

## АНОТАЦІЯ

*Козачина В. В.* Удосконалення методів розрахунку систем захисту територій від підтоплення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. – Український державний університет науки і технологій, Дніпро, 2026.

Дисертацію присвячено розробці високоефективних чисельних моделей, що дають можливість швидко досліджувати ефективність роботи дренажної системи або окремих елементів цієї системи на етапі її проектування.

У **першому розділі** дисертації проведено аналіз наукових публікацій, присвячених підтоплення територій. Даний аналіз показує світову тенденцію щодо збільшення кількості територій, що потрапляють в зону підтоплення. Тому виникає комплекс важливих задач по організації засобів захисту територій від підтоплення для різних гідрологічних умов. Проведено аналіз причин, що призводять до підтоплення територій. Проведено аналітичний огляд літературних джерел, який показав, що існують різні методи зниження рівня підземних вод на підтоплених територіях, одним з найбільш ефективних є дренаж. На етапі проектування вибір того чи іншого методу дренажу визначається шляхом попереднього оцінювання ефективності майбутньої системи дренажу методом математичного моделювання. Виконано аналіз сучасних методів прогнозування динаміки підземних вод, який показав, що використання фізичного експерименту для рішення задач, що виникають при проектуванні систем дренажу, має чимало обмежень. Це пов'язано зі значними витратами часу на постановку експерименту та високими фінансовими витратами. Фізичний експеримент, в значній мірі, спрямований на визначення різних гідрологічних параметрів, що далі використовуються в теоретичних розрахунках при проектуванні систем дренажу. На основі вивчення літературних даних виявлено, що сучасним напрямом дослідження динаміки підземних вод, процесів геоміграції є використання чисельних моделей. Але наразі існує певний дефіцит прикладних чисельних моделей, що дозволяють комплексно вирішувати задачі

динаміки підземних вод та тепломасопереносу при проектуванні систем дренажу. Використання комерційних програмних комплексів (наприклад, пакету «MODFLOW») потребує високої кваліфікації користувача та значних економічних витрат через їх високу вартість; крім цього, потрібна детальна вхідна інформація для проведення обчислювального експерименту, що не є завжди доступною, особливо на початку проектних робіт, та отримання якої потребує часу та значних коштів. Аналіз літературних джерел по даній проблематиці виявив необхідність у створенні надійних та економічних методів чисельного дослідження динаміки підземних вод та процесів тепломасопереносу в них.

У **другому розділі** дисертації розглянуто побудову математичних моделей для розв'язання складних, багатофакторних задач по оцінці ефективності використання систем для зниження рівня ґрунтових вод на підтоплених територіях. Запропоновано математичні моделі для комплексного розв'язання задачі «дренаж підземних вод + робота проникного бар'єру». Запропоновано математичні моделі для комплексного розв'язання задачі «динаміка підземних вод + робота устаткування по заморожуванню підземного потоку». Даний клас задач є підготовчим етапом перед використанням дренажу підземних вод на окремій ділянці. Розглянуті математичні моделі базуються на фундаментальних законах механіки суцільного середовища – законі збереження маси та законі збереження енергії. Розглянуті математичні моделі допускають лише чисельне розв'язання. Тому необхідним є розробка ефективних чисельних моделей для практичної реалізації багатофакторних моделей динаміки підземних вод та тепломасопереносу. Для аналізу динаміки підземних вод при роботі дренажу запропоновано використання двох моделей гідродинаміки в залежності від наявності початкових даних. При недостатній кількості надійних початкових даних запропоновано використовувати модель потенціального руху. При достатній кількості початкових даних пропонується використовувати планову модель фільтрації ґрунтових вод. Запропоновані математичні моделі відносяться до класу «operational models», тобто моделей, що дозволяють проводити наукове

дослідження багатфакторних процесів динаміки ґрунтових вод та тепломасопереносу з метою обґрунтування інженерних рішень, що приймаються.

В **третьому розділі** дисертації розглянуто побудову чисельних моделей для розв'язання задачі гідродинаміки ґрунтових вод при роботі дренажної системи. Розглянуто побудову чисельних моделей тепломасопереносу для рішення задач геоміграції. Для чисельного розв'язання моделюючих рівнянь застосовано явні різницеві схеми. Це дає змогу здійснити просту програмну реалізацію різницевих моделюючих рівнянь. Виконано програмну реалізацію розроблених чисельних моделей. Створені коди являють собою інструмент розв'язання складних багатфакторних задач з оцінки ефективності роботи дренажних систем та їх елементів. В розділі наведено результати верифікації розроблених моделей, які підтверджують їхню адекватність. Побудовані чисельні моделі дають змогу замінити складні лабораторні та натурні експерименти, скоротити час на отримання науково обґрунтованих даних щодо ефективності застосування дренажних систем.

В **четвертому розділі** дисертації розглянуто практичне використання побудованих чисельних моделей на прикладі розв'язання комплексу задач, що виникають при розробці проєктів дренажу для підтоплених територіях. Представлені в розділі результати дають змогу зробити висновок, що розроблені чисельні моделі фільтрації, геоміграції, теплопереносу дають змогу враховувати низку важливих фізичних факторів, що впливають на процес динаміки підземних вод, при цьому для їх застосування потрібна стандартна геологічна інформація.

**Ключові слова:** дренаж, підземні води, динаміка підземних вод, рівняння фільтрації, забруднення підземних вод, забруднюючі речовини, гідрогеологія, гідрогеологічні умови, свердловина, математичні моделі, чисельні моделі, захисні споруди, тепломасоперенос.

## ABSTRACT

*Kozachyna V. V.* Improvement of methods for calculating protection systems against territory flooding – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 192 – Building Industry and Civil Engineering. – Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, 2026.

The dissertation is dedicated to the development of highly efficient numerical models that enable to carry out quick investigation of the effectiveness of a drainage system or its elements at the design stage.

**The first chapter** of the dissertation analyses scientific publications dedicated to flooding. This analysis shows a global trend toward an increase in the number of areas affected by flooding. This raises a number of important issues regarding the organization of flood protection measures for different hydrological conditions. An analysis of the causes of flooding is conducted. An analytical review of the literature shows that there are various methods for lowering the groundwater level in flooded areas, one of the most effective among them is drainage. At the design stage, the choice of a particular drainage method is determined by a preliminary assessment of the effectiveness of the future drainage system using mathematical modeling. An analysis of modern methods for predicting groundwater dynamics was performed, which showed that the use of physical experiments to solve problems arising in the design of drainage systems has many limitations. This is due to the significant time required to set up the experiment and the high financial costs. Physical experiments are largely aimed at determining various hydrological parameters, which are then used in theoretical calculations when designing drainage systems. Based on a review of the literature, it has been found that the current trend in research on groundwater dynamics and geomigration processes is the use of numerical models. However, there is currently a shortage of applied numerical models that allow for a comprehensive solution to the problems of groundwater dynamics and heat and mass transfer in the design of drainage systems. The use of commercial software packages (e.g., MODFLOW) requires a high

level of user qualification and significant economic costs due to their high price. In addition, detailed input information (which obtaining requires time and significant funds) is needed to conduct a computational experiment, that is not always available, especially at the beginning of design work. Based on a study of the literature, there is a need to develop effective and economical methods for numerical study of groundwater dynamics and heat and mass transfer processes in them.

**The second chapter** of the dissertation considers the development of mathematical models for solving complex, multifactorial problems of evaluating the effectiveness of systems for lowering the groundwater level in flooded areas. Mathematical models are proposed for the comprehensive solution of the problem of «groundwater drainage + permeable barrier operation». Mathematical models are proposed for the comprehensive solution of the problem of «groundwater dynamics + operation of equipment for freezing underground flow». This class of problems is a preparatory stage before using groundwater drainage in a specific area. The mathematical models considered are based on the fundamental laws of continuum mechanics – the law of conservation of mass and the law of conservation of energy. The mathematical models considered allow only numerical solutions. Therefore, it is necessary to develop effective numerical models for the practical implementation of multifactorial models of groundwater dynamics and heat and mass transfer. To analyze groundwater dynamics during drainage operation, it is proposed to use two hydrodynamic models depending on the availability of initial data. If there is insufficient reliable initial data, using a potential flow model is suggested. If there is sufficient initial data, it is proposed to use a planned groundwater filtration model. The proposed mathematical models belong to the class of «operational models», i.e. models that allow scientific research of multifactorial processes of groundwater dynamics and heat and mass transfer to be carried out in order to justify the engineering decisions that are made.

**The third chapter** of the dissertation considers the development of numerical models for solving the problem of groundwater hydrodynamics during the operation of a drainage system. The development of numerical models of heat and mass transfer for

solving geomigration problems is considered. Explicit difference schemes are used for numerical integration of modeling equations. This allows for simple software implementation of difference modeling equations. The developed numerical models have been implemented in software. The codes created are a tool for solving complex multifactorial problems of assessing the efficiency of drainage systems and their elements. The section presents the results of verification of the developed models, which confirm their adequacy. The developed numerical models make it possible to replace complex laboratory and field experiments and reduce the time required to obtain scientifically sound data on the effectiveness of drainage systems.

**The fourth section** of the dissertation considers the practical use of the developed numerical models using the example of solving a set of problems that arise when developing drainage projects for flooded areas. The results presented in the chapter allow to conclude that the developed numerical models of filtration, geomigration, and heat transfer make it possible to take into account a number of important physical factors that influence the dynamics of groundwater, while their application requires standard geological information.

*Keywords:* drainage, groundwater, groundwater dynamics, filtration equations, groundwater pollution, harmful substances, hydrogeology, hydrogeological conditions, well, mathematical model, numerical models, protective structures, heat and mass transfer.