

- [9] STN EN ISO 14532:2005 Zemný plyn. Slovník
- [10] ISO 20765-3 Natural gas – calculation of thermodynamic properties. Part 3: Two-phase properties (vapour-liquid equilibria)
- [11] Knapp, H.; et al.: Vapor-Liquid Equilibria for Mixtures of Low Boiling Substances. DECHEMA Chemistry Data Series, Vol. VI. DECHEMA: Frankfurt 1982

Lektorovali: prof. Ing. Petr Buryan, DrSc., Ing. Jiří Mizera, CSc.

Převzato z časopisu *Slovgas* 01/2014

Summary:

Martin Šoltýs, Tibor Veselý, Zsolt Vaszi:
Possibilities of Hydrocarbons Dew Point Measurement Devices Verification

The methods currently applied to verify and calibration of hydrocarbons dew point are not always reliable and consequently mean an inconsistent measurement. The authors analyse the reasons for this unreliability. In their article they present new methods utilizing equation of state to certify the hydrocarbons dew point measurement devices that are applicable in working conditions of a gas transmission network operator.



Ing. Martin Šoltýs (*1985)

Je absolventem bakalářského studia na VŠCHT v Praze a inženýrského studia na STU v Bratislavě, odbor chemické inženýrství. Po skončení studii pracoval ve Skupině Slovnaft. Od ledna 2013 je zaměstnancem společnosti eustream, a. s. Je členem Slovenské společnosti chemického inženýrství a GPA Europe.



Ing. Tibor Veselý (*1987)

V roce 2012 ukončil studium na Ústavu fyzikální chemie a chemické fyziky Fakulty chemické a potravinářské technologie STU v Bratislavě. Po ukončení studia nastoupil do společnosti eustream, a. s., kde se zabývá problematikou měření fyzikálně-chemických vlastností zemního plynu v přepravní síti.



Ing. Zsolt Vaszi, PhD. (*1984)

V roce 2008 ukončil inženýrské studium a v roce 2012 doktorandské studium na katedře pecí a teplotní techniky Hutnické fakulty TU v Košicích. V disertační práci se zabýval modelováním propustnosti tranzitního plynovodu. Ve společnosti eustream, a. s., se zabývá měřením fyzikálně-chemických vlastností zemního plynu.

Bezpečnější vyprazdňování potrubí přepravujících hořlavé plyny a kapaliny

Ing. Aleš Brynych, Ing. Petr Crha, CSc.

CEPS a. s.

Wyprazdňování potrubí s hořlavými plyny a kapalinami pomocí vzduchu má svá rizika

Jednou z bezpečnostně závažných operací při uvádění plynovodů do provozu nebo jejich odstavení je odvzdušňování a odplyňování. Při těchto operacích dochází na rozhraní plyn/vzduch ke vzniku směsi s koncentrací plynu ve vzduchu mezi horní a dolní mezí výbušnosti, tzv. výbušné směsi. Přitom přípravu a průběh akcí ovlivňuje několik vzájemně protichůdných požadavků:

- aby nedošlo ke vzniku lokálních oblastí s vysokou zbytkovou koncentrací plynu (vzduchu), je pro dosažení dokonalého míchání vzduchu a plynu na rozhraní požadován vysoký průtok vzduchu v odplyňovaném potrubí i průtok plynu při odvzdušňování. Minimální požadavky v tomto smyslu jsou uvedeny v ČSN EN 12327 v příloze A – například pro plynovod DN 500 je nejmenší objemový průtok vzduchu při odplyňování

přes 700 m³/hod, stejně tak je pro odvzdušňování požadován stejný průtok plynu. Při odvzdušňování je tento průtok plynu dosažitelný poměrně snadno, zato při odplyňování lze i tento minimální průtok dosáhnout pouze nasazením poměrně výkonných kompresorů či ventilátorů.

- vysoká rychlost proudění při odplyňování nebo odvzdušňování přináší riziko vznosu částic úsad, které se v plynovodu vyskytují téměř vždy. Aby se zabránilo iniciaci exploze v zóně výbušné směsi například nárazem unášených částic o stěnu potrubí nebo navzájem, řada specifikací provozovatelů omezuje rychlost proudění na 0,5 m/s, což je však výrazně méně, než činí požadavek podle předcházejícího odstavce i pro dimenzi DN 150, přičemž požadavek podle ČSN EN 12327 s dimenzí roste, takže pro DN 500 je již 1 m/s,
- významný je i faktor časový, protože zejména při operacích prováděných za přerušení provozu je požadavek na odplynění/odvzdušnění v co nejkratším čase.

Velikost zóny výbušné směsi (ovšem v případě odplyňování vzduchem spíše jen teoreticky) lze významně zkrátit použitím oddělovačů, čisticích pístů (ježků). Ježek je tlačěn při odplyňování vzduchem, při odvzdušňování plynem. Spíše teoretický význam tohoto přístupu, i když je okrajově

v ČSN EN 12327 zmíněn, je však dán jedním značným rizikem, které přináší. Aby se ježek v potrubí pohyboval, musí být za ním tlak vyšší než před ním, běžně o 1 bar, u menších dimenzí i více. Žádné potrubí však není přesně kruhové (zejména pak v obloucích), žádná manžeta či lamela není dokonale těsná. Proto vždy v nějaké míře dochází k „prošlehnutí manžet“, tedy k tomu, že část média za ježkem se dostane před něj. Ať již se jedná o projití plynu do vzduchu při odvodušňování, nebo obráceně při odplyňování, výsledkem je vždy fakt, že těsně před ježkem tak může být i poměrně značný objem výbušné směsi. Pak už jen stačí nečistota zadržnutá pod manžetou (struska, kus elektrody), zajiskří to a vzniklá jiskra má dostatečnou energii pro iniciaci výbuchu.

U potrubí dopravujících hořlavé kapaliny, jako ropu, naftu nebo benzin, je situace ještě komplikovanější, protože výbušná směs vzniká nejen při samotném vytlačování na rozhraní vzduch/médium, ale následně vzniká v celém vyprázdněném objemu, protože do vzduchu se odpařují hořlavé složky, které i po vyprázdnění ulpívají v kapalně formě na stěně potrubí. Tento efekt je sice významně potlačitelný vymytím potrubí inertizační vodní zátkou bezprostředně za vytlačovací ježkem, ale to zase přináší nutnost likvidace uhlovodíky kontaminované vody v objemu několika jednotek až desítek krychlových metrů, což nese náklady jak na likvidaci vody samotné, tak na její transport do místa likvidace. Navíc tato technologie zaručí bezpečnou atmosféru v potrubí pouze dočasně, protože po delší době (několik dní) již dochází k odparu nevytlačovaného zbytku zejména vyšších uhlovodíků a tím ve vyprázdněném potrubí postupně roste koncentrace hořlavých par.

Řešením problému je použití inertních plynných směsí

Ze všech důvodů uvedených v předcházející části přistoupila řada provozovatelů zejména v západní Evropě k náhradě vzduchu při odplyňování inertizačním plynem, jímž je zpravidla dusík. Tuto technologii doporučuje i zmíněná ČSN EN 12327. I při odplyňování se pak proces zabezpečuje dusíkovou zátkou dostatečného objemu, která izoluje ježka od stlačeného vzduchu.

V případě vyprazdňování ropovodů a produktovodů se používá inertizační směs prakticky vždy. Oproti vytlačování média vzduchem s použitím izolační vodní zátky je použití inertizační plynné směsi procesně jednodušší a především rychlejší.

Hlavním přínosem použití inertizační plynné směsi při odvodušňování a odplyňování plynovodů a při vyprazdňování ropovodů a produktovodů je tedy fakt, že zóna třaskavé směsi vůbec nevzniká a proto je možnost exploze zcela vyloučena. Odplyňování a odvodušňování pak lze provádět velmi rychle a efektivně, zejména pokud je možno využít ježků. Výhodou této technologie je skutečnost, že po vytlačení média je vnitřek potrubí naplněn inertním dusíkem, takže nehrozí jakékoli riziko exploze jinak výbušných a hořlavých plynů nebo uhlovodíkových par. Tento efekt je přitom trvalý, protože ani při dlouhodobé odstávce se výbušná směs odparem těžkých složek vázaných na stěnu potrubí nemůže vytvořit vzhledem k nízkému obsahu kyslíku ve směsi.

Vytváření inertizační směsi z kapalného dusíku

Ve světě je pro vyprázdnění potrubí převážně používána technologie založená na využití kapalného dusíku. Podstatou této technologie je vytlačování plynu nebo kapalného média

prostřednictvím dusíku, který se přivádí na začátek vyprazdňovaného úseku. Dusík se na začátek potrubí dopraví v hluboce podchlazeném stavu v kapalně formě, při zhruba $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Plyn se doveze speciálními kryogenními cisternami, ve speciálním zařízení se kapalně dusík stlačí a následně odpaří. Vzniklý tlakový dusík se pak vede do potrubí a prostřednictvím čistícího pístu vytlačuje médium na druhý konec vyprazdňovaného úseku, kde se plyn vypouští do atmosféry, zatímco kapalně média se přepouští do další části potrubí, nebo cisternami vyváží.

Tato technologie má však také určité nevýhody

- nezanedbatelná spotřeba energie pro výrobu kapalného dusíku zkapalňováním vzduchu a z ní plynoucí vysoká cena kapalného dusíku pokud není kapalně dusík přímým odpadním produktem při jiné výrobě (kyslíkárny); cena kapalného dusíku je regionálně velmi variabilní a obecně je vysoká zejména ve státech, kde nejsou umístěny významné chemické závody,
- poměrně dlouho trvající příprava akcí – větší množství kapalného dusíku je třeba zpravidla objednávat s dostatečným předstihem, stejně jako zajištění přepravních cisteren; tato skutečnost velmi komplikuje operace vyvolané okamžitou provozní potřebou; například při přípravě vytlačení ropy dusíkem na bázi kapalně formy při plánované opravě ropovodu Družba před patnácti lety bylo třeba projednávat dodávky kapalného dusíku a jejich transport na území ČR téměř půl roku předem,
- odpaření kapalného dusíku vyžaduje výkonné odpařovací hořáky spalující velké množství nafty,
- kryogenní přepravní cisterny jsou zpravidla v silničním provedení, a proto jen obtížně dojedou do míst trasových uzávěrů, která jsou zpravidla přístupná jen lehkými nebo terénními automobily. Takové případy je pak třeba řešit výstavbou dočasných potrubí pro dopravu plynného dusíku od cisterny/odpařovače k trasovému uzávěru.

Technologie vyprazdňování pomocí dusíku dováženého v kapalně formě je tedy organizačně, nákladově a energeticky poměrně velmi náročná.

Výroba inertizační směsi ze vzduchu na místě použití

S přihlédnutím ke skutečnosti, že dusík je složkou vzduchu nepodporující dýchání ani hoření, společnost CEPS v roce 2010 vyvinula a v roce 2011 odzkoušela a ověřila jinou metodu, která zásadní nevýhody vyprazdňování potrubí ropovodů a produktovodů vzduchem nebo regazifikovaným kapalně dusíkem eliminuje. Tato metoda používá pro vytlačování média inertizační dusíkovou směs, která se však připravuje přímo na místě užití na začátku vyprazdňovaného úseku, a to membránovou separací ze vzduchu. Výhodou tohoto procesu je skutečnost, že dusík ve vzduchu na místě použití je „nekonečně mnoho“, a proto je možné inertizovat prakticky jakýkoli objem, zatímco při použití kapalného dusíku je nutné dovézt každý kubík, podle lokality často i ze vzdálenosti několika set kilometrů, a to inertizaci větších objemů potrubí velmi prodražuje.

Při membránové separaci se vzduch stlačí v kompresoru na cca 16 bar a vede se do membránové separační jednotky, v níž se díky různé permeabilitě membrány vůči kyslíku a dusíku ze stlačeného vzduchu separuje dusík o čistotě přes 90%. Přesněji

řečeno jde vlastně naopak o separaci kyslíku ze vzduchu – stěnou membrán postupují především „rychlejší“ kyslík, vodní pára a oxid uhličitý a následně odchází s odpadající částí procesního vzduchu, zatímco „pomalejší“ dusík prochází spolu s druhou částí procesního vzduchu zařízením na výstup inertizační směsí. Objem vyrobené inertizační směsi činí okolo poloviny vstupního objemu procesního vzduchu, s rostoucí koncentrací dusíku ve směsi podíl vyrobené směsi klesá. Použití této technologie není principiálně technickou novinkou, běžně se používá v průmyslových závodech nebo na ropných tankerech při jejich vyprazdňování, v českém plynárenství byla použita například při inertizaci kavernového zásobníku Háje před jeho prvním plněním plynem. Zásadně nový však byl požadavek „miniaturizace“ zařízení tak, aby bylo snadno přepravovatelné i v těžkém terénu, limitem tedy byl objem standardního kontejneru ISO 20“ (délka cca 6 m, šířka i výška cca 2,5 m) a hmotnost do 10 tun. Navíc celé zařízení musí být energeticky soběstačné a jediným potřebným médiem smí být motorová nafta.

Od myšlenky k prototypu

Prototypové zařízení navrhl a vyrobil CEPS na vlastní náklad (přes 7 mil. Kč) ve spolupráci s několika dílčími dodavateli. Nejprve byl ve společnosti KTA Březí adaptován použitý standardní lodní kontejner ISO 1C, v němž byly osazeny další dveře a trubní i kabelové prostory. Upravený kontejner byl



Generátor dusíku byl od samého počátku vyvíjen tak, aby ho bylo možné snadno dopravovat na větší vzdálenosti i v náročném terénu

Přestože Air Products vyrábí velká zařízení pro membránovou separaci dusíku běžně například na ropné tankery, takto malou jednotku, která by se vešla do kontejneru, stavěli také poprvé, tedy jako prototyp.



Lodní kontejner přebytek vnitřního prostoru zrovna moc neposkytuje

dopraven do norského Kristiansandu, kde do něj byla v tamní pobočce concernu Air Products zabudována technologie membránové separace dusíku ze vzduchu. Zařízení pracuje v automatickém režimu řízeném počítačem, počínaje předehřevem procesního vzduchu až po regulační armatury na výstupu inertizační směsi, jejíž složení je nastavitelné ve třech úrovních – 90%, 93% a 95% dusíku. Volba úrovně koncentrace dusíku závisí na typu vytlačovaného média a na tlaku, který je pro vytlačení potřebný.



Předehřátý procesní vzduch musí být zbaven v demistrech i nejmenších kapiček kondenzátu

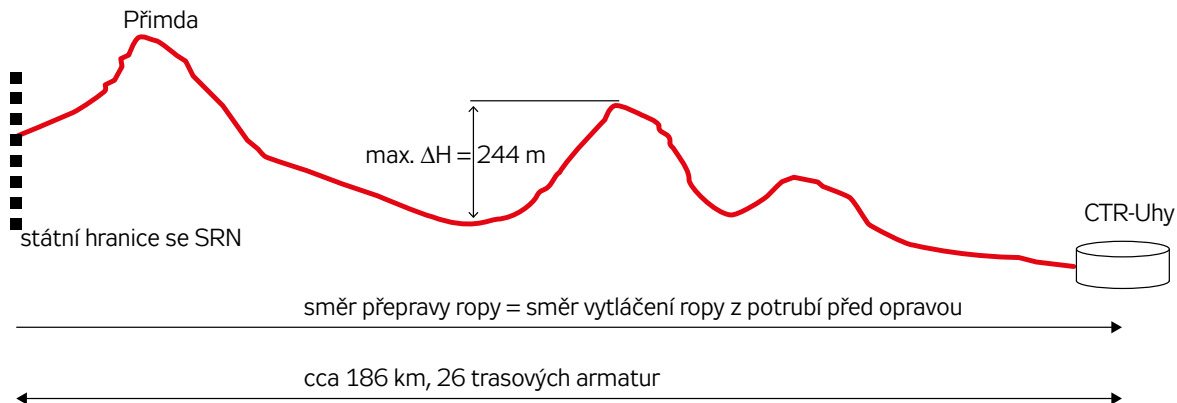


Proces separace dusíku řídí průmyslový mikropočítač

Kontejner se zabudovanou separační jednotkou byl přepraven zpět na základnu CEPS v Čitolibech u Loun, kde do něj byla zabudována elektrocentrála (potřebný výkon 40 kVA musí



Potrubní rozvody generátoru dusíku jsou dosti komplikované



Obr. 1. Podélný profil ropovodu IKL

pokryt především pulzní přehřev procesního vzduchu), potrubní rozvody, elektroinstalace a další kontrolní a bezpečnostní prvky. Stlačený procesní vzduch dodává kompresor Atlas Copco XRHS 506 s výkonem 1 800 m³/h, čímž je pokryta produkce inertizační směsi včetně technologického odpadního vzduchu, v němž je naopak koncentrace kyslíku kolem 30%.

Návrhové parametry zařízení N-1100 byly 1 100 m³/h směsi v režimu 90% dusíku a s výstupním tlakem 10 bar. Provozní testy hotové jednotky prokázaly, že se podařilo těchto parametrů dosáhnout, generátor dává 1 100 m³/h 90% dusíku při 10 bar na výstupu, v režimu 95% pak 800 m³/h při 14 bar.

Generátor inertizační směsi N-1100 byl poprvé provozně nasazen při pracích na části ropovodu DN 700, vedoucího od hranice Lotyšsko / Bělorusko do přístavního Ventspils. Tento ropovod v délce přes 200 km, jehož vlastníkem je společnost LatRosTrans, byl dlouhodobě neprovozován a provozovatel se rozhodl potrubí z ekologických i bezpečnostních důvodů vyprázdnit, dokonale vyčistit od veškerých uhlovodíků a zainertizovat.

Další rutinní nasazení při vytlačování hořlavých kapalin již běžně probíhá na potrubích ropovodů českého MERO a slovenského Transpetrolu i produktovodů ČEPRO.

V Polsku bylo provedeno odplynění a inertizace dvou vysokotlakých plynovodů (DN 500 a DN 200) před jejich opravami, čímž se podařilo významně zkrátit čas, který by jinak odplynování a zajištění bezpečné atmosféry klasickou metodou vyžadovalo.

Od prototypu k výkonnější jednotce

Úspěšně dokončený vývoj generátoru inertizační směsi a okamžitý zájem provozovatelů potrubních systémů o tuto službu nás vedl k rozhodnutí tuto technickou novinku rozšířit. Návrhové parametry další jednotky jsme definovali podle typických provozních podmínek při vytlačování hořlavých kapalin v běžných evropských podmínkách a v reálně potřebných časech. Časové požadavky provozovatele na délku odstávky potrubí určují potřebný výkon zařízení. Typický profil potrubí na území ČR pak definuje reálné hydrostatické tlaky ve vyprazdňovaném potrubí a tedy potřebný výstupní tlak inertizační směsi ze zařízení.

Jako definiční podmínky byly zvoleny požadované provozní charakteristiky vyprázdnění ropovodu DN 700 IKL v typicky

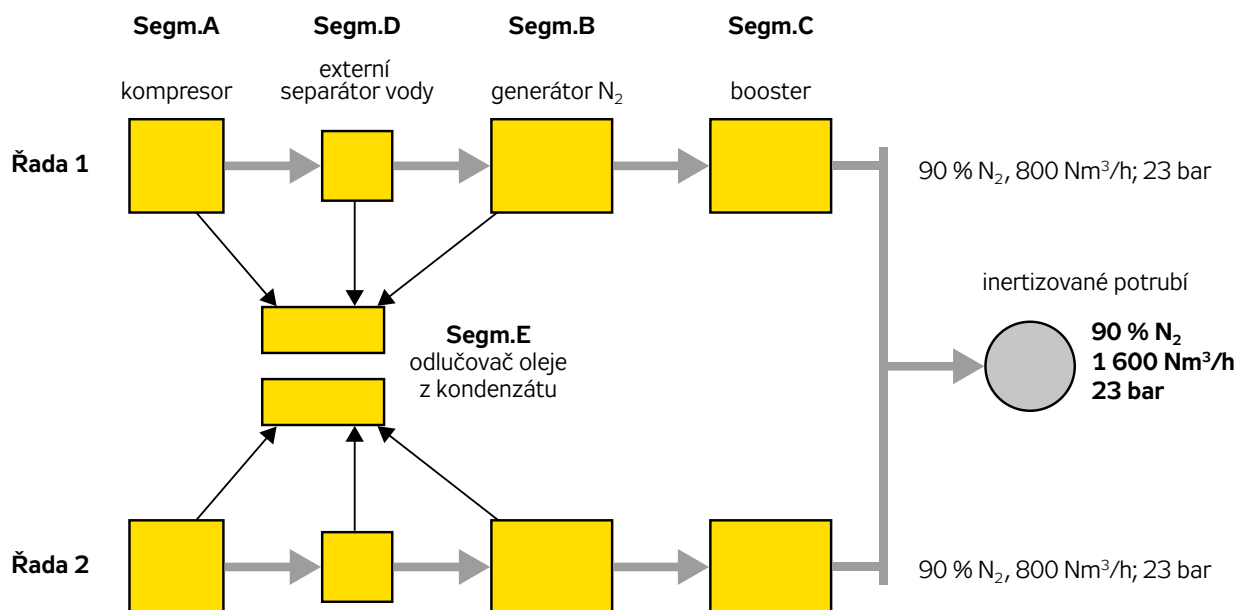
západo- a středočeském kopcovitém terénu. Zvolená modelová situace předpokládala vyprázdnění úseku potrubí před provedením jeho zkoušek a/nebo oprav v rámci provozní odstávky v typické délce 4 až 5 dní, z čehož rezultuje časový požadavek na vyprázdnění až 15 km potrubí během nejvýše 24 hodin. Z toho vyplývá požadovaný výkon generátoru inertizační směsi 1 600 m³/h v režimu 90% dusíku. Podélný profil ropovodu je velmi typický pro většinu evropských území, kudy jsou potrubí pro dopravu kapalných látek vedena (viz obr. 1).

Při předpokládané tlakové ztrátě 2 bar na posun dělicího pístu potrubím a na hydraulické ztráty proudící ropy dosahuje potřebný maximální tlak inertizační směsi při vytlačování ropy v místě největšího převýšení hodnoty 23 bar. Návrhové parametry jednotky tedy byly stanoveny na 1 600 m³/h v režimu 90% dusíku a výstupní tlak alespoň 23 bar. Analýza spotřeby energie v typických provozních režimech pak vedla k definici uspořádání jednotky tak, že procesní vzduch bude stlačen v kompresoru na 16 bar a veden do jednotky separace dusíku. Vytvořená inertizační směs s tlakem min. 10 bar bude stlačena dalším kompresorem – boosterem na požadovaných 23 bar.

Při ochlazování komprimovaného procesního vzduchu z něj vpadávají kapičky kondenzátu, obsahujícího stopy oleje. Pro ochranu životního prostředí je třeba tento kondenzát jímát ze všech separátorů kondenzátu (na kompresoru i v generátoru dusíku) a ze zachyceného kondenzátu ve speciálním odlučovači oddělit olej, který se následně jako nebezpečný odpad likviduje. Z přepravních důvodů (opět byl stanoven požadavek na zabudování generátoru dusíku i boosteru do ISO 1C 20“ kontejnerů) bylo nutné řetězec rozdělit do dvou zcela identických řad (obr. 2).

Předpokládaný celkový náklad na technologický řetězec překročil 28 milionů Kč.

Proto CEPS podal přihlášku do operačního programu Podnikání a inovace, který tento typ technologických inovací podporuje. V rámci programu Inovace – Inovační projekt – Výzva IV – byl CEPS pro udělení podpory vybrán a náš projekt číslo 4.1 IN04/944 získal podporu ve výši 60%. Zbývajících téměř 12 milionů Kč musel CEPS vložit z vlastních zdrojů. Náročný cash-flow projektu, které je důsledkem dotačního systému, kdy jsou zpětně pokrývány jen již vynaložené prostředky, se podařilo vykryt díky sofistikovanému úvěrovému programu vytvořeného ve spolupráci s naší financující pobočkou ČSOB Tábor.



Obr. 2. Výsledné schéma technologického řetězce pro výrobu tlakové inertizační směsi

Na administraci projektu se významně podílela společnost Granthelp. Vzhledem k tomu, že v rámci financování byly využity veřejné prostředky, muselo být na dodávku kompletního řetězce vypsáno veřejné výběrové řízení se všemi náležitostmi. Jen zadávací dokumentace zahrnovala 29 stran. Samotné výběrové řízení realizovala právní firma JUDr. Jakub Schmitz. Z několika uchazečů nakonec naplnila podmínky pouze česká společnost Acstroje s. r. o. Jablonec nad Jizerou.

Dodavatel Acstroje realizoval řetězec se třemi hlavními subdodavateli. Komponenty technologie membránové separace dodal opět norský závod Air Products. Kontejnery pro instalaci generátorů dusíku vyrobila společnost Pavelka – kontejnery s. r. o. z Kutné Hory, která do nich také zabudovala hlavní komponenty dodané z Norska. Návrh technologického řešení boosterů a jejich výroba proběhly v závodě firmy Kaeser Kompressoren GmbH v rakouském Linci. Acstroje pak provedly kompletaci systému, elektroniky a měření, nastavení regulace a měřicího systému.

Zatímco dokumentace samotného generátoru dusíku byla k dispozici prakticky kompletní z fáze výroby prototypu, boostery bylo třeba navrhnout a zkompletovat opět jako kusovou dodávku. Finálním řešením v každé z obou jednotek jsou dva kompresory ve společné regulaci. Na rozdíl od primárních kompresorů procesního vzduchu, které mají pochopitelně pohon dieselovými motory, kompresory boosterů mají elektropohon



Řídicí jednotka, vzdušníky a elektrocentrála boosterů

(každý 22 kW) a proto musí být každá jednotka vybavena elektrocentrálou s poměrně značným výkonem 80 kVA, protože musí být schopna pokrýt i rozběhové proudy motorů. Každá z obou řad technologického řetězce je samostatně



Pohled na boosterovou jednotku (kompresory jsou umístěny nad sebou)



Kompresor procesního vzduchu

zásobována procesním vzduchem prostřednictvím kompresoru Atlas Copco XRHS 506 s objemovým výkonem 1 800 m³/h a výstupním tlakem až 20 bar.

Kondenzát ze všech separátorů jedné řady řetězce je veden do odlučovače, kde je z kondenzátu odloučen olej.



Externí separátor kondenzátu z procesního vzduchu a odlučovač oleje z kondenzátu

Návrh i realizaci kompletního řetězce realizoval dodavatel Acstroje ve velmi krátkém čase. Výsledky výběrového řízení byly vyhlášeny dne 29. 3. 2012, avšak objednávka řetězce byla vydána teprve po podpisu podmínek financování grantu ze strany MPO, tedy až 30. 9. 2012. V únoru a březnu 2013 byly jednotlivé segmenty postupně předávány k dílčím zkouškám a dne 5. 6. 2013 bylo zařízení kompletně předáno k systémovým zkouškám.



Systémové zkoušky řetězce v CEPS Cítoliby

Systémové zkoušky proběhly na technické základně CEPS v Cítolibech u Loun. Při nich byl celý technologický řetězec poprvé sestaven a uveden do provozu jako jediný celek. Systémové zkoušky prokázaly, že technologický řetězec má parametry, které nejen naplnily, ale dokonce výrazně překročily původně požadované hodnoty.

Při paralelním chodu obou větví řetězce bylo dosaženo celkového výkonu 1 845 m³/h inertizační směsi o obsahu 93 % dusíku a při výstupním tlaku 24,21 bar. Původní požadavky tedy byly překročeny ve všech třech parametrech.

Bezprostředně po dokončení systémových zkoušek byla technologie odvezena do Lotyšska, kde při další etapě prací na ropovodu DN 700 proběhly první provozní zkoušky

v reálném nasazení v dlouhodobém provozu, kdy zařízení bylo nepřetržitě v chodu po dobu více než týden. Vzhledem k poměrně plochému profilu terénu a tedy i potrubí však nebylo nutné použít maximální výstupní tlak řetězce. Získaná provozní data byla využita pro definitivní doladění řídicího systému.



Technologický řetězec na přečerpávací stanici ropovodu v Lotyšsku

Výroba a nastavování technologického řetězce byla zakončena komplexními zkouškami, které proběhly při vytlačování ropy před zkouškami a opravou úseku ropovodu DN 500 MERO Družba v lokalitě Frýdnava 16. 9. 2013.

Úspěšným provedením komplexních zkoušek převzal CEPS zařízení technologického řetězce od dodavatele Acstroje do řádného provozu.



Provozní nasazení na ropovodu DN 700 MERO IKL

První provozní nasazení v podmínkách odpovídajících návrhovým parametrům proběhlo při vytlačování ropy z úseku ropovodu DN 700 MERO IKL v lokalitě Benešovice ve dnech 30. 9. až 3. 10. 2013. V tomto případě bylo třeba vyprázdnit zhruba 10 km dlouhý úsek potrubí. Na konci tohoto úseku však nebyla k dispozici žádná skladovací kapacita, do níž by byla ropa vytlačena, a proto bylo nezbytné celý sloupec ropy dlouhý přes 90 km „posunout“ o zmíněných 10 km a na konci odpovídající objem ropy vytlačit do zásobníku na CTR (centrálním tankovišti ropy) v Uhách u Kralup nad Vltavou. Na této trase ropný sloupec překonával nejen vlastní odpor proti proudění, ale i značné výškové rozdíly na trase. Toto provozní nasazení prokázalo, že provozní parametry technologického řetězce byly definovány správně a že zařízení dokonale naplnilo představu, kterou jsme o jeho funkci měli na počátku projektu.

Významnou součástí projektu bylo i definování provozních režimů zařízení. Podstatou inertizace potrubí je vytvoření takové atmosféry v potrubí, kdy je koncentrace hořlavých plynů nebo par mimo meze výbušnosti. Problémem však je, že s rostoucím tlakem se meze výbušnosti rozevírají, především horní mez výbušnosti poměrně značně roste. Zejména při vytlačování hořlavých kapalin, kdy je vzhledem k hydrostatickému tlaku nutné pracovat i s vysokými tlaky, je tedy třeba zvolit potřebnou koncentraci dusíku v inertizační směsi v závislosti na tom, jaký bude maximální tlak při vytlačování kapaliny. Navíc záleží i na složení vytlačovaného média, jiné meze výbušnosti má zemní plyn, jiné plynný LPG, jiné benzin a jiné nafta. Ještě spleťtější je případ ropy, která obsahuje jak lehké, tak těžké složky, takže bezprostředně po vytlačení se do prostoru za ježkem odpařují především lehčí uhlovodíky, zatímco po delší prodlevě se odpařují uhlovodíky těžší.

Proto CEPS požádal pracovníky Ústavu plynárenství pražské VŠCHT, aby se na projektu podíleli analýzou tohoto problému. Výsledkem výzkumných prací byla definice různých pracovních režimů v závislosti na složení vytlačovaného média provozního tlaku. Tuto problematiku uvádí navazující článek autorů z týmu VŠCHT.

Závěr

Zavedení technologie vytlačování hořlavých plynů a kapalin tlakovou inertizační směsí významným způsobem zvyšuje bezpečnost těchto náročných prací. Navíc v případě odvodušňování a odplyňování plynovodů lze díky inertizační směsi bezpečně použít oddělovací ježky a tak podstatně urychlit jak odvodušňování, tak především odplyňování.

Lektorovali: Dr. Ing. Libor Čapla, Ing. Daniel Tenkrát, Ph.D.



Ing. Aleš Brynych (*1970)

Vystudoval obor chemické a energetické zpracování paliv na VŠCHT Praha. V letech 1993–95 pracoval v Plynoprojektu Praha. Do roku 1999 byl zaměstnán jako hlavní technolog ve společnosti Český plynárenský servis, spol. s r. o. Od roku 1999 působí ve společnosti CEPS a. s., nyní jako výkonný ředitel.



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 ve společnosti Český plynárenský servis, s. r. o. V roce 1999 nastoupil jako generální ředitel do společnosti CEPS a. s. Externě působí na VŠCHT v Praze.

Summary:

Aleš Brynych, Petr Crha:

Safer Purging of Pipelines Carrying Flammable Gases and Liquids

Safety of work in operations involving the displacement of flammable gases and liquids (displacement purging) and air displacement from gas pipelines can be significantly enhanced when using inert gas mixtures with a high content of nitrogen. Thanks to such mixtures, there is no risk that an explosive mixture will form in the pipeline, and therefore no risk of explosion. For this technology, CEPS has developed a generator of nitrogen mixture for slug purging based on membrane separation. Following its successful testing in the field, it has developed a new series with an output pressure of up to 25 bar.

Meze výbušnosti při vyprazdňování potrubí hořlavých látek plynnými směsmi

Prof. Ing. Petr Buryan, DrSc.

Ing. Tomáš Hlinčík, Ph.D.

VŠCHT Praha

Ing. Petr Crha, CSc.

CEPS a. s.

1. Úvod

Vyprazdňování potrubí pro dopravu hořlavých plynů a kapalin průtokem vzduchu, stejně jako odvodušňování plynovodů při jejich uvádění do provozu, je bezpečnostně náročná akce, protože při ní vždy vzniká v potrubí oblast, kde je koncentrace hořlaviny ve vzduchu mezi horní a dolní mezí výbušnosti, takzvaná oblast výbušnosti.

Při přechodu na mnohem bezpečnější a efektivnější náhradu vzduchu pro tento proces, na inertizační směs s vysokým obsahem dusíku, bylo třeba pro jednotlivé provozní režimy definovat potřebné koncentrace inertizační směsi. Tyto potřebné koncentrace závisejí v zásadě na dvou veličinách:

- na složení vytlačovaného média,
- na tlaku, kterého bude při vytlačování dosaženo – to se týká především procesu vytlačování kapalin, kdy tlak na ježka musí kompenzovat nejen tření ježka o stěny potrubí a vnitřní tření těchto poměrně viskózních kapalin (zejména v případě ropy), ale musí také kompenzovat okamžitý hydrostatický tlak vytěšňované kapaliny, který je dán podélným profilem vyprazdňovaného potrubí.

Složení vytlačované hořlaviny je primárním faktorem, definujícím meze výbušnosti hořlavého plynu nebo par. Pro uhlovodíky obecně platí, že dolní mez výbušnosti s rostoucím počtem