

# První etapa rehabilitace Jihočeské magistrály

## Část 1

Ing. Taťjana Štenglová, Ing. Petr Crha, CSc.,  
Ing. Vladimír Jirsa, Ing. František Pařízek, Ing. Petr Pařízek  
Plynoprojekt PIPETEST Praha

Rehabilitace vysokotlakých plynovodů po dlouhé době provozu je stále více aktuální v řadě plynárensky vyspělých států. Svědčí o tom mimo jiné i zájem našich a zahraničních plynárenských společností o účast na již třetím mezinárodním kolokviu k této problematice, které pořádá Český plynárenský a naftový svaz počátkem března v Praze.

Tím významnější je skutečnost, že vedle jiných sfér působnosti se i v této oblasti české plynárenství řadí díky více než desítkám letům výzkumu, a především již několikaleté úspěšné aplikaci jeho výsledků k oborům na mezinárodní úrovni.

První experimentální rehabilitace vysokotlakého plynovodu se uskutečnila v roce 1990 na části linie DN 150 PN 25 Zatec-Podbořany. Pozitivní výsledky těchto prací pak vedly k první skutečně „průmyslové“ aplikaci na pětikilometrové části plynovodu DN 200 PN 25 Pízeň-Horní Břiza. Výsledkem rehabilitace bylo nejen ověření technického stavu potrubí a rekonstrukce armaturních uzlů, ale především ověření skutečné hodnoty bezpečnosti napětí ve stěně potrubí vůči mezi kluzu použité oceli, což umožnilo určit nové maximální provozní parametry plynovodu a tak ho deklarovat do vyšší kategorie PN 40. Poměrně podrobná zpráva o této akci byla publikována v čísle 1/1992 časopisu Plyn.

V roce 1992 proběhla rehabilitace druhé poloviny tohoto plynovodu s výslednou překlasifikací do kategorie PN 40. Toto překlasifikování umožnilo (po drobné rekonstrukci napojovacího uzlu lokality Třemošná a úpravě vybavení regulačních stanic) zvýšit provozní tlak nejen v tomto plynovodu, ale i v napojených plynovodech, které sice byly již vybudovány v PN 40, avšak díky propojení s plynovodem PN 25 musely být provozovány na této nižší tlakové hladině.

Úspěšná realizace této akce byla základním krokem k aplikaci metod rehabilitace na Jihočeské magistrále. Tento významný systémový plynovod spojující tlakovou plynárnu Vřesová s podzemním zásobníkem plynu Lobodice byl budován postupně od roku 1966 do téměř poloviny sedmdesátých let. Vzhledem k maximálnímu výstupnímu tlaku z technologie tlakové plynárny (zplynění uhlí v generátorech Lurgi s následnou vypírkou sulfanu procesem Rectisol) na úrovni 2,3 MPa byl plynovod navržen, vyprojektován a vybudován v kategorii PN 25. Plynovod byl vybudován v celkem třech dimenzích, a to v úseku Vřesová – Útušice (u Plzně) DN 700, Útušice – Květnov (u Havlíčkova Brodu) DN 600 a Květnov – Lobodice DN 500.

Pro rehabilitaci byl zvolen ze dvou důvodů, a to

– vzhledem k použití podélně svařovaných trub DN 600 z Železiarň Podbrezová s nízkým koeficientem bezpečnosti podélného svaru bylo třeba ověřit technický stav a provozní bezpečnost potrubí,

– případné zvýšení provozního tlaku jako výsledek rehabilitace by významným způsobem

zvýšilo přepravní kapacitu ve východozápadním směru pro zabezpečení vyšší spolehlivosti zásobení jihozápadní části republiky.

Jako první etapa rehabilitace byl zvolen úsek mezi Mašovicemi u Tábora a křížením linie DN 500 s VÚD v oblasti Věžnice.

V této části plynovodu je použit trubní materiál s vnějším průměrem 630 a 530 mm, s nominální tloušťkou stěny 6, 7, 9 a 10 mm. Trubky jednotlivých druhů pocházejí od čtyř různých výrobců, z čehož vyplývají i rozdíly v jejich technologii výroby. Použitý materiál je podle atestů deklarován jako ocel jakosti 11 373.0, v případě bezešvých trub 13 030.0.

Přehled o použitém trubním materiálu je uveden v následující tabulce:

úsek	prům/tl (mm)	technologie výroby	výrobce
Mašovice	630/7	šroubov. svař.	VSŽ Košice
Květnov	630/9	podélně svař.	Žel.Podbrezová
Květnov	530/6	šroubov. svař.	Kunčice
Věžnice	530/10	bezešvá	VT Chomutov

f) čištění potrubí čistícím pístem,

g) tlakovou reparaci plynovodu hydraulickým přetlakem,

h) novou hydraulickou tlakovou zkoušku dle ČSN 38 6410 pro PN 40,

i) zrušení nevyhovujících trasových uzávěrů DN 600 a DN 500 se šoupaty jako hlavními armaturami a jejich nahrazení novými, s moderními kulovými uzávěry, a zároveň jejich účelnější rozmístění po trase,

j) oprava zásadních vad izolace v místech určených Pearsonovou metodou,

k) RTG kontrola všech garančních svarů po tlakové reparaci.

V roce 1992 proběhla ověřovací rehabilitace na 8 370 m dlouhém úseku plynovodu DN 600 mezi trasovými uzávěry Mašovice a Obrataň. Jejím cílem bylo

– ověřit stav potrubí a možnost zvýšení provozního tlaku,

– provozně odzkoušet nově navržené technologické prvky i technologické postupy, neboť přechod v provádění rehabilitace z dimenze DN 200 na DN 600 kladl na technologii stejně vysoké nároky jako v minulosti přechod na výstavbu plynovodů velkých průměrů.



Tlakové reparace

Tento poměrně široký sortiment trub vyžadoval velmi pečlivou teoretickou přípravu provedení rehabilitace.

Rehabilitace plynovodu je komplexní souhrn prací a zahrnuje následující operace:

a) průzkum stavu izolace Pearsonovou metodou,

b) podrobný korozní průzkum a ověření stavu systému KAO,

c) materiálové zkoušky na vzorcích oceli z potrubí DN 600 i DN 500 (pro určení stupně degradace materiálu),

d) navržení a experimentální ověření parametrů a režimu tlakové reparace na trubních tělesech vyjmutých z trasy,

e) ověření stavu izolace na odkryvech,

### Přípravné práce

Před zahájením vlastních technologických operací bylo třeba provést přípravné práce, v předcházejícím přehledu označené a) až d). Proto byly z provozovaného plynovodu vyjmuty vzorky (v délce cca 8 m) jak trub s podélným svarem, tak trub šroubovicově svařovaných. Z vyjmutých trub byly jednak vyrobeny vzorky pro komplexní materiálové zkoušky, na jejichž základě byly stanoveny prvotní parametry tlakové reparace potrubí, jednak trubní tělesa pro experimentální ověřování takto navržených parametrů.

Místa výřezu byla volena tak, aby bylo možno získat potřebné informace o všech použitých typech trub. Postup zkoušení a vyhodnocování výsledků byl prováděn podle norem ČSN, ve speciálních případech pak podle norem DIN, ASTM a API.

Základní materiálové charakteristiky potrubí jsou reprezentovány výsledky tahových zkoušek. Vzorky pro tahovou zkoušku byly odebrány v obvodovém směru, ve kterém je i namáhání potrubí od přetlaku plynu největší. Výsledná hodnota meze kluzu  $R_e$  je určující pro vztah mezi tloušťkou stěny, tlakem plynu a požadovaným součinitelem bezpečnosti. Hodnota tažnosti  $A_5$  a poměr  $R_e/R_m$  jsou veličiny odpovídající o zásobě plasticity materiálu potrubí. Analýza těchto hodnot spolu s průběhem pracovního diagramu tahové zkoušky, hodnotami vrubové a lomové houževnatosti umožňuje posoudit míru degradace materiálu a následně i možnost a parametry provedení tlakové reparace potrubí. Doplňujícími kritérii hodnocení základního materiálu trub byla kontrola chemického složení, mikrostruktury a mikročistoty.

Na výřezích trub je dále prováděna ne-destruktivní defektoskopická kontrola kvality šroubovicových a podélných svarů, případně i obvodových montážních svarů. V místě zjištěných indikací se pro upřesnění charakteru vad provádí kontrola destruktivní, využívající postupy metalografického hodnocení svarových spojů.

Z výsledku zkoušek vyplynulo, že pevnostní charakteristiky materiálu potrubí jsou vyšší než minimální hodnoty udávané pro příslušné typy oceli. Charakteristiky plasticity jsou příznivé, přičemž poměr  $R_e/R_m$  je hluboko pod mezní hodnotou 0,85. Z toho vyplývá, že materiál potrubí nebyl ani po dlouhodobé exploataci výrazněji degradován.

Při defektoskopické kontrole šroubovicového svaru trub rozměru 630 x 7 mm však byly především na jeho vnitřní straně zjištěny jed-

notlivé nespojitě indikace velmi proměnlivé délky. Z celkové kontrolované délky trubky, cca 5 m, asi její 1/3 vykazovala tyto indikace. Při metalografické kontrole bylo zjištěno, že se jedná o vady typu studených spojů, dosahující do hloubky i více než 1 mm. Kvalitu svaru lze proto hodnotit pouze jako podmíněně vyhovující. Je zřejmé, že se jedná o systematickou vadu související s technologií výroby, proto v některých úsecích svaru může tato vada dosahovat do větší hloubky. Systematický výskyt vady byl prokázán i následnými kontrolami svaru na dalších výřezích z jiných míst magistraly.

Při defektoskopické kontrole trub 530 x 6 mm byly zjištěny na vnější i vnitřní straně šroubovicového svaru indikace o délce cca 10–20 mm. Při následně destruktivní kontrole bylo zjištěno, že se jedná o vady typu studených spojů, které zasahovaly do hloubky až 1 mm, dále byly zjištěny na povrchu zápalu o hloubce až 0,8 mm. Rovněž geometrie svaru v důsledku úhlu převýšení vnější svarové housenky, který dosahoval až 90° s přelitím svarového kovu až k vytvoření vrubů, je nevyhovující. I zde je zřejmé, že se jedná o systematické vady související s technologií výroby trubky. Kvalitu svaru lze tedy hodnotit pouze jako podmíněně vyhovující.

Oproti prokázání závažných systematických vad výrobních svarů šroubovicových trub byly shledány dostatečně kvalitními výrobní podélné svary trub, jež byly původně jedním z důvodů nejistoty o spolehlivosti plynovodu.

Na základě zhodnocení materiálových vlastností oceli trub a charakteru vyskytnuvších se vad pak byly stanoveny prvotní parametry tlakové reparace potrubí, které byly ověřeny na trubních tělesech.

Průběh experimentů prokázal v trubkách přítomnost zbytkového napětí z výrobního procesu. Toto napětí, jehož nerovnoměrné rozložení snižuje předpokládanou bezpečnost potrubí, nezrelaxovalo nejen při tlakových

zkouškách bezprostředně po výstavbě, ale dokonce ani při vlastním, více než dvacetiletém provozu.

Výsledkem přípravných prací bylo  
– stanovení maximálního možného provozního přetlaku plynovodu pro budoucí období na úrovni 3,5 MPa (plynovod tedy bude deklarován jako PN 40 s maximálním provozním přetlakem 3,5 MPa),  
– stanovení minimální hodnoty tlaku pro tlakovou reparaci vad ve stěně potrubí a postupu tlakování při reparaci.

*Poznámka*

$R_e$  – výrazná mez kluzu,

$R_m$  – mez pevnosti,

$A_5$  – tažnost (počáteční měřená délka  $l_0$  zkušební tyče je rovna pětinásobku průměru  $d$  zkušební tyče).

(Dokončení staté v příštím čísle Plynu)

SUMMARY

T. Štenglová – P. Črha – V. Jirsa – F. Pařízek – P. Pařízek:

The Rehabilitation of Southbohemian Magistral Pipeline after 20 Years of Operation

The technology of old high-pressure steel pipelines rehabilitation has reached in Czech gas industry „industrial“ level as a commonly used system during last three years.

The article is focussed to the first part of Southbohemian Magistral Pipeline (60 km of DN 600 PN 25 pipeline) rehabilitation, that was realized in 1992 and 1993.

The first part of the paper is dedicated to general information about the system role of old pipelines rehabilitation and about works preceeding field work.

The second section deals with individual parts of the field work on Southbohemian Magistral Pipeline.

# První etapa rehabilitace Jihočeské magistrály

## Část 2

*Ing. Taťjana Štenglová, Ing. Petr Crha, CSc.,  
Ing. Vladimír Jirsa, Ing. František Pařízek, Ing. Petr Pařízek  
Plynoprojekt PIPETEST Praha*

### Vlastní rehabilitace

Rehabilitaci plynovodů provádí speciální skupina PIPETEST střediska nové techniky v dopravě plynu Plynoprojektu Praha. Rehabilitace zajišťuje formou komplexní inženýrské dodávky, tj. zabezpečuje veškeré práce od převzetí plynovodu od provozovatele až po zpětné předání.

Montážní práce a svářečské práce zabezpečovaly v subdodávce pro PIPETEST firmy „INKO, s.r.o., Brno“ a „Gas-mont a.s., Pardubice–Staré Hradiště“. Výrobu speciálních technologických prvků a prefabrikací nových trasových uzávěrů provedla – také v subdodávce – „Výstavba sítí Kolín, s.r.o.“.

Všechny práce probíhaly pod přímým řízením pracovníky PIPETESTU.

Komplexní inženýrskododavatelský přístup vyžaduje i zabezpečení veřejnoprávního projednání a vyřešení soukromoprávních vztahů s majiteli a uživateli pozemků, na nichž práce probíhají.

Vzhledem k tomu, že se jednalo o jeden z prvních rozsáhlejších kontaktů s majiteli a uživateli pozemků po změně vlastnických vztahů, bude užitečné zmínit se alespoň o základních problémech, jež bylo třeba řešit.

Před vlastní akcí bylo nutno projednat povolení a podmínky vstupu na pozemky s uživateli, a v případě vsazování nových uzávěrů také s majiteli pozemků.

Vzhledem k restitucím, které v té době probíhaly, došlo i k takovým situacím, že schválený vstup na pozemek pozbyl během času své platnosti, neboť se změnili majitelé (nájemci). Protože stavebníka o tom správní orgány neinformovaly, bylo někdy nutno dodatečně, již během akce na pozemku, projednat a sepsat s novým majitelem nové povolení ke vstupu a podmínky náhrady za vzniklé škody.

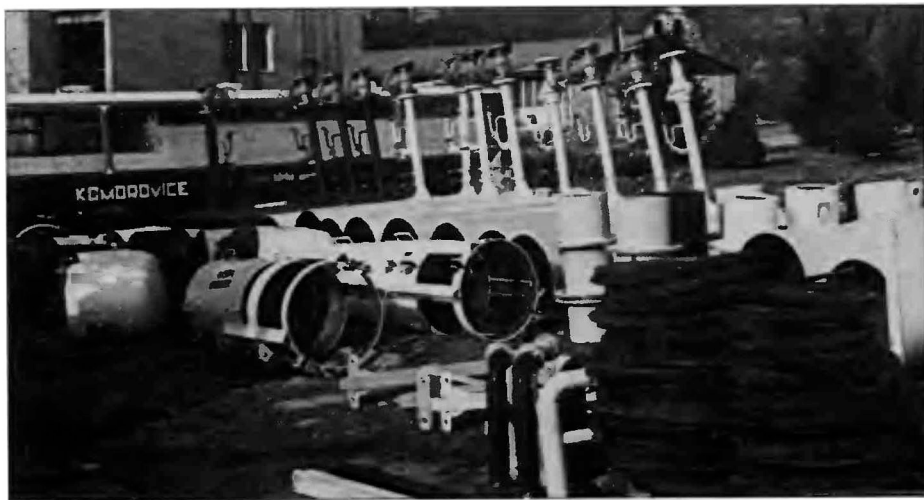
Některí majitelé dokonce zpočátku nechtěli dodavatele prací na své pozemky vpustit a nerespektovali skutečnost, že mají na svém pozemku plynárenské zařízení a že je tedy jejich zákonnou povinností přístup umožnit. Přes uvedení termínu, kdy se bude na pozemcích pracovat, zemědělská družstva osela pole i v místě předpokládaných výkopů a potom požadovala náhradu za zničenou úrodu. Pokud to bylo jen trochu možné, byl postup prací přizpůsoben agrotechnickým lhůtám zemědělců. Přesto požadavky některých uživatelů na odškodnění byly až neúměrně vysoké a pro dosažení dohody bylo třeba vést řadu opakovaných jednání.

V případě vsazování nového uzávěru do nové lokality bylo samozřejmě nutno žádat příslušný stavební úřad o stavební povolení. K tomu musely být předloženy všechny doklady, jak to předpisuje stavební zákon ve znění vyhl. č. 85/1976 Sb., 155/1980 Sb. a 378/1992 Sb., tzn. projekt se zakreslením podzemních zařízení, povolení majitele a uživatele ke vstupu na pozemek, výpis z Listu vlastníků příslušného katastrálního úřadu a katastrální mapa s vyznačením dotčeného pozemku a se zakreslením průběhu plynovodu a staveniště pro nový uzávěr. Zkompletování této dokumentace, při známém stavu například na katastrálních úřadech, nebylo právě jednoduché, uváží-li se například, že projekt celé části akce prováděné v roce 1993 byl zpracován během dvou měsíců a projednán (včetně výběrového řízení subdodavatelů) během měsíce třetího. Při

být o dva měsíce (!) opožděn oproti termínu původnímu. V té době se však již jednotlivé dílčí úseky potrubí měly dávno propojovat! Navíc byla potřeba rezervních trub pro případ, že by došlo (a ono skutečně došlo) k otevření nadkritické vady ve stěně potrubí.

Na tomto místě je proto třeba vysoce ocenit přístup Nové huti Ostrava. Ta přesto, že se jedná o tak neobvyklou dimenzi, vyrobila a dodala potřebné množství trub na stavbu během *jednadvaceti dnů* od prvního telefonického kontaktu. Tím prokázala flexibilitu, jaká byla do té doby známa především ze zkazek o zahraničních výrobcích.

Ani v následujícím roce 1993 nebylo materiálové zabezpečení jednoduché. O realizaci akce se totiž rozhodovalo až po dokončení první ověřovací části prací, která byla provedena v roce předchozím. Rozhodnutí padlo v lednu a pro-



*Obr. 1. Speciální technologické prvky (tlakovací elementy, čisticí komory, lapače ježka aj.) před instalací na potrubí*

tom právě počátkem roku 1993 byly katastrální úřady vzhledem k probíhajícím restitucím více než přetíženy.

Snadné nebylo ani materiální zajištění akce. Pro práce prováděné v roce 1992 se jednalo pouze o trubní materiál. Přesto nešlo o snadný úkol, a to nejen s ohledem na atypickou dimenzi potrubí DN 600. Hlavním problémem se stal výpadek dodávky trub z VSŽ Košice, přestože byla předem dostatečně smluvně zajištěna. Informaci o skluzu dodávky totiž VSŽ po opakovaném nátlaku potvrdily až týden po smluveném nejzazším termínu dodání trub na staveniště. Výrobce nově navrhovaný termín měl

byl zpracován a projednán během zmíněných tří měsíců. Vlastní stavební a montážní práce byly zahájeny devadesát dní po rozhodnutí o realizaci akce, ihned po projednání projektu. Během uvedených tří měsíců bylo tedy třeba zajistit veškerý materiál pro akci, mj. například osm kulových uzávěrů DN 500 a 600, veškeré kulové uzávěry a šoupata do ochozů trasových uzávěrů a více než půl kilometru trub v naprosto ojedinělé dimenzi DN 600. Každý, kdo zajišťuje materiál tohoto druhu, doveče ocenit úsilí, které bylo třeba vynaložit, i přes lepší se situaci na našem trhu.



## Vlastní průběh prací

Rehabilitovaný plynovod byl rozdělen na jednotlivé objekty, jež byly určeny tak, aby nedošlo k přerušení zásobování větších aglomerací během prací. Vzhledem k možnosti zásobování z obou stran, tj. ve směru od Tábora i ve směru od Lobodice (dočasně i od Bartoušova), je zásobování možno udržet bez větších problémů, samozřejmě s vynaložením jisté dávky důmyslnosti při řízení odstávek a při uvádění jednotlivých dílčích objektů nebo jejich částí do provozu.

Zatímco v roce 1992 bylo rozdělení jednoduché, neboť celá rehabilitovaná část plynovodu tvořila jediný objekt, v roce 1993 bylo objektů již šest, z toho pět na linii DN 600 mezi Obratani a Květnovem a jeden na linii DN 500.

Každý objekt byl nejprve po uzavření koncových uzávěrů odříznut a propláchnut vzduchem. Poté byl objekt rozdělen na jednotlivé úseky, jejichž délka je dána maximálním přípustným rozdílem nadmořské výšky nejnižšího a nejvyššího bodu úseku. Tento maximální přípustný rozdíl se stanovuje jako jeden ze základních parametrů tlakové reparační práce v závislosti na výsledcích přípravných prací, tj. na materiálových vlastnostech potrubí, na typu a charakteru vad, jež budou reparovány, na charakteru profilu terénu aj., jednak v závislosti na požadované hodnotě míry využití meze kluzu, a tedy na požadované skutečné hodnotě integrální meze kluzu potrubí. Pro daný konkrétní plynovod byla stanovena jako maximální hodnota výškového rozdílu diference nadmořských výšek 40 m.

Na všech objektech bylo celkem 44 dílčích úseků v délce od několika metrů po téměř tři kilometry.

## Měření délky úseku

Pro kontrolu byla délka některých úseků změřena pomocí speciálního zařízení „APL“. Toto zařízení je určeno především pro lokalizaci uvážených čistících ježků v potrubí (používané ježky nejsou vzhledem k náročným podmínkám při čištění a tlakové reparaci vybaveny vysílačkami), stejně dobře však měří skutečnou délku úseků potrubí do vzdálenosti 2 až 3 km v závislosti na dimenzi a profilu trasy. Zařízení pracuje na principu echolotu spojeného s přesnou měřicí ústřednou. Vyslaný akustický signál do potrubí je snímán a doba jeho šíření v potrubí je programově vyhodnocena speciálním programem, udávajícím přímo délku úseku v metrech. Dosahovaná přesnost měření je podstatně lepší než 1 %, tedy lepší než při přímém měření pásmem.

## Čištění potrubí

Čištění se provádělo pomocí manžetových ježků (čistící pisty), a to několikaletým protlačení stlačeným vzduchem. Ježky se vkládaly do „ježkovací komory“,

přivařené na začátek úseku, a chytaly se do „lapače ježka“, který byl přivařen na konec úseku. Vytlačené nečistoty se jímaly do pytle z netkané textilie připevněného k lapači ježka. Rzi i větších mechanických nečistot se však v potrubí vyskytovalo poměrně málo.

## Plnění potrubí vodou

Před naplněním vodou se na oba konce úseku osadily tlakovací elementy, které umožňují zavedení čistících i plnicích ježků, plnění potrubí vodou, vlastní tlakování při reparaci i napojení snímačů tlaku.

Zabezpečení dostatečného množství vody pro napuštění potrubí bylo samostatným náročným problémem. Pokud to bylo možné a v blízkosti napuštěného úseku byl zdroj vody (potok s dostatečným průtokem nebo rybník s dostatečně velkou rozlohou a hloubkou), bylo položeno dočasné potrubí nebo dálkové vedení z hasičských hadic od zdroje vody k místu napuštění na plynovodu. V případě, že zdroj vody v blízkosti nebyl, byla voda dovážena cisternami. Tento způsob je samozřejmě podstatně náročnější na čas i náklady.

Voda se tedy používala především z přírodních zdrojů, v případě plnění některých objektů se podařilo zajistit přívod z dálkového vodovodního řádu. Při odběru z přírodního zdroje je samozřejmě zabezpečení vodoprávního řízení.

Potrubí se plnilo pomocí plnicích ježků tak, aby nedocházelo k nepřípustnému zavzdušnění. Protože v oblasti mezi Táborem a Květnovem je relativní nedostatek zdrojů vody, byla v rámci jednoho objektu snaha naplnit vždy vybrané úseky tak, aby voda stačila postupně pro všechny úseky ostatní. Po provedení reparační a tlakové zkoušky v jednom úseku se pak voda přepouštěla do úseku dalšího. Veškerá přebytečná voda z přepouštění do úseků i voda vytlačená z posledního úseku byla vždy předem podrobena analýze. Ve všech případech bylo možno vodu vypustit do okolního prostoru přímým vypouštěním nebo vypouštěním s rozstříkem, aniž bylo nutno použít čističky.

Pro získání představy o rozsahu manipulace s vodou je třeba připomenout, že se v průběhu akce přemisťovaly stovky až tisíce krychlových metrů vody na vzdálenost až 15 km.

## Tlaková reparační

Hlavním účelem celého komplexu prací při reparaci je odstranění důsledků dlouhodobého provozu plynovodu (samozřejmě i důsledky nedokonalé technologie výroby trub a výstavby potrubí, poplatné době výstavby před téměř třiceti lety), a tak zabezpečit další dlouholetý bezpečný a spolehlivý provoz plynovodu. V tomto konkrétním případě bylo navíc úkolem vytvořit a ověřit splnění podmínek pro převedení plynovodu do tlakové



Obr. 2a. Vkládání ježka do potrubí



Obr. 2b. Vlastní čištění



Obr. 2c. Ježek v lapači po průjezdu plynovodem

úrovně PN 40 (s již zmíněným maximálním provozním přetlakem 3,5 MPa).

Výsledkem tlakové reparační jsou následující příznivé charakteristiky (vzhledem k potrubí a jeho materiálu):

- a) zablokování rozvoje případných korozních a únavových vad plastickou bariérou,
- b) odstranění prakticky veškerého vnitřního prnutí v materiálu potrubí vzniklé



ho jednak ve výrobě při procesu skružování a svařování pásů, jednak při montáži s rozdílnou geometrií svařeného potrubí a dna rýhy (tvar svařeného potrubí nerespektuje skutečné provedení dna rýhy; to je charakteristická chyba stavební technologie, které se na stavbě plynovodů vyskytuje doces a kterou je ve stadiu výstavby obtížné zcela odstranit – mimo jiné i proto se provádějí stresstesty na zcela nových potrubích po jejich výstavbě),

c) bezpečné otevření případných kritických vad ve stěně potrubí s možností jejich nalezení a řádné opravy.

Pro vlastní napěťovou reparaci je použito vyvození napětí ve stěně vysokým přetlakem vody. Pro vytvoření přtlaku se využívá speciální elektrohydraulické vysokovýkonné čerpadlo s maximálním výstupním přetlakem 12 MPa.

Jako zásobníky vody se při tlakování používají gumotextilní vaky o objemu až 4 m<sup>3</sup>.

Celý proces napěťové reparace potrubí je sledován na měřicí ústředně, kde se sleduje řada veličin, z nichž pro vlastní řízení průběhu tlakové reparace je nejpodstatnější sledování velikosti tlaku v potrubí v závislosti na přičerpaném množství vody a trvalý výpočet a sledování první derivace vztahu těchto veličin  $dP/dV$ .

Množství přičerpávané vody do potrubí se sleduje elektronickým (indukčním) průtokoměrem s vysokou přesností a měřená hodnota průtoku se ve velmi krátkých časových intervalech on-line integruje samotným řídicím programem měřicí ústředny. Tento měřicí program (jmenuje se – jak jinak – PIPETEST) byl „ušit na míru“ veškerým požadavkům, které měření při reparaci potrubí má. Program se používá i pro snímání rozsáhlejšího spektra veličin při ověřovacích experimentálních pracích.

Dálkové snímání tlaku v potrubí umožňují elektronické snímače (pro tento konkrétní případ o rozsahu 0 až 10 MPa), jejichž přesnost měření je ověřena čerstvou kalibrací u výrobce, odchylka při kalibraci nepřekračuje v celém rozsahu měření hodnotu 0,08 %.

Měření tlaku i průtoku je vždy rámcově sledováno standardními mechanickými přístroji, deformačními manometry a vodoměry s obchodní přesností. Toto ověřování má samozřejmě řádově nižší přesnost než měření elektronické, považujeme je však za určitou „železnou zásobu měření“ pro případ, kdyby v kritických fázích prací došlo k neopravitelné havárii na vlastním měřicím systému. Mechanické přístroje totiž stále ještě splňují požadavky přesnosti měření pro standardní stresstesty, jak se provádějí v západní Evropě.

Dálkové snímání data tlaku a průtoku vody jsou přiváděna do měřicí ústředny na speciální vstupní desku s 12bitovým analogo-digitačním převodníkem. Řídicí a vyhodnocovací program umožňuje grafické vykreslování závislosti tlaku na

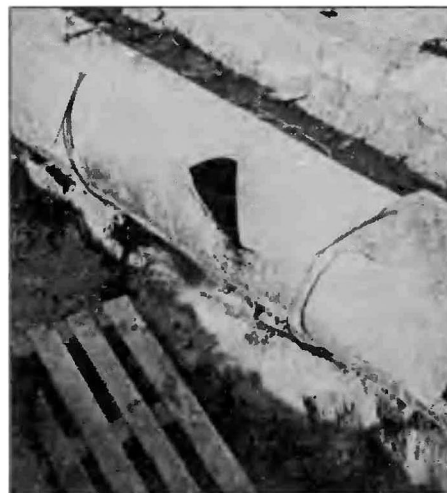
přičerpaném množství vody, které program počítá z okamžitého průtoku. Tyto hodnoty je samozřejmě možné na obrazovce odečítat i tabulkově spolu s časem. Program dále počítá množství přičerpané vody na jednotkovou změnu tlaku, tedy veličinu  $dV/dP$ . Program je také možno před tlakováním nakonfigurovat pro měření závislosti tlaku na čase (což se používá především při tlakové zkoušce).

Všechny uvedené hodnoty měří a počítá program on-line. V následné off-line analýze je potom možno naměřené veličiny prohlížet a vyhodnocovat pomocí širšího programového vybavení s možností výstupu na tiskárnu.

Graficky znázorňovaná závislost tlaku na přičerpaném množství vody i číselně znázorněná závislost množství přičerpa-



Obr. 3. Tlaková reparace (sružená napouštěcí, tlakovací a měřicí místo)



Obr. 4. Odkrytý defekt potrubí v místě nadkritické vady u Prasatina (rok 1992)

né vody na jednotkové změně tlaku umožňují zaznamenat veškeré plastické jevy v materiálu potrubí. Výsledný graf je totiž do značné míry analogický klasickému grafu při trhací zkoušce tahového vzorku oceli.

Vlastní tlaková reparace probíhá ve dvou tlakovacích cyklech. Přičerpávání vody, a tedy vzrůst tlaku v potrubí až po dosažení předepsané hodnoty, probíhá modulovaně podle režimu určené-

ho pro dané konkrétní potrubí na základě přípravných zkoušek. Během obou cyklů se provádějí prodlevy, při kterých je kontrolována těsnost celého systému a s tím také případné úniky na potrubí.

Křivka 1. cyklu není nikdy lineární, vykazuje značné odchylky od přímkového průběhu. Na počátku tlakování může také docházet ke stlačování zbytkového vzduchu v potrubí, a tím k zakřivení čáry 1. cyklu. Tato část grafu je ovšem velmi typická, a tudíž snadno identifikovatelná. Na zbylé části křivky jsou identifikovatelná veškerá vnitřní pnutí v potrubí, což zvláště velmi dobře vyniká ve srovnání s 2. cyklem. Potrubí při 1. cyklu se tlakuje až na určenou hodnotu reparačního tlaku, při 2. cyklu na hodnotu tlaku o 0,1–0,2 MPa nižší. Druhý cyklus tlakové reparace slouží k ověření integrity potrubí a zároveň prokazuje svou linearitou vymizení prakticky veškerého vnitřního pnutí v materiálu potrubí.

Existenci tohoto pnutí v původním potrubí před provedením reparace potvrzuje i skutečnost, že na žádném z úseků nebylo dosaženo integrální meze kluzu potrubí na hodnotě vnitřního přtlaku 6,0 MPa, která by odpovídala teoretické hodnotě na úrovni 95 % meze kluzu odvozené z tahové zkoušky. Uvedené pěti-procentní snížení odpovídá reziduálnímu pnutí ve vlastní trubce, tedy zbytkovému napětí z výroby, které bylo prokázáno provedenými zkouškami tlakového tělesa.

Z grafu skutečné závislosti tlaku na přičerpaném objemu vody vyplývá, že ve stěně potrubí bylo dosahováno počátku plastického přetvoření při hodnotě tlaku až o 20 % nižší, než by odpovídalo teoretické hodnotě. Tento jev je průkazným důsledkem existujících zbytkových pnutí v celém potrubí. Porovnání snížení tlaku integrální meze kluzu, ke kterému dochází v důsledku vnitřního pnutí trubky (změřeno při experimentech na tlakovém tělese), tj. cca 5 procentových bodů, a snížení tlaku integrální meze celého potrubí (změřeno při vlastní reparaci – zahrnuje vliv jak pnutí trubek, tak pnutí potrubí), tj. cca 20 procentových bodů, jednoznačně prokazuje, že u daného plynovodu je převažující podíl zbytkových pnutí vyvolán nekorektním položením potrubí do rýhy.

Vzhledem k této skutečnosti je zřejmé, že délka úseku (a tím také různé množství oblouků s vnitřním pnutím) velmi ovlivňovala průběh dosahování požadované úrovně reparačního tlaku.

Zcela novým technickým poznatkem je skutečnost, že tato pnutí nebyla odstraněna ani tlakovou zkouškou potrubí před uvedením do provozu, ani jeho dlouhodobým provozováním.

### Tlaková zkouška

Po dokončení obou cyklů tlakové reparace byla po předepsaném ustálení vody v potrubí provedena hydraulická tlaková zkouška dle článku 252 ČSN 38 6410. Zkušební přetlak odpovídal

nové hodnotě jmenovitého tlaku PN 40 a byl minimálně 4,5 MPa, tedy nad úroveň 110 % jmenovitého tlaku, a to přes stanovení nižší hodnoty maximálního provozního přetlaku 3,5 MPa.

Po provedení tlakové zkoušky byl odebrán vzorek vody z potrubí a provedena jeho analýza. Výsledek analýzy byl předložen referátu životního prostředí příslušného okresního úřadu. Teprve na základě kladného výsledku rozboru vody a souhlasu vlastníků (nájemců) dotčených pozemků mohla být voda z potrubí vypuštěna. Po vytěsnění vody byl plynovod vysušen.

Po provedení tlakové reparační a tlakových zkoušek všech úseků daného objektu bylo potrubí postupně propojeno, poté znovu vysušeno a objekt byl ostrým propojem spojen se zbytkem plynovodu.

Po odvzdušnění a natlakování na provozní tlak byl plynovod zprovozněn a práce se přesunuly na další z objektů.

Po ukončení rehabilitace celé trasy, vsazení nových uzávěrů a finančním vyřazením s majiteli a uživateli pozemků proběhlo kolaudační řízení a příslušné stavební úřady ve smyslu § 39 vyhl. č. 85/1976 Sb. ve znění vyhl. č. 378/1992 Sb. vydaly kolaudační rozhodnutí podle § 76 zák.č. 50/1976 Sb.

Do jisté míry ojedinělou akcí bylo využití technologie Stopple fy TD Williamson pro zřízení dočasného napojení odbočky pro Humpolec během osazování nového trasového uzávěru do téhož místa. Tato akce byla zabezpečena subdodávkou prací speciální skupiny Transgasu s přímou šéfmontáží technika firmy TD Williamson. Technologie TDW Stopple byla na vnitrostátním plynovodu použita poprvé a vzhledem k atypickému rozměru trub (630 x 7 mm u dimenze DN 600) vyžadovala i specifický přístup (zařízení TDW je přizpůsobeno ve světě běžnějšímu rozměru 608 x n mm). Zkušenostem z této akce bude věnována pozornost samostatně.

### Poruchy plynovodu při tlakové reparaci

Jedním z účelů tlakové reparační je otevření nadkritických vad ve stěně potrubí. Jak je uvedeno v části týkající se přípravných prací, trubky o průměru 630 x 7 mm z výroby VSŽ Košice vykazují ve významném podílu přes 30 % celkové délky výskyt systematické výrobní vady: studených spojů ve šroubovicovém svaru. Tento typ vady má při tlakové reparaci dvojí chování:

a) Vady podkritické velikosti se terminují a vytvořená plastická bariéra zablokuje na řadu let jejich další růst nízkocyklovým únavovým mechanismem. Tlaková reparační provedená s dříve uvedenými parametry zvyšuje odolnost proti únavovému poškození *třináctinásobně* ve srovnání s původním stavem, takže odolnost míst s vadami je pro dlouhé období srovnatelná se základním materiálem trub. Experimenty navíc jednoznačně prokázaly možnost a pozitivní efekt i opakovaně reparační po dalším dlouhodobém



Obr. 5. Nové osazené trasové uzávěr DN 600 před zasypáním

provozu. Provedené ověřovací experimenty k tomuto jevu byly uvedeny v článku ing. L. Gajdoše a kol. v předcházejícím a tomto čísle Plynu.

b) Vady nadkritické velikosti se bezpečně otevřou a po vyhledání je lze opravit náhradou části potrubí novou trubkou.

Při I. etapě rehabilitace Jihočeské magistrály došlo k otevření dvou nadkritických vad, tedy takových vad, které již prorostly do hloubky, kdy zbytkový ligament materiálu není dostatečně únosný.

První taková vada se projevila v roce 1992 u Prasetína, nedaleko silnice první třídy Tábor–Pelhřimov. Zde došlo při prvním tlakovacím cyklu k destrukci potrubí při přetlaku v místě havarie 4,96 MPa. Příčinou destrukce, která byla podrobně odborně posouzena (SVÚM Praha), byl jednoznačně studený spoj mezi vnější a vnitřní housenkou šroubovicového svaru; následně byl prohlouben únavovým mechanismem. Vzniklá porucha byla poměrně rozsáhlá, jak je zřejmé z fotografie. Po odhalení potrubí byla vada opravena výměnou částí trubky.

Druhá vada se projevila během prací v roce 1993. Na úseku Obrataň–Květnov byl u obce Okrouhlička v průběhu tlakové reparační zaznamenán postupný pokles tlaku, což je charakteristická známka průchozí vady v potrubí. Po lokalizaci místa úniku byla část potrubí s vadou vyjmuta a podrobena dalšímu šetření. Z jeho výsledků vyplývá, že příčinou úniku byly trhliny probíhající napříč svarovým kovem. Fraktografickou analýzou lomových ploch trhlin pak bylo prokázáno, že apriorní trhliny vzniklé pravděpodobně při výstavbě (opravě příčného svaru a pokládce) plynovodu se během jeho provozu dále šířily přes stěnu trubky. Během reparační pak při dosažení maximálního reparačního tlaku došlo k silovému porušení zbývajících průřezu s následným postupným únikem tlakovacího média.

Oba uvedené případy ilustrují zásadní přínos tlakové reparační k bezpečnosti provozu plynovodu. Jasně se zde ukazuje, že o přechodu na vyšší tlakovou hladinu nelze rozhodovat administrativním postupem pouze na základě zhodnocení jmenovitého tlaku použitých armatur a přepočtu tloušťky stěny. I v takto

posouzeném potrubí jsou vady ohrožující bezpečnost provozu nejen na nové, vyšší, nýbrž dokonce již i na původní tlakové hladině. Například první z uvedených vad se otevřela při pouhých 124 % nově navrhovaného jmenovitého přetlaku a 198 % stávajícího. Přitom její růst únavovým mechanismem by stále – i při původní tlakové hladině – pokračoval. Představa, že by se vada projevila pod tlakem plynu v blízkosti frekventované komunikace, jistě nepatří k právě nej-příjemnějším.

### Závěrem

*Zavedení technologie rehabilitací do běžné praxe je významným přínosem výsledků výzkumu prováděného v posledních patnácti letech. Ekonomický efekt této činnosti, který spočívá především v možnosti odkladu násobně vyšších investic do jinak nezbytné náhrady starých plynovodů, je nesporný. Stejně nesporné, i když ekonomicky obtížně vyjádřitelné, je zvýšení provozní bezpečnosti vysokotlakých plynovodů.*

*Protože tato technologie přináší i řadu nových postupů a technických řešení užitelných jak pro běžný provoz plynovodů, tak pro výstavbu nových, budeme se k jednotlivým dílčím problémům v následujících číslech Plynu vracet podrobněji.*

*Lektoroval: ing. Antonín Lomecký*

### SUMMARY

T.Štenglová – P.Crha – V.Jirsa – F.Pařízek – P.Pařízek:

**The Rehabilitation of Southbohemian Magistral Pipeline after 20 Years of Operation**

The technology of old high-pressure steel pipelines rehabilitation has reached in Czech gas industry „industrial“ level as a commonly used system during last three years.

The article is focussed to the first part of Southbohemian Magistral Pipeline (60 km of DN 600 PN 25 pipeline) rehabilitation, that was realized in 1992 and 1993.

The first part of the paper is dedicated to general information about the system role of old pipelines rehabilitation and about works preceding field work.

The second section deals with individual parts of the field work on Southbohemian Magistral Pipeline.

Hlavní název: Plyn  
Datum vydání výtisku: 2.1994  
Číslo výtisku: 2  
Druh dokumentu: číslo periodika  
ISSN: 0032-1761  
Číslo stránky: 25 - [32b]

---

SYSTEM  
◆KRAMERIUS◆

#### Podmínky využití

Český plynárenský svaz poskytuje přístup k digitalizovaným dokumentům pouze pro nekomerční, vědecké, studijní účely a pouze pro osobní potřeby uživatelů. Část dokumentů digitální knihovny podléhá autorským právům. Využitím digitální knihovny Českého plynárenského svazu a vygenerováním kopie části digitalizovaného dokumentu se uživatel zavazuje dodržovat tyto podmínky využití, které musí být součástí každé zhotovené kopie. Jakékoli další kopírování materiálu z digitální knihovny Českého plynárenského svazu není povoleno bez předchozího písemného svolení Českého plynárenského svazu.

Český plynárenský svaz  
Novodvorská 803/82  
142 00 Praha 4

cpsvaz@cgoa.cz  
m



Hlavní název: Plyn  
Datum vydání výtisku: 3.1994  
Číslo výtisku: 3  
Druh dokumentu: číslo periodika  
ISSN: 0032-1761  
Číslo stránky: 34 - [48b]

---

SYSTEM  
◆KRAMERIUS◆

### Podmínky využití

Český plynárenský svaz poskytuje přístup k digitalizovaným dokumentům pouze pro nekomerční, vědecké, studijní účely a pouze pro osobní potřeby uživatelů. Část dokumentů digitální knihovny podléhá autorským právům. Využitím digitální knihovny Českého plynárenského svazu a vygenerováním kopie části digitalizovaného dokumentu se uživatel zavazuje dodržovat tyto podmínky využití, které musí být součástí každé zhotovené kopie. Jakékoli další kopírování materiálu z digitální knihovny Českého plynárenského svazu není povoleno bez předchozího písemného svolení Českého plynárenského svazu.

Český plynárenský svaz  
Novodvorská 803/82  
142 00 Praha 4

cpsvaz@cgoa.cz  
m