

ВІДГУК

офіційного опонента, д.т.н, проф. БЕЙКА Івана Васильовича на дисертаційну роботу *Мартинюка Петра Миколайовича "Математичне моделювання консолідації ґрунтів з урахуванням техногенного впливу та комплексу фізико-хімічних процесів"* подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертаційної роботи

Тема дисертаційної роботи пов'язана із дослідженнями взаємовпливу між полями надлишкових напорів, температури та концентрації хімічних речовин в насичених гетерогенних пористих середовищах. На даний час проблеми математичного моделювання та дослідження причинно-наслідкової залежності параметрів фільтрації пористого середовища від концентрації хімічних речовин в поровій рідині та від її температури, які досліджуються у даній дисертаційній роботі є актуальними як для розвитку методології математичного моделювання цих складних процесів, так і для використання отриманих результатів у будівництві промислових, цивільних та гідротехнічних об'єктів на етапі їх проектування із визначенням динаміки зміни надлишкових напорів та часу стабілізації ґрунтової основи (згідно державних будівельних норм та правил України). Однак, існуючі інженерні методи дозволяють лише наближено розв'язати поставлені задачі, крім того – не враховують впливу техногенних факторів. Це підтверджує актуальність теми роботи, пов'язаної з нерозв'язаними науковими проблемами будівництва та гідротехніки. Актуальність проведених дисертаційних досліджень підтверджується також і тим, що значна їх частина виконана згідно держбюджетних тематик в період з 2004 по 2014 р.р.: “Математичне та комп'ютерне моделювання природних, техногенних і інформаційних систем” (№ ДР 0104U003122); “Математичне та комп'ютерне моделювання впливу природних та техногенних факторів на стан ґрунтових основ енергетичних об'єктів” (№ ДР 0107U004173); “Математичне та комп'ютерне моделювання фізико-хімічних процесів підземної гідромеханіки під впливом природних, техногенних і соціальних факторів” (№ ДР 0110U000816); “Математичне і комп'ютерне моделювання нелінійних фізико-хімічних процесів гідромеханіки в багатокомпонентних середовищах пористої та нанопористої структури” (№ ДР 0113U004052). У рамках виконання цих науково-дослідних робіт здобувачем отримано всі результати, які становлять наукову новизну дисертаційного дослідження. Виділення держбюджетних коштів на проведені дослідження зазвичай проходить

експертну оцінку спеціалістів в даній галузі досліджень і засвідчує актуальність теми роботи та визнання її актуальності серед фахівців.

Оцінка ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій на основі аналізу змісту дисертаційної роботи

У вступі з достатньою повнотою описана загальна характеристика роботи, мета, задачі дослідження, новизна отриманих наукових результатів, їх практична значущість. У першому розділі обґрунтовано актуальність теми, визначені основні завдання дослідження, а також зроблено огляд відповідних математичних моделей і методів за літературними джерелами, в яких досліджені важливі для дисертації математичні моделі, методи, натурні експерименти.

У другому розділі математично будуються нові математичні моделі процесів фільтраційної консолідації та фільтраційного руйнування ґрунтів в умовах впливу техногенних факторів із використанням методів механіки насичених пористих середовищ, термодинаміки нерівноважних процесів, механіки ґрунтів, математичної фізики, підземної гідромеханіки та гідродинаміки. Сформульовано та обґрунтовано нові постановки задач фільтраційного руйнування гетерогенних пористих середовищ та їх математичні моделі, у тому числі і нові кінематичні граничні умови на рухомих межах.

У третьому розділі на основі побудованих математичних моделей досліджені процеси фільтраційної консолідації ґрунтів в умовах впливу тепло-солепереносу. Числові розв'язки нелінійних крайових задач знайдено трьома методами: скінченних різниць, скінченних елементів та радіальних базисних функцій. Причина, мета та ціль застосування кожного методу, зокрема і безсіткового методу радіальних базисних функцій, належно обґрунтовані. Практична ефективність безсіткового методу радіальних базисних функцій підтверджена можливістю його застосування у просторах підвищеної розмірності, а також в областях з рухомими межами. Завдяки вказаному методу вдалося розв'язати просторову задачу консолідації і отримати ряд нових результатів, важливих для науки та практики.

У четвертому розділі набули подальшого розвитку дослідження процесів фільтраційної консолідації неоднорідних ґрунтів в умовах впливу техногенних факторів. Неоднорідність розуміється на макрорівні – шаруватість ґрунтів або наявність включень з іншими фізико-хімічними властивостями. Обґрунтованість наукових положень розділу 4 забезпечується використанням нових здобутків наукової школи України у даному напрямку (роботи І. І. Ляшка, І. В. Сергієнка, В. В. Скопечького, В. С. Дейнеки та ін.). Одна із

нових задач та математичних моделей вказаного розділу – дослідження фільтраційної консолідації ґрунтів, які містять тонкі напівпроникні включення. За пропозицією здобувача в умові спряження неідеального контакту на напівпроникному включенні для концентрації хімічних речовин запропоновано використати коефіцієнт, числове значення якого дорівнює ступеню ідеальності цього включення. Це дозволило математично та комп'ютерно змодельовати явище стрибка надлишкових напорів на напівпроникному включенні. Обґрунтованість та достовірність такого підходу забезпечується якісним співпаданням результатів числових експериментів та натурних спостережень таких явищ у природних геологічних формаціях. У п'ятому розділі математично змодельовані процеси просідання (набухання) пористого середовища у ході його консолідації. Сформульовано нелінійні математичні моделі, які описуються крайовими задачами Стефанівського типу. Результати числових експериментів засвідчили можливість нерівномірних просідань ґрунтової поверхні під дією інтенсивних теплових та хімічних полів. У шостому розділі досліджено взаємні процеси фільтраційної консолідації, фільтраційного руйнування та тепло-масопереносу. Для числового розв'язання відповідних нелінійних крайових задач використано безсітковий метод радіальних базисних функцій. Обґрунтованість застосування даного методу базується на його розвитку та особливо ефективним застосуванням у задачах механіки руйнування – виникнення та поширення тріщин, руйнування на дискретні частинки, наявність рухомих меж тощо.

Наукова новизна основних результатів

У роботі вперше побудовано нову математичну модель фільтраційної консолідації ґрунту за наявності та поширення зони контактного розмиву, з урахуванням зосереджених шляхів фільтрації, можливості багатофракційної контактної суфозії, а також впливу тепло-солепереносу; враховано топологічну складність ґрунтів, як гетерогенних пористих середовищ для адекватного математичного описання динаміки станів та явищ, що мають місце у такого типу середовищах; узагальнено закон Дарсі-Герсеванова руху рідин у гетерогенних деформівних пористих середовищах (на прикладі ґрунтів) щодо комплексного урахування та формалізації дії фізичних законів та явищ термічного і хімічного осмосів, залежності параметрів фільтрації від теплового та хімічного режимів ґрунту та нелінійної залежності коефіцієнта фільтрації від функції самих надлишкових напорів; виведено кінематичні граничні умови на рухомих межах, як результат просідання поверхні ґрунту із-за ущільнення, контактного розмиву та взаємопроникнення ґрунтів різного гранулометричного складу (контактна суфозія); при побудові математичних моделей фільтраційної

консолідації гетерогенного пористого середовища враховано явище термічного розширення фаз ґрунту.

Вперше числовий розв'язок нелінійної задачі фільтраційної консолидації в умовах впливу техногенних факторів знайдено у тривимірному випадку. До цього у механіці ґрунтів та математичному моделюванні вказаних процесів у числових дослідженнях, як правило, обмежувались одно- та двовимірними випадками. Проведені числові експерименти з використанням створеного комплексу програм дозволили виявити нові закономірності при розгляді задач з однаковими вхідними параметрами в одно-, дво- та тривимірному випадках. Набув подальшого розвитку підхід щодо урахування наявності солей у рівняннях нерозривності рідкої та твердої фаз ґрунту. Дістало подальшого розвитку дослідження процесів фільтраційної консолидації шаруватих ґрунтів (природна шаруватість або випадок поступового зведення ґрунтової споруди) та ґрунтів з тонкими напівпроникними включеннями (включення із природних ґрунтів, які мають властивості напівпроникних мембран) в умовах впливу техногенних факторів.

На основі математичної моделі фільтраційної консолидації вперше досліджено вплив техногенних факторів на швидкості зсувних зміщень ґрунтів. Ідею визначення швидкості зсувних зміщень з використанням математичної моделі фільтраційної консолидації ґрунтів взято з робіт М. О. Цитовича, З. Г. Тер-Мартиросяна та А. Б. Лейкам. Систематизовано і приведено до математичних моделей важливі процеси і явища у гетерогенних деформівних пористих середовищах під впливом хімічних та теплових полів.

Вірогідність результатів дисертаційної роботи та повнота викладення в опублікованих працях

Вірогідність сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується застосуванням математичних методів аналізу, системного підходу, відповідністю використаних наукових методів завданням дослідження і логічністю послідовності його етапів. Коректність отриманих чисельних результатів підтверджено їх узгодженістю з результатами інших авторів та з результатами натурних спостережень.

Основні положення дисертації з належною повнотою висвітлені у 71 науковій праці автора, відомості про них є у дисертації та авторефераті. У фахових наукових виданнях надруковано 22 статті, дві праці – це монографії, співавтором яких є здобувач, а також 6 статей в авторитетних закордонних виданнях. Результати дисертації доповідались у різні роки на національних і міжнародних конференціях, семінарах і симпозіумах.

Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації.

Про відсутність у докторській дисертації наукових положень, які виносились на захист кандидатської дисертації

Наукові положення, які виносились на захист кандидатської дисертації використані здобувачем лише в оглядовій частині докторської дисертації. Жодне з положень, захищених у кандидатській дисертації, не винесено на захист докторської дисертації.

Рекомендації стосовно впровадження результатів дисертаційного дослідження

Результати дисертаційного дослідження доцільно впроваджувати і розвивати у напрямках розв'язання актуальних теоретичних і прикладних проблем гідротехнічного будівництва, зокрема, побудовані нові математичні моделі доцільно використовувати при моделюванні процесів функціонування нафто-газових пластів, фільтрування, руйнування пористих середовищ, видобування корисних копалин, а також на етапах проектування гідротехнічних споруд, атомних електростанцій, цивільних та промислових об'єктів на ґрунтових масивах, які можуть попадати у зону впливу теплових та змінних хімічних полів.

Зауваження по дисертації

1. Бажано було б зосередити більше уваги обґрунтуванню ефективності запропонованих методів на основі обчислення максимальних по області нев'язок для отриманих наближених розв'язків.
2. Сформульоване на стр. 135, 141 категоричне твердження «Отже, урахування масообмінних процесів призводить до уповільнення розсіювання надлишкових напорів» бажано уточнити.
3. Сформульоване на стр. 132 твердження «Отже, зважаючи на недостатність теоретичних досліджень точності наближених розв'язків, отриманих методом скінченних елементів із використанням стабілізації за протипотоковою схемою Петрова–Гальоркіна, дані результати засвідчують їх прийнятну точність» бажано доповнити поясненням, що у даному випадку є «прийнятною точністю».
4. Дана дисертаційна робота оформлена на належно високому рівні, проте зустрічаються слова із пропущеними буквами(стр. 110, 115), речення із пропущеними словами (стр. 135), неправильне використання прикметників «в» замість «у», зустрічаються слова «кристалики» замість «кристали» (солі).

Приведені зауваження не зменшують цінності роботи у цілому та її позитивну оцінку. Великий обсяг виконаної роботи засвідчує, що її автор є зрілим експертом високого рівня у області практичного розв'язання широких класів відповідних нелінійних крайових задач.

Висновок

Вважаю, що актуальність теми дисертаційної роботи, наукова новизна і вірогідність основних результатів дисертаційної роботи є підтвердженими, особистий внесок автора у вирішення важливого сучасного науково-технічного завдання у математичному моделюванні взаємозв'язаних фізико-хімічних та техногенних процесів фільтраційної консолідації, тепло-масопереносу, фільтраційного руйнування, явищ просідань у гетерогенних пористих середовищах, до яких відносяться ґрунти, є науково вагомим і дана дисертаційна робота “Математичне моделювання консолідації ґрунтів з урахуванням техногенного впливу та комплексу фізико-хімічних процесів” відповідає п.10, п.12, п.13 і п.14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, а її автор – Мартинюк Петро Миколайович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент: доктор технічних наук, професор,
професор кафедри математичної фізики
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»

І. В. Бейко

Підпис І. В. Бейка засвідчую: