



PODBANSKÉ 2018  
SLOVAKIA

NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VRTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHĽOVODÍKOV  
PODBANSKÉ 2018

## POUŽITIE TECHNIKY A TECHNOLOGIE VRTANIA VEĽMI HLBOKÝCH VRTOV NA ROPU A ZEMNÝ PLYN

*Marina Sidorová<sup>1</sup>*

### Use of drilling techniques and technology for deep drilling on oil and natural gas

**Abstract:** *The introduction of rotary drilling, however, was only the beginning of a long series of successful innovations and the progress made during the 20th century in the drilling of oil wells. Some of the most important innovations have helped to increase the efficiency of oil production while also enabling the search for oil deposits.*

**Key word:** *usmernené vrtanie, vrtné techniky a technológii, najhlbšie a najdlhšie vrty*

### Úvod

Vrtanie ropných vrtoch má viac ako storočnú históriu. A po celú dobu sa v dôsledku mnohých inovácií rýchlo rozvíjalo vrtanie ropných vrtoch. S rozvojom technológie pri vrtaní vrtoch sa tiež zvýšila produkcia ropy, čo v konečnom dôsledku viedlo k rozvoju celej civilizácie.

Jednou z prvých inovácií vo vrtoch ropných vrtoch je vynález rotačnej metódy vrtania. Rotačné vrtanie sa začalo používať v 90 rokoch 19. storočia. Predtým bola použitá časovo náročná a neúčinná metóda vrtania nárazovým káblom. Rotačná metóda bola oveľa účinnejším spôsobom vrtania [1].

### 1. Techniky a technológie vrtania najhlbších vrtoch

V súčasnej dobe existujú dva základné spôsoby na extra hlboké vrtanie - turbinné a rotačné. Vo svetovej praxi prieskumu ropy a plynu sa používa hlavne rotačné vrtanie.

Hlboké a extra hlboké vrty majú teleskopický dizajn (obr. 1). Vrtanie začína od najväčšieho priemeru (92 cm v Kol'skom vrte, 71 cm vo vrte KTB-Oberpfalts). Spodná časť Kol'ského vrte bola vyvrtaná s priemerom 21,5 cm a priemer vrte KTB-Oberpfalz na počve vrte bol 16,5 cm. Mechanická rýchlosť vrtania extra hlbokých prieskumných vrtoch je 1-3 m.h<sup>-1</sup>. Za jeden cyklus medzi spúšťacími a zdvíhacími operáciami vrty sa prehĺbujú o 6-10 m. Priemerná rýchlosť zdvíhania dláta je 0,3-0,5 m.s<sup>-1</sup>. Najmenej 10 % času sa vynaloží na meranie vo vrte. Všeobecne platí, že vrtanie jedného extra hlbokého vrte trvá roky a je veľmi nákladné [3].

Na vrtanie Kol'ského vrte v Rusku bolo vyrobené vrtné zariadenie BU-15000 s nosnosťou 400 ton s tlakom 400 kg.cm<sup>-2</sup> s maximálnou automatizáciou vrtacích procesov (spúšťacie a zdvíhacie operácie) a bezproblémovou reguláciou hlavných technických procesov. Zariadenie bolo určené na vrtanie vrtoch do hĺbky 15 km. Automatizácia umožnila niekoľkokrát zvýšiť rýchlosť vrtania [4].

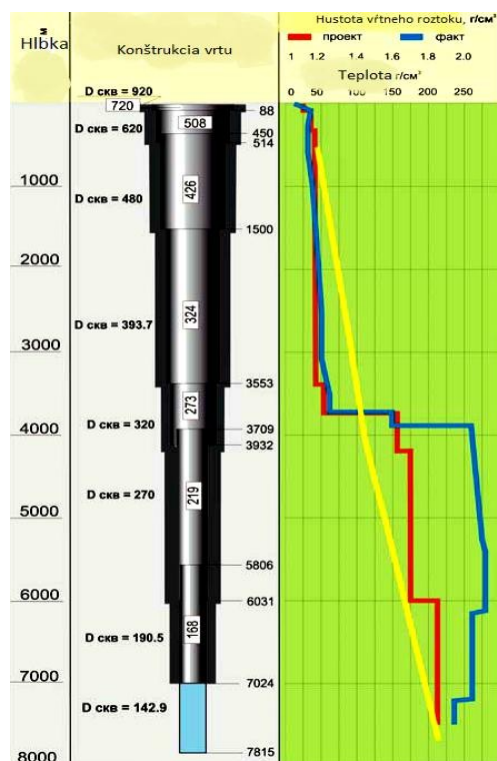
Extra hlboké vrtanie viedlo k vylepšeniu konštrukcie a zvýšenej tepelnej stability objemových motorov a ponorných turbín, ktoré mohli pracovať pri teplotách až 160-180°.

Špeciálne pre vrtanie hlbokých a extra hlbokých vrtoch boli navrhnuté a zavedené do výroby:

- nástroje na rozpojovanie hornín a motory zodpovedajúce charakteristickým podmienkam vo vrte,
- teplovzdorné prevodovky s turbo dlátami, stabilne pracujú pri rýchlosti otáčania 80 až 200 ot.min<sup>-1</sup> (objemový motor pracuje bez otáčania vrtnej kolóny nad ponorným motorom alebo otáčania pri minimálnej rýchlosti 2 až 4 ot.min<sup>-1</sup>).

<sup>1</sup> Ing. Marina Sidorová, PhD., ÚZZ, FBERG, TU v Košiciach

- účinné prostriedky na vytvorenie rotácie PDC dlát, bez ktorých nie je možné vrtanie objemovým motorom v hĺbke viac ako 8-9 km s riadením procesu pozemnými snímačmi,
- nové typy zariadenia na odoberanie bočných vrtných jadier, ktoré poskytli prijateľné miery výnosu horniny prakticky po celej hĺbke vrtu (percento odstránenia jadra z väčších hĺbok stúpa o 2-3 krát v porovnaní s bežnými),
- nová technológia pre odstraňovanie rôznych komplikácií pri vrtaní metódou neorientovaného vrtania nového ústia bez inštalácie cementového mostíka, ktorý sa úspešne trikrát použil pri vrtaní Kol'ského extra hlbokého vrtu v hĺbkach viac ako 7 km,
- rada unikátnych prístrojov a zariadení, ktoré zabezpečili realizáciu najkomplexnejších vrtov vo svete, ktoré poskytovali spektrometrické prieskumy pri teplotách do 250°C a tlakoch do 210 MPa a ďalších.



Obr. 1. Konštrukcia Jen-Jachinského extra hlbokého vrtu [3].

Podmienky vrtania pre niektoré vrtv sú uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1. Hlavné parametre niektorých najhlbších vrtov NPC Nedra v sedimentoch [1].

Vrt	Hĺbka, [m]	Teplota [°C]	Tlak, [MPa]	Hustota výplachu, [g.cm <sup>-3</sup> ]
Timano-Pečorský	6 904	122	90	1.30
Kolvinský	7 057	168	115	1.62
Ťumenský SG-6	7 502	210	145	1.95
Jen-Jachinský SG-7	8 250	215	160	2.12

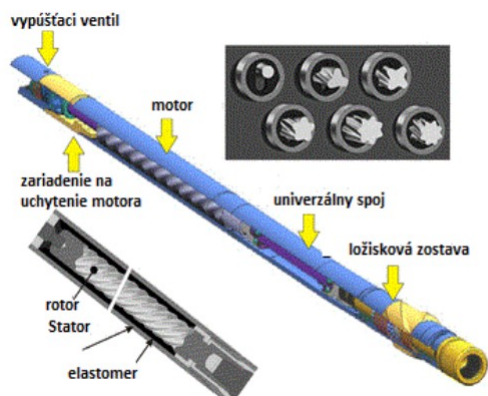
### 1.1. Zariadenia pre usmernené vrtanie

Väčšina zariadení pre usmernené a horizontálne vrtanie je zvyčajne rovnaká ako pre vertikálne vrtanie. Rozvoj techniky pre usmernenie vrtov poháňajú moderné nástroje. Podľa histórie vývoja techník pre usmernenie vrtov je možné hlavné nástroje zhrnúť nasledovne: nástroje na odklon vrtu, hlbinný motor, RSDS (rotary steerable drilling system) a vertikálny systém vrtania. V horizontálnom a v usmernenom vrtaní sa PDM (positive displacement motor) nástroje používajú častejšie (Obr. 2). Nástroje turbo dláto (Obr. 3) sa tiež môžu používať aj pri vertikálnych, aj pri usmernených vrtoch.

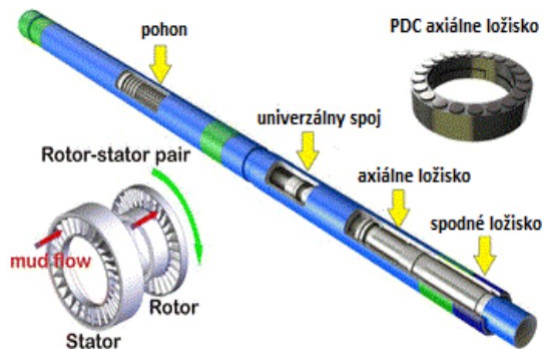
Použitie rotačného riadiaceho systému vrtania (RSDS) môže pomôcť pri optimalizácii usmerneného vrtania. Kvôli úplnému otáčaniu vrtacieho pásu sa môže znížiť unášacia sila v dôsledku posunu vrtacieho pásu,

zvýšiť účinnosť prenosu váhy na dláto (WOB - weight on bit), tým sa zníži riziko zadrhnutia, zlepši sa ROP a dosiahne sa vynikajúce čistenie vrtu, ako je znázornené na (Obr. 4).

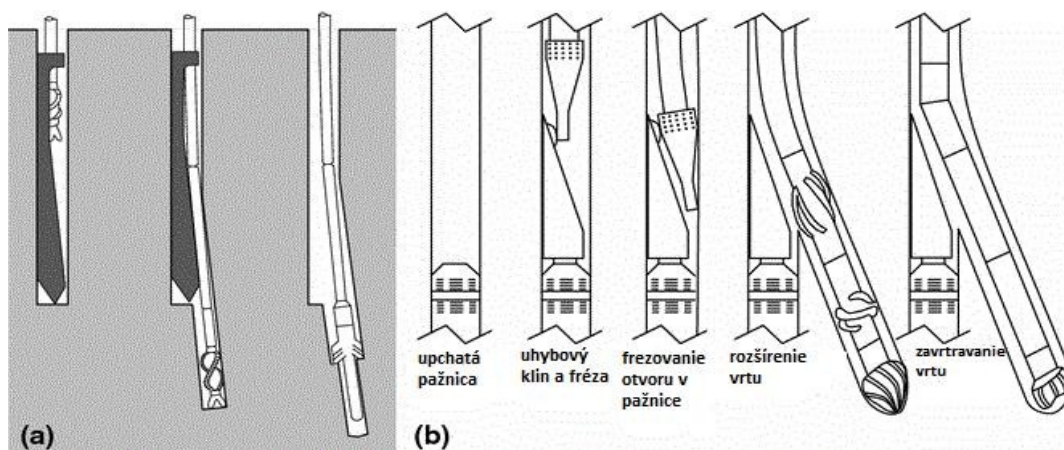
Schéma uvoľniteľného a permanentného ohybového klinu (Obr. 4).



Obr. 2. Ponorný motor (PDM) s príslušenstvom [5].



Obr. 3. Ponorná turbína [5].

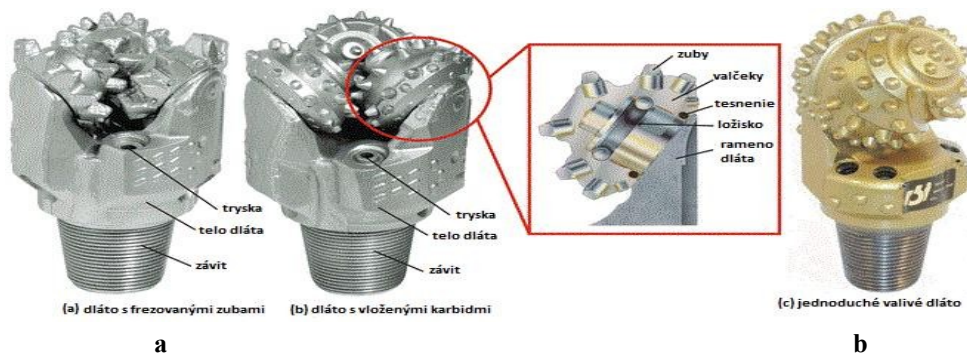


Obr. 4. Schéma uhybového klinu: a – uvoľniteľný, b – permanentný [5].

### 1. Techniky merania krivosti

Prieskum v usmernených vrtoch je kľúčovým aspektom riadenia trajektórie vrtu, meria sa v rôznych hĺbkach sklon a smer. Meracie zariadenia sú potrebné pre usmernenie úhybového klinu, krivého prechodu a ohybového plášťa. Používajú sa 2 skupiny meracích zariadení: merania počas vrtaní (MWD) a merania po vrtaní. Magnetické prístroje na jeden záznam, magnetické prístroje na viac záznamov, elektronické prístroje na jeden záznam a elektronické prístroje na viac záznamov, sa zvyčajne používajú na meranie trajektórie vrtu po vrtaní, ale pre usmernené vrtanie je to nepraktické a neefektívne.

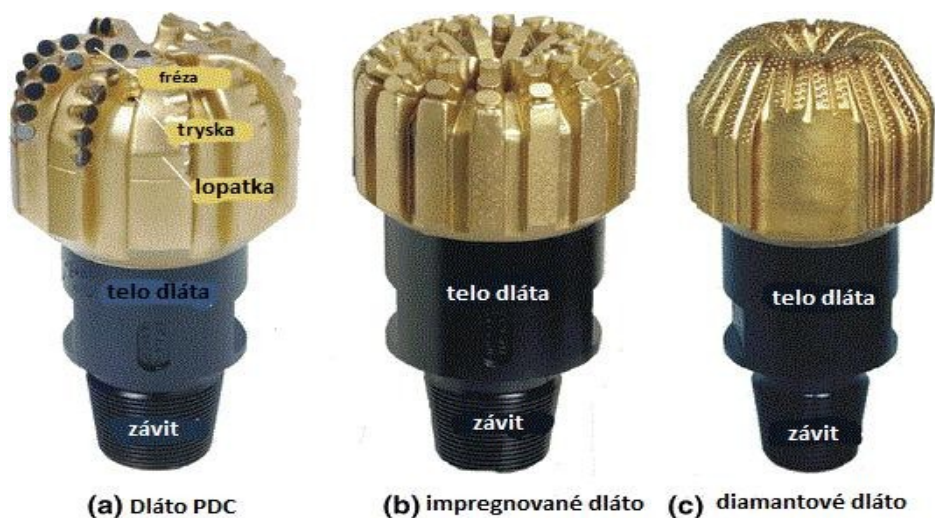
#### 1.3 Vrtne dláta



Obr. 5. Typické valivé dláta: a-trojkuželové, b-jednodušie valivé [5].



Vo vrtaní, dláto je nástroj, určený na vytvorenie otvoru v zemskej kôre rotačným spôsobom vrtania. Priemer dláta je pomerne malý, čo je okolo 3-1/2" až 30" (8,9 cm až 76,2 cm). Hlboké ložiska sa mechanicky rozrušia reznými prvkami dláta, (ktoré sa nazývajú zuby alebo rezný nástroj). Podľa rezacieho mechanizmu dláta sa klasifikujú do skupín: valivé dláta (Obr. 5), dláta s reznými elementmi (Obr. 6) a hybridné dláta (Obr. 7).



Obr. 6. Dláta s reznými elementmi [5].



Obr. 7. Hybridné dláta [5].

#### 1.4 Vrtné výplachy

Vrtné kvapaliny sa používajú na podporu produkcie a odstraňovanie úlomkov z vrtu. Existuje veľa druhov vrtných kvapalín, ktoré sa používajú pri vrtaní na ropu a plyn, sú klasifikované podľa ich zloženia: vrtné kvapalina na báze plynu (GBDF), na báze vody (WMB), na báze ropy (OBM).

### Vývoj technológie usmerneného vrtania

#### 2.1 Prvá generácia techniky usmerneného vrtania

Prvá generácia techniky usmerneného vrtania je výsledkom počiatočného usmerneného vrtania. Existujú dva druhy zakrivenia vrtu:

1. Pasívne usmernené vrtanie: k odklonu vrtu dochádza prirodzeným spôsobom v závislosti od prevrtávaných hornín, úklonu vrstiev. Je to neriadené zakrivenie vrtu.
2. Aktívne usmernené vrtanie: používajú sa niektoré špeciálne zariadenia, nástroje a technologické opatrenia na aktívne riadenie trajektórie vrtu. Používa sa konvenčná zostava na počve vrtu (BHA) a úhybový klin.

## 2.2 Druhá generácia techniky usmerneného vrtania

Druhá generácia techniky usmerneného vrtania je výsledkom vývoja zariadení a nástrojov (ponorný motor, motor PDM, monitorovacie metódy).

## 2.3 Tretia generácia techniky usmerneného vrtania

Tretia generácia techniky usmerneného vrtania je výsledkom vylepšenia metód monitorovania alebo nástrojov (merania počas vrtania (MWD), ktorý zlepšuje meranú a kontrolovanú presnosť, počas vrtania je možné vykonať zakrivenie vrtu), vylepšené PDM nástroje a zariadenia k zavrtávaniu úhybu.

## 2.4 Štvrtá generácia techniky usmerneného vrtania

Štvrtá generácia techniky usmerneného vrtania je výsledkom automatizácie vrtania, vynález rotačného riadiaceho systému vrtania k počvovej orientácii náradia (RSDS).

### Záver

V súčasnosti je možné vyvítať hlboký vrt s hĺbkou 6 000 m za približne 3-6 mesiacov, zatiaľ čo hlboký vrt s hĺbkou 8 000 m sa dá vyvítať za viac ako za rok. Skutočné dôvody a výzvy je možné zhrnúť nasledovne:

1. Neisté geologické podmienky sú pri veľmi hlbokých vrtoch výrazné: neistá litológia ložiska, neistý ložiskový tlak, neurčitá hĺbka ložiska.
2. Je nedostatok technológie vrtania kvôli tomu, že súčasné technológie sa nedokážu prispôsobiť požiadavkám hlbokého alebo veľmi hlbokého vrtania. Ak sa vrt vrta hlbšie, je aj viac súvrství, na ktoré sa pri vrtaní narazí.
3. Typickými charakteristikami hlbokých alebo veľmi hlbokých vrtov sú vysoký tlak a vysoká teplota, ktoré spôsobujú sériu problémov pre nástroje a zariadenia a pre pracovné kvapaliny.
4. Vzájomné pôsobenie viacerých faktorov môže zvyčajne spôsobiť zložitejšie problémy. Napríklad, za predpokladu, že horná formácia sa dostáva bližšie k zlomu.

Teda, aby sa vyriešili vyššie uvedené problémy, mali by sa vyriešiť alebo zlepšiť aj kľúčové techniky (vhodný návrh konštrukcie vrtu, riešenie dvoch alebo viacerých tlakových systémov, ktoré sa vyskytujú v tom istom vrte, vysoko účinná technológia vrtania a rozpojovania horniny, udržiavanie stability vrtu, vrtný výplach s vysokou hustotou ( $>2400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) a s vysokou teplotnou odolnosťou ( $> 200^\circ \text{C}$ ), vysoká odolnosť voči vysokej teplote ( $> 200^\circ \text{C}$ ) zariadení MWD a vrtných nástrojov atď.)

### Literatúra

- [1] BP Statistical Review of World Energy 2017 <http://vseonefti.ru/upstream/>
- [2] Vsio o nefii, 2011 <http://vseonefti.ru/upstream/top-5-innovaciyi-v-bureanii.html>
- [3] Pinka J., Sidorova M., Andrejevič Dudla N., 2009: Vrtné súpravy a ich diagnostikovanie.
- [4] Stručná história vrtných ropných a plynových vrtov, 2011 <http://oilloot.ru/78-tekhnika-i-tekhnologii-stroitelstva-skvazhin/277-kratkaya-istoriya-bureniya-neftyanykh-i-gazovykh-skvazhin>
- [5] Haige Wang, Yunhua Ge, Lin Shi, 2017: Technologies in deep and ultra-deep well drilling: Present status, challenges and future trend in the 13th Five-Year Plan period (2016–2020).
- [6] Belokôň T.V., Gorbačov V.I., Beľajeva G.L.: O umiestnení hlbokých a extra hlbokých vrtov vo všeobecnom systéme klasifikácie vrtov a prieskumu hlbokého potenciálu ropy a plynu. Archív materiálov sympózií a konferencií. 2001
- [7] Kozlovský, E.: Hlbinné štúdie o Zemi. Február 2003.
- [8] Oxenojd, E.Ya.: Technológia vrtania hlbokých a extra hlbokých vrtov. Problémy a riešenia. <http://www.nedra.ru/rus/activity/archive/param/abstracts/51.php>
- [9] Popov V.S., Kremenecky A.A.: Hlboké a extra hlboké vedecké vrtanie na kontinentoch. 1999.
- [10] Tianshou Ma, Ping Chen, Jian Zhao, 2016: Overview on vertical and directional drilling technologies for the exploration and exploitation of deep petroleum resources.