

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Забчука Вадима Володимировича

на тему «Математичне та програмне забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 Інформаційні технології

за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота присвячена розробці та удосконаленню математичного та програмного забезпечення для моделювання динаміки кислотності субстрату у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних, що підвищує ефективність керування процесами мікробіологічного бродіння багатокомпонентного субстрату на основі управління подачею сировини.

Тема дисертаційної роботи є актуальною з огляду того, що виробництво біогазу у спосіб переробки органічних відходів життєдіяльності людини та відходів тваринництва і агропромислового комплексу є одним із пріоритетних напрямків розвитку альтернативної (зеленої) енергетики не тільки в Україні, а й у цілому світі. Водночас, підвищення ефективності функціонування цього виробництва вимагає розробки нових підходів управління процесами в біогазових установках на основі застосування інформаційних технологій та методів математичного моделювання.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному.

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.

Також 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 уможливорює забезпечення допустимих значень кислотності багатокomпонентного субстрату в біогазових установках на основі управління подачею сировини.

Удосконалено відкриту сервісно-орієнтовану архітектуру 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 уможливорює розробку програмних систем та комп'ютерних середовищ для управління процесами в біогазових установках.

На основі удосконаленої архітектури розроблено 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 уможливорює їх інтеграцію в існуючі системи управління біогазовими установками з метою забезпечення допустимих значень кислотності багатокomпонентного субстрату.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

У результаті наукових досліджень вирішено актуальне наукове завдання щодо розробки нового інструментарію на основі інформаційних технологій та

методів математичного моделювання для розвитку нових підходів управління процесами в біогазових установках.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Забчука Вадима Володимировича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям 12 Інформаційні технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Забчука Вадима Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль, це свідчить про високу індивідуальність роботи.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 188 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження та сформульовані задачі.

У першому розділі розглянуто особливості розвитку джерел альтернативної енергетики, де виділено виробництво біогазу у спосіб переробки органічних відходів життєдіяльності людини та відходів тваринництва і агропромислового комплексу як один із її пріоритетних напрямків. Показано, що підвищення

ефективності функціонування цього виробництва вимагає розробки нових підходів управління процесами в біогазових установках (БГУ) на основі застосування інформаційних технологій та методів математичного моделювання. Також розглянуто підходи до моделювання процесів виробництва біогазу як для функціонування енергетичної системи, так і для оптимізації процесів у біогазових установках. Показано, що одною із визначальних характеристик процесу метанового бродіння в БГУ є показник рН ферментаційного середовища, тобто його кислотність. Запропоновано та обгрунтовано застосування методів математичного моделювання для відображення взаємозв'язку між основною характеристикою процесу та чинниками, які на неї впливають, так і динаміки основної характеристики процесу, яка визначається кислотністю субстрату у біореакторі.

У другому розділі для побудови математичних моделей обох видів запропоновано використати методи параметричної ідентифікації моделей статичних об'єктів та дискретних моделей динаміки об'єктів на основі аналізу інтервальних даних. Для їх ідентифікації вперше сформульовано спільну оптимізаційну задачу і запропоновано та обгрунтовано метод її розв'язування, який ґрунтується на метаевристичних алгоритмах оптимізації і який симулює ройовий алгоритм штучної бджолоїної колонії. На тестових прикладах, які стосуються моделювання динаміки показника кислотності субстрату у біореакторі підтверджено ефективність та практична значущість методу.

У третьому розділі наведено детальний опис архітектури програмної системи, призначеної для моделювання процесів у БГУ, яка складається з різних компонентів та модулів, що виконують певні завдання та взаємодіють з іншими частинами системи, забезпечуючи її коректну роботу та продуктивність. Особливістю розробленого ПЗ є програмна інтерпретація інтервальних дискретних моделей та відкрита сервісно-орієнтована архітектура, що забезпечує їх інтеграцію в існуючі системи управління БГУ, та можливість в реальному часі управляти біохімічними процесами і тим самим підвищити ефективність функціонування БГУ. Для повноцінного відображення архітектури побудовано та

описано основні UML діаграми.

У четвертому розділі описано особливості програмної реалізації системи з використанням парадигми об'єктно-орієнтованого програмування на базі відкритої сервісно-орієнтованої архітектури з використанням технології Spring Framework на мові програмування Java, а також інтерпретатором Python. В якості Python інтерпретатора було обрано Jython, а в якості СУБД використано MySQL. Також виконано та описано інтеграційне тестування та тестування продуктивності середовища для моделювання процесів у БГУ. Сформовано відповідні тестові сценарії для перевірки коректності роботи API. Описано графічний інтерфейс програмного середовища для моделювання процесів у БГУ. Описано функціонування основних підсистем з точки зору взаємодії між собою, різними типами користувачів, а також можливість зовнішньої інтеграції в діючі біогазові установки.

У висновках сформульовані основні результати роботи.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у фахових періодичних наукових виданнях, з яких 1 стаття у виданні, проіндексованому у базах даних Scopus та відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank віднесеному до квартилю Q4.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях, 3 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

- 1) Автором роботи побудовано математичну модель динаміки показника кислотності субстрату у біореакторі у вигляді диференціального рівняння, яку, як зазначено у роботі (параграф 2.4) – налаштовано на параметри процесу бродіння для конкретної біогазової установки, але не зазначено чи

вона також налаштована на конкретний тип і склад біосировини? Чи при зміні типу, складу біосировини потребує вона додаткового налаштування, і якщо так – то яким чином?

- 2) Здобувачем задекларовано, що реалізація ПЗ для моделювання процесів у БГУ виконана на базі відкритої сервісно-орієнтованої архітектури з використанням технології Spring Framework на мові програмування Java. Проте, немає обґрунтування чому саме ці засоби обрано.
- 3) Висновки до розділу 2 у пункті 1 частково повторюють висновки до розділу 1 пункту 3.
- 4) Екранна форма відображення результатів моделювання (рис. 4.21), яка є однією з ключових екранних форм, виглядає не достатньо інформативною, зокрема відсутні підписи до стовпців таблиці даних, одиниць виміру на осях графіка.
- 5) У тексті дисертації зустрічаються опечатки.

Однак висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Забчука Вадима Володимировича на тему «Математичне та програмне забезпечення для моделювання процесів у біогазових установках на основі аналізу інтервальних даних» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6-9 «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.

Здобувач Забчук Вадим Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент:

д.т.н., завідувачка кафедри
систем штучного інтелекту
Інституту комп'ютерних наук та
інформаційних технологій
Національного університету
«Львівська політехніка»

Наталія ШАХОВСЬКА

Підпис засвідчую:

к.т.н., вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ