

VD PARDUBICE

PROHLÍDKA KONSTRUKCE VZPĚRNÝCH VRAT PK A MĚŘENÍ VIBRACÍ VRÁTNÍ



OBSAH

1.	ÚVOD	2
1.1	Podmínky při prohlídce	2
2.	STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE	2
3.	ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI PŘI PROHLÍDCE 27.9.2017	3
3.1	Obojková ložiska	3
3.2	Patní ložiska	4
3.2.1	Poloha obojkových ložisek oproti patním ložiskům	4
3.3	Stoličky a opěrky	5
3.3.1	Pohyb vrátní	5
3.4	Dovření vrátní	6
3.5	Těsnění a průsaky	6
3.6	Chování vrátní při plnění PK	7
4.	MĚŘENÍ VIBRACÍ	7
4.1	Použité přístroje k měření vibrací a jejich umístění na konstrukci	8
4.2	Měření a vyhodnocení vlastních frekvencí	8
4.2.1	Vlastní frekvence pravé vrátně	9
4.2.2	Vlastní frekvence levé vrátně	9
4.3	Měření a vyhodnocení provozních vibrací	9
4.3.1	Vibrace pravé vrátně	9
4.3.2	Vibrace levé vrátně	11
4.4	Závěr z měření vibrací	13
5.	SHRNUTÍ A DOPORUČENÍ	14
5.1	Shrnutí základních skutečností	14
5.1.1	Konstrukce vrat	14
5.1.2	Vibrace vrátní	14
5.2	Doporučení pro další provoz	14
6.	SEZNAM PŘÍLOH	16
7.	ROZDĚLOVNÍK	16

1. ÚVOD

Prohlídka vzpěrných vrat dolního ohlaví plavební komory v. d. Pardubice, byla provedena na základě smlouvy s VD TBD (č. objednatele D911160014, příloha 3a, ostatní činnosti na VD). Prohlídka byla provedena 27.9.2017

Přítomni při prohlídce:

Povodí Labe, státní podnik

Odbor TPC

Závod 03

vedoucí střediska

VD – TBD a.s.

Ing. Pavel Benčík

p. Jan Kučera,

p. Zdeněk Píša

Ing. Miroslav Bubeník

Měření vibrací vrat bylo provedeno 17.10.2017

Měření provedl:

VD – TBD a.s.

Ing. Tomáš Rudolf

Přítomni při měření vibrací:

Povodí Labe, státní podnik

Odbor TPC

Závod 03

vedoucí střediska

Ing. Pavel Benčík

p. Zdeněk Píša

Prohlídka byla vyvolána trvajícím nestandardním chováním dolních vrat při komorování a při zatížení horní vodou v PK a to silnými vibracemi spolu s hlukovými projevy při plnění PK, se zvuky zadírávání při manipulacích, ale i velkými průsaky na bočním těsnění pravé vrátně.

Tento stav trvá delší dobu a zhoršuje se, a je jako poruchový veden od června t. r. Dne 28. 6. 2017 byla provedena provozní prohlídka, která se uskutečnila na základě informace o vibracích vrat při manipulacích a zvucích zadírávání při pohybu vrátní, zvláště u pravé vrátně. – viz zápis – Příloha 1 a následně prohlídka dne 8.8. 2017, viz zápis – Příloha 2.

Na základě této provozní prohlídky bylo 11.8.2017 provedeno geodetické zaměření vrátní. Geodetické zaměření provedl Ing. Michálek PL s.p., jeho vyhodnocení provedl Ing. Benčík.

1.1 Podmínky při prohlídce

Prohlídka se konala při běžném provozu. Byla vizuálně prohlédnuta obojková ložiska vrat, s vraty bylo manipulováno při hladině na úrovni dolní vody. Vrata byla i zatížena horní vodou při naplnění PK. Tato manipulace byla v době prohlídky provedena 2×.

2. STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE

Vzpěrná vrata byla uvedena do provozu spolu s celou PK v r. 1972.

Vzpěrná vrata jsou ocelové. svařované konstrukce. Vráteň je tvořená osmi vodorovnými nosníky z válcovaných profilů I 500, vrátnovým a srazovým sloupkem tvořeným profilem I 500, který je nosičem stoliček, opírajících se v zavřené poloze vrat o opěrky ve zdi PK.

Svisle je hradící stěna z plechu tl.12 mm vyztužena pěti svislými výztuhami z profilu ½ I 240.

Praňové, boční i srazové těsnění vrátní je provedeno profilem typu “nota“. Srazové i boční stoličky jsou pevné – nejsou stavitelné.

Vráteň je vyztužena diagonálami – tažná pás
tlačná profil

220×20
U 260

Patní ložiska jsou provedena tak, jak se prováděla v tehdejší době. Válcový čep o průměru 150 mm je pouze s kulovým vrchlíkem dosedajícím na vrchlíkovou bronzovou výstelku “čočku” v ocelové pánvi s průměrem o 8 mm větším než čep. Poloměr kulové plochy vrchlíku je 550 mm

Záporník je podle dokumentace v úhlu 22°06'

Ovládání vrat je hydraulickými válci. Pístnice přenášejí pohyb na vrátně bez odpružení, rázově.

Protože vrátnový, ani srazový sloupek nejsou vyztuženy, umožňují střídavé deformace vrátně při otvírání a zavírání, vlivem brodivých odporů a sil od neodpruženého pohonu.

Doba otvírání a zavírání-		Levá vrátně	Pravá vrátně	ní
	Otvírání	95 s	100 s	
	Zavírání	138 s	113 s	

Kóta horní provozní hladiny: 217,30 m n.m.

Kóta dolní provozní hladiny: 213,40 m n.m

Uvedení PK do provozu **1972**

Od r. 2001 silný provoz:

Provozně počet komorování cca 160 /měsíc cca 6×/den

cca 1100×/rok

od r. 2001 (16 let)

cca 17600 ×

Poznámka:

Od doby uvedení do provozu nebyla na vzpěrných vratech prováděna žádná oprava.

3. ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI PŘI PROHLÍDCE 27.9.2017

3.1 Obojková ložiska

Hlavní čepy vrátní se v bronzovém pouzdře obojku otáčí s vůlí cca 1 mm Pouzdra jsou vyběhaná.

Obojková ložiska obou vrátní jsou uvolněná.

Upevňovací táhla a seřizovací šrouby jsou uvolněné s mezerami několik mm. Jako dorazové fungují pouze při změně smyslu pohybu, kdy síly od pohonu a odporu brodění působí ve směru upevňovacího táhla.

Pokud byly provozními pracovníky tyto vůle vymezeny, došlo k deformaci opěrných patek i konců seřizovacích šroubů. Viz foto.



Obr. 1



Obr 2



Obr.3 Ohnutá opěrná patka

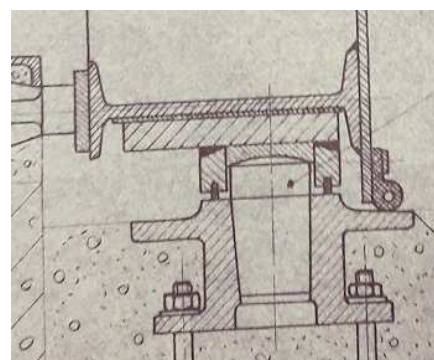


Obr. 4

Tato situace nastává, pokud není definovaná přesná osa otáčení spolu se seřízenými stoličkami a opěrkami (za předpokladu přesně seřízených koncových vypínačů hydromotoru u vrátní bez odpružení závěsů pístitnice).

3.2 Patní ložiska

Jak bylo v popisu uvedeno, patní ložiska jsou starého typu, umožňující jistý radiální pohyb – viz obr. 5. Dobře fungují a vedou vrátně jen pokud jsou v souladu se stoličkami a opěrkami, ale také s koncovými polohami hydromotoru s neodpruženým závěsem na vrátni. Při jakémkoli opotřebením (vydření opěrek i stoliček) nastává radiální pohyb pouzdra (vrátně) na čepu a vzpěrné síly se přenáší i do ložiska obojkového.



Obr. 5 Patní ložisko

3.2.1 Poloha obojkových ložisek oproti patním ložiskům

V ideálním případě je poloha os patního a obojkového ložiska ve svislé přímce.

Vzájemná poloha ložisek obojkových a patních je zřejmá z výsledků geodetického zaměření. Osa obojkového ložiska je oproti ose ložiska patního posunuta:

U levé vrátně	Při zavírání	Při otvírání
Posun ve směru osy plavební komory (+ po vodě) [mm]	+6,53	+5,64
Posun ve směru kolmo na osu komory (+ ven z komory) [mm]	-0,41	-0,63
Posun v rovině náklonu (maximální posun) [mm]	6,54	5,68

U pravé vrátně	Při zavírání	Při otvírání
Posun ve směru osy plavební komory (+ po vodě) [mm]	-16,75	-20,22
Posun ve směru kolmo na osu komory (+ ven z komory) [mm]	+4,01	+1,46
Posun v rovině náklonu (maximální posun) [mm]	17,23	20,27

Jak je z uvedených hodnot v tabulkách zřejmé, u pravé vrátně je rozdíl poloh horního a patního ložiska cca 20 mm.

Krom tohoto velkého rozdílu polohy byl zjištěn i značný rozdíl hodnot cca **3 mm** při otvírání a zavírání. Tento rozdíl svědčí o posunech obojkového i patního ložiska při pohybu vrátně.

Tyto naměřené posuny jsou vysvětlitelné vůlemi na obojkových ložiskách, ale i vůlemi a možnými posuny pouzdra patního ložiska na jeho čepu. Vzhledem ke konstrukčnímu uspořádání patního ložiska lze předpokládat při pohybech vrátní i posuny větší.

3.3 Stoličky a opěrky

Jak bylo uvedeno, boční, ani srazové stoličky vrátní nejsou stavitelné. V odst.3.2. je poukázáno na nutnost souladu osy otáčení vrátně se stoličkami a opěrkami. Pokud nejsou stoličky seřízené tak, aby přenášely bezpečně vzpěrné síly, při velkých vůlích opotřebením (nebo i špatným seřízením), vzpěrné síly se přenášejí do ložisek patních i obojkových, která na takové síly nejsou dimenzována a dochází v různé míře k opotřebením a až k destrukci.

Stav a vydření bočních stoliček a opěrek nebylo možné při této prohlídce kontrolovat. Stav srazových stoliček na třech viditelných vodorovných nosnících je vizuálně dobrý, jejich dosedání na opěrky je mimostředné – viz i odst. 3.4. a obr. 6. Srazové stoličky však nejsou namáhány oděrem na rozdíl od stoliček bočních.

3.3.1 Pohyb vrátní

Vráteň je nedostatečně vedena ložisky. Jednak je velká vůle na čepu horního ložiska cca 1 mm, větší je i konstrukční, vůle na patním ložisku 8 mm – čep je pouze s kulovým vrchlíkem $R = \text{cca } 550 \text{ mm}$ (vráteň není přesně vedena).

Průměr čepu	150 mm
-------------	--------

Průměr pouzdra	158 mm
----------------	--------

Poloměr kulového vrchlíku	550 mm
---------------------------	--------

S vysokou pravděpodobností je kulový vrchlík v pouzdru vyběhán a vráteň má možnost pohybu v rozsahu vůle mezi čepem a pouzdrům.

Tato uložení mohla dobře vést vráteň při ručním ovládnutí vrátně. Hydraulické ovládnutí vnáší nesrovnatelně větší silové momenty do konstrukce vrátní (zvláště při ovládnutí vrátní bez odpružení), pouzdro rychle ztrácí tvar a čep v pouzdrě (resp. vráteň s pouzdrům na čepu) se pohybuje v rozmezí navržených konstrukčních vůlí, které se vydíráním ještě zvětšují.

Při provádění prohlídky byl pohyb vrátní klidný. Uváděné zadírání se při těchto zkouškách neprojevovalo. Klidný a rovnoměrný pohyb vrátní byl zjištěn i při geodetickém zaměření vrátní, kdy patní čepy vykazovaly téměř stabilní výškovou polohu.

Z uvedeného geodetického zaměření vyplývá

Pravá vráteň:

Při otevírání vrátně, mezi počátkem a cca 68° polohy vrátně na patním ložisku stoupne o 0,1mm. Pak je poloha vrátně na dolním čepu stabilní a nebyl zjištěn další výškový pohyb.

Při zavírání vrátně cca při 6° pohybu vrátně se na patním ložisku zvedne o 0,1 mm a v této poloze se pohybuje až do 70° polohy, kdy mezi 70° a koncem zavírání klesne opět o 0,1mm.

Levá vráteň:

Při otvírání je pohyb výškově stabilní až do polohy cca 9°, kdy mezi 9° a počátkem vrátně na patním ložisku klesne o 0,1mm.

Při zavírání je poloha vrátně na patním ložisku do cca 12°. mezi 12° a 20° zavírání vrátně stoupne o 0,1 mm. Další stoupnutí vrátně o 0,1 mm je mezi cca 41° a 62° zavírání. Dále je pohyb výškově stabilní.

U této vrátně byly při zavírání naměřeny výškové změny na patním ložisku 0,2 mm.

3.4 Dovření vrátní

Při zkouškách pohybu vrátní se vrátně na srazu nesetkávají rovnoměrně. Pravá vrátně dovírá dříve, levá dosedá k pravé. Srazové stoličky levé vrátně dosedají na opěrky pravé vrátně pouze cca polovinou šířky dosedací plochy, a to jak horní stoličky, tak i stoličky na dalších dvou spodních viditelných vodorovných nosnících.



Obr 6

3.5 Těsnění a průsaky

Průsaky jsou zřejmé jen nad dolní vodou.

Srazové těsnění

Na srazu je průsak v dolní části – nad dolní vodou, při stoupání hladiny v PK se jen zvětšuje, ale nešíří se nahoru – zřejmě poškozené těsnění.

Boční těsnění

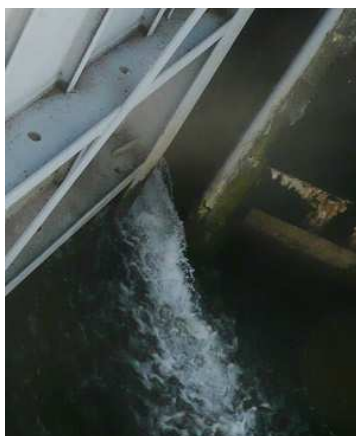
Pravá vrátně – přistoupání hladiny v PK je velký průtok ve spodní části nad dolní vodou, je zřejmé částečně vytržené a poškozené těsnění v celé výšce nad dolní vodou. Při stoupání hladiny se průsak šíří až k horní vodě. Poškozené těsnění je zřejmé i na uvedeném obr. 7. Na tomto obr. jsou úseky poškozeného těsnění označeny červeně. Průsaky – viz obr. 8 až 11.

Levá vrátně

Od počátku stoupání hladiny v PK se projevil průsak nad úrovní dolní vody, se stoupáním hladiny se průsak nerozšířil, jen se se vzrůstajícím tlakem zvětšoval. – svědčí o porušení těsnění v této oblasti. Obr. 7

Sraz vrátní

Průsaky jsou od počátku stoupání hladiny v PK na úrovni dolní vody. Viz obr. 9



Obr.8 Průsak levá vrátně



Obr.9 Průsak na srazu vrátní



Obr.10 průsak pravá vrátně

Na obr. 10 je zřejmý (šipkou označený) nárůst řas na zdi PK, svědčící o trvání těchto průsaků. Na obr. 11 – detail.



Obr. 11



Obr. 12 Průsak na bočním těsnění pravá vrátně

Těsnící profil – notová guma, navrhovaný v době projektování PK Pardubice, byl později uznán jako provozně nevhodný a téměř na všech PK na Labi už byl nahrazen těsněním typu hranol. Právě nota je vhodná k vytváření jazýčkového efektu a ke generování vibrací, a podléhá i snadnému vytržení.

3.6 Chování vrátní při plnění PK

Po zavření vrat a začátku plnění PK nastávají průsaky, jak je uvedeno v odst.3.5.

Po stoupnutí vody cca o 1 m, se začnou projevovat u pravé vrátně mírné vibrace, “vrnění“, které se přenáší i do vrátně levé. Po stoupnutí hladiny v PK cca o 2,5 m vibrace zesílí s nižšími frekvencemi a na konstrukci se nestabilně projevují i vibrační uzly (rezonance).

Podle obsluhy se při této prohlídce vibrace projevily ve velmi malé míře. Protože tyto vibrace jsou vyvolány prouděním šterbinou při porušeném těsnění – zřejmě jazýčkový efekt, rozsah vibrací a rychlost a frekvence kmitání závisí na “uspořádání“ průsakových cest a okamžité polohy profilu těsnění, a to je náhodné, je i náhodný stav vzniku silných vibrací, jak je popisuje obsluha.

Kóta horní provozní hladiny:	217,30 m n.m.
Kóta dolní provozní hladiny:	213,40 m n.m
Rozdíl hladin dolní a horní vody	3,90 m

4. MĚŘENÍ VIBRACÍ

Vibrace vrátní byly měřeny za běžného provozu. Bylo provedeno měření provozních vibrací během napouštění plavební komory při zavřených vratech, postupně na pravé a následně na levé vrátni. Dále bylo provedeno měření vlastních frekvencí při otevřených vratech, zavřených vratech s úrovní vody v komoře odpovídající dolní vodě a při zavřených vratech s úrovní vody v komoře odpovídající horní vodě.

4.1 Použité přístroje k měření vibrací a jejich umístění na konstrukci

Na každé vrátni byly umístěny 3 akcelerometrické snímače na horní hlavní nosník vrátně. Umístění snímačů bylo provedeno na oba kraje a polovinu délky hlavního nosníku. Snímač 1 byl umístěn na volný okraj vrat, snímač 2 uprostřed, snímač 3 na okraj nosníku u ložiska. Použité snímače umožňují měřit ve třech osách souřadného systému, umístění osy X bylo zvoleno v ose hlavního nosníku, osa Y byla kolmá na osu hlavního nosníku, osa Z svislá.

Byly použity následující snímače:

- Výrobce, typ: AIS, 5525L-10
- Rozsah: $\pm 10g$
- Citlivost: 400 mV/g
- Frekvence: 0-600 Hz

Uchycení snímačů ke konstrukci bylo provedeno pomocí magnetů.



Obr. 13 Umístění snímače č. 2 na hlavním nosníku levé vrátně

4.2 Měření a vyhodnocení vlastních frekvencí

Měření vlastních frekvencí bylo měřeno modálním nárazem na konstrukci. Modální náraz byl proveden jedním úderem gumovou palicí. Měření bylo provedeno při otevřených vratech při normální úrovni hladiny odpovídající dolní vodě, dále při zavřených vratech při úrovni hladiny odpovídající dolní vodě a při zavřených vratech s úrovní vody v komoře odpovídající horní vodě, tj. plné plavební komoře.

Vyhodnocení vlastních frekvencí bylo provedeno dle ČSN ISO 18431-1 Vibrace a rázy – zpracování signálů pomocí FFT analýzy a energetické spektrální transformace. Vyhodnocení bylo provedeno z okamžitých dat rychlostí kmitání, které byly přepočteny z měřených zrychlení.

Vyhodnocení vlastních frekvencí bylo provedeno pro směr minimální tuhosti vrat, tj. vzhledem k umístění snímačů v ose Y. V ostatních dvou směrech (ose X a Z) mají vrata výrazně vyšší tuhost. To dokládají také jednak řádově vyšší změřené hodnoty vychylek v ose Y než v osách X a Z, jednak řádově vyšší minimální vlastní frekvence v těchto směrech.

4.2.1 Vlastní frekvence pravé vrátně

Na pravé vrátni byly změřeny a pomocí FFT analýzy vyhodnoceny vlastní frekvence o hodnotách:

- při otevřených vratech a hl. vody v PK na úrovni dolní hl.: 6,5 a 12,5 Hz,
- při zavřených vratech a hl. vody v PK na úrovni dolní hl.: 7,5 a 14,0 Hz
- při zavřených vratech a hl. vody v PK na úrovni horní hl.: 11,5, 18, 23,5 a 27,5 Hz

4.2.2 Vlastní frekvence levé vrátně

Na levé vrátni byly změřeny a pomocí FFT analýzy vyhodnoceny vlastní frekvence o hodnotách:

- při otevřených vratech a hl. vody v PK na úrovni dolní hl.: 6,5 a 12,5 Hz,
- při zavřených vratech a hl. vody v PK na úrovni dolní hl.: 6,5 a 13,5 Hz
- při zavřených vratech a hl. vody v PK na úrovni horní hl.: 11,5, 16,5, 19 a 27 Hz

4.3 Měření a vyhodnocení provozních vibrací

Měření provozních vibrací bylo provedeno na pravé a následně levé vrátni při napouštění a vypouštění plavební komory.

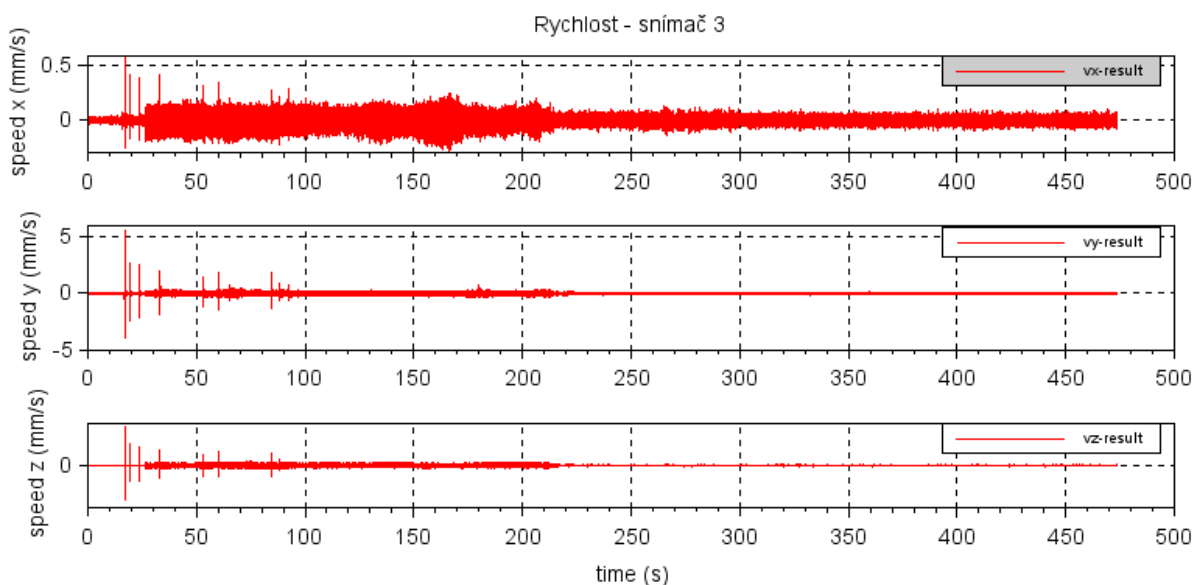
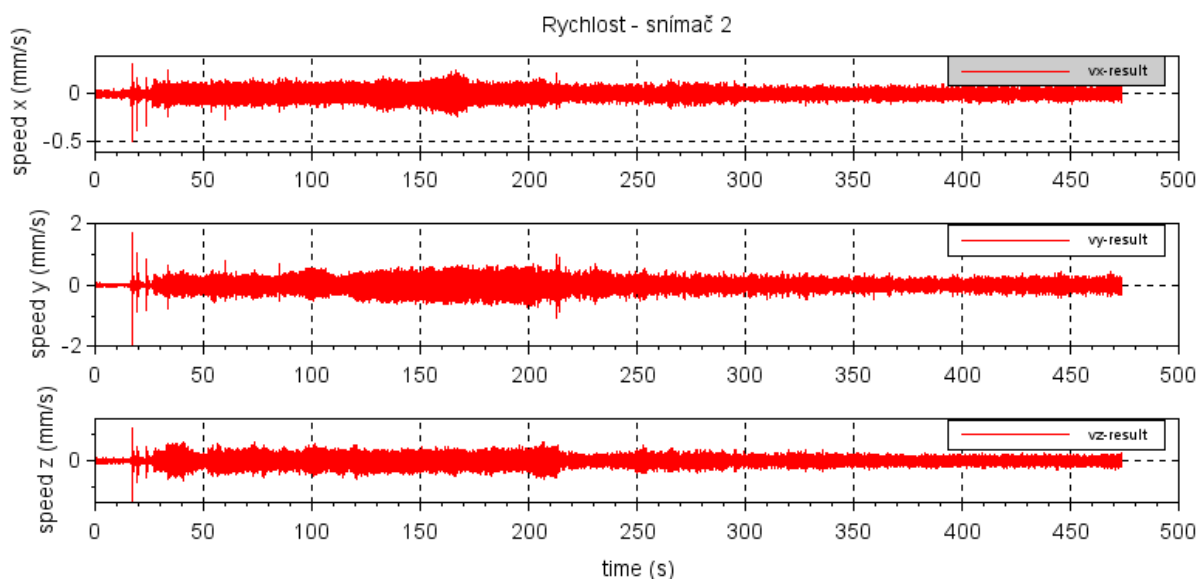
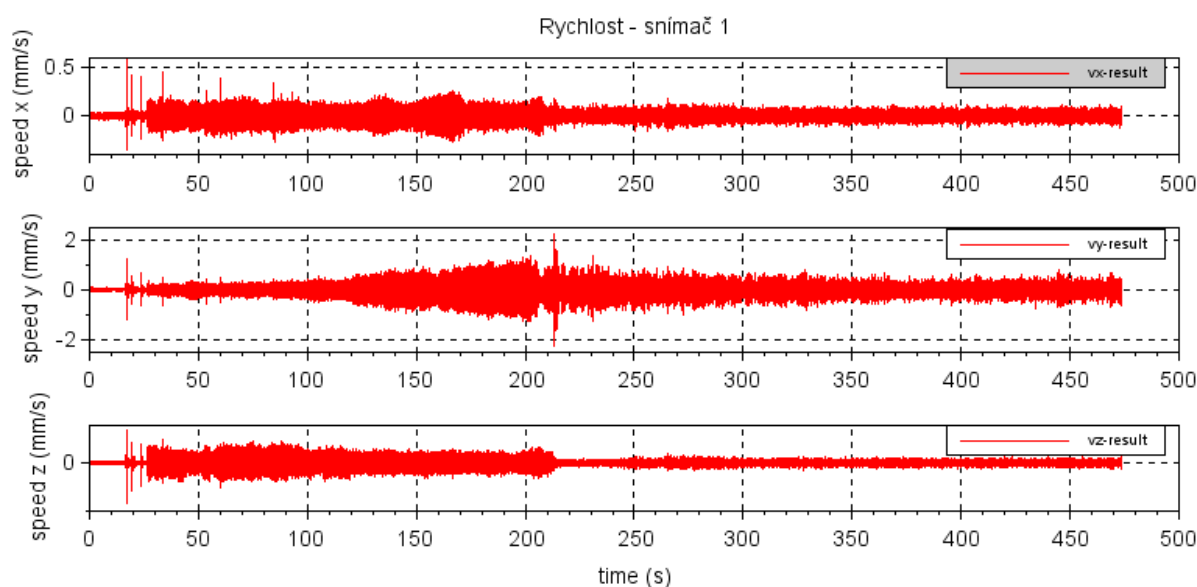
Vyhodnocení bylo provedeno v časové oblasti, kde byla sledována oblast maximálních vibrací a dále pak ve frekvenční oblasti s cílem zjistit frekvence kmitání. Vyhodnocení ve frekvenční oblasti bylo provedeno dle ČSN ISO 18431-1 Vibrace a rázy – zpracování signálů pomocí FFT analýzy a výkonové spektrální transformace. Vyhodnocení frekvencí bylo provedeno z okamžitých dat rychlostí kmitání, které byly přepočteny z měřených zrychlení.

Při napouštění plavební komory docházelo při měření na levé i pravé vrátni po cca 30 s od zahájení napouštění k vzniku vibrací, které byly ve slyšitelném pásmu frekvencí. Úroveň vibrací i hluku byla při zvyšující se hladině ustálená. Vibrace byly patrné i na hladině v plavební komoře, u pravé vrátně byl pozorován vývoj jemných vlnek u hradícího plechu. Po cca 3,5 minutách došlo ke skokovému útlumu hluku. Dle měření v této době se skokově snížily vibrace na pravé vrátni a to zejména v ose Z ve svislém směru, určitý pokles až na cca polovinu max. hodnot byl zaznamenán také u osy Y, méně znatelný pokles nastal u osy X. Na levé vrátni ke snížení vibrací nedošlo, jejich hodnota je však v tomto časovém úseku mnohem menší, než na pravé vrátni. Dále se zvyšující se hladinou až do plné komory byly vibrace ustálené, bez hlukového projevu.

Při napouštění plavební komory byly naměřeny maximální hodnoty vibrací v ose Y na krajním snímači 1 (volný konec vrátní). Při plné komoře byly naměřeny maximální hodnoty vibrací v ose Y také na krajním snímači 1.

4.3.1 Vibrace pravé vrátně

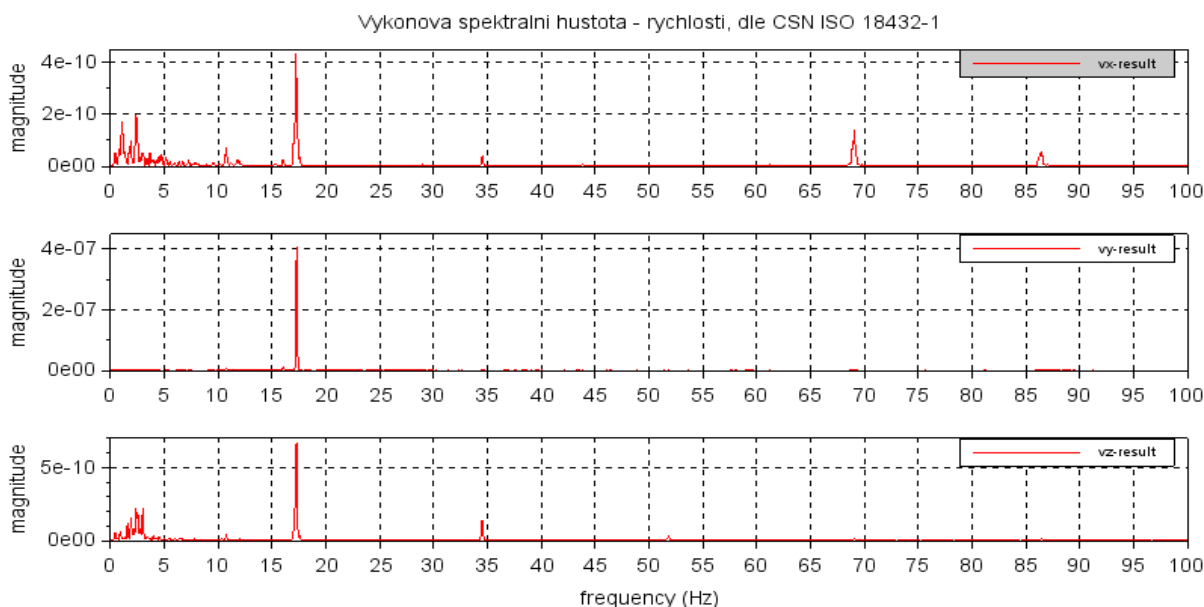
Časový záznam vibrací pravé vrátně při napouštění komory je uveden na následujícím grafu. Posledních 30 s odpovídá plné plavební komoře. Časový záznam je uveden postupně pro snímač 1 (volný konec vrátně), snímač 2 (polovina délky hlavního nosníku), snímač 3 (hlavní nosník u horního ložiska).



Obr. 14 Časový záznam vibrací pravé vrátně při napouštění plavební komory

V pásmu maximálních vibrací byly naměřeny maximální hodnoty na snímači 1 na volném konci vrátně v ose Y kolmé k ose hl. nosníku o charakteristických hodnotách vibrací:

- Maximální rychlost vibrací: 1,4 mm/s
- Efektivní hodnota rychlosti vibrací: 0,51 mm/s
- Maximální výchylka vibrací: 0,012 mm
- Efektivní hodnota výchylky vibrací: 0,0055 mm
- Dominantní frekvence kmitání: 16,5 Hz



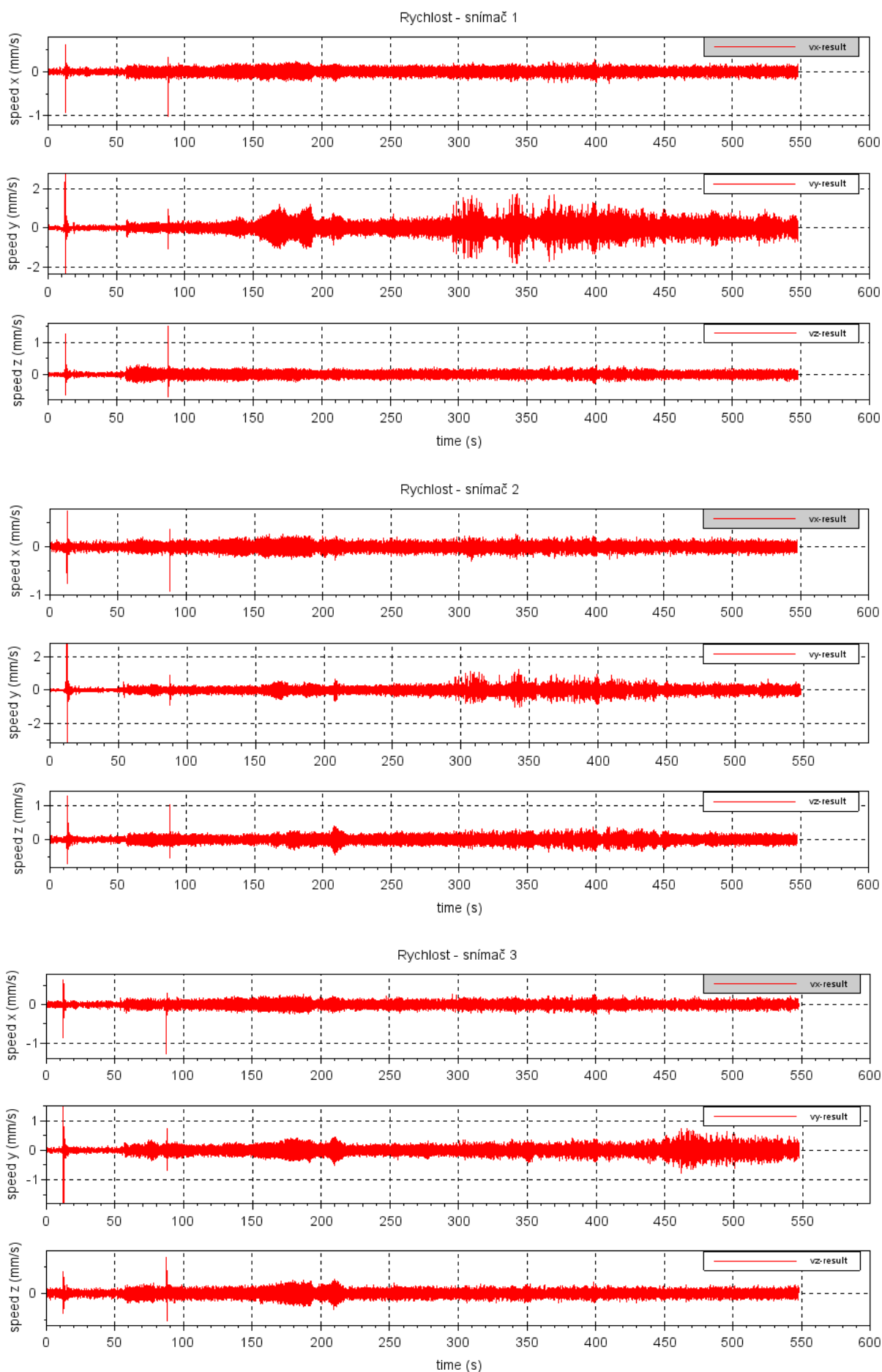
Obr. 15 Frekvenční analýza vibrací pravé vrátně při v oblasti max. vibrací

Při plné plavební komoře byly naměřeny maximální hodnoty na snímači 1 na volném konci vrátně v ose Y kolmé k ose hl. nosníku o charakteristických hodnotách vibrací:

- Maximální rychlost vibrací: 0,77 mm/s
- Efektivní hodnota rychlosti vibrací: 0,21 mm/s
- Maximální výchylka vibrací: 0,0073 mm
- Efektivní hodnota výchylky vibrací: 0,002 mm
- Dominantní frekvence kmitání: 11,5 Hz

4.3.2 Vibrace levé vrátně

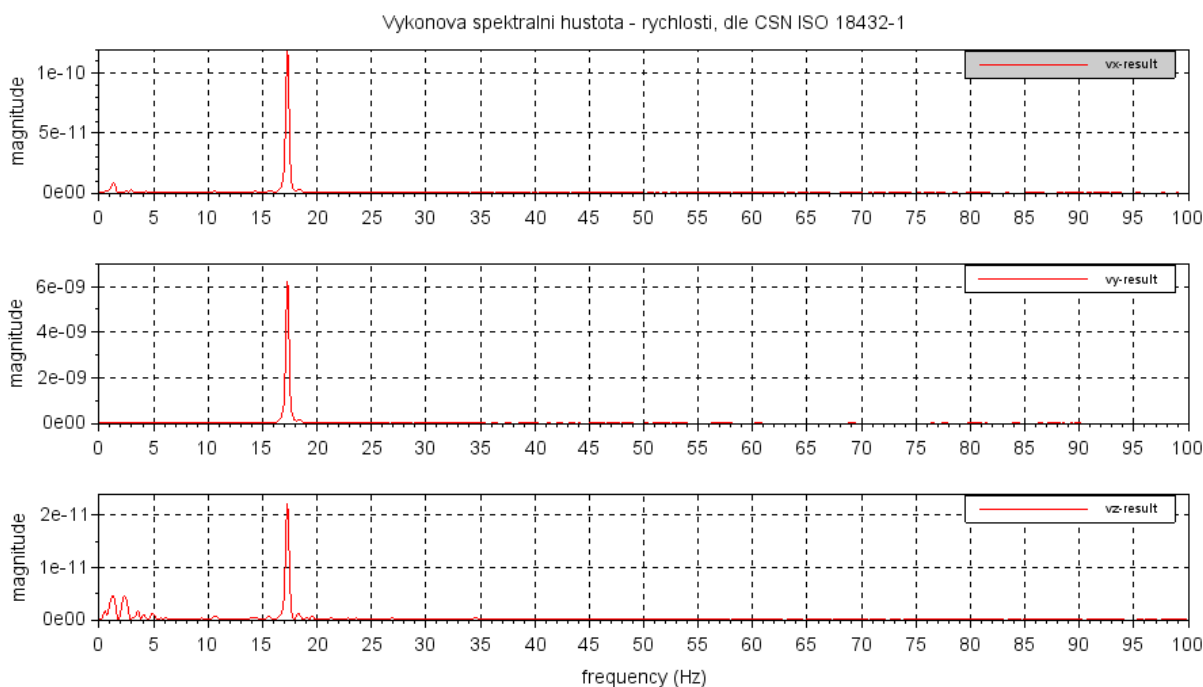
Časový záznam vibrací pravé vrátně při napouštění komory je uveden na následujícím grafu. Posledních 30 s odpovídá plné plavební komoře. Časový záznam je uveden postupně pro snímač 1 (volný konec vrátně), snímač 2 (polovina délky hlavního nosníku), snímač 3 (hlavní nosník u horního ložiska).



Obr. 16 Časový záznam vibrací levé vrátně při napouštění plavební komory

V pásmu maximálních vibrací byly naměřeny maximální hodnoty na snímači 1 na volném konci vrátně v ose Y kolmé k ose hl. nosníku o charakteristických hodnotách vibrací:

- Maximální rychlost vibrací: 0,41 mm/s
- Efektivní hodnota rychlosti vibrací: 0,58 mm/s
- Maximální výchylka vibrací: 0,011 mm
- Efektivní hodnota výchylky vibrací: 0,0061 mm
- Dominantní frekvence kmitání: 17 Hz



Obr. 17 Frekvenční analýza vibrací levé vrátně při v oblasti max. vibrací

Při plné plavební komoře byly naměřeny maximální hodnoty na snímači 1 na volném konci vrátně v ose Y kolmé k ose hl. nosníku o charakteristických hodnotách vibrací:

- Maximální rychlost vibrací: 0,71 mm/s
- Efektivní hodnota rychlosti vibrací: 0,20 mm/s
- Maximální výchylka vibrací: 0,0092 mm
- Efektivní hodnota výchylky vibrací: 0,0022 mm
- Dominantní frekvence kmitání: 11,5 Hz, 15 Hz, 19 Hz

4.4 Závěr z měření vibrací

Vibrace byly naměřeny na obou vrátních, na pravé vrátni se projevovaly více. Úroveň naměřených vibrací je nízká. Během měření však nedocházelo k vývoji takových vibrací, které byly zaznamenány obsluhou díla.

Z měření zřejmé, že vibrace se projevují více na pravé vrátni, to koresponduje s vyššími průsaky na této vrátni. Tyto průsaky jsou pravděpodobnou budící silou vibrací. Při plnění plavební komory docházelo v náhlém utlumení zvukových projevů i samotných vibrací, což může být způsobeno opřením stoliček a ztužením konstrukce.

Při měření vibrací byly při plnění komory zaznamenány také bodové rázy, které mohly být způsobeny pnutím konstrukce nebo posunem v ložiscích při zatěžování.

5. SHRUTÍ A DOPORUČENÍ

5.1 Shrnutí základních skutečností

5.1.1 Konstrukce vrat

- Vzpěrná vrata PK Pardubice jsou v provozu od doby uvedení PK do provozu v r. 1972, tj. 45 let.
- V posledních 16 letech je na PK poměrně silný provoz. Za tuto dobu bylo provedeno cca 17600 cyklů proplavení.
- Vrata jsou ovládána hydromotory a jsou poslední vzpěrná vrata na středním Labi s tímto pohonem bez odpružení mezi závěsem pístitnice a vrátní.
- Vrátně nemají vyztužený vrátnový, ani srazový sloupek a umožňují střídavé deformace vrátně při otvírání a zavírání.
- Vrátně nemají přesně definovanou polohu, patní ložisko je původního typu umožňující radiální posun vrátně na čepu.
- Stoličky vrátní srazové ani boční nejsou stavitelné a nelze kompenzovat jejich opotřebení – vydření. To nutně vede k radiálnímu pohybu vrátní vzpěrnými silami, ale i silami od hydromotorů.
- Avizované zvuky zadírání vznikají právě v určitých polohách vrátně mezi stoličkami a opěrkami.
- V důsledku nedefinované polohy vrátní, vydřených stoliček a opěrek nelze přesně seřadit obojkové ložisko.
- Pokud vrátně nemá pevně stanovenou osu otáčení (jsou uvolněna ložiska patní i obojkové, při tvrdém záběru hydromotoru při počátku otvírání, je vrátně natažena stoličkami na opěrky a dochází k jejich intenzivnímu vydírání.
- Notová guma, použitá jako těsnicí prvek, byla shledána jako provozně nevyhovující a téměř na všech PK Labe je nahrazena hranolovitým profilem.

5.1.2 Vibrace vrátní

- Vibrace vrátní, tak jak jsou popisovány obsluhou se při prohlídce, ani při následném měření vibrací dne 17. 10. 2017 neprojeví, takže nebylo možné provést posouzení jejich vlivu dynamické namáhání na konstrukci vrat. To však nesnižuje nebezpečnost vlivu vibrací na stabilitu hradících konstrukcí.

Je možné vyslovit souhlas s předpokladem generování vibrací poškozeným těsněním a toto těsnění je na viditelných částech vrátní poškozeno výrazně, zvláště na pravé vrátní – viz výše odst. 3.5, (nelze vyloučit ani vliv poškozeného těsnění v prahové části vrátní). Při stavu uvolnění patních i obojkových ložisek je vznik uvedených nebezpečných vibrací dílem náhodné soustavy podmínek – vytvoření štěrbin a jazýčkového efektu gumy těsnicího profilu. Při rezonanci budících sil s naměřenými vlastními frekvencemi vzniká nebezpečí až destrukce konstrukce.

5.2 Doporučení pro další provoz

Je nutné konstatovat, že bez celkové opravy a rekonstrukce vrat, rekonstrukce těsnění, patních ložisek, závěsů hydromotorů a opravy ložisek obojkových nelze prohlásit vzpěrná vrata PK Pardubice za bezpečně spolehlivá a plně provozuschopná.

Z důvodů předpokládaného rozsahu rekonstrukce, doporučujeme provést tuto opravu a rekonstrukci ve dvou etapách.

- 1) **Oprava těsnění** při provizorním zahrazení a vyčerpání PK – provést v co nejkratší době, nejpozději do zahájení plavební sezony v příštím roce 2018.

Při této opravě provést:

- a) Výměnu těsnících prvků – notové gumy. Současně provést nutné opravy poškození konstrukce, zjištěné po vyčerpání PK.
- b) Kontrolu, měření a zdokumentování opotřebení a poškození všech konstrukčních částí vrat, stoliček a opěrek, pro přípravu celkové rekonstrukce vrat a rekonstrukci těsnění.

2) Celková rekonstrukce (oprava)

Celková rekonstrukce vrat se předpokládá při provizorním zahrazení PK a demontáže vrátní. Při této rekonstrukci provést:

- a) Vyztužení vrátnového a srazového sloupku pro zvýšení tuhosti vrátní a pro omezení jejich střídavých deformací při manipulacích.
- b) Obě diagonály provést z profilu U a obě vybavit dubovými trámci.
- c) Rekonstrukci těsnění a nahrazení notové gumy profilem hranol.
- d) Rekonstrukci patních ložisek – nahrazení současných ložisek ložisky kulovými.
- e) Rekonstrukci stoliček – nahrazení pevných stoliček stoličkami stavitelnými s opravou opěrek.
- f) Opravu obojkových ložisek – výměna pouzder, oprava – výměna vymezovacích šroubů a opěrných patek.
- g) Rekonstrukci uchycení oka pístnice k vrátní – montáž odpružení.
- h) Obnovu protikorozních ochranných zařízení.

V Praze, říjen 2017

Vypracoval:

Ing. Miroslav Bubeník

Spolupráce:

Ing. Tomáš Rudolf

Schválil:

Ing. David Richtř
vedoucí útvaru 401

6. SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Zápis z prohlídky dolních vzpěrných vrat dne 28.6.2017
- 2 Zápis z prohlídky dolních vzpěrných vrat dne 8.8.2017

7. ROZDĚLOVNÍK

- 1-4 Povodí Labe, s.p., Ing. Benčík Pavel, Víta Nejedlého 951, 503 00 Hradec Králové
- 5 VODNÍ DÍLA -TBD a.s. – Ing. Bubeník Miroslav, Hybernská 40, 110 00 Praha 1
- 6 VODNÍ DÍLA -TBD a.s. – Ing. Rudolf Tomáš, Hybernská 40, 110 00 Praha 1
- 7 VODNÍ DÍLA -TBD a.s. – ADIS, Hybernská 40, 110 00 Praha 1

Zápis


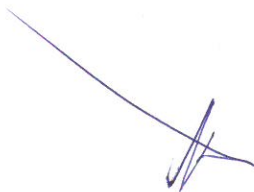
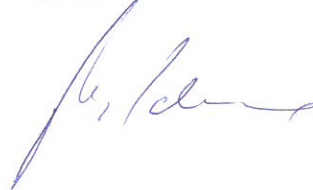
z prohlídky dolních vzpěrných vrat PK Pardubice konaném dne 28.6.2017

Přítomni: závod 3 – p. Píša, p. Franc, p. Kučera

Odbor TPC – Ing. Benčík

1. Prohlídka se uskutečnila na základě informace obsluhy VD o vibracích dolních vrat.
2. Nejpravděpodobnější příčinou vibrací je poškozené boční těsnění v oblasti dolní hladiny u obou vrátní. Při napuštění PK dochází ke značným průsakům a tím k vibracím vrat.
3. Dnešního dne bylo dohodnuto následující:
 - PK bude i nadále ponechána v provozu
 - Obsluha bude průběžně sledovat (během každého proplavení) stav vzpěrných vrat
 - Při zhoršení stavu (tj. zvýšení vibrací a průsaků) bude stav znovu posouzen a rozhodnuto o dalším postupu
 - Provozovatel zpracuje záměr opravy těsnění vzpěrných vrat.
 - Oprava těsnění vrat musí být provedena před zahájením plavební sezóny 2018 (tj. nejpozději do 30.4.2018)

Zapsal: Ing. Benčík

Zápis

Z prohlídky dolních vzpěrných vrat PK Pardubice konaném dne 8.8.2017

Přítomni: závod3 – p. Piša, p. Franc, p. Kučera

Odbor TPČ – Ing. Benčík

1. Prohlídka navazuje na zápis ze dne 28.6.2017.
2. Prohlídka se uskutečnila na základě informace obsluhy VD o zhoršujícím se stavu vrat.
3. Při pohybu vrat se ozývají zvuky zadírání zejména u pravé vrátně. Těsnost vrat se oproti prohlídce z 28.6.2017 zhoršila. Vibrace vrat nadále přetrvávají beze změn.
4. Dnešního dne byl dohodnut následující postup:
 - PK bude i nadále ponechána v provozu
 - Provozovatel (p. Kučera) zajistí přípravu vrat pro geodetické měření (osazení měřících bodů a vymezení vůlí u dorazových šroubů obojkových ložisek) v termínu do 11.8.2017
 - Odbor TPČ (Ing. Michálek, Ing. Benčík) provede geodetické zaměření vrat v termínu do 16.7.2017
 - Na základě výsledku zaměření vrat bude rozhodnuto o dalším provozování vrat.

Zapsal: Ing. Benčík

