

Jarosław Ślizowski

**Geomechaniczne podstawy projektowania komór magazynowych
gazu ziemnego w złożach soli kamiennej****Streszczenie****Streszczenie**

Magazynowanie gazu ziemnego w komorach solnych jest najefektywniejszym sposobem podziemnego magazynowania tego surowca. Warunki geologiczno-górnice występujące w polskich wysadach solnych nie są jednoznacznie korzystne i wymuszają lokalizację komór na różnych głębokościach, co oznacza konieczność indywidualnego wyznaczania parametrów każdej komory i utrudnia eksploatację magazynu.

W pracy omówiono wszystkie zagadnienia składające się na projekt geomechaniczny komory ze zwróceniem szczególnej uwagi na problem matematycznego opisu właściwości reologicznych górotworu solnego i oceny długotrwałej stateczności komory magazynowej. Stwierdzono, że sformułowanie pełnego modelu reologicznego górotworu i określenie jego współczynników jest praktycznie niemożliwe, ze względu na silnie nieliniową zależność pomiędzy naprężeniami i odkształceniami. Nie mniej istotne ograniczenia wynikają ze stosowanych metod numerycznych polegających najczęściej na modyfikowaniu rozwiązań sprężystych w oparciu o metody naprężeń lub odkształceń początkowych. W efekcie powyższych ograniczeń przy wyprowadzaniu równania konstytutywnego przyjmuje się zasadę superpozycji odkształceń sprężystych i nieodwracalnych (plastyczno-lepkich), a efekty

reologiczne ograniczone są do opisu zjawiska pełzania. Duże problemy występują przy formułowaniu warunków gwarantujących bezpieczeństwo eksploatacji komory. W szczególności nie zdefiniowano do tej pory jednoznacznego kryterium opisującego długotrwałą wytrzymałość soli kamiennej, bezsporne jest tylko, że jest ona znacznie niższa od wytrzymałości krótkotrwałej. Odwrotna relacja zachodzi w przypadku odkształceń niszczących.

Przyjęta w niniejszej pracy metodyka projektowania komór polega na analizowaniu skrajnych warunków magazynowania, pod względem warunków brzegowych i możliwego wpływu naprężeń na szybkość pełzania soli kamiennej. Stateczność komory oceniano na podstawie pięciu niezależnych kryteriów dotyczących stanów naprężeń i odkształceń. Analiza wyników uzyskanych dla kilkunastu modeli obliczeniowych przykładowej komory magazynowej wskazuje, że większy wpływ na rozkład odkształceń i naprężeń górotworu w jej otoczeniu ma przyjęte prawo pełzania niż warunki brzegowe. Dotyczy to również konwergencji komory. Obliczenia wykazały również, że przyjmowanie wysokiej wartości potęgi opisującej wpływ naprężeń w prawie pełzania Nortona nie stanowi bezpiecznego oszacowania szybkości odkształceń górotworu i konwergencji komory magazynowej, które w rzeczywistości mogą być większe. W przypadku komór w wysadzie Mogilno zlokalizowanych w jednorodnej warstwie możliwe jest obniżenie wartości minimalnego ciśnienia magazynowania w porównaniu z aktualnie obowiązującymi projektami technicznymi. Stwierdzenie czy będzie to opłacalne z punktu widzenia długotrwałej efektywnej pojemności magazynu wymaga przeanalizowania szczegółowego scenariusza eksploatacji rozpatrywanej komory.

Geomechanical foundations of natural gas storage cavern design in rock salt formations

Summary

Salt caverns are considered to be the most suitable place for natural gas underground storage. Geological and mining-engineering conditions of Polish rock-salt formations are not perfect, therefore the storage caverns are forced to be projected on various depths. Following, it is essential to carry out detailed analyses for each cavern, and to specify parameters for each cavern independently.

The paper presents all the issues related to geomechanical project of possible cavern, with particular emphasis on the mathematical description of rock-salt massif rheological properties and the long-term stability of the storage cavern. The research exposed that it is basically impossible to formulate a complete, salt massif rheological model and its proper coefficients, due to a strong nonlinearity of stress-strain conditions. Furthermore, some important barriers occurs, as a result of numerical methods used to modify elastic solutions, mostly based on initial stress or strain methods. Consequently, constitutive equation derivation is supported on principle of superposition of elastic and irreversible (visco-plastic) strain. Rheological effects are reduced to creeping rate process description. Besides some significant problems are connected with defining of conditions that should guarantee chambers operational safety. So far there is no unique criterion describing long-term strength of rock-salt, however it is well known that long-term strength is much lower than short-term one. Reverse situation is observed in case of ultimate strain.

Presented method of cavern designing rely on analysis of the extreme storage conditions, with regard to boundary conditions and stress influence on creeping rate of rock-salt. The cavern stability assessment is based on five independent criteria concerning stress and strain states. Analysis of several numerical models of possible cavern indicates that greater influence on stress-strain distribution of rock-salt massif demonstrate creeping low, than boundary conditions. Analogical situation is observed in case of cavern's convergence. The calculations proved that high values of power coefficient describing stress influence in Norton creep law is not safe to estimate strain rate of rock-salt massif and cavern's convergence, which could be higher. In case of caverns located in homogenous layer of Mogilno salt dome, it is possible to decrease minimal storage pressure, regardless of current technical projects. However, it is not clear if this improvement is favourable in relation to effective, long-term storage capacity and only detailed analysis of exploitation scenario would give the answer.