

Využití technologie rotačně-příklepného vrtání v důlních podmínkách OKR a při vrtání vrtů pro tepelná čerpadla

Josef Mazáč¹ a Jiří Koniček²

Use of the Rotary-Percussion Drilling Technology in the OKR Mining Conditions and by Drilling the Wells for Purposes of Heating Pump Installation

Sedimentary rocks in the Ostrava-Karviná Coalfield (OKR) especially the Saddle Seams of the Karviná Formation are marked with considerable abrasive property following from the high content of siliceous component in these rocks. In these conditions drilling, using the classic methods seems to be economically unefficient.

Some experiences from use of the new method – rotary-percussion drilling technology, using downhole drills and tested by OKD, DPB s.c. Paskov under various conditions in the OKR mines and also from drilling the wells for heating pump fitting commonly with the proposal of the innovation of this technology are presented in this paper.

Key words: the Rotary-Percussion Drilling, Heating Pump

Úvod

Technologie hloubení vrtů s využitím povrchových a ponorných vrtacích kladiv představuje v celosvětovém měřítku jednu z rozhodujících metod rozpojování horniny pro nejrůznější účely. Zejména pak vrtání s ponornými vrtacími kladivy je uplatňováno ve stále větším rozsahu v různých oborech lidské činnosti, spojených s vrtnými pracemi. Dosahování vysokých rychlostí vrtání ve tvrdých a velmi tvrdých abrazivních horninách je jednou z příčin častého nahrazování technologie rotačního vrtání, která je v mnoha případech po stránce výkonové na vrcholu svých možností, technologií rotačně-příklepného vrtání ponornými kladivy.

Vývoj a výroba ponorných vrtacích kladiv prošly určitými etapami charakteristickými počáteční snahou světových firem prosadit se samostatně na světových trzích až po současnost, kdy vzniká řada národních a nadnárodních společností sdružujících často i několik výrobců, kteří spojili společné síly a zkušenosti při prosazování svých výrobků v celosvětovém měřítku. Takovým příkladem spojení většího počtu firem při vývoji a výrobě ponorných vrtacích kladiv jsou např. výrobky s označením Sandvik-Mission, které dodává na trh firma Sandvik Tamrock AB, divize Driltech Mission. Jiným příkladem jsou např. ponorná vrtací kladiva s označením Atlas Copco Secoroc. Výsledkem takové spolupráce je pak vývoj a výroba nových progresivních variant ponorných kladiv jak ve standardním provedení pro vrtání klasickou technologií, tak ve speciálním provedení pro vrtání s využitím některých netradičních metod hloubení vrtů. V České republice jsou vývoj a výroba ponorných kladiv spojeny s firmou Permon Křivoklát.

Současný trend ve vrtání v OKD i v oblasti povrchového vrtání potvrzuje nárůst v používání technologie rotačně-příklepného vrtání. V důlním prostředí se jedná hlavně o vrtání v abrazivních pískovcích a slepencích sedimentových vrstev, na povrchu u vrtaných studní a hlavně při vrtání vrtů pro tepelná čerpadla.

Novou myšlenkou, jejíž realizací by došlo ke zlepšení stávajícího stavu a rozšíření možností využití technologie rotačně-příklepného vrtání jak v důlních podmínkách, tak na povrchu, by bylo nasazení ponorných vrtacích kladiv na vodní pohon.

Využití technologie rotačně-příklepného vrtání v důlních podmínkách

Používání rotačně-příklepného vrtání při provádění bezjádrových vrtů v důlních provozech OKD vyžaduje přísné dodržování základních bezpečnostních pravidel a postupů v oblasti vrtání, manipulací s vrtacím kladivem, vrtnými tyčemi a kompresorem, které doplňují a upřesňují obecně platné bezpečnostní předpisy pro provádění vrtných prací v plynujících dolech. Výbušné prostředí dolů je kromě výskytu CH₄ umocněno také existencí uhelného prachu, který tvoří se vzduchem výbušnou směs. Značná pozornost je věnována také nebezpečným geomechanickým jevům – horským otřesům a také hygieně práce.

¹Doc.Ing.Josef Mazáč, CSc., Institut geologického inženýrství, HGF VŠB-TU Ostrava, tř. 17. listopadu, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika (Institute of Geological Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu Sq., 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic)

² Ing. Jiří Koniček, OKD, Důlní průzkum a bezpečnost, a.s., 739 21 Paskov, Česká republika (OKD, DPB, s.c., 739 21 Paskov, Czech Republic)
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná dňa 17.8.2004)

Vrtání bezjádrových vrtů v důlních provozech OKD je realizováno s ohledem na výše uvedené bezpečnostní požadavky s využitím následující technologie a technických prostředků:

- v důlních podmínkách je zakázáno používání vzduchového výplachu a proto jsou vrty vrtány s pěnovým výplachem;
- pravidelně je dle bezpečnostních předpisů měřena koncentrace metanu;
- vrtná osádka musí být minimálně dvoučlenná;
- před zahájením vrtání musí být provedena kontrola ukotvení tlakového rozvodu vzduchu;
- pro vrtání jsou používány vrtné tyče o průměru 70 mm se závitem SVJ 50;
- k vrtání jsou používána ponorná 4" kladiva z Permonu Křivoklát VKP 90-1 stavěná pro tlaky 0,5 – 1,2 MPa a množství cca 100 l/s. Do kladiva je při vrtání olejovačem dávkován ekologický olej;
- jako zdroj tlakového vzduchu je používán kompresor Atlas Copco XAH4 PTO v nevýbušném provedení, který dodává množství $Q = 160$ l/s vzduchu při tlaku 1,2 MPa. Stlačený vzduch je na pracoviště veden vysokotlakým rozvodem. Pohon kompresoru je zajišťován elektrickým motorem o výkonu 110 kW;
- dávkování roztoku pěny Modifoam 735 v koncentraci 0,5 – 1,0 % do tlakového rozvodu vzduchu je zajišťováno podávacím čerpadlem Schmidt-Kranz G 35 ZL;
- pěna na ústí vrtu musí být účinně likvidována roztokem odpěňovače Defoamer 791 v koncentraci 1,0 – 2,0 %.

Zkušenosti, získané z vrtání technologií rotačně-příklepného vrtání v důlních podmínkách OKD jsou zpracovány na základě sledování a vyhodnocení této technologie na Dole Doubrava (9. – 10. patro, třída 23726 I), kde byly v předpolí porubu č. 237 78 hloubeny bezjádrové geomechanické vrty pro bezvýlomovou trhací práci.

Během ověřovacího provozu bylo odvrtáno rotačně-příklepným způsobem celkem 42 vrtů v délkách od 61 m do 66 m, přičemž celkový odvrt kladivem činil 2 555 m. Pro vrtání byla nasazena vrtná souprava RVS-3, hlavní technologický prvek celého systému tvořilo ponorné vrtací kladivo VKP 90-1 (fa. Permon Křivoklát) s roubíkovými korunkami $\varnothing 95$ mm (ve dvou případech $\varnothing 100$ mm) s kulovým nebo balistickým tvarem roubíků. Otáčky vřetené vrtného stroje se pohybovaly v rozmezí kolem 30 – 40 min^{-1} .

S ohledem na předpokládanou vysokou prašnost při vrtání a bezpečnostní předpisy musel být použit jiný než vzduchový výplach (běžný např. při vrtání v lomech), v tomto případě pěnový výplach. Pěna byla tvořena tak, že čerpadlem G 35 ZL (Schmidt-Kranz) byl přes směšovač do vzduchového rozvodu dávkován 1 % roztok pěnicího přípravku Modifoam 735 (BDC) v množství 6 – 8 $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$. Pro pohon vrtacího kladiva byl použit vzduchový kompresor Atlas Copco XAH4, vrtné trubky $\varnothing 70$ mm o délce 1 m byly opatřeny závitem SVJ 50.

Ve sledovaném období bylo odpracováno celkem 169 provozních směn, tj. 1 532 hodin, přičemž vedle časových údajů o samotném „čistém“ vrtání byly sledovány ještě tyto následující časové údaje: doba těžení a zapouštění náradí, pomocné práce, strojní poruchy, instrumentace, čekání, cesta (na pracoviště a zpět), doprava, montáž a demontáž vrtného stroje.

Při celkovém odvrtu 2 555 m byl dosažen výkon 6,91 m/hl.sm (čistý výkon 32,93 m/hl.sm) při průměrné dosažené rychlosti vrtání 8,23 $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$.

(Pozn.: Za časové období 1998 – 2003 byl dosažen výkon 7,46 m/hl.sm při celkovém odvrtu 20 188 m).

Po vyhodnocení vrtných prací na výše uvedené lokalitě byly zjištěny následující poznatky:

- relativně velmi nízké procento čistého vrtání, které je kromě níže uvedených příčin sníženo časem na cestu na pracoviště a z pracoviště;
- vyšší vrtný výkon a rychlost vrtání oproti rotačnímu způsobu; pro zvýšení celkového výkonu je třeba zvýšit podíl čistého vrtání na celkovém fondu pracovní doby, případně snížit ztrátové časy související s manipulací s vrtným strojem, kompresorem, ...;
- přímý průběh osy vrtů prováděných rotačně-příklepným způsobem (na čtyřech vrtech bylo provedeno inklinometrické měření);
- bezporuchový provoz kladiva;
- pro zvýšení životnosti roubíkových korunek je nutné dodržovat vrtný režim, hlavně nepřekračovat otáčky;
- v podmínkách vrtání v sedlových vrstvách jsou vhodnější korunky s balistickým profilem roubíků;
- dosažení relativně shodných výkonových výsledků s dlouhodobým průměrem.

Hloubení vrtů pro tepelná čerpadla

OKD, DPB a.s. se od počátku roku 1998 zabývá problematikou hloubení vrtů pro tepelná čerpadla. V březnu roku 1999 firma realizovala své první vrty pro tepelné čerpadlo, při jejichž realizaci získávala zkušenosti, a to především v oblastech vystrojování vrtů a výběru vhodné technologie.

Délky vrtů se pohybují v rozmezí 70 – 150 m v závislosti na technických, provozních a technologicko-geologických podmínkách. Důležitá je znalost geologických a hydrogeologických poměrů v dané lokalitě.

V počáteční fázi byly k vrtání vrtů pro tepelná čerpadla používány různé technologie, vycházející z geologických a dostupných technologických postupů a technických prostředků. Byly to zejména technologie:

- vrtání na sucho se zavrtáváním pažnic přes nestabilní horizonty,
- vrtání s přímým proplachem.

S ohledem na požadovaný vrtný průměr, který závisí na průměru patice s kolektory (nejčastěji čtyřdílná PE trubka), jejíž vnější průměr, který dnes firma OKD, DPB a.s. používá, je 100 mm a který je pro dosaženou rychlost vrtání a tedy i dobu ukončení celého vrtu jedním z rozhodujících faktorů se jevílo vrtání vrtů těmito výše uvedenými technologiemi jako zdlouhavé a tím i neekonomické. Z těchto důvodů byly proto postupně nahrazeny technologií rotačně-příklepného vrtání s použitím ponorných vrtacích kladiv.

Pro výběr vhodné vrtné soupravy byly rozhodující první provozní zkušenosti z nichž vyplynulo, že pokud má být cena 1 metru vrtu přijatelná jak pro zákazníka, tak rentabilní pro vrtného kontraktora, musí být takovéto vrty realizovány technologií, která zajistí jejich provedení v minimálním možném čase, a to v jakýchkoliv geologických podmínkách. Ve většině případů je nezbytné vrtání se současným pažním a z tohoto pohledu se jeví nejvýhodněji vrtná souprava umožňující současné vrtání s vrtnou i pažnicovou kolonou. Tento požadavek splňuje firma NORDMEYER a to novým progresivním řešením dvojité rotační hlavy. Jedná se o zařízení nahrazující těžké a nákladné provedení klasické dvojité hlavy způsobem speciální zatěsněné konstrukce dvojitého zákluzného mechanismu, který je součástí vybavení vrtné rotační hlavy.

Dvojitá rotační hlava Nordmeyer umožňuje:

- současný maximální přenos krouticího momentu na vrtnou i pažnicovou kolonu;
- při vrtání v těžkých geologických podmínkách (nestabilita stěn vrtu, přítoky, příchvaty) umožňuje rychlé zatažení vnitřní vrtné kolony, vrtající v malém předstihu před pažnicovou kolonou, do této kolony;
- řízení a kontinuální vynášení vrtné drtě do kontejneru dle situace na pracovišti;
- bezprašné vrtání;
- maximální ochranu vrtné osádky a okolí před vrtnou drtí ve vzduchovém (pěnovém) výplachu;
- zvýšení rychlosti vrtných prací, snížení náročnosti a nákladů na údržbu vrtného zařízení;
- snížení celkového zatížení zadní nápravy automobilového podvozku a tím zvýšení její mobilnosti v terénu.

Po provrtání nestabilních horizontů je dvojitá hlava demontována. Na hlavu pažnic je instalován těsnicí uzávěr a ve vrtání je pokračováno jen vrtnou kolonou s ponorným kladivem. Z těsnicího uzávěru je vrtná drť opět řízeně odváděna do kontejneru.

Vrty pro tepelná čerpadla jsou organizací OKD, DPB a.s. prováděny do hloubky až 150 m. Podle geologických poměrů, velikosti objektu a tepelných ztrát stavebního objektu bývá na jedné lokalitě realizováno i více vrtů.

V roce 2003 bylo odvrtno cca 35 000 m vrtů pro tepelná čerpadla. Z tohoto uvedeného množství bylo technologií rotačně-příklepného vrtání odvrtno 21 000 m. Tuto odvrtnou metráž můžeme rozdělit následovně:

- vrtání s pažicím systémem v kombinaci s ponorným kladivem a dvojitou hlavou, kdy jsou do vrtu současně zavrtávány vrtná i pažnicová kolona. Touto vrtnou sestavou se vrtají většinou úvodní části vrtů vyznačující se nestabilitou stěn vrtů (kvartérní sedimenty, svahové sutě aj.) nebo tektonicky porušené horizonty vrtů. Tímto kombinovaným vrtáním bylo odvrtno v roce 2003 cca 3 360 m. Vrtná kolona je složena ze dvousegmentového dláta Mitsubishi 115, které při vrtání ve svém rozevřeném stavu na 152 mm vytváří volný prostor pro zavrtávání pažnic. Mitsubishi v zavřeném stavu o \varnothing 114 mm je možno z vrtu společně s ponorným kladivem Atlas Copco COP 44 vnitřkem pažnicové kolony vytěžit;
- vrtání s ponorným kladivem Atlas Copco COP 44 je realizováno v další části vrtu, kdy vrchní nestabilní část zůstává zapažena zavrtanou pažnicovou kolonou. K vrtání se používají vrtná dláta o \varnothing 120 (115) mm s roubíky kulového, balistického tvaru nebo kombinovaná dle provrtávané horniny. Vrtná souprava Nordmeyer společně se speciální technologií umožňuje provádět vrty v kvalitě plně srovnatelné se zeměmi EU a Švýcarska.

Kromě pažicího systému Mitsubishi se v provozech OKD, DPB a.s. Paskov osvědčily i pažicí systémy TUBEX a CONCENTRIX. Nový, moderní systém SUPER JAWS by mohl v nejbližší době nahradit doposud používaný systém Mitsubishi.

Inovace v technologii rotačně příklepného vrtání v podzemí

V současné době jsou vývrty pro bezvýmlovou trhací práci většího rozsahu (BTPVR) realizovány s využitím dvou technologií:

- technologie rotačního vrtání – „klasická“ – je nejrozšířenější technologií pro vrtání vrtů pro BTPVR v OKD. Používá vrtné průměry 75, 76 a v poslední době nejvíce 93 mm. V předmětných oblastech, kde je nutno provádět BTPVR se jedná zejména o provrtávání pevných a velmi tvrdých pískovců a slepenců sedlových vrstev. Rychlost vrtání se pohybuje od 5 do 25 m za směnu pro vrtaný průměr 75 mm.
- technologie rotačně-příklepného vrtání – „nová“ technologie v podmínkách OKD, kdy je k vrtání používáno ponorných kladiv na vzduchový pohon s využitím vysokotlakých kompresorů (tlak max. 1,2 MPa, množství 160 l/s) a pěnového výplachu. K vrtání jsou používány vrtné trubky \varnothing 70 mm (SVJ-50) a ponorná kladiva Permon VKP-90 s dlátý 95 mm. Touto technologií je dosahováno až dvojnásobných rychlostí vrtání (špičkově až 60 m za směnu) ve srovnání s technologií rotačního vrtání.

Mezi hlavní výhody této technologie vrtání patří: vysoká rychlost vrtání – 50 % expozice zaměstnanců v dílech ohrožených horskými otřesy, větší realizační průměr – snížený počet vrtů při stejné efektivitě BTPVR a nižší zatížení důlního díla odpadní vodou z výplachu. Hlavními nevýhodami jsou: vyšší nároky na přípravné práce, oteplování důlního díla (motor o výkonu 100 kW), náročnější obsluha (ovládání dávkovacího čerpadla pěny, likvidace pěny), schvalovací řízení pro vysokotlaký kompresor v prostředí M 2.

Na základě požadavku geomechaniků byly ve zkušební štolě ve Štramberku realizovány zkoušky ve vrtech různých průměrů (120, 130, 152 mm) a úklonů (+ 25°, + 35°, + 50°) tak, aby mohl být lépe optimalizován vhodný vrtný průměr pro zvýšení účinnosti protiotřesové prevence. Při těchto zkouškách byly testovány následující typy ponorných kladiv:

- - VKP 90-1 - výrobce Permon Křivoklát (pro vrty o průměru 95 – 105 mm)
- - COP 44 - výrobce Atlas Copco (pro vrty o průměru 110 – 130 mm)
- - QL 50 - výrobce Ingersoll-Rand (pro vrty o průměru 130 – 152 mm).

Pro realizační zkoušky byla použita upravená vzduchová vrtná souprava RVS2 (úprava kotvení soupravy, omezení otáček na úroveň 50 – 100 při zachování krouticího momentu). Pro pohon kladiva byl použit mobilní kompresor XAHS 285 firmy Atlas Copco s dodávaným množstvím 280 l/s a tlakem 1,2 MPa, pro pohon vrtné soupravy a čerpadla G 35 ZL Schmidt-Kranz pro dávkování pěnového roztoku do tlakového rozvodu pro tvorbu pěnového výplachu byl použit stacionární kompresor s elektrickým pohonem v majetku VVUU, a.s. se vzdušníkem. Vrty byly hloubeny balistickými dlátý \varnothing 105, 130 mm a kulovými dlátý \varnothing 130 a 152 mm. Byly použity vrtné trubky \varnothing 70 mm v délkách 1,0 m se závitem SVJ 50. Součástí vybavení pracoviště bylo míchací zařízení a vana pro přípravu směsi Modifoam, směšovač, postřikové zařízení pro aplikaci Defoameru pro odbourávání pěny a další speciální zařízení nutná pro úspěšnou realizaci zkoušek.

V průběhu ověřovacího provozu byly odvrtány 3 + 3 + 2 vrty o délkách 15 m a průměrech 152, 120 a 130 mm s ponornými kladivy Atlas Copco a Ingersoll-Rand. Realizace vlastních ověřovacích vrtů byla provedena v období října a listopadu 2003. Byly dosaženy následující rychlosti vrtání:

- \varnothing 152 mm 6,0 – 7,5 m.h⁻¹
- \varnothing 130 mm 6,6 – 8,0 m.h⁻¹
- \varnothing 120 mm 7,2 – 9,0 m.h⁻¹.

Jedná se o špičkové rychlosti čistého vrtání, tj. bez ostatních manipulací.

Poznatky získané z provozu lze shrnout následovně:

- vrtná souprava RVS 2 K (upravená souprava RVS 2) neodpovídá svou tuhostí a krouticím momentem průměrům 130 mm a 152 mm. V případě vyztužení rámu je možno aplikovat soupravu pro průměr 130 mm;
- převodovka RVS 2 K neodpovídá požadavku na krouticí moment u průměru 152 mm – přetížení soupravy, destrukce, zamrzání vzduchových turbín;
- nutno řešit ochranu pracoviště před vynášenou horninou z mezikruží;
- pěnový výplach dostatečně zajistí výnos drtě a zamezí prašnosti;
- hmotnost kladiv Cop 44 a QL 50 neumožňuje zavrtání s převýškou nad 1 m bez dalšího navádění;
- pro zkoušené průměry je nutné realizovat zápichové lože pro přesné zavrtávání do směru a úklonu;
- vrtání větších průměrů technologií rotačně-příklepného vrtání s použitím ponorných pneumatikých kladiv je možné;
- provádění zkoušek technologií rotačně-příklepného vrtání stejnými typy ponorných kladiv průměrem větším než 100 mm pokračuje v současné době na Dole 9. květen.

Jednou z technologií, která představuje reálnou inovaci v oblasti použití rotačně – příklepného vrtání v důlních podmínkách OKR je vrtání s ponornými kladivy na vodní pohon.

Firma Sandvik ze Švédska vyvinula a dnes úspěšně provozuje (hlavně ve švédských železnorudných dolech k realizaci vrtů pro trhací práce) technologii rotačně – příklepného vrtání s využitím ponorných kladiv na vodní pohon – WASSARA. Jde o obdobu ponorného kladiva na vzduchový pohon, rozdíl je v tom, že WASSARA je

poháněna tlakovou vodou. Rovněž dláta se příliš neodlišují od typů používaných při vrtání se vzduchovými kladivy, nemají však plastický ventil dláta a jsou vyráběna z vrstveného tvrdokovu. Optimální stav pro vrtání je v případě, když je hmotnost pístu v úměře k hmotnosti dláta.

Plášť WASSARY je vyráběn ve dvojím provedení – buď je válcový nebo je opatřen žebry. Při vrtání je používán centrátor, umístěný za kladivem. Má stejnou délku jako kladivo, průměr menší o 1 – 3 mm. Za centrátorem je v sestavě vrtné kolony umístěn zpětný ventil a následuje vrtná kolona se zatěsněnými závitovými spoji „O“ kroužkem. Píst WASSARY je masivnější a tím i těžší než píst vzduchového ponorného kladiva. S WASSAROU 80 se vrtá při cca 80 ot.min.⁻¹ a přítlaku 10-20 kN. Životnost WASSARY je cca 10 000 m. Důležité je čištění přírodní vody. Samotná WASSARA má filtr, ale je nutno použít i předřadný filtr, který je na sací straně čerpadel. S WASSAROU 80 je možno vrtat až do \varnothing 105 mm tak, aby byla zachována rovnováha mezi hmotností pístu a dláta. Tato rovnováha je důležitá pro dosažení špičkových výsledků při vrtání.

Tuto technologii by bylo možno nasadit i do našich podmínek pro vrtání vrtů pro BTPVR s možností vrtání vrtů o průměrech větších než 100 mm. Přínosem této technologie je dosažení dvojnásobné rychlosti vrtání (ve srovnání se vzduchovými ponornými kladivy) a až čtyřnásobné rychlosti vrtání (ve srovnání s rotačním vrtáním). Není také nutné používat vysokotlaké kompresory k výrobě stlačeného vzduchu a odpadá používání a likvidace pěny a tím i nasazení dávkovacího čerpadla. Nevýhodou této technologie je nutnost nákupu výkonného čerpadla k zajištění dodávky čisté tlakové vody do kladiva – $p = 2,0$ MPa, $Q =$ do 300 l.min⁻¹. (Možným dodavatelem čerpadla je Sigma Hranice včetně atestu pro použití v OKD).

V současné době je uzavřená smlouva o pronájmu technologie „WASSARA 80“ pro provedení praktických zkoušek v podzemí s vrtným průměrem 105 mm.

Závěr

V článku je podána informace o stávajícím stavu a možných inovacích v technologii rotačně – příklepného vrtání jak na povrchu, tak v důlních podmínkách OKD. Dalším, neméně důležitým prvkem pro realizaci kvalitního provozu této technologie ve větším rozsahu (současné vrtání více než třemi ponornými kladivy), je zajištění dokonalého doprovodného servisu, sestávajícího z provádění pravidelné údržby vysokotlakých kompresorů, servisování ponorných kladiv a kvalitního broušení dlát minimálně pomocí poloautomatické brusky.

Zpracováno za podpory CZ 5424021.

Literatura

- Janků, M. & Hečko, T.: Dílčí zpráva ze zkušební realizace vývrtů pro TP na lokalitě Štramberk. OKD, DPB Paskov, a.s., 2004
- Koníček, J. & Lanzendörfer, K.: Technika a technologie vrtných prací – Vrtně-technická příručka. DPB Paskov, a.s., 1997
- Koníček, J.: Využití technologie rotačně – příklepného vrtání v důlních podmínkách a při vrtání vrtů pro tepelná čerpadla. *Závěrečná práce PGS: Průzkum, těžba a uskladňování kapalin a plynů. VŠB-TU Ostrava, 2004*
- Kunz, A., Ryška, J., Koníček, J. & Bujok, P.: Využití horninového prostředí jako stálého zdroje energie pro tepelná čerpadla. In: *Nové poznatky v oblasti vrtání, těžby, dopravy a uskladňování uhlíkových. Sborník přednášek, Podbánské, ISBN 80-7099-895-4, s. 69-75, 2002*
- Mazáč, J.: Vrtání ponornými vrtačími kladivy. *Sylabus pro PGS: Průzkum, těžba a uskladňování kapalin a plynů. VŠB-TU Ostrava, 2003*