**ENGINEERING MECHANICS 2009**
National Conference with International Participation
Svratka, Czech Republic, May 11 – 14, 2009

**pp. 121–127**
Paper **#278**

# REDUCTION OF THE VIBRATION EFFECTS ACTUATING IN GENERAL DIRECTION ON COLLIERY MACHINE DRIVER

**J. Blekta*, J. Mevald***

**Summary:** *The aim of this paper is to analyze vibration effects on driver of colliery machine Shrs 1320. Authors focus on measurement of current vibration level and design of new cabin and driver seat support especially.*

## 1. Úvod

Kolesová rýpadla jsou během těžby vystavena mohutnému silovému buzení, jehož významným zdrojem je odebírání zeminy kolesem stroje. Tyto silové účinky mají obecně prostorový charakter. Konstrukcí stroje jsou přenášeny nejen do celé struktury rypadla, ale zejm. do operační kabiny, kde nepříjemně působí na obsluhu stroje. Proto je snahou tento přenos v co největší míře minimalizovat. Toho lze docílit vhodným uložením kabiny a sedadla řidiče.

Při návrhu jednotlivých systémů odpružení kabiny a sedadla je nutné vycházet zejména z výše uvedené skutečnosti - z prostorového charakteru vibrací. Navržená uložení jednotlivých komponent musí vhodným způsobem eliminovat vibrace v šesti stupních volnosti. To s sebou přináší patřičné nároky na konstrukci zavěšení kabiny i sedadla.

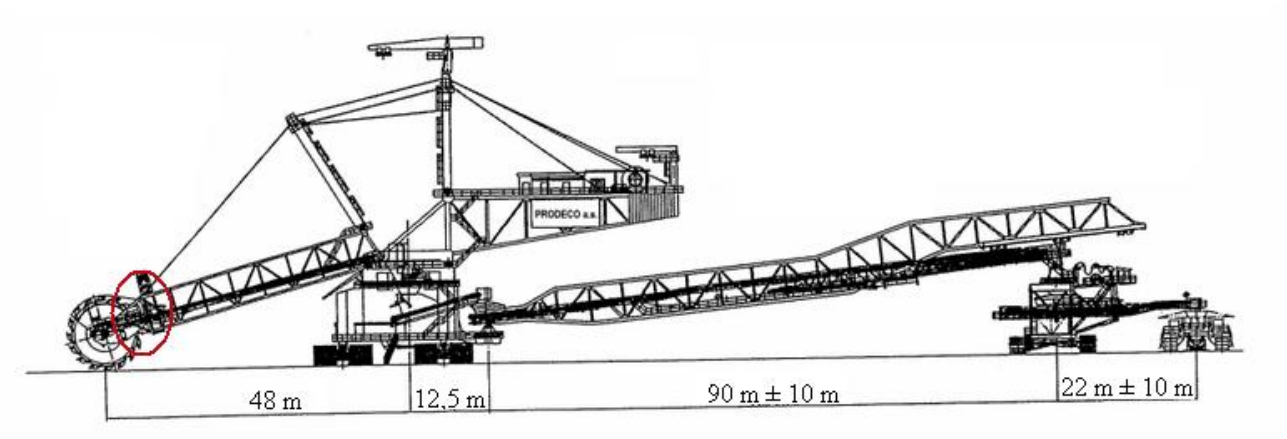
## 2. Popis stroje Schrs 1320

Důlní stroj Schrs 1320 je vyráběn firmou PRODECO, a.s. a patří do kategorie kolesových rypadel. V rámci tohoto příspěvku je analyzován stroj, který používá společnost Severočeské doly, a.s. v Dolech Nástup Tušimice. Zde je stroj používán na odběr zemní skrývky. Teoretický výkon stroje má hodnotu 5500 $m^3$ zeminy za hodinu, maximální výška řezu je 30 m. Provozní hmotnost stroje je 4094 t. Na následujícím obrázku 1 je stroj schematicky zakreslen včetně dopravníku s napojením na pásovou přepravu. Umístění kabiny řidiče je v obrázku vyznačeno červenou elipsou. V pohledu na obrázku 1 je kabina umístěna za výložníkem.

## 3. Popis současného uložení kabiny a sedadla řidiče

Kabina řidiče je v současné době pružně uložena v rámu, který je připevněn ke konzole. Ta se pohybuje ve svislém vedení, které je součástí výložníku a umožňuje posuv konzoly ve směru kolmém na směr výložníku (nahoru/dolu). Konzola je zavěšena na laně, které vymezuje její polohu. Aby při těžbě nedocházelo k pohybu konzoly s kabinou vlivem pružné deformace lana, je konzola v dané poloze zajištěna brzdami.

* Ing. Jiří Blekta, Ph.D., doc. Ing. Josef Mevald, CSc., Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, Technická univerzita v Liberci; Studentská 2; 460 01 Liberec; tel.: +420 485 354 132, fax: +420 485 354 160; e-mail: jiri.blekta@tul.cz.

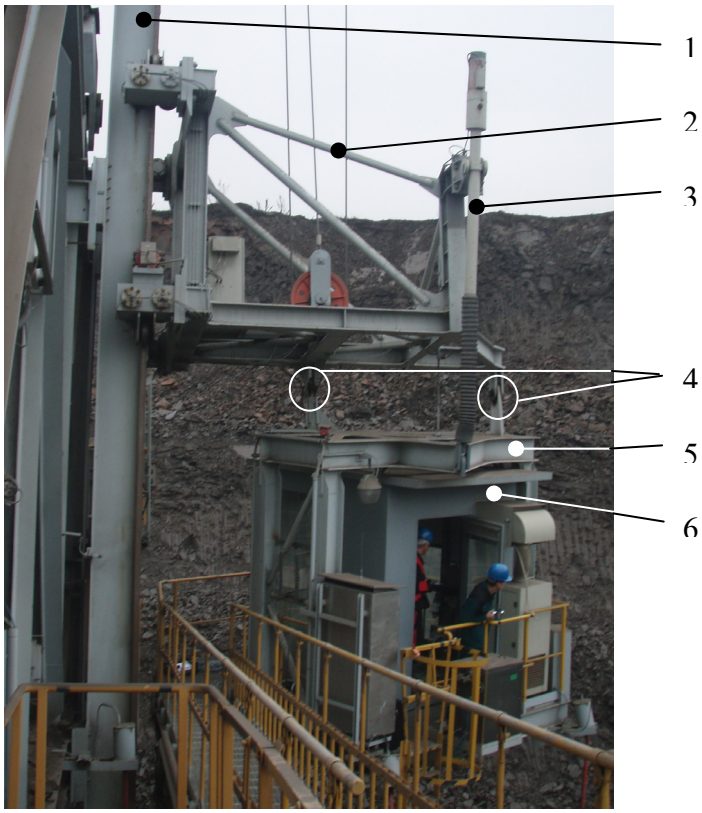



Obr. 1 Kolesové rýpadlo Schrs 1320

Samotná kabina je ke konzole připojena ve třech bodech – pomocí dvou čepů a stabilizačního táhla (tyče). Osa obou čepů je společná a je umístěna poměrně daleko od těžiště kabiny. Správnou vodorovnou polohu kabiny při různém sklonu výložníku zajišťuje stabilizační tyč.

Uložení kabiny, rámu a konzoly je zachyceno na obrázku 2. Označení je následující:

| | |
|---|---|
| 1 - svislé vedení | 2 - konzola |
| 3 - stabilizační tyč | 4 - čepy |
| 5 - rám kabiny | 6 - kabina |




Obr. 2 Zavěšení kabiny důlního stroje Schrs 1320

Uložení kabiny v rámu je řešeno pomocí pneumatických pružin, které jsou umístěny pod kabinou ve čtyřech bodech, v každém bodě po dvou. Jedna z pružin pracuje vždy ve svislém směru, druhá ve směru vodorovném. Pružiny ve vodorovném směru jsou v navzájem úhlopříčných bodech umístěny buď ve směru podélném nebo příčném. Kromě pružin jsou ve stejných místech uchyceny také dvojice tlumičů. Jeden tlumič z dvojice tlumí ve směru svislém a podélném, druhý ve směru svislém a příčném.

Stabilitu kabiny zajišťují také dvě pružiny mezi rámem a střechou kabiny (v příčném a vodorovném směru).

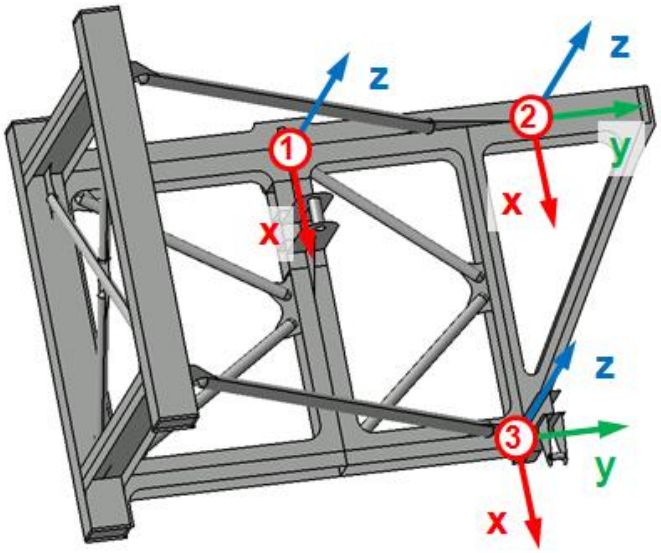
Sedadlo řidiče v kabině je obvyklé koncepce s vodícím mechanismem typu paralelogram s vlnovcovou pneumatickou pružinou doplněnou teleskopickým tlumičem.

## 4. Měření při těžbě

K posouzení charakteru budících účinků při těžbě bylo provedeno na stroji Schrs 1320 měření úrovně vibrací na konzole v místě uložení rámu kabiny a na podlaze kabiny. Měření na konzole bylo realizováno pracovníkem Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí, měření v kabině se uskutečnilo pomocí aparatury Hydrodynamické laboratoře Technické univerzity v Liberci.

a) *měření na konzole*

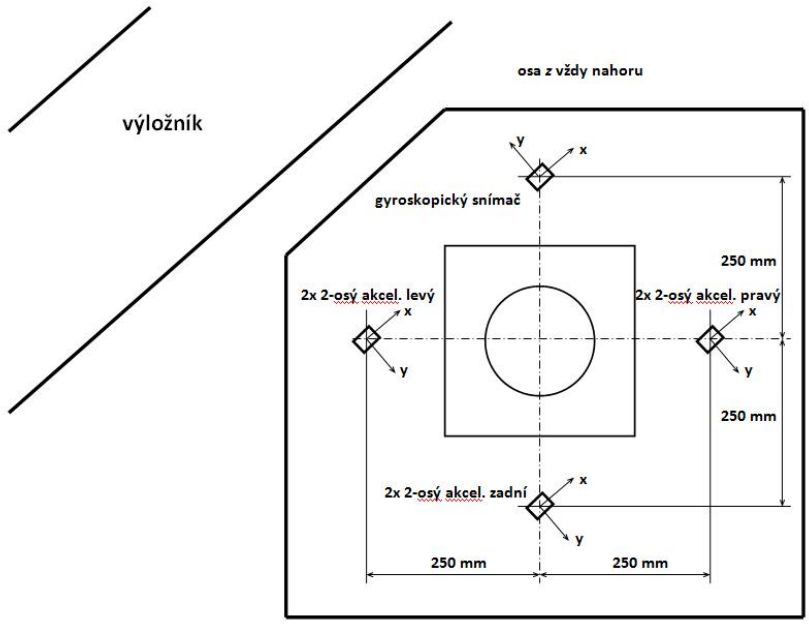
Měření vibrací konzoly bylo provedeno třemi akcelerometry ve třech místech, která přibližně odpovídala bodům, ve kterých je zavěšen rám kabiny. Měření proběhlo ve třech směrech (kromě bodu 1). Na obrázku 3 je situace znázorněna.




Obr. 3 Měření na konzole

b) *měření na podlaze kabiny*

Měření na podlaze bylo provedeno na čtyřech místech šesti snímači zrychlení ADXL 203EB (rozsah ± 1.7 g, výrobce Analog Devices) a jedním gyroskopickým snímačem Xsens 3D (výrobce Dewetron). Rozmístění snímačů je uvedeno na obrázku 4.




Obr. 4 Rozmístění snímačů na podlaze kabiny

K měření v každém ze tří znázorněných bodů byly zvoleny vždy dva dvouosé snímače - jeden pro měření ve směru os *x* a *y* a druhý pro měření ve směru osy *z*. V bodě za sedadlem (nejnižší měřící bod na obrázku) bylo provedeno měření také tříosým akcelerometrem zapojeným do aparatury VÚHU. Tím bylo možné provést synchronizaci dat. Více viz Kupka et al., 2008.

V rámci experimentu bylo uskutečněno několik měření různé délky trvání. Tato měření je možné rozdělit do dvou skupin podle režimů, ve kterých stroj pracoval. První série měření byla realizována v průběhu těžby volné skrývky, a proto při relativně nízké intenzitě vibrací kabiny. Druhá série měření byla pořízena při těžbě rostlé skrývky jílovcového charakteru. Zde již byla naměřená intenzita vibrací vyšší, avšak podle slov řidiče se subjektivně jednalo přibližně o poloviční hodnoty, než se běžně dosahuje při těžbě do rostlého kamene.

Vzhledem k tomu, že je příprava měření a jeho koordinace s požadavky Severočeských dolů, a.s. velmi náročná, nebylo možné v rámci tohoto měření zajistit těžbu v co nejvíce nepříznivých podmínkách z hlediska intenzity vibrací. Měření se proto bude do budoucna opakovat tak, aby bylo možné zjistit co největší intenzitu buzení, které je při těžbě dosahováno.

## 5. Výsledky měření

I přesto, že nebylo během měření dosaženo podmínek, které na stroji vznikají při těžbě rostlého kamene, mají výsledky pro další úvahy neocenitelný význam. Nejdůležitější poznatky, které byly z naměřených výsledků zjištěny, lze shrnout do následujících bodů:

- Absolutní hodnota největší složky zrychlení nepřekročila hodnotu 3.5 $m.s^{-2}$. Maximální hodnoty v exponovaných podmínkách lze proto očekávat přibližně v rozmezí do 8 $m.s^{-2}$.
- Měření ukázalo, že všechny složky vibrací (*x, y* a *z*) v měřených místech jsou přibližně stejně intenzivní, avšak většinou s rozdílnou fází.

- Vypočtené absolutní hodnoty výchylek z relativně ustáleného děje se ve směrech *x, y* a *z* přibližně shodovaly (opět většinou s rozdílnou fází) a nepřekročily hodnotu amplitudy cca 12 mm.
- Z rozboru fází shodných složek zrychlení či výchylek v rozdílných sledovaných místech se ukazuje, že kabina nevykazuje významné klopení kolem vodorovné osy *y* (kolmé na výložník), zatímco kolem vodorovné osy *x* (rovnoběžné s výložníkem) se klopení vyskytuje, podobně jako kolem svislé osy *z*. Tento výsledek ovšem zatím není zcela jednoznačný.
- Při malé intenzitě vibrací byla dominantní frekvence cca 2.3 Hz (odpovídá frekvenci buzení vlivem záběru jednotlivých korečků kolesa), zatímco při větší měřené intenzitě se vyskytovaly také významnější složky při frekvencích cca 1.8 Hz a 2.7 Hz. Důležitým poznatkem je také zjištění významnějšího výskytu frekvence cca 0.5 Hz, která odpovídá kývavému pohybu celého výložníku kolem úchytných čepů na stojanu stroje.

## 6. Vícestupňová vibroizolace kabiny stroje

Pro účely minimalizace vibračních účinků v systému konzola-sedadlo budeme uvažovat tři různé stupně vibroizolace:

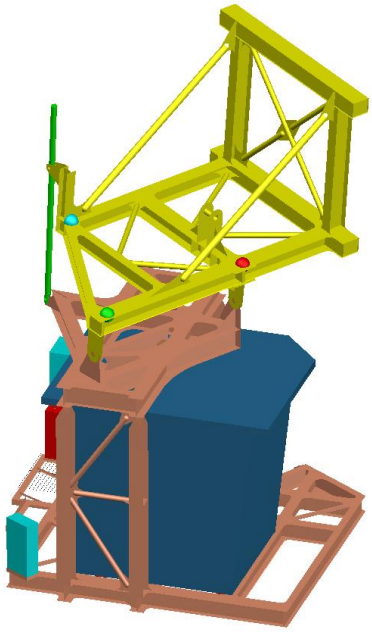
1. stupeň - minimalizace vibračních účinků ve vodorovném směru (podélném a příčném),
2. stupeň - minimalizace vibračních účinků ve svislém směru pomocí mechanismu sedadla,
3. stupeň - minimalizace vibračních účinků ve svislém směru pomocí polštáře sedáku.

U kolesových rýpadel se ukazuje, že svislé složky vibrací lze relativně snadno minimalizovat druhým a třetím vibroizolačním stupněm, tj. optimálně vypruženým mechanismem sedadla a polštářem sedáku (obdobně jako u nákladních automobilů). Vibroizolaci vodorovných účinků je však nutné provést mimo mechanismus sedadla. Vyplývá to z poznatků, které byly zjištěny při měření účinků vodorovných vibrací na sedadlo řidiče, které bylo uskutečněno na plošině se šesti stupni volnosti v rámci Hydrodynamické laboratoře Technické univerzity v Liberci. Při tomto měření vykazovalo sedadlo zcela nedostatečnou tuhost v příčném směru (kolmém na směr pohledu řidiče). Vibrace byly při některých režimech zatížení dokonce zesilovány, což se v důsledku projevuje také na snižující se životnosti sedadla.

Z výše uvedeného vyplývají mimo jiné tyto dvě varianty vícestupňové vibroizolace stroje (Mevald et al., 2008):

- Vibroizolace prvního stupně provedena uložením kabiny na stejně dlouhých táhlech vhodné délky *L*, které budou ukončeny kulovými klouby. Vibroizolace druhého a třetího stupně realizována optimálně vypruženou sedačkou. Úpravou této varianty může být uložení kabiny na vhodně odpružených táhlech. Výhodou této koncepce je významné omezení relativních kmitů mezi operátorem a kabinou. Nevýhodou je náročnější rekonstrukce stávajícího uložení kabiny.
- Vibroizolace kmitů ve vodorovné rovině zajištěná plošinou upevněnou na podlaze kabiny
  a odpruženou ve dvou vzájemně kolmých směrech (vibroizolace prvního stupně). K plošině je upevněna sedačka s optimálním vypružením, zajišťujícím minimalizaci vibračních účinků ve svislém směru. Výhodou je zachování stávající koncepce uložení kabiny. Nevýhodou jsou výrazné prostorové relativní vibrace mezi operátorem a kabinou a pravděpodobně menší účinnost této koncepce.

Za účelem posouzení jednotlivých variant vícestupňového vypružení byl v programu MSC.ADAMS/View vytvořen simulační model konzoly, rámu, kabiny a sedačky. Tento model je popsán na následujícím obrázku 5.



Obr. 5 Model stroje Schrs 1320 v prostředí MSC.ADAMS/View

Model je buzen ve třech bodech na konzole. Tyto body odpovídají místům 1, 2 a 3 na obr. 3. Buzení je kinematického rázu a je realizováno posuvným pohybem. Ten je získán ze snímačů zrychlení dvojnásobnou integrací. V bodě 2 je popsán pohyb konzoly ve všech třech směrech (*x, y* a *z*), pohyb bodu 1 je definován ve směru *x* a *z* a pohyb bodu 3 ve směru *z*. Tím je jednoznačně určen prostorový pohyb celé konzoly.

V této fázi je model připraven pro simulaci jednotlivých variant vícestupňové vibroizolace stroje. Při návrhu konkrétních rozměrů a hodnot bude třeba postupovat tak, aby vlastní frekvence uložení příslušející vlastním tvarům v určitém směru nebyly v korelaci s významnými budícími frekvencemi v tomtéž směru. Posuzovány budou zejm. výše uvedené varianty.

## 7. Závěr

Cílem této části projektu vibroizolace kabiny a sedadla řidiče důlního stroje Schrs 1320 bylo především získání náhledu na charakter buzení stroje a na základě těchto poznatků navrhnout možné varianty odpružení kabiny a sedadla řidiče. Shrnutí poznatků je uvedeno v kapitole 5. Následovat bude podrobná analýza jednotlivých navržených variant vícestupňové vibroizolace. Bude také provedeno nové měření v extrémních podmínkách těžby. Tím dojde ke zpřesnění významných frekvencí ve spektru budících účinků stroje, což umožní přesnější naladění jednotlivých parametrů uložení kabiny a sedadla řidiče. Souběžně budou také probíhat testy vypružení jednotlivých sedadel na plošině se šesti stupni volnosti za účelem zjištění vhodnosti daného sedadla pro použití v kabině zkoumaného stroje.

**8. Poděkování**

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu MPO FT-TA5/102 Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky.

**9. Literatura**

Kupka, L., Mevald, J., Blekta, J. & Lufinka, A. (2008) Měření a vyhodnocení vibrací kabiny operátora stroje Schrs 1320, zpráva MPO FT-TA5/102 č. KMP - MPO 2008 - 2.

Mevald, J., Blekta, J., Barbora, J. & Lufinka, A. (2008) Přibližná analýza návrhu vícestupňové vibroizolace operátora stroje Schrs 1320, zpráva MPO FT-TA5/102 č. KMP - MPO 2008 - 3.