

TENZOMETRICKÉ MĚŘENÍ TENKOSTĚNNÝCH LEŽATÝCH VÁLCOVÝCH NÁDOB S TANGENCIÁLNÍMI NOHAMI

Ve VÚPČHT Hradec Králové pracuje oddělení aplikované mechaniky. Vedle pevnostních výpočtů včetně vývoje výpočtových metod se zabývá též prováděním tenzometrických měření. Pro statická tenzometrická měření je oddělení vybaveno moderní šedesátimístnou aparaturou UPM60 s řídicím a vyhodnocovacím mikro-počítačem Commodore 128D. Na tomto počítači se vyhodnocují i hodnoty naměřené aparaturou M2000. Tuto máme v sestavě pro 300 měřicích míst a starší aparaturu HBM3000 pro 70 měřicích míst. Pro statická tenzometrická měření máme vytvořeno několik programů. Program MER - vznikl úpravou převzatého programu FUS z ÚAM VŽKG Brno. Vedle vlastního řízení měření obsahuje bohaté MENU. Je možno provést vyhodnocení jednoho nebo dvou odečtů s vystavením protokolu včetně nalezení místa s největším napětím. Pro přepis naměřených hodnot zaznamenaných na děrnou pásku je vypracován program FS1503 a úpravu dílčích odečtů z disku do jednoho souboru provede program R-V nebo R-S. Program TENZ provede výpočet napětí z libovolně vybraných odečtů včetně statistického zpracování. Součástí protokolu je výběr míst s největším napětím a je možné grafické znázornění vypočítaných napětí. Průběhy napětí v různých řezech měřeného předmětu vytvoříme programem GRAF-TENZ.

Při měření na tenkostěnných ležatých nádobách je zatížení dáno hlavně hydrostatickým tlakem náplně. Odečty jsou prováděny při různém stupni naplnění. Měřicí místa jsou volena v místech maximálních namáhání a deformací tak, aby bylo možno vykreslit jejich průběh. Měření je komplikováno zpravidla několika hodinovým plněním a změnou teploty. Je proto nutné věnovat velkou péči teplotní kompenzaci a skupiny tenzometrů se společným kompenzačním tenzometrem se musí volit s ohledem na odečítané výšky hladin.

Naše přednáška pojednává o dvou měřeních. Prvním bylo měření na trojici ležáčkových tanků $3 \times 100 \text{ m}^3$ umístěných nad sebou. Tenzometry se instalovaly na spodní tank. Byly umístěny do styku nohy s podložným plechem a do styku podložného plechu s pláštěm nádoby. Zde šlo o tenzometrické růžice. Na klenutém dnu se instalovaly tenzometrické kříže. Pro kontrolu zatížení nohou byly nalepeny jednotlivé tenzometry na dvě nohy. Celkem šlo o 110 tenzometrických měřicích míst. Odečítalo se při polooviční a plné náplni spodního tanku a dále při plných dvou a třech tancích.

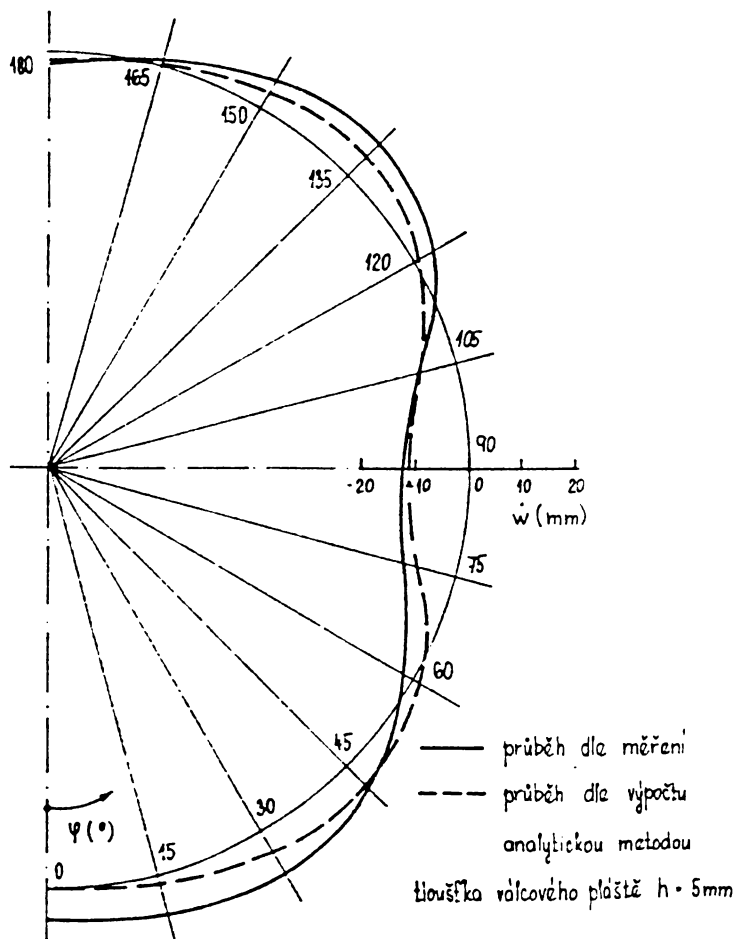
V době, kdy bylo prováděno toto tenzometrické měření, nebyly ještě k dispozici zcela úplné a odpovídající výpočtové metody. Bylo tedy hlavním cílem měření určit nejen průběhy napětí a deformací, ale ověřit i skutečnou odolnost tanku proti porušení celkové a lokální stability. Současně výsledky tohoto měření byly použity pro výběr a výzkum metod určení napětí, deformací a kontrolu celkové stability tanku. Dalším rozhodujícím poznatkem vyplývajícím z měření je nutnost provést kontrolu tanku nejen při plném tanku, ale i pro další výšky náplně, které se jevíly jako rozhodující.

Na základě těchto poznatků byl vytvořen matematický model, kdy ležácký tank je reprezentován dlouhou tenkostěnnou válcovou skořepinou na okraji kloubově podepřenou (je uvažován výztužný účinek dna) zatíženou vlastní tíhou, hydrostatickým tlakem a v místě tangenciální nohy kontaktním tlakem. Uvedená zatížení byla nahrazena dvojným Fourierovým rozvojem a byla řešena lokální úloha této skořepiny. Metoda byla po ověření porovnáním s tenzometrickým měřením aplikovaná při dimenzování nové konstrukční varianty ležáckého tanku 180 m s kuželovými dny, který byl rovněž tenzometricky měřen. Tenzometry byly opět instalovány na klenutém dnu a dále se vyšetřovalo celé okolí spojení nohy a podložného plechu s pláštěm tanku i zatížení noh.

Na obr. 1 je znázorněno porovnání vypočtených a naměřených radiálních deformací uprostřed tanku pro poloviční náplň tanku, která byla pro tank rozhodující.

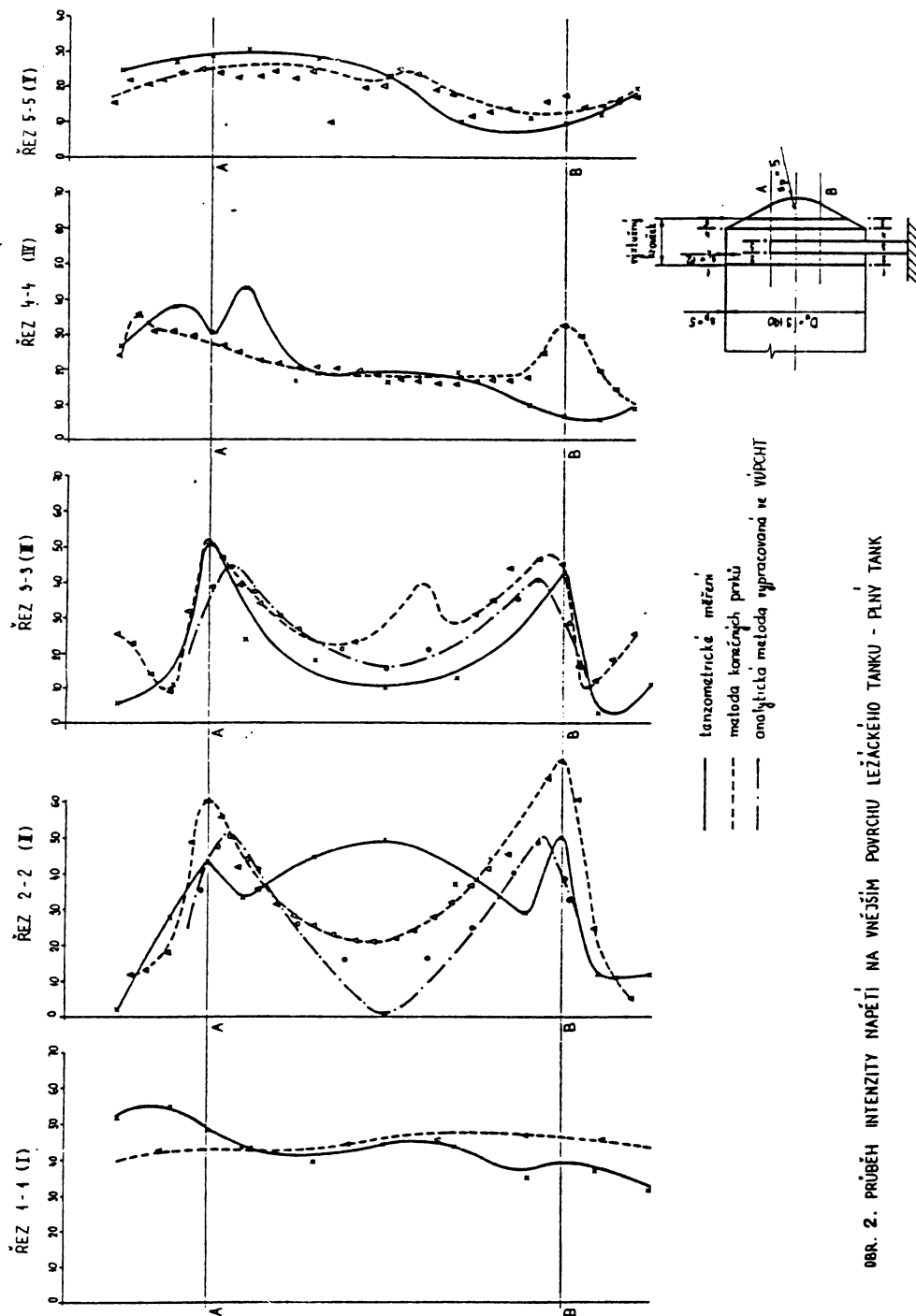
LEŽÁCKÝ TANK I

Porovnání vypočtených a naměřených radiálních deformací střední části tanku vlivem poloviční náplně tanku



obr. 1

Na obr. 2 jsou znázorněny průběhy napětí v ~~určitém~~ místě nohy pro poloviční a plnou náplň. Porovnávají jsou výsledky tenzometrického měření, výše popisované analytické metody a metody konečných prvků. Určitý rozptyl hodnot je možno přisoudit nízkým hladinám napětí, rozdílu mezi výpočtovou a skutečnou tloušťkou, odlehčením spodní části styku nohy s pláštěm způsobeném vzpěrou tangenciální nohy, kterou výpočet neuvažuje a geometrickou nepřesností ustavení noh.



Analytická metoda, navržená na základě rozboru výsledků tenzometrického měření byla naprogramována na PC a slouží v ZVÚ Hradec Králové jako hlavní podklad pro určení tloušťek plášťů a výztuh ležáckých tanků.

- Seznam literatury: /1/ TŮBL Z. - Trojice ležáckých tanků 3x1000 hl, zpráva VÚCHZ - TZ 808-76-851, Hradec Králové, 1976
/2/ ZEMEK J. - Metoda výpočtu válcových ležatých nádob, zpráva VÚPCHT - EZ 1274-88-331, Hradec Králové, 1988
/3/ ZEMEK J., ZIKMUND J. - Tenzometrické měření ležáckého tanku 100 m³, zpráva VÚPCHT - EZ 1448-89-331, Hradec Král., 1989
/4/ NIGRIN M., ZEMEK J. - Dokumentace programů P285, P286, P287, P288. Speciální pevnostní kontroly ležatých válcových nádob, zpráva VÚPCHT - EZ 1454-89-331
/5/ ČSN 69 0015 - Opěrné uzly tlakových nádob stabilních (výpočet pevnosti)
/6/ KŘUPKA V. - Výpočet sedlově podepřených nevyztužených horizontálních nádrží a potrubí, Strojirenství, 38, č. 8, strana 458-465, 1988

Ing. Jaroslav Zemek, CSc. - VÚPCHT, 501 87 Hradec Králové
Ing. Jaromír Zíkmund - VÚPCHT, 501 87 Hradec Králové