

Ing. Tomáš K r a t o c h v í l, VÚHU

Ing. Antonín N o v á k, VÚHU

Ing. Vladimír P a t e r a, VÚHU

Využití frekvenčních analyzátorů VIBROPORT a IRD 880 pro vyvažování rotujících částí těžebních zařízení

1.0 Úvod

Měření a vyhodnocování vibrací elektrických a mechanických rotačních strojů jako prostředku k určení provozního stavu těchto strojů a k lokalizaci příčin hrozících defektů, je jedním ze současných významných směrů v rozvoji preventivní moderní diagnostiky strojů.

K nejdůležitějším zdrojům vibrací stroje patří:

- časově proměnné síly (nevyváženost, deformace hřídele, nesouosost, záběr ozubeného kola)
- časově proměnné tlaky (pístové stroje, ventilátory, turbíny)
- rázy ve stroji (mechanická vůle, ventilové rozvody)
- tření (kluzné plochy porušené nebo nesprávně mazané)
- jiné zdroje (kavitace, netěsnosti apod.)

První dva zdroje vyvolávají vibrace nízkofrekvenční obvykle do 1 kHz. Jejich frekvence bývá totožná s frekvencí otáček té části stroje, na níž nastala porucha nebo je násobkem této frekvence. Takto vzniklé vady lze pomocí měření nízkofrekvenční části vibrací identifikovat. Musíme si však uvědomit, že i bezvadný stroj je zdrojem nízkofrekvenčních vibrací. Není například realizovatelné absolutní vyvážení rotorů; přenášené síly a momenty vznikající při záběru zubů existují i u bezvadného stroje. Proto je nutné pro každý stroj stanovit dolní mez (nejmenší amplitudu vibrací), jejíž překročení lze klasifikovat jako vzniklou vadu.

Analýza frekvenčního spektra, ať již ve zvukové nebo nadzvukové oblasti, je velmi obtížná a vyžaduje důkladnou znalost stroje.

Ne všechny vady na stroji vedou ke zvýšení vibrací. Zejména se neprojeví materiálové vady, jako jsou praskliny, únavové lomy, zvětšená vůle v kluzných a valivých ložiskách (nejdou-li středově namáhány). Naopak, při zabíhávání valivých ložisek, vibrace klesají. Teprve při mechanických poškozeních oběžných drah ložiska vibrace stoupají. Obecně však platí, že zvýšené vibrace indikují zhoršený stav stroje.

Obvyklé příčiny nízkofrekvenčních vibrací, které jsou vyvolány nenormálním chodem zkoušeného zařízení - mechanickými defekty - a jejich vibrační charakteristiky:

nevyváženost - je nejobvyklejší příčina vibrací a obvykle ji lze korigovat na místě, bez rozsáhlé demontáže. Většinou jde o radiální vibraci (v horizontálním nebo vertikálním směru), jejíž frekvence je shodná s počtem otáček zkoušené části, amplituda je úměrná velikosti nevyvážené hmoty (největší v radiálním směru),

nesouosost - (spojek, ložisek podpěr) je druhou nejběžnější příčinou vibrací. Radiální vibrace mívají frekvenci shodnou s počtem otáček, axiální vibrace však vykazují 2 až 3násobnou frekvenci než původní počet otáček, amplituda je větší v axiálním směru (o 50 % a více než v radiálním směru). Fáze dvojité nebo trojitá. Pro vyhodnocení nesouososti je nutné použít číselníkový nebo moderní laserový úchylkoměr,

mechanická vůle - částí rotujících mechanismů jsou též běžným zdrojem vibrací, jež se projevují vyššími frekvenčními složkami v radiálním směru. Obvykle jsou spojeny s nevyvážeností nebo nesouosostí, resp. s oběma,

ohnutý hřídel - vyvolává vibrace podobné charakteristiky jako při nesouososti, typické jsou větší axiální vibrace,

vhodná ozubená kola - lze snadno identifikovat, protože zvýšené vibrace jsou shodné s počtem zubů chybného kola násobeným počtem jeho otáček. Je-li to možné, je třeba měřit rychlost vibrací,

elektrická nevyváženost v rotoru - vytváří stejnou charakteristickou vibraci jako nevyváženost, lze ji však snadno identifikovat, neboť ihned zmizí, vypneme-li el. motor a stroj běží pouze setrvačností,

aerodynamické a hydraulické síly - ve ventilátorech, odstředivých čerpadlech a kompresorech jsou zdrojem vibrací mnohonásobných počtů otáček. Jejich frekvence se rovná počtu lopatek násobeným počtem otáček,

vadné pohonné řemeny - vyvolávají vibrace s vyšší frekvencí, s nestálou nebo pulsující amplitudou a fází. Stroboskop je zde nejvhodnějším nástrojem identifikace příčiny.

Zařízení může vibrovat i v důsledku působení nějaké vnější síly a v tom případě může být zjednána náprava jen lepší izolací nebo novou konstrukcí.

Frekvence vibrací závisí na počtu otáček chybné části a mění se v závislosti na změnách její pozice vůči ostatním částem zařízení; frekvence tudíž indikuje chybnou část. Amplituda pak indikuje závažnost chyby.

Vibrace mohou být buď příčinou poruchy, důsledkem poruchy, symptomem poruchy nebo kombinací uvedených jevů.

Při měření vibrací je nutné, aby čidla byla vždy umístěna na těch místech, z nichž lze získat nejkvalitnější informace. Určení těchto míst vyžaduje odborné zkušenosti. Z diagnostického hlediska je nutné, aby měření vibrací byla pravidelně opakována, srovnávána a vždy prováděna na stejném místě (umístění snímače) a za stejných podmínek.

K celkovému posouzení stavu určitého rotačního zařízení je nutné, aby inspekce zjišťovala nejméně dvě hodnoty: např. teploty a vibrace. Zjišťování jen jedné hodnoty nestačí. Vzrůstající teplota ložiska nemusí signalizovat nějakou mechanickou vadu, může jít např. o nedostatečné nebo nadbytečné mazání. Při zjišťování vibrací inspekce plní dva kvalitativně různé úkoly: pravidelnou kontrolou zjišťuje, zda vibrace v předem vybraných místech měření nepřekračují přípustnou mez nebo při vzniku podezřelých vibrací provede jejich rozbor frekvenčním analyzátozem, což vyžaduje práci zkušeného technika. Zkušený praktik může i bez frekvenčního analyzátoru při použití vhodného vibrometru a znalosti kritických míst měřeného zařízení přibližně určit zdroj nežádoucích vibrací, avšak přesnější diagnóza může být stanovena pouze frekvenčním rozbozem nebo korelační analýzou.

Pro pravidelnou kontrolu vibrací je v současné době předními světovými výrobci nabízena řada moderních elektronických měřících přístrojů, z nichž některé mohou být využívány pro více účelů - měření vibrací, frekvenční analýzu a vyvažování. Většinou jsou vybaveny nezávislými zdroji energie a lze je připojit k registračním zařízením nebo tato jsou v přístrojích již instalována.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí v Mostě má pro své úkoly v současné době k dispozici tato zařízení:

- Vibroport fy Schenck - NSR
- IRD 880 fy IRD Mechananalysis - Anglie.

Mcjutek TK VÚHU

Oběma stroji lze měřit celkovou úroveň vibrací, provádět frekvenční analýzu vibračního signálu a vyvažovat rotující součásti. Druhý přístroj IRD 880 má integrovanou tiskárnu, která na místě měření vytiskne záznam frekvenční analýzy.

V příštích letech by měl být k dispozici i kolektor frekvenčních dat VM-1 fy Dunegan vybavený softwarem pro zpracování dat a komunikací s počítačem IBM-XT pro ukládání dat a zpracování trendových analýz.

Podrobný rozbor chvění pomocí frekvenční analýzy vyžaduje, jak již bylo řečeno, zkušeného kvalifikovaného pracovníka především v oblasti interpretace naměřených hodnot.

VÚHU, k.ú.o. má postupně zpracovat metodické pokyny pro měření a interpretaci vibrací se zaměřením na jejich frekvenční analýzu. Není to úkol jednoduchý. Frekvenční analyzátory, které jsou k dispozici, lze použít i jako měřicí vyvažovací soupravy pro vyvažování v provozu, nebo u vyvažovacích strojů. Jelikož nevyváženost je nejobvyklejší příčina vibrací a její odstranění je základní podmínkou pro dobrou a bezporuchovou práci strojů, je přirozené, že VÚHU byl určen v první řadě úkol zvládnout vyvažování rotujících částí těžebních zařízení. Jako příklad využití přístrojů Vibroport a IRD 880 pro vyvažování rotujících částí - rotorů - je v článku popisován případ spolupráce VÚHU, k.ú.o. s VŽKG Teplice a TRA Břevlavi na vyvažování válečků pro zakladač ZPD 8000. V souvislosti s tím jsou zde uváděny teorie vyvažování, přípustné nevyvážky tuhých rotorů a popis provozního vyvažování v jedné a ve dvou rovinách. Technické parametry a popisy přístrojů nejsou uváděny.

2.0 Vyvažování rotorů

Všechna zařízení, konající otáčivé pohyby, pracují spolehlivěji, vydrží déle a generují méně kmitání, jestliže jejich rotory a jiná otáčivá ústrojí jsou pečlivě vyvážena.

Nevyváženost vzniká buď při výrobě nebo za provozu. Výrobní a montážní příčiny jsou např.:

- výrobní úchytky a výstřednosti rotačních ploch vůči ose rotace
- trvalá deformace součástí
- neokrouhlost ložiskových čepů, jejich ohnutí nebo výstřednost
- nevyváženost plynoucí ze statické neurčitosti uložení
- nesoustředným spojením rotorů tuhou spojkou.

Mezi funkční příčiny nevyváženosti patří např.:

- deformace, popř. vzájemné uvolnění součástí rotorů odstředivými silami nebo pracovním zatížením
- deformace vyvolané pracovními teplotami
- nerovnoměrné opotřebení rotorů
- kinematické příčiny nevyváženosti.

Základní pojmy v oboru vyvažování

V souladu s normou ČSN 01 1401 jsou uvedeny základní pojmy v oboru vyvažování.

Osa rotace - geometrické místo bodů otáčejícího se tělesa, která mají nulovou obvodovou rychlost

Centrální hlavní osa setrvačnosti - hlavní osa setrvačnosti, procházející těžištěm, k níž hmotnostní moment setrvačnosti nabývá extrémní hodnoty a derivační hmotnostní moment je nulový

Dokonale vyvážený rotor - rotor, u něhož je centrální hlavní osa setrvačnosti totožná s osou rotace

Tuhý rotor - rotor, který se za rotace působením odstředivých sil nevyvažků nedeformuje

Pružný rotor - rotor, jehož nevyváženost je závislá na otáčkách.

Nevyváženost tuhého rotoru se odstraňuje přidáním, ubráním nebo přemístěním korekční hmoty v jedné, dvou či více rovinách. Vyvažováním se získají údaje o velikosti a úhlu (poloze) nevyvažků v měřicích rovinách.

2.1 Přípustné nevyvážky tuhých rotorů

Podle pracovní funkce, provozní frekvence otáčení, stupně důležitosti v pracovním procesu a tím nároků na klidnost chodu v provozu rozděluje norma ČSN 01 1410 rotory do 11 tříd s odstupňovanými požadavky na stupeň přípustné nevyváženosti:

$$Q = 10^{-3} \cdot \omega_p \cdot \epsilon_p$$

Q - stupeň přípustné nevyváženosti (mms^{-1})

ϵ_p - přípustný měrný nevyvážek (μ_m)

ω_p - provozní úhlová frekvence rotoru (rad s^{-1})

Rozsahy stupně přípustné nevyváženosti Q , příslušející určité třídě, udává následující tabulka:

Třída	Stupeň přípustné nevyváženosti Q (mm s^{-1})
1	0,16 - 0,40
2	0,40 - 1,00
3	1,00 - 2,50
4	2,50 - 6,30
5	6,30 - 16
6	16 - 40
7	40 - 100
8	100 - 250
9	250 - 630
10	630 - 1600
11	1600 - 4000

Z výše uvedené rovnice určíme přípustný měrný nevyvážek ϵ_p (μ_m). Při statické nevyváženosti určíme přípustný nevyvážek N_p ze vztahu

$$N_p = M \cdot \epsilon_p,$$

kde N_p - přípustný nevývažek (gmm)
 M - hmotnost rotoru (kg)
 ϵ_p - měrný přípustný nevývažek (mm)

Při dynamickém vyvažování, za předpokladu, že těžiště rotoru je ve střední třetině vzdálenosti ložiskových podpor, mohou se přípustné nevývažky pro obě vyvažovací roviny určit ze vztahu

$$N_{p1} = N_{p2} = \frac{1}{2} \cdot M \cdot \epsilon_p$$

2.2 Provozní vyvažování

Provozní vyvažování spočívá ve změření velikosti vektorů statické nebo dynamické nevyváženosti rotoru, uloženého ve vlastním rámu a na vlastních ložiskách při provozních otáčkách a za provozních podmínek.

Měřicí zařízení indikuje velikost a úhlovou polohu kmitů vyvolaných nevyvážeností, jakož i otáčky rotoru.

Postup provozního vyvažování rotoru v jedné rovině (statické vyvažování)

- schematicky je znázorněno na obr. 1

Snímač rychlostí kmitání je upevněn v měřicí rovině I, vyvažování se provádí v rovině II. Postup je následující:

- rotor se uvede do provozních otáček a měřicím zařízením se určí vektor nevyváženosti $\overline{OA}$
- po zastavení rotoru se ve vyvažovací rovině II. upevní testovací hmota m_t na předem zvolený poloměr r do polohy 0^0 označené na rotoru
- při provozních otáčkách se změří vektor $\overline{OB}$, který je součtem

vektoru nevyváženosti a vektoru od testovací hmotnosti $\overline{OB} = \overline{OA} + \overline{AB}$

- pro grafickopočetní vyčíslení korekční hmoty zaneseme uvedené vektory do diagramu
- vyvážení provedeme tím, že korekční hmotu m_k upevníme ve vyvažovací rovině I na poloměr r o úhel α v daném smyslu vzhledem k 0° na rotoru.

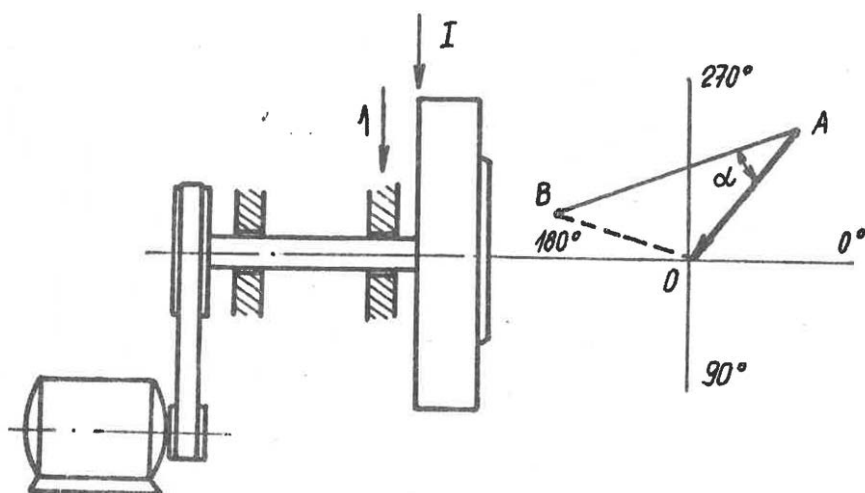
Velikost korekční hmoty vypočteme ze vztahu

$$m_k = \frac{|\overline{OA}|}{|\overline{AB}|} \cdot m_t$$

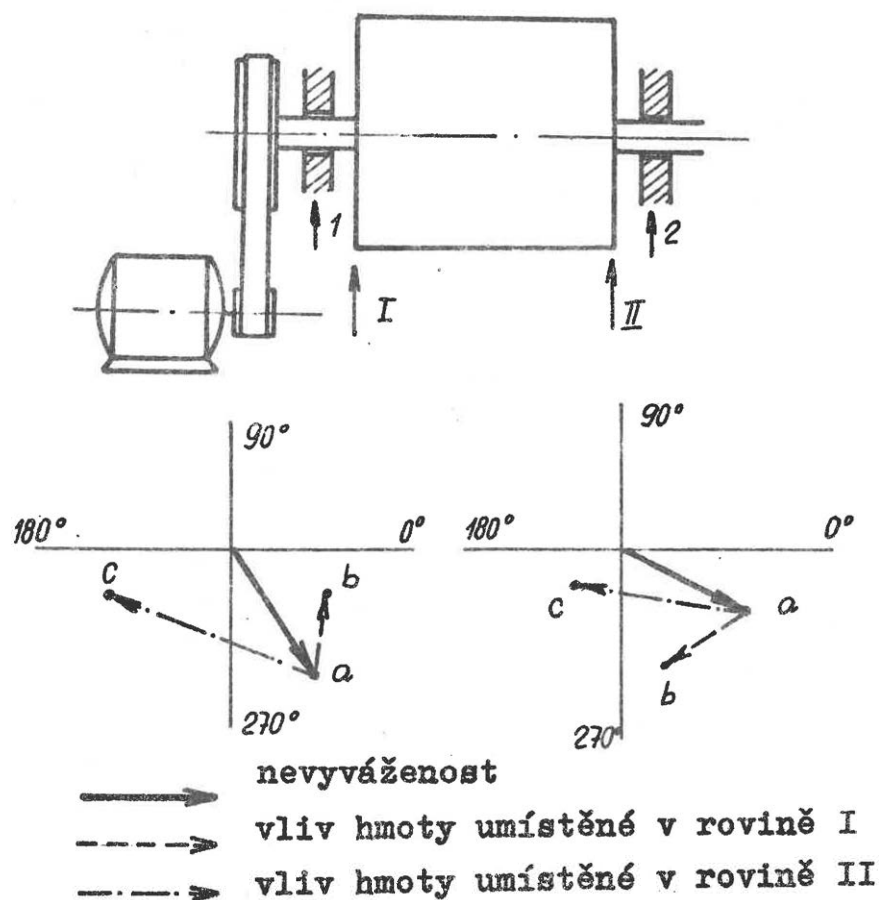
Postup provozního vyvažování ve dvou rovinách (dynamické vyvažování)

- schematicky je znázorněno na obr. 2
- zvolíme vyvažovací roviny I a II, v měřicích rovinách 1 a 2 (ložiska) upevníme snímače kmitání
- při provozních otáčkách rotoru změříme vektory nevyváženosti v rovině 1 a 2
- po zastavení rotoru umístíme testovací hmotu m_t do roviny I a určíme vektory stavu v obou měřicích rovinách za provozních otáček
- po zastavení rotoru odejmeme testovací hmotu m_t z roviny I a upevníme ji do roviny II, v provozních otáčkách provedeme měření vektorů stavu v rovinách 1 a 2
- změřené údaje a údaje o testovací hmotě jsou vstupními daty pro programovatelný kalkulátor s vyvažovacím modulem, výsledkem jsou hledané parametry pro vyvážení rotoru
- po upevnění korekčních hmot na vypočtená místa provedeme kontrolní měření a zjistíme, zda stav nevyváženosti odpovídá přípustné hodnotě.

Tento postup s využitím výpočetní techniky je velmi rychlý. Vyhodnocení údajů lze provést také graficko-početní metodou, která je pracná a zdlouhavá.



Obr. 1
Schema vyvažování v jedné rovině



Obr. 2
Postup provozního vyvažování ve 2 rovinách

Praktický (konkrétní) příklad vyvažování

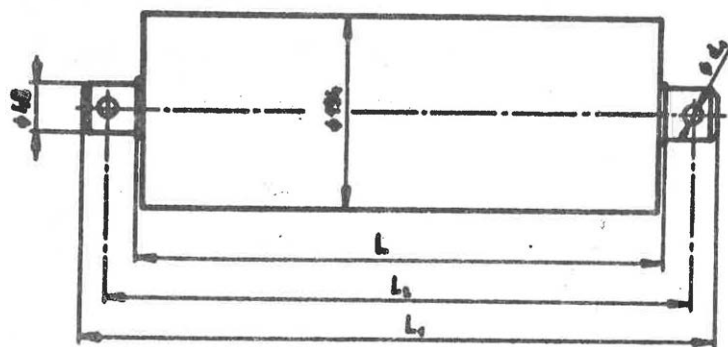
2.3 Vyvažování válečků pro zakladač ZPD 8000

V nejbližší době má být dán do provozu inovovaný technologický celek TC 2 N. Součástí tohoto inovovaného technologického celku je i zakladač ZPD 8000, u kterého se předpokládají dopravní rychlosti mezi $7,8 - 8,7 \text{ m.s}^{-1}$. Dopravní cesty budou osazeny válečky dlouhými ($\emptyset$ 194 mm a délky 850 mm) a válečky krátkými ($\emptyset$ 194 mm a délky 530 mm). Rozměry válečků viz. obr. 3. Protože jde o velké rychlosti, je snahou, aby válečky použité pro tyto dopravní cesty byly vyvážené alespoň v 6. třídě.

Po dlouhodobém a dosud neúspěšném zajišťování vhodných trub $\emptyset$ 194 mm jako polotovarů pro výrobu kvalitních válečků, pokud jde o přípustný nevývažek N_p (g mm), byla na návrh zástupců VŽKG Teplice - útvar 941.7 navržena mimořádná akce pro zajištění vyvážených válečků. Tato mimořádná akce spočívala ve vyvažování trub $\emptyset$ 194 mm, jakožto polotovarů pro pláště budoucích válečků. Vycházelo se z toho, že převážnou nevývahu způsobují pláště válečků. VŽKG Teplice - útvar 941.7 ve spolupráci s VÚHU Most provedly začátkem února 1987 v Transportě Břeclav vyvážení 10 ks trub $\emptyset$ 194 mm a délky 850 mm.

Vyvažování trub bylo provedeno na přípravku, jež byl majetkem TRA Břeclav. Princip přípravku je shodný s přípravkem, který se použil ve VÚHU Most při kontrole nevyváženosti zkompletovaných válečků. Měření se provádělo přístrojovou soupravou "Vibroport" firmy Schenck, která je majetkem VÚHU Most. Výpočet a vyhodnocení bylo prováděno programovatelným kalkulátorem Texas Instruments typ 59 s tiskárnou, majetek stř. 941.7 Vítkovice Teplice.

Obr. 3
Rozměry válečků dopravních cest zakladače ZPD 8000



850	3-21484-00082	48,4	954	910	20mm	33,7
530	3-22484-00071	37,1	634	590	20mm	24,9
L	OZNAČENÍ VÁLEČEK	M [kg]	L ₁	L ₂	d	M _{roz} [kg]

2.4 Měřicí zařízení - vyvažovací stolice

Pro možnost vyvažování válečků bylo navrženo a zkonstruováno jednoduché, jednoúčelové vyvažovací zařízení, které je schematicky naznačené na obr. 4., kontrolovaný dopravní váleček (5) je otvory na hřídeli usazen na podpěru (2), vytvořenou svorníkem šroubu s možností bočního výkyvu, daného tuhostí spirálové válcové pružiny a pevně uchycen maticemi. Podpoěry jsou upevněny v rámu (1), vytvořeném tyčí profilu U, ve kterém jsou vyvrtány otvory různých roztečí L, aby bylo umožněno zkoušení válečků různých axiálních délek. Vlastní pohon válečku byl zajištěn elektromotorem s řemenicí (3) a plochým řemenem (4).

Roviny měření A a B byly zvoleny na hřídeli válečku v místě nasazení na svorník. V těchto místech jsou umístěny snímače určení vektorů nevyváženosti. Vyvažovací roviny I a II byly zvoleny na krajích pláště válečku (obr. 4).

2.5 Vyhodnocení naměřených hodnot a určení třídy nevyváženosti pláště válečku č. 10

Při prvním běhu bez testovacího zařízení byly naměřeny tyto hodnoty

místo A	39	250°
místo B	40	253°

Při druhém běhu, testovací hmota $m_t = 140$ g upevněna na vnějším povrchu ($r = 100$ mm) v místě A v úhlu 0°. Byly naměřeny hodnoty

místo A	24	250°
místo B	22	253°

Při třetím běhu, testovací hmota $m_t = 140$ g upevněna na vnějším povrchu ($r = 100$ mm) v místě B v úhlu 0°. Byly naměřeny hodnoty

místo A	22	245°
místo B	24	250°

Na základě hodnot, získaných z těchto tří běhů bylo provedeno vyhodnocení programovatelným kalkulátorem Texas typ 59.

Výsledky byly následující:

do místa A ustavit hmotu $m = 130 \text{ g}$ pod úhlem -12°

do místa B ustavit hmotu $m = 207 \text{ g}$ pod úhlem 13°

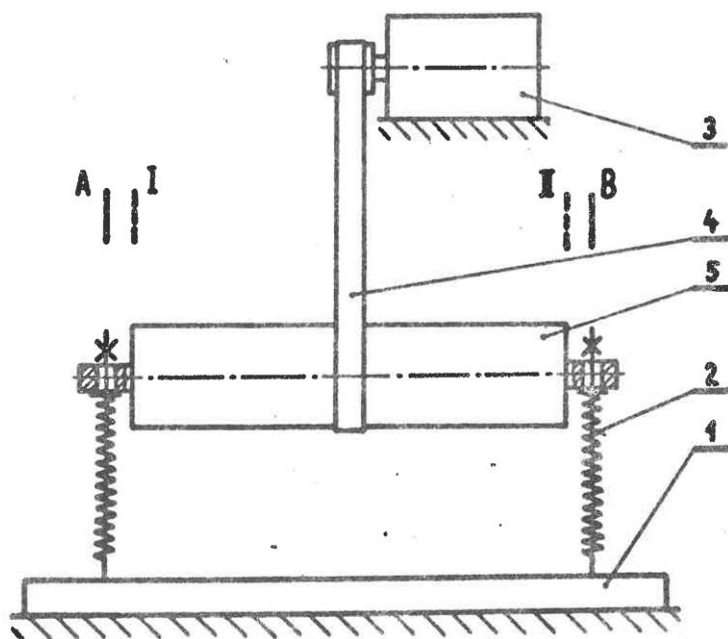
Velikost nevývahy:

v místě A $= 130 \text{ g} \cdot 100 \text{ mm} = 13\,000 \text{ gmm}$

v místě B $= 207 \text{ g} \cdot 100 \text{ mm} = 20\,700 \text{ gmm}$

celková nevývaha $N = 13\,000 + 20\,700 = 33\,700 \text{ gmm}$

Obr. 4 Schéma vyvažovacího zařízení



Určení přípustného stupně nevyváženosti a třídy nevyváženosti

$$Q = 10^{-3} \cdot \omega_p \cdot \varepsilon_p$$

$$\omega_p = \frac{v}{r} ; \varepsilon_p = \frac{N}{M}$$

$v = 8 \text{ m/s}$... rychlost pásu

$r = 97 \text{ mm}$... poloměr válečku

$N = 33\,700 \text{ gmm}$... celk. nevývaha

$M = 33,7 \text{ kg}$ rotující hmot-
ta válečku

dosazením

$$Q = 10^{-3} \cdot \frac{v}{r} \cdot \frac{N}{M}$$

$$Q = 10^{-3} \cdot \frac{8000}{97} \cdot \frac{33700}{33,7} = 82,5 \text{ mm s}^{-1}$$

Stupni přípustné nevyváženosti $Q = 82,5 \text{ mm s}^{-1}$ odpovídá 7. třída nevyváženosti ($Q = 40 \div 100 \text{ mm s}^{-1}$)

Výše uvedené hmoty v místě A = 130 g, v místě B = 207 g jsou určeny na povrch válečku. Protože se hmota umísťovala dovnitř pláště, musel být proveden přepočet velikosti hmoty na vnitřní průměr pláště

$$m_{VA} = \frac{130 \cdot 100}{88} = 148 \text{ g}$$

$$m_{VB} = \frac{207 \cdot 100}{88} = 235 \text{ g}$$

Po navaření vypočtených hmot byl proveden kontrolní běh s těmito naměřenými hodnotami

místo A5,1 50°

místo B4,3 45°

Po opětovém vyhodnocení programovatelným kalkulátorem Texas typ 59 a výše uvedeném výpočtu bylo zjištěno, že vyvážený plášť válečku č. 10 je v 5. třídě nevývahy.

Stejným způsobem byly zpracovány výsledky měření plášťů válečků č. 1 + 9 a jsou uvedeny v tab. č. 1.

Kontrola třídy nevyváženosti hotových válečků

VÚHU bylo požádáno o určení třídy nevývahy zkompletovaných hotových válečků, které byly náhodně vybrány. Šlo o tři válečky dlouhé - ozn. GL 194 x 850 a tři válečky krátké - ozn. GL 194 x x 530, které budou namontovány na zakladač ZPD 8000. Výsledky měření jsou uvedeny v tab. č. 2.

Z uvedených výsledků vyvážení je zřejmé, že kvalita vyváženosti plášťů se vyvážením podstatnou měrou zlepšila.

Potvrdilo se, že faktor, který může ovlivnit především celkové hodnoty nevývahy kompletních válečků je plášť válečku. V každém případě však lze již potvrdit, že válečky tímto způsobem vyvážené plně uspokojí požadavek odběratele, protože vykazují 4 + 6 třídu nevývahy dle ČSN 1410.

Vyvažování plášťů válečků je nutné považovat za mimořádnou náročnou akci a nelze ji provádět běžně v sériové výrobě. Je nutné koncepčně řešit dodávky polotovarů a komponentů, určených pro výrobu s výrobní technologií tak, aby vyvažování nebylo potřebné.

3.0 Závěr

Z popisu vyvažování válečků pro inovovaný zakladač ZPD 8000 technologického celku TC 2N, kde se předpokládá dopravní rychlost až $8,7 \text{ m s}^{-1}$ (uvedeného v kapitolách 2.3 až 2.5) je zřejmé, že vyvažovat válečky nebo jejich vyváženost kontrolovat je možné a v současné době reálné. Věříme, že přestože vyvažování plášťů válečků tímto způsobem je považováno za mimořádně náročnou akci, kterou nelze běžně provádět v sériové výrobě válečků, podpořila společná akce VÚHU k.ú.o., VŽKG Teplice a TRA Břeclav snahu nastoupit správnou cestu v této oblasti, tj. řešit dodávky polotovarů a komponentů, určených pro výrobu válečků s vysokou obvodovou rychlostí tak, aby vyvažování nebylo nutné a přesto vyhověly požadavku uživatele.

Vyvažováním válečků práce VÚHU v oblasti vyvažování nekončí. Ve spolupráci s k.p. DJF a k.p. DNT, které vyrobí speciální stolice pro vyvažování pružných spojek pohonů DPD bude zpracovaná metodika vyvažování těchto spojek mimo pohon. Vyvážené spojky a brzdové kotouče budou postupně montovány na pohony DPD a společně se správným ustavením pohonů z hlediska souososti (motor - převodovka) budou tak vytvořeny výchozí podmínky pro dlouhodobé sledování pohonů, měření a analýzu vibrací tak, aby se v budoucnosti v plné míře prokázaly výhody a ekonomická efektivnost této metody bezdemontážní diagnostiky.

S h r n u t í

Článek "Využití frekvenčních analyzátorů Vibroport a IRD 880 pro vyvažování rotujících částí těžebních zařízení" popisuje obvyklé příčiny nízkofrekvenčních vibrací a seznamuje s přístrojovou technikou, frekvenčními analyzátory, které jsou pro měření a analýzu vibrací v SHD - VÚHU k.ú.o. k dispozici.

Dále popisuje příčiny nevyváženosti rotorů, uvádí základní pojmy v oboru vyvažování, přípustné nevyvážky tuhých rotorů dle

POŘ. ČÍSLO	PŮVODNÍ HODNOTA			Q (mm/s)	T Ř í D A	HODNOTY PO VYVÁŽENÍ			Q (mm/s)	T Ř í D A
	N (g mm)					N (g mm)				
	A	B	N			A	B	N		
1	14 000	19 600	30 600	82,2	7	400	730	1 130	2,77	4
2	18 660	7 970	26 630	65,2	7	2 800	830	3 630	8,88	5
3	24 200	16 500	40 700	99,6	7-8	1 260	860	2 120	5,19	4
4	10 300	3 500	13 800	33,8	6	4 560	1 680	6 240	15,12	5-6
5	35 000	30 000	65 000	159,1	8	2 960	1 790	4 750	11,62	5
6	17 860	23 800	41 660	102,0	7-8	1 370	1 710	3 080	7,54	5
7	12 670	23 300	35 970	88,0	7	2 360	3 930	6 290	15,39	5-6
8	9 850	5 000	14 850	36,3	6	980	580	1 560	3,82	4
9	14 860	12 600	27 460	67,2	7	1 900	1 890	3 790	9,28	5
10	13 000	20 700	33 700	82,5	7	1 700	2 225	3 925	9,61	5

Tabulka č. 1

Přehled nevývah, stupňů přípustných nevyvážeností a tříd nevyvážeností u plášťů pro válečky zakladače ZPD 8000

POŘ. ČÍSLO	HODNOTA NEVÝVAHY			Q (mm/s)	T Ř í D A
	N (g mm)				
	A	B	N		
VÁLEČEK HLADKÝ GL 194 x 850					
1	1 290	2 066	3 356	8,21	5
2	1 649	2 503	4 152	10,16	5
3	922	940	1 862	4,56	4
VÁLEČEK HLADKÝ GL 194 x 530					
4	6 198	719	6 916	22,91	6
5	2 309	3 133	5 442	18,02	6
6	1 678	2 929	4 607	15,26	5-6

Tabulka č. 2

Hodnoty nevývah, stupňů přípustných nevyvážeností a tříd nevyvážeností u hotových válečků pro zakladač ZPD 8000