

Novela TPG 702 11 Čištění a sušení plynovodů všech tlakových úrovní po výstavbě

Petr Sochůrek ml.

Kosogass s. r. o.

Ing. Petr Crha, CSc.

CEPS a. s.

V současné době probíhají práce na novele TPG 702 11 Čištění a sušení plynovodů všech tlakových úrovní po výstavbě. Na základě zkušeností z provádění zejména sušení plynovodů budou požadavky TPG zpřesněny v těchto směrech:

- vymezení možnosti aplikace a upřesnění procesu kontrolního měření při sušení vysocesuchým vzduchem,
- upřesnění počtu a délky pracovních prodlev při sušení vakuem,
- připuštění technologie sušení vakuem i pro plynovody z PE, kde dosud povoleno nebylo.

Všechny připravované změny jsou výsledkem výzkumných prací, které provedly v rámci svých vlastních vývojových programů společnosti Kosogass s. r. o. a CEPS a. s. Další vývojové práce proběhnou počátkem roku 2016 v rámci přípravy změny TPG a vývojového programu ASPP, která je zpracovatelem změny.

Vymezení možnosti aplikace a upřesnění procesu kontrolního měření při sušení vysocesuchým vzduchem

Toto upřesnění je výsledkem zkušeností z aplikace této metody sušení na řadě potrubí a potrubních uzlů a dále výsledkem výzkumných prací, které byly realizovány v roce 2015 a které budou pokračovat během těchto zimních měsíců. Při zkouškách, provedených v rámci vlastního výzkumného programu CEPS, byla sledována rychlost přestupu hmoty, která zásadním způsobem ovlivňuje rychlost sušení, za různých podmínek proudění v potrubí a za různého výchozího stavu vlhkosti vnitřní stěny potrubí. Práce v roce 2016 na tento program navážou zkouškami za jiných teplotních podmínek.

Upřesnění počtu a délky pracovních prodlev při sušení vakuem

Tato změna podmínek TPG bude vycházet z provedených zkoušek ve vlastních programech Kosogass a CEPS. Platné znění TPG předepisuje vedení procesu sušení tak, aby nedošlo k zamrznutí vody v potrubí. Příčinou zamrznutí vody je nedostatečný přívod tepla pro skupenskou změnu vody z kapalně do parní fáze po vyčerpání tepelné akumulace sušeného potrubí. Při tvorbě stávajícího znění TPG byla snaha tvorbu ledu v potrubí eliminovat, protože případně vzniklá ledová zátka může bránit odpařování vody a to nejen zablokuje proces sušení, ale kontrola skutečného vysušení potrubí je

v takovém případě nejistá až nemožná. Práce provedené v rámci vlastního výzkumného programu Kosogass však prokázaly, že vhodným vedením procesu je možné zamrznutí plného profilu potrubí účinně zabránit, případně je reálné vzniklou ledovou zátka odstranit. Provozní zkušenosti Kosogass významným způsobem naznačují, že rychlost přestupu hmoty na rozhraní voda-pára a led-pára je v blízkosti trojnásobku srovnatelná. To by znamenalo, že sušení potrubí vakuem může probíhat i v případě částečného vypadnutí ledu v sušeném potrubí, tedy po rovnovážné větvi lyofilizace. Experimenty plánované do období ledna až dubna mají kvantifikovat makroskopické chování přestupu hmoty v obou možných případech, tedy voda-pára a led-pára. Výsledky experimentů pak umožní nastavit přesně požadavky na provádění pracovních a kontrolních prodlev, což by mohlo vést ke zkrácení celkové doby sušení potrubí ve srovnání s požadavky v platném TPG, kde byly tyto prodlevy konzervativně nastaveny jen na základě teoretických propočtů.

Nejzásadnější změnou v novele TPG by bylo připuštění technologie sušení vakuem i na plynovody z PE. Dosud je plynovody z PE možné sušit pouze metodou vysoce suchého vzduchu a metoda sušení vakuem byla na těchto potrubích explicitně zakázána. Důvodem tohoto omezení je skutečnost, že v době zpracování platného TPG nebyly k dispozici žádné údaje o chování PE-potrubí při zatížení vakuem, a to nejen o samotném chování trubek, ale především o chování potrubí zasypaného, kdy by v případě deformace potrubí jeho zatížení zeminou bránilo zpětnému přechodu do původního kruhového tvaru. Vzhledem k tomu, že naprosto dominantní podíl místních sítí je budován z PE, je toto omezení velmi závažné. Místní sítě jsou totiž poměrně velmi členité a jejich vytírání měkkými PU-písty je možné jen zcela výjimečně. To je však zásadní nevýhoda pro sušení vysocesuchým vzduchem, které právě protlačování PU-pístů významně urychluje. Pokud tedy členitost potrubní sítě nebo potrubních uzlů průběžné protlačování PU-pístů neumožňuje, probíhá sušení vysocesuchým vzduchem velmi pomalu a je tedy velmi nákladné. Naproti tomu metoda sušení vakuem je pro členité systémy zcela ideální.

Pro zavedení metody sušení vakuem na PE-plynovody je však zcela nezbytné experimentálně ověřit, zda u položeného a zasypaného potrubí nemůže vakuum vyvolat nevratné změny tvaru ani v případech, kdy je potrubí namáháno nejen vakuem a vahou zeminy, ale i namáháním z deformací při změnách vedení trasy prostým ohybem, a to jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru.

První etapu těchto ověřovacích experimentů provedl Kosogass v rámci svého vlastního výzkumného programu v letech 2014 a 2015. Druhá etapa prací proběhne v první polovině roku 2016.

Pokud se prokáže, že při sušení PE-potrubí vakuem nemůže

dojít za žádných běžných okolností výstavby k nevratné deformaci trub, bude možno aplikaci této metody schválit právě připravovanou novelou TPG. To by ve svých důsledcích významně zlevnilo sušení místních sítí, protože by se v této konkrétní aplikaci nejen spotřebovalo menší množství energie (PHM), ale proces sušení by se mohl oproti sušení vysocesuchým vzduchem bez možnosti vytírání PU-písty podstatně urychlit.

Příprava novely TPG 702 11 je tedy založena jak na provozních zkušenostech, tak – a to především – na základě konkrétních experimentálních prací.

Protože připravované změny TPG jsou poměrně zásadní, rozhodli se autoři návrhu změny publikovat výsledky dosud provedených prací a následně i výsledky prací, které jsou plánovány pro rok 2016. Cílem tohoto zveřejnění je podrobit výsledky experimentů veřejné odborné diskusi a umožnit v této diskusi vyjádření i těm, kdo by se projednávání novely TPG na přelomu let 2016 a 2017 nezúčastnili.

V následujícím čísle časopisu Plyn budou zveřejněny výsledky prací provedených v rámci výzkumného programu společnosti Kosogass s. r. o. v předcházejícím období.

Principy sušení potrubí vysocesuchým vzduchem a vakuem

Před zahájením odborné diskuse je vhodné zopakovat principy a způsob provádění obou metod sušení. Cílem sušení plynovodů je odstranění vody vniklé do potrubí v následujících případech:

- Výstavba plynovodu byla ukončena v pozdních podzimních měsících, kdy materiál stavby je skladován volně na stavbě. Rozdílem nočních a denních teplot dochází ke kondenzaci vody v potrubí, kterou hlavně z PE-materiálů dodávaných v návinech nelze úplně odstranit. Po ukončení montáže se voda kapilárně váže na stěny potrubí, případně stéká do nejnižší položených bodů. V případě nové výstavby jsou plynovody a jejich technologické celky uváděny do provozu jako celek. Ovšem odběry jsou v mnoha případech zahajovány postupně, ať se jedná o plošné plynofikace, nebo zasíťování pozemků určených k zástavbě. Zpravidla první a nejnižší položení odběratelů mají následující topnou sezónu spojenou s přerušovanou dodávkou zemního plynu vlivem zamrznutí vody v regulátorech.
- Technologickou nekázň vnikne do potrubí voda a to převážně vlivem přivalových dešťů, vysoké hladiny spodní vody, případně protahováním shybek pod vodními toky. Vysušení plynovodu je závislé na mnoha aspektech, jako je množství mechanických nečistot a vniklé vody, možnosti pročištění potrubí pomocí PU-válců, případně profukem pomocí kompresorů, nebo pneumatických zásobníků. Práce na sušení zaplaveného potrubí je pochopitelně vhodné zahájit ihned po zjištění tohoto stavu.
- Při provádění pneumatických tlakových zkoušek, pomocí kompresorů s nedostatečným chladičem a odlučovačem stlačeného vzduchu, nebo v případě poruchy tohoto zařízení. Množství takto vnesené kapaliny může být, v závislosti na objemu potrubí, řádově desítky litrů. Tomuto lze (ovšem reálně jen zřídka) předejít tlakováním potrubí na nejnižším místě stavby s možností odkalení.

- Při provádění tlakové zkoušky vodou.
- Při zaplavitelnosti shybek větších průměrů vodou během jejich pokládání na dno vodního toku.
- Při narušení potrubí třetí stranou, převážně při provádění zemních prací nebo podvrťů, v oblastech s vysokou hladinou spodní, případně kapilární vody. Jedná se pak hlavně o provozované plynovody kategorie A1, případně sítě bez tlaku před uvedením do provozu.

Sušení plynovodů vakuem

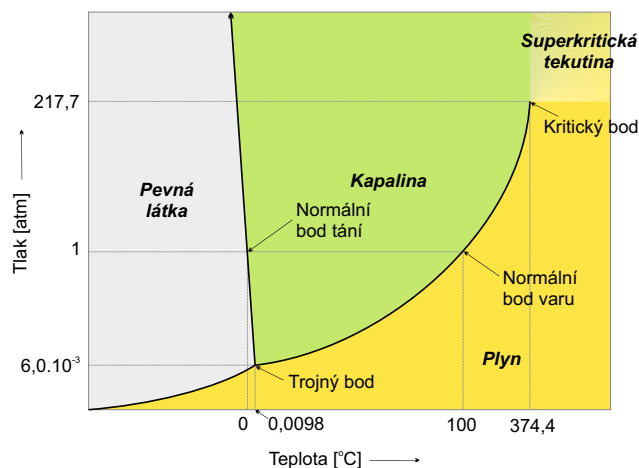
Voda – vzorcem H_2O , je chemická sloučenina vodíku a kyslíku. Spolu se vzduchem tvoří základní podmínky pro existenci života na Zemi. Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu a chuti.

Vyskytuje se ve třech skupenstvích:

pevném – led a sníh,
kapalném – voda,
plynném – vodní pára.

Při změně skupenství z pevného do kapalného nebo z kapalného či pevného do parní fáze je třeba skupenské teplo dodat, při přechodu z kapalně do pevné se naopak teplo vybavuje. K varu dochází tehdy, kdy je tlak par nad hladinou vody (tenze nasycených par) roven tlaku okolí.

Normální teplota tání je $0,01^\circ\text{C}$, teplota varu při tlaku 1013 mbar je 100°C a se snižujícím se tlakem bod varu klesá (klesající tlak okolí dosahuje tenze nasycených par odpovídající nižší teplotě). Pod hodnotou trojného bodu se voda nenachází v kapalném skupenství – trojný bod vody má parametry $0,01^\circ\text{C}$ a $6,12\text{ mbar}$ ($0,612\text{ kPa}$) absolutního tlaku (obr. 1)



Obr. 1. Fázový diagram vody

Tabulka Tepelná vodivost vody ve $W/(m.K)$

teplota	kapalina	led
-20°C	neexistuje	2,43
0°C	0,564	2,22
10°C	0,584	neexistuje

Procesy vakuového sušení probíhají při velmi nízkém absolutním tlaku, řádově na úrovni jednotek milibarů, tedy desetin kilopascalu. Podtlak tedy za této situace dosahuje hodnoty více než 99 kPa. Ve vakuové technice bývá často zvykem používat pojem podtlak, ale vyjadřovat ho číselně hodnotou tlaku absolutního. Protože pro běžné plynáreníky je takové vyjadřování přinejmenším podivné, pro účely tohoto seriálu článků budeme používat správný pojem tlak a vyjadřovat ho jako tlak absolutní, a to v milibarech s poznámkou (abs). Nicméně pozor – opravdu se pohybujeme hluboko v oblasti podtlaku. To se snažilo platné znění TPG vyjádřit používáním pojmu vysoké vakuum, i když ve vakuové technice se tento pojem používá pro vakuum o mnoho řádů hlubší, na úrovni 10^{-1} až 10^{-5} Pa.

Vakuové sušení

Metoda sušení, která využívá jev spontánního odpařování, jenž nastane v okamžiku, kdy vnější tlak poklesne pod rovnovážnou hodnotu tenze vodních par při dané teplotě.

K intenzivnímu odpařování dochází při nízké teplotě. Pro účely sušení potrubí v zemi, kde se teplota pohybuje v rozmezí 5 až 15 °C, se bude pracovní podtlak pohybovat v rozmezí 8–16 milibarů. Na druhé straně přílišný pokles tlaku pod trojný bod (6,1 mbar) způsobí zmrznutí vody v potrubí. Ke stejnému ději dojde také po vyčerpání tepelné kapacity materiálu trubky v situaci s nedostatečným tepelným přenosem z okolní zeminy (písek fr. 0–4 mm, vlhký písek).

Vakuové vymrazování, lyofilizace

Tento způsob sušení probíhá při tlacích pod 6,1 mbar, nebo při záporných teplotách, kdy led přechází přímo do plynné fáze (led sublimuje). Hlavní výhodou této metody je, že proces sušení pokračuje i za záporných teplot. Lze využít, v závislosti na výkonu vývěvy, okolní teplotu cca do –20 °C. Pracovní tlak vývěvy se pohybuje od 6 do 0,5 mbar abs.

Časová náročnost obou metod je především závislá na množství přítomné vody, geometrickém objemu potrubí, teplotních poměrech v zemi, druhu použitého obsypu, vlhkosti zeminy a k tomu úměrnému výkonu vývěvy. Jev odpařování, případně sublimace, je relativně velmi pomalý. V průměru je dosahováno výkonu 1 až 20 m³ nasycené páry za hodinu, což odpovídá množství v řádech litrů. Sušení bude tedy probíhat v rozmezí hodin až dnů.

Energetická náročnost sušení je, v porovnání s jinými metodami sušení, velmi příznivá. Je stanovena příkonem použité vývěvy v řádu 5–20 kW.



Vývěva v akci

Sušení plynovodů vysokosuchým vzduchem

Sušení vakuem je vhodné především pro členité sítě nebo potrubní uzly, potrubní dvory a další zařízení. Zejména v případech rozměrných tenkostěnných struktur je třeba statickým výpočtem ověřit, že nedojde k jejich zborcení působením atmosférického tlaku.

Metoda sušení potrubí extrémně předsušeným vzduchem je vhodná pro potrubí z oceli i z plastů, stejně jako pro technologická zařízení. Do sušeného zařízení je dmychán vzduch, stlačený kompresory (vybavenými chladičem komprimovaného vzduchu a odlučovačem kondenzované vody), který je ve speciální jednotce na molekulovém sítu (jde tedy o sušení adsorpční) vysušen na teplotu rosného bodu vody pod –60 °C. Voda přítomná v sušeném zařízení se do takto předsušeného vzduchu odpařuje a je jím vynesena ven. Sušení je tím rychlejší, čím je hlubší vysušení procesního vzduchu, čím je proudění vzduchu v sušeném potrubí turbulentnější a čím větší je plocha styku vody s proudem sušicího vzduchu.

Pracovní tlak sušících jednotek 4 až 8 bar umožňuje protlačovat sušeným potrubím v průběhu prací porézní čisticí elementy, pěnové PU-písky, čímž je dosahováno poměrně vysoké rychlosti sušení. Tyto PU-písky nemají za svou primární funkci nasávání vody, ale slouží k roztírání vody, steklé se stěn potrubí na jeho dno, zpět na stěny. Voda steká na dno potrubí totiž vytvoří poměrně úzkou stružku, jejíž povrch je velmi malý a tomu odpovídá i malý přestup hmoty – vodní páry do proudu sušicího vzduchu. Rozetřením vody zpět na stěny se plocha styku fází opět významně zvětší. Proto se molitanové písky protlačují sušeným potrubím opakovaně po celou dobu procesu.

U potrubí větvených, s velkými změnami dimenze nebo u technologických zařízení – tedy tam, kde nelze porézní elementy zařízením protlačit – je však doba sušení podstatně delší, protože vodu steklou na dno potrubí nelze nijak rozetřít na velkou plochu. Vysušení složitěho potrubního uzlu po vypuštění vody po tlakové zkoušce tak, podle toho, jak dobře je celek vyspádován k vypouštěcímu potrubí, může trvat až několik dní.

U místních sítí lze tuto metodu sušení aplikovat s rozumným časovým průběhem vesměs jen v situaci, kdy jsou použity malé dimenze a současně je k dispozici výkonná sušička vzduchu, která zajistí, aby rychlost sušicího vzduchu v potrubí překročila 30 m/s, čímž se větší množství vody v potrubí dostane do pohybu samotným proudem vzduchu, případně se kapky dokonce dostanou do vzhledu.



Supersušička v akci

Tím se ze sítě odstraní hrubá voda a i zbytková voda se za těchto podmínek poměrně rychle odpařuje do sušícího vzduchu.

Sušení se provádí na standardní hodnotu teploty rosného bodu vody v potrubí -20°C , zejména u technologických zařízení je však v případě potřeby možno dosáhnout hodnoty až -80°C . Sušení vysocesuchým vzduchem je tedy vhodné především pro potrubí, která nejsou členitá, která jsou vedena v jednom průměru a kterými tedy lze protlačovat PU-píсты. Za těchto podmínek je tento typ sušení rychlý a efektivní, technicky

i ekonomicky. U členitých potrubních sítí a uzlů trvá sušení vysocesuchým vzduchem poměrně velmi dlouho a je značně nákladné.

Vysocesuchým vzduchem lze dobře sušit i další typy zařízení, jako například chemická zařízení, vysokonapěťové rozvaděče a podobně.

Summary:

Petr Sochůrek Jr., Petr Crha:

Amendment to TPG 702 11 Cleaning and Drying Gas Pipelines at All Pressure Levels after Construction

Work on an amendment to TPG 702 11 Cleaning and Drying Gas Pipelines at all Pressure Levels after Construction is currently under way. Reflecting the experience with, in particular, gas pipeline drying the requirements set out in this TPG will be clarified in the following respects:

- Specification of the applicability of and clarification of the reference measurement process in pipeline drying using super dry air;
- Clarification of the number and duration of process retardation periods in vacuum drying;
- Allowing the vacuum drying technology also for PE gas pipelines, for which it has not yet been allowed.

All of the changes being prepared are the result of research conducted by Kosogass s. r. o. and CEPS a. s. as part of their own development programmes.



Petr Sochůrek (*1973)

Absolvent SPŠ Příbram, obor Hornictví a hornická geologie. Od roku 1994 zaměstnanec společnosti KOSOGASS inženýring, s. r. o., v současné době na pozici vedoucího výroby.



Ing. Petr Crha, CSc. (*1953)

Absolvoval Fakultu technologie paliv a vody VŠCHT v Praze. Od roku 1976 pracoval v Transgasu a následně v Plynoprojektu Praha. Od roku 1995 působil jako výrobní ředitel v Českém plynárenském servisu, s. r. o. V roce 1999 nastoupil do společnosti CEPS a. s., kde nyní působí jako předseda představenstva.