

Ing. Miloš S t ř e l e c, VÚHU
Jiří K e j ř, VÚHU

Měření na transportním zařízení poháněcích stanic
pásových dopravníků - typ TV-200

Úvod

V říjnovém vydání Zpravodaje VÚHU, ročník 1983, byl uveden článek "Transport poháněcích stanic pásových dopravníků š. 1200 - 2000 mm na velké vzdálenosti". V uvedeném článku bylo podrobně popsáno navrhované konstrukční řešení včetně technologie naložení a přesunu poháněcích stanic.

V období let 1983 až 1984 byla pracovníky oddělení technologických komplexů VÚHU a TOR PKAZ Ústí n. L. zpracována kompletní výkresová dokumentace a "Pokyny pro obsluhu a údržbu strojního zařízení a elektrozařízení transportního vozu TV-200" a technologický postup pro transport poháněcích stanic 1200 mm a 1800 mm. Během roku 1984 byl transportní vůz TV-200 vyroben v KSK Komořany a smontován v prosinci 1984 na montážním místě lomu Chabařovice.

V září 1985 byl proveden transport první poháněcí stanice š. 1800 mm č. 205. Délka transportu byla zhruba 3 km a doba transportu trvala celkem 9 hodin.

Popis a technická data transportního zařízení TV-200

Transportní zařízení je soubor, sestávající se z vlastního transportního vozu a doplňujícího zařízení, které slouží k naložení a složení poháněcí stanice (nosníky, zvedací zařízení). Transportní vůz - typové označení TV-200 (nosnost 200 t) je základní částí transportního zařízení.

Zařízení je určeno pro přepravu poháněcích stanic DPD š. 1800 a 1200 mm na velkou vzdálenost v terénu. Dále může

být využito pro přepravu mechanismů v málo únosném terénu (autojeřáby) a pro převoz rozměrných a těžkých břemen v terénu (ocelové konstrukce, kola, strojní díly, cívky s kabely, gumová pásma apod.).

Transportní zařízení má tyto části:

- upravené housenicové podvozky z PVZ-2500,
- příčník, nesoucí převážené břemeno,
- dvě nájezdové rampy kloubově připevněné na příčníku,
- kabinu řidiče, umístěnou v přední části transportního vozu nalevo,
- elektrovýzbroj,
- hydraulika ovládání najížděcích ramp,
- mazací systém housenicových podvozků.

Technická data

Nosnost	200 t
Hmotnost	125 t
Hlavní rozměry: délka s nájezdovými rampami	20,6 m
délka bez nájezdových ramp	14,4 m
maximální šířka	11,2 m
maximální výška	2,2 m
světlá výška nad terénem	0,5 m
Celkový instalovaný příkon	150 kW
Příkon motorů pohonů housenic	2 x 68 kW
Rychlost pojezdu transportního vozu	0,1 m s ⁻¹
Šíře housenic	2,1 m
Výška housenic	2,2 m
Celková plocha housenic	34 m ²
Střední měrný tlak na podložku:	
nezatížený vůz	0,035 MPa
maximálně zatížený vůz	0,089 MPa
Maximálně podélný sklon pojezdové pláně:	
nezatížený vůz	1 : 5
zatížený vůz	1 : 6
Maximálně příčný sklon pojezdové pláně:	
nezatížený vůz	1 : 5
zatížený vůz	1 : 10

Maximální nerovnost pojezdové pláně

0,2 m na 10 m

Elektrické napájení

délky pojezdové pláně

diessel-agregát PDC

T 200

Při transportu poháněcí stanice š. 1800 mm č. 205 byly měřeny reakce, přenášející se do nosných plošin transportního vozu, byly stanoveny hodnoty napětí v příčnicku a nosných plošinách. Dále byly stanoveny hodnoty příkonů motorů při různých režimech jízdy.

Z důvodu dovolené nosnosti transportního vozu 200 t byly z poháněcí stanice demontovány převodové skříně a elektromotory pohonů pásů a z prostorových důvodů přední kolejové podvozky.

Měření namáhání ocelové konstrukce a zatížení motorů pojezdů u transportního vozu typ TV-200

Na základě projektu ověřovacího provozu "Transportního zařízení pro přesun poháněcích stanic DPD a jiných těžkých rozměrných břemen" bylo požadováno kompletní měření na stroji dle následujícího programu:

1. Měření průhybu v místě vypočteného maxima u zvedacího trámce č.v. 0-TV-7415 při plném zatížení zvednutou stanicí DPD 1800 mm dle č.v. 0-TV-7600.
2. Stanovení těžiště transportované poháněcí stanice šíře 1800 mm vážením a vyznačením míst podepření vzhledem k naložení na transportní vůz.
3. Měření přírůstků napětí v místech vetknutí nosných plošin do střední části příčnicku podvozku č.v. 0-TV-7440 při zatížení podvozku naloženou stanicí š. 1800 mm.
4. Určení reakcí od poháněcí stanice 1800 mm do nosných plošin příčnicku v místech podepření v klidu i během transportu v terénu.

Transportní zařízení TV-200

Příloha č. 1

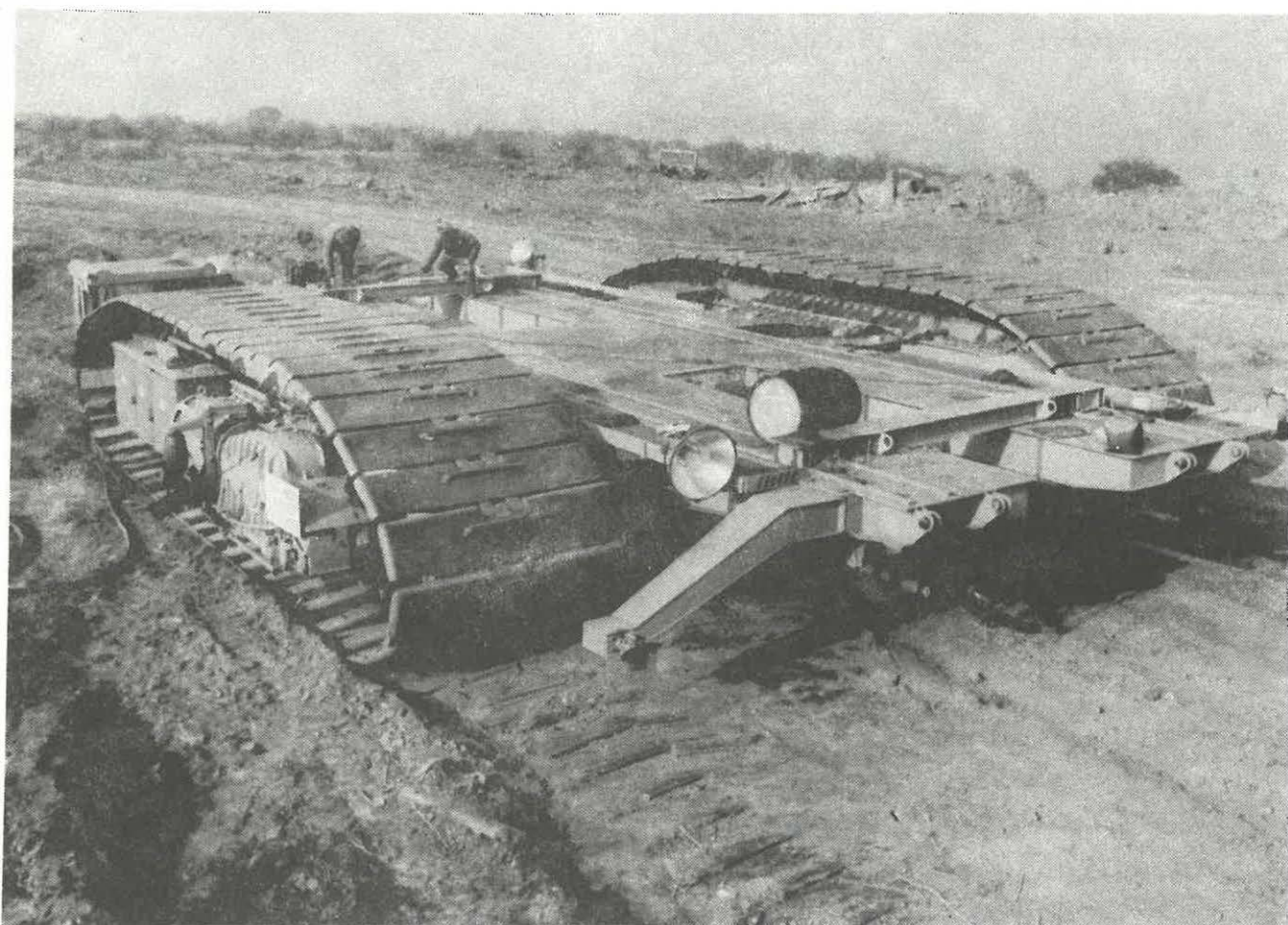
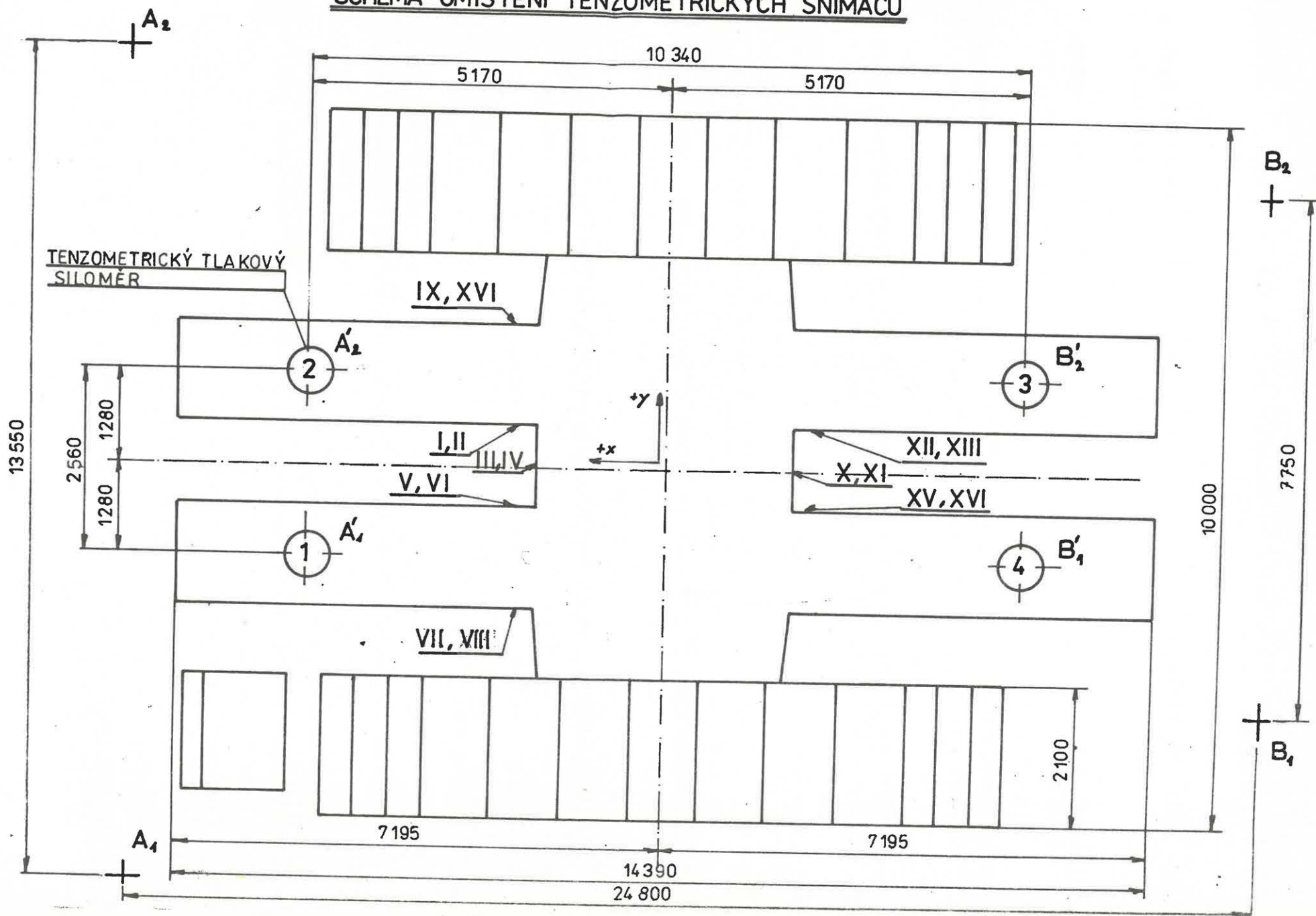


SCHÉMA UMÍSTĚNÍ TENZOMETRICKÝCH SNÍMAČŮ



5. Měření příkonů elektromotorů pohonu housenic transportního vozu bez zatížení při přímé jízdě, zatáčení, otáčení na místě i při plném zatížení s poháněcí stanicí š. 1800 mm, a to v rovině i v závislosti na sklonu pojezdové roviny.

Cílem měření bylo ověřit soulad mezi skutečnými a vypočtenými hodnotami uvedenými ve zprávě VÚHU "Statický výpočet konstrukčního návrhu transportního vozu". Měřeno bylo při transportu poháněcí stanice DPD šíře 1800 mm na lomu Chabařovice pracovníky VÚHU Most ve spolupráci s pracovníky OTOR - PKAZ. Vzhledem k náročnosti měření a k možnosti přístrojového vybavení byly měřeny příkony elektromotorů pohonu housenic TV-200 při transportu druhé poháněcí stanice DPD šíře 1800 mm. Pohled na prázdné transportní zařízení je v příloze č. 1.

Před vlastním měřením, ještě na montážním místě, bylo na exponovaná místa konstrukce přitmeleno 48 tensometrických snímačů typu M 120 pro zjištění přírůstků napětí v místě vetknutí nosných plošin do střední části transportního vozu. Aby bylo možno zjistit směry a velikosti hlavních napětí v měřených místech, byly v každém měřicím bodě přitmeleny tři tensometrické snímače do růžice po 45° . Takovýchto měřicích bodů bylo celkem 16, viz příloha č. 2.

Postup měření byl následující:

Před naložením byla poháněcí stanice š. 1800 mm vyzvednuta na zvedacích trámčích hydraulickou zvedací soupravou fy. ENERPAC a na manometrech odečteny reakce, z kterých byla vypočtena poloha těžiště poháněcí stanice. Z polohy těžiště byla pak určena místa podepření na konstrukci poháněcí stanice. Po zvednutí stanice byl změřen pracovníky měřictví PKAZ průhyb zvedacího trámce č.v. 0-TV-7415.

Mezi konstrukci poháněcí stanice a nosné plošiny transportního vozu v místě podepření byly umístěny tlakové tensometrické siloměry. Tlakové tensometrické siloměry umožnily zjistit velikost reakcí od poháněcí stanice š. 1800 mm

působící na nosné plošiny. Siloměry byly uloženy v upravených podložkách, které byly pevně přichyceny na konstrukci stanice i nosné plošiny transportního vozu, aby během transportu nedošlo k vzájemnému posunutí.

Při statickém měření byly zjištěné hodnoty prodloužení na všech 48 tensometrických snímačích postupně odečítány, a to na indikátoru prodloužení typu T 200 - fy. PEEKEL pomocí přepínače kanálů typu 48 U od téže firmy. Velikost reakcí byla zjištěna na čtyřech tensometrických zesilovačích typu PR-9307 od fy. Philips.

Při zdvižené poháněcí stanici byly nejdříve nastaveny nulové hodnoty na všech měřicích přístrojích. Po následném posazení poháněcí stanice na tlakové tensometrické siloměry, byly zjištěny na měřicích přístrojích adekvátní silové účinky na nosných plošinách transportního zařízení.

Při dynamickém měření během jízdy byly zjišťovány přírůstky napětí ve třech měřicích bodech, tj. na 9 tensometrických snímačích a na čtyřech tensometrických tlakových siloměrech. Vzhledem k možnostem přístrojového vybavení byly vybrány pouze tři měřicí body, u kterých se předpokládalo během jízdy největší namáhání ocelové konstrukce. Pro měření bylo použito sedm tensometrických zesilovačů Philips typu PR-9307 a jeden šestikanálový zesilovač Hottinger typu KWS 6 A7. Tensometrické zesilovače byly připojeny na dva oscilografy typu 8 LS.

Hodnoty poměrné deformace na jednotlivých tensometrických snímačích v 16 měřených bodech, získané při statickém a dynamickém měření, byly zpracovány na měřicí ústředně ADT 4 500 a vypočteny velikosti a směry hlavních napětí včetně napětí redukovaného.

Příkon elektromotorů pohonu housenic při jízdě naloženého a prázdného transportního vozu TV-200 byl zjišťován tak, že do nestřídající se napájecí fáze (při reverzaci) obou motorů byl nainstalován průvlekový měřicí transformátor proudu s přívodem 500/5A a trojfázový měřicí transformátor napětí s převodem $3 \times 500/3 \times 100$ V. Výstupy těchto transformátorů

každého motoru byly připojeny na vstup převodníku příkonu NC 90/040. Jejich napěťové výstupy 0 až +5 V byly připojeny přes přizpůsobovací dekádu na dvě smyčky oscilografu 8 LS, který průběh napětí převodníku, tj. průběh odebíraného příkonu, zaznamenává na citlivý fotografický papír. Oscilograf byl vybrán proto, aby bylo možno co nejpřesněji změřit požadované hodnoty včetně provozních špiček odebíraného příkonu.

Výsledky tensometrických měření a jejich vyhodnocení.

Velikost průhybu: v místě vypočteného maxima u zvedacího trámce č.v. O-IV-7415 při plném zatížení poháněcí stanice DPD š. 1800 mm je vyvozená reakce na trámec 930 kN. Při tomto zatížení byl změřen průhyb 41 mm. Statický výpočet uvažuje zatížení trámce reakcí 910 kN a z této reakce vypočtený průhyb je 41 mm.

Na základě měření lze konstatovat, že je soulad mezi vypočtenou hodnotou průhybu i při překročení velikosti reakce o 2 %.

Zjištěná hmotnost poháněcí stanice odečtením velikostí reakcí na manometrech zvedací soupravy fy. ENERPAC byla 184 t, což je o 3,5 % více než hmotnost zjištěná tensometrickými siloměry. I přes tuto nepřesnost jsou vypočtené souřadnice těžiště v ose x a y z těchto reakcí dostatečně přesné a umožní určit body podepření tak, aby těžiště poháněcí stanice bylo v ose transportního vozu. Tím bude zaručeno rovnoměrné rozložení reakcí, působících na nosné plošiny.

Měření dále prokázalo, že během transportu poháněcí stanice nedošlo k úplnému odlehčení žádné z nosných plošin. Během vlastního transportu se hodnoty přírůstků reakcí, působících na jednotlivé plošiny, pohybovaly v rozmezí -55 až +89 kN.

V příloze č. 3 jsou uvedeny velikosti hlavních napětí a redukováného napětí v jednotlivých měřených bodech, zjištěné při statickém měření. Tyto hodnoty pak byly porovnány se statickým výpočtem.

Tabulka vypočtených hodnot napětí při statickém měření

Měřený bod	Velikost hlavních napětí		Úhel směru hlav. napětí	Velikost redukovaného napětí
	σ_1	σ_2	α	σ_{red}
	MPa	MPa	stupeň	MPa
I.	51	- 3	27	55
II.	4	- 54	27	59
III.	- 4	- 45	14	46
IV.	43	6	6	43
V.	- 3	52	27	52
VI.	- 4	- 59	27	62
VII.	60	10	- 8	61
VIII.	- 5	- 71	- 10	72
IX.	38	10	- 15	38
X.	- 4	- 47	10	52
XI.	54	12	4	55
XII.	52	- 21	22	60
XIII.	8	- 66	24	72
XIV.	53	- 18	- 25	62
XV.	20	- 42	35	56
XVI.	- 1	- 38	- 10	39

Z rozboru zatížení dle statického výpočtu jsou nosné plošiny dimenzovány na maximální hodnotu reakce $R_{\max} = 1275,3 \text{ kN}$ pro vzdálenost podpěr 10 m. Při této hodnotě reakce dochází u nosných plošin v místě vetknutí k maximálnímu celkovému napětí $\sigma_{R \max} = 185,9 \text{ MPa}$ a maximálnímu napětí v příčnku $\sigma_{R \max} = 180,4 \text{ MPa}$.

Při statickém měření byla zjištěná maximální velikost reakce na nosné plošiny $R = 460 \text{ kN}$ při vzdálenosti podpěr 10,34 m. Tomu odpovídají hodnoty napětí v nosné plošině v místě vetknutí $\sigma_{R \max} = 72 \text{ MPa}$ a na příčnku zjištěná velikost napětí $\sigma_{R \max} = 55 \text{ MPa}$.

Naměřené hodnoty redukovaného napětí odpovídají nižší velikosti reakce R zatěžující nosné plošiny. Vyjádřeno v procentech představuje velikost reakce R 36 % velikosti reakce předpokládané výpočtem a zjištěné redukované napětí na nosných plošinách $\sigma_{R \max} = 38 \%$. Na příčnku $\sigma_{R \max}$ dosahuje 31 % vypočteného napětí.

Při jízdě naloženého transportního vozu v různých podmínkách byly naměřeny velikosti redukovaných napětí σ_R následující:

při přímé jízdě po rovině	- nosné plošiny	12 - 29 MPa
	- příčník	23 - 31 MPa
při přímé jízdě se svahu 1 : 8	- nosné plošiny	14 - 33 MPa
	- příčník	14 - 25 MPa
při přímé jízdě se svahu 1 : 6	- nosné plošiny	22 - 46 MPa
	- příčník	22 - 25 MPa
při točení na rovině	- nosné plošiny	22 - 46 MPa
	- příčník	22 - 25 MPa

Během transportu byly zjištěny maximální přírůstky napětí v nosných plošinách $\sigma_{R \max} = 46 \text{ MPa}$ a v příčnku $\sigma_{R \max} = 31 \text{ MPa}$.

Maximální naměřené hodnoty redukovaného napětí (včetně statického a dynamického) dosahují u příčnku 57 % a u nosných plošin 64 % vypočteného napětí dle statického výpočtu.

Nižší naměřené hodnoty napětí na příčnίκu jsou způsobeny tím, že těžiště poháněcí stanice bylo ve středu transportního vozu TV-200, přičemž ve statickém výpočtu se uvažovalo s extrémním posunutím těžiště až 1,5 m od středu ve směru osy x. Hodnoty reakcí v místech A_1' , A_2' , B_1' , B_2' dosahovaly přibližně stejných hodnot vzhledem k pružnosti ocelové konstrukce poháněcí stanice š. 1800 mm. Z toho důvodu nedošlo k nárůstu krouticích momentů u příčnίκu transportního vozu, což se následně projevilo v nižších naměřených hodnotách redukovaného napětí oproti statickému výpočtu.

Měřením bylo dokázáno, že hodnoty napětí v měřených místech konstrukce transportního vozu během transportu poháněcí stanice nepřesáhly vypočtené hodnoty, uvedené ve statickém výpočtu, a jsou s ním v relaci.

Měření příkonů elektromotorů pohonu housenice TV-200

Každá housenice TV-200 je poháněna trojfázovým asynchronním motorem s kotvou vinutou typu P 280 S06 - výrobce k.p. MEZ Frenštát.

Štítkové údaje motoru:	výkon	P_N	=	68 kW
	stator	I_N	=	101 A
		U_N	=	500 V
	rotor	I_{2N}	=	137 A
		U_{2N}	=	325 V
		n	=	975 min ⁻¹

Označení motorů při měření dle směru jízdy:

M 1 - motor pohonu housenice na straně budky řidiče
(vlevo ve směru jízdy),

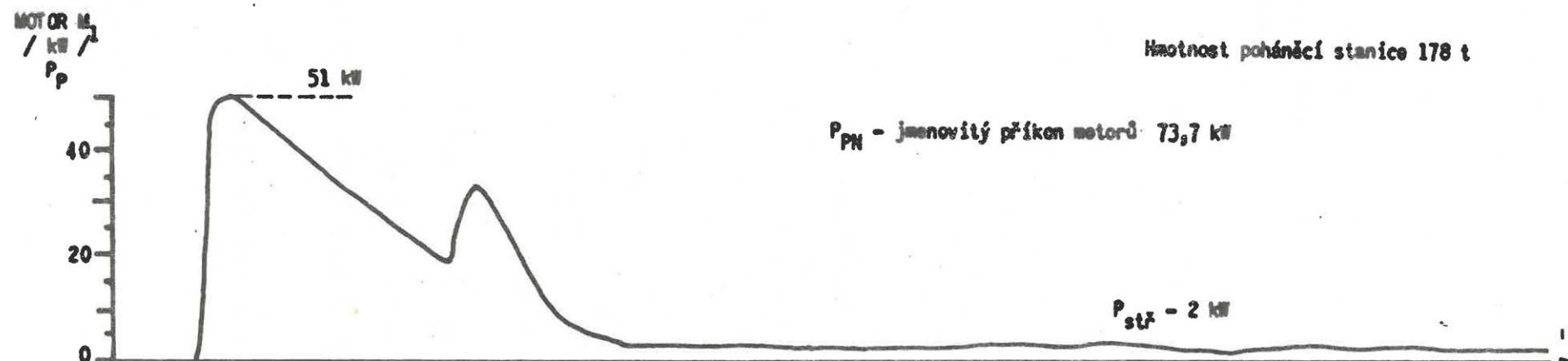
M 2 - motor pohonu housenice na protější straně
(vpravo ve směru jízdy).

Z kruhového diagramu a pracovních charakteristik použitého motoru P 280 S06 lze určit jeho jmenovitý příkon $P_{PN} = 73,7$ kW. Z porovnání tohoto údaje $P_{PN} = 73,7$ kW s naměřenými hodnotami při jízdě prázdného TV-200 je zřejmé, že nebyl

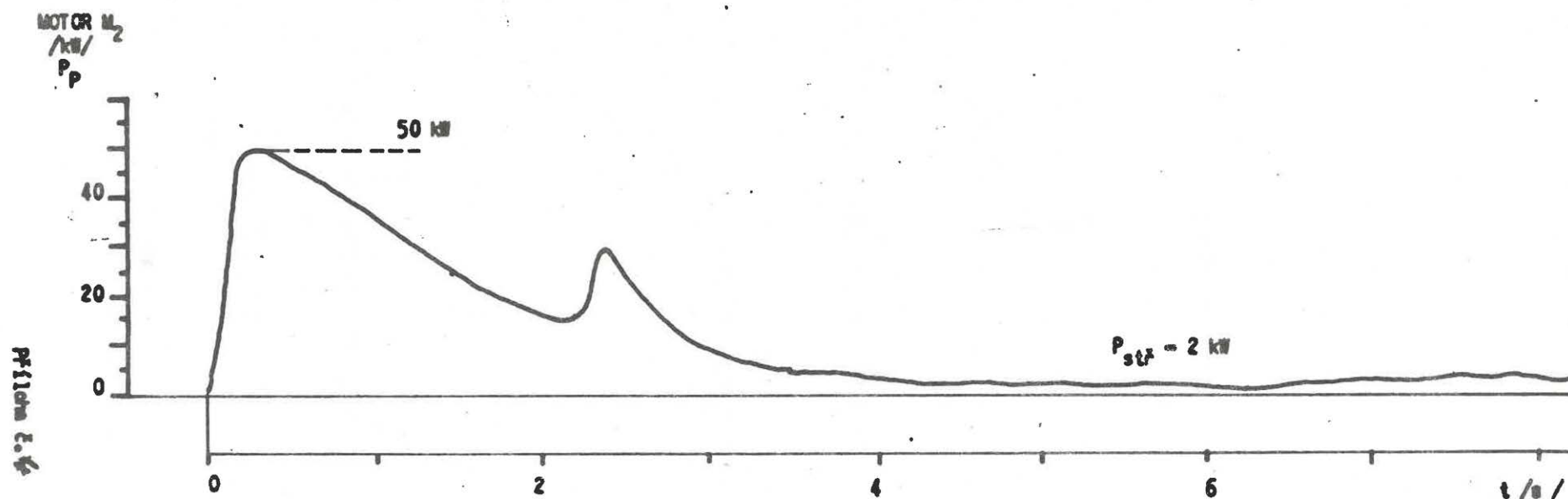
Průběh odebíraných příkonů motorů pojezdu naloženého PN-200
při jízdě přímým směrem se svahu 1 : 8

Hmotnost poháněcí stanice 178 t

P_{PN} - jmenovitý příkon motorů 73,7 kW



- 46 -

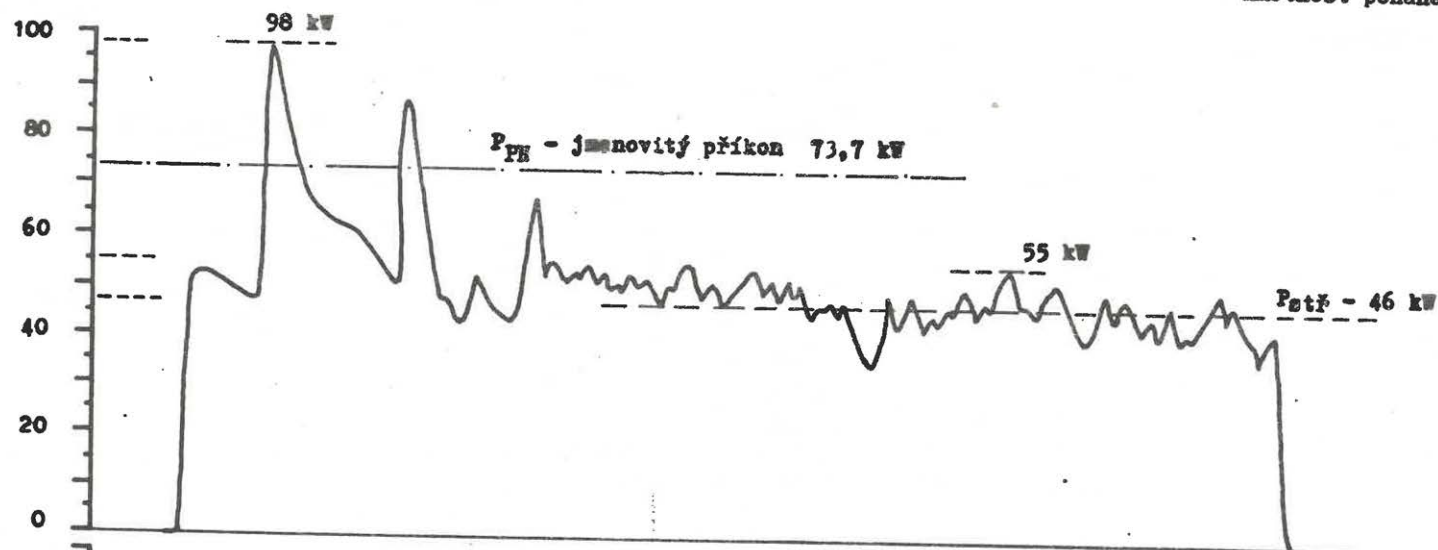


Příloha č. 4

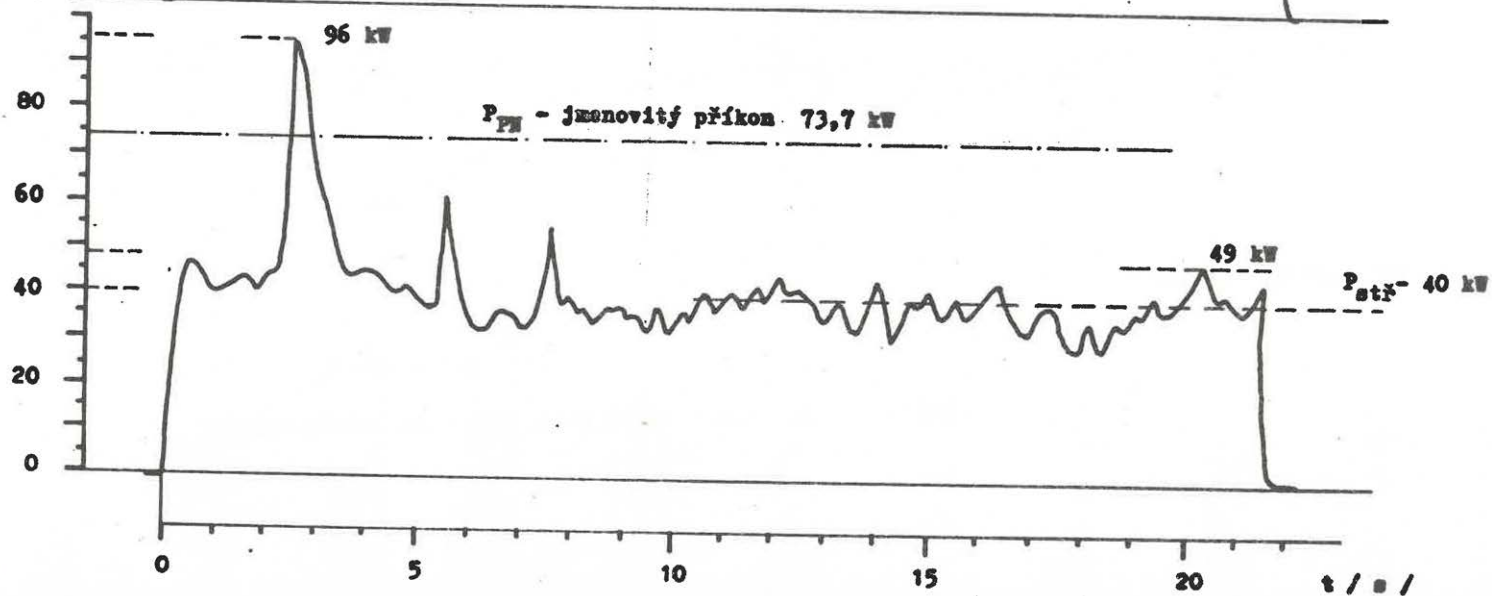
PRŮBĚH ODEBÍRANÝCH PŘÍKONŮ MOTORŮ POJEZDU HALOŽENÉHO TV - 200
PŘI JÍZDĚ PŘÍMÝM SMĚREM DO SVAHU 1:8

Hmotnost poháněcí stanice 178 t

MOTOR M_1
/ kW /
 P_p



MOTOR M_2
/ kW /
 P_p



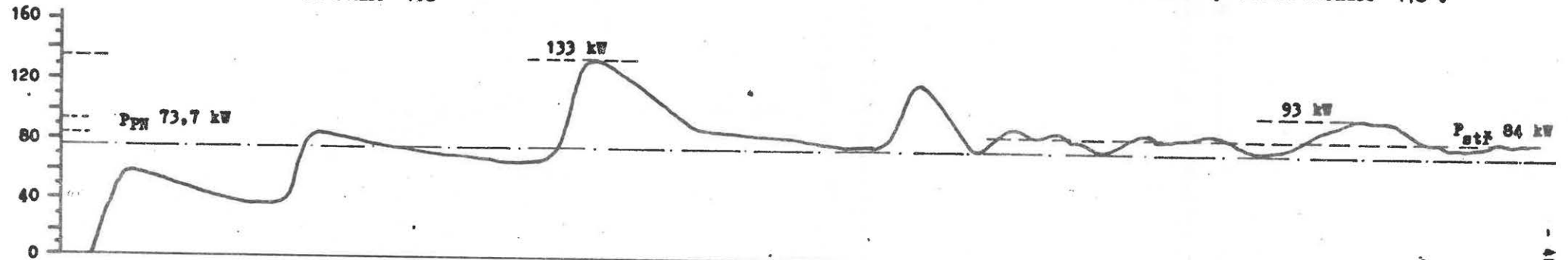
PRŮBĚH ODEBÍRANÝCH PŘÍKONŮ MOTOREM POJEZDU M 1 PŘI OTÁČENÍ

NALOŽENÉHO TV-200

OTOR M1
P_p / kW /

DO SVAHU 1:8

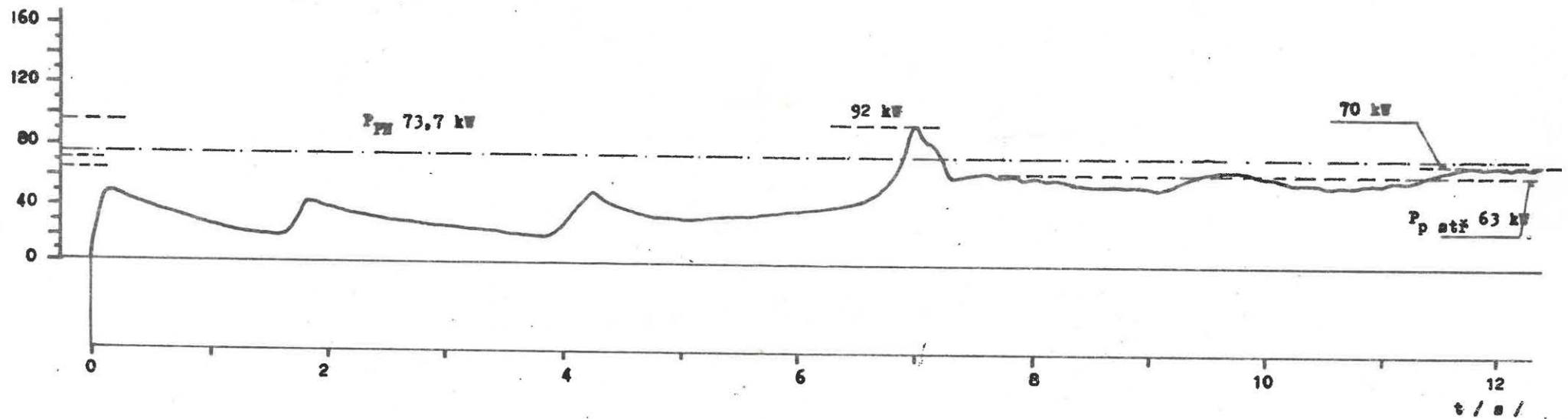
Hmotnost poháněcí stanice 178 t



OTOR M1

P / kW /

SE SVAHU 1:8



ani špičkově při spouštění motorů překročen jmenovitý příkon motorů.

Vytížení motorů M 1 a M 2 při plynulé jízdě prázdného TV-200 po rovině je následující:

- a) jízda přímým směrem vpřed - M 1 odebírá 13,5 % P_{PN}
M 2 odebírá 12,2 % P_{PN}
- b) jízda přímým směrem vzad - M 1 odebírá 15 % P_{PN}
- M 2 odebírá 13,5 % P_{PN}
- c) otáčení na místě - M 1 vpřed odebírá 62 % P_{PN}
M 2 vzad odebírá 65 % P_{PN}
- d) otáčení na místě - M 1 vzad odebírá 54 % P_{PN}
M 2 vpřed odebírá 65 % P_{PN}
- e) otáčení na místě - M 2 vpřed samostatně odebírá 66,5 % P_{PN}

Vytížení motorů M 1 a M 2 při plynulé jízdě naloženého TV-200 na svahu je následující:

- a) jízda přímým směrem se svahu 1:8 - M 1 odebírá 2,7 % P_{PN}
M 2 odebírá 2,7 % P_{PN}
- b) jízda přímým směrem do svahu 1:8 - M 1 odebírá 62,4 % P_{PN}
M 2 odebírá 54,3 % P_{PN}
- c) otáčení na místě - M 2 vzad samostatně do svahu 1:8
odebírá 111,3 % P_{PN}
- d) otáčení na místě - M 1 vzad samostatně do svahu 1:8
odebírá 113,9 % P_{PN}
- e) otáčení na místě - M 1 vpřed samostatně se svahu 1:8
odebírá 85,5 % P_{PN}

V příloze č. 4 je průběh příkonů motorů pojezdu při přímé jízdě se svahu 1:8, v příloze č. 5 při přímé jízdě do svahu 1:8 a v příloze č. 6 při otáčení ve svahu 1 : 8.

Z porovnání výsledků elektrických měření vyplývá, že při otáčení naloženého TV-200 ve svahu 1:8 a při použití pohonu vytvářejícího tažnou sílu do svahu dochází k přetížení motoru v případě c) o 11,3 % P_{PN} a v případě d) o 13,9 % P_{PN} .

Jelikož jde o přetížení krátkodobá (max. 15 s - ČSN 350000), bylo by možné tyto hodnoty přetížení připustit. Je ovšem nutno mít na zřeteli, že měření probíhalo za ideálního počasí, suché zeminy. Za zhoršeného počasí, kdy bude docházet k zabořování housenic, by při otáčení mohlo dojít k podstatně většímu přetížení motoru a k jeho zničení. Tétož efektu otáčení dosáhneme vytvořením tažné síly se svahu v protějším housenicovém pásu, kdy dochází k podstatně menšímu zatížení motoru - viz režim e). Motor v tomto režimu odebírá $P_{stř.} = 63 \text{ kW}$ tj. 85 % P_{PN} . Výrobce MEZ Frenštát k.p. předepisuje při spouštění použitých motorů P 280 S06 dodržení těchto parametrů (s. Bartoš, vedoucí zkušebny):

- 1) počet spouštění 10 hod^{-1} ,
- 2) maximální proud při spouštění $2 \times I_N = 202 \text{ A}$,
- 3) dobu spouštění 3 - 4 s.

Z naměřených hodnot je patrné, že maximální špičkový příkon při spouštění je odebírán při otáčení naloženého TV-200 ve svahu 1:8 v režimu c), a to 138 kW. Dle pracovních charakteristik a kruhového diagramu na přílohách odpovídá této hodnotě příkonu proud $I = 192 \text{ A}$ 202 A. Navržené spouštěcí odpory tedy vyhovují požadavku 2) na spouštění motoru. Dále z naměřených hodnot vyplývá, že špičky odebíraného příkonu při vyřazování jednotlivých odporových stupňů při spouštění motorů M 1 a M 2 jsou navzájem správně posunuty ca o 0,5 s z důvodu rovnoměrnějšího zatížení napájecího zdroje. Doba spouštění motorů ca 7,5 s je však neúměrně dlouhá. Je třeba nastavit časová relé tak, aby doba spouštění motorů byla 3 - 4 s.

Na základě měření bylo doporučeno:

- 1) Při zvednutí poháněcí stanice DPD zvedacím zařízením, na základě naměřených reakcí, zjistit výpočtem polohu těžiště a přesně označit místa podepření, aby byla co nejpřesněji usazena poháněcí stanice na transportní vůz a tím zaručeno rovnoměrné zatížení nosných plošin.

- 2) Kontrolovat a udržovat pásy na housenicovém podvozku dostatečně předeprnuté, aby při jízdě se svahu nedocházelo vlivem vůle k rázům a tím i ke zvýšení namáhání ocelové konstrukce transportního zařízení.
- 3) Z důvodů nepřetěžování motorů pohonu housenic zahrnout do pokynů pro obsluhu a údržbu TV-200 požadavek, aby při zatáčení naloženého TV-200 ve svahu byl použit ten motor, který vytvoří tažnou sílu v housenici směrem se svahu.
- 4) Nastavit dobu spouštění motorů M 1 a M 2 pohonu housenic pomocí časových relé tak, aby tato doba nepřesáhla 3-4 s.
- 5) Ze zjištěných hodnot napětí v ocelové konstrukci příčnicku a nosných plošin transportního vozu TV 200 vyplývá, že hodnoty maximálních napětí dosahují cca 60 % výpočtové pevnosti R. Z těchto důvodů byly v rámci úprav výrobní dokumentace transportního vozu TV-200 zesíleny zvedací trámce, což umožní zvednout i poháněcí stanice š. 1800 mm OLDP, odstrojené do přepravované hmotnosti max. 240 tun. Při přepravě poháněcí stanice OLDP bude nutno vzhledem k namáhání ocelové konstrukce nosičů housenic dbát na přesné usazení těžiště stanice do osy transportního vozu. Možnost přepravy této stanice bude ověřena na lomu Chabařovice v průběhu tohoto roku.

S h r n u t í

Měření na transportním zařízení poháněcích stanic pásových dopravníků - typ TV-200

V článku jsou uvedeny základní technické parametry transportního zařízení TV-200. V dalším je pak uveden popis měření dle projektu ověřovacího provozu "Transportního zařízení DPD a jiných těžkých a rozměrných břemen". V závěru článku jsou uvedeny výsledky měření včetně doporučení pro zvýšení bezpečnosti při provozu zařízení TV-200.