

Голові разової спеціалізованої вченої
ради Д 20.052.022
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу
доктору технічних наук, професору
Горбійчуку Михайлу Івановичу

ВІДГУК

Офіційного опонента доктора технічних наук, професора кафедри програмної інженерії технічного національного університету ім. І. Пулюя

Пастуха Олега Анатолійовича

на дисертаційну роботу Григорчук Галини Василівни

на тему «Моделі та засоби підвищення ефективності автоматизованого контролю технологічних процесів на протяглих квазіциліндричних обертових об'єктах»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Тема дисертаційного дослідження є актуальною та важливою, оскільки важливо оцінювати технічний стан діючих технологічних об'єктів, зокрема, в цукровій промисловості України.

На виробництві використовується обладнання, яке тривалий час підлягає експлуатації в складних, нестаціонарних умовах, зазнаючи дії силових, теплових та інших видів навантажень, які негативно впливають на технічний стан. У процесі експлуатації відбувається зміна технологічних параметрів обладнання, геометричних характеристик, міцнісних властивостей, що потребує розроблення системи автоматизованого контролю такого обладнання. Найчастіше обладнання цукрової промисловості має форму протяглих циліндричних об'єктів, які характеризуються спряженням ділянок різної геометрії. Суттєво змінюється в процесі експлуатації аеродинамічна характеристика лопатевого апарату вентиляційних установок та сушильних камер, що потребує організації автоматизованого контролю за їх станом та виробленням рекомендацій стосовно забезпечення їхнього робочого стану. Водночас важливого значення набуває розроблення математичних моделей процесів, що характерні для елементів конструкцій технологічного обладнання в цукровій промисловості та розробка програмних засобів їх реалізації. Створена система повинна бути економічно ефективною, забезпечувати можливість гарантування роботи довговічності конструкції та можливості

внесення змін до конструкцій елементів обладнання з метою відновлення їх технологічних показників.

Тому завдання оцінювання технічного стану протяглих циліндричних об'єктів, що експлуатуються в цукровій промисловості України, залишається актуальною науково-технічною задачею. Такі циліндричні об'єкти потребують забезпечення стабільності в експлуатації у складних економічних (коли виділяється недостатньо коштів на модернізацію обладнання), технологічних (зміна режимів роботи обладнання), нестационарних умовах роботи. Вирішення цієї задачі сприятиме підвищенню довговічності роботи обладнання, забезпечить його високі технологічні показники, дозволить розробити ефективні режими автоматизованого контролю, підвищить ефективність та регулярність контрольних заходів

Зв'язок з науковими планами і програмами

Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напряму кафедри прикладної математики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, а також тематиці науково дослідних робіт:

- "Методичні засади математичного моделювання та засобів реалізації моделей для процесів і систем нафтогазового комплексу та їх впливів на стан довкілля", 2017, №0116U004186;

- "Розроблення математичних моделей, засобів їх реалізації для процесів та систем промисловості, екології та в медицині" №держреєстрації 0117U003757;

- "Розробка нових методів оцінювання технічного стану металоконструкцій довготривалої експлуатації з використанням засобів фізичної мезомеханіки", №Д-13-17-П; №0117U004217;

- "Розроблення екологічно безпечної технології контролю структури та складу газорідних потоків" №ДЗ/77-2019, № держреєстрації 0919U002939;

- "Дослідження нових методів керування видобутком вуглеводнів через одержання онлайнної інформації про фазовий склад газорідних свердловинних потоків" , № держреєстрації 0114U004337.

Аналіз змісту дисертації

Дисертація «Моделі та засоби підвищення ефективності автоматизованого контролю технологічних процесів на протяглих квазіциліндричних обертових об'єктах» охоплює дослідження досить широкого кола питань, які знайшли своє відображення в структурі роботи та її змісті. Дана робота є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки..

В *анотації* наведено вирішену науково-практичну задачу, а саме: визначення технічного стану елементів конструкції технологічного обладнання цукрової промисловості, що має геометричну конфігурацію протяглих

оберткових об'єктів методами автоматизованого контролю за їх станом з використанням теоретичних та експериментальних методів.

У *вступі* обґрунтовано актуальність задач дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, зазначено наукову новизну та сформульовано практичне значення отриманих результатів, проведено аналіз особистого внеску в публікації за темою роботи, визначено мету, об'єкт і предмет дослідження, проаналізовано кількість публікації та ступінь апробації роботи.

У *першому розділі* проведено аналіз протяглих оберткових об'єктів (ПОО), як об'єктів контролю, вивчено особливості їх конструкцій, проведено аналіз існуючих методів експериментальних досліджень ПОО. Здійснено аналіз існуючих математичних моделей для оцінювання параметрів напруженого стану досліджуваних об'єктів з зазначенням невирішених задач моделювання, намічено задачі, що можуть бути вирішені в процесі виконання роботи.

У *другому розділі* формалізовано клас задач технічної діагностики та контролю, некоректних з математичного погляду, для яких будується регуляризуючий алгоритм. Наведено розв'язання задачі оцінювання зміни напружено-деформованого стану модельного об'єкта з реальною геометричною конфігурацією за даними про переміщення точок поверхні. Побудовано розв'язання задачі про НДС (напружено-деформований стан) технологічної труби, яка в процесі експлуатації підлягає бандажуванню на основі розв'язання задачі Ламе для двошарової труби. Досліджено зміну напружено-деформованого стану в реальному технологічному об'єкті цукрової промисловості, що в процесі експлуатації зазнає значних технологічних впливів та має складну просторову конфігурацію осі. Вивчено особливості зміни шести компонент тензору напружень за переміщеннями шести точок поверхні досліджуваного ТОЦП (технологічний об'єкт цукрової промисловості).

У *третьому розділі* запропоновано систему оцінювання аеродинамічних характеристик лопаткового агрегату складних технічних систем – вентиляторів різного призначення в цукровій промисловості, газоперекачувальних агрегатів, авіаційних двигунів тощо. Проведено вибір системи координат для еліптичних профілів з різними величинами малих півосей, створено математичну модель процесу обтікання з використанням інтегрального рівняння Фредгольма II роду для визначення дотичної компоненти швидкості потоку, запропоновано метод його чисельного розв'язку шляхом використання формули трапецій для наближеного інтегрування визначених інтегралів, створено відповідне програмне забезпечення. Розглянуто випадки для різних значень півосей та кількості контрольних точок. Проведено тестові розрахунки для модельних еліптичних профілів під різними кутами атаки та з різною величиною малих півосей верхньої та нижньої поверхонь, виявлено добре узгодження з даними про розрахунки за іншими моделями. За допомогою розроблених автором

підходів виконано моделювання зміни геометрії профілю завдяки відкладанню на поверхні профілю компонентів газорідних сумішей та при зношенні лопатевого агрегату в процесі експлуатації внаслідок дії абразивних компонент. Досліджено зміну двох основних характеристик – коефіцієнту аеродинамічного опору та коефіцієнту підйимальної сили. Методику узагальнено на випадок системи лопатей з урахуванням кількості ушкоджених профілів та ступеня ушкодження. Вказано сферу галузі подальшого використання методики.

У четвертому розділі розроблена система автоматичного керування процесом сушіння утфелі в барабанній сушильній установці дозволяє зменшити витрати енергії на сушіння за рахунок оптимального підбору часу перебування сировини в сушильному барабані шляхом керування положенням осі обертання цього барабана, що забезпечує вищий рівень надійності та ритмічності процесом автоматизованого керування. Розглянуто питання щодо розробки методики та програмного забезпечення для системи відновлення початкової конфігурації лопаткового апарату елементів конструкції методом напилення відновлювального шару шляхом мікро дугового оксидування алюмінію та його сплавів. Форму сліду кожного імпульсу вважалася круговою та незмінною. Визначено, що зі зростанням кількості імпульсів відсоток площі обробленої поверхні експоненціально наближується до максимуму. Параметр цієї експоненціальної залежності прямо пропорційний відношенню площі, покритої одним імпульсом до площі всієї поверхні (принаймні в інтервалі значень цього відношення від 0,0001 до 0,001). Точність цієї моделі є не гіршою 1% принаймні з ймовірністю 0,95. Модель побудована методом статистичного аналізу комп'ютерно змодельованого процесу.

Визначено, наскільки фінансово обґрунтованою є реалізація заходів технічної діагностики та контролю, а також удосконалення управління ними з погляду забезпечення безаварійної роботи цих об'єктів. Побудовано відповідні математичні моделі теоретико-експериментального характеру із застосуванням апарату звичайних диференціальних рівнянь. Визначено умови, за яких такий підхід можна використовувати експериментально.

Висновки, представлені в дослідженні, є інформативними, чіткими і логічно продовжують виклад основного змісту виконаної праці.

Додатки до роботи є ілюстрацією практичних результатів, отриманих в ході вирішення науково-технічної задачі дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість представлених у дисертаційному дослідженні наукових положень, висновків і рекомендацій полягає у використанні в дисертаційному дослідженні методів, наукових положень та підходів, що забезпечують об'єктивність, наукову обґрунтованість, системність отриманих результатів.

Достовірність отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій забезпечується розробленими в дисертації рішеннями, що мають наукову новизну і практичне значення, а також зробленими висновками та рекомендаціями вирішують такі поставлені задачі досліджень:

- проведено аналіз стану ПОО як об'єктів контролю, вивчено особливості їхньої конструкцій, проаналізовано існуючі методи експериментальних досліджень ПОО з вказівкою існуючих проблем; здійснено аналіз використовуваних математичних моделей для оцінювання параметрів напружено-деформованого стану досліджуваних об'єктів з визначенням невирішених задач моделювання, намічено задачі, що можуть бути вирішені в процесі реалізації дисертаційного дослідження;

- для вирішення задачі дослідження формалізовано клас задач технічної діагностики та контролю, некоректних з погляду математики, для яких будується регуляризує алгоритм.

- проведено вибір системи координат для еліптичних профілів з різними величинами малих півосей, створено математичну модель процесу обтікання з використанням інтегрального рівняння Фредгольма II роду для визначення дотичної компоненти швидкості потоку і запропоновано метод його чисельного розв'язку шляхом використання формули трапецій для наближеного інтегрування визначених інтегралів, створено відповідне програмне забезпечення. Проведено тестові розрахунки для модельних еліптичних профілів під різними кутами атаки та з різною величиною малих півосей верхньої та нижньої поверхонь, виявлено добре узгодження з даними про розрахунки з іншими моделями. За допомогою розроблених підходів виконано моделювання зміни геометрії профілю завдяки відкладанню на поверхні профілю компонентів газорідних сумішей та за умови зношення лопатевого агрегату в процесі експлуатації внаслідок дії абразивних компонент. Досліджено зміну двох основних характеристик – коефіцієнту аеродинамічного опору та коефіцієнту підймальної сили. Методику узагальнено на випадок системи лопатей з урахуванням кількості ушкоджених профілів та ступеня ушкодження. Вказано межі подальшого використання методики;

- розроблена система автоматичного керування процесом сушіння утфелі в барабанній сушильній установці дозволяє зменшити витрати енергії на сушіння за рахунок оптимального підбору часу перебування сировини в сушильному барабані шляхом керування положенням осі обертання цього барабана, що забезпечує вищий рівень надійності та ритмічності процесом автоматизованого керування;

- розглянуто питання розроблення методики та програмного забезпечення для системи відновлення початкової конфігурації лопаткового апарату

елементів конструкції напиленням відновлювального шару шляхом мікро дугового оксидування алюмінію та його сплавів.

- для оцінювання реального технічного стану діючих циліндрично-оберткових об'єктів вивчено питання оцінки технічного ресурсу з урахуванням термінів експлуатації об'єктів, режимів дії на них силових факторів різної природи, які зумовлюють зміну несучої здатності об'єктів. Реалізовано методику перевірки гіпотези про нормальний закон розподілу випадкової величини – зміну напруженого стану об'єкта дослідження;

- розглянуто задачу економіко-соціального характеру, тобто побудовано відповідні математичні моделі теоретико-експериментального характеру для визначення фінансової обґрунтованості реалізації заходів технічної діагностики та контролю, а також удосконалення управління ними з точки зору забезпечення безаварійної роботи цих об'єктів. Такий підхід можна використовувати в тих задачах, коли всі функції, що моделюються, є асимптотичними сталими величинами.

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів дослідження

В даній дисертаційній роботі отримано нові наукові та практичні результати.

Наукове значення полягає у розробленні автоматичного керування барабанною сушильною установкою для висушування цукру із забезпеченням регулювання вологості вихідної сировини і її температури, створенні комплексної методики дослідження реального технічного стану технологічного обладнання цукрової промисловості.

Практична значимість результатів виконаної роботи полягає отриманні нових наукових та практичних результатів. А саме:

- розроблено автоматичне керування барабанною сушильною установкою для висушування цукру із забезпеченням регулювання вологості вихідної сировини і її температури;

- розроблене програмне забезпечення для моделювання процесу мікро дугового оксидування алюмінію та його сплавів "PEO-andromeda" (Plasma electronic oxidation), з використанням електро-іскрової обробки, що відновлюють початкову форму елементів конструкцій ПОО як об'єктів керування. Одержано свідоцтво про авторське право на твір;

- створено комплексну методику дослідження реального технічного стану технологічного обладнання цукрової промисловості, яка впроваджена на Староконстянтинівському та Теофіпольському цукрових заводах Хмельницької області, що підтверджено відповідними актами впровадження;

- створена модель оцінювання економічної ефективності може бути використана для розв'язання не вирішених економічних завдань в інших галузях промисловості

Наукова новизна одержаних результатів

Наукову новизну одержаних результатів дисертаційного дослідження Григорчук Г. В. складають такі наукові результати:

вперше:

-запропоновано розв'язок задач неперервно-деформованого стану елементів конструкції технологічного обладнання цукрової промисловості на основі задачі Ламе для двошарової труби, що дозволяє забезпечити ідентифікацію і більш точний контроль параметрів об'єкту в процесі керування ним АСК;

-побудовано математичну модель для реальних елементів конструкції технологічного обладнання з урахуванням їхньої складної конфігурації за даними про переміщення мінімальної кількості точок, конкретніше – залежність змінної у від аргументу функції x заданої функції;

-розроблено математичну модель для оцінювання економічної ефективності розробки та впровадження нових методів автоматизованого контролю та технічної діагностики;

удосконалено:

- методи оцінювання аеродинамічних впливів на технологічне обладнання (вентилятори сушки) в умовах використання, як об'єктів керування вентиляторів і сушок цукрової промисловості, що, на відміну від існуючих АСК, дозволяє, з урахуванням вказаних впливів, забезпечити вищий рівень надійності та ритмічності автоматизованим керуванням;

- методи формалізації некоректних задач, що виникають у процесі керування елементами конструкції обладнання цукрової промисловості, що, на відміну існуючого, підвищує надійність функціонування АСК шляхом мінімізації збурюючих впливів;

- методи оцінки довговічності протяглих обертових об'єктів, що використовуються в цукровій промисловості для гарантування високоякісних і кількісних показників процесів цукрової промисловості, і, як наслідок, підвищення надійності та ритмічності останніх.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях

Оформлення дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 161 сторінці друкованого тексту, в якій наведено 30 рисунків та 4 таблиці, список використаних джерел складає 115 найменувань. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним атестаційним вимогам.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Згідно результатів проведеної перевірки дисертаційної роботи на наявність академічного плагіату, у ній не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела. Результати свідчать про високу індивідуальність роботи та академічну доброчесність дисертанта.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. Результати дисертаційного дослідження опубліковано у десяти статтях, патентах на винахід, представлених у додатках до дослідження; дев'яти публікаціях у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових журналах.

Ці наукові результати пройшли апробації на міжнародних науково-технічних, науково-практичних конференціях та відповідають вимогам Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року № 167.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

Дисертаційне дослідження виконано на достойному науковому та інженерному рівнях. Існують дискусійні положення, уточнення, зауваження та рекомендації для подальшого вдосконалення досліджуваної тематики:

- у теоретичній частині варто було б окремо виділити методи дослідження, що стосуються автоматизованого контролю;
- розрахункові геометричні параметри автор наводить з надмірною точністю, що, вочевидь, зумовлено особливістю проведеного дослідження;
- в описі до аеродинамічних рівнянь варто було б конкретніше зазначити вплив теплових процесів, температур на представлену модель;
- щодо вдосконалення методів формалізації, то варто було б зазначити міру вдосконалення для кожного типу методів.

Однак наведені дані зауваження та рекомендації не є критичними, принциповими та не нівелюють наукової цінності дослідження та виконаної здобувачем роботи.

Висновки

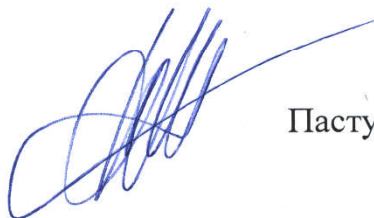
Дисертаційна робота Григорчук Галини Василівни на тему «Моделі та засоби підвищення ефективності автоматизованого контролю технологічних процесів на протяглих квазіциліндричних обертових об'єктах» є завершеною науково-дослідною працею, у якій отримано нові наукові обґрунтовані результати.

Одержані наукові та практичні результати є вагомим внеском в розвитку інформаційних технологій в цукровій промисловості та можуть бути застосовані у системних дослідженнях для підвищення якості профілактики діагностики та роботи цукрових заводів за рахунок їх застосування.

Отже, дисертаційна робота за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення поставлених задач, новизною і ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, викладом в наукових публікаціях, відсутністю порушень академічної доброчесності відповідає Постанові «Про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від

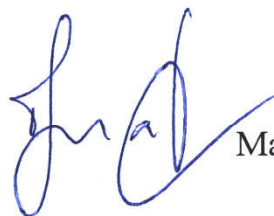
06 березня 2019 року №167, а її автор, здобувач Григорчук Галина Василівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 - автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Офіційний опонент,
д.т.н., проф.,
професор кафедри
програмної інженерії ТНТУ ім. І.Пулюя



Пастух О. А.

Підпис д.т.н., проф.,
професора кафедри
програмної інженерії ТНТУ ім. І.Пулюя
Пастуха О. А.
«ЗАСВІДЧУЮ»
Проректор з наукової роботи
д.т.н., проф.



Марущак П.О.

*Відрук надійшов до спеціалізованої
вченої ради ДР № 05/01-011 30.12.2019р.
Проректор з наукової роботи
Мурчик І.І.*

