

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 odplynování plynovodů lze díky inertizační směsi bezpečně použít oddělovací ježky a tak podstatně urychlit jak odvodušňování, tak především odplynování.

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

atomů uhlíku v molekule klesá. To je samozřejmě nebezpečný vývoj a proto je nezbytné zbytkový plyn nebo páry ještě více „ředit“ větším objemovým výkonem zdroje proplachovacího média. Horní mez výbušnosti sice s rostoucím počtem atomů uhlíku v molekule klesá také, ale tento děj je (a i tak jen teoreticky) využitelný pouze při plnění potrubí vyššími kapalnými uhlovodíky. To se však stejně vždy provádí přes plnicího ježka, takže praktického významu tento fakt nemá.

Dramatičtější situace však nastává s rostoucím tlakem. Při růstu tlaku se oproti stavu při tlaku atmosférickém meze výbušnosti rozšiřují – dolní mez výbušnosti klesá, zatímco horní mez výbušnosti významně roste. Znamená to tedy, že směs, která je za běžného tlaku mimo meze výbušnosti, se při vyšším tlaku může stát výbušnou. Zejména při vytlačování hořlavých kapalin je tento fakt velmi znepokojující, protože v průběhu vytlačování se podle podélného profilu mění hydrostatická výška vytlačovaného sloupce hořlavé kapaliny a na to se musí reagovat změnami tlaku za vytěsňujícím ježkem.

Oblast výbušnosti lze prakticky ovlivňovat složením inertizační směsi. Čím vyšší je koncentrace dusíku ve směsi, tím dále se dostáváme od oblasti výbušnosti do zóny bezpečné práce. Naproti tomu separační generátory dusíkové inertizační směsi dávají při vyšší koncentraci dusíku menší objemový výkon a proces vytlačování se prodlužuje. Proto je tak důležité správně zvolit pracovní režim generátoru, a to v závislosti na předpokládaném vývoji tlaku během celé doby vytlačování. Maximální hodnota potřebného tlaku pak definuje podmínky, na něž se pracovní režim generátoru musí nastavit.

Podniková norma [1] ruského největšího přepravce ropy Transněft, který je i jedním z největších přepravců ropy a ropných produktů na světě, je všeobecně považována za moderní pravidlo správné provozní praxe. Tato norma požaduje pro vytlačování ropy minimální koncentraci 90% dusíku v inertizační směsi. Tato hodnota je dostatečně bezpečná pro práci s tlaky okolo 10 bar, což jsou tlaky, které na síti Transněfti, vedené vesměs plochými terény Sibíře a centrálního Ruska, dostatečně pokrývají potřeby vytlačování kapalin z potrubí.

Nová jednotka je však navržena pro práci i v mnohem hornatějším terénu, a proto pracuje s tlaky až 25 bar. Z tohoto důvodu bylo třeba se zabývat vývojem mezí výbušnosti až do této tlakové oblasti. Jednotka respektuje podmínky [1] a umožňuje membránovou separaci vyrábět inertizační směs v poměrech dusíku a kyslíku 9:1; 9,3:0,7; 9,5:0,5.

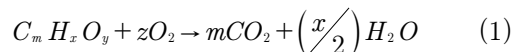
Vzhledem k závislosti mezí výbušnosti na chemickém složení hořlavých plynů a par bylo třeba stanovit chemické složení vytlačovaných látek. S přihlédnutím na předpokládaný majoritní rozsah nasazení jednotky na plynovodech, ropovodech a produktovodech, byly jako referenční látky zvoleny metan (reprezentující zemní plyn), C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> (reprezentující benzin) a C<sub>12</sub>H<sub>23</sub> (reprezentující svým sumárním vzorcem motorovou naftu). Výzkumné práce týmu Ústavu plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší pod vedením prof. Ing. Petra Buryana, DrSc., se v první etapě zabývaly vlivem složení vytlačovaného média a vlivem pracovního tlaku na změny oblasti výbušnosti. Okrajové podmínky práce a přijaté modelovací metody byly zvoleny v úzké návaznosti na reálné technologické podmínky nově vyvinutých mobilních inertizačních jednotek. Ve druhé etapě byl studován vliv přídavku inertů na změnu oblasti výbušnosti.

Toto sdělení se týká výsledků první etapy, výsledky prací ve druhé etapě se vyhodnocují a budou předmětem následného sdělení.

## 2. Výpočet mezí výbušnosti

Výpočet horní a dolní meze výbušnosti plyných hořlavých složek u kapalných i plyných látek lze přibližně vypočítat podle následujícího postupu:

- 1) Nejprve se vypočítá stechiometrické množství kyslíku potřebného ke spálení hořlavých složek směsi podle:



- 2) Dále se vypočítá konstanta  $C_{st}$  podle:

$$C_{st} = \frac{100}{1 + \frac{z}{0,21}} \quad (2)$$

- 3) Pomocí této konstanty se vypočítají podle [2–4] přibližné hodnoty horní a dolní meze výbušnosti při 20 °C a 101 325 Pa:

$$\begin{aligned} L_d &= 0,55 \cdot C_{st} \quad [\% \text{ obj.}] \\ L_h &= 3,50 \cdot C_{st} \end{aligned} \quad (3)$$

Při výpočtu horní a dolní meze výbušnosti hořlavých plynů ve směsi se vzduchem nebo kyslíkem je možné provést výpočet při 20 °C a 101 325 Pa [v obj. % hořlavého plynu]:

- a) bez obsahu inertních složek v plynu podle vzorce

$$L_{(h,d)} = \frac{100}{\sum_{i=1}^x \frac{C_i}{L_{i(h,d)}}} \quad (4)$$

- b) s obsahem inertních složek v plynu podle vzorce

$$L_{(h,d)} = \frac{100}{\sum_{i=1}^x \frac{C_i}{L_{i(h,d)}} + \frac{n}{100}} \quad (5)$$

kde  $L_h$  je horní a  $L_d$  je dolní mez výbušnosti složky hořlavého plynu ve směsi se vzduchem nebo kyslíkem (20 °C; 101 325 Pa) [% obj.],  $C_i$  je koncentrace jednotlivých hořlavých složek plynu (20 °C; 101 325 Pa) [% obj.],  $n$  je součet koncentrací inertních složek plynu (20 °C; 101 325 Pa) [% obj.] [5, 6].

### 2.1 Výpočet mezí výbušnosti v závislosti na absolutním tlaku

Výpočet mezí výbušnosti v závislosti na absolutním tlaku se provádí zvláště pro horní a dolní mez výbušnosti. Horní mez výbušnosti  $L_{hp}$  se vypočítá pro všechny uhlovodíkové plyny podle [7, 8]:

$$L_{hp} = L_h + 20,6 \cdot (\log P + 1) \quad (6)$$

kde  $L_h$  je horní mez výbušnosti při atmosférickém tlaku (20 °C; 101 325 Pa) [% obj.],  $P$  je absolutní tlak [MPa].

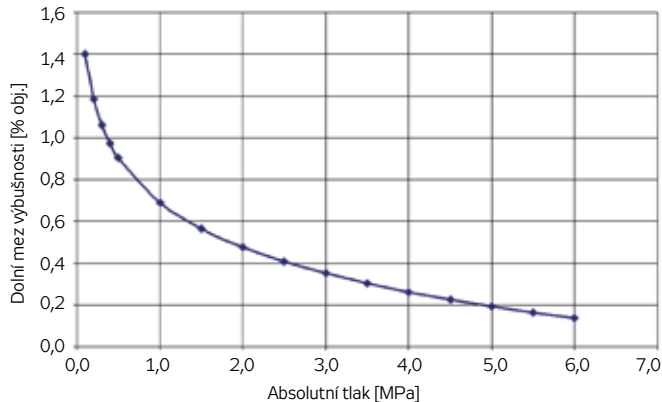
Dolní mez výbušnosti  $L_{dp}$  se vypočítá pro všechny uhlovodíkové plyny podle:

$$L_{dp} = L_d - 0,71 \cdot (\log P + 1) \quad (7)$$

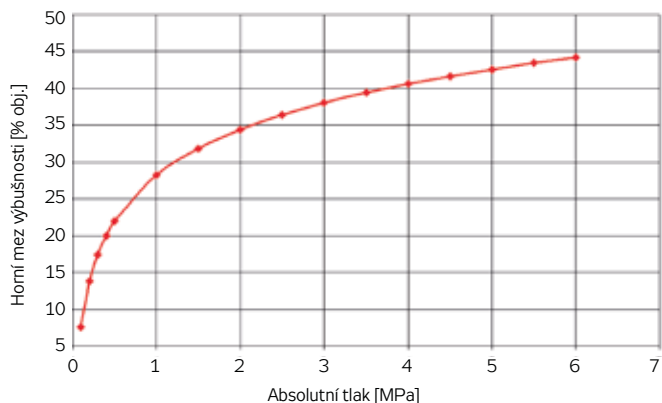
kde  $L_d$  je dolní mez výbušnosti při atmosférickém tlaku [% obj.] (20 °C; 101 325 Pa),  $P$  je absolutní tlak [MPa].

### 3. Meze výbušnosti vybraných par hořlavých kapalin a plynů ve směsi se vzduchem

Pro výpočet výbušností ve směsi se vzduchem byly vybrány látky, které jsou běžně transportovány potrubím – motorovou naftu, benzin a zemní plyn. U těchto látek byly vypočítány meze výbušnosti podle rovnic (1)–(3) a výsledky výpočtů byly porovnány s údaji uváděné literaturou. Poté byly pro jednotlivé látky vypočítány meze výbušnosti v závislosti na tlaku podle rovnic (6) a (7).



Obr. 1. Závislost dolní meze výbušnosti benzinových par na absolutním tlaku



Obr. 2. Závislost horní meze výbušnosti benzinových par na absolutním tlaku

#### 3.1 Meze výbušnosti par benzínu ve směsi se vzduchem

##### 3.1.1 Normální podmínky

Předpokládáme-li přibližný sumární vzorec benzínu  $C_6H_{14}$ , potom při výpočtu horní a dolní meze výbušnosti benzinových par podle rovnic (1)–(3), za předpokladu konstantního složení kapalně a parní fáze, vypočítáme nejprve koeficient  $C_{st}$  podle rovnice (2), který má v tomto případě hodnotu 2,16. Vypočítané hodnoty horní a dolní meze výbušnosti při 20 °C a 101 325 Pa potom jsou:

- horní mez výbušnosti: 7,56 [% obj.],
- dolní mez výbušnosti: 1,18 [% obj.].

Literatura [9] uvádí meze výbušnosti při tlaku 101 325 Pa a teplotě 20 °C:

- horní mez výbušnosti: 7,6 [% obj.],
- dolní mez výbušnosti: 1,4 [% obj.].

Z výsledků výpočtů lze usuzovat, že námi zvolený sumární vzorec benzínu a postup výpočtů má dostatečnou přesnost pro uplatnění v technologické praxi.

##### 3.1.2 V závislosti na absolutním tlaku

Závislost horní a dolní meze výbušnosti na absolutním tlaku byla vypočítána podle rovnic (6) a (7). Výsledky výpočtů jsou zobrazeny na obrázcích 1 a 2.

Pro průběhy horní a dolní meze výbušnosti směsi vzduchu a benzinových par v závislosti na absolutním tlaku byly regresí odvozeny rovnice křivek pro výpočet meze výbušností za zvýšeného tlaku:

Dolní mez výbušnosti:

$$L_{dp} = -0,3038 \cdot \ln P + 0,69 \quad (8)$$

Horní mez výbušnosti:

$$L_{hp} = 8,9465 \cdot \ln P + 28,2 \quad (9)$$

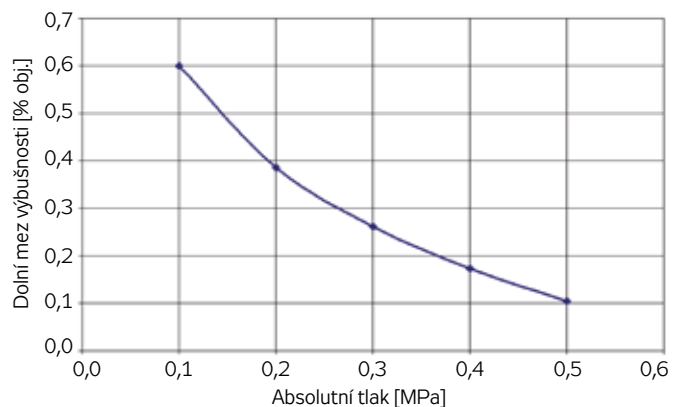
#### 3.2 Meze výbušnosti par motorové nafty ve směsi se vzduchem

##### 3.2.1 Normální podmínky

Při výpočtu podle rovnic (1)–(3) předpokládáme přibližný sumární vzorec nafty  $C_{12}H_{23}$ . V případě výpočtu horní a dolní meze výbušnosti par modelové motorové nafty vypočítáme nejprve podle rovnice (2) koeficient  $C_{st}$ , který má hodnotu 1,75.

Vypočítané hodnoty horní a dolní meze výbušnosti potom jsou při 20 °C a 101 325 Pa:

- horní mez výbušnosti: 6,13 [% obj.],
- dolní mez výbušnosti: 0,96 [% obj.].



Obr. 3. Závislost dolní meze výbušnosti par motorové nafty na absolutním tlaku

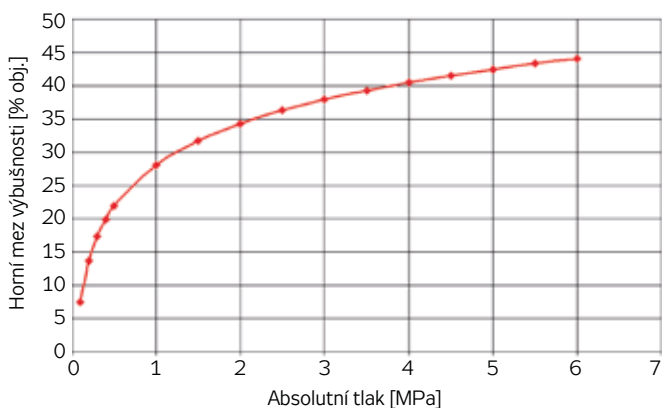
Literatura [10] uvádí meze výbušnosti při tlaku 101 325 Pa a teplotě 20 °C:

- horní mez výbušnosti: 6,0 [% obj.],
- dolní mez výbušnosti: 0,6 [% obj.].

Z výsledků výpočtů lze i v tomto případě usuzovat, že námi zvolený sumární vzorec motorové nafty a postup výpočtů má dostatečnou přesnost pro uplatnění v technologické praxi.

##### 3.2.2 V závislosti na absolutním tlaku

Závislost horní a dolní meze výbušnosti na absolutním tlaku byla vypočítána podle rovnic (6) a (7). Výsledky výpočtů jsou zobrazeny na obrázcích 3 a 4. Na obrázku 3 je zvoleno rozmezí absolutního tlaku pouze do 0,6 MPa pro zpřehlednění a snazší



Obr. 4. Závislost horní meze výbušnosti par motorové nafty na absolutním tlaku

odečet vypočítaných dat. Horní mez výbušnosti na obrázku 4 je sledovaná do absolutního tlaku, který přesahuje cíle sledované technologie, tak aby byla vypočítaná data využitelná i pro další plynárenské technologie.

Pro průběhy horní a dolní meze výbušnosti směsi vzduchu a par motorové nafty v závislosti na absolutním tlaku byly regresí odvozeny rovnice křivek pro výpočet mezi výbušností za zvýšeného tlaku.

Dolní mez výbušnosti:

$$L_{dp} = -0,3038 \cdot \ln P - 0,11 \quad (10)$$

Horní mez výbušnosti:

$$L_{hp} = 8,9465 \cdot \ln P + 28,1 \quad (11)$$

### 3.3 Meze výbušnosti zemního plynu ve směsi se vzduchem

#### 3.3.1 Normální podmínky

Při výpočtu bylo použito složení zemního plynu ruského typu. Složení zemního plynu je uvedeno v tabulce 1 při teplotě 20 °C a 101 325 Pa. Výpočet mezi výbušnosti byl proveden podle rovnice (5).

Tabulka 1. Složení zemního plynu ruského typu [11]

Komponenta	Koncentrace [% obj.]
metan	96,874
etan	1,698
propan	0,383
n-butan	0,059
i-butan	0,063
n-pentan	0,008
i-pentan	0,011
n-hexan	0,005
CO <sub>2</sub>	0,183
dusík	0,716

Vypočítané hodnoty horní a dolní meze výbušnosti potom jsou:

- horní mez výbušnosti: 15,003 [% obj.],
- dolní mez výbušnosti: 4,892 [% obj.].

Literatura [12] uvádí meze výbušnosti při tlaku 101 325 Pa a teplotě 20 °C:

- horní mez výbušnosti: 15 [% obj.],
- dolní mez výbušnosti: 5 [% obj.].

I zde lze konstatovat, že z presentovaných výsledků výpočtů vyplývá, že námi zvolený postup výpočtů má dostatečnou přesnost pro uplatnění v technologické praxi.

#### 3.3.2 V závislosti na absolutním tlaku

Podle rovnic (6) a (7) byla vypočítána závislost horní a dolní meze výbušnosti na absolutním tlaku. Výsledky výpočtů jsou zobrazeny na obrázcích 5 a 6.

Pro průběhy horní a dolní meze výbušnosti směsi vzduchu a ruského zemního plynu v závislosti na absolutním tlaku byly regresí odvozeny rovnice křivek pro výpočet mezi výbušností za zvýšeného tlaku.

Dolní mez výbušnosti:

$$L_{dp} = -0,3038 \cdot \ln P + 4,1822 \quad (12)$$

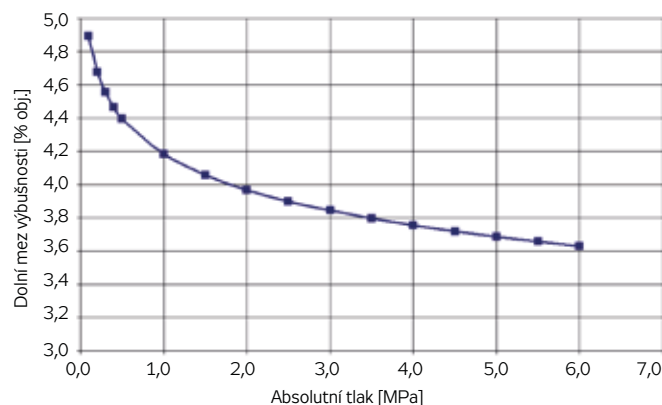
Horní mez výbušnosti:

$$L_{hp} = 8,9465 \cdot \ln P + 35,579 \quad (13)$$

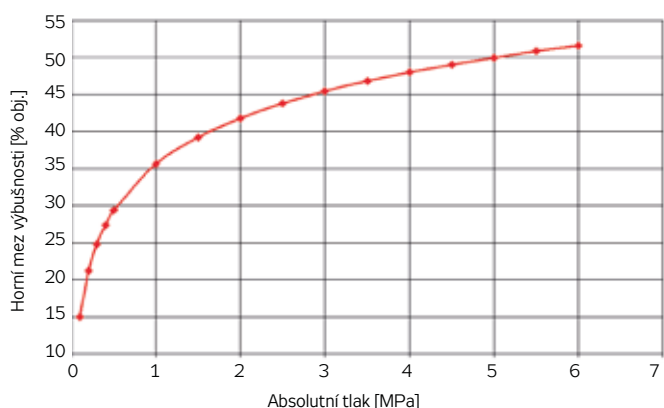
## 4. Závěr

Vypočtené hodnoty mezi výbušnosti pro jednotlivé reprezentanty reálně vytlačovaných plynů a kapalin ve směsi se vzduchem na bázi dusíku a jejich závislost na tlaku umožňují operativně pro každý případ procesu vytlačování efektivně rozhodnout o potřebné koncentraci inertizační směsi. Bylo potvrzeno, že lze bezpečně pracovat i s vyššími tlaky směsi hořlavých par a plynů a inertizační směsi s maximálním obsahem kyslíku 10% obj., jak je považováno v [1]. Výsledky výpočtů mezi výbušnosti využívající modelového složení jednotlivých uvažovaných médií a používající zjednodušující logaritmický vztah [7] závislosti mezi výbušnosti na tlaku potvrzují, že v sledovaném rozmezí tlaků dává model hodnoty ve velmi těsné shodě s daty [10] a případné odchylky jsou vesměs na straně bezpečnosti.

Výsledky výpočtů mezi výbušnosti v prostředí inertizační směsi na bázi dusíku za podmínek sledované inertizace byly laboratorně ověřeny za normálního tlaku a teploty. Problematika tlaků vyšších je předmětem současných prací, realizovaných



Obr. 5. Závislost dolní meze výbušnosti ruského zemního plynu na absolutním tlaku



Obr. 6. Závislost horní meze výbušnosti ruského zemního plynu na absolutním tlaku

v netradičním uspořádání experimentálního systému. Souhrnné poznatky budou součástí dalšího sdělení.

#### Literatura

- [1] ОАО АК Транснефть Правила освобождения от нефти при выводе из эксплуатации и консервации магистральных нефтепроводов (2009)
- [2] Jones, G.: Inflammation Limits and Their Practical Application in Hazardous Industrial Operations. Chem. Rev. 1938, 22 (1), 1–26
- [3] Tiggelen, A.: Oxydations et combustions; Technip: Paris, 1968.
- [4] Branan, C.: Rules of thumb for chemical engineers; Gulf Professional Publishing: Houston, 2002
- [5] Green, D.; Perry, R.: Perry's chemical engineers' handbook; McGraw-Hill Companies: New York, 2008
- [6] ČSN 38 6405/Z1. Plynová zařízení – Zásady v provozu. Praha: Český normalizační institut, 1999
- [7] Zabetakis, M. G.: Flammability characteristics of combustible gases and vapors; U.S. Dept. of the interior, Bureau of Mines: Washington, 1965
- [8] Fire and Explosion Hazards at Temperature and Pressure Extremes, Chem. Eng. Extreme Cond. Proc. Symposium; Zabetakis, M. G., Ed.; 1965
- [9] GASOLINE, NATURAL. MSDS – Material Safety Data Sheets. MDL Information Systems, Inc., 2014
- [10] DIESEL, FUEL. MSDS – Material Safety Data Sheets. MDL Information Systems, Inc., 2014
- [11] Protokol průměrných hodnot jakostních znaků zemního plynu na předávacích stanicích mezi NET4GAS, s. r. o. a PPD, leden 2014. Protokol průměrných hodnot jakostních znaků zemního plynu <http://www.ppdistribuce.cz/sites/default/files/24/jakostni-znaky-zp-2014-01.pdf> (staženo 24. února, 2014)
- [12] NATURAL GAS. MSDS – Material Safety Data Sheets. MDL Information Systems, Inc., 2014

#### Poděkování:

Práce byla realizovaná s podporou, kterou autoři obdrželi v rámci Operačního programu podnikání a inovace projektu č. 4.1 IN04/944 „Technologický řetězec pro přípravu tlakové plyné směsi pro inertizaci potrubí“, podpořeného prostřednictvím programu OPPI z Evropských fondů rozvoje.

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

#### Summary:

Petr Buryan, Tomáš Hlinčík, Petr Crha:

#### Explosive Limits for Purging Pipelines Carrying Flammable Substances Using Gas Mixtures

Mathematic modelling of mixtures of vapours of certain flammable liquids and gases with air, under pressures of up to 6 MPa, together with the conditions in the mixtures so formed, proves that when using inert gas mixtures with a maximum oxygen content of 10 % vol., produced by recently developed mobile membrane separators, the concentrations of the flammable substances will be outside explosive limits even under higher pressures. This helps to considerably enhance safety at work in operations involving the displacement of flammable vapours and gases from pipelines, for example, in displacement purging of gas pipelines.



#### Prof. Ing. Petr Buryan, DrSc. (\*1947)

Absolvoval Fakultu technologie paliv a vody VŠCHT v Praze. V r. 1990 získal doktorát věd v oboru Chemického a energetického zpracování paliv, v r. 1993 byl jmenován profesorem. Do r. 2007 vedl Ústav plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší. Nyní se zabývá mj. environmentálními technologiemi v oblasti plynárenství.



#### Ing. Tomáš Hlinčík, Ph.D. (\*1984)

Vystudoval FTOP VŠCHT Praha, kde od roku 2009 působí v Ústavu plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší. Podílí se na výuce předmětů Základy zpracování uhlí a plynu, Přeprava a distribuce zemního plynu a Produktovody a energovody. Mezi jeho hlavní výzkumné aktivity patří plynárenské technologie a alternativní plyná paliva.



#### 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 ČEPS a. s. Externě působí na VŠCHT v Praze.