

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

**Шалеви Володимира Володимировича**

«Система адаптивного керування дозуванням розчинів

у фармацевтичному виробництві»,

представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

**Актуальність теми дисертації.** Для забезпечення високих вимог нормативних документів, що стосуються лікарських засобів, критично важливими є точність дозування і повторюваність, які повинні забезпечуватись системою керування процесом дозування лікарських засобів. Оскільки одні і ті ж технологічні лінії часто використовуються для дозування різних розчинів, які мають різні фізичні характеристики, а також для різних розмірів тари, то система керування повинна забезпечувати задовільні показники точності та повторюваності дозування для різних типів розчинів і розмірів тари. Ще однією умовою, яка впливає з економічних вимог, є підвищення швидкості заповнення тари без погіршення точності дозування та повторюваності процесу. Так як дана дисертаційна робота присвячена вирішенню цих поставлених завдань, то вибрана тематика є потрібною і актуальною.

**Зв'язок теми дисертації з науковими програмами, планами і темами.**

Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету «Львівська політехніка» «Автоматизація та оптимізація систем керування технологічними процесами». У дисертації наведено наукові результати, одержані автором при виконанні науково-дослідних робіт «Дослідження систем керування періодичними процесами промислових виробництв» (0125U001636) та «Моделювання та оптимальне керування нелінійними об'єктами із невимірюваними параметрами стану» (0123U104448).

## **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Результати дисертаційного дослідження мають ознаки наукової новизни. Зокрема, наукову новизну має математична модель процесу дозування інфузійних розчинів, яка дозволяє досліджувати вплив параметрів машини, а також системи керування на процес дозування розчинів.

Розроблені алгоритми керування процесом дозування розчинів, які базуються на основі ступінчатої функції та функції Гауса, які дозволяють підвищити точність і швидкодію процесу дозування, не є описаними у літературі та мають перспективу для застосування у реальних установках.

Запропонований комплексний інтегральний критерій, що поєднує точність дозування та швидкодію, може бути використаним для оцінювання алгоритмів керування та для розроблення нових алгоритмів керування процесом дозування.

Алгоритм адаптивного налаштування параметрів ступінчатої функції та функції Гауса для дозування розчинів дозволяє отримати параметри алгоритмів керування, здатні забезпечити вимоги керування відповідно до заданої точності дозування або відповідно до інтегрального критерію оцінювання якості.

Достовірність одержаних наукових результатів підтверджується даними розрахунків, результатами імітаційного моделювання та експериментальних досліджень системи керування.

Таким чином, можемо стверджувати, що поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання розробки алгоритмів для підвищення ефективності процесу дозування розчинів вирішено повністю, а здобувач оволодів методологією наукової діяльності.

## **Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Основні результати дисертаційного дослідження повністю відображені у 10 наукових публікаціях, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, у 6 матеріалах наукових конференцій, з яких 2 – проіндексовані у наукометричній базі Scopus. Також результати дисертації були апробовані на 6 міжнародних та всеукраїнських фахових конференціях.



Публікації та їх зміст відповідають темі дисертації, у повній мірі відображають її наукові положення, практичні результати і висновки, підтверджують оприлюднення всіх результатів досліджень.

### **Короткий аналіз структури та змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота за змістом складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 77 найменувань та п'яти додатків. Повний обсяг роботи становить 265 сторінок (з основною частиною 200 сторінок), містить 89 рисунків і 14 таблиць.

### **Загальна характеристика роботи.**

У *першому розділі* «Аналіз існуючих систем керування та методів дозування рідких лікарських засобів» за результатами огляду літературних джерел сформульовано основні завдання дисертаційного дослідження.

У *другому розділі* «Дослідження процесу дозування інфузійних розчинів методом пружної деформації» описано розроблену математичну модель та створену експериментальну установку, яка імітує роботу машини вагового наповнення WDM 8002, а також проведено порівняння результатів, отриманих двома шляхами, для обґрунтування адекватності математичної моделі.

У *третьому розділі* «Дослідження процесу дозування інфузійних розчинів методом пружної деформації» запропоновано алгоритми керування процесом дозування на основі використання функції Гауса та проведено експериментальне дослідження на установці з закладеним алгоритмом.

У *четвертому розділі* «Розроблення адаптивних алгоритмів дозування інфузійних розчинів» представлено розроблені адаптивні алгоритми налаштування параметрів керуючого алгоритму на основі ступінчатої функції, симетричної та асиметричної функцій, розроблених із застосуванням рівняння Гауса. Адаптивні алгоритми впроваджено в експериментальній установці та виконано їх тестування.

У *висновках* підсумовуються основні наукові результати роботи.

У *додатках* наводяться перелік публікацій автора, акти впровадження результатів дисертаційного дослідження у навчальний процес та у виробництво

і наведено програмні модулі, які було використано у експериментальній установці.

Дисертаційна робота є завершеною науковою роботою, що відповідає предметній області спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», а за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України,.

### **Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.**

Рукопис містить результати власних досліджень Володимира ШАЛЕВИ. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

### **Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.**

Можна виділити дві групи зауважень: зауваження до змісту роботи і зауваження до представлення результатів і оформлення роботи.

Зокрема, до *зауважень до змісту роботи* слід віднести:

1. При оцінюванні адекватності математичної моделі (наприклад, стосовно результатів, наведених на рис. 2.4.1) не вказано, що визначено критерієм адекватності: відповідність кривих перехідних процесів ступеня відкриття перетискного клапана, відповідність зміни ваги розчину у флаконі, тривалість етапів заповнення. Те саме стосується і інших наведених кривих експериментальних результатів, наведених поряд із симуляцією, наприклад, рис. 3.2.8, де спостерігається значне відхилення між двома кривими.

2. Не є цілком зрозумілим, для чого використовуються розроблені математичні моделі. Доцільно було б чітко вказати, чи вони використовувались лише для симуляції, чи також для підбору параметрів системи керування. Тож закономірно виникає питання чи не можна було обійтись без математичного моделювання?

3. Не зрозуміло, як підбирається ступінь відкривання клапана для алгоритму ступінчастої функції, те саме стосується параметрів функції Гауса для відповідного алгоритму (с. 138).



4. При описі запропонованого інтегрального критерію вказано: «Його структура ... дозволяє інтегрувати критерій у процедури адаптивної оптимізації» (с. 160). Але із подальшого тексту не видно, що автором було здійснено таку інтеграцію.

5. При описі адаптації алгоритму до зміни в'язкості вказано, що «впровадження безперервного вимірювання в'язкості з автоматичним налаштуванням параметрів насоса дало змогу поліпшити точність дозування в'язких рідин на 40%» (с. 176), але не зрозуміло, хто поводить таке оцінювання.

6. З тексту роботи не зрозуміло, чи проводиться одночасна адаптація всіх параметрів алгоритму, чи послідовно різних. Також не цілком зрозуміло, як саме поводить адаптація: постійно, після виконання низки операцій і їх оцінювання, покроково, і т. ін.? Як вибирається крок зміни параметру при корекції?

Оцінюючи другу категорію зауважень (*щодо представлення роботи*), наявність невдалих формулювань, описок, помилок і некоректного оформлення ускладнює сприйняття результатів роботи. Для прикладу:

1. Технологічна лінія дозування розчинів WDM 8002 вперше згадується на с. 41 із наведення графіків зміни ваги флакону підчас процесу дозування розчину, хоча раніше у тексті не згадувались ні сама лінія, ні конкретний процес дозування, який застосовується у лінії. Зокрема, не вказано, чи цей процес є типовим для методу вагового наповнення, який був описаний у роботі, чи має певні особливості. Стосовно даних графіків, також не вказано, ким було знято дані графіки.

2. На с. 46 – 47 (в кінці розділу 1) наведено завдання дослідження, які також наводяться на с. 48 – 49 (у висновках до розділу 1), практично дослівно повторюючи попередній текст. Також серед завдань дослідження, що наводяться у висновках до розділу 1, є «провести аналіз існуючих систем та методів ...», що вже зроблено у першому розділі.

3. У формулах, наведених при виведенні математичної моделі у розділі 2, не наведено опис низки параметрів; у формулі (2.1.1) є змінні  $S$  та  $S_{\text{тр}}$ , які, як здається, позначають ті самі величини; у формулі (2.1.32) не описано, що позначає залежність  $l = f(t)$ . Це погіршує читабельність роботи.

4. Алгоритми, які наводяться у роботі, подані як послідовність кроків, наприклад, крок 1, крок 2, і т. ін. (рис. 2.3.16, те саме на рис. 3.1.4, 3.2.4). Хоча алгоритми, які пояснюють ці кроки, наведені у тексті, таке наявне у роботі графічне представлення алгоритму не є наочним.

5. Некоректно здійснено перенесення таблиць 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.5, 4.3.1, 4.5.1 на наступні сторінки, хоча дані таблиці легко було розмістити на одній сторінці.

6. Повторюється нумерація окремих рисунків, як для рис. 2.3.19 на с. 92 і 93, рис. 2.3.13 на с. 82, 83.

7. Зустрічається некоректна нумерація формул, наприклад, звертання до формули (2), в той час як нумерація формул містить номер розділу і підрозділу. Так погіршується сприйняття змісту роботи.

При цьому слід зазначити, що хоча недоліки другої категорії (щодо оформлення) погіршують сприйняття матеріалу роботи, однак, зауваження першої категорії (щодо змісту) не применшують отриманий науковий результат і не знижують загальної позитивної оцінки виконаної роботи.

### **Висновок.**

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Володимира ШАЛЕВИ «Система адаптивного керування дозуванням розчинів у фармацевтичному виробництві» є завершеним науковим дослідженням, у якому обґрунтованість наукових положень і висновків, а також достовірність одержаних у роботі результатів не викликають сумніву. За своїм змістом, структурою, обсягом, науковою новизною та практичним значенням робота є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

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 рішень разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого



постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 зі змінами згідно із постановою Кабінету Міністрів від 21 березня 2022 р. №9341.

Автор роботи, Шалева Володимир Володимирович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри електромехатроніки  
та комп'ютеризованих електромеханічних систем  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Олексій КУЗНЕЦОВ

Підпис к.т.н., доцента Олексія КУЗНЕЦОВА засвідчую

Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ