

**G‘OVAK MUHITDA NOSTATSIONAR FILTRATSIYA JARAYONINI
MATLAB MUHITIDA SONLI MODELLASHTIRISH**

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА
ФИЛЬТРАЦИИ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ В MATLAB.**

**NUMERICAL MODELING OF NON-STATIONARY FILTRATION
PROCESS IN POROUS MEDIUMS IN MATLAB.**

Ismatova Mahfuza

Termiz iqtisodiyot va servis universiteti, Kompyuter tizimlari va ularning dasturiy ta'minoti mutaxassisligi 2-kurs magistranti

Annotatsiya: Mazkur maqolada g‘ovak muhitlarda suyuqlikning nostatsionar filtratsiya jarayonlarini matematik modellashtirish hamda ularni MATLAB dasturiy muhiti yordamida sonli usullar asosida tadqiq etish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda g‘ovak muhitlarda suyuqlik harakatini tavsiflovchi Darcy qonuni va massaning saqlanish tenglamalari asosida matematik model ishlab chiqildi. Hosil qilingan qisman hosilali differensial tenglama chekli ayirmalar usuli yordamida diskretlashtirildi va MATLAB muhitida sonli yechimlar olindi. Hisoblash natijalari g‘ovak muhit ichida bosimning vaqt va fazo bo‘yicha taqsimotini aniqlash imkonini berdi. Olingan natijalar sonli modellashtirish usullari g‘ovak muhitdagi filtratsiya jarayonlarini o‘rganishda samarali vosita ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: g‘ovak muhit, filtratsiya jarayoni, nostatsionar oqim, matematik modellashtirish, sonli usullar, MATLAB, Darcy qonuni.

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы математического моделирования нестационарных процессов фильтрации жидкостей в пористых средах и их изучение с использованием численных методов в программной среде MATLAB. В исследовании была разработана математическая модель, основанная на законе Дарси и уравнениях сохранения массы, описывающих движение жидкостей в пористых средах. Полученное дифференциальное уравнение в частных производных было дискретизировано методом конечных разностей, и численные решения были получены в среде MATLAB. Результаты расчетов позволили определить распределение давления во времени и пространстве внутри пористой среды. Полученные результаты показывают, что методы численного моделирования являются эффективным инструментом при изучении процессов фильтрации в пористых средах.

Ключевые слова: пористые среды, процесс фильтрации, нестационарный поток, математическое моделирование, численные методы, MATLAB, закон Дарси.

Abstract: This article discusses the issues of mathematical modeling of non-stationary filtration processes of liquids in porous media and their study using numerical methods using the MATLAB software environment. In the study, a mathematical model was developed based on Darcy's law and mass conservation equations describing the movement of liquids in porous media. The resulting partial differential equation was discretized using the finite difference method and numerical solutions were obtained in the MATLAB environment. The calculation results made it possible to determine the distribution of pressure in time and space inside the porous media. The obtained results show that numerical modeling methods are an effective tool in studying filtration processes in porous media.

Keywords: porous media, filtration process, non-stationary flow, mathematical modeling, numerical methods, MATLAB, Darcy's law.

1. KIRISH. G'ovak muhitlarda suyuqlik harakati ko'plab tabiiy va texnologik jarayonlarning asosini tashkil etadi. Yer osti suvlarining harakati, neft va gaz konlaridagi suyuqliklarning filtratsiyasi, tuproq qatlamlarida namlikning tarqalishi kabi jarayonlar aynan g'ovak muhitlarda sodir bo'ladi. Shu sababli g'ovak muhitlarda suyuqlik harakatini matematik modellashtirish zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

G'ovak muhit – bu ichida ko'plab mayda bo'shliqlar yoki g'ovaklar mavjud bo'lgan qattiq struktura bo'lib, ushbu bo'shliqlar orqali suyuqlik yoki gaz harakatlanishi mumkin. Bunday muhitlarga tuproq qatlamlari, qumtosh, ohaktosh, biologik to'qimalar va turli filtr materiallari kiradi. G'ovak muhitning asosiy fizik xususiyatlari g'ovaklik, o'tkazuvchanlik va filtratsiya koeffitsienti kabi parametrlar bilan tavsiflanadi.

Suyuqlik harakati stasionar va nostatsionar rejimlarda sodir bo'lishi mumkin. Stasionar jarayonlarda tizim parametrlari vaqt bo'yicha o'zgarmaydi, nostatsionar jarayonlarda esa bosim, tezlik va boshqa parametrlar vaqtga bog'liq ravishda o'zgaradi. Tabiiy sharoitlarda kuzatiladigan ko'plab filtratsiya jarayonlari aynan nostatsionar xarakterga ega.

G'ovak muhitda suyuqlik harakatini tavsiflashda Darcy qonuni keng qo'llaniladi. Ushbu qonun suyuqlik oqimi tezligi bosim gradientiga proporsional ekanligini ifodalaydi. Darcy qonuni massaning saqlanish tenglamasi bilan birgalikda qo'llanganda filtratsiya jarayonining asosiy differensial tenglamasi hosil bo'ladi.

Bunday tenglamalarni analitik usulda yechish ko‘pincha murakkab yoki imkonsiz bo‘lgani sababli sonli modellashtirish usullaridan foydalanish zarur bo‘ladi. Zamonaviy hisoblash texnologiyalari yordamida murakkab matematik modellarni sonli usullar asosida tahlil qilish mumkin.

MATLAB dasturiy muhiti ilmiy hisoblashlar va matematik modellashtirish uchun eng qulay vositalardan biri hisoblanadi. Ushbu muhit differensial tenglamalarni yechish, matritsalar bilan ishlash, grafik tasvirlar yaratish va modellashtirish jarayonlarini amalga oshirish uchun keng imkoniyatlarga ega.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi g‘ovak muhitda nostatsionar filtratsiya jarayonining matematik modelini yaratish hamda uni MATLAB dasturiy muhiti yordamida sonli usullar orqali modellashtirishdan iborat.

2. TADQIQOT METODLARI.

G‘ovak muhitda suyuqlik harakatini tavsiflash uchun bir qator fizik qonunlar va matematik tenglamalar qo‘llaniladi. Ushbu tadqiqotda suyuqlik filtratsiyasini tavsiflashda Darcy qonuni asosiy nazariy asos sifatida qabul qilindi.

$$v = -\frac{k}{\mu} \nabla p$$

bu yerda:

v – filtratsiya tezligi,

k – g‘ovak muhitning o‘tkazuvchanlik koeffitsienti,

μ – suyuqlik yopishqoqligi,

∇p – bosim gradienti.

Massaning saqlanish qonuni bilan birgalikda ushbu qonun nostatsionar filtratsiya jarayonini tavsiflovchi asosiy differensial tenglamani hosil qiladi.

$$\frac{\partial p}{\partial t} = a \nabla^2 p$$

bu yerda

p – bosim,

t – vaqt,

a – filtratsiya koeffitsienti.

Mazkur tenglama diffuziya tipidagi tenglama bo‘lib, bosimning vaqt va fazo bo‘yicha o‘zgarishini ifodalaydi.

Ushbu tenglamani yechishda **chekli ayirmalar usuli (Finite Difference Method)** qo'llanildi. Ushbu usul differensial tenglamalarni diskret nuqtalar tizimida algebraik tenglamalar sistemasiga keltirishga asoslangan.

Fazoviy koordinata va vaqt diskret qadamlar orqali ifodalanadi:

$$x_i = i\Delta x, \quad t_n = n\Delta t$$

Natijada differensial tenglama quyidagi ayirmali tenglama ko'rinishiga keladi:

$$p_i^{n+1} = p_i^n + a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} (p_{i+1}^n - 2p_i^n + p_{i-1}^n)$$

Hisoblash jarayoni MATLAB dasturiy muhiti yordamida amalga oshirildi. MATLAB dasturida hisoblash algoritmi tuzildi va bosim taqsimotining vaqt bo'yicha evolyutsiyasi hisoblab chiqildi.

3. NATIJALAR. MATLAB muhitida ishlab chiqilgan sonli model yordamida g'ovak muhitda bosimning vaqt bo'yicha tarqalishi hisoblab chiqildi. Modelda bir o'lchamli filtratsiya tizimi ko'rib chiqildi.

Boshlang'ich shart sifatida tizimning bir chegarasida yuqori bosim qiymati berildi, qolgan nuqtalarda esa boshlang'ich bosim nolga teng deb qabul qilindi. Hisoblashlar davomida vaqt o'tishi bilan bosimning g'ovak muhit bo'ylab qanday tarqalishi aniqlanib borildi.

Hisoblash natijalari shuni ko'rsatdiki, vaqt o'tishi bilan bosim gradienti asta-sekin kamayib boradi va tizim muvozanat holatiga yaqinlashadi. MATLAB dasturi yordamida bosim taqsimoti grafik ko'rinishda tasvirlandi.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, filtratsiya koeffitsienti kattalashgani sari bosim tarqalish tezligi ortadi. Bu esa g'ovak muhitning fizik xususiyatlari filtratsiya jarayonining dinamikasiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini bildiradi.

Shuningdek turli boshlang'ich va chegaraviy shartlar uchun hisoblashlar amalga oshirildi va ularning filtratsiya jarayoniga ta'siri tahlil qilindi.

4. MUHOKAMA. Olingan natijalar g'ovak muhitda nostatsionar filtratsiya jarayonlarini o'rganishda sonli modellashtirish usullarining samaradorligini ko'rsatadi. MATLAB dasturiy muhiti yordamida murakkab differensial tenglamalarni sonli usullar asosida yechish va jarayonlarni vizual tahlil qilish imkoniyati mavjud.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, g'ovak muhitning o'tkazuvchanligi va filtratsiya koeffitsienti suyuqlik harakatining asosiy parametrlaridan hisoblanadi. Ushbu

parametrlarning o'zgarishi filtratsiya jarayonining tezligi va bosim taqsimotiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

MATLAB muhitida yaratilgan model yordamida g'ovak muhitda sodir bo'ladigan fizik jarayonlarni chuqur tahlil qilish mumkin. Bunday modellashtirish usullari neft va gaz konlarini o'rganish, yer osti suvlarini modellashtirish hamda ekologik jarayonlarni tadqiq etishda keng qo'llanilishi mumkin.

Kelgusidagi tadqiqotlarda ikki va uch o'lchamli modellarni ishlab chiqish, shuningdek nolinear filtratsiya tenglamalarini hisoblash orqali modelni yanada takomillashtirish mumkin.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda g'ovak muhitda nostatsionar filtratsiya jarayonining matematik modeli ishlab chiqildi va MATLAB dasturiy muhiti yordamida sonli modellashtirildi. Darcy qonuni va massaning saqlanish tenglamasi asosida filtratsiya jarayonining differensial tenglamasi hosil qilindi hamda chekli ayirmalar usuli yordamida uning sonli yechimi olindi.

Olingan natijalar bosimning vaqt va fazo bo'yicha tarqalishini aniqlash imkonini berdi. MATLAB muhitida amalga oshirilgan modellashtirish jarayoni filtratsiya jarayonining dinamik xususiyatlarini tahlil qilish uchun samarali vosita ekanligini ko'rsatdi.

Tadqiqot natijalari g'ovak muhitlarda suyuqlik harakatini o'rganishda sonli modellashtirish usullarining muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bear J. **Dynamics of Fluids in Porous Media.** Dover Publications, 1988.
2. Aziz K., Settari A. **Petroleum Reservoir Simulation.** Applied Science Publishers, 1979.
3. Anderson J. **Computational Fluid Dynamics.** McGraw-Hill, 2016.
4. Attaway S. **MATLAB: A Practical Introduction to Programming and Problem Solving.** Elsevier, 2019.
5. Strang G. **Computational Science and Engineering.** Wellesley Cambridge Press, 2007.