

ВІДГУК

офіційного опонента Кошового Миколи Дмитровича
на дисертаційну роботу Леонтєва Петра Володимировича
«Автоматизована система керування установкою комплексної підготовки газу до
транспортування»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Актуальність теми.

Актуальність роботи пов'язана зі створенням автоматизованої системи керування процесом підготовки природного газу до транспортування. Завдання процесу переробки газу в цілому полягає у відборі з природного газу важких вуглеводнів і води. Процес переробки проходить на установці комплексної переробки газу (УКПГ), особливістю якої є робота в умовах нестабільних параметрів природного газу, що надходить на переробку. Додатковим дестабілізуючим фактором процесу переробки є те, що свердловини, на яких здійснюється видобуток, виснажуються, що також приводить до необхідності корегування раніше встановлених параметрів режиму переробки.

Завдання стійкого керування параметрами потоку газу, відповідно структурно-параметричного синтезу регулятора, ускладнюється наявністю часових затримок між керуючими впливами та реакцією об'єкту. Ці затримки залежать як від швидкості процесу конденсації, так і від сталої часу виконавчого механізму запірної арматури.

Стан розвитку мікропроцесорних засобів автоматизації керування дозволяє розвинути результати згаданих досліджень до сучасного рівня, маючи на меті підвищення ефективності функціонування УКПГ. Тому впровадження методів оптимального керування процесом підготовки газу до транспортування є актуальним завданням.

Недостатньо формалізовані процедури побудови пристроїв підпорядкованого керування параметрами зазначеного класу об'єктів обумовлюють заходи по розробці та дослідженню процесу сепарації. Оскільки моделі надкритичної течії потоку, що супроводжує процес низькотемпературної сепарації (НТС),

досліджуються лише в аспектах оптимізації конструкції УКПП, то розробка моделей регуляторів, що забезпечують ефективність керування процесом НТС, також є актуальною.

Актуальність теми та вагомість результатів дисертації підтверджується тим, що вона виконана відповідно до концепції «Енергетичної стратегії України до 2030 року» (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 року № 145-р) у Сумському державному університеті в рамках держбюджетної НДР, що фінансована Міністерством освіти і науки України: «Комплексне ресурсозбереження на стадіях життєвого циклу автоматизованих технологічних об'єктів» (№ 0118U001922). Автор являється виконавцем окремих етапів даної НДР.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Леонтьєва П. В., є високою й базується як на аналізі стану проблеми створення системи керування процесом підготовки природного газу до транспортування, так і одержаних в дисертаційній роботі нових наукових результатів. За результатами аналізу виявлених недоліків відомих підходів і методів керування процесом підготовки газу до транспортування чітко визначено мету і задачі наукового дослідження. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату моделювання об'єктів керування. Отримані результати перевірені на експериментальній установці підготовки газу, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження підтверджується результатами отриманими з експериментальної установки, побудованої на кафедрі комп'ютеризованих систем управління та автоматизації в Сумському державному університеті. Впровадження екстремальних та релейних регуляторів, що досліджувались в роботі, дозволяє підвищити ефективність функціонування системи керування. Використання інструментарію, запропонованого в роботі, може бути

поширено на інші нелінійні об'єкти керування із часовою затримкою, наприклад, зневоложення стиснутого повітря, керування кондиціонуванням потоків або сушінням різних речовин.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше на базі відомих засобів проведено моделювання течій потоків газу через дросельну засувку в результаті чого отримані поля надкритичної течії дросельованого потоку в залежності від позиції запірної арматури, що дало можливість уточнити параметри моделі об'єкту.

2. Уточнено математичну модель об'єкту, яка формує значення оптимуму процесу НТС конденсату на базі аналізу балансу параметрів цього процесу.

3. Створено функціональну структуру контуру керування температурою газового потоку з використанням адаптивного регулятора тиску, який враховує зміни параметрів потоку газу на вході в установку, що дозволяє підвищити ефективність процесу сепарації за рахунок зменшення втрат газу.

4. Дістала подальший розвиток кусково-лінійна апроксимація опису об'єкта з нелінійністю типу множення, яка використовується при розбудові регулятора за табличним методом керування, що здійснює налаштування параметрів регулятора в реальному масштабі часу для конкретної робочої точки.

5. Для зовнішнього контуру керування процесом НТС обґрунтовано використання екстремального регулятора, який на відміну від традиційних ПІД-регуляторів, забезпечує стійкість системи керування в умовах наявності збурень та часових затримок реакції об'єкта.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Значимість отриманих результатів для науки полягає у розробці системи керування процесом підготовки природного газу до транспортування, яка дозволяє здійснювати ефективне керування процесом підготовки газу, що відповідає критерію керування, при нестабільних параметрах потоку газу на вході установки, з врахуванням нелінійних процесів при дроселюванні, інерційності об'єкту керування та з врахуванням взаємозв'язку всіх основних параметрів процесу підготовки газу

до транспортування. Розроблена система керування підвищує функціональну ефективність процесу підготовки газу до транспортування та знижує вплив людського фактору на процес керування.

Здобувачем проведено структурно-параметричний синтез регуляторів для забезпечення функціональної ефективності процесом підготовки газу до транспортування, а саме: адаптивний регулятор підтримки перепаду тиску на дросельній засувці, який відноситься до регуляторів із змінною структурою, екстремальний регулятор забезпечує максимально можливу кількість газу на виході з установки при змінних вхідних параметрах, що дає мінімізацію втрат газу під час перехідних режимів роботи установки, релейний регулятор з гнучким зворотнім зв'язком забезпечує стабілізацію керуючого параметру та нечутливість до параметричних та зовнішніх збурень. Реалізована система керування створює умови для вирішення завдань оптимального керування та енергозбереження для цілого ряду галузей, у тому числі і для газовидобувної галузі України.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в **22 наукових працях**, у тому числі: 6 статей у виданнях, включених до переліку фахових видань України з технічних наук (з них одна стаття проіндексована у базі даних Scopus, 1 стаття опублікована у закордонному виданні Science Rise) та 16 тез доповідей конференцій. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Оцінка оформлення, змісту і завершеності дисертації.

Оформлення тексту та структура дисертації відповідає основним вимогам.

Робота містить анотації, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами і темами, сформульовано мету та задачі досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про рівень апробації, кількість публікацій за тематикою виконаних досліджень.

У **першому розділі** розглянуто складові технологічного процесу, що протікає в установці комплексної підготовки газу до транспортування. Цей процес низькотемпературної сепарації (НТС) містить три складових:

- процес теплового обміну, що здійснюється у теплообміннику;
- процес адіабатичного розширення/охолодження (дроселювання);
- процес сепарації (конденсації), що відбувається в сепараторі.

Основним напрямом досліджень визначено створення системи автоматизованого керування температурним режимом установки сепарації вологи, яка забезпечує ефективний режим сепарації шляхом регулювання тиску за допомогою дроселюючого пристрою.

Другий розділ присвячений математичному опису об'єкта керування (ОК), зокрема ідентифікації параметрів процесу дроселювання. Зважаючи на сформовані завдання досліджень, відомі підходи до моделювання процесів НТС не дають відповіді на питання про можливості автоматизації керування процесом. Труднощі в формалізації параметрів моделі сепарації пов'язані з характером течії газового потоку, оскільки на різних ділянках установки характер течії газу нерівномірно змінюється. Тому передумовою опису досліджуваного об'єкту є моделювання течії газу.

Ефективність керування параметрами потоку газу в процесі сепарації вологи визначається вологістю та вмістом важких вуглеводнів в природному газі. Найбільш інформативним показником кондиційності природного газу є температура точки роси (ТТР) по волозі та важким вуглеводням, за значенням якої можна без додаткових розрахунків оцінити ступінь осушення газу. Проте, вимірювання ТТР займає певний час, що викликає похибки при регулюванні параметрами потоку, які змінюються у часі.

У **третьому розділі** виконано структурно-параметричний синтез регуляторів установки сепарації вологи. Виходячи із завдання регулювання заданої температури потоку, що забезпечує конденсацію вологи та інших сполук в сепараторі, сформульовано критерій ефективності керування процесом сепарації. Критерій оцінює значення максимального рівня витрат потоку газу при утриманні

мінімальної різниці між ТТР та температурою потоку. Ефективне керування процесом дроселювання забезпечується в результаті знаходження багатомірного оптимуму режиму роботи. Це пов'язано з тим, що при керуванні процесом НТС шляхом зміни площі поперечного перерізу дросельної засувки, змінюється декілька параметрів потоку, а саме: температура, тиск, вологість, рівень опадаючої рідини в сепараторі.

Суттєві часові затримки на керуючі впливи, стала часу та нелінійні зв'язки параметрів теплообмінника при використанні ПДД-регуляторів не дають змоги досягти точного та стійкого регулювання процесу теплового обміну, тому альтернативою до ПДД-регуляторів є релейні регулятори (РР).

Забезпечення сталих показників процесу регулювання тиску установки НТС передбачає адаптацію налаштувань регулятора при зміні параметрів процесу дроселювання. Процес адаптації може здійснюватися за допомогою табличного керування. Цей підхід передбачає наявність варіантів налаштувань регуляторів для різних робочих точок діапазону регулювання, що розміщуються в пам'яті контролера у вигляді таблиці. При зміні режиму дроселювання здійснюється пошук значень параметрів регулятора, отриманих заздалегідь при налагодженні системи керування.

Екстремальні регулятори (ЕР), які по складності реалізації займають проміжне становище між системами з адаптацією та ПДД-регуляторами, широко використовуються для керування об'єктами із запізненням. ЕР, що використовується в системі, в результаті оцінки значень витрат газу корегує завдання перепаду тиску (для внутрішнього контуру). Такий вибір критерію оптимізації пояснюється тим, що мірою ефективності процесу НТС є його продуктивність.

У **четвертому розділі** опрацьовані процедури створення SCADA-системи для ЕУСВ. Крім реалізації основних функцій по керуванню параметрами потоку, ЕУСВ забезпечує вирішення дослідницьких задач: перевірка на адекватність моделі НТС; фіксація параметрів процесу в режимі реального часу для подальшої обробки.

Для вирішення функціональних задач обробки сигналів, у просторі MasterSCADA, крім змінних, що характеризують стан об'єкту, використовуються функціональні блоки (ФБ).

Перевірка результатів синтезу регуляторів здійснювалася на базі розробленої SCADA-системи в дослідженнях на ЕУСВ. В якості контролера використовувався ПЛК типу ОВЕН.

Зміст автореферату відповідає та достатньо повно відображає основні положення та результати дисертації.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Автором наголошується, що одним із завдань досліджень є «Уточнення параметрів математичних моделей фізичних процесів, які спостерігаються при керуванні режимами надкритичної течії потоку газу», але в висновках не зазначено - саме які параметри моделей зазнали уточнень.

2. Констатується, що ефективність керування параметрами потоку газу в процесі сепарації вологи визначається вологістю потоку, проте, температура точки роси (ТТР) по волозі безпосередньо не використовується в контурі керування. На жаль, автор не наводить чисельних значень коефіцієнтів зв'язку між керуючими параметрами регуляторів та вологістю потоку, що осушується.

3. При розгляді заходів, що сприяють підвищенню ефективності сепарації вологи (с. 30) в роботі передбачається, що необхідно здійснювати «Синхронізацію контурів регулювання та корегування уставок», але практичні заходи з цього приводу відображені слабо.

4. На рис. 3.1 зображено простір взаємопов'язаних параметрів дроселювання потоку, відповідно для нього визначається багатомірний оптимум режиму роботи регулятора. На жаль, здобувачем не вказана ні область оптимуму, ні обмеження, які накладаються на простір пошуку оптимуму (С.102).

5. Дещо довільно проведено розв'язання рівняння (3.10) другого порядку, посилаючись на «Експериментальні дослідження по ідентифікації параметрів моделі», але саме про які параметри моделі йде мова, не зовсім зрозуміло.

6. У висновках доцільно було б привести кількісні оцінки отриманих результатів .

7. Дещо завищений обсяг першого розділу дисертаційної роботи.

8. Наявність незначних порушень при виконанні деяких рисунків автореферату та дисертації.

Указані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи.

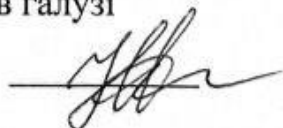
ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Леонтьєва Петра Володимировича «Автоматизована система керування установкою комплексної підготовки газу до транспортування» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, суть якої полягає в автоматизації процесу керування установкою комплексної підготовки газу до транспортування з метою підвищення функціональної ефективності процесу сепарації вологи з потоку газу на базі мікропроцесорних засобів автоматизації за рахунок зменшення часу та коливальності перехідних процесів в умовах дії нестационарних збурень параметрів потоку газу. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Леонтьєв Петро Володимирович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент,

професор кафедри «Інтелектуальні
вимірювальні системи та інженерія якості»

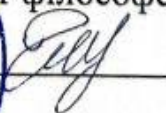
Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», доктор технічних наук, професор,
лауреат Державної премії України в галузі
науки і техніки



Микола КОШОВИЙ

Підпис д.т.н., проф. Кошового М. Д. засвідчую:

Вчений секретар університету, кандидат філософських наук,
доцент

Світлана ЧМИХУН