# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0821U100560

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 09-04-2021

**Статус:** Захищена

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**

## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Тимошенко Андрій Анатолійович
2. Tymoshenko Andrii Anatoliiovych

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 113

**Назва наукової спеціальності:** Математика та статистика. Прикладна математика

**Галузь / галузі знань:**

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Не застосовується

**Дата захисту:** 26-03-2021

**Спеціальність за освітою:** Прикладна математика

**Місце роботи здобувача:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 26.001.108

**Повне найменування юридичної особи:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Код за ЄДРПОУ:** 02070944

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 60, м. Київ, Київська обл., 01033, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Код за ЄДРПОУ:** 02070944

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 60, м. Київ, Київська обл., 01033, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:**

**Коди тематичних рубрик:** 27.41

**Тема дисертації:**

1. Оптимальне точкове керування переносом маси у пористих середовищах.
2. Optimal point control of point source intensity for mass transfer in porous medium.

**Реферат:**

1. Дослідження присвячено моделюванню процесу переносу вологи у пористому середовищі із зануреними точковими джерелами та пошуку оптимального значення потужності джерел для заданої бажаної вологості. Проблема фільтрації у пористому середовищі залишається актуальною і сьогодні через велику кількість супутніх процесів та параметрів, які суттєво підвищують її складність. Більшість наявних робіт присвячена моделюванню процесу з частковим урахуванням фізичних, хімічних або геологічних особливостей пористого середовища. Оптимізація для рівняння Річардса-Клюта досліджена частково та зазвичай потребує додаткових припущень для спрощення. Розв'язання задачі оптимального розподілу вологи у пористому середовищі дозволить отримати нові результати також для схожих областей науки – переносу солей під час фільтрації, розповсюдження забруднення та ряді інших проблем, де наявний пористий матеріал у конструкції. Метою дисертаційної роботи є: 1) Побудова моделі переносу маси у пористому середовищі з

точковими джерелами за допомогою модифікованого перетворення Кірхгофа. 2) Доведення коректності постановки задачі. 3) Побудова алгоритму оптимального керування переносом маси з точковими джерелами та доведення існування та єдиності оптимального керування. 4) Проведення обчислювальних експериментів та дослідження властивостей алгоритму обчислення. Об'єктом дослідження є математична модель вологоперенесення води з шуканим значенням потужності джерел. Предметом дослідження є узагальнені розв'язки квазілінійного диференціального рівняння з частинними похідними і сингулярними правими частинами, їх властивості, а також розв'язки оберненої задачі ідентифікації потужності точкових джерел зволоження пористого середовища, представленої рівнянням Річардса-Клюта. Методика дослідження: методи теорії узагальненого оптимального керування лінійними розподіленими системами, методика апріорних оцінок у негативних нормах, варіаційні методи розв'язування обернених задач, апарат математичного і функціонального аналізу. Спочатку за допомогою підстановки Кірхгофа та заміни змінних виконано перехід до безрозмірного рівняння з лінійним оператором. Для одновимірного та двовимірного рівнянь застосовано модифіковану підстановку Кірхгофа з урахуванням коефіцієнтів водопроникності вздовж відповідних координат та масштабними множниками відповідно до лінійних розмірів області та часового проміжку. Для отриманого рівняння введено критерій оптимальності – розподіл безрозмірного аналогу вологи має відповідати (бути максимально близьким до) заданої функції в останній момент часу або протягом всього процесу. Відповідно, чисельний критерій оптимальності представлено функціоналом якості, який мінімізується. Для самоперевірки можна взявши одне джерело зволоження та знайти оптимальне значення вологості, прирівнявши функціонал до нуля. Після цього порівняти отриманий результат з результатом виконання методу, представленого у дисертації. Доведено коректність постановки задачі оптимізації, існування та єдиність її розв'язку. Далі виконується розбиття на підзадачі відповідно до варіаційного методу. Перше рівняння враховує поточне наближення оптимальної потужності джерел та моделює розподіл безрозмірного аналогу вологи позначеного Тета. Другим етапом варіаційного методу є побудова спряженого рівняння, права частина якого враховує різницю між отриманими показниками та бажаною функцією. Третій етап методу полягає у знаходженні нового наближення оптимальної потужності враховуючи отримані у двох попередніх розв'язки прямої та спряженої задачі у точках, де задано бажану функцію. Для перших двох етапів виконується просторово-часова дискретизація, обчислено похибку в залежності від вибору кроку. Нове наближення оптимальної потужності в залежності від вибору ітераційного методу отримано кількома шляхами, порівняно кількість ітерацій та досягнуту точність для кожного з розглянутих підходів. Для розв'язання відповідних СЛАР використано ітераційні методи. В залежності від умов на межі області отримано та розв'язано кілька СЛАР, результати розподілу безрозмірної вологості представлено у вигляді графіків зрізу через джерело. Додатково було запропоновано пришвидшення методу застосувавши метод дробного кроку при обчисленні наступного наближення потужності. Також сконструйовано метод що залежить від величини максимального або середнього відхилення від цільової функції – крок змінюється кожну ітерацію поступово зменшуючись при наближенні до оптимального значення. Хоча метод завершився після меншої кількості ітерацій та досяг потрібної точності, проте не для будь-якої довжини початкового кроку (масштабний множник) він є збіжним.

2. The research is devoted to modelling of humidity transport in porous medium, with inserted point sources, and to search of optimal source power for a defined desired humidity function. Filtration problem in porous medium is still topical today due to a large amount of related processes and parameters, which seriously improve its difficulty. Most of works are devoted to modelling the process particularly taking into account physical, chemical, or geological features of the porous medium. Optimization for Richards-Klute equation is particularly explored and usually requires additional assumptions for simplification. Solution of the optimal water distribution problem in porous medium would also lead to new results in alike fields of science – salt transfer during filtration, pollution spread and several other problems where porous medium is involved as a part. The aim of dissertation work is: 1) Construction of mathematical model describing mass transfer in porous medium with point sources using modified Kirchhoff transformation. 2) Proof of correctness for the stated problem. 3) Construction of optimal control algorithm for mass transfer with point sources and proof of existence and uniqueness of optimal control. 4)

Conducting computational experiments and studying the properties of the computational algorithm. The object of the research is mathematical model of water transport with requested humidity values. The subject is generalized solutions of quasilinear differential equation with partial derivatives and singularity at the right-hand side of equation, their properties, and also solutions of the opposite problem – identification of point water source power humidifying the porous medium, represented by Richards-Klute equation. Research methods: methods of the theory of generalized optimal control of linear distributed systems, methods of a priori estimates in negative norms, variational methods for solving inverse problems, apparatus of mathematical and functional analysis. Firstly, the transition to dimensionless equation is done with help of Kirchhoff transformation and substituting variables. For one-dimensional and two-dimensional equations, the transformation with respect to the coefficients of water permeability along the corresponding coordinates and the correlation with the coefficients of other dimensions are taken into account. For the three-dimensional case the transformation is classical. As we consider a limited area with known initial and boundary conditions, scaling is introduced proportional to linear sizes of the area, period of time and possible source power. As a result, the initial nonlinear equation is transformed into linear dimensionless analogue for further calculations. For the received equation the optimization criterion is introduced – the distribution of dimensionless analogue of humidity should be as near the desired function as possible at the last moment or during all process. Accordingly, the numerical optimization criterion is represented by the quality functional, which should be minimized. To check the result, one may take one source of humidification and find the optimal point source value by taking the functional equal to zero and solving this equation. After that the result is compared with the one received by the general method, represented in the dissertation. Theorems on correctness of the stated optimization problem, existence and uniqueness of its solution are proven.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:**

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:**

**Підсумки дослідження:**

**Публікації:**

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:**

**Зв'язок з науковими темами:**

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Клюшин Дмитро Анатолійвич
2. Klyushyn Dmitro A.

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., 01.05.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Хіміч Олександр Миколайович
2. Himich Oleksandr

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., 01.05.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Зуб Станіслав Сергійович
2. Zub Stanislav Sergijovych

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., 01.05.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Сандраков Генадій Вікторович

2. Сандраков Генадій Вікторович

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., 01.01.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Оноцький В'ячеслав Валерійович

2. Onotskyi Viacheslav Valeriyovich

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., 01.05.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## VIII. Заключні відомості

| | |
|---|---|
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради** | Пічкур Володимир Володимирович |
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні** | Пічкур Володимир Володимирович |
| **Відповідальний за підготовку облікових документів** | |
| **Реєстратор** | |

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності**

Юрченко Т.А.