

РЕЦЕНЗІЯ

кандидатки технічних наук, доцентки

Порплиці Наталії Петрівни

на дисертаційну роботу

ЗАБЧУКА Вадима Володимировича на тему:

«Математичне та програмне забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних» на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Актуальність теми дослідження. Через масові ракетні атаки на об'єкти критичної інфраструктури, в енергосистемі України часто виникає дефіцит електроенергії. У зв'язку з цим НЕК «Укренерго» змушене запроваджувати в регіонах аварійні та стабілізаційні відключення електроенергії. З огляду на зниження потужностей виробництв електроенергії або вихід з ладу певних об'єктів критичної інфраструктури, особливо актуальним завданням зараз є збільшення потужностей діючих генеруючих об'єктів або активний розвиток відновлювальних джерел енергії. Одним із таких джерел є біогазові установки (БГУ), які забезпечують виробництво біогазу, що використовується для генерування теплової чи електричної енергії. Особливо важливим фактором є те, що робота БГУ не залежить від погодних умов і дозволяє утилізувати велику кількість небезпечних органічних відходів різного походження. Однак, процеси виробництва біогазу є технологічно складними і потребують залучення експертного середовища для налаштування процесу в залежності від типу сировини та забезпечення неперервного завантаження біореактора для підвищення обсягів виробленого біогазу.

Тому, важливим завданням є розробка програмних систем для управління та моніторингу процесами в БГУ. Адже впровадження програмних систем, які ґрунтуються на ефективному математичному забезпеченні, дозволить розробити ефективні стратегії виробництва біогазу, зменшити необхідність залучення

експертного середовища до процесу виробництва біогазу та водночас максимізувати об'єм виробленого біогазу.

Зазначене вище засвідчує актуальність обраної теми дисертаційної роботи Забчука В. В., коректність визначення предмету та об'єкту, мети та завдань представленого дослідження. Об'єктом дослідження є процеси анаеробного мікробіологічного бродіння у біогазових установках, а предметом дослідження є математичне та програмне забезпечення для моделювання динаміки кислотності субстрату у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних.

Особистий внесок дисертанта в отримані наукові результати.

Дисертація Забчука В. В. є завершеною науковою працею, виконаною особисто на високому теоретико-методичному рівні, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності розв'язують завдання підвищення ефективності функціонування біогазових установок, шляхом впровадження потужного математичного та програмного забезпечення для моделювання процесу виробництва біогазу.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. На підставі аналізу змісту дисертаційної роботи Забчука В. В. можна зробити висновок, що наукові положення, сформульовані автором у результаті виконаних досліджень, є достатньо обґрунтованими, оскільки базуються на теорії систем, на теорії математичного моделювання, на оптимізаційних та на чисельних методах, на методах інтервального аналізу даних, на коректному використанні експериментів для підтвердження та інтерпретації отриманих результатів. Вірогідність висновків та рекомендацій дослідження забезпечено завдяки коректному застосуванню математичного апарату, зокрема, методів інтервального аналізу даних, адекватності та гарантованій точності побудованих математичних моделей динаміки показника кислотності субстрату у біореакторі, несуперечністю з досягнутим рівнем знань в цій галузі, кваліфікованою програмній реалізації, детальному аналізу та практичному впровадженню результатів дисертаційної роботи.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження. Результати дисертаційного дослідження містять елементи наукової новизни, серед яких варто виокремити наступні:

- уперше запропоновано та обґрунтовано двоетапний 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;
- уперше отримано 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 уможливлює забезпечення допустимих значень кислотності багатокомпонентного субстрату в біогазових установках на основі управління подачею сировини.

Набули подальшого розвитку:

- відкрита сервісно-орієнтована архітектура програмного забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках, яка, на відміну від відомих 23 інтегрує програмні компоненти: інтерпретації інтервальних дискретних моделей; ідентифікації цих моделей; розв'язування диференціальних рівнянь, що у сукупності уможливлює розробку програмних систем та комп'ютерних середовищ для управління процесами в біогазових установках;
- 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 багатокомпонентного субстрату.

Повнота опублікування основних положень дисертації. Основні результати дисертаційного дослідження достатньо повно викладено в 9 опублікованих наукових працях, з них: 4 статті у наукових фахових виданнях, 1 з яких входить до міжнародної наукометричної бази Scopus та Web of Science та відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank віднесено до квартилю Q4, та 5 публікацій у матеріалах конференцій, 3 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus. Наявні публікації автора достатньо відображають зміст усіх розділів дисертаційної роботи. Видання, в яких опубліковано наукові праці, відповідають профілю спеціальності й дають змогу науковій громадськості та фахівцям у галузі інженерії програмного забезпечення та математичного моделювання ознайомитися з отриманими автором науковими результатами.

Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення матеріалу.

Дисертаційна робота Забчука В. В. беззаперечно заслуговує позитивної оцінки, зокрема, з огляду на її логічну структуру та викладені у ній теоретичні положення та прикладні розробки. Текст роботи повністю відповідає меті та сформульованим завданням дослідження. Робота викладена у логічній послідовності та оформлена відповідно до чинних вимог.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційного дослідження.

1. У формулі 2.28 застосовано функцію $\text{int}(*)$, яка, як стверджує автор, «означає виділення цілого із результату обчислень», що породжує запитання: ідеться про операцію заокруглення чи відкидання дробової частини раціонального числа?

2. На с.64 зустрічається таке твердження: «Ці вектори є претендентами на мінімум функції мети (2.9)». Не зовсім зрозуміло як вектори оцінок параметрів моделі та вектор коефіцієнтів, про які згадується у зазначеному твердженні, можуть бути тотожними мінімум функції мети? Чи що у конкретному контексті означає бути «претендентом»?
3. На рис. 3.10 «Діаграма варіантів використання системи для математичного моделювання процесів у біогазових установках» присутній варіант використання розробленої програмної системи «База даних з експериментальними даними», незрозуміло яким чином він описує очікувану поведінку системи, адже є – сховищем даних. Аналогічно, як і варіант використання «Протоколи використання моделей» на тому ж рисунку.
4. Незрозуміло чому на рис. 4.2 «Діаграма класів програмної системи для моделювання процесів у біогазових установках» відсутні класи GasHolder, GasUtilizationSystem, PressureControlSystem, BiogasQualityAnalyzer, які зустрічаються у подальшому описі реалізації спроектованих класів у підрозділі 4.1.
5. У роботі зустрічаються мовні недоліки:
 - зустрічаються некоректні конструкції-русизми: «виходячи із», «в рамках», «такого роду», «разом з тим» та ін.;
 - зловживання сполучником «із»: «пов'язані із», «в порівнянні із» та ін.

Вказані недоліки не впливають на в цілому позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок. Дисертаційна робота «Математичне та програмне забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних» є оригінальною завершеною науково-дослідною працею, у якій отримано нові наукові результати, що мають теоретичну та практичну цінність.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною та практичною значущістю отриманих результатів дисертаційна робота

«Математичне та програмне забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р.), а її автор – Забчук Вадим Володимирович – заслуговує присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення».

Рецензентка:

Кандидатка технічних наук,
доцентка, доцентка кафедри
комп'ютерних наук Західноукраїнського
національного університету

Наталія ПОРПЛИЦЯ

