

Ing. Martin Vrubel, Ph.D., Severočeské doly a.s. - Ing. Dana Sládková, Ph.D., Vysoká škola báňská, TU Ostrava - Ing. Milan Talácko, Ph.D., České dráhy, a.s.

Určování polohy kola rýpadla pomocí technologie GPS na Dolech Nástup Tušimice

Přijato: 3. 5. 2007, recenzováno: 21.5. 2007

Určování polohy kola rýpadla pomocí technologie GPS na Dolech Nástup Tušimice

Satelitní technika zaznamenala během posledních dvaceti let bouřlivý rozvoj i v aplikacích pro povrchové dobývání surovin. GPS přijímače se v Severočeské hnědouhelné pánvi často využívají především v důlním měřictví. V Severočeských dolech a.s. je ověřováno využití této technologie pro určení 3D polohy středu osy kola. V rámci výzkumného úkolu bylo rýpadlo K800/103/N1 vybaveno měřicími přístroji. Pozice středu osy kola je počítána z GPS dat, inklinometrických a inkrementálních měření každých pět vteřin. Data jsou přenášena na základnu (odbor měřictví a geologie). Pozice rýpadla a důležitá data jsou zjednodušenou formou zobrazována na obrazovce počítače v reálném čase. Článek popisuje nové možnosti využití GPS technologie umístěné na kolesových rýpadlech pro důlní měřictví a v procesu řízení výroby.

Bestimmung der Lage eines Schaufelradbaggers durch das GPS Verfahren im Tagebau Doly Nástup Tušimice

Die Satellitentechnik verzeichnete in den letzten zwanzig Jahren eine stürmische Entwicklung auch bei der Anwendung für Rohstoffgewinnung über Tage. Die GPS-Empfänger werden im Nordböhmischen Braunkohlebecken oft überwiegend im Markscheidewesen eingesetzt. In der Severočeské doly AG wird die Anwendung dieses Verfahrens für die Bestimmung der 3D-Lage der Achsemitte des Schaufelrads überprüft. Im Rahmen einer Forschungsaufgabe wurde der Bagger K800/103/N1 durch Messgeräte ausgestattet. Die Lage der Achsemitte des Schaufelrades wird aus den GPS-Daten, den inklinometrischen und inkrementalen Messungen alle fünf Sekunden gerechnet. Die Daten werden auf die Plattform (Bereich Markscheidewesen und Geologie) übertragen. Die Position des Baggers und die wichtigen Daten werden in einer vereinfachten Form auf einem Computerbildschirm in einer realen Zeit dargestellt. Der Artikel beschreibt neue Möglichkeiten der Anwendung des GPS-Verfahrens auf den Schaufelradbaggern für Markscheidewesen und im Prozess der Produktionsteuerung.

Positioning of Wheel Excavator Using GPS Technology at Nástup Tušimice Mines

A boom of satellite devices has been recorded also in applications for opencast exploitation of raw materials within last twenty years. In the North-Bohemian Brown Coal Basin GPS receivers are mainly used in mine surveying. In Severočeské doly a.s. the use of this technology has been verified for 3D position of the wheel axle centre. Within the research task the excavator K800/103/N1 was equipped with measurement devices. The position of the wheel axle centre is calculated from GPS data, inclinometric and incremental measurements every five seconds. The data are transferred to the base (geometry and geology department). The excavator positioning and the important data are a simplified form shown on the computer screen in real time. The article describes new possibilities of using GPS technology located at the wheel excavators for mine surveying and in the process of production control.

Úvod

Globální polohový systém (GPS; angl. Global Positioning System) je družicový systém pro stanovování polohy a času na povrchu zemském a v přilehlém prostoru. Družice vysílají signály, které jsou přijímány přijímači a zpracovány pro měřické nebo navigační účely. Velkou výhodou tohoto satelitního systému je, že poskytuje údaje nezávisle na počasí, 24 hodin denně a kdekoli na světě. Satelitní technika v posledních dvaceti letech zaznamenala ve světě bouřlivý rozvoj a to přineslo především nasazení technologie GPS do praxe v mnoha oborech i mimo oblast vojenství. Systém GPS se v povrchovém dobývání surovin osvědčil především pro řešení klasických měřických úloh a sledování vozidel. Zkoumá se možnost využití GPS i pro podporu těžebního procesu.

Nasazení systému pro zjišťování polohy kola rýpadel

Hlavní možnosti využití GPS na lomech jsou:

- měřictví (zaměřování a mapování lomů, GIS, vytyčování)
- geologie (zaměřování a vytyčování vrtů, zaměřování geologických prvků)
- geotechnika (monitoring stability svahů)
- podpora procesu těžby
- terénní úpravy a rekultivace
- sledování pohybu vozidel atd.

Je zřejmé, že pokud se podaří relativně přesně určit 3D polohu rypných orgánů těžební technologie a doplňkové lomové mechanizace, bude možné řešit celou řadu úloh v souvislosti s jejich řízením a kontrolou. Na hnědouhelných lomech se jedná především o :

- podporu procesu řízení těžby rýpadel (např. prognózy kvalitativních parametrů těženého uhlí)
- výpočty objemů odtěžených hmot v reálném čase
- velmi přesné řízení tvorby pojezdové roviny rýpadla a okamžitá kontrola těžebních záměrů
- řízení a kontrolu doplňkové lomové mechanizace (např. dozery).

V současnosti je již poměrně spolehlivě vyřešeno řízení a kontrola činnosti dozerů. Systém počítačové podpory zemních prací v sobě spojuje techniku GPS (s přesností v řádu centimetrů) a do kabiny vestavěného počítačového vybavení pro přesné informování posádky o výškových poměrech a sklonech na pracovišti. Osvědčil se jako prostředek mající zřetelný vliv na kvalitu práce a celkovou produktivitu. Je ideálně využitelný na lomových etážích, při stavbě komunikací, práci na výsypkách a při rekultivacích ploch. Rychlejší a přesnější navádění umožněné tímto systémem pomáhá obsluhám provést práce podle projektů hned napoprvé, bez nákladných dodatečných úprav. Osádky zemních strojů pracují s větší jistotou a efektivněji. Velký počet prodaných dozerů umožňuje systémy unifikovat a většina firem vyrábějící dozery dodává toto řešení více méně na klíč.

Složitější je situace u kolesových rýpadel. Zde je nutno postupovat individuálně a systém si vyvinout pro konkrétní typ rýpadla. V SRN v Porýnském revíru se s GPS technologií na rýpadlech začalo v roce 1985 (ve spolupráci s prof. Seeberem z Univerzity v Hannoveru na jednom rýpadle na lomu Frimmersdorf). Relativně nadějně výsledky pokusů v roce 1990 na jednom rýpadle v lomu Bergheim nakonec vedly ke koncipování rozsáhlého projektu SATAMA (zkratka pro „Satelitem podporované plynulé měření lomu a hmotné bilance“ [1]. Koncem roku 1995 se testovaly některé komponenty této koncepce v praxi. O výsledcích projektu je odborná veřejnost informována prostřednictvím odborného tisku např. časopisu „Surface Mining“.

V Severočeském hnědouhelném revíru byly učiněny první reálné kroky užití technologie GPS pro určení polohy kola v roce 1997 a to v Severočeských dolech, a.s., Dolech Nástup Tušimice. Situace je komplikovanější proti porýnskému revíru tím, že většina kolesových rýpadel zde má kolesový výložník s výsunem. Je tedy nutné snímat a vyhodnocovat další proměnnou. Na lomu Libouš bylo ve spolupráci s VÚHU a.s. prověřováno použití přístrojů GPS firem Ashtech, Inc. (Z-12) a Trimble Navigation Ltd. (Trimble 7400 Msi), které byly zapůjčeny tehdejšími prodejci těchto zařízení. Testování sledovalo záměr ověření použitelnosti systému GPS v reálných provozních podmínkách. Prvořadým úkolem bylo určení polohy středu osy

kolesa. Testování probíhalo ve dnech 22. 7. 1997 v čase 10.30 až 13.30 hod. LSEČ a 23. 7. 1997 od 9.00 do 12.30 hod. LSEČ. V době observací pracovalo rýpadlo kontinuálně s menšími výpadky do 30 minut na všech horizontech technologických lávek. Výsledky byly nadějné a bylo ověřeno vhodné umístění GPS aparatur. Poté byly další pokusy zastaveny a to i vzhledem k tehdejší cenové dostupnosti použité techniky. Popis průběhu a výsledků testování včetně popisu matematického řešení problému jsou uvedeny ve zprávě VÚHU č. 262/97 [2].

V roce 2006 byl v Severočeských dolech, a.s., vyhlášen výzkumný úkol „Zjišťování polohy kola rýpadla K800/103/N1 pomocí GPS“. Byl vypracován projekt, ve kterém byly navrženy všechny součásti systému a jejich umístění, systémy přenosů dat a jejich vyhodnocení. Všechny potřebné komponenty byly zakoupeny, aby bylo možné, na rozdíl od testování v roce 1997, ověřovat systém dlouhodobě.

Systém se skládá ze tří základních prvků [6]:

- měřicí segment (DGPS, inerciální snímače, kontrolní jednotka)
- komunikační segment (radiové spojení pro příjem a vysílání dat)
- uživatelský segment (vyhodnocovací software).

Měřicí segment se skládá ze 2 DGPS aparatur Trimble DSM 232, 2 sklonoměrů a 1 inkrementálního snímače otáček. Korekce pro DGPS jsou přenášeny z referenční stanice na rýpadlo pomocí radiomodemu. Provoz celého systému řídí kontrolní jednotka. Poloha středu osy kola je vypočtena ze souřadnic X, Y, Z získaných z GPS přístrojů a údajů snímačů (sklony, otáčky) každých 5 vteřin. Data jsou přenášena radiomodemem do budovy sídla odboru měřictví a geologie, kde jsou uložena. Dál s nimi pracuje vyhodnocovací SW (Prognózní model KVAS). Systém funguje od prosince 2006.



Obr.1. Rozmístění GPS a inerciálních snímačů na rýpadle K800/103/N1



Obr.2 GPS na držícím výložníku



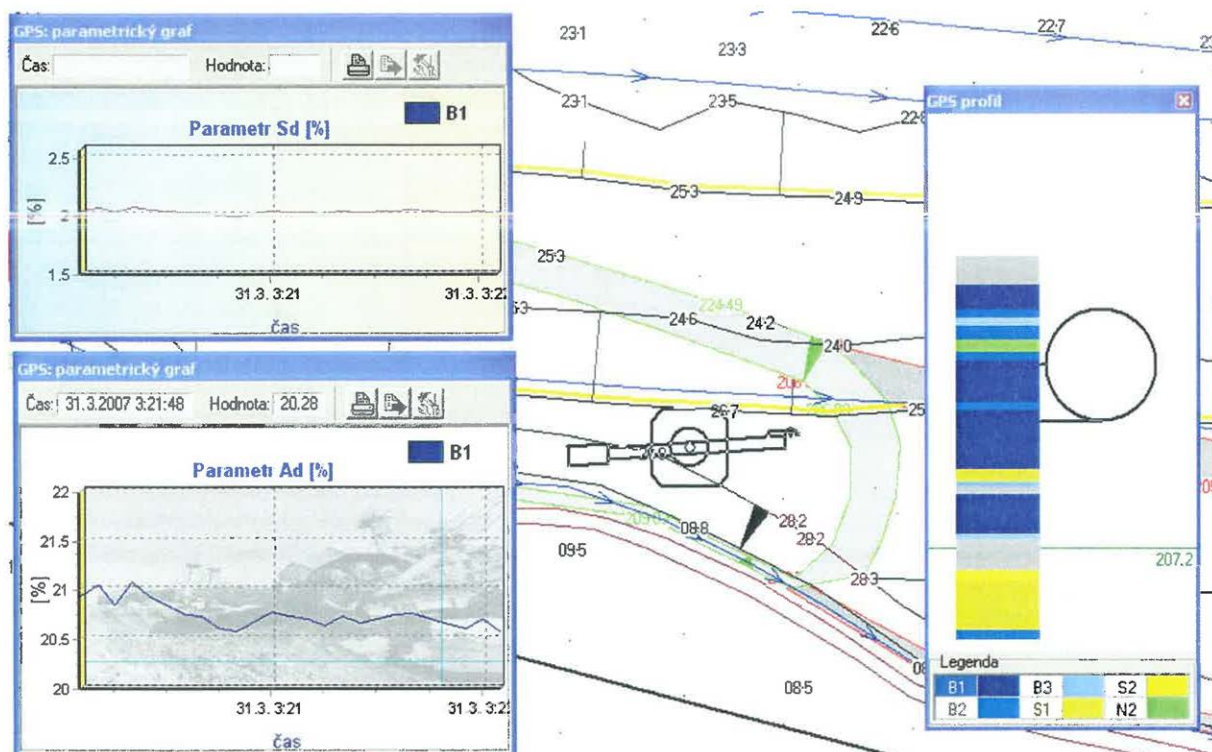
Obr.3 GPS na strojově vyvažovacího výložníku

Prozatímní stav řešení výzkumného úkolu

Přenesená data jsou ukládána do databázového souboru *.DB. Jsou zde uloženy veškeré naměřené hodnoty. Databáze by měla být aktualizována každých 5 sekund sérií nově naměřených hodnot. V programu „Prognózní model“ jsou již vytvořeny první nástroje pro vizualizaci rýpadla a využití výsledku výpočtu středu osy kola.

Na Dolech Nástup Tušimice jsou již více než 15 let využívány produkty firmy KVASoftware [3], [4] a [5], které slouží pro vytvoření digitálního modelu lomu. Povrchová situace

lomu i uložení geologických vrstev pod povrchem jsou pravidelně upřesňovány. Ze sítě vrtů jsou dopočítávány i kvalitativní parametry uhlí ve všech místech, kde je model vytvořen. Toho využívá Prognózní model. Na obr. 4 je vidět ve výřezu digitální provozní mapy poloha schematizovaného rýpadla K800/103. Napravo od něj je simplifikován vertikální geologický profil. Je patrná poloha kola vůči němu v daném místě. Jednotlivé druhy uhlí dle kvalitativních parametrů jsou barevně odlišeny. Průběžný stav a historie průběhu kvalitativních parametrů uhlí (obsah popela A^d , obsah síry S^d), odečtených z modelu, je v levé části obrázku.



Obr.4 Vizualizace polohy kola a kvalitativní parametry těžené lávky

Naměřená data slouží i k podrobné analýze celého procesu. Analýzu zpracovává institut geodézie a důlního měřictví VŠB. Jsou prováděny především tyto:

- analýza přenosu dat (počet převzatých měření)
- analýza přesnosti jednotlivých měřidel
 - analýza hrubých chyb
 - výpočet středních chyby všech jednotlivých měřidel a určení kritického článku
 - porovnání vypočtených středních chyb s hodnotami určenými výrobcí všech použitých měřidel
- analýza přesnosti výpočtu středu osy kola (zákon o hromadění chyb)
- analýza dat při těžbě rýpadla.

První výsledky analýzy dat ukazují, že bude nutné zabezpečit kvalitnější přenos korekcí ze základny k rýpadlu a naopak – v současnosti je pouze s cca 90% úspěšností. To má následně negativní vliv na přesnost měření GPS, neboť nedostane-li DGPS přijímač korekce, přechází do navigačního režimu s daleko nižší přesností.

Další vývoj SW v roce 2007

Firma KVASoftware pracuje v současnosti na vyřešení těchto úkolů:

- průběžná automatická aktualizace odtěženého stavu včetně dílčích lávek. Z polohy středu kola zjišťované systémem GPS bude určována poloha těžební lávky a tím i dílčí objemy jednotlivých geologických vrstev (případně segmentů vrstev) na principu 3D průniku s geologickým modelem. Váženými průměry budou počítány okamžité průměrné kvalitativní parametry A^d , S^d , Q_r , W_r a MS . Zvolené hodnoty budou průběžně vizualizovány na obrazovce numericky a graficky ve formě grafů na časové ose (částečně hotovo)
- zpětná časová simulace polohy rýpadla s dopočtem všech parametrů těžby včetně numerické a grafické prezentace (grafy) objemových a kvalitativních hodnot v určeném časovém intervalu (částečně hotovo)

- vizualizace aktuálně odtěžovaného stavu lomové stěny
- průběžný automatický výpočet objemů těžných hmot včetně rozdělení na uhlí a výkliz (s dopočtem tonáží podle okamžité objemové hmotnosti počítané regresními vztahy z kvalitativních parametrů)
- průběžný automatický výpočet výkonu (t/hod , m^3/hod)
- průběžná kontrola vytváření pojezdové roviny rýpadla a těžebních záměrů.

Dílčí závěry výzkumu

- Přesnost určení polohy a výšky středu osy kola závisí na spolehlivosti přenosu korekcí z referenční stanice na rýpadlo. Pokud totiž nejsou přeneseny korekce z referenční stanice na rýpadlo, přecházejí GPS přijímače automaticky z režimu DGPS do „navigačního“ režimu s podstatně nižší přesností. Současné řešení v testovacím režimu využívá stávající síť přenosu korekcí pro měřické účely – které jsou prioritní. Je evidentní, že pro trvalý provozní režim bude třeba vyvinout takový systém přenosu korekcí, který bude nezávisle a naprosto spolehlivě přenášet veškeré korekce z referenční stanice na rýpadlo a naměřené hodnoty zpět na základnu.
- Již první výsledky naznačují, že pro rutinní řešení bude třeba použít režimu RTK a GPS přijímače upgradovat a to především vzhledem k potřebě zvýšení přesnosti určení výšek.
- Bude nutné zamyslet se nad hardwarovým řešením serveru, kde budou probíhat paralelně náročné výpočty v systému Prognózní model a rychlosti počítačové sítě.

Co očekáváme od systému po dokončení výzkumu a nasazení na všechna rýpadla

Po dokončení výzkumu může vzniknout komplexní systém měření polohy těžebních mechanismů, který by působil v několika oblastech:

Těžba uhlí, skrývky a smíšených řezů

- vizualizace polohy rýpadel a jejich pohybu, výšky v reálném čase na určených počítačích připojených v síti a vybavených příslušným SW
- informace o poloze kola vůči slojovému profilu, či skrývkovému řezu
- archivace těžebních postupů a jejich zpětné vyvolání v grafické i číselné formě (kontrolní a analytické účely)
- řízení tvorby pojezdové roviny v reálném čase a její okamžitá kontrola
- výpočty kvalitativních parametrů uhlí v reálném čase u všech rýpadel a simulace funkce měřičů kvalitativních parametrů
- provádění prognóz kvalitativních parametrů těžebního uhlí v nejbližší budoucnosti (krátkodobé prognózy)
- výpočty objemů odtěžených hmot v reálném čase (s téměř „měřickou“ přesností budou známy kubatury odtěžených hmot ihned po uplynutí období – den, měsíc)
- měření výsunu kolesového výložníku

Podpora operativního řízení těžby

- aplikace je možné v upravené formě použít i pro notebooky a PDA a mít data kdekoli v ruce i v provozu

Příprava výroby

- automatická a průběžná aktualizace stavu řezů v BÁŇSKÉM MODELU
- kontrola dodržení technických režimů, důlně plánovacích map, či dlouhodobějších těžebních záměrů (polohové i výškové parametry postupů)
- určení výchozího stavu pro přípravu postupů na další měsíc ze skutečných postupů v ještě probíhajícím měsíci průběžně dopočítávat a upřesňovat hranice začátku a konce postupů v následujícím měsíci (období)

Měřičtví a geologie

- průběžná kontrola dodržování pasportizačních (technologických) profilů

Závěr

Proces těžby nerostů ve složitých geologických podmínkách (proměnná morfologie a kvalitativní parametry jak vertikálně tak horizontálně, hlubinné přerubání apod.) není možné v současnosti zcela automatizovat jak je to obvyklé např. v elektrotechnice, výrobě jednoduchých strojírenských výrobků či v potravinářství. Rozvoj IT a dalších technologií však umožňuje zrychlit zpětné vazby v linii „plánování – realizace – kontrola“. Informaci, kde rýpadlo těží a co (s určitou nepřesností), lze získat okamžitě. Nyní je důležité, zda se podaří vytvořit mechanismy, které dokáží tyto údaje využít a ovlivňovat výrobní proces. Jsme zatím na začátku řešení úkolu, na kterém se bude podílet celá řada profesí. Vyřešením přesného a spolehlivého určování 3D polohy pracovních orgánů hlavní těžební technologie a doplňkové mechanizace na lomech mohou získat báňští inženýři, měřiči, geologové, technici rekultivací i management nástroj k lepšímu řízení a následné kontrole výrobních procesů při lomovém dobývání nerostných surovin.

Literatura:

- Rucký P., Blovský J., Vrubel M. - Některé zkušenosti s aplikací GPS v povrchovém dobývání na DNT-SD a.s. a v Porýnském revíru. In Uhlí-Rudy-Geologický průzkum, 2/2004
- Rucký P. - Výzkumná zpráva VÚHU č.262/97 „Komplexní ověření aplikace systému GPS na kolesových rýpadlech DNT-SD, a.s. pro operativní řízení a kontrolu těžby uhlí a skrývky“, 12/1997
- Vrubel M. - Geologický model. In Zpravodaj SHD, 3/1991, ISSN 0323-0368
- Vrubel M. - Objemový a báňský model lomu. In Zpravodaj SHD, 3/1992, in Zpravodaj SHD 3/1992, ISSN 0323-0368
- Vrubel M. - Prognózní model a možnosti jeho využití. In Sborník z konference „Hnědé uhlí 1994“, 10/94
- Talácko M. - Systém pro sledování prostorové polohy kola rýpadla K 800/N1. Technická zpráva, 3/2007