

# SUŠENÍ POTRUBÍ PŘED UVEDENÍM DO PROVOZU

Ing. Bc. Aleš Crha, Ing. Martin Stukbauer, Petr Rousek  
CEPS a.s.

## 1. DŮVODY A METODY SUŠENÍ

Voda uvnitř provozovaného plynovodu je zdrojem řady problémů.

U středotlakých i vysokotlakých plynovodů způsobuje *zamrzání* regulátorů při nižších venkovních teplotách.

U vysokotlakých plynovodů dále spolupůsobí při *tvorbě hydrátů* zemního plynu, které způsobují zanášení plynovodu, a tím zvyšují tlakovou ztrátu, případně mohou způsobit celkové zneprůchodnění i u plynovodů velkých dimenzí.

Voda ve vysokotlakém plynovodu také může způsobit jeho havárii vnitřní koroze. Prostá *vnitřní koroze* již byla objevena na řadě plynovodů, daleko nebezpečnější *vnitřní koroze pod napětím (SCC)* však může v relativně krátké době provozu (v řádu několika let) způsobit úplné selhání i rozsáhlých úseků plynovodu. SCC je kromě své rychlosti nebezpečná zejména tím, že její vznik a počátky rozvoje na vnitřní stěně potrubí není v současné době spolehlivě schopna detekovat žádná inspekční metoda.

Voda se do potrubí před uvedením do provozu může dostat:

- díky pracovní nekázní při výstavbě, kdy se při přerušení prací nezajistí volné konce potrubí proti vniknutí vody a nečistot (při rekonstrukcích a opravách se v potrubích běžně nacházejí zbytky dřev, elektrody a jiné nečistoty),
- při pokládání shybek velkých průměrů, kdy je zaplavení potrubí nezbytné,
- při tlakové zkoušce vzduchem, kdy v potrubí po jeho natlakování zpravidla vykondukuje voda s olejem obsažená ve vzduchu, neboť u většiny kompresorů není dostatečně zajištěno odlučování oleje a kondenzátu za kompresorem,
- při tlakové zkoušce vodou, kdy po ukončení zkoušky není vytlačena veškerá voda z potrubí.

Voda z výstavby se v potrubí nachází jednak *volná* (často i ve velkém množství) na dně trubky nebo ve spojích hrdlových trub, jednak *kapilárně vázaná* na vnitřním povrchu trubky.

Vodu z potrubí nelze odstranit profukováním stlačeným vzduchem, protože část vody se sice z potrubí do teplého vzduchu z kompresoru zpočátku odpaří, ale po poklesu teploty vzduchu na teplotu potrubí voda opět vykondukuje, a navíc do potrubí vykondukuje i voda v tomto vzduchu původně obsažená.

Část volné vody se z potrubí odstraní při čištění, případně při vypouštění vody po hydraulických zkouškách, významný podíl volné vody však nelze z potrubí odstranit ani opakovaným mechanickým čištěním nasávkovými čisticími písty (ježky) a kapilárně vázanou vodu nelze z potrubí mechanicky odstranit vůbec.

Zbylou vodu lze odstranit pouze speciálními sušicími metodami.

Západoevropské předpisy pro výstavbu plynovodů sušení předpokládají a vyžadují již od 70. let, u nás je sušení předepsáno až předpisem pro výstavbu plynovodů TPG 702 04. Podle tohoto předpisu je sušení povinné pro kategorie plynovodů A3, B1 a B2 (vysokotlaké plynovody od 5 barů). Pro kategorii A2 (středotlaké plynovody 10 kPa–5 bar) se sušení doporučuje.

Potrubí se dle TPG 702 04 pokládá za vysušené, pokud hodnota teploty rosného bodu vody ve vzduchu v potrubí (dále jen TRB) klesne na  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což je také hodnota běžně používaná i v evropských normách.

Technická instrukce GAS TIN 701 03 pro postup vysušení plynovodu byla vydána v únoru 2004.

*Vysušení potrubí* se v dnešní době provádí *dvěma metodami*. Teoreticky lze obě použít k sušení všech typů potrubí i technologických objektů (měřicí stanice, spojovací technologické uzly a podobně) nebo i jednotlivých technologických zařízení, kde se vyžaduje vysoké vysušení (chemické aparatury, vysokovýkonové parní turbíny atd.), přesto je každá z metod vhodná pro specifické podmínky:

- *metoda vysoce suchého vzduchu* pro linie potrubí průchodné pro písty,
- *metoda vysokého vakua* pro ocelová potrubí v objektech či členitějších uzlech.

Dřívější metoda tzv. metanolového vaku se dnes z bezpečnostních a ekologických důvodů nepoužívá.

Sušení oběma metodami se doporučuje provádět bez přestávky.

Pokud se provádí sušení při teplotách kolem bodu mrazu a nižších, je nutné, aby potrubí bylo zasypané v celé délce úseku, jinak hrozí nebezpečí zamrznutí vody, po němž nelze sušení provést. Tenze par vody nad ledem je totiž tak nízká, že by sušení vysoce suchým vzduchem nebylo možné provést v přijatelné době, a sušení vysokým vakuem vyžaduje, aby se voda vařila, což u ledu není možné.

## 2. METODA SUŠENÍ VYSOCE SUCHÝM VZDUCEM

Metoda vysoce suchého vzduchu spočívá v profukování potrubí vzduchem, který je ve speciální sušicí jednotce vysušený na TRB nižší než  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Voda v potrubí se do tohoto vzduchu odpařuje a je jím vynesena ven z potrubí.

Tento způsob sušení vyžaduje co největší plochu fázového rozhraní voda–vzduch, na kterém se voda odpařuje, a proto se provádí během sušení roztírání vody po vnitřním povrchu potrubí.

Základním předpokladem úspěšného a rychlého vysušení touto metodou je tedy průchodnost potrubí pro písty, což předpokládá použití oblouků s poloměrem minimálně 4D. Tento požadavek je splněn u všech nových plynovodů stavěných podle TPG 702 04, kde je požadován z důvodů čistitelnosti a průchodnosti pro inteliigentní ježky.

Sušení touto metodou však lze použít i tam, kde vytírání provádět nelze (členité uzly v kompresních, předávacích či jiných stanicích, linie neprůchodné pro písty). V těchto případech je však nutné počítat s tím, že se voda soustřeďuje na dně potrubí, čímž se její povrch vzhledem k jejímu objemu prudce zmenšuje, a doba sušení se tedy značně prodlužuje.

Sušení vysoce suchým vzduchem je ve srovnání s metodou vysokého vakua méně časově náročné; doba sušení pro typický stavební úsek 10 km potrubí se v závislosti na dimenzi plynovodu a výkonu použitého zařízení pohybuje od jednotek po desítky hodin.



Obr. 1. Pohled do sušicí jednotky

Dokonalé vysušení složitého potrubního uzlu bez vytírání, tj. po pouhém vypuštění vody po hydraulické zkoušce, však může trvat i řadu dní.

Metoda se v ČR úspěšně aplikuje již téměř 10 let.

Sušení potrubí se provádí na standardní hodnotu TRB -20 °C, zejména u technologických zařízení je však v případě potřeby možno dosáhnout hodnoty až -80 °C.

### Materiální vybavení

Pro účinné vysušení potrubí na standardní parametry se používá vzduch s hodnotou TRB na výstupu ze sušicí jednotky -80 °C.

Vzduch se v sušicí jednotce nejprve ochladí a zbaví nečistot a kapek vody v odlučovačích. Následuje adsorpční vysušení na molekulovém sítu (princip a vlastnosti jsou uvedeny v článku Sušení ZP v Plynu č. 1/2003).

Pro dosažení menších rozměrů aparatury se pracuje se vzduchem stlačeným na 5–10 bar.

Chladič, odlučovače a tlaková nádoba s molekulovým sítem jsou spolu s nádobou na kondenzát a rozváděcím potrubím

umístěny zpravidla v přepravním kontejneru (viz obr. 1), jehož hmotnost je několik tun. Doprava tohoto poměrně velkého a hmotného zařízení na místo sušení není zejména na členitých stavbách vždy jednoduchou záležitostí, a proto je třeba již ve fázi projektu pečlivě volit umístění sušicí jednotky.

Sušicí jednotky používané v ČR umožňují vysušit 1 m<sup>3</sup>/s vzduchu, tedy 3 600 m<sup>3</sup>/hod., a tento maximální výkon je dostatečný pro vysušení plynovodů všech běžných dimenzí.

Během sušení potrubí se průběžně měří hodnota TRB na výstupu z jednotky.

Zdrojem stlačeného vzduchu pro sušicí jednotku je jeden nebo více kompresorů, jejichž výsledný přetlak zajišťuje jak pohyb pístu v potrubí, tak i funkci sušicí jednotky. Součtový výkon zdroje vzduchu musí být takový, aby bylo zajištěno turbulentní proudění vzduchu a píst se pohyboval v potrubí rychlostí minimálně 0,5 m/s.

### Písty (ježky):

- k vytlačování zbytkové vody se používají čisticí písty:
  - lamelové nebo manžetové písty u potrubí větších dimenzí (nad cca DN 200),
  - polyuretanové válce pro potrubí malých dimenzí (do cca DN 200),
- k vytírání potrubí a roztírání vody po vnitřním povrchu potrubí slouží molitanové písty.

Podmínky pro použití a vlastnosti pístů jsou předepsány v TIN 701 01 Čištění vysokotlakých plynovodů po výstavbě.

Na sušené potrubí musí být nainstalováno zařízení pro manipulaci s písty a připojení přívodu vysušeného vzduchu do potrubí – zasouvací komora a zachycovač (lapač).

Je vhodné použít zasouvací komoru a zachycovač dle TIN 701 01, protože obě

tato zařízení jsou instalována na potrubí už při čištění, které předchází sušení. Pokud jsou na potrubí nainstalovány vkladací a přijímací komora jako jeho trvalá součást, použijí se samozřejmě tato zařízení.

Provádí-li se sušení bez vytírání, na vstupu do úseku postačuje jakýkoli bezpečný způsob připojení tlakového vzduchu a na výstupu z potrubí není třeba žádné zařízení.

Schéma uspořádání zařízení při sušení vysoce suchým vzduchem je na obr. 2.

### Postup sušení vysoce suchým vzduchem

Délka sušeného úseku by neměla přesáhnout 20 km.

Důležitým předpokladem úspěšného vysušení potrubí touto metodou je provést před sušením alespoň jeden cyklus čištění podle TIN 701 01. Pokud nebude čištění provedeno, zvyšuje se nebezpečí uvíznutí pístu v potrubí a značně se prodlužuje doba sušení.

V rámci čištění se zároveň začíná provádět vytlačování zbytkové vody z potrubí, které je dalším předpokladem kvalitního vysušení potrubí.

Postup vlastního vytlačení zbytkové vody je shodné s jedním chodem čištění, čisticí píst se však již pohání vysušeným vzduchem. Pouze za předpokladu, že v potrubí zůstalo větší množství vody, je možné pohánět píst nesusušeným vzduchem přímo ze zdroje stlačeného vzduchu.

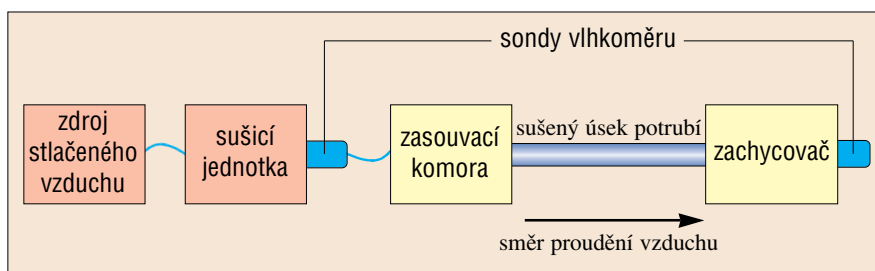
Při dojetí čisticího pístu do zachycovače je nutné sledovat množství vytlačené vody a v případě, že toto množství je značné (závisí na dimenzi potrubí, typu trubek, délce a profilu úseku), je nutné vytlačení vody opakovat.

Následuje vhánění vysoce suchého vzduchu za průběžného vytírání potrubí molitanovými písty, které je dalším předpokladem úspěšného sušení potrubí vysoce suchým vzduchem.

Vytírání se provádí v intervalech, které závisí na délce potrubí a jeho světlosti, tak aby se voda rozetřená pístem po vnitřním povrchu potrubí stačila vždy odpařit do suchého vzduchu a nestékala na dno potrubí.

Měření TRB vzduchu na výstupu z potrubí se provádí přenosným přístrojem (vlhkoměrem) ve vhodných intervalech. V průběhu sušení hodnota TRB na výstupu z potrubí nejprve mírně roste (vzduch se sytí vodní parou) a pak dlouho setrvává na hodnotě vysoké vlhkosti (vzduch je nasycen).

S klesajícím množstvím vody v potrubí



Obr. 2. Schéma zařízení při sušení vysoce suchým vzduchem

ke konci sušení začne vlhkost a TRB vzduchu klesat, nejprve pomalu, a přibližně po dosažení záporných hodnot TRB prudce klesá až k hodnotě TRB vzduchu do potrubí vstupujícího.

Pokud se neprovádí vytírání nebo je v potrubí volná voda ve formě malých louží, je pokles TRB pomalý i v oblasti záporných hodnot, protože se vzduch sytí vodou jen z malého povrchu. Obdobný průběh má i sušení hrdlových trubek, kde se voda v hrdlech shromažďuje i při správném vytírání molitanovými písty.

Provádí-li se sušení bez vytírání písty, pouze se vhání vysušený vzduch do potrubí za současného měření TRB vzduchu vycházejícího z potrubí. Před sušením je však třeba zbavit potrubí v co největší míře volné vody vyfoukáním proudem stlačeného vzduchu. Je-li potrubí osazeno spodními lomovými body s odvodňovacími ventily, lze provést odstranění vody z těchto bodů natlakováním potrubí stlačeným vzduchem a vyfoukáním vody způsobem obvyklým pro odstranění kondenzátu.

Ve zvláštních případech, kdy se vzduch vlivem velké relativní rychlosti vzhledem k povrchu vody nestáčí nasytit (velmi krátké úseky potrubí), je vhodné po dosažení požadované TRB na výstupu z potrubí sušení přerušit, po cca 30 min. sušení obnovit a provést opětovně kontinuální měření TRB v potrubí. Pokud naměřená hodnota TRB nestoupne nad požadovanou hodnotu, je potrubí vysušeno.

V případě sušení linie s odbočkami se zpravidla suší nejprve hlavní linie, pak se linie na konci uzavře a postupně se suší jednotlivé odbočky.

Vysušené potrubí je nutné uzavřít tak, aby bylo spolehlivě zabráněno vniknutí atmosférické vlhkosti a veškerých nečistot z výkopu do vysušeného potrubí.

To může být realizováno několika způsoby:

- pokud se předpokládá v průběhu několika málo hodin propojení s jiným plynovodem a je spolehlivě zajištěno, že do potrubí nemůže vniknout voda a nečistoty z výkopu, je možné provést provizorní zaslepení proti atmosférické vlhkosti (pryžové zátky, uzavírací balony, igelit dostatečné pevnosti),
- uzavřením přírub obou komor na koncích úseku (jen pokud umožňují vodotěsné uzavření),
- demontáží komor a přivařením tlakových den nebo jiných zaslepovacích prvků na obou koncích úseku.

Proces sušení potrubí vysoce suchým vzduchem se vzhledem k používání pístů považuje za rizikovou činnost a vedle obecně platných opatření (označení výkopu, práce v ochranných pomůckách) je nutné dodržovat další bezpečnostní opatření, která zabraňují vzniku zranění či poškození okolí pístem vystupujícím z potrubí. Tato opatření podrobně popisují TIN 701 03 a TIN 701 01.

### 3. METODA SUŠENÍ VYSOKÝM VAKUEM

Metoda sušení vysokým vakuem spočívá ve snížení tlaku v potrubí na hodnotu tenze nasycených vodních par. Voda v potrubí pak začne vřít i při teplotě okolní zeminy a vzniklá vodní pára se z potrubí odsaje. Tenze nasycených par závisí na teplotě okolí, v našem případě teplotě zeminy (viz graf na obr. 3).

Protože u této metody nelze jednoduchým způsobem změřit TRB, a navíc hodnota TRB závisí na tlaku vzduchu, který je během sušení zcela odlišný od provozního tlaku v potrubí, je při použití této metody nutné stanovit kritérium vysušení potrubí jiným způsobem než u sušení vysoce suchým vzduchem.

Při varu vody v potrubí dochází ke zvýšení tlaku nad hladinou vody. Pokud absolutní tlak v potrubí bezpečně dosáhl hodnoty tenze par a zároveň probíhalo odsávání par z potrubí, je potrubí vysušeno tehdy, pokud po odpojení vývěvy a uzavření potrubí nedochází ke zvyšování tlaku (v potrubí již není žádná voda, která by se mohla odpařit).

Toto kritérium vychází z předpokladu naprosto těsného potrubí, proto se musí v průběhu sušení provést zkouška těsnosti sušeného úseku potrubí. Pokud není tento předpoklad splněn, proces sušení se může značně prodloužit, případně nemusí dojít ke vzniku podmínek pro sušící proces.

Měření vlhkosti plynu, který byl napu-

těný do touto metodou vysušeného plynovodu, dokazují, že výše stanovené kritérium vysušení potrubí je správné.

TPG 702 04 však tuto metodu sušení nepředpokládá, a proto zde zatím není toto kritérium uvažováno.

Sušení vysokým vakuem je vhodné pouze pro sušení ocelových potrubí, a to v případech:

- členitých úseků menších dimenzí – např. uzly v kompresních, předávacích či jiných stanicích,
- liniových úseků distribučních sítí, které nejsou průchodné pro písty.

Tato metoda je velmi vhodná pro sušení členitých ocelových distribučních sítí, protože kromě vlastního vysušení velmi usnadňuje i následné napuštění potrubí plynem; plyn se napouští do vakua, takže nehrozí riziko vzniku třaskavé směsi a potrubí není třeba odvzdušňovat.

Metodu sušení vysokým vakuem však nelze použít pro PE-plynovody, neboť by mohlo dojít ke zborcení potrubí.

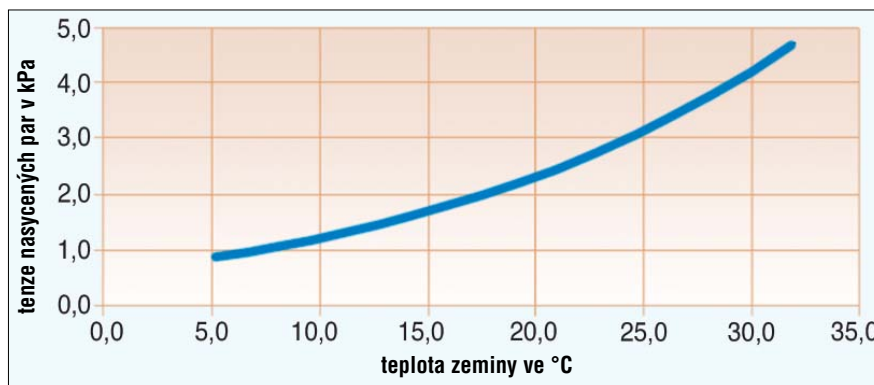
Vzhledem k tomu, že je v potrubí vysoký podtlak, je nutné před zahájením sušení (především u potrubí nad DN 500) posoudit tvarovou stabilitu potrubí proti zborcení působením vysokého podtlaku některou z metod řešení namáhání potrubí vnějším přetlakem.

Řídicím jevem sušení vysokým vakuem je přestup tepla z okolní zeminy do potrubí. Přestup je u dobře izolovaného potrubí poměrně malý a doba sušení silně závisí na DN potrubí.

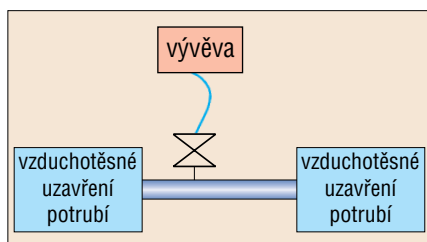
Jak již bylo uvedeno, sušení vakuem však může být rychlejší než sušení vysoce suchým vzduchem tam, kde nelze potrubí během sušení vytírat.

Zkušenosti s touto metodou v ČR nejsou zatím příliš velké, dosud byla použita jen v několika případech.

Problémy vznikající při nízké teplotě zeminy a vysokém barometrickém tlaku (je obtížné dosáhnout podmínek zaručujících



Obr. 3. Závislost tenze nasycených par na teplotě zeminy



**Obr. 4.** Schéma zařízení při sušení vysokým vakuem

úspěšné vysušení potrubí) dosud nejsou spolehlivě vyřešeny. Vzhledem k tomu, že tenze nasycených par roste s rostoucí teplotou, je možné, že při nízkých teplotách zeminy některé typy vývěv vůbec nebudou schopny vytvořit dostatečný podtlak a k vysušení potrubí nemůže dojít.

#### Materiální vybavení

Vývěva (vakuová pumpa) slouží pro snížení tlaku v potrubí na hodnotu danou teplotou okolní zeminy. Vzhledem k teplotám zeminy v podmínkách ČR (5–15 °C) je nutné použít velmi výkonné vývěvy, které mohou dosáhnout absolutního tlaku maximálně 1 kPa, tj. podtlaku cca 99 kPa.

Vývěvy jsou spojeny s potrubím vakuovými hadicemi s uzavíracími armaturami, jimiž se při odstavení vývěvy uzavírá vysušované potrubí.

K měření podtlaku v potrubí se používá

podtlakový snímač. Snímač je možné nahradit dvěma vakuometry – pracovním pro nastavení pracovního podtlaku a pro kontrolu těsnosti soustavy a kontrolním pro kontrolu vysušení potrubí.

Schéma uspořádání zařízení při sušení vysokým vakuem je na obr. 4.

#### Postup sušení potrubí vysokým vakuem

Sušný úsek se vzduchotěsně oddělí od sousedních potrubí a od okolní atmosféry pomocí těsných zabudovaných uzavíracích armatur, zátek, záslepek, přivařením klenutých den nebo jiným vhodným způsobem.

Před sušením je třeba zbavit potrubí v co největší míře volné vody.

Je-li potrubí osazeno spodními lomovými body s odvodňovacími ventily, lze provést odstranění vody z těchto bodů natlačením potrubí stlačeným vzduchem a vyfoukáním vody způsobem obvyklým pro odstranění kondenzátu.

Před zahájením sušení se změří teplota okolní zeminy v místě potrubí a atmosférický tlak (nepřepočtený na hladinu moře) a na jejich základě se stanoví potřebný pracovní podtlak.

Potom se provede kontrola, zda jsou vývěvy schopné dosáhnout tenze nasycených par s dostatečnou rezervou. Pokud nejsou

vývěvy schopny tohoto podtlaku dosáhnout, není možné potrubí za stávajících podmínek vysušit, a nemá smysl vůbec sušení zahajovat.

Po zapojení vývěvy tlak v potrubí postupně klesá.

Po dosažení hodnoty podtlaku cca 0,4 bar se provede kontrola těsnosti soustavy, kdy se po odstavení vývěvy měří po dobu 30 minut změna podtlaku v potrubí.

Po opětovném zapojení vývěvy dále klesá tlak v potrubí až na stanovenou hodnotu pracovního podtlaku, po jehož dosažení začne voda v potrubí vřít a začne probíhat odsávání par odpařované vody. Pracovní podtlak se v průběhu sušení téměř nemění.

Po časovém intervalu, jehož délka závisí na objemu úseku, kvalitě izolace potrubí a dalších faktorech, se odsávání přeruší, uzavřou se armatury na vakuových hadicích a po dobu 30 minut se měří tlak v potrubí. Pokud tlak v potrubí nestoupá, je potrubí vysušeno.

Proces sušení potrubí vysokým vakuem se nepovažuje z hlediska bezpečnosti za rizikovou činnost, a není třeba kromě obecně platných opatření (označení výkopu, práce v ochranných pomůckách) dodržovat žádné zvláštní bezpečnostní opatření.

*Lektoroval Ing. Miroslav Tichý*