

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Левкіна Дмитра Артуровича «Математичне моделювання та оптимізація параметрів дії лазерного променя на багат шарові біосистеми», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

### 1. Актуальність теми

Дисертаційна робота Левкіна Д.А. присвячена питанням розробки, дослідженню та програмно-апаратним реалізаціям математичних моделей оптимізації параметрів і процесів у мікробіологічних матеріалах, що піддаються дії на них лазерного випромінювання. При цьому основною задачею є оптимізація параметрів теплової дії лазера на біоматеріал за обмеженнями на характер розподілу температурного поля в багат шаровій системі з забезпеченням життєздатності сегментів матеріалу.

Така постановка основної задачі характерна для: підвищення якості процесу ділення штучної і натуральної шкіри при лікуванні опіків; зварювання біоматеріалу; ділення ранніх елітних ембріонів, з метою їх подальшої трансплантації; для використання в практиці мікрохірургії, офтальмології, косметології і інших галузях.

### 2. Достовірність та наукова новизна отриманих результатів

Автором дисертаційної роботи отримано ряд важливих результатів, наукова новизна яких полягає в наступному.

1. Удосконалена математична модель основної оптимізаційної задачі, що є багатовимірною, нестационарною, нелінійною і багатоекстремальною задачею оптимізації параметрів процесу лазерної локальної теплової дії на багат шаровий мікробіологічний матеріал з урахуванням обмежень на результуюче температурне поле біоматеріалу. Здійснена формалізація і систематизація прикладних задач оптимізації, які є частковими випадками основної оптимізаційної задачі. Досліджені характерні особливості їх



математичних моделей, що дозволило обґрунтовано здійснити вибір методів їх чисельної та програмно-апаратної реалізації.

2. Вперше досліджена багатоточкова крайова задача для багат шарового мікробіологічного середовища і доведена коректність такої задачі за малими збуреннями. Цей результат дозволяє гарантувати адекватність розрахункових та прикладних оптимізаційних математичних моделей, що описують процес дії променя лазера на багат шарові (N-шарові) мікробіологічні матеріали.

3. Удосконалено пошуковий метод оптимізації основних параметрів дії лазерного променя в частині врахування специфіки параметрів сканованих лазерних джерел та математичних моделей, що заснований на композиції послідовно вживаних чисельних методів, створюючих обчислювальну структуру. Запропонована структурна схема базового алгоритму для реалізації обчислювальної структури. Це дозволяє при чисельній реалізації прикладних оптимізаційних моделей змінювати тільки композицію чисельних методів у відповідних обчислювальних структурах.

4. Отримали подальший розвиток методи і засоби програмно-апаратної реалізації прикладних оптимізаційних математичних моделей пошуку раціональних значень технічних параметрів лазерного випромінювання для багат шарового мікробіологічного матеріалу. Запропоновані спосіб та два пристрої для реалізації математичних моделей, що дає можливість підвищити ефективність (за витратами часу і пам'яті) реалізації цих моделей та дозволяє за рахунок застосування функціонально-орієнтованих блоків для реалізації підзадач підвищити точність розв'язання прикладних задач.

**Достовірність** одержаних результатів підтверджується чисельними дослідженнями оптимізаційних математичних моделей та пріоритетом одержаних патентів на корисні моделі. Обговорення результатів дисертаційної роботи відбулось на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях. Впровадження результатів роботи підтверджується відповідними довідками та актом у додатку А.

### **3. Практична цінність результатів роботи**

Одержані результати можуть бути застосовані для: підвищення якості процесу ділення штучної і натуральної шкіри при лікуванні великих опіків; зварювання біоматеріалу; ділення ранніх елітних ембріонів, з метою подальшої трансплантації частин ембріонів; використання в практиці мікрохірургії, офтальмології, косметології і інших галузях.

Впровадження математичних моделей, чисельних методів, алгоритмів і програмно-апаратних спеціалізованих моделюючих пристроїв підтверджується довідками та актом про їх використання в: Департаменті фінансово-кредитної політики та бухгалтерського обліку Міністерства аграрної політики і продовольства України (довідка впровадження від 21.12.2012 р.); на Племінному заводі «Червоний велетень» (довідка впровадження від 12.04.2013 р.); Лівобережному Лісостеповому Науково-Інноваційному Центрі НААН (довідка впровадження від 12.03.2014 р.); Науково-дослідному технологічному інституті Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка (акт впровадження від 10.04.2014 р.); Інституті проблем кріобіології і кріомедицини НАН України (акт впровадження від 4.06.2015 р.).

### **4. Повнота викладення основних результатів дисертації**

Результати дисертаційної роботи достатньо повно відображені в публікаціях здобувача. За темою роботи опубліковано 18 наукових праць, у тому числі 6 статей – в спеціалізованих виданнях України за технічними науками, 2 статті – у наукових журналах інших видань України, 3 патенти України на корисні моделі, 3 статті в закордонних виданнях, 4 публікацій – матеріали і тези міжнародних наукових та науково-практичних конференцій.

### **5. Оцінка змісту дисертації та автореферату**

Дисертаційна робота Левкіна Д.А. складається зі змісту, переліку основних скорочень, вступу, п'яти розділів, висновків по кожному розділу, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, що надані у порядку посилань на них та додатків про впровадження результатів дисертаційної роботи.

У вступі автор всебічно обґрунтовує актуальність обраної теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими напрямками, планами, темами науково-дослідними та проектно-конструкторськими роботами. На змістовному рівні розглядається основна оптимізаційна задача та вимоги до її математичної моделі. Надається перелік основних часткових задач, вирішення яких дозволило б запропонувати методику побудови, як математичної моделі основної оптимізаційної задачі, так і відповідних математичних моделей для широкого спектру прикладних задач. Обґрунтовуються основні наукові результати, які одержані особисто автором у дисертаційній роботі.

У першому розділі проведено аналіз досліджень з математичного моделювання та оптимізації багат шарових систем, на які діють локальні джерела відповідних фізичних полів. Формулюється змістова постановка основної оптимізаційної задачі та вимоги до кінцевого результату, а саме, до значень шуканих параметрів лазера, які б забезпечували якість біотехнологічного процесу сегментації мікробіоматеріалу. На змістовому рівні наводяться особливості основної задачі та особливості прикладних задач.

У другому розділі розглядаються питання забезпечення коректності крайових задач для багат шарових мікробіологічних систем, на які діє джерело теплової дії (лазерний промінь). Це необхідно для забезпечення адекватності оптимізаційних математичних моделей, оскільки реалізація останніх базується на багаторазовому застосуванню розрахункових моделей (крайових задач).

У третьому розділі здійснено формалізацію основної оптимізаційної задачі пошуку раціональних параметрів лазерної дії на багат шарові мікробіологічні системи. Наводяться одинадцять прикладних задач та пропонуються їх математичні моделі. Проведено аналіз особливостей математичної моделі основної оптимізаційної задачі та прикладних задач, що являють собою часткові випадки основної оптимізаційної задачі. Це дало можливість автору роботи перейти до обґрунтованого вибору методів чисельної реалізації відповідних математичних моделей.

У четвертому розділі на основі наведених у розділі 3 особливостей прикладних математичних моделей здійснюється вибір чисельного методу їх реалізації. У розділі запропоновано та досліджено модифікацію пошукового метода оптимізації, який враховує особливості математичних моделей та базується на композиції чисельних методів, що створюють обчислювальну структуру. Пропонується структурна схема базового алгоритму для реалізації відповідних математичних моделей та здійснюється його чисельна апробація.

У п'ятому розділі за трьома одержаними патентами здійснюється узагальнення апаратних реалізацій математичних моделей, що дало змогу запропонувати та обґрунтувати основну структуру та склад блоків апаратної реалізації математичних моделей для моделювання процесу дії лазерного променя на багатошаровий мікробіологічний матеріал. Приведені конкретні схеми структурних реалізацій математичних моделей прикладних задач оптимізації. Зроблена порівняльна оцінка часових витрат програмних засобів ПЕОМ та апаратних засобів реалізації математичних моделей.

## **6. Зауваження до змісту дисертації та автореферату**

1. Не розглянуті питання оптимізації трас сегментації з урахуванням просторової форми біоматеріалу. У роботі наводяться лише посилання на відповідні наукові праці та програмне забезпечення. Однак, біоматеріал, що розглядається у роботі, має не тільки складну геометричну форму, але і різномірність за теплофізичними параметрами, що потрібно враховувати не тільки на рівні крайових задач теплопровідності.

2. У якості першого наближення при чисельній оптимізації потужності та часу теплового впливу лазера (розділ 4 дисертаційної роботи) автор взяв рекордний результат, отриманий у роботі Douglas-Hamilton D. H [26 (спис. літер. за дис.)], для його покращення і зробив це. Однак, доцільно було б чисельно дослідити і випадок завдання першого наближення, як випадкових значень цих параметрів з області їх допустимих значень.

3. Одержані (підрозділ 5.5 дисертаційної роботи) порівняльні співвідношення для оцінки часових витрат програмних засобів ПЕОМ та

апаратних засобів реалізації математичних моделей – переконливі, але досить грубі і мають оціночний характер.

Зазначені зауваження не впливають на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи.

### **7. Загальний висновок**

Дисертаційна робота Левкіна Д.А. виконана за актуальною темою, є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, у якій отримані нові науково обґрунтовані і практично перевірені результати, використання яких у сукупності дозволяє вирішити актуальну задачу оптимізації параметрів теплової дії лазера на біоматеріал за обмеженнями на характер розподілу температурного поля в багат шаровій системі з забезпеченням життєздатності сегментів матеріалу.

Автореферат повністю відповідає змісту дисертаційної роботи.

Таким чином, враховуючи безумовну значущість отриманих результатів для подальшого розвитку методів та засобів математичного моделювання у галузі нано- і біотехнологій, відповідність дисертаційної роботи паспорту спеціальності 01.05.02 за пунктами 2, 3 і вимогам пп. 9, 11, 12 діючого «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України щодо кандидатських дисертаційних робіт, вважаю, що її автор Левкін Дмитро Артурович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

Офіційний опонент,  
професор кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ  
Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба  
доктор технічних наук, професор

К.С. СМЕЛЯКОВ

Підпис Смельякова К.С. засвідчую.

ТВО Начальник штабу – першого заступника начальника  
Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

А.А. ЛУК'ЯНЧИКОВ

