

STRESZCZENIE POPULARNO-NAUKOWE

Rozwinięcie teorii, metod numerycznych i opracowanie programów komputerowych do modelowania szczelinowania hydraulicznego i towarzyszącej mu sejsmiczności w czasie rzeczywistym

Celem projektu jest udoskonalenie szczelinowania hydraulicznego, procesu technologicznego szeroko stosowanego w celu zwiększenia wydobycia gazu, ropy i energii cieplnej z formacji skalnych. Proces ten przeprowadza się przez wpompowanie do odwiertu płynu szczelinującego (zawyczej wody) pod ciśnieniem na tyle wysokim aby wytworzyć szczeliny (hydroszczeliny) w warstwie produkcyjnej. Zakończony sukcesem zabieg szczelinowania hydraulicznego radykalnie zwiększa powierzchnię, z której ropa (gaz, ciepło) płynie do odwiertu, co skutkuje znaczącym wzrostem wydajności. Każdego roku przeprowadza się tysiące takich zabiegów. Ich znaczenie gwałtownie wzrosło w ostatnich latach, w związku z odkryciem dużych zasobów gazu w pokładach niskoprzepuszczalnych skał łupkowych, z których, z uwagi na niską przepuszczalność gaz nie może zostać wydobyty bez szczelinowania.

Powodzenie zabiegu szczelinowania, będącego operacją dość kosztowną ma zasadnicze znaczenie ekonomiczne. W rzeczywistości jednak, nie wszystkie zabiegi kończą się sukcesem. Skąpe informacje na temat struktury i właściwości skał na głębokości otworu wiertniczego, ograniczają zrozumienie i kontrolę inicjacji i rozprzestrzeniania się hydroszczelin. W praktyce istnieją tylko dwa źródła wspomagające podejmowanie decyzji: modelowanie matematyczne i obserwacje mikrosejsmiczne.

Głównie to modelowanie matematyczne pozwala na pełniejsze zrozumienie i zwiększenie efektywności szczelinowania hydraulicznego. Jednak z uwagi na poważne trudności matematyczne i obliczeniowe, będące rezultatem (i) propagującego frontu szczeliny, (ii) silnej nieliniowości problemu, oraz (iii) osobliwości w zachowaniu się wielkości fizycznych w pobliżu frontu, istniejące obecnie techniki numeryczne są kosztowne obliczeniowo. Nie pozwalają one na podążanie za propagującą szczeliną i podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym. Powszechnie dostrzega się potrzebę radykalnego przyspieszenia symulacji.

Projekt podejmuje to wyzwanie: jego celem jest *stworzenie udoskonalonej teorii, metod numerycznych i programów komputerowych do symulacji pęknięć hydraulicznych i towarzyszącej im sejsmiczności w czasie rzeczywistym*. Stało się to możliwe dzięki ostatnim postępom w rozumieniu teoretycznych podstaw i w konsekwencji zmodyfikowanemu sformułowaniu zagadnienia szczelinowania hydraulicznego. Istotą zrewidowanego podejścia jest, w odróżnieniu od podejścia konwencjonalnego, użycie prędkości cząstek, zamiast strumienia, równania prędkości, zamiast globalnego zachowania masy, oraz wyprowadzenie i wykorzystanie uniwersalnej asymptotyki, mającej zastosowanie przy dowolnej kombinacji czynników dominujących. Otwiera to nowe możliwości wykorzystania efektywnych metod teorii propagujących powierzchni i śledzenia frontu szczeliny w czasie rzeczywistym, niedostępnych przy konwencjonalnym ujęciu zagadnienia. Z drugiej strony, korzystanie z nowych opcji efektywnego śledzenia propagującego pęknięcia, pogłębia konieczność przewyciężenia wspomnianych trudności matematycznych. Aby temu sprostać, w ramach projektu będą prowadzone matematyczne prace badawcze i rozwijane specjalne techniki obliczeniowe, oparte na analizie numerycznej i asymptotycznej oraz teorii hiperosobliwych równań całkowych, rozwiniętej przez kierownika projektu.

Symulację propagacji pęknięć należy uzupełnić przez symulację towarzyszącej im aktywności sejsmicznej. Taką możliwość daje obecnie ogólna teoria modelowania numerycznego zjawisk sejsmicznych. Porównanie (i) symulowanej historii pompowania z tą obserwowaną podczas rzeczywistego zabiegu szczelinowania oraz (ii) symulowanej sejsmiczności z obserwowaną w czasie rzeczywistym, pozwoli lepiej zrozumieć przebiegający proces, w celu sprawdzenia i kalibracji niepewnych danych wejściowych.

Wynikiem realizacji projektu będzie teoria i metody numeryczne symulacji szczelinowania hydraulicznego na poziomie znacznie przewyższającym obecny, a otrzymane unikalne narzędzie pozwoli modelować problemy trójwymiarowe w czasie rzeczywistym w warunkach polowych. Dopełnienie modelowania propagacji hydroszczeliny symulacją towarzyszącej jej sejsmiczności będzie znaczącym krokiem do wykorzystania rzeczywistych danych z historii pompowania i obserwowanej sejsmiczności, w celu zmniejszenia niepewności i zwiększenia efektywności zabiegu szczelinowania. W powodu tysięcy przeprowadzanych rocznie zabiegów pompowania i rosnących oczekiwań związanych z wykorzystaniem niskoprzepuszczalnych łupków, zwiększenie efektywności tych kosztownych operacji zapewni wysoki zysk ekonomiczny.