

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Химко Ольги Мирославівни на тему «Математичні моделі, методи та алгоритми для автоматизації управління газотранспортними системами» представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування»

Склад і структура дисертаційної роботи. Подана на відгук дисертаційна робота складається із анотації вступу, шести розділів теоретичного та експериментального матеріалу, загальних висновків, списку використаної літератури (177 найменувань) та 2 додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи викладений на 305 сторінках, включаючи 186 рисунків та 1 таблицю. Оформлена робота згідно чинних вимог.

Актуальність теми. Однією з важливих проблем газотранспортної галузі є підвищення ефективності транспортування газу магістральними газопроводами, що є важливою науково-прикладною задачею державного значення. Її розв'язання в значній мірі базується на побудові математичних моделей, що описують фізичні процеси у трубопроводах та інших об'єктах газотранспортної системи. Тому актуальним є побудова моделі всієї системи транспортування газу, на основі якої розроблена концепція управління газотранспортними системами. Проблема розроблення і впровадження ефективних систем виявлення витоків, встановлення яких вимагають сучасні стандарти, є також актуальна.

Актуальність теми також підтверджується тим, що робота проведена в межах науково-дослідних робіт кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету «Львівська політехніка» та Центру математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України в рамках держбюджетних тем:

- «Моделювання процесів масопереносу в складних мережевих структурах для визначення оптимальних параметрів керування динамічними режимами» 0117U006866, 2016 – 2017 рр.,
- «Математичне та комп'ютерне моделювання зв'язаних процесів різної фізичної природи в об'єктах складної внутрішньої структури і топології та створення програмного забезпечення» 0117U006866, 2018 – 2020 рр.
та низки госпдоговірних робіт:
- «Методика визначення запасу газу газотранспортних підприємств» р. р.). № держреєстрації 0104U009759, замовник ДК „Укртрансгаз” НАК „Нафтогаз України», (2004–2005);
- «Розроблення стандарту організації ПАТ „Укртрансгаз”, який регламентує вимоги щодо застосування витратомірів змінного перепаду тиску за умови невідповідності геометричних характеристик вимірювальних трубопроводів і діафрагм вимогам ДСТУ ГОСТ 8.586.1–5:2009», № держреєстрації 0117U001457, замовник ПАТ „Укртрансгаз”, (2017–2018 р. р.);
- «Аналіз умов функціонування вузла обліку природного газу ТзОВ «Радехівський цукор» (Хоростківський підрозділ) упродовж вересня 2018 року» (2019 р.) Замовник ПАТ „Тернопільгаз”.
- «Розроблення національного стандарту України ДСТУ EN 12480 (EN 12480:2018, IDT) „Лічильники газу. Роторні лічильники газу” методом перекладу». (2019–2020 р. р.). № держреєстрації 0120U100612. Замовник НАК „Нафтогаз України”, в яких здобувачка брала участь як виконавець.

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень та висновків.

Основні **наукові положення** полягають у розробленні науково-концептуальних засад побудови програмно-технічної системи для автоматизації управління ГТС на основі розроблених математичних моделей динаміки газу в основних елементах газотранспортної системи.

Як **наукову новизну** слід відзначити розроблену дворівневу математичну модель структури ГТС, яка дозволяє перейти від структури до актуальної моделі конфігурації з врахуванням поділу на лінійні та вузлові елементи, для яких також були розроблені відповідні математичні моделі течії газу. У роботі розкрито закономірності контролю цілісності магістральних газопроводів, розроблено модель поширення малих збурень параметрів потоку газу в трубопроводі, що дало можливість ідентифікувати витoki з врахуванням параметрів течії. Для оцінки ефективності транспортування газу розроблені моделі керування перехідними процесами за вибраними числовими параметрами. На основі розроблених моделей запропонована концепція автоматизації управлінням ГТС.

Обґрунтованість основних наукових положень, висновків і рекомендацій базується також на представленому в роботі аналітичному і експериментальному матеріалі. Наукові положення, сформульовані в дисертації, достатньо обґрунтовані. Кожен пункт наукової новизни в повній мірі підтверджений теоретичними та експериментальними дослідженнями.

У вступі наведені відомості щодо обґрунтованості обраної теми, мети та завдань досліджень, наукової новизни та практичної цінності роботи, апробації одержаних результатів, опублікування основних положень дисертації.

У першому розділі проведено огляд науково-технічної інформації щодо транспортування газу трубопроводами, щодо математичних моделей для опису стаціонарних і нестаціонарних режимів роботи газопроводів, щодо задач транспортування газу.

Акцентовано увагу на питаннях автоматизації управління соціотехнічними системами. Показано необхідність розглядати ГТС як термодинамічну систему, яка складається із споруд ГТС та акумульованого в них газу, виділено що визначальними для функціонування цієї системи є процеси перенесення маси, імпульсу та енергії газовими сумішами.

У другому розділі визначено, що важливою складовою автоматизації управління є модель структури та конфігурації, що складає основу для побудови моделей транспортування та зберігання газу. Показано, що модель структури є необхідною для розв'язування задач управління ГТС, до яких відноситься зміна конфігурації та поточкорозподілу, керування перехідними режимами, контроль цілісності та відображення структури ГТС.

Автором запропоновано поділ всіх технологічних об'єктів технологічної частини на лінійні та вузлові елементи.

Особливості процесів динаміки газу у лінійних та вузлових елементах враховують розроблені математичні моделі руху газу у лінійних та вузлових елементах. Отримані спрощені моделі для руху газу при стаціонарному режимі роботи та при ізотермічному наближенні.

Побудована математична модель для опису течії газу в секції МГ, та запропонований підхід, який спрощує цю модель за рахунок віртуального вузлового елемента. Суттєво, що на основі розроблених моделей, можна проводити числове моделювання, оптимізацію перехідних та стаціонарних режимів роботи, оптимізувати структури, контролювати цілісність лінійної частини МГ.

Третій розділ присвячений розв'язуванню задач моделювання течії газу у трубопроводі, виділені крайові умові та крайові задачі. Розглядається керування режимами роботи магістральних газопроводів за вибраними алгоритмами, які визначаються моделлю керування та значеннями параметрів керування. Для оцінки

ефективності транспортування газу ведено ряд показників такі як: тривалість перехідного процесу, робота, затрачена на відбір газу на вході трубопроводу, потужність, робота сил тертя, середньо-інтегральні величини: середня густина, густина потоку, середній тиск, середня температура виділені локальні внутрішні параметри, питома енергія, затрачена на відбір та подачу газу в мережу.

У роботі наведені результати дослідження 12 моделей управління, наведені результати числових експериментів, які зведені у порівняльну таблицю.

Сформульовані задачі оптимізації, за оптимальний вибрано режим, коли повна потужність, що споживають компресорні станції, є мінімальна.

У розділі 4 дисертації теоретично обгрунтовано принципи поширення малих збурень, запропонована модель для математичного опису малих збурень. Встановлено, що коефіцієнти системи рівнянь запропонованої моделі залежать від режимів стаціонарної течії газу в трубі, у якій вони поширюються. У рамках моделі проведені дослідження хвильового поля залежно від місця виникнення флуктації та режиму течії, встановлена залежність між швидкістю згасання імпульсів та місцем виникнення флуктації.

У розділі 5 проведений аналіз методів ідентифікації витоків у магістральних газопроводах, проаналізована класифікацію цих методів з точки зору ефективності. Запропоновані математичні моделі та методи виявлення витоків за стаціонарних та нестаціонарних режимів роботи.

Досліджені математичні моделі керування перехідними режимами течії за наявності витoku та дослідженні перехідні процеси, спричинені локальною розгерметизацією. Розроблені моделі контролю цілісності лінійної частини магістрального газопроводу з вибором критеріїв цілісності. Разом з цим, розроблений метод виявлення витоків вузлових елементів, який базується на аналізі параметрів хвиль акустичної емісії. І в цілому запропонована модель системи контролю цілісності магістрального газопроводу.

Шостий розділ присвячений концептуальним засадам автоматизації управління ГТС. Проведений аналіз міжнародних стандартів з точки зору реалізації концепції комплексної автоматизації управління ГТС. Запропоновані математичні моделі для управління бізнес процесами, моделі для управління транспортуванням газу та зберігання газу, а також фізичних процесів у спорудах і газі. Формалізовано завдання, які стоять перед управлінням газотранспортною системою, враховуючи отримання максимального прибутку від роботи. Виділено функції управління інформаційними та бізнес процесами, управління транспортуванням газу, зберіганням газу та експлуатацією споруд. Також у розділі запропонована концепція поетапної автоматизації управління в ГТС України.

По роботі є наступні зауваження:

1. При створенні математичних моделей придатних для керування технологічними процесами необхідно було, перш за все, сформулювати допущення, визначити вхідні і вихідні величини, а також збурення, які діють на газотранспортну мережу, як динамічну систему.

2. На с. 172 автор вказує, що «функціями керування перехідними режимами слід прийняти залежності, які визначають зміни в часі значень тиску, витрати, та потоку механічної потужності на вході і виході трубопроводу». Ці величини аж ніяк не можуть бути функціями керування. Можливо, треба було зазначити, що перераховані технологічні параметри є функціями, які отримують як результат керування.

3. Керування технологічним процесом компримування природного газу на першому рівні у ієрархічній структурі керування, розробленої автором, здійснюється за допомогою зміни числа оборотів відцентрового нагнітача, шляхом зміни подачі палива у камеру згоряння газотурбінної установки. У роботі автором не висвітлені питання, керування газоперекачувальними агрегатами, які і визначають стан газотранспортної мережі.

4. Викликає сумнів введення у процес математичного моделювання одного із технологічних параметрів - густину природного газу, який безпосередньо не вимірюється штатними приладами, встановленими на технологічному обладнанні. Доцільно було б взяти як один з технологічних параметрів - тиск природного газу, як це прийнято в багатьох наукових роботах. Наприклад, Чермак И., Перерка В., Заворка И. Динамика регулируемых систем в теплоэнергетике и химии. М.: Мир, 1972. 623 с.

5. Розв'язуючи задачі оптимізації процесом компримування природного газу, як критерій оптимальності вибрані енергетичні затрати на переміщення газу трубопроводною мережею. На нашу думку, при розв'язуванні задачі оптимізації як критерій доцільніше вибрати вартість паливного газу з врахуванням обмежень на технологічні параметри і керуючі дії.

6. Перший розділ дисертації носить в основному оглядовий характер без критичного аналізу літературних джерел. Тільки вкінці розділу вказано, що застосування методів, алгоритмів і програмного забезпечення розроблених іноземними фірмами вимагає значних коштів і тому є необхідність у вітчизняних розробках принципів управління газотранспортною системою.

7. При висвітленні наукової новизни не ясно, які результати отримані автором вперше, які удосконалені і які знайшли подальший розвиток.

8. У пункті «Предмет дослідження» слово «розроблення» слід було б опустити. Адже розроблення – це процес, який дає змогу опримати певний науковий результат.

9. У роботі зустрічається цілий ряд термінологічних неточностей. Наприклад, автор вживає термін «компресор» (с. 28, 41, 52, та ін.), маючи на увазі агрегат для комприсування природного газу. Насправді цю функцію виконує відцентровий нагнітач з газотурбінним або електричним приводом. Компресор це інший агрегат призначення, якого подавати повітря в камеру згоряння газотурбінної установки.

На с.с. 77, 173 невдало вжитий термін «компресування» замість компримування природного газу (стиснення і переміщення).

На с. 42 вжито правильний термін «ступінь стиснення газу», а вже на с.с. 69, 71, 74, 107 та ін. автор вживає термін «фактор стисливості»

Замість терміну «часткова похідна» вжитий термін «частинна похідна».

10. За текстом дисертацій досить часто зустрічаються скорочені назви (абривіатура). Тому доцільно було б навести на початку роботи перелік таких скорочень, що полекшило би читання дисертації.

11. Автором запропонована концепція ієрархічної структура управління газотранспортною системою України, але, на нашу думку, слід було проаналізувати стан втравдження концептуальних засад на кожному рівні.

Наведені зауваження не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень.

Практичне значення роботи Проведені дослідження з модернізації управління ГТС пов'язані з автоматизацією управління інформаційними та бізнес процесами, що дозволить покращити керованість та ефективність роботи ГТС.

Результати отримані у роботі передані у філію НДІ транспорту газу АТ «УКРТРАНСГАЗ» і використані у складі програмного комплексу для диспетчерського керування потоками газу в ГТС.

Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі Химко О.М. не викликає сумніву, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень та моделювання, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах.

Загальні висновки по роботі висловлені чітко і аргументовані конкретними результатами.

Основні положення дисертації викладені в повній мірі в опублікованих 34 друкованих роботах, в тому числі, два розділи у закордонних монографіях, 18 статтях у наукових фахових виданнях України; одна стаття – у науковому періодичному виданні держави, що входить до Європейського союзу, два патенти України, 8 публікацій – у збірниках праць і тезах міжнародних конференцій; п'ять публікацій реферовані в базі SCOPUS.

Ідентичність автореферату основним положенням дисертації

Зміст автореферату є ідентичним до основних наукових положень дисертаційної роботи. Автореферат містить необхідну інформацію, яка дає достатнє уявлення сутності досліджень і отриманих результатів.

Дисертаційна робота Химко О.М. «Математичні моделі, методи та алгоритми для автоматизації управління газотранспортними системами» є завершеною науково-дослідною роботою, яка може бути кваліфікована як перспективний науковий напрям, містить нові наукові результати, що в комплексі вирішують науково-прикладну проблему розроблення концепції побудови програмно-технічної системи для автоматизації управління ГТС. За актуальністю, науковою новизною отриманих результатів, їх достовірністю та практичною значимістю дисертаційна робота відповідає комплексу вимог МОН України та п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року, а її автор – Химко Ольга Мирославівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, доктор технічних наук, професор

Горбійчук Михайло Іванович,

М.І. Горбійчук

Підпис(и) *Горбійчук М.І.*

Посвідчення *№ 13.Процес*

Учений секретар ІНТНУ

20 0

