

## Nové technologie používané při vystrojování sond na podzemních zásobnících plynu v České republice

Milan Gavenda<sup>1</sup>

### *New Technologies for the completion of underground gas storage wells in the Czech Republic*

*At present we can't imagine the gas trading without underground gas storages. That's why there are more and more requirements for a gas storage performance and an enhanced safety during the storage operating. In this article, new trends of the completion development of injection-production wells in underground gas storages in the Czech Republic are presented.*

**Key words:** underground storage, TCP perforation, open-hole, safety undersurface valve, sliding side-door, landing nipple, gravel pack

### Úvod – proč skladovat zemní plyn?

O významu přírodních uhlovodíků, ke kterým se řadí i zemní plyn (ZP), bylo popsáno mnoho stránek. Ze všech však jasně vyplývá, že v posledních desetiletích je celosvětová závislost na tomto neobnovitelném zdroji energie vysoká a dlouhodobější omezení jeho dodávek by mohlo způsobit kolaps mnohých ekonomik světa. Například západoevropské země patří k největším spotřebitelům těchto surovin, přičemž jejich spotřeba je v značné míře závislá na dovozu. Proto je pochopitelná snaha o to, aby strategické zásoby kapalných a plyných uhlovodíků byly dostačující pro udržení chodu hospodářství i v případě vzniku různých krizí, nebo katastrof.

Zdroje ZP se často nacházejí v místech značně vzdálených od míst hlavní spotřeby, kterými jsou dnes především průmyslově rozvinuté státy. Na přelomu tisíciletí se asi z 2 300 mld. m<sup>3</sup> světové spotřeby spálilo každoročně přes 400 mld. m<sup>3</sup> ve střední a západní Evropě. Přitom téměř 80 % světových zásob ZP se nachází do 5 000 km od největších spotřebitelů v Evropě, což umožňuje dopravu této suroviny plynovody. Protože právě tranzitní plynovody, přepravující vytěžený plyn k spotřebitelům, disponují relativně omezenou maximální propustností, mají tranzitní dodávky stabilní charakter a nejsou schopny pokrýt zvýšenou poptávku po plynu v distribuční plynárenské síti. Právě řešení tohoto problému je hlavním úkolem pro podzemní zásobníky plynu (PZP), které operativní regulací zajišťují stabilitu a spolehlivost celého plynárenského systému (3).

První zásobník na území tehdejšího Československa byl vybudován v roce 1965. Jednalo se o dodnes činný podzemní zásobník akviferového typu v Lobodících, původně určený pro skladování přebytků svítiplynu. V r. 1973 byly zatlačeny první kubíky plynu již zemního do vytěžených horizontů těžebního pole Hrušky a daly tak vzniknout podzemnímu zásobníku Tvrdonice. Ve stejném roce začalo skladování importovaného zemního plynu v zásobníku Láb na Slovensku, který je dnes největším zásobníkem bývalé ČSFR. V roce 1983 byl zahájen provoz zásobníku Štramberský. V roce 1989 byl zahájen provoz PZP Dolní Dunajovice. Na začátku nového tisíciletí byl vybudován nový zásobník plynu Dolní Bojanovice a po roce 2000 byl uveden do provozu zatím poslední zásobník plynu Uhřetice (1, 2).

### Účel a požadavky na podzemní zásobníky plynu (3)

Na rozdíl od jiných energetických zdrojů, je zemní plyn distribuován sítí plynovodů a nemůže být spotřebiteli skladován. V důsledku této skutečnosti má distributor odpovědnost přizpůsobit dodávku poptávce.

Jedním ze základních prostředků pro přizpůsobení zásobování poptávce je využití podzemních zásobníků plynu. Pro svou velkou kapacitu mohou zajistit:

- krytí odběrových špiček,
- sezónní přizpůsobení, kdy během roku jsou zajištěny více méně konstantní dodávky plynu a jsou umožněny podstatně vyšší spotřeby v zimě než v létě,
- zajištění bezpečnosti dodávek plynu pro případ možného přerušení v zásobování.

<sup>1</sup> Ing. Milan Gavenda, MND Servisní a.s., Česká republika  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 11.9.2006)

Výkonnost podzemního zásobníku je obvykle definována dvěma základními parametry:

- aktivní skladovací kapacitou, která charakterizuje objem plynu, který může být odtěžen, aniž by zásobník byl ohrožen z hlediska vtlačení a zabezpečení požadovaných nároků na příští těžební sezónu,
- špičkovým výkonem, který je maximálním výkonem podzemního zásobníku, který může být realizován na základě daných provozních podmínek.

### **Sondy na podzemních zásobnících plynu**

Sondy tvoří jedinou možnou komunikaci mezi uskladňovací strukturou nebo jejím okolím a povrchem PZP. Z toho vyplývá jejich důležitost a zvýšená pozornost, která se jim musí věnovat nejenom při jejich hloubení, ale hlavně v průběhu provozování zásobníku. Zásobníkové sondy musí, na rozdíl od sond na ložiscích uhlovodíků, spolehlivě plnit svoji funkci podstatně delší dobu, čítající řadu desetiletí.

### **Typy sond**

Podle účelu použití se sondy v zásobníkovém fondu sond dělí na tři skupiny:

- provozní, neboli vtlačně-odběrové (dále v/o),
- pozorovací,
- účelové.

**Provozní sondy** zajišťují přímé propojení mezi plynovou částí zásobníkového objektu a povrchovou technologií PZP. Tyto sondy představují velmi nákladné, složité a technicky i technologicky náročné díla, na jejichž kvalitě a technické dokonalosti závisí nejenom spolehlivost provozu zásobníku, ale především jeho denní výkon.

**Pozorovací sondy** jsou nezbytnou součástí monitorovacího systému PZP a slouží ke sledování ložiskových tlaků, jak ve vlastním skladovacím obzoru, tak v nadloží a podloží.



Obr. 1. Produkční kříž Jt 21 MPa 3 x2 po montáži na ústí sondy (foto autor).

Fig. 1. Production tree on the well.

### **Způsob otevření obzoru**

Jedním z nejkritičtějších momentů u budoucích v/o sond je volba a provedení nejvhodnějšího způsobu otevření zásobníkového obzoru, tj. propojení těžební kolony s kolektorem. Po správné lokalizaci vrtu v ložisku má tato operace největší význam pro produkční vlastnosti dané sondy a tím i její budoucí výkon.

V zásadě existují dva způsoby otevření obzoru. Při prvním je zásobníkový obzor provrtán do podloží a přepažen těžební kolonou, která je následně, včetně kolektoru, zacementována. Propojení mezi sondou

a kolektorem je pak provedeno pomocí střílené *perforace* těžební kolony přes cementový kámen do ložiska. Samotná perforace je provedena perforátorem, zavěšeným na karotážním kabelu. V minulosti se u provozních sond používala perforace o hustotě 25 – 30 ran/m, dnes jsou však k dispozici perforátory s větší hustotou perforace a hlubší průnikem do kolektoru (např. TCP-perforace), což má pozitivní vliv na výkon sondy.

Druhý progresivní způsob otevření obzoru, tzv. *open-hole*, se liší tím, že obzor je provrtáván až po zapažení a cementaci těžební kolony, pata které je usazena v oblasti litologické hranice mezi kolektorem a nadložním izolátorem. Po provrtání zásobníkového obzoru do požadované hloubky se zpravidla v intervalu zásobníkového objektu provádí rozšíření průměru vrtu (kvůli zvětšení účinné plochy stěny vrtu). V současné době se na některých PZP přechází z průměru rozšíření 280 mm na průměr 350 mm. MND Servisní toto úspěšně aplikovala na PZP Dolní Dunajovice a připravuje na PZP Dolní Bojanovice. Rozšíření *open-hole* se provádí speciálním vrtným nářadím – rozšiřovačem.

### Podzemní vystrojení sond

Před uvedením zapaženého, zacementovaného a otevřeného vrtu do provozu je potřebné do něj instalovat takové vystrojení, které mu umožní spolehlivě plnit jeho funkci. Od momentu vystrojení se vrt stává sondou. Vystrojení sondy se skládá z jednotlivých komponentů sešroubovaných do společné sestavy. Hlavními komponenty podzemního vystrojení zásobníkových sond jsou (shora dolů):

- Stupačkovou kolonu (SK) tvoří:
  - o *čerpací trubky* (stupačky) – zapouštěné do těžební kolony a zavěšené pomocí závěsného kužele do základní příruby na ústí sondy.
  - o *bezpečnostní podpovrchový ventil* - v případě havárie na ústí sondy nebo v povrchové technologii automaticky zneprůchodňuje stupačky a je zakomponován do stupačkové kolony cca 100 m pod povrchem.
- Pakrovací sestavu tvoří:
  - o *proplachovací objímka* – pomocí přechodu našroubovaná na konci stupačkové kolony, slouží pro výměnu pakrovací kapaliny při vystrojování sondy a pro bezpečné umrtvení sondy.
  - o *pakr* – těsnící prvek, izolující mezikruží mezi stupačkovou a těžební kolonou, ve kterém se nachází pakrovací kapalina.
  - o *usazovací vsuvka* – prvek se zúženým vnitřním profilem pro usazení zátky v případě potřeby odblokování vnitřního prostoru stupačkové kolony.
  - o *naváděcí objímka* – koncový prvek vnitřního vystrojení sondy s rozšířeným ukončením, pro bezproblémové vytažení karotážních sond nebo nářadí výzkumu sond z pažnic do menšího průměru pakrovací sestavy.



Obr. 2. Pakr s No-Go vsuvkou před zapuštěním do sondy (foto autor).  
Fig. 2. Packer with the landing nipple.

Všechny výše uvedené prvky se používají při vystrojování provozních a pozorovacích plynových sond. V nových a v starých převystrojovaných provozních sondách jsou komponenty nacházející se nad usazovací vsuvkou navzájem spojeny pomocí *plynotěsných závitů* (např. „*kov na kov*“). Tyto spoje by měly zajišťovat dostatečnou plynotěsnost vystrojení sond. V minulosti se pro tento účel používaly teflonové kroužky, které byly při sešroubování jednotlivých prvků vládnuty do speciálních drážek v závitovém spojení (jeden kroužek do jednoho spoje). Toto těsnění mělo však nevýhodu v tom, že v průběhu chemické intenzifikace mohlo dojít k porušení těsnosti stupačkové kolony.

V prostoru mezikruží mezi stupačkovou a těžební kolonou, které je permanentně utěsněné pomocí pakru, se nachází *pakrovací kapalina*. Účelem takového vystrojení je chránit těžební kolonu a zabránit poškození cementového kamene za ní, při velkých změnách tlaku, které jsou spojeny s vtlačení a odběrem plynu. V průběhu vtlačení tlak v tomto mezikruží narůstá se zvyšujícím se ložiskovým tlakem který zapříčiňuje roztahování materiálu stupaček (tzv. „*balónový efekt*“). Také vlivem teplotní dilatace materiálu vystrojení při ohřívání sondy v době vtlačení nebo těžby tlak v mezikruží narůstá, ale po odstavení sondy se vyrovnáním teplotního pole v sondě ztrácí.

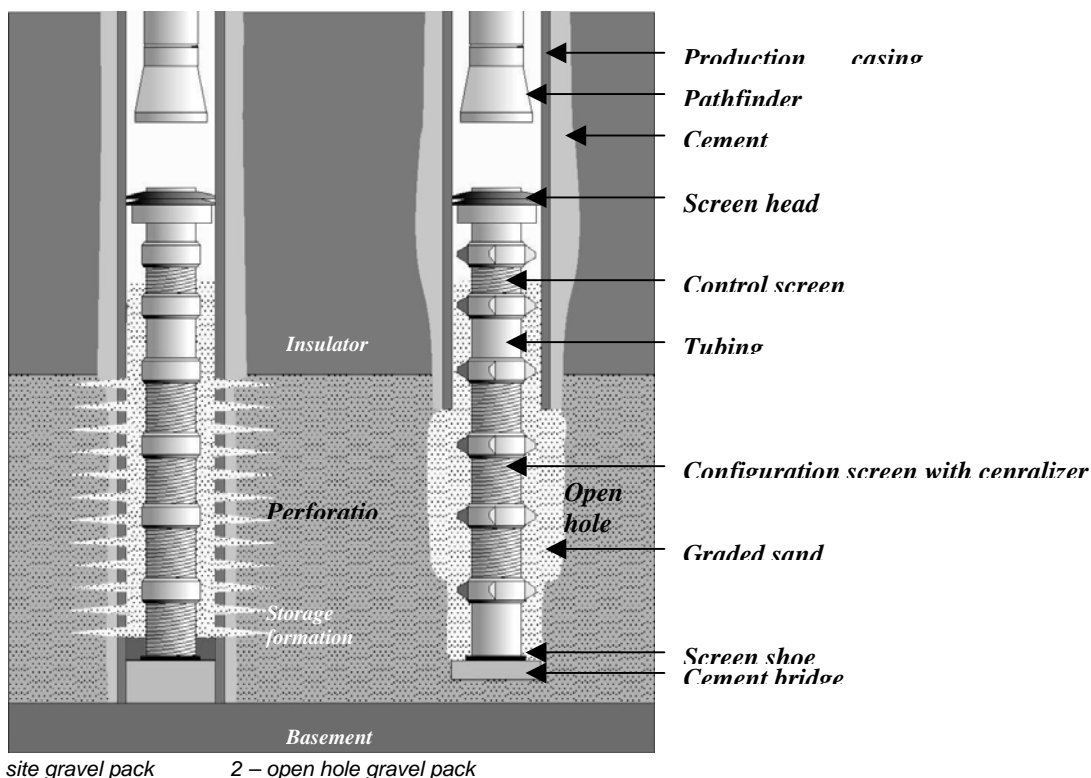
### Pískování provozních sond

Při těžbě plynu z PZP může docházet k rozvolňování horniny a strhávání pískových zrn plynem do sondy. Příčinou tohoto je zvýšená tlaková deprese a tím i rychlost proudícího média a nebo litologický charakter kolektoru, který bývá reprezentován písky či méně soudržnými pískovci. Vynášený písek může způsobit ucpání sondy, poškození podzemního vystrojení nebo povrchového technologického zařízení.

V provozu není výnos písku běžně rozpoznatelný, a proto je účelné vybavit těžební systém vhodným detektorem, který by signalizoval, případně uzavřel sondu, při projevu pískování.

Výhodnější, než napravování škod, je však prevence. V podstatě existují tři způsoby zábrany pískování sond:

- snížení dynamických účinků média přitékajícího do sondy – omezení těžby (nevýhodné kvůli snížení výkonu sondy)
- zvýšení mechanické odolnosti hornin zpevněním (nevýhodné kvůli snížení propustnosti kolektoru pojivem)
- zabránění prostupu ložiskového materiálu do sondy mechanickými prostředky (povrchové filtry, nebo filtry zapuštěné na dno sondy)



Obr. 3. Způsoby instalace filtrů v sondě (3).

Fig. 3. Method installation gravel pack in the well.

Na PZP v České republice se nejvíce využívají dodatečně zapouštěné filtry, sestávající z podélně perforované trubky, ovinuté nerezovým drátem lichoběžníkového průřezu s ponecháním mezery mezi jednotlivými závitmi. Filtry typu Johnson postupně nahrazují filtry typu Nafta Gbely z důvodu své větší filtrační plochy. U filtru typu Johnson jsou ještě vloženy podélné dráty mezi perforovanou trubku, která tvoří kostru vlastního filtru a vlastní obmotový lichoběžníkový drát. Velikost štěrbin ve filtru je závislá na zrnitosti ložiskového materiálu. Při hodnocení zrnitosti obsypového písku se využívá síťových analýz, zpracovaných graficky do známých zrnitostních křivek. Čím větší vrstva správně zvoleného tříděného písku mezi filtrem a stěnou vrtu, tím je delší životnost filtru. Obsypový písek musí splňovat kritéria normy API RP 58, ve které jsou jasně stanovena kritéria zejména z hlediska chemické stálosti písku. Toto je důležité při následných chemických intenzifikacích, aby nedošlo k částečnému naleptání obsypového písku a tím ke snížení propustnosti filtru. Z tohoto hlediska plně vyhovuje písek z naleziště Provodín v České republice.

Nejčastěji se navrhuje obsyp dle kritéria:  $d_{50} \text{ obsypu} = d_{50} \text{ kolektoru}$  násobeného faktorem 4 až 6. Nižší hodnoty se volí pro jemnější materiály a naopak. Obsyp se propočítává tak, aby vyhovoval nejjemnější poloze.

### Literatura - References

- [1] Plachý, S.: Podzemní uskladňování plynu, *VŠCHT Praha, 1993*.
- [2] Homola, V.: Základy geologie ložisek ropy a plynu a podzemních zásobníků plynu, *VŠB Ostrava, 1984*.
- [3] Zákopčan, M.: Podzemní zásobníky plynu, *VŠB-TU Ostrava, 2003*.
- [4] Systémy zásobování plynem - Podzemní zásobníky plynu ČSN EN 1918-1, 1918-2, 1918-3, 1918-4, *Český normalizační institut, 1999*.
- [5] Transgas - zpravodaj státního podniku Český plynárenský podnik-o.z. Transgas Praha., *Mimořádné číslo/ročník XXII*.
- [6] Šedivý, J., Kotek, J., Kopal, L.: Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava, *monografie 15, 2005, ročník LI, řada hornicko-geologická*
- [7] New Tools and Procedures for Better Drilling Operations. *Technical Manual Oil and Gas Journal 1999*