



The International Journal of  
TRANSPORT & LOGISTICS

Medzinárodný časopis  
DOPRAVA A LOGISTIKA  
Mimoriadne číslo 8/2010

ISSN 1451-107X

## VRTÁNÍ PAŽNICEMI – REÁLNÁ TECHNOLOGIE PRO BUDOUCNOST CASING WHILE DRILLING – REAL TECHNOLOGY FOR THE FUTURE

*Ján Pinka<sup>1</sup>, Jaroslav Struna<sup>2</sup>, Vojtěch Zeman*

**Key words:** casing while drilling, drillstring, casing drive system, lost circulation, well control, borehole stability, directional drilling, drilling rig, top drive, bottom hole assembly, casing integrity, drill lock assembly.

**Abstract:** Casing while Drilling is an alternative method to conventional drilling and uses standard oil field casing instead of drillstring to both drilling and simultaneously casing the well. This technology has proven to be an effective method of reducing drilling cost by reducing significantly drilling time and especially for solving drillstring problems encountered during conventional drilling process as lost circulation, well control incidents and borehole stability problems and taking kicks while tripping. Most of this activity is focused on drilling vertical wells, but interest in directional wells is increasing as the benefits of Casing Drilling in straight holes are evident. The significant technological aspects of casing drilling and the modern rig design are discussed in this paper. The new drilling rig concept is demonstrated on the instance of the rig LOC 400 produced by Huisman Equipment BV, which was designed to take advantage of emerging Casing Drilling technology in order to reduce the cost as well the environmental impact of the well drilling.

### 1. Úvod

Technologie vrtání pažnicemi (Casing while Drilling – CWD) představuje hloubení vrtů s použitím standardních pažnic místo vrtných trubek. Jedná se o alternativní technologii ke konvenčnímu způsobu plnoprofilového vrtání. Zahrnuje současné vrtání a pažení vrtu a je jedním z největších pokroků ve vrtných operacích za poslední období.

Po období vývoje a řady provozních zkoušek získal systém CWD komerční přijetí a je po téměř 10 let osvědčenou provozní metodou pro řešení vrtných problémů a snižování nákladů. Je používán jak pro vrtání na pevnině – vrtání celých vrtů pažnicemi, tak na offshore, kde jsou pažnicemi vrtány vybrané sekce vrtu.

### 2. Vrtání pažnicemi

Systém CWD eliminuje častá těžení a zapouštění vrtné kolony do vrtu a s tím spojené případné problémy. Tím urychluje tato technologie proces vrtání o 20 až 30 % a dělá ho tak bezpečnějším a efektivnějším, zvláště v problémových oblastech. Získané poznatky z vrtů

<sup>1</sup> Ján Pinka, Jaroslav Struna, Vojtěch Zeman, Technická Univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav montánných vied a ochrany životného prostredia, Slovensko, [jan.pinka@tuke.sk](mailto:jan.pinka@tuke.sk)

<sup>2</sup> Jaroslav Struna, Vojtěch Zeman, DESCO CZ s.r.o., Česká Republika

hloubených technologií CWD ukazují, že CWD významně snižuje problémy se ztrátami cirkulace, ztrátami stability stěn vrtů a případně dalšími komplikacemi ve vrtu. Rotaci s pažnicemi zajišťuje upínací a těsnicí zařízení (Casing Drive System - CDS) ve spojení s posuvnou rotační hlavou – Top Drive. Pažnice zůstávají po celou dobu ve vrtu a po dosažení hloubky usazení pažnicové kolony, jsou případně na tomto místě cementované. Vrtvý výplach je cirkulován k čelbě vrtu vnitřním prostorem pažnic a pak mezikružím mezi pažnicemi a stěnou vrtu k ústí vrtu jako u konvenční vrtné kolony.

Obecně lze základní způsoby technologie vrtání pažnicemi rozdělit na:

- těžitelný způsob: spodní vrtající část systému je dočasně pevně spojena se spodní částí pažnicové kolony a přesahuje patu pažnic rozšiřovačem a vodícím dlátem. Tato sestava může být vytěžena z vrtu na laně,
- netěžitelný způsob: vrtné dláto použité k vrtání příslušného intervalu vrtu je upevněné na konci pažnicové kolony a je provedeno tak, aby bylo provrtatelné, podobně jako cementační pata pažnic při cementaci.

Z hlediska použitého vrtacího zařízení existují dva základní způsoby rotace s vrtným nástrojem:

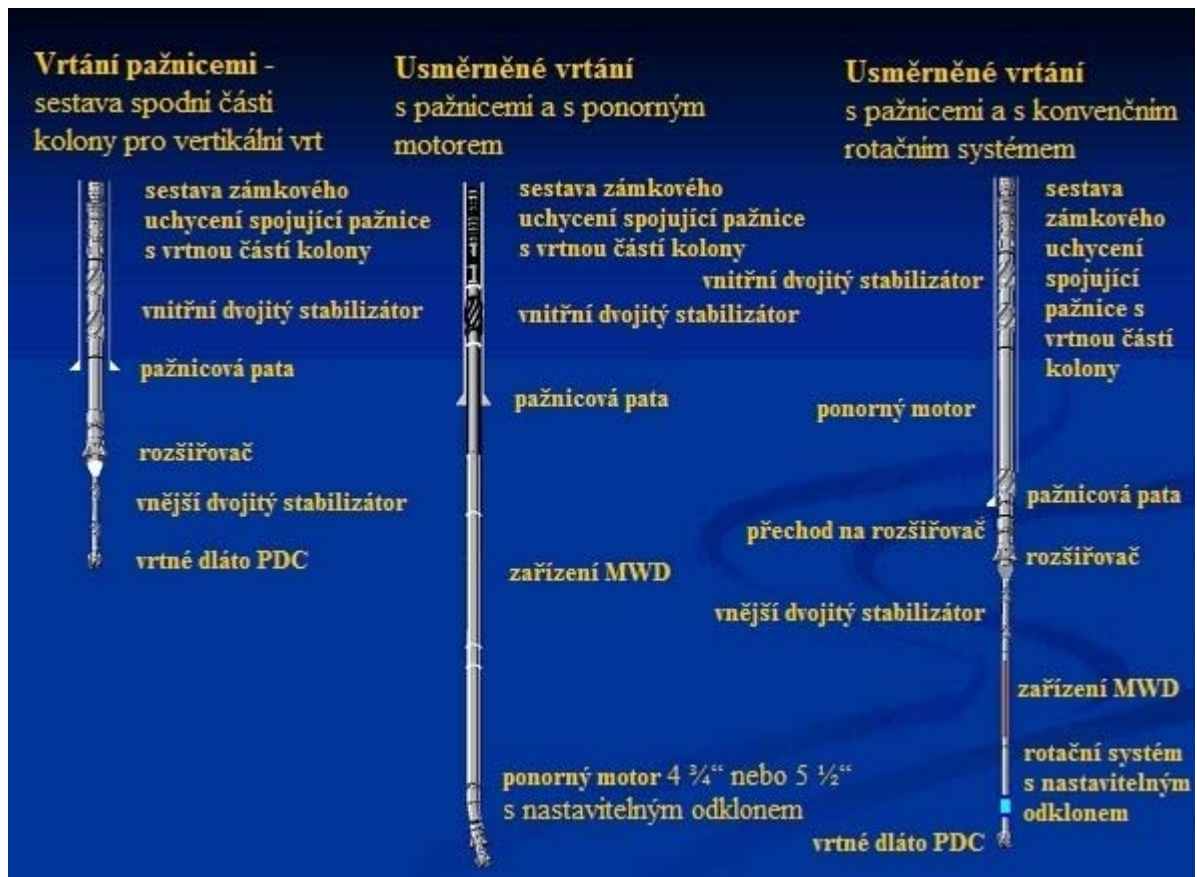
- rotace pažnicové kolony povrchoým pohonným systémem, který zahrnuje Top Drive a CDS se zámkově nebo hydraulicky upevněnou těžitelnou spodní částí kolony, používaný pro vertikální vrtvy a vrtvy s malým úklonem
- zámkově ukotvená těžitelná část uvnitř pažnicové kolony, která zahrnuje ponorný motor pro pohon konvenčního vrtného dláta a rozšiřovačem, používaná hlavně pro usměrněné vrtvy s větším úklonem a v horizontálních vrtech.

Systém CWD používá hlubinné a povrchové komponenty umožňující použití konvenčních pažnic užívaných v naftovém průmyslu jako vrtné kolony. Pažnice používané u systému CWD jsou obecně stejného průměru, síly stěny a materiálu, které by normálně byly použity u konvenčně vrtaných vrtů. Avšak spojení pažnic je určitým způsobem modifikované, protože musí poskytnout odpovídající pevnost v krutu, únavovou odolnost a světlost pro průtok výplachu. Těžitelná spodní část kolony se standardně skládá z pilotového dláta a rozšiřovače, umístěném nad ním k rozšíření vrtu na konečný vrtvý průměr. Navíc je systém CWD konstruován tak, aby dláto mohlo být vytěženo pomocí lanového systému (WL) a umožnil spodní vrtající část kolony, aby byla zapuštěna za jakýchkoliv normálních podmínek ve vrtu, zatímco by byla udržována cirkulace v pažnicích a byl umožněn pohyb pažnicemi nahoru a dolů. Těžitelná spodní část kolony uvnitř pažnic eliminuje poškození vrtu způsobené těžením a zapouštěním celé vrtné kolony a poskytuje bezpečnější proces těžení nářadí.

Systém CWD umožňuje provedení významných změn v úklonu a azimutu úklonu vrtu. Avšak maximální úklon anebo azimutální úhel či ohyb je omezen maximálním ohybem, který dovoluje každý průměr pažnic používaných pro vrtání. Každá velikost pažnic má únavové omezení založené na velikosti otáček násobených dobou rotace. Překročení těchto parametrů by mělo za následek porušení pažnic. Při velkých úhlech odklonu a horizontálních vrtech pak aplikace usměrněného vrtání používají konvenční usměrňovací nářadí a plnoprofilové sestavy, spojené se systémem CWD (obr. 1). Sestavy pro usměrněné vrtání jsou těžitelné stejným způsobem jako spodní část kolony pro přímé vrtvy, používající metodu WL nebo konvenční metody s vrtnými trubkami.

Příchvaty pažnicové kolony při použití systému CWD jsou minimalizovány použitím maziv nebo organických smáčedel. Dosavadní zkušenosti ukázaly, že příchvat diferenciálním tlakem se vyskytuje zřídka. Při vrtání velmi hladkou a těsnou pažnicovou kolonou přes vysoce pórézní zóny může dojít k příchvatu diferenciálním tlakem, např. pro nastavování pažnicové kolony. Avšak pažnice jsou vzhledem k použití mazacích prostředků velmi rychle uvolněny. Kromě toho lze toto nebezpečí také minimalizovat použitím centrátorů.

Nejzřejmější důvod pro použití systému CWD je eliminace zapouštění a těžení vrtné kolony a tak snížení celkové doby a nákladů na provedení vrtu. Důležitější však je, že CWD významně snižuje dobu řešení problémů ve vrtu, zatímco současně eliminuje jisté konvenční praxe, používané v případech vyhnutí se potížím ve vrtu. Takovéto běžné praxe často zahrnují krátké záběry dlát, záběry pro úpravu podmínek ve vrtu, záběry pro přibírku průměru vrtu, požadavky na zvýšenou úpravu výplachu a pomalé rychlosti tažení a zapouštění nářadí. Kromě toho jsou významně sníženy ztráty výplachu, výskyt pulzačních a pístových tlakových jevů a komplikace při tlakovém řízení vrtů. To je zvláště důležité ve vrtech, kde se lze setkat s oslabenými zónami před vstupem do zón s vysokým vrstevním tlakem. Často je v této situaci obtížné vybalancovat potenciál ztrát cirkulace v horních vrstvách, s přítokovým potenciálem ve spodní zóně, zvláště když konvenční vrtná kolona musí být vytažena pro zapuštění pažnic.

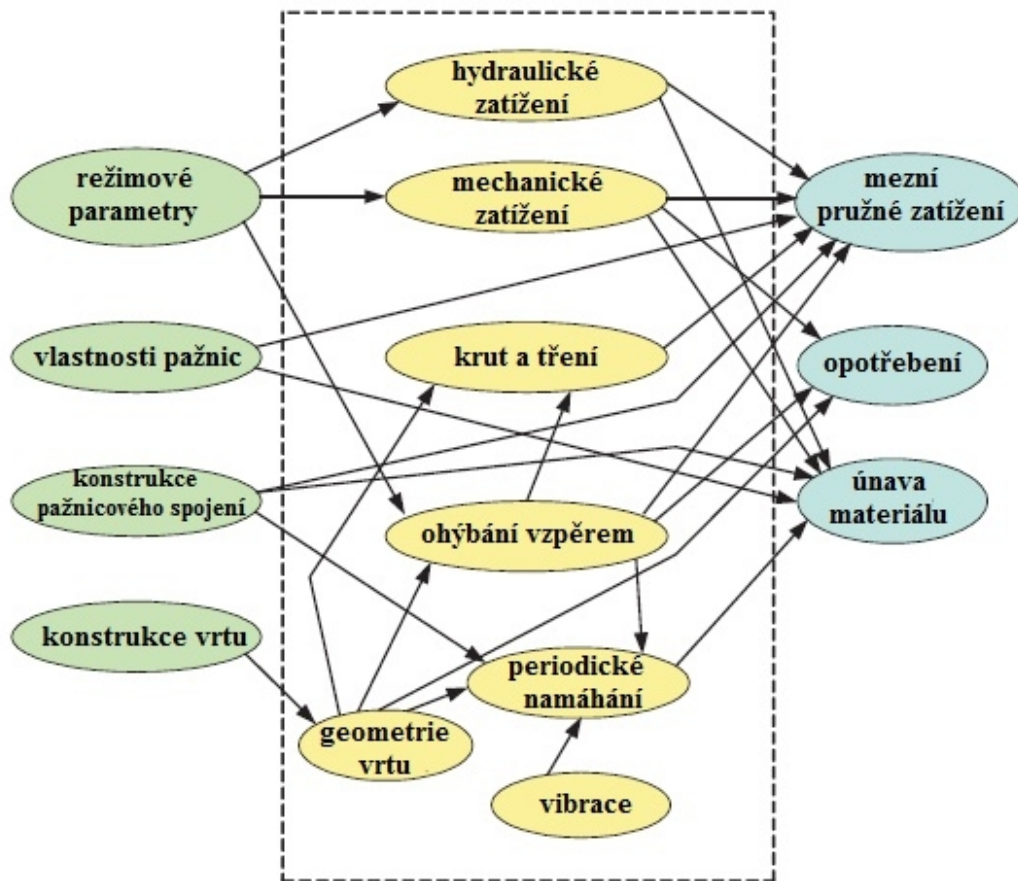


**Obr. 1** Sestavy spodní části kolony při vrtání systémem CWD.

Nejen že CWD snižuje náklady na vrtání, ale také může umožňovat operace, které z důvodu ekonomického rizika, nejsou atraktivní pro konvenčně vrtané vrty. Vrty, které uvažují s vrtnými problémy, jako jsou havarijní práce, příchvaty vrtné kolony a události při tlakově řízeném vrtání mohou snadno přesáhnout ekonomické limity stanovené pro vrtné práce na příslušné lokalitě. Systém CWD může také snížit riziko ztrát nadměrného množství výplachu v nízkotlakých horizontech a tím poškození produkce, tak aby se neekonomický konvenční průzkum stal přijatelným.

### 3. Významné technologické aspekty vrtání pažnicemi

Kromě určitých koncepčních modifikací vrtné techniky pro vrtání pažnicemi, existují také významné technologické aspekty jako je namáhání rotující pažnicové kolony, vhodná volba pažnic pro tuto technologii a konstrukce spojů pažnic, funkční spojení těžitelné části kolony s rotující pažnicovou kolonou, konstrukce vrtného dláta, hodnocení provrtávaného horninového souvrství a další. Konstrukce vrtu pro vrtání s pažnicemi je v mnoha případech podobná konstrukci konvenčních vrtů. Jedním z významných rozdílů je, že pažnicová kolona je vystavena dalším napětím, jako je prohýbání vzpěrem, únavové zatížení a hydraulické zatížení, zasluhující zvláštní pozornost. Obr. 2 uvádí některé interakce, které ovlivňují integritu (neporušenost) pažnic, použitých pro vrtání.



**Obr. 2** Vzájemné působení faktorů ovlivňující integritu pažnic při aplikacích vrtání s pažnicemi.

Významný rozdíl mezi vrtáním s konvenční vrtanou kolonou a vrtáním s pažnicemi je absence zátěží pro vytváření přítlaču na vrtný nástroj. T.zn., že spodní část vrtající pažnicové kolony bude snášet jen omezené tlakové zatížení, než se deformuje ohybem. Prohýbání vzpěrem se vyskytne, když tlakové zatížení a geometrie vrt-pažnice vytvoří dostatečný ohybový moment, aby se pažnice staly nestabilní. Poté co se pažnice stanou se nestabilními, nejsou schopné snášet tlakové zatížení bez boční podpory. Stěny vrtu obklopující pažnice poskytují boční oporu k omezení bočního vybočení pro jakoukoliv danou sestavu parametrů. Není nic přirozeně destruktivního na skutečnosti, že se pažnice ohýbají, ale prohnutí vzpěrem způsobuje dva efekty, které mohou být škodlivé. Zaprvé boční kontaktní síly mezi pažnicovou kolonou a stěnou vrtu mohou způsobit opotřebení pažnic a budou zvyšovat krut, který je požadován k rotaci pažnic.

Za druhé prohýbání vzpěrem způsobuje, že pažnice ve vrtu nabírají zakřivenou geometrii, která zvyšuje napětí v pažnici a může zvyšovat tendenci směrem k bočním vibracím. Pro aplikace vrtání s pažnicemi je důležité určit, je-li nebo není pažnice ohnutá a zda je nebo není prohnutí dostatečné, aby způsobilo problém (opotřebení, vysoký krut nebo vysoké napětí). V přímých vrtech je tlakové zatížení, které způsobuje prohnutí, určeno tuhostí pažnicových trubek (E.I), bočními silami gravitace (tíha trubek a úklon vrtu) a vzdáleností od stěny vrtu (radiální vůle). V ideálně vertikálním vrtu je část pažnic, která je stlačena, vždy ohnutá, jestliže vrt neposkytuje boční oporu prostřednictvím např. centrátorů. Jestliže je vrt přímý, ale není vertikální, normálové kontaktní síly na stěně vrtu od trubek ležících na spodní straně vrtu poskytují stabilizující vliv a zvyšují tlakové zatížení.

Spolehlivost těžitelné spodní části vrtné sestavy je jedním ze zásadních technologických aspektů použití systému CWD. Spodní část kolony tvoří zejména zámková uzavírací sestava (Drill Lock Assembly - DLA) a rozšiřovač. Zámková sestava je srdcem systému vrtání s pažnicemi. Aby bylo každé zapuštění vrtné sestavy úspěšné, musí být DLA spolehlivě usazena, rozšiřovač nesmí selhat v průběhu vrtání a při těžení musí být DLA uvolněna a rozšiřovač řádně zasunut, aby umožnil vrtné sestavě vytažení na povrch.

Vrtná sestava je připojena k pažnicím pomocí pružinových polohových upínacích čelistí. DLA je usazena ve spodní sekci pažnic, kterou tvoří pažnicová pata, speciální objímková sekce s připojením na torzní čelisti pro přenos krouticího momentu a s připojením na axiální čelisti pro

přenos osového zatížení. Vnitřní stabilizátor umístěný na protilehlém konci k pažnicové patě snižuje boční pohyb vrtné sestavy uvnitř pažnic. Pažnicová pata je vyzbrojena tvrdokovovým materiálem k udržování průměru vrtu a poskytuje také indikaci zvýšení krutu při opotřebení rozšiřovače. Vnější centrátoři umístěné v pažnicích stabilizují jejich polohu ve vrtu a omezují opotřebení pažnicových spojů. Systém DLA prošel při používání vrtání pažnicemi s těžitelnou vnitřní sestavou řadou konstrukčních úprav a je chráněn patentem.

Podstatná pozornost je také věnována volbě pažnic a pažnicových spojů. V průběhu vrtného procesu jsou pažnice a pažnicové spoje vystavené torznímu a tlakovému vzpěrnému zatížení. Avšak normálně používané pažnicové spoje nejsou konstruované k tomu, aby vyhovovaly vysokému krutovému a tlakovému namáhání v prostředí ohybových deformací a proto spojení pažnic musí poskytnout především odpovídající pevnost v krutu. Na základě dosavadních zkušeností by pažnicové spojení mělo odolat krouticímu momentu v hodnotách cca 13.500 Nm (10.000 lb.ft). Určitým řešením při vrtání s pažnicemi je také použití nízkého krutu, nízkého přítlaku na dláto a udržování ohybových deformací na minimální míře vzhledem také ke zmenšenému průměru vrtu.

Systém CWD je používán především pro vrtání úvodních a kratších technických pažnicových kolon. Jako příklad úspěšné specifikace pažnic pro vrtání systémem CWD lze uvést pažnicové kolony 13 3/8": 68 lb/ft, K-55; 9 5/8": 43,5 lb/ft, P-110; 7 5/8": 26,4 lb/ft, N-80. Pro podmínky vrtání se nejvíce osvědčil modifikovaný pažnicový spoj Buttress se zušlechťenými čepovými konci proti zadírání a opotřebení.

#### **4. Vrtné soupravy pro vrtání pažnicemi**

Důležitou částí pro vrtání pažnicemi je kapacita a vybavení vrtné soupravy. Vrtné soupravy mohou být konstruované speciálně pro tuto technologii nebo lze použít upravené konvenční vrtné soupravy.

Vrtná souprava musí být schopna zapouštět pažnice délkového rozsahu 3. Je také žádoucí, aby souprava byla kompatibilní se zařízením pro bezpečné uchycení pažnic pro jejich rotaci a vertikální pohyb (CDS), který poskytuje také spolehlivé bezzávitové spojení mezi Top Drive a pažnicovou kolonou. Jedná se o jednu z nejdůležitějších komponent na soupravě, která je relativně snadno napojitelná na Top Drive. CDS je poháněn hydraulicky a předává krut a tok výplachu do pažnicové kolony. Existují dva typy CDS: vnitřní – pro větší průměr pažnic a vnější – pro menší průměr pažnic. Je řízen automaticky z kabiny vrtače prostřednictvím programovatelného řídicího systému.

Koncepce moderních vrtných souprav pro rotační plnoprofilové vrtání je obecně koncentrovaná především do:

1. aplikace prvků automatizace do vrtného procesu,
2. možnosti použití moderních technologií vrtání, např. technologie vrtání pažnicemi,
3. kontejnerového uspořádání jednotlivých částí soupravy vzhledem k jejich přepravě,
4. většího důrazu na aspekty ochrany životního prostředí.

Konkrétně pro technologii vrtání s pažnicemi jsou nutné tyto konstrukční úpravy vzhledem ke konvenční vrtné soupravě:

- instalace lanového vrátku pro těžení a zapouštění těžitelné spodní části kolony,
- instalace dělené volné a pevné kladnice kladkostroje pro možnost zapouštění těžitelného lana do vrtu přes pažnice a utěsnění tohoto lana vzhledem k případným tlakovým projevům ve vrtu,
- instalace upínacího systému pro rotaci pažnic (CDS), který poskytuje bezpečné bezzávitové spojení mezi Top Drive a pažnicovou kolonou,
- instalace zařízení pro manipulaci s pažnicemi místo s konvenční vrtnou kolonou.

Základním příkladem výše uvedené koncepce moderních vrtných souprav jsou vrtné soupravy kanadské společnosti TESCO Corp. s označením CDR HA (CDR - Casing Drilling Rig, HA – Hydraulic Automated – hydraulicky ovládaná automatizovaná vrtná souprava s technologií vrtání pažnicemi). Soupravy se vyrábějí ve čtyřech základních typech s označením CDR 100, 150, 200 a 250 HA, kde číselné označení se vztahuje ke kapacitě jejich statické nosnosti v tunách (1.000 – 2.500 kN). Souprava je konstruovaná k využití technologie CWD. Souprava používá systém pro automatickou manipulaci s trubním materiálem, který je konstruován speciálně pro CWD (a může být samozřejmě použitý i pro vrtné trubky). Kromě skladovacích a přísunových můstků pro pažnice, používá systém manipulačního, hydraulicky ovládaného nosiče pro přepravu trubek na pracovní plošinu soupravy. Můstky umožňují uložení až 4.000 m pažnic (u soupravy CWD 250 HA) a jejich automatizovaný přísun směrem k hydraulickému manipulačnímu nosiči. Otáčecí systém a vyklápěcí ramena přísunových můstků uloží jednotlivé pažnice do žlábků v manipulačním nosiči. Nosič je uváděn do pohybu

hydraulickým válcem a přemístí v něm uloženou pažnici až do průchodu na úrovni pracovní plošiny, kde se pažnicová objímka dopravované pažnice dostane do manipulačního prostoru naklápačického kloubového hydraulického elevátoru, který je pak připojen k dopravované pažnici a následně ji zvedá do vrtné věže. Souprava využívá Top Drive vlastní konstrukce model TESCO 250 HMJS, který má statickou nosnou kapacitu 2.500 kN a kapacitu v krutu 28.470 Nm. Dosahuje 175 otáček za minutu. Obsahuje všechny standardní funkce pro manipulaci s trubkami a také CDS. Vrtnou soupravu lze modifikovat podle požadavků jako Casing Drilling Rig nebo konvenční vrtnou soupravu pro vrtání s vrtnými trubkami.

Dalším příkladem jsou vrtné soupravy nizozemské společnosti Huisman Equipment BV s označením LOC (Land and Offshore Containerized Drilling Rig – kontejnerová vrtná souprava pro vrtání na pevnině i na moři). Vrtné soupravy jsou vyráběny ve společnosti HK Konstrukce s.r.o. v České republice. Moderní koncepce základního typu této vrtné soupravy LOC 250 byla uvedena na trh v roce 2005. Souprava byla zkonstruována také k využití technologie CWD. Požadavky na rychlejší vrtání, větší pružnost a aplikaci pro hlubší vrty vyústily v produkci dalšího typu této vrtné soupravy a to LOC 400.

Vrtná souprava LOC 400 představuje konstrukční řešení současných náročných požadavků v hlubinném vrtání firmou Huisman Equipment BV. Je konstruována pro aplikace v kategorii středně těžkých a těžkých souprav s hloubkovým dosahem 6.000 m. Souprava má ucelenou konstrukci a tvoří jeden komplex. Všechny komponenty, včetně vrátků, Top Drive, výplachových čerpadel, pohonné jednotky, systému pro úpravu výplachu, zařízení pro manipulaci s trubkami a zařízení na ústí vrtu, jsou předem testovány, aby zajistily provádění bezporuchových operací. Všechny systémy jsou sloučeny do plně integrovaného řídicího a monitorovacího systému, který je ovládán z jednoho řídicího pultu.

Hlavní přednosti soupravy LOC 400 lze spatřovat v této koncepční charakteristice:

- komplexní konstrukční řešení pro konvenční vrtání a technologii CWD,
- kontejnerová konstrukce,
- aplikace prvků automatizace v procesu vrtání,
- ucelená konstrukce,
- pohonná jednotka konstruovaná pracovat v sestavě s generátorem nebo místní sítí.

Technologie vrtání pažnicemi - CWD umožňuje vrtání s pažnicemi průměru od 4 ½" do 18 5/8" s nosnou kapacitou 3.170 kN a maximálním krouticím momentem 61.100 Nm.

Automatizace procesu vrtání je řešena dvěma aspekty. Jednak automatickou manipulací s trubním materiálem a jednak automatizací samotného vrtného procesu.

Vrtná souprava je vybavena automatickou manipulací s trubním materiálem, umožňující bezpečnou manipulaci jak s pažnicemi, tak i s vrtnými trubkami, které je zcela jiné konstrukce než v předchozím případě. Manipulační zařízení vyzvedne trubku z horizontálního stojanu a umístí ji vertikálně přímo na střed vrtu, kde ji převezme Top Drive s upínacím pažnicovým zařízením. Automatické manipulační zařízení pracuje s maximální hmotností trubního materiálu 3 t a maximální délkou 14,3 m. K rotaci a zašroubování trubky je použitý Top Drive nebo speciální šroubovací kleště. Automatické záchytné klíny jsou začleněny do rotačního stolu. Celý proces je řízený z kabiny vrtaře, což eliminuje přítomnost vrtného personálu na pracovní plošině. Manipulace s pažnicemi je stejná jako s vrtnými trubkami

Automatické vrtání je použito k udržování konstantního přítlaku na vrtný nástroj nebo konstantního tlaku ve výtlačném výplachovém potrubí. Měření zatížení na háku kladkostroje není snímáno z tahu na mrtvém konci lana jako u konvenčních vrtných souprav, ale v čepovém spoji spodního bloku kladkostroje, což eliminuje tření a hystereze v měřeném signálu zatížení. Řízení pohybu vrátků je velmi přesné s precizním řízením rychlosti bez použití mechanických brzd. To má za následek zlepšený výkon vrtání a menší hlučnost z hlediska působení na životní prostředí.

## 5. Závěr

Dnes již lze konstatovat, že po období vývoje, řady provozních zkoušek i provozní aplikace stává se systém CWD osvědčenou technologií pro řešení problémů při vrtání a snižování nákladů. Zatím co je technologie vrtání systémem CWD stále ještě považována za nějaký nekonvenční způsob vrtání, užitečnost jejího použití je stále více zřejmá pro operátory v naftovém průmyslu. Je to nejen z důvodu eliminace častého těžení a zapouštění vrtné kolony, ale úspory ze snížení problémů ve vrtu mohou být dokonce ještě významnější. Systém CWD např. poskytuje schopnost průběžné cirkulace ve vrtu, což je přirozeně bezpečnější než nechat vrt ve statickém stavu bez možnosti cirkulace. Redukce těžení nářadí z vrtu snižuje také nárazové a pístové tlakové změny, které mohou vést k potížím při tlakovém řízení vrtu.

Je zřejmé, že na první pohled mají potenciální uživatelé systému CWD představu, že použití tohoto nářadí pravděpodobně povede k nehodám a k havarijním událostem jako jsou přichvaty pažnicové kolony, úhyby od havarovaného nářadí, dodatečné pažnicové kolony k záchraně vrtů či dokonce ztráty vrtů. Dosavadní zkušenosti z praktické aplikace této technologie však tyto obavy nenaplnily a to také z důvodu možnosti pohybu s pažnicemi a stálé cirkulace výplachu. Naopak, k již zmíněným výhodám přistupuje zvýšená bezpečnost prováděných operací snížením počtu personálu a eliminací prací ve výškách a mimo dohled vedoucího prací.

Samozřejmě, že před aplikací technologie CWD musí být u každého vrtu provedeno prozkoumání podmínek ve vrtu, jako je pravděpodobnost nepředpokládaných událostí, tlakové poměry a litologická charakteristika hornin apod., aby se vyhodnotila konstrukční kritéria navržených pažnic, jejich spojů, vystrojení pažnicové kolony atd.

Získané zkušenosti z praktických aplikací systémem CWD vedly již k provedení množství opatření v jednotlivých aspektech technologie vrtání a také k řadě konstrukčních úprav na vrtných soupravách, které jsou již k tomuto účelu příslušně vybaveny. To vše vytváří předpoklady k tomu, aby se způsob vrtání s pažnicemi stal v budoucnosti reálnou technologií vrtání, zejména v obtížných a problémových oblastech.

*Tento příspěvek vznikol s podporou Odboru vedy a techniky MŠ SR pre aplikovaný výskum úlohy AV 4/2021/08.*

#### **Literatura**

- [1] Fisher P.A.: Unique rig design continues to attract operators, World Oil, 10/2008, str.75-78.
- [2] Fontenot K., Highnote J., Strickler R., Beierback E., Angman P.: New Rig Design Enhances Casing Drilling Operations in Lobo Trend, článek WOCD-0306-04, prezentovaný na World Oil 2003 Casing Drilling Technical Conference, Houston, 6. – 7.3.2003.
- [3] Fu F., Actis S.C., Strachan K.: Casing drilling optimizes pre-drill program's drilling efficiency, World Oil, 3/2009, str. 39-42.
- [4] Gaurina-Medimurec N.: Casing Drilling Technology, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Vol. 17, str. 19-26, Zagreb, 2005.
- [5] Houtchens B., Foster H., Tessari B.: Analysis of casing while drilling shows faster drilling, higher production rates World Oil, 3/2008, str. 101-106.
- [6] Pinka J., Sidorová M., Dudla N.A.: Vrtné súpravy a ich diagnostikovanie, EQUILIBRIA, s.r.o., Košice 2009, ISBN 978-80-89284-28-3.
- [7] Robinson S.D., Bealessio T.M., Shafer R.S.: Casing drilling eliminates lost returns, World Oil, 3/ 2009, str. 31-37.
- [8] Tessari R.M., Madell G.: Casing Drilling - A Revolutionary Approach to Reducing Well Costs, článek SPE/IADC 52789, prezentovaný na 1999 SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, 9.–11.3.1999.
- [9] Warren T., Houtchens B.: Directional Drilling with Casing, článek SPE/IADC 79914, prezentovaný na SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, 19.–21.2. 2003.
- [10] Warren T., Houtchens B. Madell G.: Casing Drilling Technology Moves to More Challenging Applications, článek AADE 01-NC-HO-32, prezentovaný na AADE 2001 National Drilling Conference, "Drilling Technology- The Next 100 years", Houston, March 27. – 29.3.2001.
- [11] Firemní materiály společnosti Huisman Equipment BV, The Netherlands
- [12] Firemní materiály společnosti TESCO Corp., Alberta, Canada