

## ENVIRONMENTÁLNE TECHNICKÉ PROSTRIEDKY A METÓDY POUŽÍVANÉ PRI ČISTENÍ ROPOVODOV A PLYNOVODOV

### ENVIRONMENTAL TECHNICAL EQUIPMENT AND METHODS USED IN CLEANING OF OIL AND GAS PIPELINES

Ján Pinka<sup>1</sup>

#### Abstract

The paper maps various methods used in the inspection of piping systems, the aim of which is to determine the condition of the walls (either internal or external) of the monitored pipeline, which will be subsequently carried out other operations, such as. welding, etc. The article also maps out various methods that are used in pipe cleaning to remove various impurities from the pipe.

*Keywords: pigging, pigs, inspection, oil and gas pipelines*

---

#### Úvod

Je praktický nemožné aby potrubie dosahovalo 100% účinnosť po celú dobu svojej životnosti. Preto je inšpekcia a čistenie potrubných systémov dôležitou činnosťou. Trenie a iné fyzikálne faktory obmedzujú prúdenie pretekajúceho média v potrubí. V potrubí prepravujúcom kvapalné alebo plynné látky sa môžu nečistoty usadzovať na vnútornom povrchu (na stenách) potrubia. V niektorých prípadoch sa môžu tieto látky kombinovať s prachovými časticami, destilátmi, drobnými kvapôčkami vody, chemicky resp. fyzikálne spolu reagovať a usadzovať sa tak vo vnútri potrubia. V petrochemickom a naftovom priemysle sa usadzujú tekuté uhľovodíky, v chemickom a potravinárskom priemysle sa usadzujú mechanické nečistoty, ktoré v niektorých prípadoch môžu spôsobiť až upchatie potrubia. V každom prípade tieto znečisťujúce nánosy zvyšujú odpor prúdenia prepravovaného produktu (média), ktoré znižuje účinnosť potrubia alebo zvyšuje náklady na prepravu daného produktu (média). Pre čistenie potrubí sa najčastejšie používajú mechanické zariadenia tzv. „čistiaci ježkovia“ alebo aj tzv. „inteligentní ježkovia“ (Pigs). V podstate sú to zariadenia používané na údržbu plynovodov (popr. produktovodov). Ich prvotným účelom je udržiavať plynovody čisté a priechodné. V poslednej dobe sa tiež ježkovia ako technické prostriedky používajú k vnútornej inšpekcii, kde je ich úlohou určiť narušenie steny (napr. v dôsledku korozívnych prejavov a dejov) alebo k určeniu presnej polohy uloženého plynovodu (na pevnine alebo na dne oceánov a morí a pod.). "Pig" je vo svete široko používaný termín pre zariadenia, ktoré sa vkladajú do potrubí za účelom čistenia a diagnostiky. V Slovenskej aj v Českej republike sa obvykle používa označenie "ježko" alebo "prasiatko". Termín "PIG" pochádza z USA a je to skratka pre "Pipeline Industry Gauge", v preklade teda ako „Meranie priemyselného potrubia“. Prvýkrát bolo meranie použité pravdepodobne pri spracovávaní surovej ropy v USA alebo pri čistení priemyselných vôd. Prví "ježkovia" boli vyrobení z balov slamy a z ostatného drôtu. Tiež sa používali zväzky handier alebo kože. Pri prvých pokusoch vybudovať mechanického ježka nebolo uvažované nad možným poškodením potrubného systému. Prví mechanickí ježkovia pozostávali zo škrabiek z tvrdej ocele, oceľových koliesok, kožených lopatiek a niesli označenie "GoDevil", v preklade „Chodiaci diabli“. Dnes existuje viac ako 350 typov inteligentných ježkov a mnoho ďalších špeciálnych typov zariadení, ktoré sa používajú v priemyselnej praxi. Voľba správneho a optimálneho ježka je závislá na mnohých, často aj zdanlivo nedôležitých, faktoroch.

#### Inšpekcia potrubných systémov

Inšpekcia potrubných systémov sa prevádza hlavne z dôvodu zistenia stavu stien potrubí za účelom ďalšieho postupu na kontrolovanom potrubí, ako je napr. oprava potrubia, vhodnosť použitia

---

<sup>1</sup> prof. Ing. Ján Pinka, CSc., Ústav zemských zdrojov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 042 00 Košice, Slovenská republika, jan.pinka@tuke.sk, tel.: 055/6023150

daného potrubia na iné účely, zistenie životnosti potrubia, atď. Inšpekcia vykonávaná na potrubí môže byť: • vonkajšia, • vnútorná.

### Vonkajšia inšpekcia potrubí

Vonkajšia inšpekcia potrubí je predovšetkým určená pre inšpekciu nepriechodných potrubných systémov a tých potrubných systémov kde je inšpekcia vnútorným spôsobom nemožná. Systém inšpekcie sa používa za účelom zistenia materiálového úbytku spôsobeného napríklad miestnou, alebo plošnou koróziou.

### Vonkajšia inšpekcia vykonávaná metódou NoPig

Základným princípom inšpekcie potrubí metódou NoPig je „pustenie“ elektrického prúdu do plynovodu. Tento prúd vytvorí magnetické pole, ktorého charakteristiky sú snímané prenosnými snímačmi na povrchu terénu. Každá chyba v materiáli potrubia spôsobí zmenu charakteristík magnetického poľa, ktoré sú následne vyhodnotené pomocou príslušného softvéru. Metóda NoPig, ktorej použitie je znázornené na obr. 1, je pomerne mladá, používa sa aj u nás na Slovensku približne od roku 2017.



Obr. 1. Schéma inšpekcie potrubia technológiou NoPig [9].

Akčný rádius denného merania je približne 500 m až 700 m podľa prístupnosti terénu, nepresnosť merania je asi 35 %. Táto metóda má vysoké nároky na prístupnosť terénu presne nad pozdĺžnou osou potrubia.

### Vnútorná inšpekcia potrubí

Pri vnútornej inšpekcii potrubia sa zaoberáme najmä:

- geometrickou inšpekciou,
  - inšpekciou stavu potrubia,
- Pri geometrickej inšpekcii sa zisťujú:
- zmeny ovality potrubia,
  - miestne zmeny hrúbky steny potrubia,
  - priehlbiny v potrubí,
  - polomery oblúkov potrubia,
  - kontrolujú sa ohyby potrubia,
  - iné deformácie vnútorného prierezu potrubia.

### Typy inšpekčných ježkov alebo aj tzv. „inteligentných“ ježkov

Existuje niekoľko stoviek typov ježkov. Daný typ ježka sa vždy volí podľa jeho použitia. Pre plynovody sú používaní ježkovia na odstránení nánosov, kondenzátov, kvapalných usadenín, a pod.

Inteligentní ježkovia sa delia do troch základných skupín podľa ich použitia:

- ježkovia na čistenie potrubia (Cleaning pigs) - pre odstraňovania tuhých látok alebo pevných nečistôt,
- ježkovia na tesnenie potrubí (Sealing pigs) - pre odstránenie naakumulovaných kvapalín,

separáciu rôznych tekutín, ako upchávky, odvodňovanie, atď.,

- inteligentný ježkovia (Intelligent pig alebo ILI tool) - pre in-line inšpekciu, pre zistenie informácií o potrubnej línii alebo jej obsahu.

Na čistenie potrubí sa často používajú ježkovia a vtedy sa nazývajú ako tzv. "škrabky". Ježkovia používaní na tesnenie sa nazývajú "dávkočače" alebo aj ako „Trecí ježkovia“. "Čistiaci ježkovia" sa používajú pre odstraňovanie prírodných materiálov, ktoré sa dostanú do potrubia napr. pri opravách alebo výstavbe nových potrubných línii. Medzi tieto materiály patria rôzne množstvá sedimentov, usadenín a iných látok, ktoré znižujú prietokový profil, a tým redukovujú výkon samotného produktovodu. Obdobné použitie je aj u tesniacich ježkov.

Typické použitie ježkov v potrubnej doprave spočíva a slúži hlavne na:

- odstraňovanie kondenzátov / kvapalín z plynových línii,
- separácia rôznych tekutín v líniiach,
- naplnenie plynovej línii po predchádzajúcom testovaní tlaku,
- odvodňovanie po tlakovej skúške,
- uvedenie do plynovej línii prevádzky (separácia metanolu a dusíka),
- vnútorné nátery in-situ,
- odstraňovanie produktov po odstávke plynovodu.

Ježkovia sú vyrábané a dodávajú v štyroch rozdielnych formách a tvaroch:

1. **Vretenový (trňový) tvar** (Mandrel pigs) – tieto pozostávajú z niekoľkých čiastkových častí, ktoré umožňujú výmenu jednej časti za druhú.
2. **Penový ježkovia** (Foam pigs) – vyrábané sa lisovaním polyuretánu do rôznych konfigurácií, napr. s trňmi, s drôtenými štetinami a kefami, a pod.
3. **Masívne odliaty ježkovia** (Solid cast pigs) – tieto sa vyrábané lisované v jednom kuse, zvyčajne z polyuretánu. Títo ježkovia sa vyrábané hlavne v menších veľkostiach a priemeroch.
4. **Gulovitý tvary ježkov** (Spheres pigs) - obvykle bývajú naplnené vodou alebo glykolom. Títo ježkovia môžu byť nahustené do veľkosti priemeru potrubia [1].

### **Inteligentní ježkovia na čistenie produktovodov (v angl. Mandrel cleaning pigs)**

Ježkovia na čistenie potrubia sú vyrábané z niekoľkých častí (tanierov), ktoré sú namontované na telo (os) tak, že umožňujú ich jednoduchú výmenu. Tanier tvorí hlavnú súčasť, umožňuje pohyb v potrubí, alebo obsahuje čistiace elementy, ktoré zabezpečujú zoškrabovanie alebo oter steny potrubia. Čistiace elementy môžu byť namontované na pružinách. Jednotlivé časti ježka sú často oddeľované medzikusmi (pozri Obr.2) . Všeobecne majú ježkovia s veľkosťou od 150 mm a väčšie pripevnené čistiace prvky na pružinách, aby bol zabezpečený dostatočný kontakt so stenou potrubia. Ježkovia menší ako 150 mm zvyčajne majú čistiace prvky kotúčové. Nemajú umiestnené prostriedky pre kompenzáciu opotrebovaním. Niekedy sa používajú univerzálne ježkovia pre čistenie rôznych typov potrubí. Sú rozdelené do dvoch častí. Každá časť má iný priemer. Navzájom sú spojené pružinou (pozri obrázok 3).

### **Ježkovia na tesnenie potrubia (v angl. Mandrel sealing pigs)**

Ježkovia na tesnenie potrubia sú podobné ježkom na čistenie, ale sú bez čistiacich prvkov. Existuje viacero faktorov, ktoré ovplyvňujú čistiacich ježkova pritom pôsobia tiež na tesniacich ježkov. U nich je veľmi dôležitý rozstup jednotlivých tesnení. Ježkovia na čistenie potrebujú k pohybu dostatočný diferenciálny tlak. Ďalej dochádza v bode kontaktu s potrubím k malým únikom plynu alebo výrobcom vytvoreným by-pasom, ktoré pohybu tiež pomáhajú. Oproti tomu ježkovia na tesnenie využívajú iba efekt tesnenia, a to určuje ako typ, tak rozstup tesniacich elementov (pozri obr. 5).

Ježkovia na tesnenie môžu niest' niekoľko typov tesnenia (tanierov), ktoré rozdeľujeme do troch základných typov:

1. "Miska" - tesnenie bolo používané ako prvé. Tento typ bol odvodený od tesnenia, ktoré bolo používané u hydraulického piestu.
2. "Kónické" - tesnenie používané u prvých inteligentných ježkov (ILI).
3. "Diskové" - tesnenie používané u obojsmerných ježkov (pozri obr. 4).

Pre plynovody s malými ohybmi sa používajú krátky ježkovia, utesnenie môžu byť umiestnené blízko pri sebe. Dlhší ježkovia môžu mať tesnenie umiestnená v rovnomerných vzdialenostiach alebo môžu mať tesnenie umiestnená na každom konci bližšie pri sebe.

### Penový ježkovia (v angl. Foam pigs)

Tento typ ježkov je v zahraničí označovaný tiež "Polly-pigs" (pozri obr. 6). Títo ježkovia sa vyznačujú nízkou obstarávacou cenou, nulovou údržbou a pri ich použití je minimálna možnosť uviaznutia v plynovode. Vyrába sa z plastických hmôt (najmä z polyuretánu), ktoré majú vysokú odolnosť proti mechanickým a chemickým vplyvom. Materiál týchto ježkov má hustotu od  $32 \text{ kg.m}^{-3}$  do  $128 \text{ kg.m}^{-3}$  (čím vyššia je hustota, tým väčšia je aj životnosť ježka).

Ježkovia používané ako tesniaci ježkovia majú tenký polyuretánový povrch. Majú cylindrický tvar, aby bol zaistený kontakt so stenou potrubia po celej ich dĺžke.

Ježkovia používané ako čistiaci majú povrch špirálovitý alebo sú na povrchu umiestnené pásy. Povrch majú pokrytý abrazívnym materiálom ako je sieťka alebo karbid kremíka.

*Výhody penových ježkov:*

- nízka obstarávacia cena,
- sú veľmi flexibilné, pri prechode potrubím,
- jednoduché vloženie do potrubia, nie je potreba mať zariadenie na záchyt ježkov,
- pri zaseknutí v potrubí je ľahko nahradený.

*Nevýhody:*

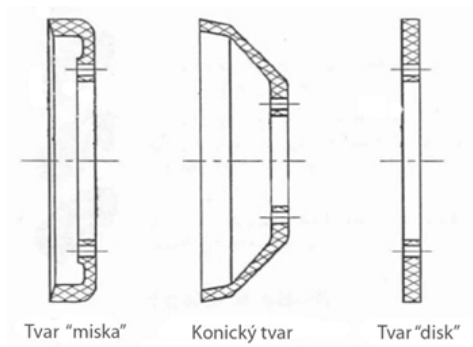
- nižšia efektívnosť pri čistení oproti ostatným typom ježkov,
- nízka životnosť oproti iným ježkom.



Obr. 2. Vretenový čistiaci ježko na čistenie potrubia s kefami [1]



Obr. 3. Univerzálny ježko na čistenie potrubí [1]



Obr. 4 Typy utesnenia [1].



Obr. 5 Tesniaci ježko [1].



Obr. 6. Penový ježkovia [1,9,10]

### Masívne odliaty ježkovia (v angl. Solid cast pigs) (obr. 7)

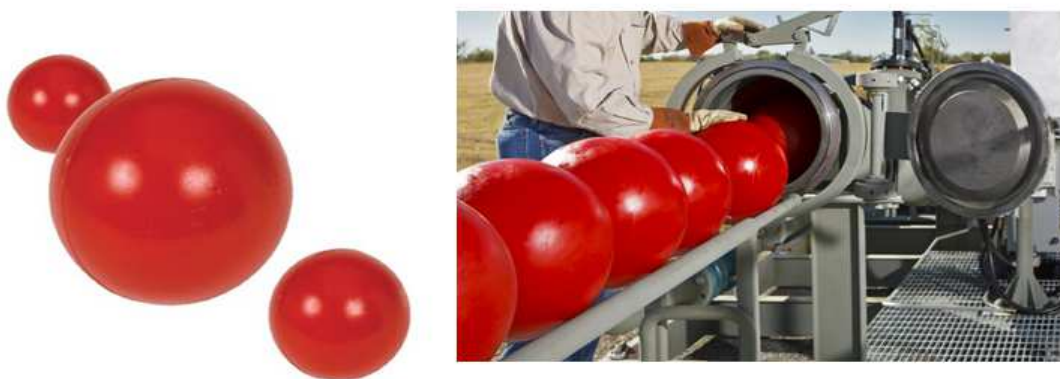
Tento typ ježkov je zvyčajne vyrábaný z polyuretánu. Boli dlhú dobu používané ako tesniaci ježkovia. Avšak poslednou dobou sa veľkou mierou začínajú používať aj ako čistiaci ježkovia. Nevýhodou je však vysoká cena jednotlivých častí. Napriek tomu je jedným z najefektívnejších ježkov. Je často vyrábaný v malých veľkostiach. Používa sa hlavne na potrubí menších priemerov, ktoré nie je dlhé.



Obr. 7. Masívne odliaty ježkovia (vpravo na obrázku aj s čistiacim prvkom) [1].

### Sféricky ježkovia (v angl. Spheres)

Sféricky ježkovia sú obvykle používané ako tesniaci ježkovia (obr. 8). Pri použití tohto typov ježkov musia byť potrubná línia úplne priechodná bez akýchkoľvek prekážok. Môžu ľahko prechádzať veľmi krátkymi ohyby v potrubí a zároveň môžu byť používané s inými ježkami. Ďalšou ich výhodou je, že pri rôznych priemeroch po potrubnej línii sa môže guľovitý ježko nafúknuť alebo vyfúknuť do ideálneho tvaru. Ich tvar je ideálny pre použitie v automatických systémoch a veľmi často sa používajú aj pri odstraňovaní kondenzátov z potrubia.



Obr. 8. Rôzne tvary sférických ježkov (vľavo) a čistenie potrubia sférickým ježkom (vpravo na obrázku) [9].

Vyrábajú sa väčšinou z polyuretánu, pretože má vyššiu odolnosť proti abrázii a pevnosť než iné elastoméry. Má výbornú odolnosť proti uhlíkovodíkom. Vyrábajú sa ale aj z neoprénu alebo nitrilovej gummy. Tieto materiály majú však nižšiu chemickú odolnosť a abrazívnosť. Sférickí ježkovia väčších veľkostí sú plnené obvykle vodou alebo zmesou glykolov. Ďalej sú vybavené systémom ventilov. V prípade zmeny priemeru potrubia je možné časť tekutiny odpustiť alebo pripustiť plyn.

### Inteligentní ježkovia (inšpekcia in-line)

Inteligentní ježkovia predstavujú kvalitatívne odlišné použitie ježkov, než sa doteraz v dostupnej literatúre uvádzalo. Vyššie uvedení ježkovia boli vždy používaní s cieľovým zameraním na vnútorný priestor (vnútornú inšpekciu) plynovodu alebo ropovodu, či už ide o prevádzkové úkony alebo bežnú údržbu. Oproti tomu inteligentných ježkov sú využívané za účelom získania informácií o vlastnom technickom stave plynovodu alebo ropovode. Potom hovoríme o inšpekcii plynovodov. Inšpekcia potrubia in-line (priama inšpekcia) sa vykonáva pomocou "Inteligentných ježkov" niekedy súhrnne označovaných ako ILI (z angl. *in-line inspection tools* / v poradí za sebou „in-line“ inšpekčných nástrojov). Tie poskytujú dôležité informácie o potrubnej línii a o potrubí samotnom. Dokážu jednak merať, ako aj zaznamenávať rôzne veličiny do vnútorného systému, pričom zároveň pomocou lokátora sú schopné určiť konkrétne miesta anomálií. Informácie z inteligentných ježkov sú potom ďalej analyzované a vyhodnocované.

Medzi dve hlavné požiadavky na inteligentných ježkov patria:

- meranie "opotrebenia kovu" - zahŕňa najčastejšie korózný úbytok,
- meranie geometrie.

Ďalej sú ježkovia využívaní aj pre:

- detekciu trhlín,
- mapovanie alebo monitorovanie (monitoring) profilu,
- detekciu únikov,
- meranie ohybov, oblúkov v potrubnej línii,
- inšpekciu videokamerou,
- vzorkovanie produktov,
- meranie nárastu nánosu nečistôt na stenách potrubia.

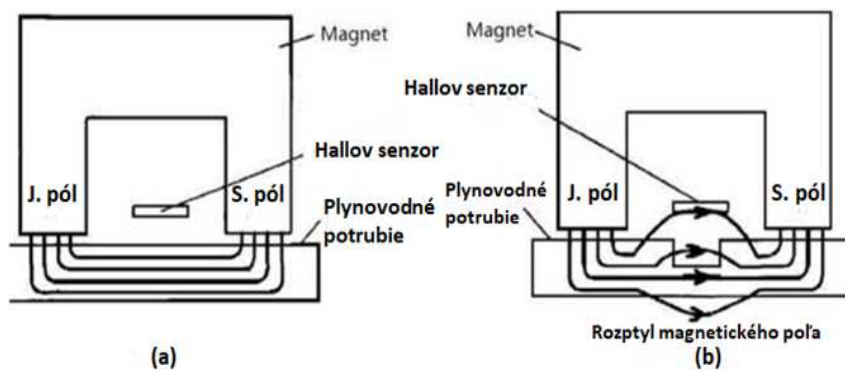
Na obrázku 14 sú uvedené niektoré ďalšie čistiace technické zariadenia (ježkovia) od firmy Pollyaim Canada Ltd. [10].

### Používané technológie pre testovanie a kontrolu produktovodov

#### a) Metóda rozptylu magnetického poľa (v angl. *Magnetic flux leakage - MFL*). [9].

Táto technológia (*Magnetic flux leakage*) používa ježkov, ktorí využívajú magnetické nedeštruktívne testovanie oceľových rúr (pozri obr. 9, obr.10 a obr.11). Pri meraní rozptylu magnetického poľa je používaný magnet podobný "tvaru konskej podkovy" a ďalej magnetický senzor s Hallovým efektom (tzv. Hallov senzor), ktorý je umiestnený medzi pólmi magnetu (pozri obr. 10). Ak chceme merať magnetický rozptyl vo všetkých 3 rovinách, je nutné použiť troch vhodne orientovaných detektorov (vysoko rozlišovacie MFL). V prípade, že magnetické pole prúdi cez senzor, znamená to narušenie materiálu (pozri obr. 9). Jednoduchá zariadenia MFL sú opatrené dvoma magnetmi prstencového tvaru s oddelenými priestormi. Magnety majú opačné póly (južný a severný) k indukovaniu magnetického poľa. Hallov senzor detekuje akýkoľvek rozptyl magnetického poľa, ktoré môže značiť úbytok materiálu v potrubnej stene. Maximálna rýchlosť pri meraní pomocou MFL je zvyčajne 4 m.s<sup>-1</sup>. Vysoko rozlišovacie MFL sú schopné zbierať údaje každé 2 mm pozdĺž osi potrubia.

Hoci sú MFL ježkovia primárne určené pre detekciu alebo korózný úbytok materiálu, môžu byť detekované aj ďalšie chyby materiálu, ako napr. vruby a záhyby. Metóda MFL je však nevhodná na identifikáciu trhlín v stene potrubia. Taktiež pre presnú lokalizáciu defektu (vnútorné alebo vonkajší povrch) je potreba využiť ďalšie iné metódy (ART alebo metóda Foucaultových prúdov).



Obr. 9 Princíp detekcie metódou rozptylu magnetického toku (MFL).  
a) Potrubie bez straty kovu; (b) Potrubie s chybou na potrubí. Podľa [1]upravil autor.



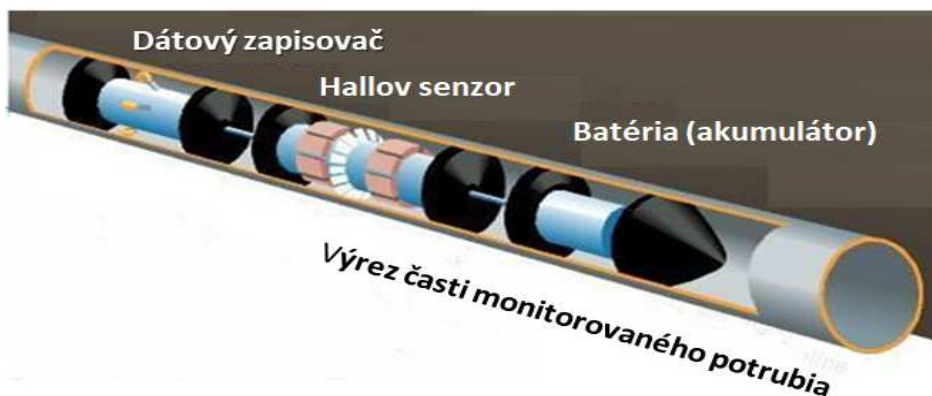
Obr. 10 Situovanie Hallovho senzora na čistiacom ježkovi pri detekcii metódou rozptylu magnetického poľa MFL [9].

#### b) Ultrazvuková metóda (UT)

Princíp ultrazvukovej metódy je založený na vysielanie vysokofrekvenčných zvukových vln smerom k stene rúrky a následný záznam ich ozveny. Ak je zvuková vlna vyslaná k stene potrubia v kolmom smere, môže dochádzať k rôznym odrazom. Dva najdôležitejšie odrazy sú od vnútornej steny potrubia a od vonkajšej strany potrubia (pozri obr. 11 a obr.12). [9].

Ďalšie odrazy zvukových vln sú spôsobené výskytom chyby materiálu na vnútornej strane potrubia. Samotný význam merania ultrazvukovej ozveny je veľmi jednoduchý. Čas medzi ozvenou od vnútornej steny potrubia a vonkajšej strany potrubia je priamo úmerný vzdialenosti medzi vnútornou a vonkajšou stenou potrubia, teda hrúbke steny. Ak sa zmenší stena potrubia, dôjde k zníženiu časového intervalu. Na základe meraní časového intervalu môžeme cez ne určiť hĺbku korózie (stratu materiálu) na vnútornej alebo vonkajšej strane potrubia. Výhodou použitia ultrazvukovej metódy oproti metóde MFL je v prvom rade možnosť priameho vyhodnotenia hrúbky steny. Nevýhodou je vyššia nepresnosť merania, pretože chyby merania sú vyjadrené v jednotkách dĺžky, nie v percentách. Metóda MFL v porovnaní s metódou ultrazvuku má výhodu v kvalite prijímaného signálu a možnosti rozoznať druhy korózie.





Obr. 11. Ježko používaný pri metóde MFL s detailom jeho hlavných častí pri monitorovaní potrubia [1].



Obr. 12. Ultrazvukový obojstranný čistiaci ježko [1].

#### c) Metóda akustickej rezonancie (v angl. Acoustic Resonance Technology - ART)

Je ultrazvukovou metódou, ktorá sa v posledných rokoch začína objavovať u inteligentných ježkov. Technológia akustickej rezonancie (ART) využíva efekt rozozvučaniu materiálu na jeho rezonančných frekvenciách a zo znalosti rýchlosti šírenia zvuku v danom materiáli je možné použitím vhodných detektorov a hodnotiacich techník (napr. rýchlou Fourierovou transformáciou) stanoviť hrúbku materiálu.

Hlavné výhody ART oproti klasickému ultrazvuku sú:

- použitie nižších frekvencií,
- efektívne fungovanie v plynnom prostredí, nepotrebuje kvapalné prostredie pre šírenie vln (vhodné pre plynovody),
- možnosť využitia pre viacvrstvé materiály (vrátane izolácie),
- možnosť prechádzať povrchovými nátermi a ochrannými povlakmi,
- identifikácia vnútorného i vonkajšieho úbytku materiálu,
- identifikácia trhlín a inklúzií v materiáli.

#### d) Elektromechanické technológie

Zmena vnútorného priemeru sa meria pomocou kontaktu napr. koliesok, klzných lyží, a pod., po stene potrubia. Tieto súčasti sú nasadené na vnútornú stranu jedného z tanierov (obr.13).

Akokoľvek zmena priemeru spôsobuje vychýlenie. Tento pohyb sa mechanicky prenáša na stredovú tyč ježka, kde dochádza k prevodu na elektronický signál.



Obr. 13. Elektromechanický ježko na meranie geometrie potrubia [1].



Obr. 14. Niektoré typy a druhy čistiacich ježkov od firmy Pollyaim Canada Ltd. [10].

#### e) Metóda vírivých prúdov alebo aj Foucaultove prúdy

Foucaultove prúdy, alebo tiež metóda vírivých prúdov, je ďalšia z nedeštruktívnych testovacích metód, ktorú využívajú špeciálne typy ježkov. Metóda využíva vhodne orientované cievky budené striedavým prúdom, ktoré pomocou svojho magnetického poľa vyvolajú vznik prúdu v testovanom materiáli. Tento potom vyvolá magnetické pole pôsobiace proti polu, ktoré ich vyvolalo. Použitie tejto metódy je ideálne, v závislosti od typu použitého snímania (absolútne, diferenčné alebo reflexné), pre meranie geometrie potrubnej línie, detekciu povrchových aj podpovrchových trhlín či korózie, a to aj pod nevodivými vrstvami (izolácia, náter).

### **Záver**

Z environmentálneho hľadiska čistenie produktovodov patrí k neoddeliteľnej súčasťi údržby v moderných potrubných systémoch. Dnešné technológie používané inteligentnými ježkami umožňujú zistiť kompletnú diagnostiku celej potrubnej línie bez prerušenia prevádzky. Z týchto zistených údajov je možné vykonávať prípadné úpravy a opravy na potrubí. Inšpekcia a čistenie potrubných systémov sú v dnešnej dobe veľmi užitočné a hlavne potrebné, keďže dnešné veľkomesta sú priam popretkávané rôznymi starými potrubnými systémami a pri ich využití na iné účely, ako napr. zavádzanie dátových káblov a pod., je potrebné zistiť stav či je dané potrubie na iné účely ešte vhodné. Tým sa ušetrí nielen čas, ale aj finančné náklady, ktoré by bolo potrebné vynaložiť na výkopové práce spojené s výmenou celého potrubia. Inšpekciou a čistením potrubí sa tiež predlžuje jeho životnosť a zlepšuje životné prostredie hlavne v prípade havárií na produktovodoch. Pri kontrole potrubných línií umiestnených na dne morí nie je iná možnosť ani iný spôsob alebo cesta ako samotné použitie inteligentných čistiacich ježkov pri kontrole a údržbe plynovodov a ropovodov [6, 7].

### **Literatúra**

1. CORDELL, J. – VANZANT, H.: The pipeline pigging handbook. Clarion Technical Publisher and Scientific Surveys Ltd. USA, 2003, ISBN 0-9717945-3-7, 1–249.
2. PINKA, J.: Environmentálne aspekty pri ťažbe nerastných surovín. In Zborník z XXVII. vedeckého sympózia s medzinárodnou účasťou „Situácia v ekologicky zaťažovaných regiónoch Slovenska a strednej Európy“. Hrádok 2018: Slovenská banícka spoločnosť pri ÚGt SAV Košice, 2018, ISBN 978-80-89883-08-0, 87–92.
3. PINKA, J.: Vyhľadávanie a ťažba nekonvenčných zdrojov ropy a zemného plynu. Monografia. TU VŠB Ostrava, Ostrava, 2013, ISBN 978-80-248-3243-5, 1–135.
4. PINKA, J.: Fundamentals of Petroleum Engineering. Monografia. TU VŠB Ostrava, Ostrava, 2013, ISBN 978-80-248-3243-2, 1–189.
5. PINKA, J.: Spôsoby vrtania s vinutými stúpačkami na cievke, výhody a obmedzenia CTD, TU Košice 2010.
6. PINKA, J.: Fundamentals of Offshore Drilling – Part 2. Monograph. VŠB TU Ostrava, Ostrava 2018, ISBN 978-80-248-4231-8, 1–210.
7. PINKA, J.: Technológia vrtania na súši a mori. Monografia. VŠB TU Ostrava, Ostrava 2018, ISBN 978-80-248-4230-1, 1–177.
8. PINKA, J. – PLUČINSKÝ, I.: Zhodnotenie a perspektívy ťažby ropy na východnom Slovensku. In Zborník z vedeckého sympózia s medzinárodnou účasťou „Situácia v ekologicky zaťažovaných regiónoch Slovenska a strednej Európy“. Hrádok 2015: Slovenská banícka spoločnosť pri ÚGt SAV Košice, 2015, ISBN 978-80-970034-8-7, 108–112.
9. TRATSOO, J.: Pipeline Pigging and Integrity Technology - 4<sup>th</sup> Edition. Scientific Surveys Limited, 2003, USA, ISBN 0971794529, 1–663.
10. Firemný katalóg Pollyaim Canada Ltd. <https://www.pollyaim.ca/products/bbbbpgs.htm>