

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., професора Максимова М.В. на
дисертаційну роботу

Кріля Сергія Олександровича на тему

«Автоматизація процесу керування гідродинамічним режимом
магістрального нафтопроводу»,

яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних
наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Актуальність теми дисертаційної роботи

У наш час, коли попит на нафту та нафтопродукти постійно зростає важливою задачею є забезпечення надійного транспортування нафти від родовищ до нафтопереробних підприємств. Найбільш ефективним видом транспортування нафти є трубопровідний транспорт, який забезпечує безперебійне та рівномірне постачання значних вантажопотоків нафти, при найменших економічних затратах.

Експлуатація магістральних нафтопроводів пов'язана з постійними стрибками тиску, які виникають внаслідок переключень режимів перекачування нафти та аварійних відмов насосних агрегатів. Ці стрибки можуть призвести до розривів трубопроводу або виходу з ладу насосних агрегатів, внаслідок явища кавітації. Тому для забезпечення безперервної та надійної роботи магістральних нафтопроводів необхідно регулювати тиск нафти, а саме на вході та виході нафтоперекачувальних станцій. Основний вплив на гідродинамічний режим магістрального нафтопроводу створюють елементи НПС, найбільш важливими є магістральні насоси та регулюючі органи на виході кожної станції.

Отже, дослідження, які спрямовані на покращення технологічного процесу перекачування нафти та вдосконалення систем керування цим процесом є актуальними та економічно доцільними. Результати цих досліджень дозволять підвищити ефективність та надійність транспортування нафти.

Зв'язок теми дисертаційної роботи з науковими програмами і темами

Дисертаційна робота Кріля Сергія Олександровича пов'язана із темами та планами науково-дослідної роботи кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету «Львівська політехніка».

Дослідження, результати яких ввійшли до дисертаційної роботи, виконувались в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи «Дослідження схем імпульсних регуляторів у промислових системах автоматизації», номер державної реєстрації 0116U004098 (2016-2017 рр.).

Структура та зміст дисертаційної роботи з зауваженнями.

Дисертаційна робота Кріля С.О. відповідає наступним пунктам паспорта спеціальності 05.13.07 — автоматизація процесів керування, а саме.

—Моделювання об'єктів та систем керування (статичні та динамічні, стохастичні та імітаційні, логіко-динамічні тощо моделі).

—Інформаційне та програмне забезпечення АСК організаційно-технічними об'єктами та комплексами.

—Ідентифікація та контроль параметрів об'єктів керування в різних галузях народного господарства.

Технічно робота складається із вступу, чотирьох розділів, в яких ґрунтовно і послідовно викладено суть вирішення поставлених в роботі завдань та висновків.

У **вступі** дано загальну характеристику дисертаційної роботи. Розкрито суть та стан науково-технічного завдання керування гідродинамічним режимом магістрального нафтопроводу. Обґрунтовано актуальність теми, на підставі чого сформульовані мета та основні задачі дослідження. Висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, подано відомості про особистий внесок здобувача та апробацію роботи.

До зауваження можна віднести мету, яку було сформульовано наступним чином: *«Метою роботи є розробка ефективної системи автоматичного керування гідродинамічного режиму магістрального нафтопроводу, яка забезпечила б зменшення кількості аварійних зупинок нафтопроводу та зменшення економічних втрат при транспортуванні нафти»*. Так як розглядається технічна робота метою має бути *«зменшення кількості аварійних зупинок нафтопроводу і як наслідок мінімізація економічних втрат при транспортуванні нафти за рахунок розробки ефективної системи автоматичного керування гідродинамічного режиму магістрального нафтопроводу»*.

Перший розділ присвячено вирішенню задачі дисертаційного дослідження, яка полягає в проведенні аналізу причин створення аварійних ситуацій та економічних втрат при транспортуванні нафти, зокрема зумовлених недосконалістю існуючих методів регулювання тиску на НПС.

Аналіз існуючих схем перекачування нафти визначив, що схема «з насосу в насос» є найбільш економічно виправданою для проміжних НПС і тому вона отримала широке застосування. Застосування такої схеми передбачає необхідність забезпечення постійного гідродинамічного режиму нафтопроводу. З цього робиться висновок, що економічно доцільнішим є метод дроселювання потоку нафти на виході НПС і на основі цього основним напрямом досліджень визначено створення системи автоматичного керування гідродинамічним режимом магістрального нафтопроводу, в основі якої лежить метод регулювання тиску у нафтопроводі шляхом дроселювання потоку нафти.

До зауважень можна віднести наступне.

1. Вимоги до систем регулювання тиску на нафтоперекачувальній станції, які було переписано з нормативного документу, потрібно б було систематизувати у вигляді таблиць. Потрібно було привести статистику про нештатні та аварійні події, які було зафіксовано при експлуатації нафтопроводів і по можливості виділити ту частку, яка залежала від неспрацювання систем автоматики.

2. Постановку задач дослідження потрібно було відділити від висновків по першому розділу, та представити окремим розділом. В цьому розділі потрібно було б представити логічну структуру дисертаційного дослідження. А саме

порядок та послідовність задач, які вирішуються. Що є вхідними характеристиками кожної задачі, а що є вихідні. І в яких задачах вихідні характеристики є вхідними. Які задачі потрібно вирішувати послідовно одну за одною, а які можна вирішувати паралельно. Це дало б змогу структурно представити результати дослідження.

3. В першому розділі дуже багато матеріалу наведено як загальновідомого, його потрібно б було скоротити. Доцільно було б привести розділ в якому показати і проаналізувати автоматизовані системи керування нормальною (штатною) експлуатацією нафтопроводу та нештатною (аварійною) і де в цих режимах місце оператора, які функції він виконує.

Другий розділ присвячено вирішенню двох наступних задач дисертаційного дослідження, які полягали в побудові моделі комплексу поворотна заслінка – виконавчий механізм та розробці структурної схеми регулятора тиску на НПС, який реалізує новий метод формування керуючої дії в системі регулювання тиску на НПС.

Було визначено, що найбільш доцільно для дроселювання потоку нафти на магістральному нафтопроводі використовувати поворотну заслінку з електричним виконавчим механізмом. Для лінеаризації динамічної характеристики комплексу поворотна заслінка – виконавчий механізм запропоновано змінювати швидкість переміщення заслінки залежно від її положення. Регулятор побудований на основі рекурсивних рівнянь дозволяє отримати позитивний ефект «пропорційного стрибка» при швидких збуреннях, які часто виникають у нафтопроводах.

До зауважень можна віднести наступне.

1. В побудованих математичних моделях регулюючого органу та «комплексу поворотна заслінка – виконавчий механізм» незрозуміло, яка в них похибка розрахунку, та ступень адекватності реальним об'єктам?

2. Який номер ліцензії середовища моделювання Matlab?

3. Незрозуміло як розраховані (за якою методикою, чи автор має власну методику) налаштування регулятора який пропонується? Як розраховувались показники якості?

Третій розділ присвячено вирішенню задач дисертаційного дослідження, які полягали в наступному. Запропонованому методі лінеаризації динамічної характеристики поворотної заслінки. Запропонованому методі формування керуючої дії в системі регулювання тиску на НПС. Розробленій моделі системи керування гідродинамічним режимом НПС. Дослідженні зміни коефіцієнту підсилення системи регулювання при різних статичних положеннях заслінки;

Результатом вирішення задач стало зменшення діапазону зміни коефіцієнта підсилення об'єкта та наближення цієї зміни до лінійної.

До зауважень можна віднести наступне.

1. Не зрозуміло як було одержано передавальні функції, які наведено в розділі, наприклад, вирази балансові 3.3, 3.5, 3.7, 3.9 та інші, коли не наведено перед тим якісь, чи то балансові рівняння, чи рівняння законів збереження, чи то теорема суцільності та нерозривності.

2. Не зроблено розподіл впливів внутрішніх та зовнішніх збурень які виникають в обладнанні і як це відображається на процесі керування.

Четвертий розділ присвячено впровадженню та дослідженню розробленої системи автоматичного керування гідродинамічним режимом на реальному нафтопроводі.

Аналіз отриманих перехідних процесів розробленої системи автоматичного керування та моделі системи з постійним часом повного ходу виконавчого механізму показав, що розроблена система забезпечує кращі показники регулювання, а саме більшу швидкодію та менші динамічні відхилення. Крім того запропонована система дозволила усунути коливні процеси, які виникають при відпрацюванні збурень.

До зауважень можна віднести наступне.

1. На початку роботи була сформульована мета: «Метою роботи є розробка ефективної системи автоматичного керування гідродинамічного режиму магістрального нафтопроводу, яка забезпечила б зменшення кількості аварійних зупинок нафтопроводу та зменшення економічних втрат при транспортуванні нафти». В розділі не наведено даних, а ні кількість зупинок до впровадження розробленої автоматизованої системи керування, а ні після впровадження, тому порівняти неможливо. Виходячи з представленого матеріалу, а чи була досягнута та мета яка була поставлена?

У додатках наведено довідки про впровадження отриманих у дисертації результатів.

Висновки роботи достатньою мірою відображають цінність проведених досліджень. Дисертація виконана з використанням сучасної технічної термінології. Ілюстрації, схеми, таблиці добре доповнюють текстовий матеріал. Оформлення роботи відповідає вимогам щодо присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань.

Достовірність отриманих результатів

Достовірність висновків та результатів отриманих у дисертаційній роботі підтверджена застосування сучасних методів математичного моделювання та теорії вимірювань. Перевірка результатів моделювання виконана відносно експериментальних даних, отриманих на впровадженій на діючому нафтопроводі системі автоматичного регулювання тиску на нафтоперекачувальній станції. Під час виконання експериментальних досліджень застосовано методи планування експерименту та теорії ймовірності.

Наукова новизна та обґрунтованість дисертаційного дослідження

Наукова новизна та обґрунтованість дисертаційного дослідження Кріля С.О. полягає в наступному.

Вперше запропоновано новий метод формування керуючої дії в системі регулювання тиску на НПС, особливістю якої є сумісне формування переміщення та швидкості переміщення поворотної заслінки, що дозволяє усунути негативні наслідки гідродудару та кавітації у нафтопроводі. Цей пункт наукової новизни ґрунтовно викладено на стор. 59 – 60 у другому розділі, де продемонстровано, що звичайне керування поворотною заслінкою при різних часах повного ходу виконавчого механізму має нелінійну статичну характеристику, а це значно ускладнює процес

регулювання. Далі на стор. 77-80 у третьому розділі наведено новий метод формування керуючої дії і те, що таке керування дозволяє лінеаризувати динамічну характеристику комплексу «поворотна заслінка – виконавчий механізм». Пункт наукової новизни було опубліковано у відкритих літературних джерелах. А саме: Кріль Б.А., Кріль С.О. Покращення якості регулювання під час застосування частотного приводу для електромоторного виконавчого механізму // Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація: Вісник НУ «ЛП». – 2011. – №712. – С.156-159, і Кріль С.О. Переваги застосування поворотної заслінки для регулювання витрат великих потоків // Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація: Вісник НУ «ЛП». – 2014. – №792. – С.65-69. Наведені матеріали не викликають сумнівів у такому пункті наукової новизни, що виноситься на захист.

Отримав подальший розвиток метод регулювання тиску на НПС шляхом дроселювання потоку нафти, особливістю якого є запропонована зміна швидкості переміщення поворотної заслінки залежно від її положення, що дозволило покращити швидкодію системи регулювання тиску та якісні показники процесу регулювання;

Цей пункт наукової новизни ґрунтовно переплітається з попереднім та є його подальшим розвитком, тому що для дроселювання потоку нафти використовується новий метод формування керуючої дії, а також метод дроселювання проаналізований на стор. 42-44 першого розділу, а результати впровадження, про які ідеться на стор.108-112 четвертого розділу. Пункт наукової новизни було опубліковано у відкритих літературних джерелах. А саме: Кріль С.О. Система автоматичного регулювання тиску на НПС з виконавчим механізмом із змінним часом повного ходу // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Век+, – 2015. – № 62. – С.71-78. Без сумнівів наведені матеріали у цьому пункті є науковою новизною.

Вперше побудовано математичну модель комплексу поворотна заслінка – виконавчий механізм, яка відрізняється від існуючих введенням зміни швидкості переміщення заслінки, в залежності від її положення, і дозволяє лінеаризувати динамічну характеристику цього комплексу. Цей пункт наукової новизни ґрунтовно викладено у другому розділі на стор. 52-55 на основі експериментально отриманих даних побудовано математичну модель поворотної заслінки об'єкта керування. Та на стор. 56- 60 побудовано математичну модель комплексу «поворотна заслінку- виконавчий механізм» з постійним часом ходу виконавчого механізму. А у третьому розділі на стор. . 77-88 вже побудовано математичну модель комплексу «поворотна заслінку-виконавчий механізм» з використанням нового метода формування керуючої дії. Пункт наукової новизни було опубліковано у відкритих літературних джерелах. А саме: Кріль Б.А., Кріль С.О. Покращення якості регулювання під час застосування частотного приводу для електромоторного виконавчого механізму // Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація: Вісник НУ «ЛП». – 2011. – №712. – С.156-159. Та Кріль С.О. Переваги застосування поворотної заслінки для регулювання витрат великих потоків // Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація: Вісник НУ «ЛП». – 2014.

– №792. – С.65-69. Можна погодитись, що наведені матеріали не викликають сумнівів у такому пункті наукової новизни, що виноситься на захист.

Удосконалено структуру цифрового ПІ-регулятора системи керування гідродинамічного режиму нафтопроводу, яка відрізняється від існуючих тим, що вона побудована на основі рекурсивних рівнянь, що забезпечує значне підвищення швидкодії регулятора, при різких змінах тиску, а це дозволяє відреагувати на початку хвилі гідроудару і усунути аварійну ситуацію. Цей пункт наукової новизни ґрунтовно викладено на стор. 61-68 розділу 2, де обґрунтовано вибір ПІ закону регулювання та розглянуті можливі способи реалізації цифрового регулятора. Та на стор. 73-76 того ж розділу, де досліджено цифровий ПІ регулятора побудований на основі рекурсивних рівнянь та показано явище «пропорційного стрибка», яке у всіх джерелах характеризується як шкідливе та усувається програмними або апаратними засобами. А ось у четвертому розділі показується позитивний вплив цього явища спочатку при моделюванні роботи системи стор. 101-104, а потім при дослідженні реакції на різні збурення впровадженої системи регулювання ст.109-112. Пункт наукової новизни було опубліковано у відкритих літературних джерелах. А саме: Kril S., Fedoryshyn R., Kril O., Pistun Y.. Investigation of Functional Diagrams of Step PID Controllers for Electric Actuators // Procedia Engineering. –2015. –№100. – Р.1338–1347. Та Кріль С.О. Застосування цифрових регуляторів у системі автоматичного регулювання тиску на нафтоперекачувальній станції // Вісник інженерної академії. –Київ. – 2015. – №1 –С.218-224. Без сумнівів наведені матеріали у цьому пункті є науковою новизною.

Вперше розроблено метод компенсації нелінійності коефіцієнта підсилення системи регулювання тиску на НПС шляхом плавної зміни часу повного ходу виконавчого механізму. Цей пункт наукової новизни ґрунтовно викладено на стор. 82-83 де показано, що коефіцієнт підсилення об'єкту регулювання залежить від гідравлічного опору трубопроводу, на який в свою чергу впливає гідравлічний опір поворотної заслінки. Та на стор. 93-95 де показано, що зміну коефіцієнту підсилення системи при збуреннях по різних каналах, при застосуванні запропонованого методу керування виконавчим механізмом дозволяє зменшити діапазон зміни цього коефіцієнту та наблизити цю зміну до лінійної. Пункт наукової новизни було опубліковано у відкритому літературному джерелі. А саме: Кріль С.О. Система автоматичного регулювання тиску на НПС з виконавчим механізмом із змінним часом повного ходу // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Век+, – 2015. – № 62. – С.71-78.

Практична цінність отриманих в дисертації результатів

Практична цінність отриманих дисертантом результатів полягає в наступному:

1) запропонований алгоритм зміни швидкості переміщення заслінки від її положення, може бути застосований для будь-яких заслінок та кульових кранів, які використовуються для регулювання витрати та тиску великих потоків;

2) розроблена система регулювання тиску на нафтоперекачувальній станції впроваджена на станціях «Новини» та «Плещівка», які входять до складу філії «Магістральні нафтопроводи «Дружба» ПАТ «Укртранснафта». Впроваджені системи дозволили скоротити кількість аварійних зупинок НПС, підвищити швидкодію системи і покращити якість відпрацювання збурень гідродинамічного режиму та зменшити енергозатрати при транспортуванні нафти.

Впровадження результатів дисертації у виробництво підтверджено відповідними актами які наведено в додатках до дисертаційної роботи.

Автореферат дисертаційної роботи Кріля С.О. відтворює зміст дисертації, а також містить основні результати роботи, відомості про друковані праці автора та висновки.

Застосування результатів дисертаційного дослідження

Отримані в роботі результати можуть бути застосовані при переоснащенні діючих систем регулювання тиску у нафтопроводах або систем регулювання тиску у водопроводах великого діаметру комунальних водоканалів. Також отриману структуру цифрового ПІ регулятора можна застосувати для регулювання величин, які швидко змінюються.

Апробація роботи

Дисертаційна робота Кріля С.О. апробована на чотирьох наукових конференціях, серед яких дві міжнародні та одна Всеукраїнська наукова конференція. Основні наукові положення та практичні результати дисертаційної роботи доповідались дисертантом на конференціях, про що можна зробити висновок із публікацій автора.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях

За темою дисертаційної роботи Кріля С.О. опубліковано 10 наукових праць (з яких одна публікація у виданні, що включене до наукометричної бази даних): 5 статей в науково-фахових виданнях України (чотири праці одноосібні), 4 публікацій у матеріалах і тезах доповідей наукових конференцій. Основні результати досліджень знайшли своє відображення у наукових працях.

Недоліки дисертації та автореферату

Під час рецензування дисертаційної роботи та автореферату виявлено незначні зауваження які представлено в пункті ***Структура та зміст дисертаційної роботи з зауваженнями.***

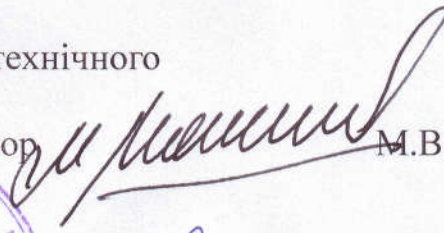
Представленні зауваження та пропозиції щодо поліпшення представлення матеріалів не знижують загальної наукової та практичної значимості дисертаційної роботи і позитивного сприяння, що дозволяє в цілому позитивно оцінити її.

Висновок

Дисертаційна робота Кріль Сергія Олександровича «Автоматизація процесу керування гідродинамічним режимом магістрального нафтопроводу» за своїм змістом повністю відповідає паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу наукового обґрунтування та розробки нової автоматичної системи керування гідродинамічним потоком магістрального нафтопроводу, що дозволить зменшити ризики втрат при тих чи інших аваріях та нештатних ситуаціях. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013, щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Кріль Сергій Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент

завідувач кафедри автоматизації
теплоенергетичних процесів
Одеського національного політехнічного
університету
доктор технічних наук, професор



М.В. Максимов

Вчений секретар Ради ОНПУ




В.І. Шевчук