

**ELASTIK REJIMDAGI SIZISH JARAYONLARINI KOMPYUTER
MODELLASHTIRISH**

Termiz iqtisodiyot va servis institute magistranti

Ismatova Mahfuza Rasulovna

Annotatsiya. Ushbu maqolada elastik rejimdagi sizish jarayonlarini kompyuter modellashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. G'ovak muhitda suyuqlik harakatini tavsiflovchi differensial tenglamalar asosida matematik model tuzilgan va sonli yechish usullari tahlil qilingan. Hisoblash algoritmlarini MATLAB dasturiy muhiti yordamida amalga oshirish imkoniyatlari yoritilgan. Modellashtirish natijasida bosim maydonining vaqt va fazo bo'yicha o'zgarishi o'rganilgan hamda olingan sonli natijalar tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari yer osti gidravlikasi va filtratsiya jarayonlarini o'rganishda samarali qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: elastik rejim, g'ovak muhit, sizish jarayoni, MATLAB, sonli modellashtirish, bosim maydoni, differensial tenglama, filtratsiya.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы компьютерного моделирования процессов фильтрации в упругом режиме. На основе дифференциальных уравнений, описывающих движение жидкости в пористой среде, построена математическая модель и проведён анализ численных методов её решения. Освещены возможности реализации вычислительных алгоритмов в программной среде MATLAB. В результате моделирования исследованы изменения поля давления во времени и пространстве, а также выполнен анализ полученных численных результатов. Результаты исследования могут быть эффективно использованы при изучении задач подземной гидравлики и процессов фильтрации.

Ключевые слова: упругий режим, пористая среда, процесс фильтрации, MATLAB, численное моделирование, поле давления, дифференциальное уравнение, фильтрация.

ABSTRACT. This article examines the issues of computer modeling of filtration processes under elastic flow conditions. A mathematical model based on differential equations describing fluid motion in porous media is developed, and numerical solution methods are analyzed. The possibilities of implementing computational algorithms in the MATLAB environment are discussed. The simulation results provide insights into the temporal and spatial variations of the pressure field, and the obtained numerical data are thoroughly analyzed. The findings of the study can be effectively applied in groundwater hydraulics and the investigation of filtration processes.

Keywords: elastic regime, porous medium, filtration process, MATLAB, numerical modeling, pressure field, differential equation, filtration.

Kirish. Hozirgi kunda neft-gaz konlarini samarali o'zlashtirish, yer osti suvlarining harakatini tadqiq etish hamda turli filtratsiya jarayonlarini chuqur o'rganishda g'ovak muhitlarda suyuqlik harakatining matematik modellarini yaratish va ularni kompyuter yordamida tahlil qilish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Tabiatda va texnik tizimlarda uchraydigan ko'plab jarayonlar g'ovak muhitlarda suyuqliklarning harakati bilan bog'liq bo'lib, ularni o'rganish yer osti gidravlikasi, neft va gaz konlarini ekspluatatsiya qilish, gidrogeologiya, geotexnologiya hamda ekologiya sohalarining muhim masalalaridan biri hisoblanadi. G'ovak muhitda suyuqlik harakati ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, muhitning fizik-mexanik xususiyatlari, suyuqlikning siqiluvchanligi, bosimning taqsimlanishi

va vaqt bo'yicha o'zgarishi jarayonning murakkabligini oshiradi. Ayniqsa, elastik rejimdagi sizish jarayonlari g'ovak muhit va suyuqlikning siqiluvchanlik xususiyatlari bilan bog'liq bo'lib, bunda bosimning o'zgarishi natijasida muhit va suyuqlik hajmida ma'lum darajada deformatsiyalar yuz beradi. Shu sababli bunday jarayonlarni analitik usullar yordamida to'liq o'rganish ko'pincha qiyin bo'lib, sonli modellashtirish usullaridan foydalanish zarurati tug'iladi.

So'nggi yillarda hisoblash texnikasining jadal rivojlanishi murakkab matematik modellarni kompyuter yordamida tadqiq qilish imkoniyatlarini kengaytirdi. Sonli modellashtirish usullari yordamida real jarayonlarga yaqin bo'lgan masalalarni yechish, turli parametrlarning jarayonga ta'sirini aniqlash hamda olingan natijalarni grafik ko'rinishda tahlil qilish mumkin. Bu esa nazariy tadqiqotlar bilan bir qatorda amaliy masalalarni hal qilishda ham muhim ahamiyatga ega.

Elastik rejimdagi sizish jarayonlarini modellashtirishda asosiy matematik apparat sifatida xususiy hosilali differensial tenglamalardan foydalaniladi. Ushbu tenglamalar g'ovak muhitdagi bosimning vaqt va fazo bo'yicha taqsimlanishini tavsiflaydi. Bunday tenglamalarning analitik yechimlarini topish ko'plab hollarda murakkab yoki inkonsiz bo'lganligi sababli, chekli ayirmalar, chekli elementlar va boshqa sonli usullar keng qo'llaniladi. Sonli usullar yordamida differensial tenglamalar algebraik tenglamalar tizimiga keltiriladi va kompyuter vositasida yechiladi.

Kompyuter modellashtirish filtratsiya jarayonlarini o'rganishda samarali vosita hisoblanadi. U nafaqat nazariy modelning adekvatligini tekshirish, balki jarayonning turli rejimlarini oldindan prognoz qilish imkonini ham beradi. Ayniqsa, MATLAB dasturiy muhiti matematik hisoblashlar, algoritmlar yaratish, natijalarni vizuallashtirish va tahlil qilish uchun qulay imkoniyatlarga ega bo'lib, ilmiy tadqiqotlarda keng qo'llanilmoqda.

Mazkur maqolada elastik rejimdagi sizish jarayonlarini kompyuter modellashtirish masalalari ko'rib chiqiladi. G'ovak muhitda suyuqlik harakatining matematik modeli tuziladi, uni sonli yechish usullari tahlil qilinadi hamda MATLAB dasturiy muhiti yordamida hisoblash algoritmi ishlab chiqiladi. Olingan natijalar asosida bosim maydonining vaqt bo'yicha o'zgarishi va filtratsiya jarayonining asosiy qonuniyatlari o'rganiladi. Tadqiqot natijalari yer osti gidravlikasi, neft-gaz konlarini o'zlashtirish va g'ovak muhitlarda kechadigan filtratsiya jarayonlarini prognoz qilishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Asosiy qism. Elastik rejimdagi sizish jarayonlarining matematik modeli. G'ovak muhitlarda suyuqlik harakati yer osti gidravlikasi, neft va gaz konlarini ishlatish hamda gidrogeologik jarayonlarni tadqiq etishda muhim ahamiyatga ega. Bunday jarayonlarni tavsiflashda filtratsiya nazariyasining asosiy qonunlari va matematik modellari qo'llaniladi. Elastik rejimdagi sizish jarayonlari suyuqlik va g'ovak muhitning siqiluvchanlik xususiyatlarini hisobga olgan holda o'rganiladi.

Filtratsiya jarayonining asosini Darsi qonuni tashkil etadi. Ushbu qonunga ko'ra, suyuqlik sarfi bosim gradientiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

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

bu yerda:

v — filtratsiya tezligi;

k — muhitning o'tkazuvchanlik koeffitsienti;

μ — suyuqlikning dinamik qovushoqligi;

p — bosim.

Massaning saqlanish qonuni va Darsi qonunini birgalikda qo'llash natijasida elastik sizish tenglamasi hosil qilinadi:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right)$$

bu yerda a — piezoo'tkazuvchanlik koeffitsienti bo'lib, muhit va suyuqlikning fizik xossalariga bog'liq. Mazkur tenglama nostatsionar filtratsiya jarayonlarini tavsiflaydi va bosimning vaqt hamda fazodagi o'zgarishini aniqlash imkonini beradi.

Sonli modellashtirish usuli. Amaliy masalalarda differensial tenglamalarning analitik yechimlarini topish qiyin bo'lganligi sababli sonli usullar qo'llaniladi. Eng keng tarqalgan usullardan biri chekli ayirmalar usuli hisoblanadi. Hisoblash sohasi fazo bo'yicha hhh qadam va vaqt bo'yicha τ taur qadam bilan diskretlashtiriladi. Hosilalar ayirmali ifodalar bilan almashtiriladi. Bir o'lchovli masala uchun tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{p_i^{n+1} - p_i^n}{\tau} = a \frac{p_{i+1}^n - 2p_i^n + p_{i-1}^n}{h^2}.$$

Natijada differensial tenglama algebraik tenglamalar tizimiga aylantiriladi va kompyuter yordamida yechiladi. Chekli ayirmalar usulining afzalligi uning sodda algoritmgaga ega ekanligi va kompyuter dasturlarida oson amalga oshirilishidir. Ushbu usul yordamida bosimning vaqt bo'yicha evolyutsiyasi va filtratsiya jarayonining rivojlanishi tadqiq etiladi.

MATLAB muhitida kompyuter modellashtirish. MATLAB dasturiy paketi sonli hisoblashlarni bajarish va natijalarni grafik ko'rinishda tasvirlash uchun qulay vosita hisoblanadi. Elastik rejimdagi sizish jarayonlarini modellashtirishda quyidagi bosqichlar amalga oshiriladi:

1. Matematik model parametrlarini kiritish.
2. Hisoblash sohasini diskretlashtirish.
3. Ayirmali sxemani tuzish.
4. Boshlang'ich va chegaraviy shartlarni berish.
5. Takroriy hisoblash algoritmini ishga tushirish.
6. Olingan natijalarni grafik tahlil qilish.

MATLAB dasturida hisoblash natijalari bosimning vaqt bo'yicha o'zgarishini, filtratsiya frontining siljishini va bosim maydonining shakllanishini kuzatish imkonini beradi. Grafik tasvirlar jarayonning fizik mohiyatini chuqurroq tushunishga yordam beradi.

Modellashtirish natijalari va ularning tahlili. Hisoblash tajribalari shuni ko'rsatadiki, elastik rejimda bosimning tarqalishi vaqt o'tishi bilan asta-sekin tekislanib boradi. Boshlang'ich bosim qiymatlaridagi keskin farqlar vaqt davomida kamayadi va tizim muvozanat holatiga yaqinlashadi. O'tkazuvchanlik koeffitsienti ortishi bilan bosimning tarqalish tezligi ham ortadi. Aksincha, qovushoqlikning oshishi filtratsiya jarayonini sekinlashtiradi. Piezoo'tkazuvchanlik koeffitsienti katta bo'lganda bosim maydonining qayta taqsimlanishi tezroq sodir bo'ladi. Kompyuter modellashtirish natijalari nazariy xulosalar bilan mos kelib, matematik modelning adekvatligini tasdiqlaydi. Olingan ma'lumotlar neft va gaz konlarini ishlatish, yer osti suvlarining

harakatini prognozlash hamda gidrotexnik inshootlarni loyihalashda qo'llanishi mumkin. Shunday qilib, elastik rejimdagi sizish jarayonlarini kompyuter modellashtirish g'ovak muhitlarda kechadigan murakkab filtratsiya hodisalarini o'rganishning samarali usuli bo'lib, u ilmiy tadqiqotlar va amaliy masalalarni yechishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa. **Mazkur maqolada elastik rejimdagi sizish jarayonlarini kompyuter modellashtirish masalalari o'rganildi. Tadqiqot davomida g'ovak muhitda suyuqlik harakatini tavsiflovchi asosiy matematik model sifatida nostatsionar filtratsiya tenglamasi tahlil qilindi va uning fizik mohiyati yoritildi. Elastik rejimda suyuqlik va g'ovak muhitning siqiluvchanlik xususiyatlari bosim maydonining vaqt bo'yicha o'zgarishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Differensial tenglamalarni analitik usullar bilan yechish murakkab bo'lgan hollarda sonli usullarning samaradorligi ko'rsatildi. Xususan, chekli ayirmalar usuli yordamida filtratsiya tenglamasining diskret analogi tuzildi va hisoblash algoritmi ishlab chiqildi. Ushbu yondashuv murakkab geometrik va fizik sharoitlarda ham masalani yechish imkonini berishi bilan ahamiyatlidir.**

Tadqiqotda MATLAB dasturiy muhiti yordamida elastik sizish jarayonlarining kompyuter modeli yaratildi. Hisoblash natijalari bosimning vaqt va fazo bo'yicha taqsimlanishini aniqlash, filtratsiya jarayonining rivojlanishini kuzatish hamda turli parametrlarning jarayonga ta'sirini baholash imkonini berdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Barenblatt G.I., Entov V.M., Ryjik V.M. **Theory of Fluid Flows Through Natural Rocks.** – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. – 395 p.
2. Aziz K., Settari A. **Petroleum Reservoir Simulation.** – London: Applied Science Publishers, 1979. – 476 p.
3. Bear J. **Dynamics of Fluids in Porous Media.** – New York: Dover Publications, 1988. – 764 p.
4. Muskat M. **The Flow of Homogeneous Fluids Through Porous Media.** – New York: McGraw-Hill Book Company, 1937. – 763 p.
5. Polubarinova-Kochina P.Ya. **Theory of Groundwater Movement.** – Princeton: Princeton University Press, 1962. – 613 p.
6. Samarskiy A.A. **Teoriya raznostnyx sxem (Ayirmali sxemalar nazariyasi).** – Moskva: Nauka, 1989. – 616 s.