

# Raziskava prilagodljivosti pakerjev za operacije lomljenja z integriranimi kolonami cevi v nahajališčih z nizko poroznostjo in permeabilnostjo

Zhiyong Wan<sup>1,\*</sup> – Hao Yu<sup>1</sup> – Yong Xiao<sup>2</sup> – Zhaoyang Zhao<sup>1</sup> – Zhanghua Lian<sup>1</sup> – Fangxin Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Državni laboratorij za geologijo in izkoriščanje nahajališč nafte in plina, Jugozahodna univerza za naftno industrijo, Kitajska

<sup>2</sup> Chengdu North Petroleum Exploration and Development Technology Co, Ltd, Kitajska

Konvencionalne proizvodne operacije pri razvoju naftnih in plinskih polj danes pogosto vključujejo večkratno menjavo kolon cevi, kar pa je povezano z manjšo učinkovitostjo izgradnje, tveganjem poškodb nahajališč in večjimi tveganji pri nadzoru vrtin. Tovrstne prakse tudi ne izpolnjuje zahtev glede preizkušanja vrtin in stimulacije plinskih in naftnih vrtin s kislom tekočino.

Rešitev za omenjene izzive je integracija operacij perforacije, lomljenja in dokončanja vrtin v eni sami koloni cevi. Tak pristop lahko izboljša učinkovitost izgradnje, zniža stroške raziskovanja in razvoja polj, zmanjša tveganje sekundarnega onesaženja formacij z izplako ter izpolnjuje zahteve glede zaščite okolja, lomljenja in učinkovite izgradnje. Operacije z integrirano kolono cevi lahko tudi odpravijo težave v zvezi z nadzorom glav vrtin pri montaži preprečevalcev izbruhov, s tem pa zmanjšajo tveganja v zvezi z nadzorom vrtin in izgradnjo ter obratovalne stroške. Pri konstruiranju integriranih kolon cevi pa je treba izpolniti tudi strožje zahteve. Paker kot ključna komponenta integrirane kolone cevi ima odločilno vlogo pri zatesnitvi kolone med procesi perforacije in tlačne stimulacije s kislino. Nujne so podrobne varnostne analize.

Na voljo sta dve izvedbi pakerjev – odstranljivi testni tlačni paker (Retrievable Test Treat Squeeze Packer – RTTS) in odstranljivi paker s hidravlično namestitvijo (Hydraulic-Set Retrievable Packer – RH). Za simulacijo temperatur in aksialnih sil kolone cevi vrtine med procesom perforacije in lomljenja je bil postavljen numerični model v ustreznem programskem paketu. Simulirani podatki, vključno s temperaturo in aksialno silo, so bili nato uporabljeni v programskem paketu za analize po MKE za preučitev uporabnosti ključnih komponent integrirane kolone cevi, kot je paker. Za tri vrste vrtin, ki so trenutno v razvoju, so bili opravljeni izračuni za analizo porazdelitve obremenitev pri pakerjih RTTS za različne obratovalne pogoje in tipe vrtin. Iz rezultatov sledi sklep, da lahko pakerji RTTS izpolnijo zahteve v zvezi z varnostjo proizvodnje na naftnih poljih. Pri pakerjih RH je bila ugotovljena pomanjkljiva zmogljivost tesnjenja, ki predstavlja varnostno tveganje. Za integrirane kolone cevi je zato priporočljiva uporaba pakerjev RTTS. Analiza pakerjev RTTS po metodi končnih elementov je razkrila, da se največje napetosti v zahtevnih pogojih proizvodnje pojavijo v osrednji cevi pakerja. Kontaktni tlak na gumijastem obroču doseže vrednost 30 MPa, odpoved tesnilnega kontakta pa ni bila ugotovljena. Zaradi vbrizgavanja kislega tekočine za lomljenje na sobni temperaturi med procesom tlačne stimulacije se v najzahtevnejših pogojih pojavlja toplotno raztezanje in krčenje kolone cevi in posledično aksialne natezne sile do 500 kN. Za zmanjšanje tveganja pojava aksialnih napetosti v opremi glave vrtine in preprečitev incidentov, kot je pogrezanje glave vrtine, je priporočljiva vgradnja dilatacijskih spojev v kolone cevi.

Vrtine na Srednjem vzhodu se zaradi značilne globine nahajališč prištevajo med navadne globoke vrtine, na Kitajskem pa trenutno poteka razvoj ultraglobokih vrtin, ki segajo do globin nad 11.000 metrov. Temperature v ultraglobokih vrtinah bodo presegle 200 °C, aksialne natezne sile pa bodo večje. Tehnologija integriranih kolon cevi mora zato izpolnjevati strožje zahteve, kar bo zahtevalo dodatne raziskave in analize. Predstavljeni model mehanskih obremenitev pakerja po metodi končnih elementov med procesom lomljenja s kislom tekočino omogoča simulacijo porazdelitve napetosti v vsaki komponenti pakerja po njegovi namestitvi pri različnih delovnih pogojih. Analiza prilagodljivosti pakerjev je zanesljiva teoretična podlaga za oceno njihove varnosti v kontekstu povečanja proizvodnje naftnih in plinskih polj.

Izračunani so bili temperatura, aksialna sila v ceveh in porazdelitev varnostnega faktorja za vsak del treh različnih vrtin na iraškem naftnem polju. Rezultati analize so teoretična podlaga za nadzor vrtin.

**Ključne besede:** nahajališča z nizko poroznostjo in permeabilnostjo, integrirana kolona cevi, gumijast obroč, lomljenje s kislino, simulacija po metodi končnih elementov