

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Коковської Ярини Володимирівни «Комп'ютерне моделювання процесів формування потоків води у руслах з нерівномірним дном», подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації, її зв'язок з державними науковими програмами. Важливою проблемою для життя та діяльності людини є ефективне використання водних ресурсів планети. Ці проблеми стосуються важливих завдань сучасної офшорної інженерії, екології та безпечного природо-користування, пов'язаних із проектуванням та експлуатацією водноресурсних систем. Тому ефективне математичне моделювання гідрологічних систем на територіях річкових водозборів із урахуванням природних та антропогенних факторів, дослідження динаміки руху руслових потоків є актуальним завданням. Теоретичне дослідження цих явищ є складною нелінійною багатопараметричною задачею. Одним із важливих методологічних підходів до її вирішення є спрощення базових рівнянь Нав'є-Стокса і універсальних законів збереження, враховуючи що ряд параметрів у гідросистемі є малими. Можна також зробити ряд геометричних припущень щодо траєкторії та дна русла, отримавши адекватні спрощені математичні моделі руслових потоків на територіях річкових басейнів. Саме цей підхід, що розвивається у дисертаційній роботі, дозволяє ефективно аналізувати поведінку природних річкових систем.

Поряд з цим, подальшого поглибленого розвитку потребують актуальні, важливі у теоретичному й прикладному сенсі проблеми створення нових аналітико-числових методів розв'язування отриманих крайових задач математичної фізики, створення відповідного програмного забезпечення для реалізації побудованих алгоритмів чисельних схем, оцінка достовірності отриманих результатів, на що спрямована дисертаційна робота.

Актуальність теми дисертації підтверджується не в останню чергу й тим, що протягом останніх років основні її матеріали виконувались згідно з науковими дослідженнями кафедр дискретного аналізу та інтелектуальних систем та інформаційних систем Львівського національного університету ім. Івана Франка МОН України, зокрема за темами: «Побудова та аналіз чисельних методів для диференціальних та інтегральних рівнянь математичної фізики і механіки» (2010–2011 рр., державний реєстраційний номер 0110U001375); «Чисельне розв'язування прямих і обернених задач математичної фізики і механіки проєкційно-сітковими методами» (2012–2013 рр., державний реєстраційний номер 0112U001285); «Лі-алгебраїчні методи дискретних апроксимацій лінійних і нелінійних динамічних систем. Навчання у штучному інтелекті» (2013–2015 рр., державний реєстраційний номер 0113U004173); «Лі-алгебраїчні методи дискретних апроксимацій лінійних і

нелінійних динамічних систем. Системи нечіткого виведення» (2016–2018рр., державний реєстраційний номер 0116U001647).

Наукова новизна результатів роботи. Дисертаційна робота Коковської Я. В. присвячена розвитку нових підходів до розв'язання важливих наукових задач – дослідження гідропотоків у псевдопризматичних руслах із змінними кривиною та рельєфом дна. Автор, на основі запропонованих моделей руху нестисливої рідини у руслах, отриманих на основі рівнянь Нав'є-Стокса і універсальних законів збереження за гідродинамічного та кінематичного наближень, не тільки здійснила коректні математичні постановки нових класів задач, але і запропонувала ефективний аналітико-числовий інструментарій для їх вирішення та розробила відповідне комп'ютерне забезпечення. В основу розроблених алгоритмів покладено, зокрема, продуктивний у розглянутих випадках методи скінченних елементів та Гальоркіна, метод покрокового інтегрування за часом відповідних еволюційних задач. При цьому досліджено питання існування і єдиності розв'язків задач у енергетичних функціональних просторах.

На увагу серед отриманих в роботі нових теоретичних, важливих для інженерної практики результатів заслуговують: побудова енергетичних рівнянь для отриманих в роботі моделей гідропотоків та доведення виконання повного балансу енергії у руслових течіях; дослідження умов стійкості та збіжності побудованих рекурентних схем; встановлення критеріїв стійкості руслових потоків від впливу природних явищ, дослідження їх стійкості залежності від кута нахилу лінії середнього дна русла та корективу середньої швидкості; умови з'єднання потоків в руслах та демонстрація їх виконання в реальних умовах; апробація отриманих рекурентних схем на тестових прикладах; аналіз порядків збіжності розроблених проєкційних схем; розроблене програмне забезпечення для реалізації алгоритмів побудованих рекурентних схем, що оформлене у вигляді окремих модулів, зручних у використанні іншими користувачами.

Обґрунтованість та вірогідність наукових положень і результатів дисертації. В дисертації достатня увага приділена питанню вірогідності та обґрунтованості отриманих результатів та висновків роботи. Автором строго витримані математичні формулювання задач, в основу яких покладено отримані в дисертації моделі руху гідропотоків у псевдопризматичних руслах за гідродинамічного та кінематичного наближень. Математично грамотно здійснено усі аналітичні перетворення. Коректно використано аналітичні та числові методи розв'язування задач, що залучаються для досліджень. Достовірність результатів забезпечується також фізичною коректністю зроблених в дисертації висновків та їх збігом у часткових випадках з відомими у науковій літературі результатами інших авторів.

Цінність отриманих результатів для науки та практики. Теоретична і практична цінність виконаних досліджень полягає перш за все у розвитку аналітичних та числових методик розв'язання нових задач дослідження стоків рідини у псевдопризматичних руслах із змінними кривиною та ре-

льфом дна. Зроблені в роботі висновки дозволяють залучити їх до вирішення актуальних проблем безпечного природокористування, пов'язаних із проектуванням та експлуатацією водноресурсних систем. Отримані результати можуть бути використані у навчальних курсах для студентів, що спеціалізуються у галузі прикладної математики та інформатики.

Слід зазначити, що велика увага дослідженням в розглядуваних напрямках приділяється у Інституті гідромеханіки НАН України, Інституті імпульсних процесів НАН України, Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Національних університетах України та інших установах, в яких могли б знайти застосування отримані в роботі результати.

Повнота викладення результатів дисертації у фахових виданнях та в авторефераті і їх апробація. Основні наукові результати дисертації достатньо повно відображені у 23 опублікованих наукових працях. Серед публікацій 9 статей, надрукованих у наукових виданнях з переліку, затвердженого ДАК МОН України, та 14 публікацій у вигляді статей й тез у збірниках матеріалів наукових конференцій. Дві статті опубліковано у журналах, зареєстрованих у міжнародних наукометричних базах.

Отримані автором наукові результати і висновки пройшли апробацію на низці міжнародних та всеукраїнських конференцій та на наукових семінарах у Львівському національному університеті ім. Івана Франка МОН України, у Київському національному університеті ім. Тараса Шевченка МОН України, в Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України.

Автореферат дисертації правильно і достатньо повно відображає загальну характеристику, зміст та висновки дисертації.

Аналіз змісту дисертації та її результатів. Дисертація Коковської Я.В. є цілісним та завершеним науковим дослідженням, у якому отримані нові важливі результати, що мають теоретичне та прикладне значення. Поставлена автором мета роботи досягнута. Дисертаційна робота виконана на належному науковому рівні з використанням сучасного математичного апарату.

Робота достатньо добре структурована, акуратно оформлена, наочно проілюстрована графіками гідродинамічних параметрів, важливих для практики.

Оформлення дисертації та автореферату виконано відповідно до вимог ДАК МОН України.

По дисертаційній роботі зроблено наступні зауваження:

1. Процес з'єднання різних руслових потоків у річковій мережі в дисертаційній роботі (у другому розділі) здійснюється описово. Необхідно було б більш чіткіше сформулювати математичні постановки відповідних задач, а саме, навести диференціальні рівняння руху водних мас у складових гідросистеми, граничні умови у вузлах з'єднання.

2. У четвертій главі дисертації з метою регуляризації розв'язку рівняння руслового стоку в кінематичному наближенні введено додатковий член, що містить другу похідну по просторовій координаті. Необхідно було б детальніше обґрунтувати вибір його вигляду та дослідити, як цей доданок вплине на реальні гідродинамічні параметри.
3. При дискретизації регуляризованого рівняння руслового стоку в кінематичному наближенні за просторовою змінною використано базисні функції у вигляді кусково-лінійних поліномів. Однак, при великих числах Рейнольдса, що покладаються в дисертації при числових розрахунках, в околах країв досліджуваної ділянки русла виникає явище примежового шару. Необхідно було б обґрунтувати використання кусково-лінійних апроксимацій поблизу цих країв.

Однак, зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації і не зменшують міри обґрунтованості та достовірності її результатів і висновків.

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Із приведеного вище аналізу дисертаційної роботи можна зробити наступний висновок.

Висновок. Вважаю, що дисертаційна робота Коковської Ярини Володимирівни «Комп'ютерне моделювання процесів формування потоків води у руслах з нерівномірним дном» відповідає усім вимогам, які ДАК МОН України ставить до кандидатських дисертацій. Її автор за математичне моделювання стоків рідини у псевдопризматичних руслах із змінними кривиною та рельєфом дна та розробку нових аналітико-числових підходів їх дослідження, заслуговує присвоєння їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу обчислювальної
механіки деформівних систем
Інституту прикладних проблем
механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України

Я. Кунець Я.І. Кунець

