практичному плані, дослідження та результати роботи, виконані здобувачем, є корисними для фахівців в галузі автоматизації засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) людини. Це підтверджується результатами, отриманими в дисертації:

1) Отримано математичну модель зміни тиску повітря в масці моторизованого респіратора, яка надає можливість налаштування параметрів для різних конструкцій моторизованих респіраторів.

2) Запропоновано метод керування тиском повітря у масці моторизованого респіратора з врахуванням залежності циклічності повітряних потоків від дихання та змін інтенсивності фізичного навантаження працівника з розробкою відповідного програмного забезпечення, функціонування системи керування як окремо, так і у складі системи керування роботою моторизованого респіратора.

3) Імітаційна модель системи керування моторизованим респіратором із програмним модулем формування додаткового опору на фільтрувальній поверхні дозволяє визначити орієнтовний час захисної дії респіратора за різних (у т.ч. змінних) концентрацій пилу в повітрі робочої зони.

4) Розроблена імітаційна модель системи керування моторизованим респіратором використовується для визначення необхідної ємності акумуляторної батареї, із врахуванням вимог до часу автономної експлуатації.

Наукові положення та результати прийняті до впровадження у науково-виробничому підприємстві «Стандарт» (м. Дніпро), що є розробником та виробником ЗІЗОД та нетканих фільтруючих матеріалів в Україні, і можуть бути рекомендовані до впровадження на інших підприємствах, що займаються виробництвом ЗІЗОД.

5. Використання результатів дисертації

Для практичного використання науково-виробничому підприємству «Стандарт» (м. Дніпро) передані наступні матеріали та рекомендації для розробки системи керування тиском повітря в масці моторизованого респіратора:

- науково-технічні рішення та експериментальні дані, отримані на дослідному зразку моторизованого респіратора, зокрема статистично оброблені дані замірів тиску повітря в підмасковому просторі респіратора, статистичні дані коливань тиску повітря від дихання користувача при виконанні робіт різної категорії важкості;
- математична модель та статистично оброблені результати імітаційного моделювання роботи моторизованого респіратора в умовах зміни опору фільтрувальних елементів від накопичення шару пилу на їх поверхні;
- метод регулювання тиску повітря в масці моторизованого респіратора шляхом керування швидкістю обертання ротора електродвигуна вентилятора для збільшення ступеня компенсації коливань тиску від дихання при інтенсифікації фізичного навантаження;
- структурна та принципова схеми системи контролю та керування моторизованим респіратором;
- схема алгоритму та програмне забезпечення системи контролю та керування моторизованим респіратором.

Надані науково-технічні пропозиції та рекомендації, що використані при формуванні технічного завдання на розробку промислового зразка моторизованого респіратора, дозволили підвищити захисну ефективність фільтрувальних респіраторів з примусовою подачею повітря.

Практичне використання результатів підтверджується актом впровадження.

6. Структура роботи та її зміст

Дисертація включає анотацію, вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел, додатки, графічний та табличний матеріал. Загальний обсяг роботи 204 сторінок, з них 134 основний текст. Дисертація містить 80 рисунків, 8 таблиць, список використаних літературних джерел із 132 найменувань.

В анотації викладено основні результати роботи.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи та її зв'язок з науково-дослідними програмами. Визначено мету і завдання досліджень, охарактеризовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Сформульовано об'єкт і предмет дослідження, розкриті методи досліджень, доведені обґрунтованість і достовірність отриманих наукових результатів.

У першому розділі розглянуто питання автоматизації засобів захисту органів дихання людини. Визначені особливості конструкції та функціонування моторизованого респіратора, як об'єкта автоматизації.

Розглянуто методи математичного опису процесів транспортування газоподібних речовин, в тому числі і для подібних за будовою і функціонуванням об'єктів інших галузей промисловості.

На основі виконаного аналізу сформульовані мета і завдання дослідження.

У другому розділі виконано аналітичний опис процесів, що мають місце в моторизованому респіраторі, за допомогою рівняння рівноваги та еквівалентної схеми заміщення з елементами «опір-ємність» та отримано математичну модель у вигляді передаточної функції.

Для підтвердження адекватності отриманої математичної моделі були виконані експериментальні дослідження на реальному об'єкті (фізичній моделі) з відповідними складовими елементами конструкції.

Використовуючи фізичну модель були отримані дані про дихання людини в респіраторі та порівняно їх з математичною моделлю гармонічного сигналу (синусоїди), що імітує дихання користувача.

Третій розділ присвячений розробці системи керування тиском повітря в підмасковому просторі моторизованого респіратора.

За допомогою комп'ютерного моделювання, налаштовано та порівняно роботу декількох типів регуляторів та встановлено, що використання в системі керування ПІ-регулятора з коефіцієнтами має найкращі показники.

Виконана перевірка стійкості системи керування.

За результатами математичного моделювання встановлено вплив значення уставки на коливання тиску при різних режимах дихання, що стало основою алгоритму корекції значення уставки та відповідно удосконалено імітаційну модель системи керування.

Отримані за результатами моделювання нові закономірності дозволили вдосконалити імітаційну модель системи керування моторизованим респіратором.

У четвертому розділі представлено втілення отриманих результатів досліджень та експериментів у діючий зразок моторизованого респіратора за допомогою адитивних технологій 3D друку та з використанням стандартних елементів (маски, фільтрів).

Розроблено структурну та принципову схеми та комплекс сучасних технічних засобів для реалізації системи контролю та керування роботою моторизованого респіратора. Представлені схеми алгоритмів роботи системи контролю та керування моторизованого респіратора.

У висновку наводяться основні результати досліджень та розробок дисертації.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена наукова-технічна задача автоматизації процесу підтримки тиску повітря у масці моторизованого респіратора, шляхом використання визначених методів, розробки аналітичної та імітаційної моделей і системи керування моторизованим респіратором, що враховують закономірності руху повітря у респіраторі та можливості існуючих технічних засобів автоматизації.

7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих роботах.

Дисертаційна робота Славінського Дмитра В'ячеславовича містить всі необхідні компоненти кандидатських дисертацій. Вона має чітку постановку задач наукових досліджень, аналіз сучасного стану питань автоматизації процесу керування тиском повітря в масці моторизованого респіратору, чітку спрямованість, тісний взаємозв'язок теоретичних та практичних досліджень, наукову новизну, цінність для науки та захисту здоров'я людини на виробництві. Дисертація написана чітко та логічно. Зміст дисертації відповідає спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

В авторефераті дисертації коротко викладені мета та новизна роботи, основний зміст дисертації, наукові положення та результати, що захищаються, загальні висновки до дисертації, а також перелік усіх опублікованих здобувачем робіт за темою дисертації. Зміст автореферату цілком відповідає змісту дисертаційної роботи.

За темою дисертації опубліковано 16 наукових праць, з них 4 статті у періодичних виданнях, які включені до наукометричних баз Web of Science та Scopus, 3 статті у фахових виданнях України, отримано 3 патенти України на корисну модель, 6 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

8. Зауваження по дисертаційній роботі.

1. В першому розділі варто було б показати більш розгорнуто саме недоліки існуючих систем керування моторизованими респіраторами, як закордонних, так і вітчизняних.

2. При визначенні числових коефіцієнтів передаточної функції, отриманої аналітичним шляхом (стор. 72), варто було б детальніше описати прийняті допущення. Оскільки в тексті дисертації часто вказується, що багато зовнішніх факторів (температура, вологість та ін.) впливають на роботу систему. А яким чином в математичній моделі ці збурення компенсуються чи враховуються, не сказано?

3. В описі принципу роботи модуля (блоку?) корекції уставки (стор. 117) відсутнє обґрунтування часового проміжку (4-5 с.) на зменшення уставки.

4. Схема алгоритму роботи системи контролю та керування (стор. 135) має загальний опис деяких блоків (напр. блок 6), без конкретизації відповідних значень (не вказано кінцевого значення перепаду тиску).

5. У підрозділі 4.5 приведені розрахунки економічної ефективності. На думку опонента, доцільно було б ці розрахунки перенести у Додатки.

6. В роботі є окремі неточності в оформленні графічної інформації та тексту дисертації.

Наведені недоліки в основному мають характер зауважень, частина з яких може бути віднесена до подальших досліджень. Відзначені зауваження в цілому не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації, її наукову і практичну значущість.

9. Висновки.

Дисертація Славінського Дмитра В'ячеславовича «Автоматизація процесу керування моторизованим респіратором на основі регулювання циклічних потоків» є цілісною та завершеною науковою працею, в якій

вирішена важлива для галузі охорони праці України науково-практична задача підвищення ефективності індивідуального захисту органів дихання людини шляхом розробки автоматизованої системи керування тиском повітря в підмасковому просторі моторизованого респіратора, що враховує можливість зміни режиму дихання при зміні фізичного навантаження працівника, за відповідних обмежень.

Реалізація розроблених у дисертації технічних рішень вносить значний внесок у підвищення ефективності автоматизації засобів індивідуального захисту органів дихання людини.

За своїм характером, обсягом та результатами виконаних досліджень дисертація Славінського Дмитра В'ячеславовича відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013р. №567 (назва постанови зі змінами, внесеними згідно з постановою КМ № 656 від 19.08.2015р.) та паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

На підставі сказаного вважаю, що Славінський Дмитро В'ячеславович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент
доцент кафедри автоматизації
виробничих процесів,
Центральноукраїнського національного
технічного університету
доктор технічних наук, професор



Анатолій МАЦУЙ

Підпис д.т.н., професора
Мацуя А.М. «ЗАСВІДЧУЮ»

Проректор з наукової роботи та
міжнародних зв'язків
Центральноукраїнського
національного
технічного
університету




Андрій ТИХИЙ