

Голові разової спеціалізованої
вченої ради
Західноукраїнського національного
університету
доктору технічних наук, професору
Пасічнику Роману Мирославовичу

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора, професора кафедри
комп'ютерних наук Західноукраїнського національного університету

Мельника Андрія Миколайовича

на дисертаційну роботу Забчука Вадима Володимировича
на тему «Математичне та програмне забезпечення для моделювання
процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних
даних»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

У зв'язку з масовими ракетними атаками по об'єктах критичної інфраструктури України в регіонах регулярно відбуваються аварійні та стабілізаційні відключення електроенергії, і тому поточним завданням для України є нарощення потужностей діючих генеруючих об'єктів, або посилений розвиток відновлювальних джерел енергії.

Процеси виробництва біогазу є досить технологічно складними та вимагають додаткового вивчення структури сировини та залучення експертного середовища для їх налаштування в залежності від типу та структури сировини. Для ефективного функціонування біогазових установок та підвищення обсягів виробленого біогазу необхідно вирішити дві задачі: забезпечення неперервного та максимального завантаження біосировини у біореактор та налаштування параметрів функціонування біогазових установок залежно від типу сировини. Обидві ці задачі можна вирішити за допомогою експертного середовища та неперервного контролю стану субстрату в установці, зокрема його температури та рівня рН. Якщо усунути зазначені контрольні заходи, то це призведе до швидкого закисання субстрату і відповідно до зниження темпів вироблення

біогазу або ж навіть до повної зупинки цього процесу. Іншою проблемою при виробництві біогазу є наявність у його складі сполук сірки та вуглекислого газу, що суттєво знижує його якість. Зазначені проблеми суттєво знижують ефективність функціонування біогазових установок, збільшують термін їх окупності тим самим перешкоджають формуванню альтернативної енергетичної системи України із відновлювальних джерел енергії.

Запропоновані в дисертаційній роботі підходи до розроблення математичного та програмного забезпечення для моделювання процесів у БГУ ґрунтуються на основі аналізу інтервальних даних, отриманих у спосіб безпосереднього вимірювання характеристик процесу анаеробного мікробіологічного бродіння за різних умов зовнішнього середовища та процесу очищення біогазу.

Дане дисертаційне дослідження сприяє розвитку нових підходів до моделювання процесів у біогазових установках, що є важливим для подальшого підвищення ефективності їх функціонування. Впровадження комп'ютерних середовищ для моделювання процесів у біогазових установках в існуючі системи управління біогазовими установками спрямоване на забезпечення допустимих значень кислотності багатокomпонентного субстрату та сприятиме підвищенню ефективності управління процесами в біогазових установках.

Дисертаційне дослідження виконувались у Західноукраїнському національному в процесі виконання науково-дослідної роботи на тему «Математичне та програмне забезпечення прототипу біогазової установки з підвищеною ефективністю функціонування» (державний реєстраційний номер 0124U000076), де автор був виконавцем.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових оложень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел, додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано інформацію щодо апробацій та публікацій результатів дисертаційної роботи із зазначенням особистого внеску автора.

У першому розділі «Аналіз методів та програмних засобів для моделювання процесів у біогазових установках» обґрунтовано використання сучасних інформаційних технологій як ефективних інструментів управління процесами у біогазових установках. Розглянуто особливості функціонування біогазових установок при виробництві біогазу та проведено огляд існуючих методів структурної і параметричної ідентифікації інтервальних моделей

статичних об'єктів у формі алгебричних рівнянь та моделей у вигляді різницевих рівнянь, які відображають вихідні характеристики динамічних об'єктів.

У другому розділі «Моделювання характеристик процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних» досліджено особливості побудови математичних моделей для відображення функціонування біогазових установок при виробництві біогазу. Для розробки даного класу математичних моделей, запропоновано та обґрунтовано використати методи аналізу інтервальних даних та метод параметричної ідентифікації цих моделей. Для розв'язування цих задач запропоновано використати цілісний універсальний підхід, який ґрунтується на метаевристичних алгоритмах оптимізації, зокрема, алгоритм, який симулює ройовий алгоритм штучної бджолоїної колонії. Для пошуку структури моделі динаміки кислотності субстрату у біореакторі запропоновано двоетапний метод, який ґрунтується на задачі ідентифікації моделі взаємозв'язку між основною характеристикою процесу та чинниками, які на неї впливають, а також на основі його аналізу обрано необхідні структурні елементи для моделі динаміки кислотності субстрату у біореакторі. У кінці розділу описано процес переходу від різницевого до диференціального рівняння, яке дозволило інтерпретувати фізичні властивості динаміки кислотності субстрату у біореакторі.

У третьому розділі «Архітектура програмної системи для моделювання процесів у біогазових установках» здійснено опис архітектури програмного забезпечення для математичного моделювання процесів у біогазових установках. Наведено основні аспекти реалізації програмного забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках, особливістю якого є програмна інтерпретація інтервальних дискретних моделей та відкрита сервісно-орієнтована архітектура. Приведено ряд діаграм, які ілюструють особливості реалізації запропонованих методів та програмних засобів. У кінці розділу описано особливості реалізації підсистеми зберігання та аналізу інформації.

У четвертому розділі «Програмне середовище для моделювання процесів у біогазових установках» здійснено програмну реалізацію та експериментальні дослідження запропонованих підходів. У розділі описано особливості програмної реалізації запропонованих методів з використанням парадигми об'єктно-орієнтованого програмування на базі відкритої сервісно-орієнтованої архітектури. Було проведено тестування програмного середовища, описано особливості його практичного використання та можливість інтеграції у діючі біогазові установи.

Висновки по роботі повністю висвітлюють отримані результати та за своїм рівнем відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження.

Додатки до роботи є змістовними, підтверджують та відображають результати роботи та містять довідки і акти про впровадження та використання результатів дисертаційного дослідження.

Структура дисертації повністю відповідає логіці й послідовності рішення поставлених задач.

2.2. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій забезпечується коректним використанням аналітичного та числового апарату досліджень; адекватністю теоретичних розрахункових результатів і результатів перевірки; відповідністю висновків і отриманих результатів фізичній суті досліджуваних явищ; порівнянням рішень з відомими у літературі; зіставленням отриманих результатів з даними інших авторів і узгодженням з поставленими завданнями. Результати досліджень ілюстровані таблицями, графіками і рисунками. Прийняті в дисертації рішення мають наукову новизну і обґрунтовані та вирішують поставлені задачі досліджень, у ході розв'язання яких здійснено програмну реалізацію комп'ютерного середовища для моделювання процесів у біогазових установках.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Основні наукові положення, результати та висновки дисертації отримані здобувачем самостійно, є новими, достатньо обґрунтованими та підтверджуються даними комп'ютерних експериментів та апробацією основних положень на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Достовірність наукових положень, висновків і результатів, отриманих здобувачем, обумовлена коректними та доцільним використанням математичного апарату, методології проектування інформаційних систем, успішною програмною реалізацією.

Отримані в дисертаційній роботі наступні результати, які мають наукову новизну:

1) запропоновано метод ідентифікації математичної моделі динаміки показника кислотності субстрату у біореакторі на основі аналізу інтервальних даних, який, на відміну від відомих, ґрунтується на розв'язуванні спочатку простішої задачі ідентифікації рівняння взаємозв'язку між основною характеристикою процесу та чинниками, які на неї впливають, і на цій основі, на другому етапі – ідентифікації математичної моделі динаміки цього показника у біореакторі, що у сукупності забезпечило спрощення побудови математичної моделі з гарантованими прогностичними властивостями;

2) побудовано математичну модель динаміки показника кислотності субстрату у біореакторі у вигляді диференціального рівняння, яке, на відміну від існуючих, налаштовано на параметри процесу для конкретної біогазової установки на підставі перетворення інтервальних різницевих рівнянь, що

забезпечує гарантовані прогностичні властивості побудованої математичної моделі і уможлиблює забезпечення допустимих значень кислотності багатокomпонентного субстрату в біогазових установках на основі управління подачею сировини;

3) набула подальшого розвитку відкрита сервісно-орієнтована архітектура програмного забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках, яка, на відміну від відомих інтегрує програмні компоненти: інтерпретації інтервальних дискретних моделей; ідентифікації цих моделей; розв'язування диференціальних рівнянь, що у сукупності уможлиблює розробку програмних систем та комп'ютерних середовищ для управління процесами в біогазових установках.

4) набули подальшого розвитку комп'ютерні середовища для моделювання процесів у біогазових установках, які, на відміну від існуючих, ґрунтуються на програмній інтерпретації інтервальних дискретних моделей та відкритій сервісно-орієнтованій архітектурі, що уможлиблює їх інтеграцію в існуючі системи управління біогазовими установками з метою забезпечення допустимих значень кислотності багатокomпонентного субстрату.

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

4.1. Оформлення дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 188 сторінках друкованого тексту, з них 148 сторінок основного тексту, де наведено 61 рисунок та 9 таблиць, список використаних джерел складає 125 найменувань. Робота містить 5 додатків.

Дисертаційну роботу написано українською мовою грамотно, на хорошому стилістичному рівні. Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Зміст дисертації дозволяє скласти уявлення про основні положення, висновки і рекомендації, запропоновані автором. Стиль викладу матеріалів досліджень і наукових положень забезпечує їх належне сприйняття. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним атестаційним вимогам.

4.2. Дотримання вимог академічної доброчесності. Проведена перевірка дисертації на наявність академічного плагіату, отримані результати свідчать про хорошу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

4.3. Основні результати дисертаційного дослідження достатньо повно викладені в 9 наукових працях, серед яких 3 роботи входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science. Загалом опубліковано 4 статті у наукових фахових періодичних виданнях України, 5 публікації у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій.

5. Наукове та практичне значення результатів дисертаційної роботи

Наукове значення виконаного дослідження полягає в розробці концептуальних, формальних та програмно-інтерпретованих математичних моделей процесів у біогазових установках, які ґрунтуються на методах аналізу інтервальних даних.

Практичне значення результатів дослідження полягає у розробці програмного забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках. Розроблене програмне забезпечення можна інтегрувати в діючі біогазові установки, забезпечуючи підвищення ефективності їх роботи, при цьому заощаджуючи витрачений час на прийняття рішень та ресурси.

6. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

Загалом дисертаційне дослідження здійснено на високому науково-прикладному рівні. Проте, оскільки деякі його положення є дискусійними, що пов'язано з складністю досліджуваної предметної області, варто зробити певні уточнення, зауваження та рекомендації з метою подальшого удосконалення досліджуваної проблематики.

1. У другому розділі дисертації запропоновано метод ідентифікації математичної моделі динаміки показника кислотності субстрату у біореакторі з використанням метаевристичних алгоритмів оптимізації і який симулює ройовий алгоритм штучної бджолоїної колонії, але доцільність його вибору в роботі описана недостатньо. У першому розділі було б доцільно провести порівняння відомих алгоритмів даного класу, а далі в роботі показати переваги використання методів на основі поведінкової моделі бджолоїної колонії з іншими методами.

2. В третьому розділі дисертаційної роботи занадто багато уваги приділено питанню опису реалізації підсистеми аналізу та зберігання інформації, деяку частину доцільно перенести в додатки до роботи.

3. В роботі було б доцільно навести більше опису, який стосується можливості інтеграції запропонованих рішень у діючі біогазові установки.

4. У тексті дисертаційного дослідження зустрічаються стилістичні неточності при формулюванні деяких тверджень, а також граматичні помилки.

Однак, наведені вище зауваження не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційного дослідження в цілому.

7.1. Дисертаційна робота Забчука Вадима Володимировича є самостійним, оригінальним, завершеним науковим дослідженням, у якій отримано нові науково-обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальне наукове завдання забезпечення допустимих значень кислотності багатокомпонентного субстрату за рахунок розробки математичного та програмного забезпечення для моделювання динаміки кислотності субстрату у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних.

7.2. Одержані наукові та практичні результати є вагомим внеском у розвиток теорії та практики моделювання процесів у біогазових установках, що можуть ефективно використовуватися для реалізації методів та засобів управління їх функціонуванням з метою підвищення ефективності їх функціонування. Зміст роботи повністю відповідає спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

7.3. Отже, дисертаційна робота «Математичне та програмне забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних» за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення поставлених наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів, практичних висновків та рекомендацій, повноти викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутності порушень академічної доброчесності, відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6. – 9 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор, Забчук Вадим Володимирович, заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

професор кафедри комп'ютерних наук
Західноукраїнського національного
університету,

доктор технічних наук, професор



Андрій Мельник

Завіряю:

НАЧАЛЬНИК
ЗАГАЛЬНОГО ВІДДІЛУ

А. Семенів