

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

4

ROČNÍK 18 (XLV)
PRAHA
DUBEN 1972
CENA 10 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Řídí redakční rada

Jan Květoň (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Karel Bernhard, doc. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. Jiří Fiala, CSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Jaroslav Homolka, ing. Ján Jech, CSc., ing. Karel Joza, ing. Ján Kuchár, ing. Vladimír Píša, ing. Vladimír Suchý, prof. ing. Zdeněk Šteffl, ing. Alois Vávra, CSc., Josef Višínský, CSc.

Vedoucí redaktorka ing. Jovanka Václavičková

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1972

■
Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozborů a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Ústav vědeckotechnických informací. Vychází měsíčně. Redakce: Praha 2, Slezská 7, telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 120,-.

■
Научный журнал ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA публикует обзоры, анализы и научные статьи о разрешенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издаёт Чехословацкая сельскохозяйственная академия — Институт научно-технической информации. Выход в свет ежемесячно. Редакция Прага 2, Слезска 7.

■
The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Published by the Institute of Scientific and Technical Information. Issued monthly. Editorial office Prague 2, Slezská 7.

■
Die wissenschaftliche Zeitschrift ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Landtechnik. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Informationen. Erscheint monatlich. Redaktion Prag 2, Slezská 7.

■
Le journal scientifiques ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publie les études, analyses et traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de technique agricole. Publié par l'Institut des renseignements scientifiques et techniques. Paraît une fois par mois. Rédaction Prague 2, Slezská 7.

V minulých letech dělal odbor základního výzkumu VÚZS ve spolupráci s výrobními podniky Agrostroj Prostějov a Agrostroj Pelhřimov experimentální výzkum dynamického namáhání návěsů pro zemědělskou dopravu s cílem získat věrohodné a podmínkám zemědělského provozu odpovídající podklady pro dimenzování a konstrukci těchto návěsů. Přitom se kromě poznatků platných pro určitý typ návěsu získala i celá řada podkladů obecnější platnosti, týkajících se velikosti a charakteru namáhání náprav, rámů i oje a také sil působících za jízdy v připojovacím zařízení návěsu k traktoru. Tyto podklady objasňují způsob zatěžování návěsů a přináší řadu údajů, které již ve stadiu návrhu a konstrukce umožňují řešit uspořádání a dimenze nosné části návěsu účelně a s hlubšími znalostmi než dosud. Nutnost důkladného pevnostního propracování je zde zdůrazněna jednak požadavky bezpečnosti provozu, jednak možností agregace návěsů s většími a výkonnějšími traktory než je nezbytně nutné, které dovolí rychlou a bezohlednou jízdu i v obtížném terénu a přetěžování návěsů.

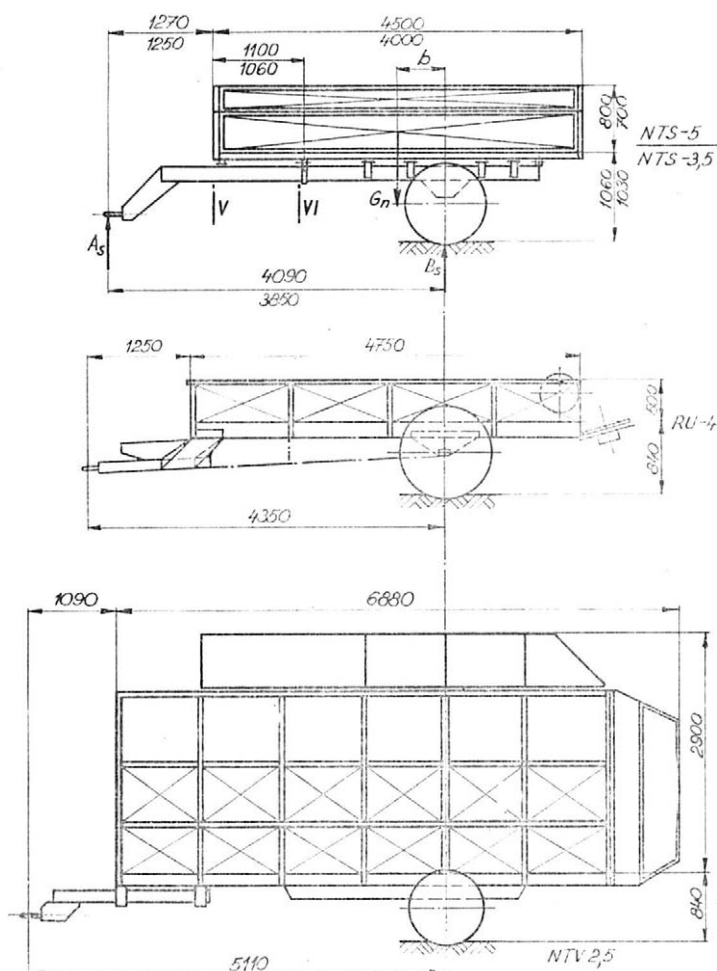
Tato práce shrnuje nejzávažnější výsledky experimentálního výzkumu čtyř typů návěsů. Navazuje přímo na teoretické řešení uveřejněné v článku Procházky a Nováka (1971), kde jsou podrobně rozebrány i faktory ovlivňující dynamické zatížení návěsů a jeho časový průběh.

SLEDOVANÉ TYPY NÁVĚSŮ A PODMÍNKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Návěsy, které byly podrobeny experimentálnímu výzkumu, jsou zjednodušeně znázorněny na obr. 1, celkový pohled je na obr. 2. Návěsy NTS-5 a NTS-3,5 mají shodnou koncepci a liší se jen nosností a rozměry. Jsou určeny pro dopravu sypkých a kusovitých hmot a opatřeny sklápěcí korbou. Návěs RU-4 je určen převážně k dopravě a rozmetání hnoje, přičemž korba a podvozek tvoří jeden nosný celek. Stejným způsobem je řešen i velkoobjemový návěs NTV-2,5, určený pro dopravu materiálů s malou měrnou hmotou (slámy a pícnin).

Všechny uvedené návěsy mají neodpružené nápravy připojené pevně k rámu; pružení se tedy děje prostřednictvím pneumatik. Základní rozměry jsou vyznačeny na obr. 1, další technická data — včetně statického zatížení — jsou uvedena v tab. I.

U všech typů návěsů se zjišťovala namáhání nosných částí konstrukce v celé řadě míst i síly působící na závěsné oko, a to většinou při nominálním zatížení nebo s ohledem na možnost přetěžování při poněkud zvýšeném zatížení a jmenovitém huštění pneumatik stroje i traktoru. Namáhání a síly se měřily elektrickými odporovými tenzometry buď



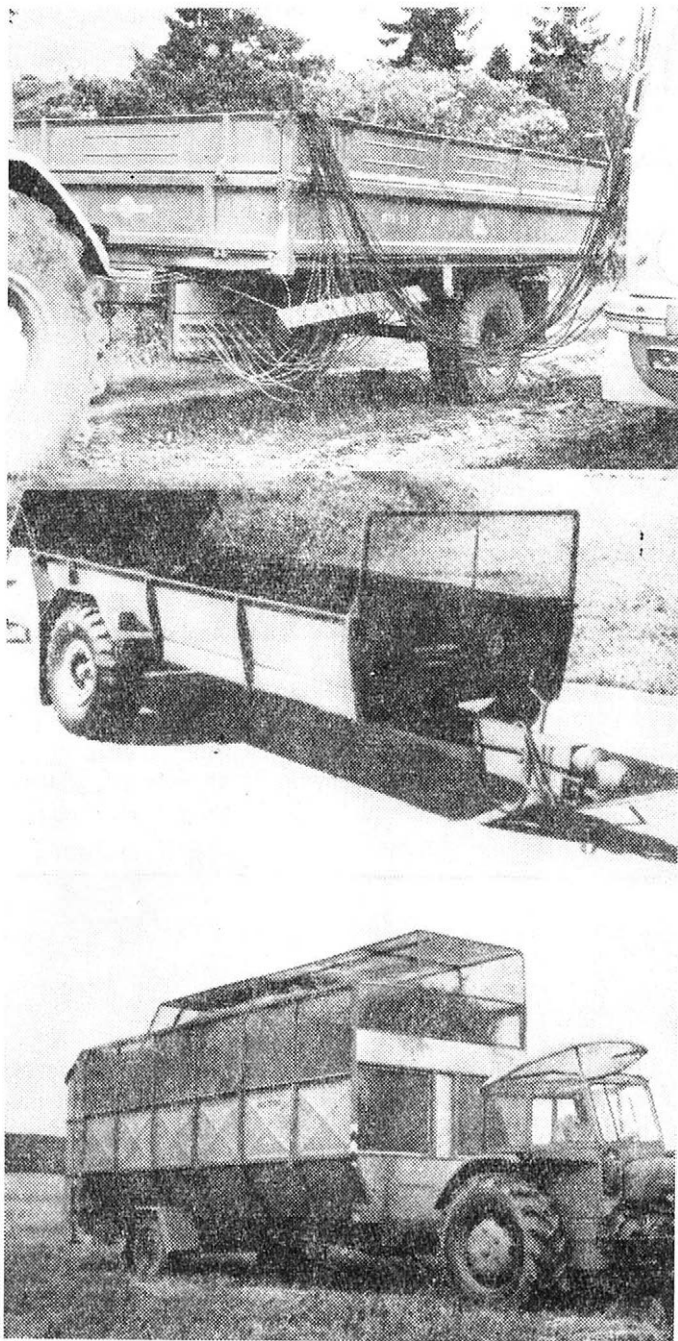
1. Návěsy, s nimiž se dělal experimentální výzkum namáhání a působících sil, s vyznačenými nejdůležitějšími rozměry

přímo nebo prostřednictvím dynamometrů, vytvořených z částí strojů a ocechovaných příslušnými silami; průběhy veličin se registrovaly smyčkovými oscilografy.

Návěsy jsme zkoumali na různých místech a v rozličných časových obdobích, výsledky jsme získali i na různých vozovkách, takových, jaké byly v okolí místa prací dostupné. Pouze s návěsy NTS-5 a NTS-3,5 jsme jezdili na stejných úsecích týchž vozovek. Stav vozovek je charakterizován jen popisně, neboť přesná charakteristika nerovnosti povrchu nebyla vzhledem k časové náročnosti stanovena. S ohledem na snahu získat podklady o maximálních namáháních a silách byly však vždy voleny vozovky spíše horší.

Již dříve při výzkumu jiných zemědělských strojů se zjistilo, že k maximálnímu namáhání při transportu dochází při přejezdění ojedinělých velkých terénních nerovností. Aby bylo možné srovnat výsledky pro tyto nejnepríznivější případy u různých typů strojů za stejných podmínek, byly ve VÚZS zavedeny standardní překážky, nahrazující tyto nerovnosti. Jedná se o hranoly 15×15 cm a rigoly hluboké 20 cm, z nichž se sestavuje překážková trať (např. podle obr. 3). Je třeba zdůraznit, že uvedených překážek se používá pouze k zjištění maximálních namáhání strojů (na rozdíl od překážkových drah užívaných k ověření únavové pevnosti strojů, kde tvary a velikosti překážek jsou jiné). Případy při přejezdění překážek, hlavně rigolů, se mohou zdát extrémní; při současném stavu polních cest je však třeba s nimi počítat, o čemž svědčí i zkušenosti z provozu zemědělských strojů.

2. Celkový pohled na zkoumané typy návěsů (nahore NTS-3,5, uprostřed RU-4, dole NTV-2,5). Provedení návěsu NTS-5 je shodné s návěsem NTS-3,5



VÝSLEDKY VÝZKUMU

Jak bylo již uvedeno v literatuře (Procházka, Novák 1971), namáhání návěsů a síly na ně působící mají kmitavý charakter se střední hodnotou rovnou statickému předpětí a s náhodným střídáním amplitud různé velikosti v obou směrech zatížení. Frekvence kmitání jsou nízké (pro nápravu a závěsné oko se u sledovaných typů pohybovaly v roz-

Veličina		Rozměr	Návěs			
			NTS-5	NTS-3,5	RU-4	NTV-2,5
Šířka korby		mm	2250		1900	2350
Rozchod kol			1500		2150	2140
Pneumatiky	rozměr		12,00 – 18		13,00 – 18	10,50 – 16
	huštění	kp/cm ²	3,5	2,5	3,5	4,5
Silové poměry při prázdném návěsu		G_n	1595	1370	2040	2380
		A_s	210	205	150	170
		B_s	1385	1165	1890	2210
		b	mm	540	575	320
Jmenovitá nosnost		kp	5000	3500	4000	2000

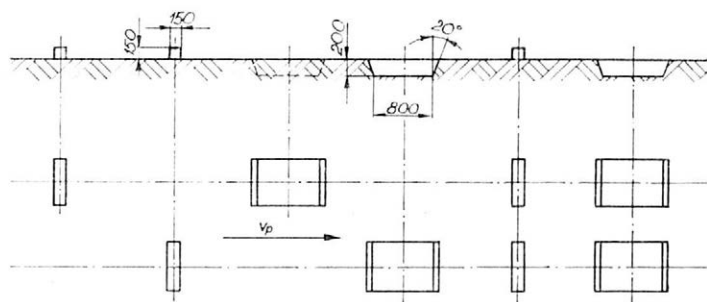
mezi 1,8 až 2,5 c/s). Součásti návěsu je pak třeba dimenzovat jednak s ohledem na občas se vyskytující špičková zatížení (např. při přejíždění velkých terénních nerovností), tj. na statickou pevnost, jednak s ohledem na kmitavé zatížení, které působí po celou životnost stroje a může se projevit únavovými lomy součástí, zejména v místech s koncentracemi napětí. Velikost maximálního zatížení svislými silami je dále udávána pomocí tzv. dynamických součinitelů k_d , kde

$$k_d = \frac{F_s + F_{dyn}}{F_s}$$

tj. v násobcích statického zatížení F_s .

VLIV VOZOVKY A RYCHLOSTI JÍZDY

Základními faktory, které nejvýrazněji ovlivňují dynamické namáhání návěsů, jsou druh a stav vozovky a pojezdová rychlost. Jejich vliv ukazuje tab. II, která obsahuje souhrn nejdůležitějších výsledků získaných se všemi sledovanými typy návěsů při přibližně jmenovitém zatížení, týkajících se maximálních zjištěných hodnot dvou základních charakteristických veličin — svislého zatížení závěsného oka (reakce A) a nápravy (reakce B). Jsou udány vždy i statické hodnoty reakcí (u návěsu NTV-2,5 se měření konala při



3. Překážky přejížděné při experimentálním výzkumu návěsů

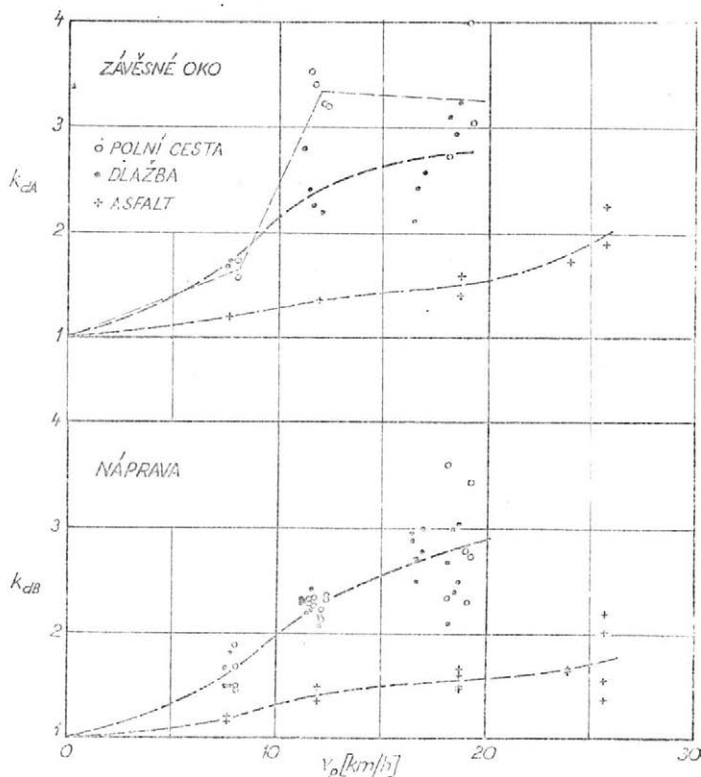
II. Vliv vozovky a rychlosti jízdy na sledované typy návěsů

Druh vozovky		Pojezdová rychlost		Dynamický součinitel k_d	
		rychlostní stupeň	(km/h)	A	B
Návěs NTS-5 náklad 5405 kg šterkové drtě, $A_s = 1130$ kp, $B_s = 5870$ kp, huštění pneu 3,5 kp/cm ² , traktor ZETOR 7511					
Horší vlnitá asfaltová silnice s částečně poškozeným povrchem		I	7,7	1,2	1,2
		II	12,0	1,4	1,4–1,5
		III	18,8	1,4–1,6	1,5–1,7
		IV	24,0–25,7	1,7–2,3	1,4–2,2
Špatná stará dlažba z velkých kamenů s výmoly		I	7,6–7,7	1,7	1,5–1,8
		II	11,2–12,1	2,2–2,8	2,1–2,4
		III	16,5–18,7	2,1–3,3	2,0–3,0
Tvrdá zemitá polní cesta s příčnými i podélnými výmoly, bez kamenů		I	8,1	1,6–1,7	1,5–1,9
		II	11,6–12,4	3,2–3,5	2,1–2,4
		III	18,2–19,3	2,7–4,0	2,3–3,6
Překážky podle obr. 3	hranoly	I	7,1–8,2	2,9–3,2	3,3–4,3
	rigoly			2,8–3,6	4,1–5,0
Dlažba — prudké zabrzdění		III	16,5–18,2	2,4–2,8	1,8–2,3
Návěs NTS-3,5 náklad 3735 kg šterkové drtě, $A_s = 1000$ kp, $B_s = 4105$ kp, huštění pneu 2,5 kp/cm ² , traktor ZETOR 5511					
Špatná stará dlažba z velkých kamenů s výmoly		I	7,0–11,2	1,5–1,8	1,6–2,4
		II	13,7–14,1	2,0–3,2	2,1–2,8
		III	15,8–20,3	2,2–3,4	2,2–3,0
Tvrdá zemitá polní cesta s příčnými i podélnými výmoly, bez kamenů		I	9,0–11,0	1,5–2,1	1,6–1,8
		II	13,9–14,0	2,5–3,1	2,4–3,0
		III	16,3–20,4	3,2–3,5	2,7–3,4
Překážky podle obr. 3	hranoly	I	6,5–9,0	2,6–4,4	3,2–4,2
	rigoly			3,0–3,6	4,6–5,4
Dlažba — prudké zabrzdění		III	15,8–20,3	1,8–2,2	1,8–2,3

pokračování

Druh vozovky		Pojezdová rychlost		Dynamický součinitel k_d	
		rychlostní stupeň	(km/h)	A	B
Návěs RU-4, náklad 4900 kg škváry s pískem, $A_s = 1080$ kp, $B_s = 5860$ kp, huštění pneu 3,5 kp/cm ² , traktor ZETOR 4011					
Podmítnutý pozemek s příčnými brázdami		III	8,4–9,2	2,2–2,7	2,0–2,4
Tvrdá kamenitá polní cesta		I	4,5–4,8	1,4–1,9	1,6–1,8
		II	7,0	1,9	2,2–2,4
		III	9,5–9,6	2,2–3,3	2,1–2,7
		IV	12,9–14,2	2,7–2,8	2,8–3,4
Překážky podle obr. 3	hranoly	I	4,5–4,6	2,6–2,7	2,1–2,2
		II	6,6–6,7	4,4–4,6	2,7–3,0
		III	8,9–9,0	4,9–5,0	2,9–4,0
	rigoly	I	4,5–4,6	1,2–1,5	2,3–3,1
		II	6,6–6,7	1,4–1,6	3,1–4,0
		III	8,9–9,0	1,9–2,1	3,5–4,1
Návěs NTV-2,5, náklad 2400 kg zavadlé píce, $A_s = 510$ kp, $B_s = 4270$ kp, huštění pneu 4,5 kp/cm ² , traktor ZETOR 4011					
Asfaltová mírně zvlněná silnice s hladkým povrchem		III	10,5	1,5–1,6	1,3
		IV	15,7–16,0	1,5–2,0	1,3–1,4
		V	16,4–21,2	2,8–3,3	1,4–1,5
Stará hrubá dlažba s výmoly		II	6,1–8,5	2,0–2,3	1,3–1,5
		III	10,3–11,7	2,6–4,2	1,6–1,8
		IV	16,0–18,4	2,7–4,7	1,8–3,2
Dlažba — prudké zabrzdění		IV	16,0–18,4	2,6–3,4	1,4–2,2
Návěs NTV-2,5, náklad 2000 kg zavadlé píce, $A_s = 400$ kp, $B_s = 3980$ kp, huštění pneu 4,5 kp/cm ² , traktor ZETOR 4011					
Blátivá polní cesta s tvrdým kamenitým podkladem		I	5,5	2,1	1,2
		II	7,6–8,1	1,8–4,2	1,2–1,9
		III	11,0	5,5	1,9
Překážky podle obr. 3	hranoly	I	4,9–5,4	3,1–4,6	2,2–2,7
		II	7,0–8,0	4,6–6,0	3,6–4,1
	rigoly	I	4,9–5,4	2,0–4,0	3,2–3,7
		II	7,0–8,0	4,8–5,1	4,5–4,8

4. Hodnoty dynamických součinitelů závěsného oka a nápravy návěsu NTS-5 v závislosti na pojezdové rychlosti v_p při jízdách po asfaltové silnici, dlažbě a polní cestě

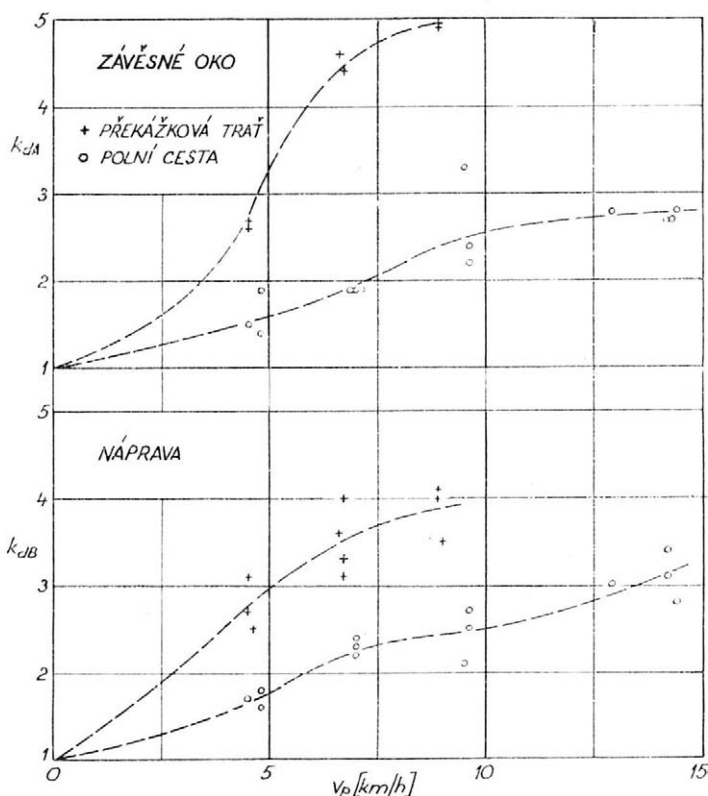


dvojím rozdílném zatížení). Na všech druzích vozovek se rychlost jízdy stupňovala až po dosažení podmínek, kdy byla již ohrožena bezpečnost řidiče traktoru; pouze na asfaltové vozovce byla omezena maximální rychlostí traktoru nebo dovolenou transportní rychlostí návěsu. Výsledky tedy ukazují i krajní hodnoty dynamických součinitelů, kterých lze při hrubém zacházení dosáhnout.

Z tab. II plyne, že na všech druzích vozovek dynamické zatížení návěsů roste s rychlostí jízdy. Nejnižší hodnoty odpovídají dobrým asfaltovým vozovkám, nejvyšší přejíždění překážek. Dost nepříznivý případ nastává i při prudkém zabrzdění, při kterém se vlivem setrvačných sil zvýší zatížení přední části návěsu, zatímco náprava se částečně odlehčí. Charakteristický je velký rozptyl výsledků získaných při opakovaných jízdách na téže trati, neboť záleží také na okamžiku výskytu budícího účinku vzhledem k fázi kmitání návěsu, který je zcela náhodný.

Některé výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 4 a 5. Vynesenými body byly proloženy střední křivky, které vzhledem k rozptylu výsledků v některých případech jen přibližně vystihují skutečné závislosti. Svým charakterem připomínají tlumené rezonanční křivky, z čehož lze usoudit, že v určitých oblastech pojezdových rychlostí (frekvencí budících účinků) dochází alespoň u některých částí návěsů k rezonančním jevům, i když jen tlumeným a přechodným. Stejný charakter závislostí jsme zjistili pro všechny návěsy i pro jiné zemědělské stroje (Souček 1961).

Obr. 4 a 5 umožňují také názorněji porovnat vliv vozovky. Vliv přejíždění jednotlivých překážek je ovšem rozdílný. K většímu namáhání dochází při současném přejíždění překážky oběma koly stroje nebo traktoru dochází při přejíždění střídavém. Maximálního zatížení závěsného oka se pak dosahuje většinou při přejezdu hranolů, zatímco nápravy při přejezdu rigolů. Pro závěsné oko je rozhodující přejezd překážky zadními koly traktoru, pro nápravu přejezd koly návěsu.



5. Hodnoty dynamických součinitelů závěsného oka a nápravy návěsu RU-4 v závislosti na pojízdové rychlosti v_p při jízdách po polní cestě a na překážkové trati

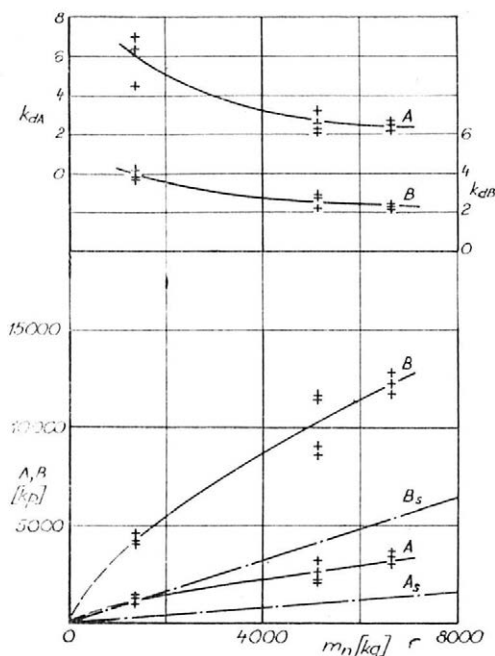
Výsledky uvedené v tab. II ukazují, že krajní hodnoty dynamických součinitelů při jízdě po běžných vozovkách (zejména po polních cestách) dosahují pro nápravu velikosti až $k_{dB} = 3,6$ a pro závěsné oko $k_{dA} = 4,0$; výjimku tvoří návěs NTV-2,5 s nízkým statickým zatížením závěsného oka a velkým momentem setrvačnosti vůči ose nápravy, u něhož se zjistila hodnota k_{dA} až 5,5. Při přejíždění překážek je zejména zatížení nápravy ještě značně vyšší; krajní zjištěné hodnoty jsou $k_{dB} = 5,4$ a $k_{dA} = 5,0$, u velkoobjemového návěsu NTV-2,5 pak i $k_{dA} = 6,0$. Na tak vysoké zatížení však není účelné ani ekonomické návěsy dimenzovat, neboť se v praktickém provozu vyskytne jen zřídka.

Pro praktické výpočty návěsů lze doporučit dynamický součinitel nápravy kolem $k_{dB} = 4,0$, v krajním případě $k_{dB} = 4,5$, pro závěsné oko pak $k_{dA} = 4,0$ až 5,0. Při jejich aplikaci je ovšem třeba přihlídnout také k druhu návěsu a provozním podmínkám. Tak u náprav univerzálních návěsů, jako jsou např. NTS-5 a NTS-3,5, je třeba počítat s vyšším namáháním než u návěsů velkoobjemových, kde lze vzhledem k bezpečnosti předpokládat vždy opatrnější jízdu. Pro závěsné oko pak ve většině případů vyhoví hodnota $k_{dA} = 4,0$, pouze u návěsů vysokých nebo s nízkým statickým zatížením závěsného oka bude třeba brát $k_{dA} = 4,5$ až 5,0.

VLIV NĚKTERÝCH PARAMETRŮ NÁVĚSŮ

Vliv změn parametrů jsme ověřovali většinou při jízdách na dlažbě (tab. II), jakožto nejstálějším povrchu vozovky, umožňujícím při poměrně vysokém namáhání návěsů co nejvíce vyloučit náhodné jevy a tím snížit rozptýlení výsledků. Vliv hmoty návěsu se zjišťoval s typem NTS-3,5 při dvou velikostech nákladu (3735 a 5260 kp) a při prázdném návěsu. Výsledky jsou uvedeny na obr. 6. Stejný charakter závislosti s poněkud vyššími hodnotami se zjistil i při další sledované rychlosti (kolem 20 km/h). Charakter křivek velmi dobře

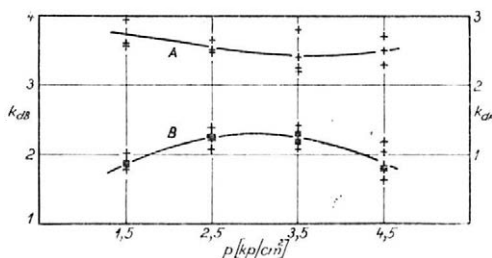
6. Vliv hmoty návěsu m_n na svislé zatížení závěsného oka (reakce A) a nápravy (reakce B), zjištěný s návěsem NTS-3,5 při jízdách po dlažbě rychlostí 13,7–15,7 km/h. Vyznačeny jsou statické reakce A_s a B_s , nejvyšší celkové hodnoty A a B a jim odpovídající hodnoty dynamických součinitelů k_d



odpovídá závislostem uvedeným v práci Procházky a Nováka (1971), takže výsledky potvrzují poznatky o vlivu hmoty návěsu, získané na analogovém počítači.

Vliv polohy těžiště návěsu jsme ověřovali u typu NTS-5 při stálé hmotě 7000 kg tím způsobem, že se náklad proti základnímu rovnoměrnému rozložení (tab. II) přesunul více dopředu ($A_s = 1970$ kp) nebo dozadu ($A_s = 255$ kp). I zde jsme pro sledované dva stupně rychlostí zjistili charakter závislosti stejný jako v práci Procházky a Nováka (1971). Je tedy účelné plně využít dovoleného zatížení závěsného háku traktoru.

7. Vliv nahuštění p pneumatik návěsu NTS-5 (rozměr 12-18) na velikost dynamických součinitelů k_d svislého zatížení závěsného oka (A) a nápravy (B), zjištěný při jízdách po dlažbě rychlostí 11,1–12,1 km/h. Nominální nahuštění je 3,5 kp/cm², hmoty návěsu 7000 kg, traktor Zetor 7511



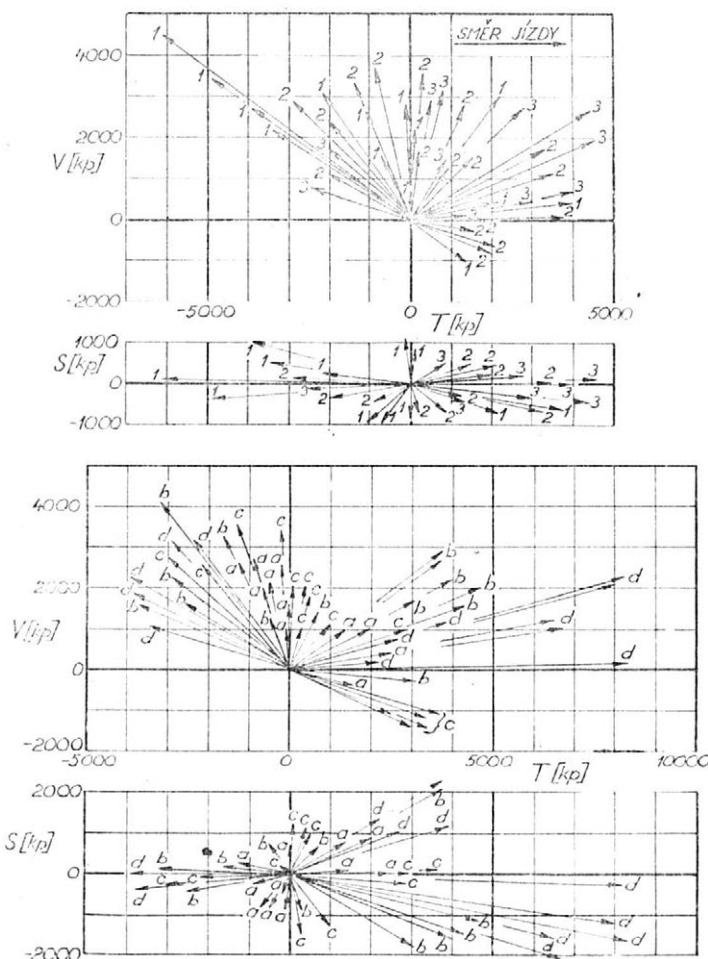
Vliv tuhosti (huštění) pneumatik návěsu nebyl soustavněji zjišťován, takže jsou k dispozici jen některé dílčí výsledky spíše orientačního charakteru. Na obr. 7 jsou uvedeny výsledky získané s návěsem NTS-5, které ukazují, že vliv nahuštění není jednoznačný a že pro daný typ návěsu, vozovku a pojezdovou rychlost lze namáhání nápravy snížit nejen zmenšením, ale také zvětšením tuhosti pneumatik. Stejný obraz dalo i vyhodnocení kmitavého namáhání nápravy, které zde není uvedeno. Rovněž u návěsu NTV-2,5 se orientačně ověřoval účinek sníženého huštění pneumatik z 4,5 na 2,5 kp/cm². Příznivě se projevil při přejíždění překážek; při jízdách na dlažbě se znatelnější zlepšení ukázalo při rychlosti kolem 16 km/h, zatímco při rychlosti kolem 11 km/h zůstaly poměry téměř stejné. Lze tedy konstatovat, že použití nízkotlakých pneumatik nebo odpružení náprav se příznivě projeví při přejíždění ojedinělých velkých terénních nerovností, při nichž je i namáhání návěsů největší. Otázku, zda se tím nezhorší poměry při jízdě na

vozovkách (vlivem rezonančních jevů), nelze zatím zodpovědět; spolehlivého řešení by se zřejmě dosáhlo současným zavedením tlumičů.

U návěsů NTV-2,5 jsme ověřovali také vliv vymezení svislé vůle závěsného oka v závěsném zařízení traktoru z původních 25 mm na 2 až 3 mm. Při jízdách po dlažbě v rozmezí rychlostí 10,3 až 18,4 km/h za jinak stejných podmínek kleslo rozmezí dynamických součinitelů svislé reakce na závěsné oko z původních 2,6 až 4,7 na 2,2 až 3,8, tedy dost podstatně. Stejně se projevilo i snížené nahuštění (tuhost) zadních pneumatik traktoru, sledované při jízdách návěsů NTS-5 s traktorem Zetor 7511 na dlažbě rychlostí 11,1–12,1 km/h. V tomto případě při změně tlaku v pneu z nominálního 1,5 kp/cm² na 0,8 kp/cm² kleslo rozmezí dynamických součinitelů pro závěsné oko z 2,2 až 2,8 na 1,8 až 1,9. Uvedené dílčí poznatky opět alespoň kvalitativně souhlasí s výsledky řešení na analogovém počítači.

SÍLY PŮSOBÍCÍ NA ZÁVĚSNÉ OKO

Ve spoji návěsů s traktorem působí za jízdy obecná výslednice sil, jejíž velikost a směr se neustále mění. Kromě svislé složky má i složky vodorovné, a to podélnou a příčnou. Vodorovné síly jsou vyvolány jednak proměnlivým a nestejným odporem obou kol návěsu, jednak rozkmitáním návěsů a traktoru ve všech třech základních rovinách



8. Síly působící na závěsné oko návěsů NTS-5 (T — podélná, V — svislá, S — stranová složka), zobrazené ve dvou průmětech sdružených kolem podélné osy oka (podmínky podle tab. II)

Nahoře: 1 — polní cesta, 2 — dlažba, 3 — prudké zabrzdění, pojezdová rychlost 16,0–19,0 km/h

Dole: přejíždění překážek rychlostí kolem 8 km/h; a — střídavý přejezd trámů, b — střídavý přejezd rigolů, c — současný přejezd trámů, d — současný přejezd rigolů

III. Krajní hodnoty sil působících na závěsné oko

Návěs	Druh vozovky	Maximální pojezdová rychlost (km/h)	Krajní zjištěné hodnoty sil (kp)				
			T		V		S
			+	-	+	-	±
NTS-5	asfaltová silnice	25,7	2350	1670	2570	180	570
	stará dlažba	18,7	3800	2900	3670	780	760
	polní cesta	19,3	4300	6080	4510	1020	1150
	překážky (obr. 3)	8,2	3700	3000	3570	1400	1500
			8300	3900	4070	960	2290
	dlažba — brzdění	18,2	4520	2440	3120	0	540
NTS-3,5	stará dlažba	20,3	2450	2450	3430	380	560
	polní cesta	20,4	3120	2840	3460	750	1320
	překážky (obr. 3)	9,0	3300	2500	4400	610	1060
			5200	3700	3640	550	1900
	dlažba — brzdění	20,3	1710	1190	2180	0	780
RU-4	pole s brázdami	9,2	3090	4940	2890	470	1390
	polní cesta	14,2	2900	5590	3560	350	1840
	překážky (obr. 3)	9,0	2740	5650	5400	910	1430
			4860	2310	2330	140	2170
NTV-2,5	asfaltová silnice	21,2	1490	960	1680	60	210
	stará dlažba	18,4	1910	1530	2380	1370	860
	polní cesta	11,0	2060	1580	2230	1420	830
	překážky (obr. 3)	8,0	2670	2290	2410	1700	880
			5190	2220	2030	740	1040
	dlažba — brzdění	18,4	3230	2040	1740	90	450

(z něhož plyne i nestejná okamžitá rychlost obou strojů), doprovázeným rázy vlivem vůlí ve spoji. Průběh těchto sil je tedy rovněž kmitavý. Kromě namáhání celé přední části rámu návěsu ovlivňují řiditelnost traktoru, a tím jízdní vlastnosti a bezpečnost provozu celé soupravy. Této otázce se dosud zejména z hlediska působení dynamických sil nevěnuje dostatečná pozornost, neboť výrobce traktorů udává jen přípustné svislé statické zatížení závěsného zařízení traktoru.

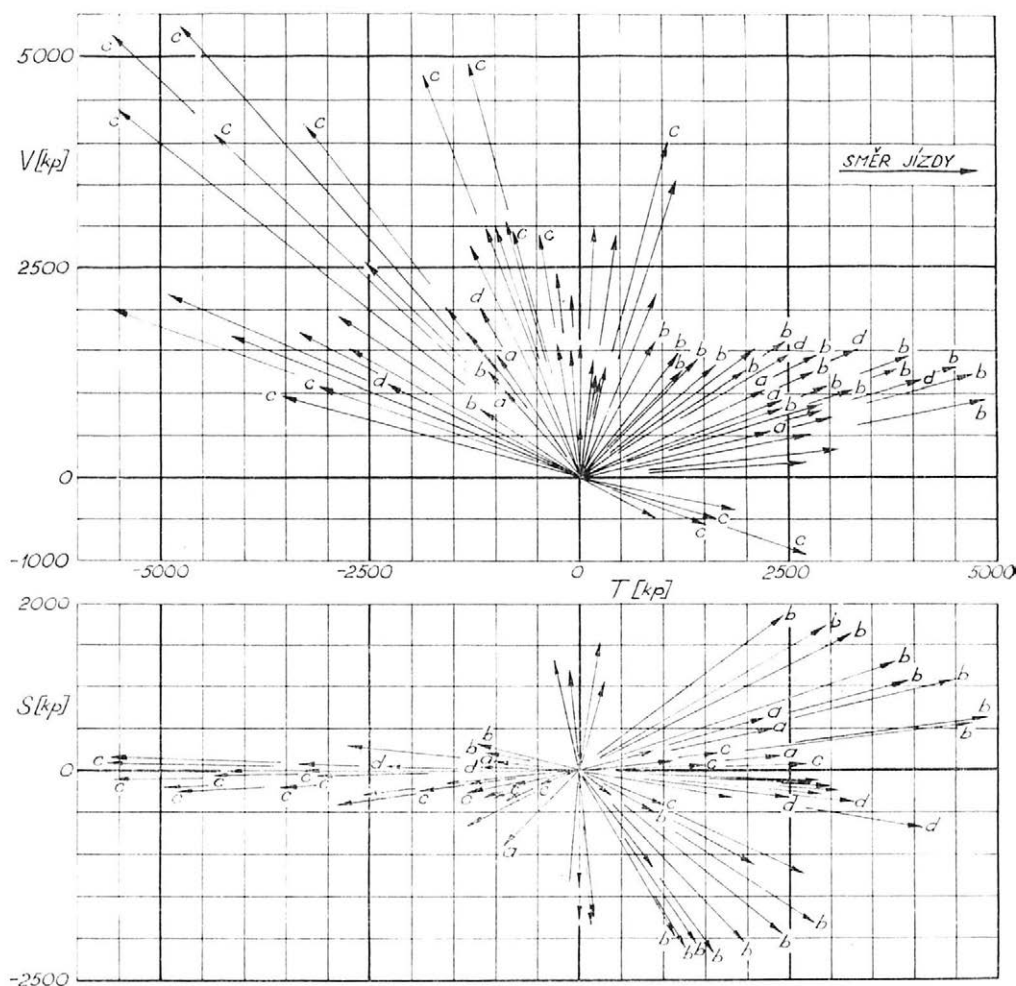
U všech sledovaných typů návěsů se zjišťovaly tři navzájem kolmé složky výsledné síly působící na závěsné oko:

T — podélná (vodorovná a rovnoběžná se směrem jízdy),

V — svislá,

S — stranová (vodorovná a kolmá na směr jízdy).

Krajní zjištěné hodnoty těchto sil (pro stejné podmínky jako v tab. II) jsou uvedeny v tab. III (vyznačeny jsou absolutní hodnoty včetně statické složky svislé reakce). Kladné



9. Síly působící na závěsné oko návěsu RU-4 (T — podélná, V — svislá, S — stranová složka), zobrazené ve dvou průmětech sdružených kolem podélné osy oka (podmínky podle tab. II). Bez označení — jízdy po polní cestě a příčně zbrzděném pozemku rychlostí 8,4–14,2 km/h, a , b , c , d — přejíždění překážek rychlostí 4,5–9,0 km/h, a — střídavý přejezd trámů, b — střídavý přejezd rigolů, c — současný přejezd trámů, d — současný přejezd rigolů

hodnoty značí u podélné složky tahovou sílu, u svislé složky sílu působící vzhůru; u stranové složky není smysl důležitý, neboť stejné hodnoty se vzhledem k souměrnosti návěsu mohou vyskytnout v obou směrech. Vysoké jsou zejména podélné síly (tahové i tlakové) a svislé síly působící vzhůru; stranová složka je vůči nim nižší. Velké podélné složky (tahové) se dosáhne i při prudkém zabrzdění, neboť brzdicí účinek návěsu musí být z důvodu bezpečnosti vždy vyšší než traktor. Je zřejmé, že síly na závěsné oko jsou za jízdy větší než se všeobecně předpokládá. Z uvedených výsledků rovněž plyne, že zejména vodorovné složky sil rostou se zvětšující se hmotou návěsu; u složek svislých záleží také na statickém zatížení závěsného oka. Lze však pozorovat i určitý vliv hmoty traktoru na velikost hlavně podélné složky, jak ukazují výsledky získané na překážkové trati pro návěsy NTS-5 a RU-4 s přibližně stejnou celkovou hmotou (7000 a 6940 kg), agregované s traktory Zetor 7511 a Zetor 4011.

Časový průběh jednotlivých složek je náhodný a rozdílný, takže velikost a směr výslednice jsou v každém okamžiku jiné, přičemž ani nejvyšší hodnoty složek se nevyskytují současně. K posouzení nejnepríznivějších případů při každé měřicí jízdě se proto z oscilogramů zjišťovaly také velikosti a polohy výslednice sil v okamžicích, kdy jednotlivé měřené složky dosahovaly maximální hodnoty (kladné i záporné). Výběr nejdůležitějších výsledků z takto získaného rozsáhlého materiálu je s ohledem na rozsah příspěvku uveden jen pro návěsy NTS-5 a RU-4 na obr. 8 a 9. Obrázky ukazují, že rozdílné podmínky při přejíždění překážek proti běžným vozovkám (polní cesta, dlažba) se projevují hlavně podstatným zvýšením vodorovných sil (podélných i stranových), zatímco rozdíly mezi svislými silami jsou menší. Na překážkách dosahují vodorovné složky nejvyšších hodnot většinou při přejíždění rigolů, a to podélná složka při přejezdu současném i střídavém, stranová pak při přejezdu střídavém.

I když se velikost a směr výslednice sil mění ve velkém rozmezí, lze pro ni stanovit některé důležité vlastnosti, společné pro všechny sledované typy návěsů. Tak při výskytu nejvyšších svislých sil se výslednice pohybuje v oblasti tlakových nebo malých tahových podélných sil, přičemž maxima svislé složky (nebo hodnoty velmi blízké) působí často současně s maximy tlakové podélné složky; stranové síly jsou přitom velmi nízké. Při výskytu nejvyšších stranových sil se výslednice pohybuje vždy v oblasti tahové podélné složky, která přitom někdy dosahuje i svého maxima; současně působící svislé síly jsou vždy nižší než maximální (zhruba poloviční). Pro praktické použití lze tedy po určitém zjednodušení problému shrnout silové účinky na závěsné oko do tří následujících základních případů:

- a) samostatné působení maximální svislé síly,
- b) současné působení maximální svislé složky a maximální tlakové podélné složky,
- c) současné působení nejvyšší podélné tahové složky, maximální stranové síly a přibližně poloviny maximální svislé složky.

MAXIMÁLNÍ NAMÁHÁNÍ PODVOZKU

Namáhání přední části rámu (nebo oje) až k prvním úložným místům korby je dáno silami působícími na závěsné oko. Jejich vliv však závisí na poloze závěsného oka a na konstrukčním provedení přední části rámu. V části rámu pod korbou jsou jeho podélníky namáhány převážně ohybem ve svislé podélné rovině. Vzhledem k rozložení statického ohybového momentu jsou jeho nejvyšší hodnoty i při jízdě jednak pod přední částí korby, jednak v oblasti nápravy. Pro oblast nápravy platí v plné míře již dříve uvedené hodnoty dynamických součinitelů pro nápravu ($k_{dB} = 4,0$). Pro zatížení podélníků pod přední částí korby lze pak vycházet z výsledků získaných s návěsy NTS-5 a NTS-3,5, z nichž plyne, že pro praktické aplikace je třeba v průřezu s největším statickým zatížením (řez VI na obr. 1) počítat s dynamickým součinitelem $k_d = 3,5$ až $4,0$, tedy jen o málo nižším než pro nápravu.

Druh vozovky	NTS-5			NTS-3,5		
	maximální pojezdová rychlost (km/h)	$\frac{M_{rmax}}{M_{smax}}$	k_{dBmax}	maximální pojezdová rychlost (km/h)	$\frac{M_{rmax}}{M_{smax}}$	k_{dBmax}
Asfaltová silnice	25,7	0,08	2,2	—	—	—
Dlažba	18,7	0,14	3,0	20,3	0,22	3,0
Polní cesta	19,3	0,33	3,6	20,4	0,25	3,4
Překážková trať	8,2	0,66	5,0	9,0	0,45	5,4
Dlažba — brzdění	18,2	0,59	2,3	20,3	0,34	2,3

Namáhání rámu v části pod korbou ohybem ve vodorovné rovině a krutem je nejvíce závislé na konkrétním konstrukčním řešení, jako je způsob spojení rámu s korbou, rozmístění podpěr i příčníků rámu apod. Zde bude třeba vždy vycházet z výsledků tenzometrického měření nebo dlouhodobých provozních zkoušek. Dosud získané podklady ukazují, že průřez podélníků rámu je třeba volit převážně s ohledem na namáhání svislým ohybem. Vzhledem k podezření návěsů ve třech bodech nemusí být rám torzně měkký (na rozdíl od přívěsů), takže bude výhodné použít vysokých uzavřených tenkostěnných profilů.

Náprava je namáhána svislým i vodorovným ohybem a při brzdění pak také krutem (převíslé konce). Vliv vodorovného ohybu ukazují výsledky získané s návěsy NTS-5 a NTS-3,5 (za stejných podmínek jako v tab. II) a uvedené v tab. IV. V této tabulce je vyznačen poměr maximálního ohybového momentu ve vodorovné rovině (M_{rmax}) k maximálnímu ohybovému momentu ve svislé rovině (M_{smax}), zjištěný na různých vozovkách, přičemž pro lepší názor je uveden také dynamický součinitel k_{dBmax} , charakterizující uvedený maximální moment ve svislé rovině (z tab. II).

Z tabulky IV plyne, že při jízdě po běžných vozovkách (asfalt, dlažba, polní cesta) je vodorovný ohybový moment poměrně nízký; jeho nejvyšší hodnota u návěsu NTS-5 (polní cesta) se zhruba rovná statickému ohybovému momentu ve svislé rovině. Rozbor oscilogramů kromě toho ukazuje, že v těchto případech se špičky obou momentů nevyskytují současně, takže lze počítat pouze se samostatným namáháním svislým ohybem. Vyšších hodnot dosahuje vodorovný ohyb při prudkém zabrzdění, kdy je ovšem svislé zatížení naproti tomu nižší. Nejnepríznivější poměry nastávají při přejíždění překážek (hlavně rigolů), kdy navíc oba momenty často nabývají maxima současně. Výsledný moment je pak dán geometrickým součtem obou složek. Vycházíme-li z hodnot zjištěných s návěsem NTS-5, bude celkový ohybový moment

$$M_{omax} = M_{smax} \sqrt{1 + 0,66^2} = 1,2 M_{smax}$$

Může tedy být až o 20 % vyšší než moment ve svislé rovině. Pro nápravy kruhového průřezu (např. z trubek) a čepy kol lze pak vliv vodorovného ohybu respektovat zvýšením dynamického součinitele $k_{dB} = 4,0$ až o 20 %, tedy na hodnotu 4,8. U náprav obdélníkového nebo čtvercového průřezu je třeba výsledné namáhání určit ze složek ohybového momentu.

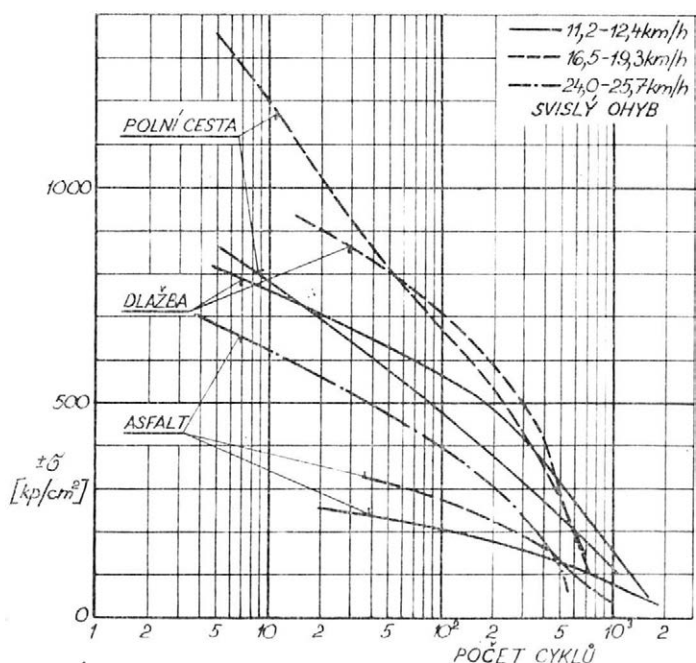
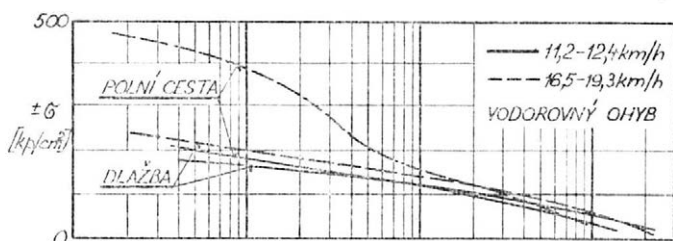
Zajímavý je i případ při prudkém zabrzdění, kdy rovněž dochází k namáhání krutem. Např. u návěsu NTS-5 při svislém zatížení, charakterizovaném dynamickým součinitelem

$k_{dB} = 2,3$, byla současně působící tečná reakce na kola (vyvolávající vodorovný ohyb a krut) až $2,3 \cdot 0,59 = 1,35$ krát větší než svislé statické reakce kol. Tato hodnota je vyšší, než kdybychom vycházeli ze statického zatížení a součinitele adheze, který podle Lvova (1954) činí max. 0,8, a to proto, že vzhledem k proměnlivému tlaku na kola je i průběh tečné reakce kmitavý.

I když se při výpočtech návěsů bude vycházet z maximálních provozních namáhání, je třeba s ohledem na případné vady materiálu a vlivy technologie výroby počítat vždy s určitou bezpečností vůči mezi přípustných plastických deformací. Ve strojírenství se obvykle doporučuje bezpečnost $s = 1,5$. Meze přípustných plastických deformací (mez ohebnosti, mez zkrutivosti) se stanoví z meze kluzu použitého materiálu a součinitelů plasticity, uvedených v literatuře (Höschl a kol. 1961, Němec 1956) po přihlédnutí k tvaru profilu a způsobu zatížení.

NAMÁHÁNÍ PODVOZKU NA ÚNAVU

Abychom získali základní poznatky o únavovém namáhání podvozku, vyhodnotili jsme statisticky kmitavé průběhy sil a napětí pro návěsy NTS-5 a NTS-3,5. Tyto podklady jsou důležité jak pro pevnostní výpočty, tak pro únavové zkoušky návěsů, např. na zkušebních válcičkách nebo drahách; pro návěsy byly u nás získány poprvé.

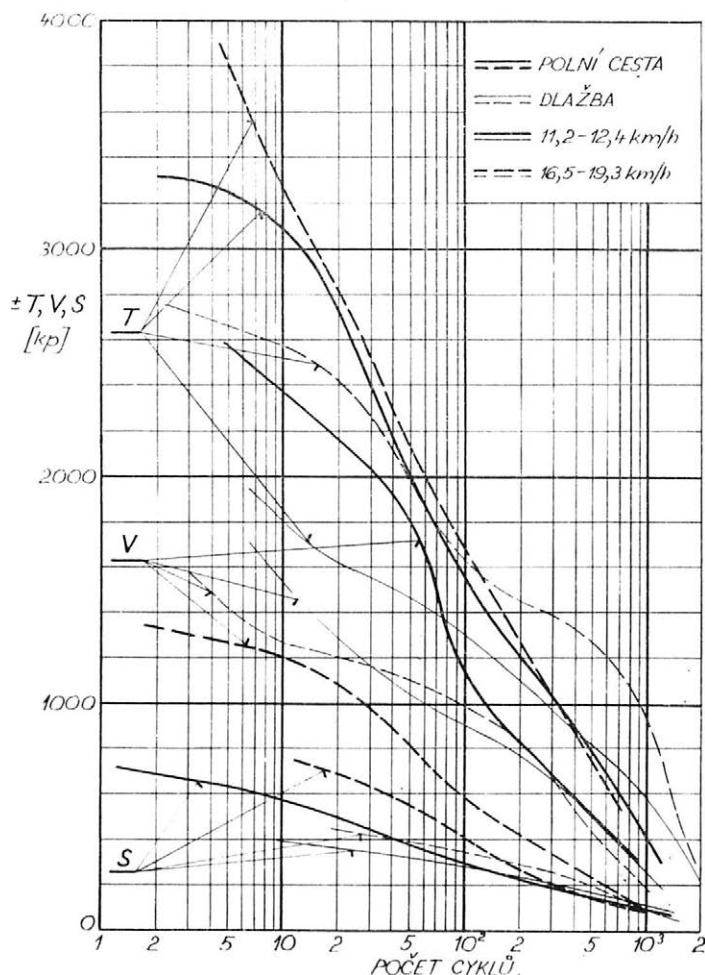


10. Křivky kumulativních četností kmitavých složek napětí zjištěné pro tentýž průřez nápravy návěsu NTS-5, namáhaný vodorovným i svislým ohybem (statické předpětí od svislého ohybu 720 kp/cm^2). Platí pro 1 km ujeté dráhy na různých vozovkách při II.—IV. rychlostním stupni traktoru Zetor 7511. Ostatní podmínky podle tab. II

Četnosti kmitů byly analyzovány dvouparametricky; pro další zpracování se pak zvolila v tomto případě dobře vyhovující metoda relativních rozkmitů (Procházka 1970), přičemž střední hodnota kmitů se považovala za stálou a rovnou statickému předpětí. Výsledky jsou uváděny jako závislosti souměrné kmitavé složky (polovin rozkmitů) na počtu cyklů ve tvaru křivek kumulativních četností (spekter provozních zatížení) udávajících, kolik cyklů zatížení se vyskytne nad zvolenou hodnotou zatížení nebo pod ní. Dílčí spektra provozních zatížení, získaná s návěsem NTS-5 za stejných podmínek jako dříve uváděné výsledky, jsou pro namáhání nápravy a síly působící na závěsné oko vyznačena na obr. 10 a 11 (platí vždy pro 1 km ujeté trati); další spektra uvádí Procházka (1969). Křivky jsou vyznačeny v původní získané formě (nebyly prodlužovány do oblastí vyšších zatížení ani nahrazovány matematickým modelem). U nápravy napětí od vodorovného ohybu platí pro tentýž průřez se stejnými charakteristikami vůči vodorovné i svislé ose, takže udávají nejen vzájemný poměr obou ohybových momentů, ale i absolutní velikost složek reakce R na jedno kolo, pro které platí

$$R = 4,08\sigma \quad (\text{kp, kp/cm}^2)$$

Obr. 10 ukazuje, že kmitavé namáhání nápravy vodorovným ohybem je vůči svislému ohybu poměrně nízké. Z toho plyne důležitý závěr pro únavové zkoušky, kdy velikost



11. Křivky kumulativních četností kmitavých složek sil, působících na závěsné oko návěsu NTS-5 (T — podélná V — svislá, S — stranová složka). Platí pro 1 km ujeté dráhy na různých vozovkách za podmínek podle tab. II

a tvar překážek je třeba volit tak, aby uvedený poměr zůstal zachován, neboť jinak se dojde ke zkresleným výsledkům.

Pro výpočty na únavu nebo únavové zkoušky na jedné hladině zatížení lze podle Serensena a kol. (1961) určit takovou velikost kmitavé složky namáhání, která při své konstantní hodnotě je ekvivalentní skutečným poměrům charakterizovaným spektrem provozního zatížení. Pro tuto ekvivalentní kmitavou složku udává Serensen vztah

$$\sigma_{ekv} = \frac{1}{m\sqrt{a}} \sqrt[1]{\frac{1}{N_o} \sum n_i \sigma_i^m}$$

kde: m — kotangens úhlu sklonu levé větve Wöhlerovy křivky v logaritmických souřadnicích (uvažuje se $m = 10$)

a — součinitel, který je možno přibližně uvažovat rovný 1

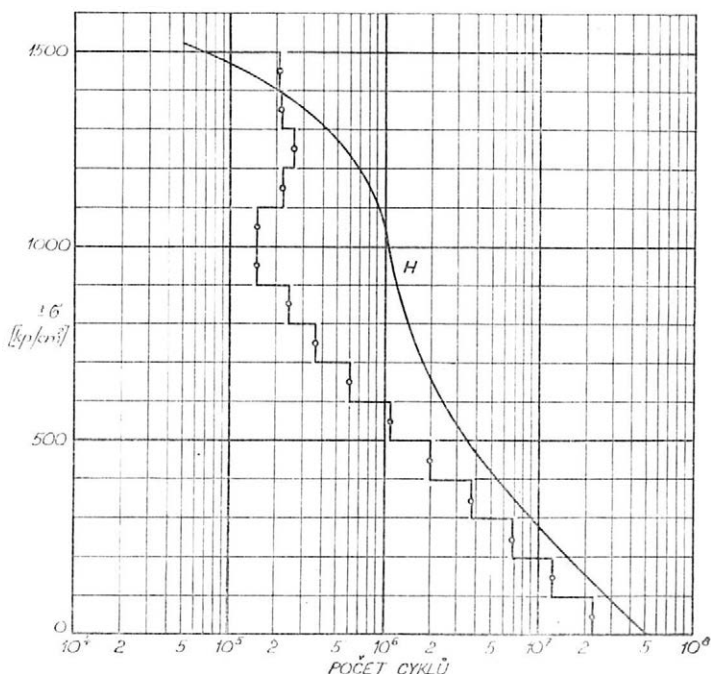
N_o — počet cyklů odpovídající zlomu Wöhlerovy křivky ($N_o \approx 2 \cdot 10^6$)

n_i — počet cyklů zatížení velikostí σ_i

σ_i — velikost zatížení

Spektra provozních zatížení pro celou životnost byla sestavena z dílčích spekter získaných v charakteristických provozních podmínkách, při odhadnutém průměrném časovém rozvrhu provozu v těchto podmínkách a životnosti návěsu 20 000 km. Pro namáhání rámu návěsu NTS-5 v řezu V svislým ohybem (obr. 1) je takové spektrum na obr. 12. Z něho bylo odvozeno stupňovité třídní spektrum pro 15 tříd (hladin σ_i), kdy se počet cyklů n_i v každé třídě určil z rozdílů kumulativních četností na hranicích tříd (vyznačeno jako histogram četností v semilog. souřadnicích). Vypočtené hodnoty ekvivalentních kmitavých složek sil a napětí v charakteristických místech návěsů jsou spolu se statickými předpětími (σ_s , V_s) uvedeny v tab. V.

Pro veličiny se statickou složkou je uveden vždy také poměr ekvivalentní kmitavé složky ke statické, což je určitá obdoba dynamických součinitelů, která zejména u napětí vylučuje vliv umístění a charakteristik sledovaného průřezu. Tyto poměrné hodnoty



12. Spektrum provozního zatížení H rámu návěsu NTS-5 svislým ohybem v průřezu V (obr. 1) pro celou životnost stroje 20 000 km. Z něho je odvozeno stupňovité třídní spektrum pro 15 tříd po 100 kg/cm^2

V. Hodnoty kmitavých sil a napětí v charakteristických místech návěsů

Veličina			Rozměr	NTS-5	NTS-3,5
Složky síly působící na závěsné oko	podélná	T_{ekv}	kp	± 2820	± 1350
	svislá	V_s	kp	1130	1000
		V_{ekv}		± 1990	± 1550
		V_{ekv}/V_s	—	1,76	1,55
	stranová	S_{ekv}	kp	± 500	± 330
Namáhání rámu v řezu V svislým ohybem (obr. 1)		σ_s	kp/cm ²	900	800
		σ_{ekv}		± 1230	± 1080
		σ_{ekv}/σ_s	—	1,36	1,35
Namáhání nápravy svislým ohybem		σ_s	kp/cm ²	720	660
		σ_{ekv}		± 695	± 865
		σ_{ekv}/σ_s	—	0,96	1,31

mohou tedy být obecnějším podkladem, umožňujícím i při výpočtech únavové pevnosti vycházet ze statického zatížení, a lze je aplikovat i na jiné obdobné případy. Pozoruhodné je, že nejvyšší jsou pro svislé zatížení závěsného oka, kde ekvivalentní kmitavá složka činí až 176 % statického předpětí, a směrem k nápravě klesají, což odpovídá i pozorovanému způsobu kmitání návěsů. Při kontrole únavové pevnosti podle Serensena a kol. (1961) se pak ekvivalentní kmitavá složka porovnává s mezí únavy skutečné součásti, která se určí po přihlédnutí k vrubovým účinkům a dalším vlivům např. podle Němce (1956), který doporučuje také minimální přípustnou bezpečnost vůči mezi únavy $s_{ii} = 1,2$. I když uvedené výsledky byly získány přibližným způsobem, podtrhuje jejich význam to, že jsou prvními ucelenějšími podklady o kmitavém namáhání podvozků zemědělských strojů, získanými v ČSSR. Shromáždění rozsáhlejších údajů v této důležité oblasti si však vyžádá ještě mnoho úsilí a vzhledem k pracnosti statistického vyhodnocování a zpracování výsledků bude záviset nejvíce na možnostech automatizace tohoto procesu.

Uvažme ještě alespoň orientačně, jaký je vztah mezi kmitavým a maximálním namáháním návěsů. Vycházíme-li podle Součka (1964) ze vztahů pro bezpečnosti vůči přípustným plastickým deformacím s a vůči mezi únavy s_{ii}

$$s = \frac{\sigma_k \cdot p}{\sigma_s \cdot k_d}$$

$$s_{ii} = \frac{\sigma_c}{\sigma_k} \frac{\sigma_k \cdot \eta_p}{\sigma_{ekv} \cdot \beta}$$

můžeme určit přibližnou hodnotu součinitele vrubového účinku β , která udává hranici, pod níž o dimenzování součástí rozhodují maximální namáhání a nad ní namáhání kmitavá

$$\beta = \frac{\sigma_c}{\sigma_k} \frac{\sigma_s \cdot k_d \cdot s \cdot \eta_p}{\sigma_{ekv} \cdot s_{ii} \cdot p}$$

kde: σ_c — mez únavy hladkého vzorku
 σ_k — mez kluzu materiálu
 η_p — součinitel vlivu povrchu součásti při namáhání na únavu
 k_d — dynamický součinitel pro maximální namáhání
 p — součinitel plasticity

Uvažujeme-li $\sigma_c/\sigma_k = 2/3$, $\eta_p = 0,8$, $k_d = 4,0$, $s = 1,5$, $s_{ii} = 1,2$ a průměrnou hodnotu součinitele plasticity pro tenkostěnné profily $p = 1,3$, dostaneme

$$\beta = 2,05 \frac{\sigma_s}{\sigma_{ekv}}$$

Dosažením z tab. V vyjde součinitel β v rozmezí $\beta = 1,2$ až $2,1$ (nejnižší pro závěsné oko, nejvyšší pro nápravu návěsu NTS-5). Hodnoty pro nápravu (a zadní část rámu) jsou ještě dosti vysoké, takže bude-li dostatečně dimenzována s ohledem na maximální namáhání (podle dříve udaných dynamických součinitelů a bezpečnosti), nebude docházet ani k únavovým lomům, ovšem vyhne-li se konstruktér větším konstrukčním nebo technologickým vrubům. U přední části rámu návěsu (závěsného oka a oje) jsou však poměry značně nepříznivější, neboť uvedené hodnoty β lze u konstrukce z tenkostěnných profilů snadno dosáhnout. Je tedy třeba hlavně této části věnovat velkou pozornost jak co do tvarového provedení součástí, tak zejména pokud jde o konstrukční i technologické řešení spojů, v nichž u tenkostěnných konstrukcí dochází k největším koncentracím napětí. Na tuto část návěsu je pak třeba zaměřit hlavní pozornost i při únavových pevnostních zkouškách.

Z Á V Ě R

V práci jsou shrnuty nejdůležitější výsledky experimentálního výzkumu dynamického zatížení návěsů pro zemědělské účely, prováděného ve VÚZS v minulých letech na čtyřech typech návěsů. Výsledky dokazují, že dynamická namáhání několikanásobně převyšují namáhání statická a jsou tedy pro dimenzování návěsů rozhodující. Podrobně jsou rozebrána maximální zatížení nosných částí v charakteristických místech a uvedeny hodnoty dynamických součinitelů, z nichž lze vycházet při kontrole statické pevnosti při konstrukci návěsů. Značná pozornost je věnována silám působícím na závěsné oko, které rozhodují o dimenzování oje a přední části rámu, což je důležité i z hlediska bezpečnosti provozu. Je objasněn a doložen vliv rychlosti jízdy a druhů vozovky i vliv některých parametrů návěsů, jako hmoty, polohy těžiště a tuhosti pneumatik. Jsou uvedeny podklady týkající se kmitavého zatížení nejdůležitějších částí podvozku z hlediska únavové životnosti, použitelné při pevnostních výpočtech nebo zkouškách. Z nich plyne, že s ohledem na kmitavé zatížení je třeba věnovat velkou pozornost tvarovému a technologickému řešení přední části rámu a závěsného oka.

L i t e r a t u r a

- HÜSCHL C. a kol., 1961, Tabulky pro konstruktéry. SNTL Praha.
 LVOV E. D., 1954, Theorie traktoru. SNTL Praha.
 NĚMEC J., 1956, Příklady výpočtu tvarové pevnosti strojních částí. SNTL Praha.
 PROCHÁZKA J., 1969, Pevnostní a silové poměry návěsů NTS-5 a NTS-3,5. Zpráva VÚZS č. 2697.
 PROCHÁZKA J., 1970, Metody analýzy náhodně proměnných zatížení zemědělských strojů z hlediska únavové životnosti. Zpráva VÚZS č. 2929.

- PROCHÁZKA J., NOVÁK J., 1971, Řešení dynamického zatížení návěsu na analógovém počítači. Zem. technika 1 : 39-56.
- SERENSEN V. S. a kol., 1961, Прочность при нестационарных режимах нагрузки. Академия наук СССР — Киев.
- SOUČEK Z., 1964, Experimentálně zjištěné výsledky výzkumu charakteru namáhání zemědělských strojů. Zem. technika 8 : 431-464.
- SOUČEK Z., 1961, Aplikace odporových tenzometrů k měření napětí, sil a kroutících momentů při výzkumu zemědělských strojů ve VÚZS. Sborník prací VÚZS I, Praha.

Došlo dne 1. 7. 1971

Результаты экспериментального исследования динамической нагрузки полуприцепов

В работе подытожены самые важные результаты экспериментального исследования динамической нагрузки полуприцепов, применяемых в сельском хозяйстве, проводимого в НИИСХМ в прошлые годы на четырех типах полуприцепов. Результаты доказывают, что динамическая нагрузка в несколько раз превышает статическую нагрузку, а следовательно, для определения размеров полуприцепов является решающей. Подробно анализируется максимальная нагрузка несущих конструкций в характерных местах и приведены величины динамических коэффициентов, из которых можно исходить при контроле статической прочности при конструировании полуприцепов. Большое внимание уделено силам, действующим на петлю, которые являются решающими при определении размеров дышла и передней части рамы, что очень важно с точки зрения безопасности работы. Было объяснено и доказано влияние скорости движения и типа дороги и влияние некоторых параметров полуприцепов, как например, веса, положения центра тяжести и жесткости шин. В работе приведены также данные, касающиеся циклической нагрузки самых важных частей шасси с точки зрения усталости и долговечности, применяемые при вычислениях прочности или испытаниях. Из них вытекает, что, учитывая циклическую нагрузку, необходимо большое внимание уделять решению передней части рамы и петли как с точки зрения формы, так и технологии.

Results of Experimental Research of Dynamic Loading of Semi-Trailers

The work sums up the most important results of experimental research of the dynamic loading of semi-trailers for agricultural purposes, conducted on four types of semi-trailers in the Research Institute of Agricultural Machinery throughout recent years. The results prove that the dynamic loads are several times greater than the static ones, and therefore are the decisive factor for dimensioning the semi-trailers. There is a detailed analysis of maximal loads of the bearing parts at characteristic points, and values of dynamical factors are quoted from which one can depart when checking static strength in the construction of semi-trailers. Considerable attention is being paid to the forces acting on the eye-joint which are decisive for the dimensioning of the shaft and of the front portion of the frame, this being of importance for the safety of operation. The influence of the speed of the travel and type of the roadway have been elucidated, the same applying to the influence of certain parameters of the semi-trailers such as mass, position of the centre of gravity and rigidity of the tyres. The work also includes references concerning oscillating loads of the most important parts of the undercarriage from the viewpoint of useful life as determined by fatigue, applicable in the calculations or tests of strength. From the latter it follows that in view of the oscillating loading great attention must be paid to the design of shape and technology of the front portions of the frame and the eye-joint.

Experimentelle Forschungsergebnisse der dynamischen Belastung der Anhänger

Die Arbeit umfaßt die wichtigsten Ergebnisse der experimentellen Forschung der dynamischen Belastung von landwirtschaftlichen Anhängern, die im VÚZS (Forschungsanstalt für Landmaschinenbau) bei vier Anhängerotypen erfolgte. Die Er-

gebnisse zeigen, daß die dynamische Beanspruchungen die statischen mehrfach überhöhen und sind also für die Bemessung der Anhänger ausschlaggebend. Eingehend sind die Höchstbelastungen der Tragteile in den charakteristischen Stellen beschrieben und die dynamischen Beiwerte, von denen bei der Kontrolle der statischen Festigkeit bei der Konstruktion der Anhänger ausgegangen wird, angegeben. Ausführlich werden die auf die Aufhängeöse wirkenden Kräfte beschrieben, die für die Bemessung der Deichsel und des Rahmenvorderteils entscheidend sind, was auch vom Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit sehr wichtig ist. Erläutert und nachgewiesen werden die Wirkungen der Fahrgeschwindigkeiten und der Fahrbahndecke, ferner die Wirkungen einiger Fahrzeugparameter, wie Masse, Schwerpunkt und Reifenfestigkeit. In der Arbeit sind ebenfalls Unterlagen über die Schwingungsbelastung der wichtigsten Fahrgestellteile hinsichtlich der Ermüdungsdauer angeführt, die bei den Dauerhaftigkeitsberechnungen oder Prüfungen Anwendung finden. Daraus ergibt sich, daß bei der Berücksichtigung der Schwingungsbelastung eine große Aufmerksamkeit der Gestaltung und der technologischen Lösung des vorderen Teils des Rahmens und der Aufhängeöse gewidmet werden soll.

1

Adresa autora:

Ing. Josef Procházka, Výzkumný ústav zemědělských strojů, Praha - Chodov

Výběr z nových přírůstků
Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTI
na úseku zemědělská technika

D 55.334/34

Issledovanija po mechanizacii i elektrifikacii sel'skogo chozjajstva. Kijev, MSCH SSSR — Ukr. s.-ch. akademija 1971. Naučnyje trudy USCHA. Vyp. 34. 288 s. obr. tab. (Mechanizace a elektrifikace zemědělství — sborníky — USSR)

D 59.754

Zbornika radova. Beograd, Socijalistička Federativna Republika Jugoslavija 1970. 76 s. obr., tab. (Zemědělské stroje — sborníky / Výzkumný ústav zemědělské techniky — Bělehrad — sborníky)

C 8.421.358

Améliorations et innovations souhaitées en matière de machinisme agricole par les correspondants agricoles du CNEEMA. (17ème enquête: Hiver 1970—1971). Antony, CNEEMA 1971. Études de CNEEMA 358. 95 s. 41 tab. (Mechanizace zemědělství — rozvoj — Francie — výzkum)

C 19.851

Recolección de forrajes y preparación de alimentos para el ganado. I. Conferencia internacional de mecanización agraria 16—18 de abril de 1969 Zaragoza (España). Zaragoza FIMA. 1. 1969 přeruš. str. obr. tab. 2. 1969 přeruš. str., obr. tab. (Zemědělskomechanizační konference mezinárodní — 3. (1969) — Zaragoza — sborníky)

C 21.120

Colloque d'information scientifique. Les tendances de la mécanisation agricole. Namur, le février 1971. Gembloux, CRA 1971. 158 s. obr. (Namur — konference o mechanizaci zemědělství — 1971 — sborníky)

Půdní odpory působící na radlici a na zborcenou plochu odhrnovačky lze zjistit pouze experimentálně.

U pluhů se konalo již dříve velké množství tahových zkoušek a zjišťoval se celkový tažný odpor pluhu při orbě. Konstrukční zvládnutí pluhu však nezbytně vyžaduje dokonalou znalost sil a momentů působících při orbě na plužní těleso. Proto bylo přikročeno k vývoji měřicích pluhů.

První měřicí pluh zkonstruoval prof. Kühne (1930). Principy jiných konstrukcí měřicích pluhů uvádí Getzlaff (1951) a Mewes (1959). U nás byl vyvinut měřicí pluh ve VÚZS v Chodově (1959).

Autor této statě zkonstruoval dva měřicí pluchy. První je uveden v práci Wannera (1968). Druhý vznikl tak, že u přívěsného pluhu P3-30-PA bylo uvolněno poslední plužní těleso a jeho slupice byla upevněna do měřicího rámu (obr. 1), který byl pomocí šesti tenzometrických čidel zavěšen na rám pluhu.

Závěsná siloměrná čidla tvoří uložení ve třech bodech *A*, *B*, *C*. Bod *A* značí bod měřicího rámu uložený nepohyblivě (tzv. upnutý bod *u*), bod *B* představuje bod vázaný ke křivce (bod *k*) a bod *C* je bodem vázaným k ploše (bod *p*).

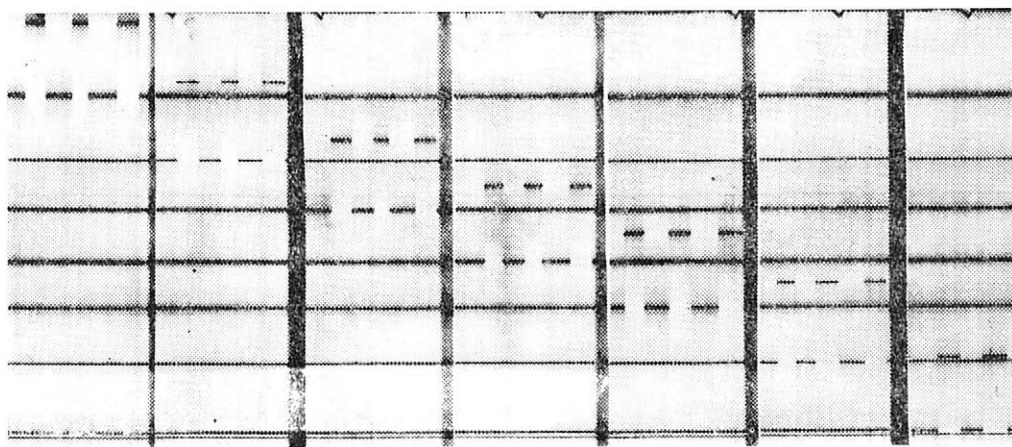
Nepohyblivý bod tělesa *A* je konstrukčně vytvořen dvěma vodorovnými siloměrnými čidly 4, 5 (obr. 1) a svislým čidlem 1, jejichž osy se protínají v jednom bodě pevné objímky vytvořené měřicím rámem. Bod *B* je průsečíkem os svislého čidla (prutu) 2 a vodorovného prutu 6. Plošná podpora je nahrazena prutovou podporou (čidlem) 3.

Se zřetelem k vazbové závislosti $i = 6 - m = 6 - 6 = 0$ vyplývá, že těleso je nepohyblivé (počet stupňů volnosti $i = 0$), poněvadž je uloženo na $m = 6$ prutových podporách.

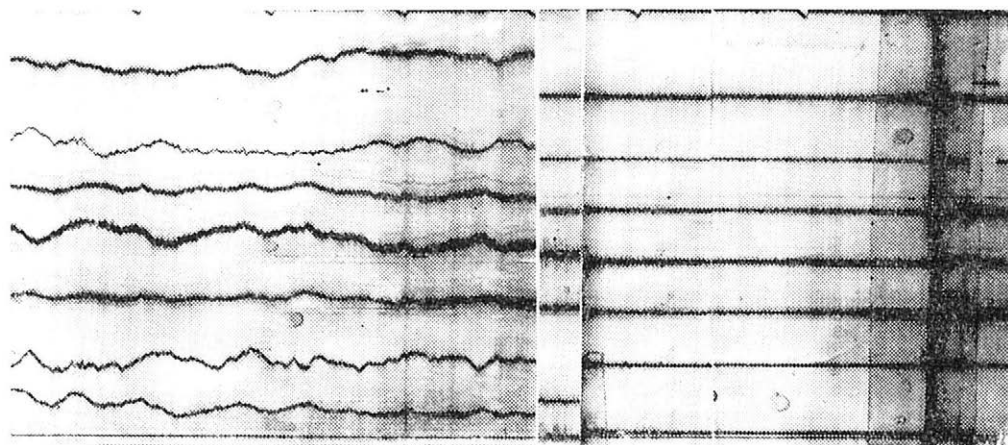
Teoretickým základem měření byl předpoklad, že půdní odpory, jakožto obecná prostorová soustava sil, jsou v rovnováze se šesti reakčními silami S_i (pro $i = 1 \div 6$), které vznikají v šesti prutových závěsech. Proto změření akčních sil P_1 až P_6 v těchto závěsech udává účinek prostorové soustavy sil na plužní těleso.

Měřicí zařízení se skládalo z měřicího pluhu a měřicího vozu. Při orbě pojížděl pluh, tažený traktorem, souběžně s měřicím vozem. Síly v závěsných čidlech byly měřeny pomocí elektrických odporových snímačů deformace, tj. tenzometricky. Čtyři tenzometrické pásky každého čidla byly zapojeny do Wheatstonova mostu. Vždy dvě tenzometrická čidla byla připojena ke dvěma kanálům tenzometrického zesilovače. Snímané průběhy zatížení se vedly do smyček osmikanálového oscilografu. Tenzometrická čidla měřicího pluhu byla spojena speciálními kabely s tenzometrickými můstky, umístěnými v měřicím voze.

Konstrukční provedení čidel, jejich cejchování a statistické vyhodnocení grafických záznamů uvádí Wanner (1968).



2. Záznam měření



3. Záznam měření

Průběh terénního měření. Měřicí trať byla vždy 20 m dlouhá. Před projetím osmi měřených tratí byly ustaveny měřicí přístroje na nulovou hodnotu a po projetí uvedených tratí bylo kontrolováno, jak se hodnoty vracejí k původní nule. Nulovalo se při zdviženém pluhu, kdy na čidle působí pouze tíhové síly měřicího rámu s plužním tělesem.

Na obr. 2 a 3 je uvedena dokumentární fotografie záznamů přístrojů jednoho zvoleného měření. Poněvadž filmový pás záznamů je velmi dlouhý, byl sestříhán. Na obr. 2 jsou zapsány nulové čáry a cejchovní záznamy amplitud jednotlivých smyček čidel č. 1 až 6. Sedmá nulová čára patří záznamu tahové síly celého pluhu. Na obr. 3 jsou sestřižena čtyři pole filmového záznamu. Z prvního pole — cejchy čidel (obr. 3) — je uveden cejch čidla č. 6. Ve druhém poli jsou vyznačeny základní nulové čáry. Ve třetím poli je zachycen okamžitý silový vztah při spuštění pluhu na dno brázdy. Tím jsou určeny reakce půdy. Ve čtvrtém poli je nakreslen průběh půdních odporů během orby.

Vodorovná čidla 5 a 6 měří půdní odpory působící proti směru pohybu pluhu, čidlo 4 udává boční tlaky na pluh, kolmé na stěnu brázdy, svislá čidla 1 a 2 jsou tažena a svislé čidlo 3 je stlačováno. Čidlo 7 měří tahový odpor celého pluhu.

CHARAKTER A VYHODNOCENÍ GRAFICKÝCH ZÁZNAMŮ

Naměřené veličiny jsou stacionárními náhodnými veličinami. Zaznamenaný proces probíhá během času přibližně homogenně, tj. jeho realizace nabývají hodnot, které kolísají kolem určitých úrovní, přičemž charakter tohoto kolísání je nezávislý na čase. Proto lze charakteristiky zakreslených funkcí zjistit jejich statistickým zpracováním.

Za reprezentativní soubor šestnácti měření bylo zvoleno měření č. 3. Nejprve byla provedena klasifikace, tj. rozdělení jednotlivých variant do tříd (Wanner 1968). Grafickým obrazem rozložení četnosti každého grafického záznamu je histogram a frekvenční polygon (Wanner 1968). Součtovou metodou (ČSN 01 0250, Zpráva VÚZT Řepy 1959, 1961, Wanner 1968) byly vždy vypočteny tyto parametry: vážený aritmetický průměr, směrodatná odchylka, koeficient šikmosti, činitel plochosti (exces) a střední chyba střední hodnoty.

Hodnoty vážených aritmetických průměrů jednotlivých čidel jsou:

$$\bar{x}_1 = 168,00 \text{ kp}; \quad \bar{x}_2 = -14,87 \text{ kp}; \quad \bar{x}_3 = -163,41 \text{ kp};$$

$$\bar{x}_4 = -74,77 \text{ kp}; \quad \bar{x}_5 = 268,85 \text{ kp}; \quad \bar{x}_6 = 29,28 \text{ kp};$$

$$\bar{x}_7 = 1602,57 \text{ kp}.$$

Hodnoty reakcí po dosednutí pluhu na dno brázdy:

$$R_1 = -23,014 \text{ kp}; \quad R_2 = -84,59 \text{ kp}; \quad R_3 = -75,24 \text{ kp}.$$

VÝPOČET SIL PŮSOBÍCÍCH V JEDNOTLIVÝCH ČIDLECH PŘI ORBĚ NA PLUŽNÍ TĚLESO

Údaje vodorovných čidel nejsou svislými reakcemi ovlivněny, proto platí (obr. 1):

$$P_4 = \bar{x}_4 = -74,77 \text{ kp}; \quad P_5 = \bar{x}_5 = +268 \text{ kp}; \quad P_6 = \bar{x}_6 = +29,28 \text{ kp}.$$

Svislá čidla 1 a 2 jsou tažena. Po dosednutí plužních těles se objeví na příslušných miliampérmetrech tlaková napětí. Při následující orbě se ručičky miliampérmetru vracejí k absolutní nule, čili čidla jsou opět tažena. Proto

$$P_1 = \bar{x}_1 + R_1 = +168,00 \text{ kp} + 23,014 \text{ kp} = +191,014 \text{ kp};$$

$$P_2 = \bar{x}_2 + R_2 = -14,87 \text{ kp} + 84,590 \text{ kp} = +69,720 \text{ kp}.$$

U čidla č. 3 se odvrací při další orbě po dosednutí plužních těles na dno brázdy ručička miliampérmetru dále od nulové polohy, a proto se tlak v čidle během orby měří od základní nulové polohy, tj.

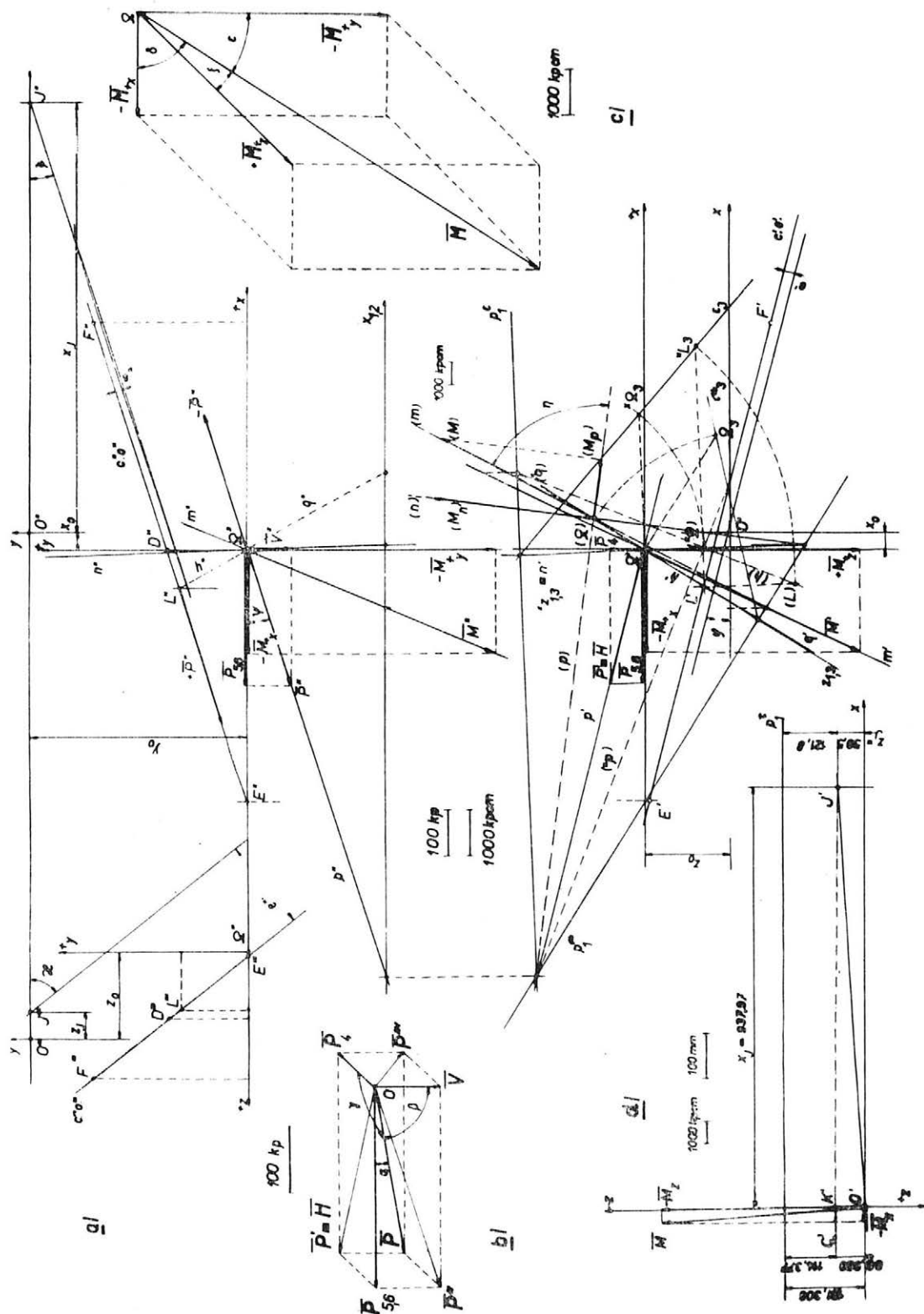
$$P_3 = \bar{x}_3 = 163,41 \text{ kp}$$

Prostorovou soustavu sil $\bar{P}_1$ až $\bar{P}_6$ lze nahradit buď vektorovými kříži, nebo výslednicí sil ve zvoleném působišti a silovou dvojicí, nebo statickým šroubem. Početní řešení je doprovázeno obr. 1 a 4. Grafické řešení ve třech průmětnách je na obr. 4a.

NAHRAZENÍ PROSTOROVÉ SOUSTAVY SIL $\bar{P}_1$ AŽ $\bar{P}_6$ VEKTOROVÝMI KŘÍŽI

Poněvadž tři závěsy jsou svislé a tři vodorovné, tvoří první vektorový kříž výslednice vodorovných sil $\bar{H} \equiv \bar{P}'$ a výslednice svislých sil $\bar{V}$ (obr. 1a).

a) Vodorovné síly $\bar{P}_6$, $\bar{P}_5$ a $\bar{P}_4$ leží ve vodorovné rovině σ (obr. 1a), proložené půso-



4. Výpočet sil působících v jednotlivých čidlech na pluzní těleso při orbě

bišti těchto sil. Za nárysnou rovinu byla volena rovina τ , proložená čelní stěnou hlavního nosníku měřicího rámu. Od její půdorysné stopy jsou také kótovány všechny vodorovné rozměry.

Nejprve byly složeny síly $\bar{P}_5$ a $\bar{P}_6$ ve výslednici $\bar{P}_{5,6} = 298,13$ kp, jejíž nositelka je vzdálena od roviny τ o 181,306 mm. Nositelka výsledné síly $\bar{P}_{5,6}$ protíná nositelku síly $\bar{P}_4$ v bodě O , který volíme za počátek souřadnicové soustavy $O(x, y, z)$.

Geometrickým součtem vektoru $\bar{P}_{5,6}$ s vektorem $\bar{P}_4$ dostáváme vektor $\bar{H} = \bar{P}$ (obr. 1a), který je výslednicí vodorovných složek půdních odporů. Jeho velikost

$$H = \sqrt{P_{5,6}^2 + P_4^2} = 307,24 \text{ kp}$$

Nositelka vektoru $\bar{H}$ svírá s osou x úhel q , který vypočítáme ze vztahu

$$\operatorname{tg} q = \frac{P_4}{P_{5,6}} = 0,250796; \rightarrow q = 14^\circ 4' 44''$$

b) U svislých sil složíme nejprve rovnoběžné síly téhož smyslu $\bar{P}_1$ a $\bar{P}_2$ v dílčí výslednici $\bar{P}_{1,2} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 = +260,734$ kp, jejíž nositelka prochází bodem K . (V půdoryse je bod K' vzdálen od půdorysné stopy roviny τ o 114,377 mm, obr. 4d).

Výslednice $\bar{V}$ svislých sil opačného smyslu $+\bar{P}_{1,2}$ a $-\bar{P}_3$ protíná spojnicí bodů C' a K' vně obou sil v bodě J' (půdorys obr. 1a). Přitom souřadnice bodu J' jsou $x_{J'} = 937,97$ mm a $z_{J'} = 59,5$ mm (obr. 4a).

Velikost výslednice $V = +P_{1,2} - P_3 = +96,324$ kp.

NAHRAZENÍ PROSTOROVÉ SOUSTAVY SIL $\bar{P}_1$ AŽ $\bar{P}_6$ V POČÁTKU O

Z půdorysu O' odvodíme nárys O'' a bokorys O''' (obr. 1). Podobně z půdorysu J' odvodíme nárys J'' a bokorys J''' .

Do bodu O posuneme z bodu J' vektor $\bar{V}$ připojením silové dvojice. Hodnota momentu této dvojice podle obr. 4d je

$$M_d = -V \cdot O'J' = -96,324 \text{ kp} \cdot 93,97 \text{ cm} = -90\,516 \text{ kpcm}$$

Vypočteme ještě momenty M_x a M_y síly V , působící v bodě J' vzhledem k osám x a z (obr. 4d):

$$M_x = -V \cdot z_{J'} = -96,324 \text{ kp} \cdot 5,95006 \text{ cm} = -573,1856 \text{ kpcm}$$

$$M_z = -V_{xy} = -96,324 \text{ kp} \cdot 93,797 \text{ cm} = -9034,90 \text{ kpcm}$$

Pomocí vypočtených momentů M_x a M_z zkontrolujeme vypočtenou velikost dvojicového momentu M_d , poněvadž platí, že

$$M_d = \sqrt{M_x^2 + M_z^2} = 90\,530 \text{ kpcm}$$

Nárysem výslednice je vektor $\bar{P}''$ (obr. 1a), pro který platí vztah

$$\bar{P}'' = \bar{P}_{5,6} + \bar{V}$$

Jeho velikost

$$P'' = \sqrt{P_{5,6}^2 + V^2} = 313,18 \text{ kp}$$

Nositelka vektoru $\bar{P}''$ svírá s horizontálou úhel ψ , jehož

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{V''}{P_{5,6}} = \frac{96,324 \text{ kp}}{298,13 \text{ kp}} = 0,32308; \rightarrow \psi = 17^\circ 54' 16''$$

Bokorysem výslednice je vektor $\bar{P}'''$ (obr. 1a), jehož velikost

$$P''' = \sqrt{P_4^2 + V^2} = 121,92 \text{ kp}$$

Nositelka této výslednice svírá s horizontálou úhel $\varkappa$, jehož

$$\operatorname{tg} \varkappa = \frac{V}{P_4} = \frac{96,324 \text{ kp}}{74,77 \text{ kp}} = 1,28830; \rightarrow \varkappa = 52^\circ 10' 53''$$

Na obr. 1b je nakreslen nárys a půdorys složkové čáry.

Velikost výsledného půdního odporu v bodě O (obr. 4a) vypočítáme ze vztahu

$$P = \sqrt{P_{5,6}^2 + P_4^2 + V^2} = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{307,24^2 + 96,324^2} = 322,10 \text{ kp}$$

Jeho směrové kosiny a jim odpovídající úhly (obr. 4a) vypočítáme pomocí vzorců

$$\cos \alpha = \frac{P_{5,6}}{P} = \frac{298,13 \text{ kp}}{322,10 \text{ kp}} = -0,92560; \quad |\alpha| = 22^\circ 14' 40''$$

$$\cos \beta = \frac{V}{P} = \frac{96,324 \text{ kp}}{322,10 \text{ kp}} = -0,29905; \quad |\beta| = 72^\circ 35' 57''$$

$$\cos \gamma = \frac{P_4}{P} = \frac{74,77 \text{ kp}}{322,10 \text{ kp}} = -0,2318; \quad |\gamma| = 76^\circ 34' 50''$$

Správnost se zkontroluje pomocí poučky, že

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

$$0,9256^2 + 0,29905^2 + 0,2318^2 = 0,999997 \approx 1$$

NAHRAZENÍ PROSTOROVÉ SOUSTAVY SIL P_1 AŽ P_6

V BODĚ Ω ZVOLENĚM V HROTU RADLICE

Souřadnicové osy $+x, +y, +z$ soustavy Ω ($+x, +y, +z$) jsou rovnoběžné s odpovídajícími osami první soustavy O (x, y, z). Souřadnice bodu Ω v soustavě O (x, y, z) jsou $x_o = -40 \text{ mm}$, $y_o = 475 \text{ mm}$, $z_o = -191,306 \text{ mm}$. Do počátku Ω posuneme vektor $\bar{P}$ s jeho složkami $\bar{P}_x, \bar{P}_y, \bar{P}_z$ za připojení příslušných silových dvojic. Jejich velikosti jsou:

$$M_{+x} = -M_x + V_o z_o - P_4 \cdot y_o = -573,1856 \text{ kpcm} + 96,324 \text{ kp} \cdot$$

$$\cdot 19,1306 \text{ cm} - 74,77 \text{ kp} \cdot 47,5 \text{ cm} = -2282,061 \text{ kpcm}$$

$$M_{+y} = +P_4 \cdot x_o - P_{5,6} \cdot z_o = +74,77 \text{ kp} \cdot 4 \text{ cm} - 298,13 \text{ kp} \cdot$$

$$\cdot 19,1306 \text{ cm} = -5404,72 \text{ cm}$$

$$M_{+z} = -V(x_I + x_o) + P_{5,6} \cdot y_o = -M_z - V \cdot x_o + P_{5,6} \cdot y_o =$$

$$= -9034,9022 \text{ kpcm} - 96,324 \text{ kp} \cdot 4 \text{ cm} + 298,13 \text{ kp} \cdot 47,5 \text{ cm} =$$

$$= +4740,9768 \text{ kpcm}$$

Předchozí výpočet momentů prostorové soustavy sil $\bar{P}_1$ až $\bar{P}_6$ k souřadnicovým osám soustavy $\Omega (+x, +y, +z)$ lze pro kontrolu vypočítat také pomocí zobrazení celé silové soustavy ve třech průmětnách (obr. 1a).

$$M_{+y} = -H \cdot r' = -307,24 \text{ kp} \cdot 17,586 \text{ cm} = -5403,40 \text{ kpcm}$$

$$M_{+z} = +P'' \cdot r'' = 313,18 \text{ kp} \cdot 15,133 \text{ cm} = +4739,75 \text{ kpcm}$$

$$M_{+x} = +P''' \cdot r''' = -121,92 \text{ kp} \cdot 18,713 \text{ cm} = -2281,40 \text{ kpcm}$$

Velikosti ramen r' , r'' , r''' byly vypočítány analyticky.

Velikost výslednicového vektoru $\bar{M}$ se vypočítá ze vztahu

$$M = \sqrt{M_{+x}^2 + M_{+y}^2 + M_{+z}^2} = 7541 \text{ kpcm}$$

Na obrázku 4c je v kosohlé projekci zobrazen výslednicový vektor $\bar{M}$ se svými složkami do os souřadnicové soustavy $\Omega (+x, +y, +z)$. Směrové kosiny a příslušné úhly δ , ε , ξ jsou:

$$\cos \delta = \frac{-M_{+x}}{M} = \frac{-2281,4 \text{ kpcm}}{7541 \text{ kpcm}} = -0,30254; |\delta| = 72^\circ 23' 2''$$

$$\cos \varepsilon = \frac{-M_{+y}}{M} = \frac{-5403,40 \text{ kpcm}}{7541 \text{ kpcm}} = -0,71653; |\varepsilon| = 44^\circ 13' 50''$$

$$\cos \xi = \frac{+M_{+z}}{M} = \frac{+4739,75 \text{ kpcm}}{7541 \text{ kpcm}} = +0,62853; |\xi| = 51^\circ 3' 28''$$

Na obrázku 4a je v průmětech nakresleno nahrazení obecné soustavy půdních odporů ve zvoleném počátku Ω (ostří radlice) výslednou silou $\bar{P}$ a dvojicovým vektorem $\bar{M}$.

Úhel η , který svírají vektory $\bar{P}$ a $\bar{M}$ vypočítáme ze vztahu

$$\begin{aligned} \cos \eta &= (\cos \alpha \cdot \cos \delta + \cos \beta \cdot \cos \varepsilon + \cos \gamma \cdot \cos \xi) = \\ &= [(-0,92560) \cdot (-0,30254) + (-0,29905) \cdot (-0,71653) + \\ &+ (0,2318) \cdot (+0,62853)] = +0,35858; \rightarrow \eta = 68^\circ 59' 10'' \end{aligned}$$

VÝSLEDNĚ NAHRAZENÍ PROSTOROVÉ SOUSTAVY STATICKÝM ŠROUBEM

a) Při grafickém řešení proložíme nejprve nositelkami p a m vektorů $\bar{P}$ a $\bar{M}$ rovinu μ a sklopíme ji do půdorysu pomocí třetí průmětny kolmé k půdorysně. Její půdorysná stopa je označena $z_{1,3}$. Sklopené přímky (p) a (m) svírají úhel $\eta = 68^\circ 59'$, čímž je potvrzena správnost výpočtu. Na sklopenou přímku (m) vyneseme v měřítku momentů $M = 7541 \text{ kpm}$. Vektor $\bar{M}$ rozložíme na dva vzájemně kolmé vektory. První vektor $(\bar{M}_p)$, zvaný zbytkový, spadá do přímky (p) , druhý $(\bar{M}_n)$ je k přímce (p) kolmý (obr. 4a). Velikosti vektorů jsou:

$$M_p = M \cdot \cos \eta = (7541 \text{ kpcm}) \cdot (+0,35858) = 2704,1 \text{ kpcm}$$

$$M_n = M \cdot \sin \eta = (7541 \text{ kpcm}) \cdot (\sin 68^\circ 59' 10'') = +7039,5 \text{ kpcm}$$

Normálovou složku $\bar{M}_n$ nahradíme dvojicí vektorů $(-\bar{P})$ a $(+\bar{P})$ stejně velkých, jako je výsledný půdní tlak $\bar{P}$. Tato dvojice leží v rovině ε položené počátkem Ω kolmo k nositelce vektoru $\bar{M}_n$. Rovina ε obsahuje také přímku p .

Rameno h dvojice $(-\bar{P}), (+\bar{P})$ vypočteme ze vztahu

$$M_n = P \cdot h$$

z čehož

$$h = \frac{M_n}{P} = \frac{7039,5 \text{ kpcm}}{322,10 \text{ kpcm}} = 21,855 \text{ cm}$$

Abychom přenesli délku h do roviny ε , použijeme znovu třetí průmětny, jejíž půdorysný průmět $z_{1,3}$ prochází bodem Ω' kolmo na p_1^e . Třetím obrazem roviny ε je přímka ε_3 , procházející bodem $\times\Omega_3$ a průsečíkem přímek n' a p_1^e .

Sklopíme bod $\times\Omega_3$ do půdorysny do bodu $(\times\Omega)$. Sklopená přímka $(\times p)$ je dána spojnici bodu $(\times\Omega)$ s incidentním bodem $p_1'' \times p_1^e$.

Bodem $(\times\Omega)$ vedeme kolmici $(\times q)$ na přímku $(\times p)$. Na přímku $(\times q)$ nanese úsečku $h = (\Omega L)$. Bod L promítneme na osu $x_{z_{1,3}}$ a tento průmět pootočíme do bodu $\times L_3$ na ε_3 .

Bod $\times L_3$ pak promítneme na přímku q' do bodu L' . Pak úsečka $L\Omega = h'$.

Nyní sestrojíme nárys q'' přímky q a z půdorysu L' odvodíme nárysný bod L'' . Kontrola správnosti tkví v tom, že y -ová souřadnice bodu L'' se musí rovnat y -ové souřadnici bodu $\times L_3$.

Z půdorysu a nárysu sestrojíme bokorys L''' bodu L .

Bodem L' rovnoběžně s nositelkou vektoru P' prochází půdorys centrální osy $c'.o'$.

Podobně bodem L'' prochází nárys centrální osy $c''.o''$, rovnoběžně s nositelkou vektoru $\bar{P}''$.

Bokorysným průmětem L''' prochází bokorys centrální čáry $c'''.o'''$ rovnoběžně s nositelkou $\bar{P}'''$.

b) Při početním řešení průměty centrální osy nalezneme nejrychleji podle Mewesovy věty:

Ve zvolené projekční rovině je nositelka výslednice průmětu sil, které nejsou k projekční rovině kolmé, posunuta vzhledem k centrální ose o délku e , která je dána součinem z poměru, zbytkového momentu M_p (jehož osa je rovnoběžná s centrální osou) a výslednice půdního odporu P a z poměru velikosti síly kolmé k projekční rovině a z průmětu výslednice půdního odporu do této roviny.

Pro půdorys, nárys a bokorys (obr. 1) platí:

$$e' = \frac{M_p}{P} \cdot \frac{P_y}{P'} = \frac{M_p}{P} \cdot \frac{V}{P'} \quad (1)$$

$$e'' = \frac{M_p}{P} \cdot \frac{P_z}{P''} = \frac{M_p}{P} \cdot \frac{P_4}{P''} \quad (2)$$

$$e''' = \frac{M_p}{P} \cdot \frac{P_x}{P'''} = \frac{M_p}{P} \cdot \frac{P_{5,6}}{P'''} \quad (3)$$

Všechny tři rovnice mají společný poměr

$$p = \frac{M_p}{P} ; \left(\text{cm} = \frac{\text{kpcm}}{\text{cm}} \right) \quad (4)$$

který se nazývá parametr statického šroubu. Jeho hodnota je

$$p = \frac{2704 \text{ kpcm}}{322,10 \text{ kp}} = 8,395 \text{ cm}$$

Pak

$$e' = 8,395 \text{ cm} \cdot \frac{96,324 \text{ kp}}{307,24 \text{ kp}} = 2,63 \text{ cm}$$

$$e'' = 8,395 \text{ cm} \cdot \frac{74,77 \text{ kp}}{313,18 \text{ kp}} = 2,00 \text{ cm}$$

$$e''' = 8,395 \text{ cm} \cdot \frac{298,13 \text{ kp}}{121,92 \text{ kp}} = 20,53 \text{ cm}$$

POČETNÍ URČENÍ SOUŘADNIC CENTRÁLNÍ OSY

Z uvedeného řešení je patrné, že půdorysný průmět L' bodu L neurčuje jednoznačně polohu centrální osy, poněvadž úloha je dvojnásobná. Proto je nejlépe určit souřadnice (x_c, y_c, z_c) jejích dvou bodů. Určíme je z rovnosti momentů původní a nové soustavy k souřadnicovým osám Ω ($+x, +y, +z$).

$$M_{+x} = y_c \cdot P_z - z_c \cdot P_y + M_{p,+x} \quad (5)$$

$$M_{+y} = z_c \cdot P_x - x_c \cdot P_z + M_{p,+y} \quad (6)$$

$$M_{+z} = x_c \cdot P_y - y_c \cdot P_x + M_{p,+z} \quad (7)$$

V předchozích rovnicích k pojům již známým přistupují nové:

$$M_{p,+x} = M_p \cdot \cos \alpha = p \cdot P_x \quad (8)$$

$$M_{p,+y} = M_p \cdot \cos \beta = p \cdot P_y \quad (9)$$

$$M_{p,+z} = M_p \cdot \cos \gamma = p \cdot P_z \quad (10)$$

Po dosazení dostáváme:

$$M_{p,+x} = 2704,10 \text{ kpcm} \cdot (-0,92560) = -2504 \text{ kpcm}$$

$$M_{p,+y} = 2704,10 \text{ kpcm} \cdot (-0,29905) = -808,65 \text{ kpcm}$$

$$M_{p,+z} = 2704,10 \text{ kpcm} \cdot (-0,2318) = -626,80 \text{ kpcm}$$

Na ukázkou uvedme výpočet souřadnic bodu D , jehož x_c volme rovnou nule. Z rovnice (6) vypočítáme souřadnici z_c .

$$-5403,40 \text{ kpcm} = z_c \cdot (-298,13 \text{ kp}) - 808,65 \text{ kpcm}$$

z čehož

$$z_c = +15,412 \text{ cm}$$

Pro $z_c = +15,412 \text{ cm}$ vypočítáme z rovnice (5) souřadnici y_c .

$$-2281,40 \text{ kpcm} = y_c \cdot (-74,77 \text{ kp}) - (+15,412 \text{ cm}) \cdot (-96,324 \text{ kp}) + (-2504 \text{ kpcm})$$

$$y_c = +16,878 \text{ cm}$$

Pak byly ještě vypočítány souřadnice bodu E pro zvolené $y_c = 0$ a bodu F pro zvolené $x_c = 50 \text{ cm}$.

Potom body D (0; 16,88; 15,42), E (-55,7; 0; 2,31), F (+50; 34,15; 27,95) proložíme centrální osu (obr. 4a).

Autor uvádí jednak schéma svého měřicího pluhu použitého k experimentálnímu měření půdních odporů při orbě, jednak teoretický základ měření. Síly v závěsných čidlech byly měřeny elektrickými odporovými snímači deformace, tj. tenzometricky. Byla navržena a vyzkoušena metodika měření. Naměřené hodnoty kolísají kolem určitých úrovní, přičemž charakter tohoto kolísání je nezávislý na čase, a proto lze charakteristiky zakreslených funkcí zjistit jejich statistickým zpracováním.

Podle zákonů technické mechaniky byly nahrazeny půdní odpory při orbě vektorovým křížem, výslednicí a výsledným momentem ve zvoleném bodě a výsledným nahrazením statickým šroubem.

L i t e r a t u r a

- GETZLAFF G., 1951, Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper. Grundlagen der Landtechnik, Verlag GMBH, Düsseldorf.
- HŮREK B., 1934, Zemědělské stroje I. Stroje a nářadí pro obdělávání půdy. SPN, učební texty VŠZ FM, Praha.
- KÜHNE G., 1930, Handbuch der Landmaschinentechnik. I. Band, J. Springer, Berlin.
- MEWES E., 1954, Darstellung räumlicher Kräftesysteme durch rechtwinklige Kraftkreuze. Ingenieur Archiv (S. 348-356), Band XXVIII, Sechstes (Schlüsse) Heft.
- MEWES E., 1959, Zusammensetzung der Kräfte an Schlepperpflügen. Landtechnische Forschung 9, Band 1 (S. 8-16), Braunschweig — Völkerode.
- SCHILLING E., 1962, Landmaschinen, 2. Band. Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung. Rodenkirchen bei Köln.
- SOUČEK Z., 1965, Podklady pro pevnostní výpočty radličných pluhů. Zem. technika.
- VORLÍČEK M., 1958, Zjišťování stejnorodosti betonu. Stavebnický časopis SAV VI. 3 — Bratislava.
- WANNER J., 1963, Mechanika I. díl. SPN, učební texty VŠZ Praha.
- WANNER J., 1968, Měření půdních odporů při orbě přívěsným pluhem. Sborník FM, SPN, Praha.
- WANNER J., 1969, Nahrazení půdních odporů při orbě přívěsným pluhem vektorovým křížem a přívěsným pluhem. Sborník FM, SPN Praha.
- WANNER J., 1969, Experimentální a teoretická studie nahrazení půdních odporů působících při orbě na plužní těleso. Sborník referátů na sjezdu kateder mechaniky, pružnosti a pevnosti v Ostravě v červnu 1969.
- , ČSN 01 0250 — Statistická kontrola jakosti, základní pojmy a definice.
- , 1959, Snižování tažného odporu pluhu. Závěrečná zpráva VÚZS Praha - Chodov.
- , 1959, Rozbor metod pro vyhodnocení naměřených výsledků registračními přístroji. Dílčí zpráva 471, VÚZT, Řepy.
- , 1961, Rozbor metod pro vyhodnocení naměřených výsledků registračními přístroji. Závěrečná zpráva 524, VÚZT Řepy.

Došlo dne 11. 11. 1971

Определение сопротивления почвы, действующего во время пахоты на корпус прицепного плуга

В работе приводятся с одной стороны схема измерительного плуга, предназначенного для экспериментального измерения сопротивлений почвы во время пахоты, а с другой стороны теоретическая основа измерения. Силы в подвешенных чувствительных элементах измерялись при помощи электрических адаптеров сопротивления для съемки деформации, т. е. тензометрически. Была предложена и испытана методика измерения. Намеряемые величины колеблются на определенном уровне, причем, характер этого колебания не зависит от времени, поэтому характеристики отмеченных на чертеже функций можно определить путем статистической обработки.

На основе законов технической механики была произведена замена сопротивлений почвы во время пахоты как векторной крестовиной, равнодействующей и равнодействующим моментом в избранной точке, так и последующей заменой статическим винтом.

Работа является вкладом в экспериментальное определение сопротивлений почвы во время пахоты отвалами разных видов и в механику плуга.

Determination of Soil Resistance Exerted on the Plough Body of the Trailed Plough in the Course of Operation

The paper presents a scheme of the measuring plough used for the experimental measurement of soil resistance encountered during ploughing; in addition there is a description of the theoretical grounds of the measurement. The forces in the trailed detecting elements were measured by means of electrical resistive sensors of deformation, i. e. by a tensometrical method. The method and procedure of measurement were designed and checked. The measured values show some rate of fluctuation about some levels, the nature of this fluctuation being independent of time: for this reason the characteristics of the entered functions can be determined through their statistical processing.

On the basis of the laws of technical mechanics, the soil resistances exerted during ploughing were replaced on the one hand by a vector cross, by a resultant force and resultant torque in a chosen point on the second hand; the resultant replacement by statical screw was also carried out.

The paper brings a contribution to the experimental determination of soil resistance exerted on various types of mouldboards in the course of their operation, and to the study of the mechanics of the plough.

Die Ermittlung von den beim Pflügen auf den Pflugkörper des Anhängepfluges wirkenden Bodenwiderständen

In der Arbeit wird einerseits das Schema des zur experimentellen Messung von Bodenwiderständen verwendeten Meßpfluges und andererseits die theoretische Grundlage der Messung angeführt. Die Kräfte in den Anhänge-Fühlern wurden mit Hilfe von elektrischen Widerstands-Abnehmern der Deformation, d. h. tensometrisch gemessen. Eine Messungsmethodik wurde vorgeschlagen und überprüft. Die gemessenen Werte schwanken um bestimmte Niveaus, wobei der Charakter dieser Schwankung von der Zeit unabhängig ist; aus diesem Grunde können die Charakteristiken eingezeichneter Funktionen durch statistische Bearbeitung derselben festgestellt werden.

Nach den Gesetzen der technischen Mechanik wurde der Ersatz von Bodenwiderständen beim Pflügen einerseits durch den Vektorkreuz, andererseits durch die Resultante und den resultierenden Moment im gewählten Punkt und schließlich der resultierende Ersatz durch statische Schraube vorgenommen.

Die Arbeit bildet einen Beitrag für experimentelle Feststellung von Bodenwiderständen beim Pflügen mit verschiedenen Streichblecharten und ist auch für die Mechanik des Pfluges von Wichtigkeit.

Adresa autora:

Prof. ing. Jan Wanner, CSc., Vysoká škola zemědělská, Praha - Suchbát

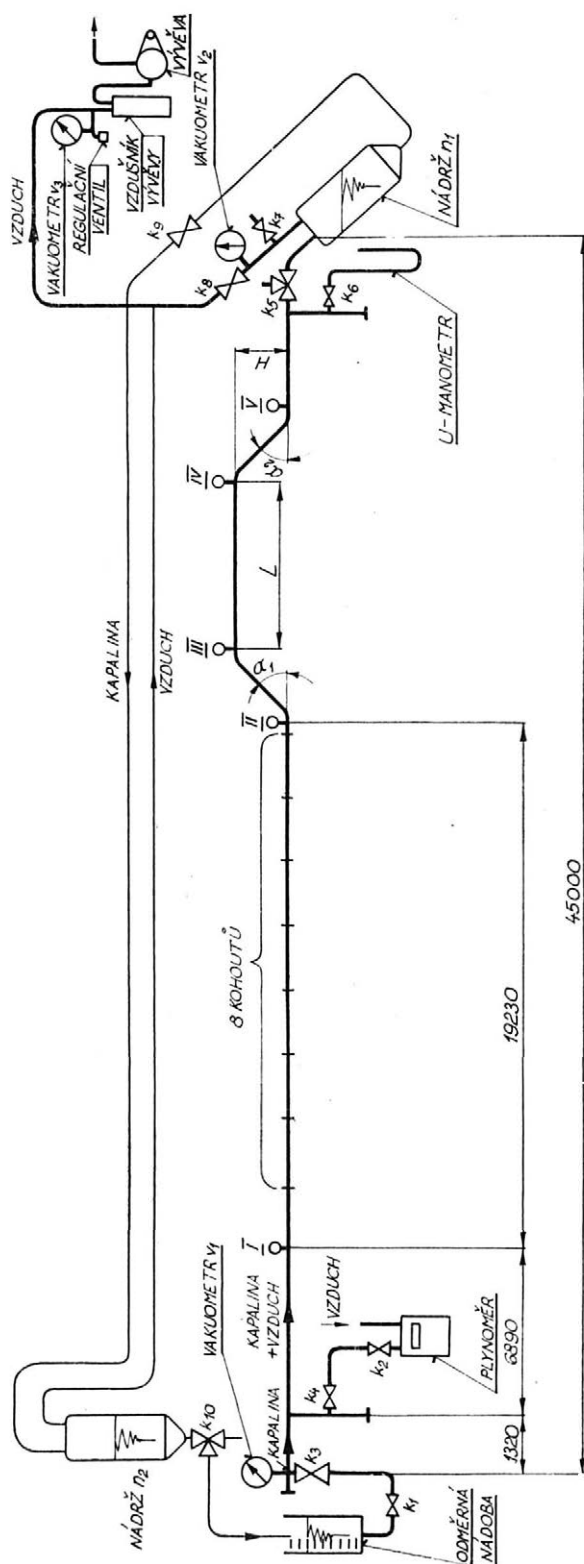
POPIS LABORATORNÍHO ZAŘÍZENÍ

Na rozdíl od předcházejících prací VÚZS, zabývajících se tímto problémem na konkrétní úplné sestavě potrubních dojicích strojů, je tato práce zaměřena na jednotlivé prvky samostatně, v řadě alternativ, ve snaze získat v laboratorních podmínkách obecně platné podklady.

Měřili jsme na laboratorním zařízení podle obr. 1. Silně vytažená část mezi snímači I a V představuje úsek skleněného mléčného potrubí se stoupačkou, do kterého je možno zavádět směs kapaliny (vody nebo mléka) a vzduchu v předem zvoleném průtočném množství. Průtok kapaliny se nastavuje škrcením kohoutem k_1 a určuje se z měření času (stopkami) a objemu (odměrnou nádobou). Přísávané množství vzduchu se nastavuje škrcením kohoutem k_2 a určuje se opět z měření času (stopkami) a objemu (plynoměrem). Kohouty k_3 a k_4 se zastavuje průtok, je-li měření ukončeno. Kohout k_5 slouží k uzavření a oddělení měřené části potrubí od podtlaku, což při uzavřených kohoutech k_3 a k_4 umožnilo snadnou kontrolu těsnosti instalací. Vakuometr v_1 nesměl vykazovat patrný pokles podtlaku. Během měření odtékala kapalina do nádrže n_1 (o objemu asi 200 l) a vzduch se odsával vývěvou.

Po sérii několika měření se kapalina z nádrže n_1 odsála do nádrže n_2 (po uzavření kohoutu k_8 a otevření kohoutu k_7 a k_9). Když byla vývěva zastavena, bylo možno kapalinu z nádrže n_2 vypouštět do odměrné nádoby. Použití těchto pomocných instalací (slabě vytaženo na obr. 1) zaručovalo poměrně konstantní teplotu kapaliny (v rozmezí 15 až 20 °C), odpovídající teplotě okolí a značně usnadnilo manipulaci s kapalinou. Použité laboratorní zařízení umožňovalo měřit tlakovou ztrátu vodorovného potrubí (mezi snímači podtlaku I a II) a stoupačky (mezi snímači II a V). Přitom vodorovné části potrubí před stoupačkou a za stoupačkou jsou umístěny ve stejné výšce. Potrubí mezi snímači III a IV je rovněž vodorovné. Způsob provedení instalací měřené části potrubí umožňoval měnit tvar stoupačky (výšku, délku a úhly sklonu šikmých větví). Vždy byla zachována poloha snímače II. Poloha ostatních snímačů se měnila podle tvaru stoupačky. Přitom byl snímač vždy co nejblíže ohybu tak, že vložka, v jejímž středu byl našroubován (o celkové délce 120 mm), byla připojena obvyklou spojkou na příslušné koleno. V tab. I je uveden přehled stoupaček, které byly během měření vystřídány.

Zkoumané potrubí bylo sestaveno ze skleněných trubek s vnitřním průměrem 25 mm o celkové délce 2350 mm. Byly spojovány normalizovanými spojkami, v principu shodnými se spojkami používanými při instalacích potrubí DZ-100. Ve vodorovné části potrubí bylo namontováno osm mléčných kohoutů (tzv. dvojzavěřů) obdobným způsobem, jako v pracovní části potrubí v kravíně. Ohyby stoupačky tvořila kolena se středními úhly ohnutí 42° (u tzv. základní úpravy) nebo 22°30', příp. 90°. Vlivem výrobních odchylek jednotlivých kolen a při splnění požadavku dokonalé těsnosti instalací vyšly úhly stoupající a klesající větve stoupačky v hodnotách uvedených v tab. I. Použitá kolena měla poloměr ohnutí 152 mm u kolen 42°, 310 mm u kolen 22°30', 74 mm u kolen 90°.



1. Schéma laboratorního modelu mléčného potrubí se snímači podtlaku, na kterém se dělaly experimentální práce

I. Přehled použitých stoupaček

Popis stoupačky	Výška H	Délka L (mezi sním. III a IV)	Úhel stoup. kles.		Rozvinutá délka l_s
	(mm)	(mm)	α_1	α_2	(mm)
Základní úprava $H = 1 \text{ m}$, $L = 4,1 \text{ m}$	985	4130	$43^\circ 40'$	43°	8025
Prodloužená zvýšená část stoupačky na $L = 10,2 \text{ m}$	970	10190	$43^\circ 30'$	$43^\circ 40'$	14045
Zkrácená zvýšená část stoupačky na $L = 2,5 \text{ m}$	965	2490	$43^\circ 40'$	$43^\circ 20'$	6355
Zkrácená zvýšená část stoupačky na $L = 1,1 \text{ m}$	985	1120	43°	44°	5015
Stoupačka zvýšena na $H = 1,5 \text{ m}$	1465	4105	42°	43°	9395
Stoupačka snížena na $H = 0,5 \text{ m}$	455	4090	$40^\circ 50'$	$41^\circ 10'$	6305
Stoupačka snížena na $H = 0,5 \text{ m}$ a zkrácena na $L = 0,6 \text{ m}$	460	630	$40^\circ 50'$	$41^\circ 50'$	2855
Stoupačka s koleny 90°	995	4210	90°	90°	7070
Stoupačka s koleny $22^\circ 30'$	990	4210	$23^\circ 50'$	$23^\circ 20'$	10195
Stoupačka sklopena do vodorovné polohy (původně zvýšená na $H = 1,5 \text{ m}$)	0	4105	0	0	9395
Stoupačka sklopena do vodorovné polohy (původně s koleny 90°)	0	0	0	0	7070
Stoupačka skloněna na $H = 1,1 \text{ m}$ (původně zvýšená na $H = 1,5 \text{ m}$)	1070	4105	29°	$30^\circ 50'$	9395

Byla použita vývěva RV-1000 s regulačním ventilem DA-100. Způsob měření, jak je uvedeno dále, zaručoval nezávislost výsledků na typu vývěvy a typu regulačního ventilu.

MĚŘENÉ VELICINY, MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A ZPŮSOB VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ

K výzkumným pracím se použilo nejmodernějších měřicích, registračních, výpočetních a vyhodnocovacích metod a prostředků. Jedním z cílů celé práce bylo provozně ověřit tyto nové metody a prostředky, důležité pro další rozvoj experimentálních prací VÚZS.

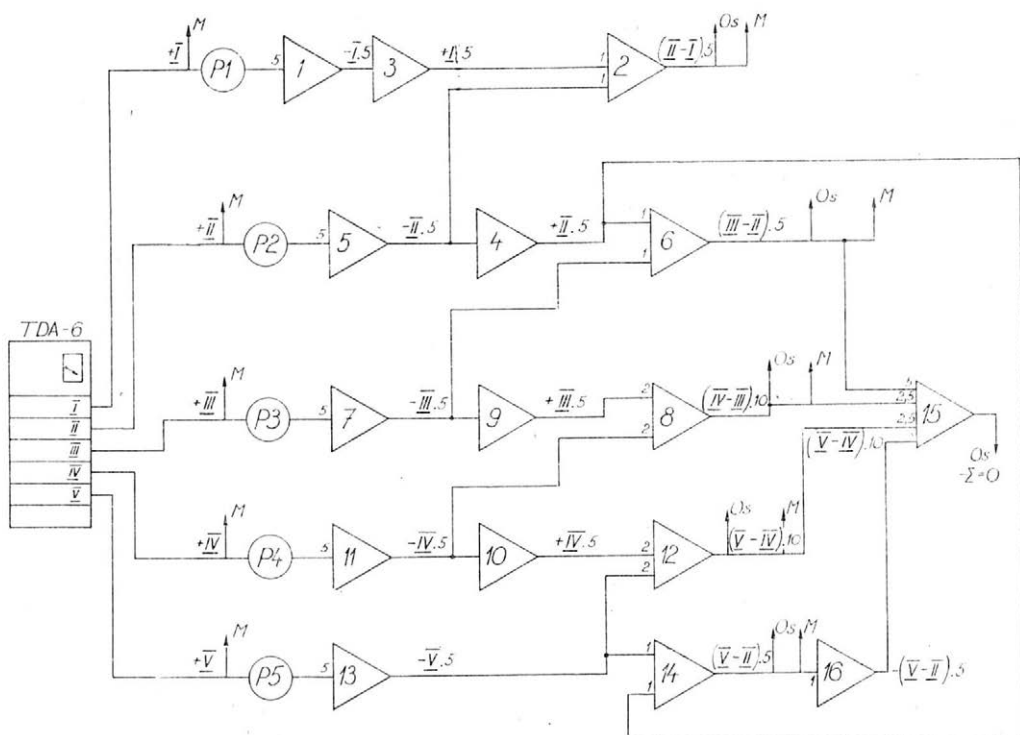
Základními měřeními veličinami jsou podtlaky v místech I až V (obr. 1). Podtlaky se měřily snímači podtlaku nosníčkového typu (zkonstruovaných ve VÚZS), jehož princip uvádí Souček (1965). Základním měřicím prvkem těchto snímačů jsou elektrické odporové tenzometry. Dynamické vlastnosti použitých snímačů převyšují požadavky plynoucí z frekvence změn měřených veličin. Rovněž vnitřní objem snímačů, v kterém působí tlakové prostředí, je minimální (činí 5 cm^3). Membrána je vzdálena od prostoru trubky 21 mm (ve svislém směru). Všechny snímače byly instalovány stejně, proto lze předpokládat určitou kompenzaci odchylek naměřených hodnot které by mohly vznikat.

Snímače k měření veličin I až V se připojily kabely k tenzometrickému zesilovači TDA-6 (výrobek n. p. Mikrotechna). Tento šestikanálový zesilovač má při rozvážení, odpovídajícím plné hodnotě rozsahu, napěťový výstup $\pm 1,5 \text{ V}$ při zátěžném odporu $\geq 10 \text{ k}\Omega$ a proudový výstup přibližně $\pm 5 \text{ mA}$ (závisí na odporu smyčky a nastaveném tlumicím odporu smyčky).

Kromě absolutních hodnot podtlaků I až V jsou důležité rozdíly podtlaků, tj. ztráty podtlaku, působené vodorovným úsekem potrubí (mezi snímači I a II) a stoupačkou (mezi snímači II a V), popřípadě jednotlivými díly stoupačky (mezi snímači II a III, III a IV, IV a V). Zjišťovat tyto rozdíly dodatečným odečtením změřených hodnot I až V je nevyhovující, neboť jejich rozdíly jsou poměrně malé (střední hodnoty rozdílů jsou zhruba o řád menší než veličiny I až V). Takový postup by zatížil získané hodnoty rozdílů značnými chybami. Použití snímačů, měřicích tlakové rozdíly přímo, nebylo rovněž možné, neboť ke snímači by bylo třeba připojit dlouhé přívody, které by způsobily nepřijatelné zhoršení dynamických vlastností.

Proto byl navržen nový způsob měření tlakových ztrát, využívající jednoúčelový analogový počítač, vyvinutý a vyrobený ve VÚZS (Novák 1970) ke zpracování naměřených hodnot a k matematickým operacím s veličinami během měření.

Rozdíly podtlaku byly vytvářeny jako rozdíly výstupního napětí jednotlivých kanálů zesilovače TDA-6, odpovídající veličinám I až V. Program na výpočet požadovaných rozdílů je uveden na obr. 2 způsobem, který je obvyklý v analogové technice (Valenta a kol. 1966). Potenciometry P1 až P5 umožňují nastavit citlivosti snímačů a kanálů zesilovače na přesně stejnou hodnotu. Na výstupech operačních zesilovačů 1, 5, 7, 11, 13 jsou pětinašobky původních hodnot. Na výstupech sumátorů 2, 6, 8, 12, 14 jsou pak násobky hledaných rozdílů II—I, III—II, IV—III, V—IV a V—II. Na výstupu zesilovače 15 je kontrolní součet $\Sigma = 25 \text{ (III—II)} + 25 \text{ (IV—III)} + 25$

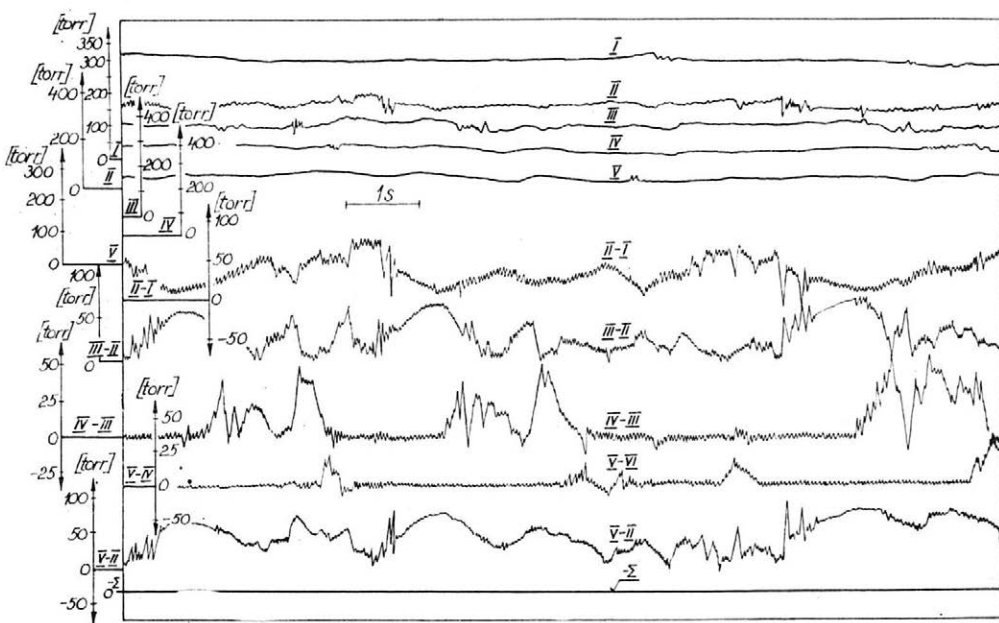


2. Programové schéma na výpočet rozdílu podtlaku II—I, III—II, IV—III, V—IV, V—II a kontrolního součtu (Σ) pomocí jednoúčelového analogového počítače

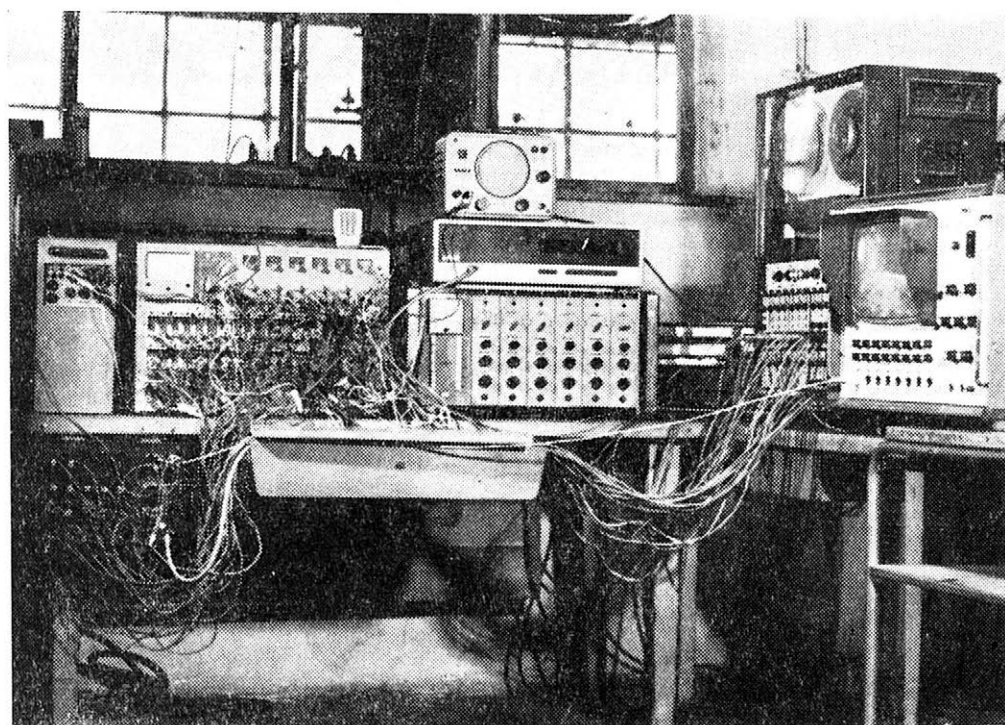
$(V-IV) + 25 (II-V)$, který při správné funkci rozhodující části programu musí být vždy roven nule.

Takto sestavený program umožňoval velmi přesné vyrovnání citlivosti veličin I až V a cejchování počítaných rozdílů. Při seřizování citlivosti se za základní brala veličina II. Před vlastním měřením se zesilovače TDA-6 přesně vyvážily na nulový výstup, který se kontroloval na číslicovém voltmetru NR-30. Na výstupech sumátorů 2, 6, 8, 12, 14 byly hodnoty blízké nule. Zjištěné odchylky od nuly se odečetly na voltmetru počítačového zařízení (při nejmenším rozsahu). Pak se potrubí připojilo k podtlaku (přibližně 400 torr) při zavřených kohoutech k_3 a k_4 (obr. 1). Potenciometrem P_1, P_3, P_4, P_5 se postupně nastavily výchylky zesilovačů 2, 6, 8, 12, 14 na stejnou hodnotu (blízkou nule), jakou vykazovaly při nulovém podtlaku. Přitom potenciometr P_2 veličiny II, považované za základní, byl na konstantní hodnotě 0,9. To umožnilo vyloučit také chyby použitých počítačových prvků a dosáhnout dostatečné přesnosti hledaných rozdílů. Cejchovní hodnoty veličin I až V se získaly zavedením konstantního podtlaku (přibližně 400 torr) do celého potrubí, který se přesně změřil rtuťovým U manometrem připojeným ke kohoutu k_6 . Cejchovní hodnoty rozdílů II-I, III-II, IV-III, V-II se získaly zavedením konstantního podtlaku (přibližně 100 torr) do celého potrubí, který se opět přesně změřil. Rozvážení, odpovídající tomuto podtlaku, se dosáhlo odpojením kladných vstupů na sumátorech. Tedy +I na sumátoru 2, +II na sumátoru 6, +III na sumátoru 8, +IV na sumátoru 12 a +II na sumátoru 14.

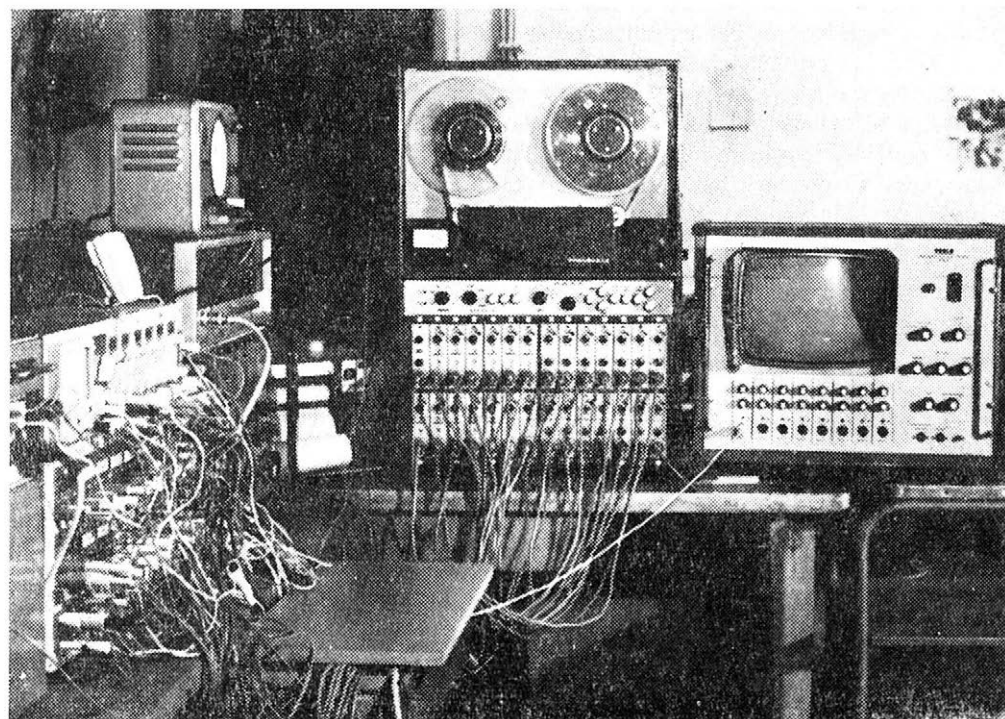
Průběh všech veličin, tj. I až V, III-II, IV-III, V-IV, V-II a Σ (obr. 3) se současně registroval na fotografický papír pomocí přímo píšícího smyčkového oscilografu Galvomat (výrobek americké firmy CEC) se smyčkami 7-320, které vykazují daleko vyšší frekvenční rozsah, než je pro daný účel třeba. Smyčky registrující základní veličiny se připojily na proudový výstup jednotlivých kanálů zesilovače TDA-6. Ostatní veličiny, které se získávají výpočtem na počítačím zařízení a jsou dány napětím, se ke smyčkám připojují přes obvod, který zajišťuje ochranu smyčky před přetížením a minimální zatěžovací odpor operačního zesilovače při požadované hodnotě proudu. Počítačové zařízení je opatřeno celkem pěti paralelními obvody k připojení smyček. Šestý obvod bylo třeba sestavit zvlášť. Oscilografické záznamy se pořizovaly při rychlosti posuvu 2 cm/s. Sloužily také jako názorný prostředek kontroly funkce měřících zařízení v průběhu měření. Vyhodnocovaly se maximální, minimální a střední hodnoty. Přitom některé z vyhodnocovaných hodnot sloužily ke kontrole výsledků získaných z vyhodnocení magnetického záznamu, který se dělal paralelně. K tomuto účelu se používal čtrnáctikanálový měřicí magnetofon TESLA EMM 140. Na stopy 2 až 13 se při použití záznamu s frekvenční modulací (FM) registrovaly veličiny I až V, II-I, III-II, IV-III, V-IV, V-II. Na další dvě stopy se zaznamenávala nulová hladina



3. Ukázka kopie části oscilografického záznamu měřených veličin při podmínkách odpovídajících základní úpravě



5. Celkový pohled na použité měřicí přístroje



6. Pohled na měřicí magnetofon a pomaloběžný osciloskop

(na relé LUN 2621.41 se přivedlo napětí 10 V, tím se spojily příslušné dva kontakty dálkového ovládání oscilografu). Současně se napětí 10 V připojí na vstup jednoho z kanálů magnetofonu a spojí se dva kontakty vytvářející značku VZLÚ. Při $\Delta t = 36$ s se zastaví posuv papíru smyčkového oscilografu (rozpojí se kontakty dalšího diferenčního relé — přes které bylo dosud trvale zapojeno napětí 10 V, připojované při spouštění oscilografu). Současně se odpojí napětí 10 V (značka), připojené na vstup magnetofonu. Při $\Delta t = 41$ s se zastaví magnetofon (rozpojí se kontakty 1, 2 dálkového ovládání magnetofonu). Po skončení záznamu je třeba zastavit integraci (ručně — zhruba do 10 s) a přepnout integrátor přepínačem do počátečních podmínek (přitom se samočinně počítacem rozpojí kontakty 2, 6 a 6, 10 a zapojí kontakty 1, 2 dálkového ovládání magnetofonu, což je podmínkou možnosti ručního ovládání magnetofonu v době mezi měřeními). Bylo nutné zajistit i ruční ovládání kontaktu 1, 2 zvláštním vypínačem. Tímto opatřením se magnetofon chránil před náhodným spuštěním (např. při uvádění do chodu nebo při přepínání integrátoru z polohy zastavení do polohy počátečních podmínek). Tento celý proces proběhl automaticky také při každém cejchování podtlakem 400 torr, 100 torr a při každé registraci nulových hladin, pouze uvedené časové intervaly Δt byly poloviční (jednoduchou změnou konstanty na vstupu integrátoru), aby se hospodárněji využila délka pásky.

Blokové schéma celé měřicí soustavy je na obr. 4. Pohled na uspořádání a zapojení použitých měřicích přístrojů je na obr. 5 a 6. Přes značnou složitost této soupravy bylo celé měření úspěšné, i když bylo nutné překonávat obtíže plynoucí z nedostatečné provozní spolehlivosti některých prvků (především měřícího magnetofonu a částečně také číslicového voltmetru). Po odstranění těchto nedostatků by byla možná obdobná měření i v polních podmínkách.

PODMÍNKY MĚŘENÍ

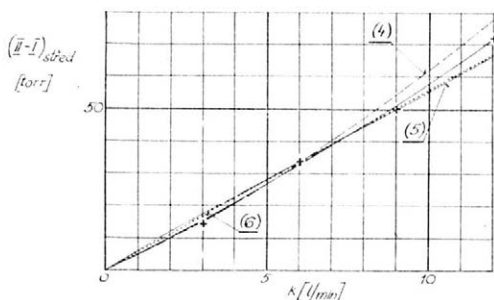
Vycházelo se z tzv. základní úpravy, při které byl nastaven průtok vody $k = 6,0 \pm \pm 0,1$ l/min, průtok vzduchu $v_a = 30 \pm \pm 1$ l/min, tvar stoupačky podle tab. I a ostatní rozměry a uspořádání laboratorního zařízení podle obr. 1. Tyto parametry jsou (po zkušenostech z prací na skutečných potrubních strojích) zhruba ve středu oblastí jejich kolísání a mají největší význam při praktickém použití. Některé z parametrů jsme zvolili také s ohledem na možnosti praktické realizace v laboratoři VÚZS (pouze tehdy, když výsledky měření bylo možné jednoznačně aplikovat i na parametr skutečných potrubních strojů). Hodnoty průtočných množství v_a a k jsme volili vyšší, než by odpovídalo dnešnímu průměrnému provozu, což je výhodné pro zemědělství a také proto, že interpolace výsledků je výhodnější než extrapolace. Zkoumal se vliv různých pracovních podmínek (daných např. různými stupni v_a a k) nebo konstrukčních uspořádání ve většině případů tak, že se měnil pouze jeden parametr a ostatní zůstávaly konstantní. U výsledků jsou pak uváděny vždy jen hodnoty parametrů, které se liší od základní úpravy. Pouze výjimečně se zkoumalo několik vlivů současně.

VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ A JEJICH HODNOCENÍ

ZTRÁTA PODTLAKU, PŮSOBENÁ VODOROVNÝM ÚSEKEM POTRUBÍ PŘI PRŮTOKU SMĚSI KAPALINY A VZDUCHU

Při použití potrubních strojů protéká skleněným potrubím směs mléka a vzduchu. Z výsledků výzkumu, které uvádí Kostěrin (1949), plyne, že při proudění směsi kapaliny a vzduchu ve vodorovné trubce jsou možné čtyři kvalitativně odlišné pracovní režimy. Jejich vznik souvisí s rychlostí pohybu, poměrem obou složek a průměrem potrubí. Podle Součka (1968) se zjistilo, že v potrubí dojicích strojů, kde je nutné používat stoupačky, se převážně uplatňuje tzv. bublinatý stav proudění. Při tomto režimu se v potrubí pohybují sloupce mléka vystřídáné vzduchovými mezerami, což je dostatečně známé z provozu potrubních dojicích strojů. K zpřesnění podkladů pro projektování dojicích strojů se zkoumal vliv průtočného množství vody (k) a vzduchu (v_a) na střední

7. Závislost střední tlakové ztráty vodorovného úseku potrubí na průtočném množství vody (k). Plná křivka a křížky odpovídají středním naměřeným hodnotám. Další tři křivky odpovídají teoretickým závislostem podle vzorů (4), (5), (6)



hodnotu tlakové ztráty. Výsledky jsou uvedeny na obr. 7 a 8. Abychom mohli rozšířit platnost získaných výsledků, je účelné jejich zobecnění, platné alespoň pro rozsah nejčastěji se vyskytujících parametrů dojíčích strojů. Při proudění kapaliny hladkým potrubím se pro Reynoldsovo číslo $2300 \leq Re \leq 10^2$ (což odpovídá rozsahu rychlostí a průměru potrubí dojíčích strojů) počítají tlakové ztráty, tj. hydraulický odpor ze známých vztahů

$$\Delta p = \frac{\lambda \cdot \rho}{2 \cdot 9,81} \cdot \frac{l}{d} c^2 \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

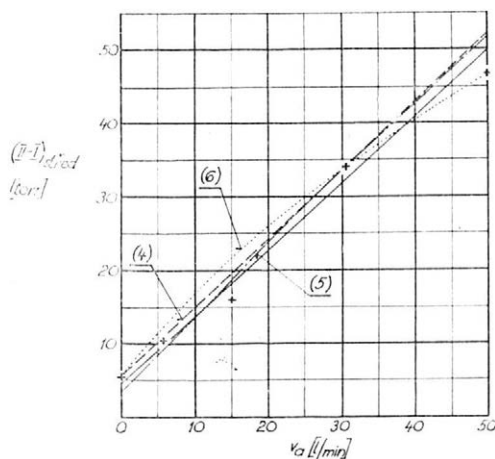
kde: $Re = \frac{c \cdot d}{\nu}$

- ρ — měrná hmotnost kapaliny
- l — délka potrubí
- d — průměr potrubí
- c — rychlost kapaliny
- ν — kinematická viskozita kapaliny

Pro bublinatý stav proudění můžeme s dostatečnou přesností používat rovnice (1), jestliže za l dosadíme myšlený součet elementárních sloupců mléka

$$l = \sum l_i = l_k \frac{k}{k + v}$$

kde: l_k — konstrukční délka potrubí



8. Závislost střední tlakové ztráty vodorovného úseku potrubí na průtočném množství vzduchu při atmosférickém tlaku (v_a). Plná křivka a křížky odpovídají středním naměřeným hodnotám. Další tři křivky odpovídají teoretickým závislostem podle vzorců (4), (5), (6)

l_k dále nahradíme l a za c dosadíme

$$c = \frac{k + v}{f} = \frac{k + v}{\pi d^2} \cdot 4$$

Po dosazení platí

$$\Delta p = \frac{\lambda \cdot \varrho}{2 \cdot 9,81 \cdot d} \cdot l \cdot \frac{k}{k + v} \cdot \frac{(k + v)^2 \cdot 16}{\pi^2 d^4} = \frac{\lambda \cdot \varrho \cdot 16}{2 \cdot 9,81 \cdot \pi^2 \cdot d^5} \cdot l \cdot k(k + v)$$

Rovnici pro výpočet ztráty podtlaku můžeme tedy napsat ve tvaru

$$\Delta p = K_p \cdot l \cdot k(k + v) \quad (2)$$

kde: Δp — tlaková ztráta (torr)

l — konstrukční délka potrubí (m)

k — průtočné množství kapaliny (l/min)

v — průtočné množství vzduchu při podtlaku, který je v potrubí (l/min)

K_p — konstanta vyjadřující skutečné poměry

Převod na uvedené rozměry je zahrnut v konstantě K_p . Pro praktický výpočet stačí dosazovat v při střední hodnotě podtlaku $P_{stř}$ v předpokládaném úseku potrubí. Pak při znalosti v_a , tj. průtočného množství vzduchu při atmosférickém tlaku, má rovnice (2) pro přibližný výpočet tvar

$$\Delta p = K_p l \cdot k \left(k + v_a \frac{735}{735 - p_{stř}} \right) \quad (3)$$

Koeficient K_p můžeme počítat z uvedených výrazů pro různé hodnoty rychlostí. Tak např. pro rychlost základní úpravy $K_p = 0,003634$. Z výsledků měření pro základní úpravu ($\Delta p = 33,8$ torr, $k = 6$ l/min, $v_a = 30,3$) vyjde $K_p = 0,004878$. Tedy teoretická hodnota K_p je o 25 % nižší než skutečná, což je zdůvodnitelné také tím, že se jedná o proudění v potrubí s mléčnými kohouty a příslušnými spoji, zvyšujícími hydraulický odpor. Obecnost vzorce lze rozšířit tím, že se zavede vliv Reynoldsova čísla obdobně jako u základních teoretických vzorců (1). Pak koeficient $K_p = 0,005829/\sqrt{c}$. Zde c je skutečná rychlost počítaná z výrazu

$$c = \frac{k + v}{f} = \frac{k + v_a \frac{735}{735 - p_{stř}}}{29,452}$$

Touto úpravou se zlepši přiléhavost výpočtu k výsledkům měření se značnými změnami v_a . Určitého zlepšení v tomto smyslu lze dosáhnout velmi jednoduchým vzorcem (fyzikálně méně podloženým), vycházejícím z tvaru (2), kde za K_p je dosazena hodnota 0,00807 a za v se dosazuje v_a . Tento vzorec má závažnější nedostatky při kontrole vlivu k (zvláště u vyšších hodnot — obr. 7). K výpočtu ztráty podtlaku v potrubí o průměru 25 mm jsou tedy k dispozici tři vzorce s následujícími vlastnostmi

$$\Delta p = 0,00807 \cdot l \cdot k(k + v_a) \quad (4)$$

(velmi jednoduchý vzorec, postačující při jednodušších úvahách v rozsahu k nepřesahujícím příliš hodnotu základní úpravy)

$$\Delta p = 0,00488 \cdot l \cdot k \left(k + v_a \frac{735}{735 - p_{stř}} \right) \quad (5)$$

(o něco složitější vzorec, platný v širším rozsahu k než (4), ale méně přesný při velkých hodnotách v_a)

$$\Delta p = \frac{0,00583}{\sqrt[4]{c}} \cdot l \cdot k \left(k + v_a \frac{735}{735 - p_{stř}} \right) \quad (6)$$

(nejméně složitější vzorec vykazující v průměru nejmenší odchylky od experimentálních výsledků v širším rozsahu kombinovaných parametrů)

U vzorce (5) a (6) výraz

$$v_a = \frac{735}{735 - p_{stř}} = v$$

odpovídá přibližnému přepočtu objemu vzduchu při atmosférickém tlaku na expandovaný objem při podtlaku $p_{stř}$. Pokud je znám expandovaný objem, dosazuje se do vzorců přímo, bez přepočtu. Pro srovnání uvedených tří vzorců (tab. II) počítejme tlakovou ztrátu potrubí 50 m při $k = 6,0$ l/min a v_a takovém, aby rychlost směsi c se měnila přibližně v rozmezí 1 až 2 m/s, což je typický případ poměrů československých potrubních strojů. Výpočtem vycházejí hodnoty spíše o něco vyšší než měřením, což dává určitou rezervu při praktické aplikaci vzorců. Pokud by se tato odchylka zjišťovala systematicky i při dalších aplikacích, je možné úměrně snížit hodnoty konstant vzorců (4), (5), (6) při zachování jejich skladby.

II. Srovnání tlakové ztráty vodorovného potrubí 50 m počítané podle vzorce (4), (5), (6)

c (m/s)	Δp (torr)			
	(4)	(5)	(6)	naměřeno*)
1,1	50,9	48,6	56,4	47
2,0	87,8	87,8	87,8	83

*) hodnoty odečtené na křivce proložené středem naměřených hodnot

Experimentální výsledky této práce zhruba souhlasí s dříve zjišťovanými hodnotami (Souček 1968) přímo na instalacích DZ-100. Menší odchylky plynou z toho, že dřívější hodnoty se zjišťovaly pouze z rozdílu absolutních hodnot podtlaků. Výsledky uváděné v této práci jsou značně přesnější. Výpočtem se kontroloval také okrajový případ, kdy $k = 12$ l/min a $v_a = 50$ l/min. Nejlépe vyhovuje podle dřívějšího předpokladu vzorec (6), ze kterého se vypočetla hodnota 86,6 torr, zatímco měřením se zjistilo 85 torr, což je velmi dobrá shoda. Použitím vzorce (4) se vypočetlo 115,4 torr a ze vzorce (5) vyšlo 94,0 torr.

Pokusili jsme se srovnat výsledky podle vzorce (6) s výsledky uvedenými Achmedovou (1968). I když její interpretace výsledků není zcela jednoznačná, je shoda těchto výsledků se vzorcem (5) v střední oblasti hodnot v_a a k dobrá. V extrémních kombinacích jsou odchylky větší, ale ještě přijatelné. Vzorec (6) udává výsledky v průměru o 18 % vyšší než uvádí Achmedova (1968). Pro srovnání byly zkoumány také tlakové ztráty potrubí při průtoku mléka. Vycházíme-li ze vzorců (1), je poměr tlakových ztrát mléka a vody dán výrazem

$$\frac{\Delta p_m}{\Delta p_v} = \frac{\lambda_m}{\lambda_v} = \sqrt[4]{\frac{Re_v}{Re_m}} = \sqrt[4]{\frac{v_m}{v_v}} \quad (7)$$

III. Poměry pro různé teploty

$\frac{\Delta p_{m20}}{\Delta p_{v20}}$	$\frac{\Delta p_{m30}}{\Delta p_{v30}}$	$\frac{\Delta p_{m30}}{\Delta p_{v20}}$	$\frac{\Delta p_{m30}}{\Delta p_{v15}}$	$\frac{\Delta p_{m30}}{\Delta p_{v10}}$	$\frac{\Delta p_{m20}}{\Delta p_{v30}}$
1,148	1,127	1,068	1,043	1	1,075

Kinematická viskozita kapalin je funkcí teploty. Předpokládejme, že průměrná teplota mléka v potrubí je 30 °C. Použitím hodnot ν pro plnotučné mléko před úpravou a pro vodu lze podle Baranovského (1969) vypočítat poměry (7) pro různé teploty (tab. III).

Je zřejmé, že při průtoku mléka je při teplotě 20 °C ztráta podtlaku o 15 % větší než při použití vody. S rostoucí teplotou rozdíl klesá. Dále z těchto výpočtů plyne, že při výzkumných pracích je náhrada teplého mléka studenou vodou (z hlediska tlakových ztrát) vyhovující. Tento způsob vyhovuje lépe než použití studeného mléka.

Z měření při průtoku mléka, jehož teplota byla přibližně 18 °C, se zjistilo, že tlaková ztráta činí za stejných podmínek jako při základní úpravě 39,1 torr (při použití vody se zjistilo $\Delta p = 33,8$ torr). Tedy hydraulický odpor mléka byl o 15,7 % vyšší než u vody, což se velmi dobře shoduje s teoretickými výsledky. Pro výpočty ztrát podtlaku ve vodorovném potrubí při průtoku mléka za normálních provozních podmínek můžeme použít vzorců (4), (5), (6), pouze je třeba příslušné hodnoty zvětšit o 7 %.

Kromě střední hodnoty je důležitá i časová proměnnost ztráty podtlaku v potrubí (obr. 13). Lze ji charakterizovat pomocí směrodatné odchylky σ a extrémů (maximálních a minimálních hodnot) veličiny II—I. Pro základní úpravu, u které střední ztráta podtlaku činí 33,8 torr, je průměrná (průměr ze čtyř měření) směrodatná odchylka 11,6 torr (zjištěno na počítači MEDA) a průměrná maximální (resp. minimální) hodnota 85 torr (resp. —17 torr). Krajiní maximální (resp. minimální) hodnota činila 105 torr (resp. —45 torr). Při postupném zaplňování potrubí při měření trvajícím 50 s (ze zcela prázdného potrubí až do stavu odpovídajícího základní úpravě) se zjistily maximální tlakové ztráty II—I zhruba stejné jako při ustáleném stavu. Krajiní hodnoty špiček, které jsou velmi krátkodobé, nemají vážný význam, neboť se neprojeví na podtlaku u dojnice. Přesto je výhodné, když kolísání ztrát podtlaku, jak je charakterizuje např. směrodatná odchylka, je co nejmenší. Při měření s mlékem se zjistilo $\sigma = 11,7$, tedy téměř stejné jako při průtoku vody. Stoupající průtočné množství vody (k) zvyšuje σ poměrně málo. Výrazně se liší pouze stav, kdy $k = 0$ a $k > 0$. Vliv průtočného množství vzduchu (v_a) je plynulejší a výraznější. Při $v_a = 0$ se zjistilo $\sigma = 3,8$ torr a při $v_a = 50,3$ bylo $\sigma = 19,1$ torr. Rovněž použití stoupačky ovlivňuje kolísání tlakové ztráty v předcházejícím vodorovném úseku potrubí. Bez stoupačky bylo $\sigma = 6,4$ torr. Zvýšením stoupačky z výšky základní úpravy na $H = 1,5$ m již σ nestouplo. Zajímavý je i vliv délky potrubí na σ . Nepřímo je možné jej posuzovat ze σ_{IV-III} zjištěné při různé délce zvýšené části L v porovnání se σ základní úpravy. Z tohoto srovnání plyne, že v oblasti délek potrubí od 4 do 20 m je směrodatná odchylka σ téměř stejná. Přes tento výsledek, který svědčí o určité nezávislosti kolísání ztráty podtlaku na délce potrubí, nelze jednoznačně tvrdit, že hodnoty σ výše uváděné (zjištěné na úseku potrubí délky 19,2 m) lze považovat za absolutní výsledky obecně charakterizující proměnnost tlakové ztráty. Spíše je účelné je chápat jako srovnávací kritérium.

ZTRÁTA PODTLAKU PŮSOBENÁ STOUPAČKOU

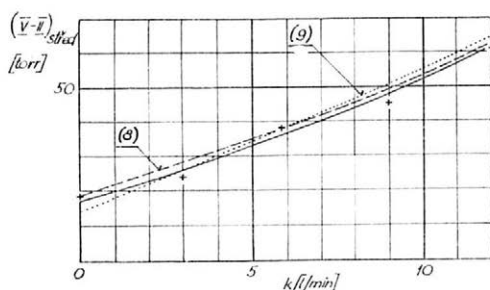
Ještě výrazněji než při proudění směsi kapaliny a vzduchu ve vodorovném úseku potrubí není průtok takovéto směsi potrubím ve tvaru stoupačky (obr. 1 a tab. I) čistě teoretickým způsobem zpracovatelný. Z těchto důvodů jsou nejprve uvedeny výsledky

měření střední hodnoty ztráty podtlaku působené stoupačkou. Přitom z hlediska posouzení stoupačky je účelné počítat s její stoupající i klesající větví, včetně vodorovné zvýšené části dohromady. Tedy pod ztrátou podtlaku působenou stoupačkou se dále rozumí veličina V—II. Tato celková ztráta se skládá ze složek tak, jak je vyjadřují např. také veličiny III—II, IV—III a V—IV. Pro základní úpravu je uvedena celková ztráta podtlaku a její složky v tabulce IV.

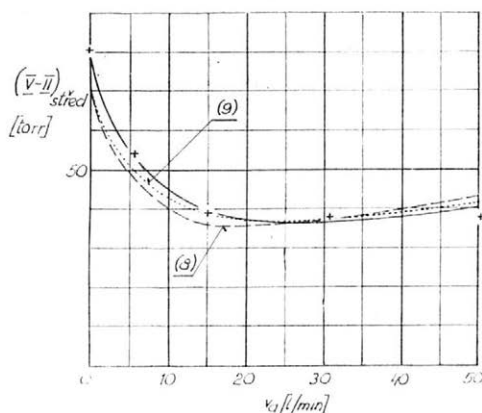
IV. Celková ztráta podtlaků a její složky

V—II	III—II	IV—III	V—IV
37,8	29,6	6,8	1,4

Je zřejmé, že největší podíl na celkové ztrátě má složka III—II, což je ztráta na stoupající větví stoupačky. Je dána především ztrátou plynoucí ze statické výšky sloupce směsí proudící stoupající větví. Uplatňuje se také hydraulický odpor při průchodu sloupce kapaliny stoupačkou. Navíc je zde určitá složka hydraulického odporu i v době, kdy stoupající větví proudí pouze vzduch (mezi sloupci kapaliny); plyne z přítomnosti malého zbytku kapaliny, bránícího proudění vzduchu a trvale vytvářejícího typické čerění ve spodní části stoupačky. Tento jev nezaniká ani tehdy, když přestane kapalina proudit (tedy při $k = 0$). Přestane se však uplatňovat, když $v = 0$. Ve stoupačce dochází zřejmě také k určitému menšímu zpomalení průtoku při překonávání stoupající větve. Svědčí o tom to, že hydraulický odpor IV—III je zhruba o 6 % vyšší, než by odpovídalo lineární redukci hodnot II—I, plynoucí z příslušného poměru délek obou úseků. Toto zvýšení pravděpodobně odpovídá opětnému zrychlování průtoku sloupců kapaliny. Uvedený rozbor však není jednoznačný, neboť pozorované jevy se směšují s celkovým zrychlováním sloupců kapaliny; to plyne z expanze vzduchu, vznikající v důsledku narůstání podtlaku po délce potrubí, jehož důsledky byly v části o ztrátě podtlaku, působené vodorovným úsekem potrubí, zahrnuty do tlakové ztráty přímého úseku potrubí. Praktický význam těchto jevů však není rozhodující. Totéž platí o vlivu klesající větve stoupačky. Za určitých podmínek dochází k částečně obdobnému jevu jako u násosky (nejedná se přesně o násosku, jejímž základním znakem je to, že má výtokový otvor níže než sací), což zlepšuje podtlakové poměry. K plnému a účinnému uplatnění tohoto jevu lze těžko



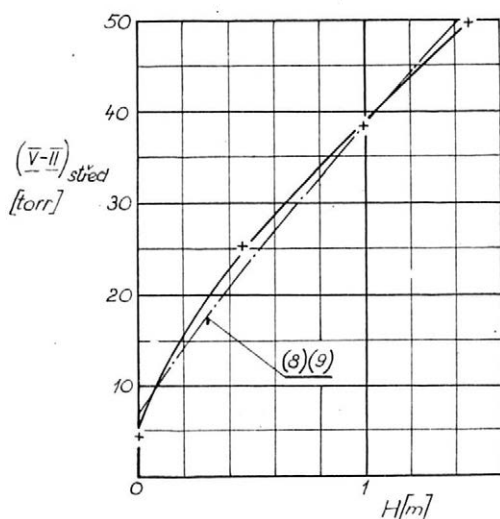
9. Závislost celkové střední ztráty podtlaku působené stoupačkou na průtočném množství vody (k). Plná křivka a křížky odpovídají středním naměřeným hodnotám. Další dvě křivky odpovídají teoretickým závislostem podle vzorce (8) a (9)



10. Závislost celkové střední ztráty podtlaku působené stoupačkou na průtočném množství vzduchu (v_a). Plná křivka a křížky odpovídají středním naměřeným hodnotám. Další dvě křivky odpovídají teoretickým závislostem podle vzorce (8) a (9)

prakticky zajišťovat podmínky. Pouze ve výjimečných případech v rozsahu metodikou vystřídání kombinací parametrů se zjistily záporné střední hodnoty $V-IV$, což je znakem zlepšení podtlakových poměrů působením klesající větve stoupačky.

Základní experimentální podklady, ukazující vliv průtočného množství vody a vzduchu na ztrátu podtlaku při překonávání stoupačky, jsou uvedeny na obr. 9 a 10. V obr. 9 se za hodnotu při $k = 0$ vzala střední hodnota $III-II$ z úseku, kdy stoupačkou neprocházely sloupce kapaliny při nízkém středním průtočném množství ($k = 3$ l/min). Z obr. 9 je zřejmé, že ztráta podtlaku na stoupačce s průtočným množstvím kapaliny stoupá podle přímkové závislosti, neprocházející počátkem. Takže např. zvětšením k na dvojnásobek stoupne $(V-II)_{střed}$ z 38 torr na 61 torr. Kvalitativně odlišný je vliv průtočného množství vzduchu v_a . Se stoupajícím v_a klesá ztráta plynoucí ze statické výšky sloupců kapaliny, která je za běžných podmínek rozhodující. Je tedy účelné — z hlediska nízkých ztrát podtlaku na stoupačce — aby v potrubí proudilo určité minimální množství vzduchu. Za daných podmínek to je zhruba $v_a = 15$ l/min, které zde zaručuje rychlost směsi $c = 1,2$ m/s. Za provozních poměrů např. stroje DZ-100 je toto minimální množství vzduchu zaručeno přísaváním na dojících soupravách. Rychlost c bývá při použití plného počtu souprav spíše o něco vyšší. Tedy poměrně vyhovující ztráta na stoupačce je prakticky zajištěna již při dosažení spodní hranice doporučeného rozmezí přísávaného množství vzduchu na soupravě, které podle Součka (1969) činí 3 l/min (při atmosférickém tlaku). Jak plyne ze statí o ztrátě podtlaku působené vodorovným úsekem potrubí, je s ohledem na nízké ztráty podtlaku zvyšování přísávaného množství vzduchu nevýhodné. Stoupajícím v_a roste rychlost pohybu sloupců ve stoupačce, tedy hydraulický odpor. Závislost $(V-II)_{střed} = f(v_a)$ má zřejmě minimum, za kterým je zvyšování přísávaného množství vzduchu nevýhodné. Podle dále uvedených teoretických závislostí činí v_a při $k = 6$ l/min pro minimální $(V-II)_{střed}$ asi 20 l/min.



11. Závislost celkové střední ztráty podtlaku působené stoupačkou na výšce stoupačky (H). Plná křivka a křížky odpovídají středním naměřeným hodnotám. Čárkovaná křivka odpovídá teoretickým závislostem podle vzorce (8) a (9)

Na obr. 11 je uveden vliv výšky stoupačky. Celková ztráta s výškou H roste podle závislosti neprocházející počátkem. Pro $H = 0$ je $(V-II)_{střed}$ rovno pouze hydraulickému odporu potrubí vytvářejícího stoupačku. Přitom výsledky na obr. 11 odpovídají poměrům při měření, kdy délka potrubí vytvářejícího stoupačku snižováním stoupačky klesala (přibližovaly se také snímače II a V) ve vodorovném směru. Pro $H = 0$ je za $(V-II)_{střed}$ považován pouze hydraulický odpor úseku potrubí mezi snímači III a IV, vzdálenými 4,1 m. Je vynesena hodnota $(IV-III)_{střed}$, zjištěná při měření se stoupačkou sklopenou do vodorovné polohy (původní zvýšená s $H = 1,5$ m).

Výsledky měření na stoupačkách, uvedené na obr. 9 až 11, je účelné zobecnit alespoň pro rozsah parametrů důležitých při projektování instalací dojících strojů. S ohledem na to, co bylo uvedeno výše, je vhodné použít vzorec pro výpočet celkové střední ztráty podtlaku stoupačky $(V-II)_{střed}$ ve tvaru

$$\Delta p = \frac{H}{13,6} \left(\frac{K_s v_a \frac{735}{735 - p_{sti}}}{k + v_a \frac{735}{735 - p_{sti}}} + \frac{k \cdot \varrho}{k + v_a \frac{735}{735 - p_{sti}}} \right) + 0,00807 \cdot k \cdot l_s (k + v_a) \quad (8)$$

První část vzorce vyjadřuje vliv výšky stoupačky o výšce H . První část výrazu v závorce respektuje popsáný jev, související s čerpením zbytku kapaliny ve stoupačce. Druhá část v závorce vyjadřuje vliv statické výšky sloupce kapaliny. Objem v_a je přepočítáván uvedeným způsobem na expandovaný objem při středním podtlaku na stoupačce $(p_{stř})$. ρ je měrná hmotnost kapaliny. K_s je koeficient zjištěný experimentálně. Druhá část vzorce vyjadřuje normální hydraulický odpor během průchodu sloupce kapaliny stoupačkou. Při výpočtu této složky se vychází ze vzorce (4). Tedy l_s zde značí celkovou délku potrubí vytvářejícího stoupačku.

Z výsledků měření pro základní úpravu ($\Delta p = 37,8$ torr) vyjde $K_s = 264,85$. Pro výpočet tlakové ztráty stoupačky je možné použít i jednodušší vzorec, vycházející tvarem z rovnice (8), ale počítající místo s expandovaným objemem vzduchu přímo s objemem při atmosférickém tlaku. Srovnáním se základní úpravou byla i pro tento vzorec vypočtena obdoba koeficientu K_s . Pak dostáváme

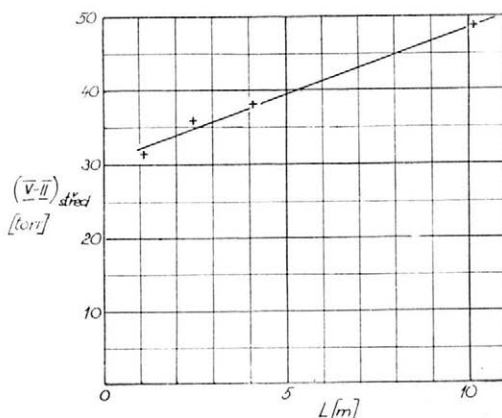
$$\Delta p = \frac{H}{13,6} \left(\frac{203,08 \cdot v_a}{k + v_a} + \frac{k \cdot \rho}{k + v_a} \right) + 0,00807k l_s (k + v_a) \quad (9)$$

Z porovnání experimentálních a teoretických výsledků podle vzorců (8) a (9) na obr. 9, 10, 11 je zřejmé, že vzorce (8) a (9) vyhovujícím způsobem vyjadřují vliv průtočného množství vzduchu, kapaliny i výšky stoupačky. Z výsledků plyne, že jednodušší vzorec nevykazuje horší, ale spíše lepší výsledky (obr. 10). Tento závěr však nelze zobecňovat. Výpočtem se kontroloval také okrajový případ, kdy $k = 12$ l/min a $v_a = 50$ l/min. Podle obou vzorců vyšlo $\Delta p = 74,0$ torr, zatímco měřením se zjistila hodnota 76,0 torr, což je vyhovující shoda. Dále se kontrolovala shoda výpočtů s měřením u nízké a krátké stoupačky ($H = 0,46$ m, $L = 0,63$ m) při průtoku k a v_a , odpovídajícím základní úpravě. Podle obou vzorců vyšla hodnota 16,3 torr. Měřením se zjistilo 18,3 torr, což je opět vyhovující shoda. Dále se kontrolovala shoda teoretických a experimentálních výsledků pro případ krátké zvýšené části stoupačky ($L = 1,1$ m) a snížené přísávání vzduchu ($v_a = 15,8$) při k odpovídajícím základní úpravě. Měřením se zjistilo 34,9 torr a výpočtem podle vzorce (8) 33,6 torr a podle vzorce (9) 36,2 torr, což opět vyhovuje. Měřením se zjišťovala také závislost ztráty podtlaku na délce zvýšené části stoupačky (L). Výsledky jsou uvedeny na obr. 12. Teoretická závislost dokonale souhlasí s křivkou proloženou středem oblastí bodů zjištěných experimentálně.

Z výsledků měření je dále možné porovnat ztrátu podtlaku stoupačky při průtoku mléka vůči hodnotám zjištěným při měření s vodou. Za podmínek srovnatelných se základní úpravou se při použití mléka zjistila ztráta podtlaku 40,3 torr. Zatímco při základní úpravě (s vodou) bylo $(V - II)_{střed} = 37,8$ torr, výpočtem se pro teplotu mléka 20°C ($\rho = 1029$ kg/m³) při respektování hydraulického odporu mléka při dané teplotě zjistilo 40,1 torr ze vzorce (8) a 40,2 torr ze vzorce (9). Výpočtem pro teplotu mléka 30°C vychází ztráta podtlaku 39,0 torr ze vzorce (8) a 39,1 torr z vzorce (9).

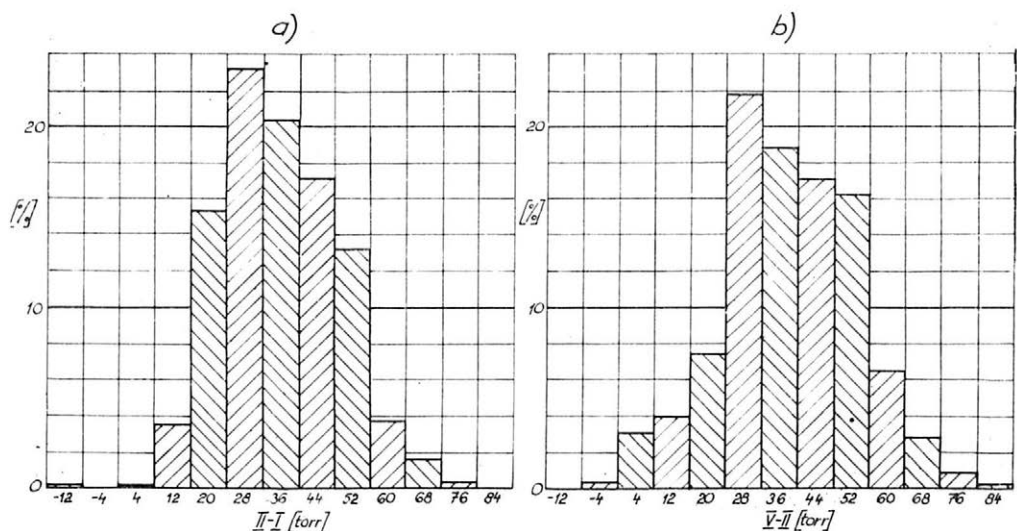
Z těchto výsledků plyne, že oba vzorce dávají dobrou shodu se skutečností. Rozdíl 1 torr mezi případem s vodou (20°C) a provozními podmínkami, ve kterých stoupačkou protéká mléko s teplotou asi 30°C , je z praktického hlediska zcela zanedbatelný. Z tohoto hlediska je možné dosavadní experimentální praxi, při které se nahrazuje mléko vodou, považovat za vyhovující.

Byla vykonána řada měření sledujících vliv sklonu větvi stoupačky. Vyloučí-li se teoretickým výpočtem rozdíl plynoucí z rozdílných délek porovnávaných stoupaček, pak zmenšením sklonu na $22^\circ 30'$ se zjistily hodnoty ztráty podtlaku v průměru o 1,4 torrů nižší, než při základní úpravě. Naopak zvětšením sklonu na 90° se zjistily hodnoty o 1,0 torr vyšší, než vykazuje základní úprava. Měřením na stoupačkách sklopených do vodorovné polohy vyšly hodnoty ztrát podtlaku $(V - II)_{střed}$, iší se pouze v desetinách torr od hodnot zjištěných uvedeným výpočtem pro rovné potrubí



12. Závislost střední ztráty podtlaku působené stoupačkou na délce zvýšené části (L), zjištěná měřením

stejně délky. Rovněž nakloněním stoupačky s původní výškou $H = 1,5$ m na výšku $H = 1,1$ m se nezjistil přesvědčivý rozdíl vůči hodnotě odečtené na obr. 11 a korigované o vliv příslušného rozdílu délek potrubí. Tyto výsledky dovolují usoudit alespoň to, že při podmínkách základní úpravy není významný rozdíl (z hlediska ztrát podtlaku) mezi stoupačkami s různým sklonem šikmých větví. Uvedené rozdíly, nepřesahující hodnotu ± 2 torry, leží v rozsahu rozptylu střech hodnot výsledků jednotlivých měření. Rovněž rozdíly ztrát podtlaku kolen v porovnání s rovným úsekem potrubí jsou z hlediska praxe zanedbatelné. Tím se potvrzuje výsledek uvedený Součkem (1965) hlavně na základě teoretického výpočtu odporu kolen.



13. Ukázka rozdělení relativních četností (zjištěných pomocí klasifikátoru KLA-2 při frekvenci odečtu okamžitých hodnot 100 Hz) výskytu hodnot ztrát podtlaku při základní úpravě, způsobených

a) rovným úsekem potrubí (II—I),

b) stoupačkou (V—II).

Krajní třídy obsahují četnost výskytu hodnot, které jsou mimo část variačního rozpětí spadající do ostatních tříd

Obdobně jako u ztráty podtlaku v potrubí, je také u ztráty podtlaku působené stoupačkou důležité její časová proměnnost (obr. 13). I zde je účelné ji charakterizovat pomocí směrodatné odchylky σ a maximálních a minimálních hodnot veličiny V—II, příp. jejich složek. Při základní úpravě, u které střední ztráta podtlaku na stoupačce činí 37,8 torr, je průměrná směrodatná odchylka 14,0 torr a průměrná maximální (resp. minimální) hodnota 119 torr (resp. -3 torry). Krajní maximální (resp. minimální) hodnota činila 151 torr (resp. -4 torry). Velmi krátkodobé extrémní hodnoty, obdobně jako u ztráty podtlaku působené potrubím, nemají závažný význam, neboť nemohou ovlivnit podtlak u dojnice. Je však v principu výhodné, jestliže proměnnost ztrát podtlaku (tj. např. směrodatná odchylka) je co nejnižší.

V. Průměrné hodnoty σ a extrémů v torrech

	III—II	IV—III	V—IV
σ	14,7	10,6	4,7
max	83	72	32
min	4	-4	-31

Zajímavé je i kolísání jednotlivých složek celkové ztráty podtlaku působené stoupačkou, jak je charakterizuje směrodatná odchylka a zjištěné extrémy. Pro základní úpravu se zjistily průměrné hodnoty, uvedené v tab. V.

Systematickým průzkumem průběhu veličiny III—II (obr. 3) se zjistilo, že se soustavně vyskytují výrazné vlny, v kterých veličina III—II setrvává na vysokých hodnotách poměrně delší dobu. Tyto vlny mají jednoznačnou odezvu v celkové ztrátě stoupačky V—II. Porovnáním průběhu III—II na osciloskopu současně s pohybem sloupce kapaliny ve stoupačce se zjistilo, že

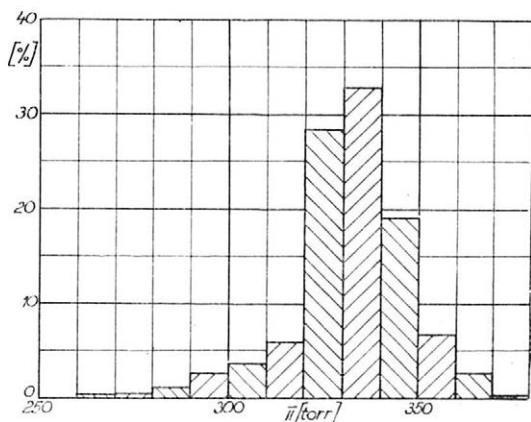
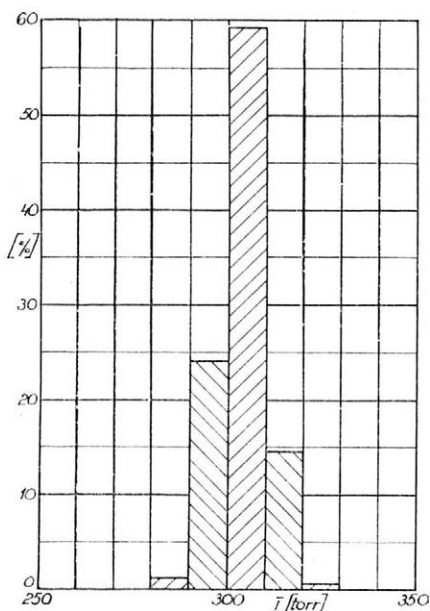
uvedené výrazné stoupnutí tlakové ztráty odpovídá průchodu sloupce stoupající části stoupačky. Velikost této výrazné maximální hodnoty III–II je poměrně málo citlivá na změnu pracovních podmínek. Při výšce stoupačky 0,985 m se často vyskytla hodnota kolem 73 torr, jež plyne převážně ze ztráty působené statickou výškou souvisejících sloupců kapaliny.

Časovou proměnnost hodnoty V–II, charakterizovanou směrodatnou odchylkou, ovlivňuje nejvíce množství vzduchu ve směsi. Z hodnoty 14,0 torr při základní úpravě bylo σ při $v_a = 50$ l/min 24,4 torr a při $v_a = 0$ kleslo na 8,2 torr. Rovněž růst výšky stoupačky se projevuje nepříznivě. Zvýšením stoupačky na $H = 1,5$ m stouplo σ na 17,8 torr. Při sklopené stoupačce do vodorovné polohy kleslo σ na 7,6 torr.

ČASOVÁ PROMĚNNOST ABSOLUTNÍCH HODNOT PODTLAKŮ V ROZHODUJÍCÍCH MÍSTECH LABORATORNÍHO ZAŘÍZENÍ

Důsledkem proměnnosti ztrát podtlaku, působených potrubím a stoupačkou (obr. 13), která je rozebrána v předešlých dvou kapitolách, je nepravidelné kolísání absolutních hodnot podtlaku v mléčném potrubí (obr. 3, 14). Poměry, ke kterým dochází na skutečných dojicích strojích, lze posuzovat z kolísání veličin I a II. Přitom veličina I dává určitý obraz o poměrech podél dojící části potrubí a veličina II charakterizuje poměry pod stoupačkou.

Číselné výsledky je třeba chápat jako kritérium k posouzení konstrukčních parametrů a některých pracovních podmínek potrubních dojicích strojů z hlediska kolísání podtlaku. Na kolísání podtlaku v provozu pochopitelně působí ještě další vlivy, tak jak je zahrnuje práce Sinka (1969). Přitom stabilita podtlaku v mléčném potrubí se považuje za velmi důležitou z fyziologických hledisek (Souček 1968). Je proto účelné zhodnotit konstrukční, resp. projekční parametry a některé pracovní podmínky, ovlivňující proměnnost podtlaku, jak to dovolují výsledky měření na laboratorním zařízení podle obr. 1. Zpracovávané výsledky, zjištěné za různých podmínek, jsou shrnuty v tab. VI. Jsou zde



14. Ukázka rozdělení relativních četností (zjištěných pomocí klasifikátoru KLA-2 při frekvenci odečtu okamžitých hodnot 100 Hz) výskytu hodnot podtlaku v místě I a II při základní úpravě

VI. Charakteristiky proměnnosti podtlaku I a II za různých pracovních podmínek

Vliv změny	I (torr)						II (torr)					
	max		min		(max — — min) střed	σ_I	max		min		(max — — min) střed	σ_{II}
	stř	ext	stř	ext			stř	ext	stř	ext		
	základní úprava											
	324	330	286	279	38	6,7	384	385	260	238	124	12,7
k (l/min)	vliv průtočného množství vody k											
0	—	—	—	—	0	2	—	—	—	—	0	—
3,0	366	369	310	300	56	9,1	403	409	292	269	111	13,3
5,9	324	330	286	279	38	6,7	384	385	260	238	124	12,7
9,1	290	292	256	255	35	5,9	360	361	236	231	124	13,1
12,0	242	244	215	211	27	—	335	341	216	214	119	—
v_a (l/min)	vliv průtočného množství vzduchu v_a											
0	329	329	266	266	0	3,1	340	340	264	264	0	3,0
5,7	360	368	300	299	60	15	385	378	290	284	95	17,0
15,0	332	338	303	302	29	4,5	372	399	293	291	79	9,0
30,8	324	330	286	279	38	6,7	384	385	260	238	124	12,7
50,3	336	349	249	236	87	15,8	376	379	237	218	139	25,3
H (m)	vliv výšky stoupačky H											
0	350	354	307	306	43	5,5	377	379	339	338	38	6,0
0,5	337	339	303	295	34	6,6	389	399	291	282	98	11,7
1	324	330	286	279	38	6,7	384	385	260	238	124	12,7
1,5	305	305	261	261	44	—	358	35	246	225	112	—
	mléko											
	305	309	273	267	32	5,7	378	379	259	249	119	12,9

uvedeny jednak extrémní maximální a minimální hodnoty vybrané z měření (obvykle dvou až tří, pouze u základní úpravy ze čtyř měření). Dále jsou uvedeny střední maximální a minimální hodnoty, které se vypočetly jako průměr z jednotlivých extrémních hodnot všech měření. V tab. VI jsou dále hodnoty rozdílů středních maximálních a minimálních hodnot. Nejvýraznějším kritériem porovnávání případů je hodnota těchto rozdílů $(\max - \min)_{střed}$ a směrodatná odchylka σ . Přitom hodnoty extrémů jsou velmi krátko-

době a prakticky se u dojnice neprojeví; navíc je jejich výskyt do jisté míry náhodný. Proto objektivnějším měřítkem jsou směrodatné odchylky. Malé hodnoty směrodatných odchylek, dosahující jen 1 % nebo několika procent měřené veličiny, jsou však pravděpodobně zjištěny s nižší přesností (vyhodnoceno na počítači MEDA). Kvalitativně obojí hodnoty vedou ve většině porovnávaných případů ke stejným závěrům.

Z posouzení základní úpravy, popřípadě dalších alternativ je zřejmé, že stoupačka silně působí na kolísání podtlaku. Pod stoupačkou je kolísání přibližně dvakrát a v krátkodobých extrémech spíše třikrát větší než ve vzdálenějších úsecích dojící části potrubí. Přitom změna výšky stoupačky v rozmezí připadajícím prakticky v úvahu se neprojeví výrazně na kolísání podtlaku. Největší změna se projeví do výšky $H = 0,5$ m. Odstraněním stoupačky se kolísání podtlaku v místě II výrazně sníží (řádově na úroveň místa I). Přitom místo I není přítomností stoupačky ovlivněno. Dá se tedy soudit, že stoupačka ovlivňuje kolísání podtlaku (ve smyslu, který je zde probírán) pouze v malém úseku dojící části potrubí (u potrubí s délkou 50 m zřejmě v úseku menším než třetina celkové délky). Přesto je účelné, zvláště s ohledem na uvedené výsledky, se buď uspořádáním instalací nebo jiným konstrukčním řešením stoupačky zbavit.

Jak plyne z tab. VI, je při základní úpravě směrodatná odchylka $\sigma_I = 6,7$ torr a $\sigma_{II} = 12,7$ torr a rozdíly $(\max - \min)_{\text{střed } I} = 38$ torr a $(\max - \min)_{\text{střed } II} = 124$ torr. Zajímavé je porovnat tyto hodnoty s dříve uvedenými charakteristikami proměnnosti veličin II—I a V—II při základní úpravě. Z výsledků plyne, že $\sigma_{II-I} = 11,6$ torr, $\sigma_{V-II} = 14$ torr a $(\max - \min)_{\text{střed } (II-I)} = 102$ torr a $(\max - \min)_{\text{střed } (V-II)} = 122$ torr. Je zřejmé, že proměnnost veličin II—I a V—II v porovnání s proměnností veličin I a II je vyšší, i když proměnné hodnoty tlakových ztrát jsou v principu příčinou proměnnosti veličin I a II. Plyne to z toho, že maximum II—I často naběhne současně s minimem V—II (resp. III—II) a v celkové tlakové ztrátě, určující např. hodnotu I, se vzájemně kompenzují. Plyne to i z obr. 3 a číselně by se dalo zhodnotit z korelační analýzy veličin II—I a V—II (resp. III—II). Těmito úvahami se vysvětluje také závislost proměnnosti II—I na použití stoupačky. Příčinou je kolísání podtlaku v místě II, nikoliv proměnnost samotné ztráty podtlaku působené průtokem směsi kapaliny a vzduchu rovným úsekem potrubí. Je rovněž zajímavé, že obdobné vztahy, jaké platí mezi veličinami II—I a III—II, lze nalézt i k veličině IV—III.

Přitom podtlak u vývěvy byl v průběhu měření dokonale konstantní (což se zjistilo ve zvláštní skupině měření, při které snímač z místa V byl přemístěn k vakuometru v_2). To pak umožňuje chápat výsledky uvedené v této práci nezávisle na typu použité vývěvy a regulačního ventilu.

Z tab. VI je dále vidět, že časová proměnnost veličin I a II při použití vody a mléka je blízká. Použití vody jako náhrady za mléko je tedy i z tohoto hlediska možné.

Vliv průtočného množství kapaliny k na časovou proměnnost I a II není příliš výrazný. Největší rozdíl nastává mezi případem, kdy $k = 0$ a případem, kdy k dosahuje poměrně malých hodnot. Znatelněji se uplatňuje vliv průtočného množství vzduchu. Velmi malá proměnnost I a II nastane, když $v_a = 0$. S rostoucím v_a proměnnost I a II nejprve stoupá. Při $v_a = 15$ l/min je kolísání I a II opět poměrně nízké. S dalším růstem přísávání proměnnost I a II opět značně stoupá v důsledku růstu rychlosti směsi. Minimum kolísání podtlaku při $v_a = 15$ l/min zřejmě souvisí s minimální hodnotou tlakové ztráty působené stoupačkou, která podle dřívějších výsledků v této oblasti nastává.

Z Á V Ě R

Práce obsahuje výsledky měření velikosti podtlaku a ztráty podtlaku, vznikající při použití potrubního dojícího stroje, působené přímým úsekem potrubí o průměru 25 mm a potrubím ve tvaru tzv. stoupačky. Měřili jsme na laboratorním zařízení nahrazujícím typický úsek potrubního dojícího stroje. Kromě jiného jsme zkoumali vliv průtočného

многом количестве жидкости, воздуха, высоте, длине и наклону стояка. Измеренные величины регистрировались измерительным магнетофоном и осциллографом и обрабатывались в течение измерения и после измерения на аналоговом компьютере с помощью электронного классификатора.

Полученные результаты обобщены в математических формулах, позволяющих вычислить потери вакуума для обычного диапазона комбинаций конструктивных и эксплуатационных параметров трубопроводных доильных установок. Оценивалось и рассеяние (колебания) измеряемых величин и влияния, действующие на устойчивость вакуума.

Literatura

- ACHMEDOVA M., 1968, Zur Beeinflussung des Melkvakuums in Rohrmelkanlagen. Deutsche Agrartechnik 7.
- BARANOVSKIJ N. V., 1969, Plastinčatyje teploobměnniki piščevoj promyšlennosti. Moskva.
- KOSTERIN S. J., 1949, Issledovanije vlijanija diametra i raspoloženija truby na gidravličeskije soprotivlenija i struktury tečenija gazožidkostnoj smesi. Izvestija Akademii nauk SSSR 12.
- NOVÁK J., 1970, Metody vyhodnocování naměřených hodnot pomocí jednoúčelového analogového počítače. Zpráva VÚZS Praha - Chodov.
- SINEK F., 1969, Výzkum tlakových poměrů dojícího automatu. Zpráva VÚZS Praha - Chodov.
- SOUČEK Z., 1965, Snímače tlaku pro výzkum dojících strojů Zpráva VÚZS Praha - Chodov.
- SOUČEK Z., 1965, Výzkum dopravy mléka. Zpráva VÚZS Praha - Chodov.
- SOUČEK Z., 1968, Výzkum tlakových a dopravních poměrů dojících automatů. Zpráva VÚZT Praha - Chodov.
- SOUČEK Z., 1969, Řešení tlakových poměrů v soupravě dojícího automatu na analogovém počítači. Zem. technika 8 : 413-432.
- VALENTA J., SKVOR V., KOTVA M., 1966, Programování a řešení úloh na tranzistorových a analogových počítačích MEDA-T. Bratislava.

Došlo dne 1. 7. 1971

Результаты экспериментальных работ по молочным трубам доильных машин полученные в лабораторных условиях

Работа содержит результаты измерения вакуума и потери вакуума, возникающие в трубопроводной доильной установке под воздействием непосредственного участка труб диаметром в 25 мм и труб в форме т. н. стояка. Измерение производилось в лабораторной установке, заменяющей типичный участок трубопровода доильной установки.

Кроме того, мы изучали влияние количества протекающей жидкости, воздуха, высоты, длины и наклона стояка. Намеряемые величины были регистрированы при помощи измерительного магнетофона и шлейфового осциллографа и обрабатывались в ходе измерения, а после измерения — на аналоговой вычислительной машине и при помощи электронного классификатора.

Полученные результаты обобщены в математических формулах, позволяющих вычислить потери вакуума для обычного диапазона комбинаций конструктивных и эксплуатационных параметров трубопроводных доильных установок. Оценивалось и рассеяние (колебания) измеряемых величин и влияния, действующие на устойчивость вакуума.

Results of Experimental Work on Pipe-Line Milking Systems obtained under Laboratory Conditions

The work comprises the results of measurements of the magnitude of under-pressure and losses there of being incurred as a result of employing the pipe-line milking system caused by the straight section of the piping having 25 mm in dia. and the piping having the shape of the so-called riser. The measurements were

effected in a laboratory equipment replacing a typical section of the pipe-line milking system.

Besides other factors we subjected to testing the influence of the through-flow rates of the liquid, of air, as well as the length and the slope of the riser. The measured quantities were registered by means of a measuring tape recorder and moving-coil oscillograph, and during as well as after the measurements, the values were processed on an analog computer and with the aid of an electronic classifier.

The obtained results have been generalised into mathematical expressions, permitting the calculation of the losses of underpressure for the current range of combinations of constructional and operational parameters of the pipe-line milking systems. Also the dispersion variances of the quantities being measured were evaluated, as well as the factors affecting the stability of the underpressure.

Ergebnisse der mit Milchleitungen der Melkautomaten im Labor durchgeführten Versuchsarbeiten

Die Arbeit umfaßt die Meßergebnisse der Unterdruckgröße und der Unterdruckverluste, bei Anwendung der Rohrmelkanlage, die vom geraden Abschnitt der Rohrleitung $\varnothing$ 25 mm und einem s. g. Steigrohr verursacht werden.

Die Messungen wurden im Labor auf Anlagen, die den typischen Abschnitt einer Rohrmelkanlage simulierten, durchgeführt.

Darüberhinaus wurde der Einfluß der Durchflußmenge von Flüssigkeit, Luft, der Höhe, Länge und Neigung des Steigrohrs untersucht. Die Meßwerte wurden mit Hilfe eines Meßtonbandes und des Schleifenoszillographs registriert und sowohl im Laufe der Messungen als auch nach den Messungen auf einem Analogrechner und mittels eines elektronischen Klassifikators verarbeitet.

Die gewonnenen Ergebnisse sind in mathematischen Formeln, die die Errechnung der Unterdruckverluste für den üblichen Kombinationsbereich von Konstruktions- und Betriebsparametern bei Rohrmelkanlagen erlauben, verallgemeinert angeführt. Ebenfalls wurden Dispersionen (Schwankungen) der Meßgrößen und die auf die Unterdruckstabilität wirkenden Einflüsse bewertet.

Adresa autora:

Ing. Zbyněk Souček, CSc., Výzkumný ústav zemědělských strojů,
Praha 4 - Chodov

Výběr z nových přírůstků
Ústřední zemědělské a lesnické knihovny UVTI
na úseku zemědělská technika

Ganev, A. — Peev, M. — Sinapov, D. E 34.922
Ispolzuvane i planirane na sel'skostopanskata tehnika. Sofija, BAN 1971.
159 s. 7 obr. 34 tab. (Mechanizace zemědělství — efektivnost ekonomická
— příručky / Zemědělská technika — využití — příručky / Zemědělské
plánování — mechanizace)

E 28.943 1971 20
Promišleni metodi v sel'skoto stopanstvo. Sofija, Centar za naučno-techn.
i ikonomičeska informacija po sel'sko i gorsko stopanstvo pri ASN 1971.
73 s. tab. Akad. na sel'skostop. nauki 20 1971. (Mechanizace zemědělství
— ekonomické otázky — výzkum)

Andreev, S. — Minčev, K. E 28.943/1971 52
**Organizacija i sãoraženije za tehničesko obslužvane i diagnostika na
mašinite v sel'skoto stopanstvo.** Obzor. Sofija, Centar za naučno-techn.
i ikonomičeska inf. po sel. i gorsko stopanstvo 1971. 128 s. 32 obr. 14
tab. Akad. na sel'skostop. nauki 52, 1971. (Zemědělské stroje — technická
diagnostika — organizace — studijní zprávy — Bulharsko)

Paszkowski, B. — Wojdak, J. — Wrotkowski, J. E 35.018
Poradnik remontowy mechanizatora rolnictwa. Warszawa, PWRiL 1971.
543 s. obr. tab. (Zemědělské stroje — opravy — příručky)

Stożala, S. — Żak, S. D 59.655
Mycie malowanie renowacyjne i konserwacja maszyn rolniczych. War-
szawa, PWRiL 1971. 266 s. obr. tab. (Zemědělské stroje — koroze —
ochrana / Zemědělské stroje — konzervace / Zemědělské stroje — ná-
těry — příručky)

532.7 536.7 633.1:631.563.2 633.1:631.563.5

Rozličné druhy materiálov získaných v poľnohospodárstve ako produkt pestovania vyžadujú si ďalšie pozberové spracovanie, ako napr. sušenie a uskladňovanie. Sem zahrňujeme aj obilniny. Ich sušenie je určované ako biologickými a fyzikálnymi vlastnosťami zrna, tak aj zákonmi prenosu tepla a vlhkosti. Poľnohospodárska veľkovýroba si nevyhnutne vyžaduje veľké skladištia obilnín, čo je spojené s riešením základných otázok prenosu vlhkosti v uskladňovaných materiáloch. Pri zvýšenej vlhkosti sa nedá obilie dlho uskladňovať, pretože zrno začína dýchať a tým sa vytvárajú priaznivé podmienky pre množenie mikroorganizmov, vzniká samozohrievanie, ktoré znehodnocuje vlastnosti zrna. Riešenie týchto otázok si vyžaduje teoretické štúdium procesov prenosu vlhkosti v obilninách a určenie základných súčiniteľov prenosu vlhkosti.

Prenos vlhkosti kapilárne pórovitým materiálom môžeme z termodynamického hľadiska považovať za nevratný dej. To dáva možnosť aplikovať metódy termodynamiky a predovšetkým fenomenologickú termodynamiku nevratných procesov na prenos vlhkosti v biologickom materiáli. Takýto postup nás vedie k tomu, že sa dívame na prostredie, v ktorom dochádza k prenosu vlhkosti, ako na kontinuum a málo nás zaujíma vysvetlenie procesov z hľadiska molekulového. Myslím, že takáto aplikácia fenomenologickej termodynamiky na proces prenosu vlhkosti dáva realizovateľné výsledky pre prax. Doteraz sa uskutočnilo veľmi málo meraní súčiniteľov prenosu vlhkosti v poľnohospodárskych materiáloch. Za týchto okolností sa javí potreba rozpracovania spoľahlivých a dostatočne jednoduchých metód určenia fyzikálnych charakteristík vlhkých materiálov použiteľných pre technickú prax.

Termodynamická metóda štúdia prenosu vlhkosti sa javí veľmi výhodnou pre biologický materiál. Mikroštruktúra obilnín je z hľadiska prenosu vlhkosti tak zložitá, že prakticky nemožno samostatne študovať jednotlivé formy prenosu — mikroprenosy. Mikroprenosy, ak si takto nazveme jednotlivé formy prenosu vlhkosti v obilnom zrne, sa vzájomne ovplyvňujú a prekrývajú. Ich sumárny účinok, makroprenos, však môžeme už dobre študovať a súčasne použiť metódy fenomenologickej termodynamiky.

Práca má za cieľ experimentálne určiť vlhkosťné charakteristiky pšenice. Súčasne chce poukázať porovnaním riešenia diferenciálnych rovníc s výsledkami experimentálneho merania na možnosť aplikovateľnosti termodynamickej metódy na prenosové javy u biologických materiálov.

TEORETICKÁ ČASŤ

Dnes sa termodynamika nevratných procesov (de Groot 1956, Prigogine 1955) využíva vo všeobecnej teórii prenosu, ktorá vychádza z týchto základných princípov:

- a) z princípu lokálnej termodynamickej rovnováhy;
- b) z diferenciálneho tvaru zákona o súčte entropie;

c) zo vzťahu určujúceho rýchlosť prírastku entropie s tokmi a termodynamickými silami, ktoré podmieňujú tieto toky

$$\sigma = \frac{d_i S}{d\tau} = \sum_i \mathcal{J}_i X_i \geq 0 \quad (1)$$

a fenomenologických zákonoch

$$\mathcal{J}_i = \sum_k L_{ik} X_k \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

podľa ktorého tok $\mathcal{J}_i$ vyvolaný pôsobením termodynamických síl X_i je úmerný týmto silám;

d) z Onsagerovho princípu

$$L_{ik} = L_{ki} \quad (i, k = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

L_{ik} sú fenomenologické súčinitele termodynamických procesov, alebo tiež nazývané Onsagerove fenomenologické súčinitele. L_{ki} udáva súčinitele prenosu k -tých veličín pri termodynamických silách X_k , ktoré môžeme vyjadriť pomocou gradientu potenciála a voláme ich fenomenologické súčinitele hlavných termodynamických procesov. L_{ik} udáva súčinitele prenosu, ktoré súvisia s prídavnými účinkami vyvolaných vzájomným pôsobením niekoľkých, súčasne prebiehajúcich procesov prenosu a nazývame ich fenomenologické súčinitele podriadených termodynamických procesov.

Obvykle sa vzťahy (2), (3) používajú pre stacionárne procesy prenosu, ale ako dokázal de Groot (1962), môžu sa použiť aj pre nestacionárne javy nevysokej intenzity.

Pri nestacionárnych intenzívnych procesoch budú toky $\mathcal{J}_i$ viazané s termodynamickými silami X_i nelineárnymi rovnicami. V prípade, že zmena rovnovážneho stavu systému nie je veľká, môžeme nelineárne vzťahy podľa Lykova (1966) vyjadriť v tvare

$$\mathcal{J}_i = L_i^{(r)} \dot{\mathcal{J}}_i + \sum_k (L_{ik} X_k + L'_{ik} \dot{X}_k) \quad (4)$$

V prípade, že časová zmena termodynamických síl nie je veľká, dostaneme

$$\mathcal{J}_i = L_i^{(r)} \dot{\mathcal{J}}_i + \sum_k L_{ik} X_k \quad (5)$$

v ktorom člen $L_i^{(r)}$ má rozmer času a vyjadruje tú skutočnosť, že proces prenosu vlhkosti prebieha konečnou rýchlosťou.

Ak neprihliadame k súčasnemu prenosu tepla, môžeme na základe všeobecného vzťahu (5) vektor hustoty toku vlhkosti písať v tvare

$$\vec{i} = -\kappa \Delta \psi - \tau_r \frac{\delta_i}{\delta \tau} \quad (6)$$

kde: κ — súčiniteľ vlhkostnej vodivosti a vyjadruje mieru schopnosti daného materiálu viesť vlhkosť. Určuje sa podielom hustoty vlhkostného toku a gradientu potenciálu vlhkosti v materiáli (κ) = kg m⁻¹s⁻¹grad⁻¹

τ_r — koeficient relaxácie. Relaxačný čas je mierou dosiahnutia stacionárneho stavu a určitého zo vzťahu (7)

ψ — potenciál vlhkosti. Jeho fyzikálny význam je vysvetlený v experimentálnej časti

Vo vzťahu (6) súčin $-\kappa \Delta \psi$ zodpovedá výrazu $\sum_k L_{ik} X_k$ vo vzťahu (5) a súčin $-\tau_r \frac{\delta_i}{\delta \tau}$ zodpovedá výrazu $L_i^{(r)} \dot{\mathcal{J}}_i$.

Procesy prenosu vlhkosti majú niektoré vlastnosti, ktoré sú analogické s procesom prenosu tepla. V dôsledku tejto analógie bude tvar zákonov pre prenos vlhkosti podobný zákonom pre prenos tepla. Rovnako ako prenos tepla prebieha i proces prenosu vlhkosti s konečnou rýchlosťou. Túto rýchlosť šírenia sa vlhkosti môžeme vyjadriť analogickým vzťahom k rýchlosti šírenia sa tepla

$$v_r = \sqrt{\frac{k}{\tau_r}} = \sqrt{\frac{k}{e \varrho_0 \tau_r}} \quad (7)$$

kde: v_r — rýchlosť šírenia sa vlhkosti

k — súčiniteľ difúzie vlhkosti. Vyjadruje rýchlosť vyrovnávania sa vlhkosti pri šírení vlhkosti v materiáli (k) = m²s⁻¹

e — merná vlhkosťná sorpcnosť a vyjadruje vlastnosť materiálu absorbovať vlhkosť. Je to vlastne merná vlhkosťná kapacita (e) = kg kg⁻¹ grad⁻¹

ϱ_0 — merná hmotnosť suchého materiálu (sušiny)

Vzťah (6) vyjadruje prenos vlhkosti pri konečnej rýchlosti šírenia sa vlhkosti. V ustálených stavoch môžeme predpokladať, že rýchlosť šírenia sa vlhkosti je neobmedzene veľká ($v_r \rightarrow \infty$) a potom pre vektor hustoty toku vlhkosti dostaneme vzťah

$$\dot{i} = -\kappa \Delta \psi \quad (8)$$

čo zodpovedá klasickej teórii prenosu vlhkosti.

Obilniny predstavujú hydrofilné kapilárne pórovité koloidné systémy, v ktorých prenos vlhkosti viazanej fyzikálne chemicky prebieha v súhlase s Fickovým zákonom. Pripustenie podmienky, že rýchlosť šírenia sa vlhkosti je neobmedzene veľká, nemá v analytickej teórii difúzie vplyv na určenie súčiniteľov prenosu.

Na základe vzťahov (6), (7) a rovnice kontinuity $e \varrho_0 \frac{\delta \psi}{\delta \tau} = -\operatorname{div} \dot{i}$ môžeme odvodiť diferenciálnu rovnicu prenosu vlhkosti v jednom smere, ako ju uvádza Lykov (1966)

$$\tau_r \frac{\delta^2 u}{\delta \tau^2} + \frac{\delta u}{\delta \tau} = k \frac{\delta^2 u}{\delta x^2} \quad (9)$$

Diferenciálna rovnica prenosu vlhkosti stanovuje vzájomnú súvislosť medzi priestorovými a časovými zmenami mernej vlhkosti materiálu. Riešením diferenciálnej rovnice najdeme mernú vlhkosť ako funkciu miesta a času, tj. stanovíme vlhkosťné pole. To znamená nájsť funkciu

$$u = f(x, \tau) \quad (10)$$

Riešenie bolo prevedené pre začiatočné a okrajové podmienky v tvare

$$u(x, 0) = u_0(x) = u_0 \quad (11)$$

$$\frac{\delta u(x, 0)}{\delta \tau} = 0$$

$$u(0, \tau) = u_1(\tau) = u_1 \quad (12)$$

$$u(l, \tau) = u_2(\tau) = (u_0 - u_m) \exp(-\alpha \tau) + u_m$$

kde: u_m — merná vlhkosť zrna na okraji valca dĺžky l v stacionárnom stave

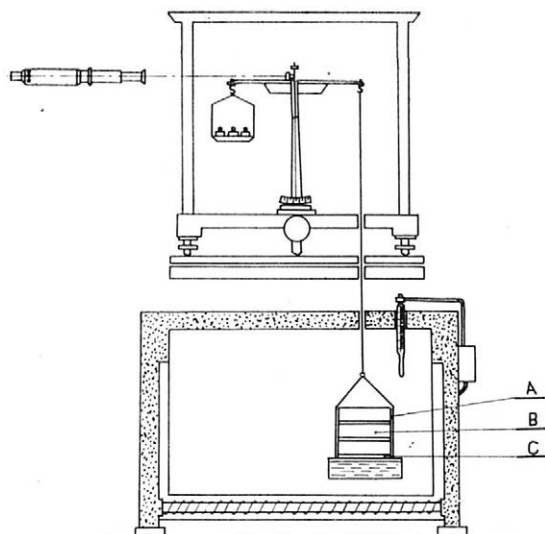
Číselné hodnoty veličín u_0 , u_1 , u_m , α , τ_r boli získané experimentálnym meraním pri určovaní súčiniteľov prenosu vlhkosti metódou deleného valca.

Problém (9), (11), (12) bol riešený Fourierovou metódou pre prípady $\tau_r = 0$ a $\tau_r \neq 0$. Uvediem výsledný vzťah funkcie $u(x, \tau)$ ak $\tau_r \neq 0$

$$\begin{aligned}
 u(x, \tau) = & u_1 + \frac{x}{l} [(u_0 - u_m) \exp(-\alpha\tau) + u_m - u_1] + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{2}{\pi n} \cos \pi n \cdot \right. \\
 & \cdot \left[(u_0 - u_m) \left(\frac{\alpha}{\tau_r} - \alpha^2 \right) \frac{1}{\left(\frac{1}{2\tau_r} - \alpha \right)^2 + \left(\frac{\mu_n}{2\tau_r} \right)^2} \right] \cdot \left(-\exp[-\alpha\tau] + \right. \\
 & + \exp \left[-\frac{1}{2\tau_r} \tau \right] \cos \frac{\mu_n}{2\tau_r} \tau + \frac{1 - 2\tau_r \alpha}{\mu} \exp \left[-\frac{1}{2\tau_r} \tau \right] \cdot \\
 & \cdot \sin \frac{\mu_n}{2\tau_r} \tau \left. \right\} \sin \frac{\pi n}{l} x + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2\tau_r} \tau \right] \cdot \left[\frac{2}{\pi n} \cdot \right. \right. \\
 & \cdot (u_0 - u_1) \left(\cos \frac{\mu_n}{2\tau_r} \tau + \frac{1}{\mu_n} \sin \frac{\mu}{2\tau_r} \tau \right) + \frac{4\alpha\tau_r}{\pi n \mu_n} \cdot \\
 & \cdot (u_m - u_0) \cos \pi n \sin \frac{\mu_n}{2\tau_r} \tau \left. \right\} \sin \frac{\pi n}{l} x
 \end{aligned} \tag{13}$$

kde $\frac{\mu_n}{2\tau_r} = \frac{1}{2\tau_r} \sqrt{4\tau_r k \left(\frac{\pi n}{l} \right)^2 - 1}$

1. Schematické znázornenie metódy deleného valca na meranie vlhkostných charakteristík. A — delený valec, B — vrstva zrna, C — normálový materiál



EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Charakterizovať prenos vlhkosti v takom materiáli, ako sú obilniny, a vystihnúť všetky stránky tohto procesu je veľmi zložitá. Prenos vlhkosti je daný kapilárnym prenosom vlhkosti, difúziou pár v kapilárach, v medzizrnovom priestore a prenosom vlhkosti, ktorý je vyvolaný osmotickým tlakom. Rozlíšiť tieto jednotlivé formy prenosu vlhkosti je dosť zložitá, a preto budeme určovať len celkový prenos bez prihliadnutia na jednotlivé

formy a určíme tzv. efektívne súčinitele prenosu vlhkosti. Takto môžeme študovať prenos z toho dôvodu, že hustota toku vlhkosti je priamo úmerná osmotickému tlaku, ktorý je priamo úmerný mernej vlhkosti. Pri prenose vlhkosti v polykapilárnom materiáli sa zase predpokladá, že kapilárny potenciál je spojitou funkciou mernej vlhkosti; potom gradient kapilárneho potenciálu bude úmerný mernej vlhkosti materiálu. Takýmto spôsobom môžeme prenos vlhkosti viazanej fyzikálne chemicky a fyzikálne mechanicky vyjadriť ako funkciu mernej vlhkosti, resp. potenciálu vlhkosti, čo využijeme pre určenie základných parametrov prenosu vlhkosti metódou deleného valca, ktorú uvádza Ter-tičník (1965). Celkové usporiadanie zariadenia na meranie vlhkostných charakteristík je schématicky zobrazené na obr. 1.

Táto metóda dáva možnosť určiť mernú vlhkosť sorpčnosť ϵ , súčiniteľ vlhkostnej vodivosti κ , súčiniteľ difúzie vlhkosti k , ako aj rozdelenie mernej vlhkosti, resp. potenciálu vlhkosti v materiáli. V tejto metóde sa využíva funkčná závislosť mernej vlhkosti od potenciálu vlhkosti $u = F(\psi)$ za izotermických podmienok. V stacionárnom stave potom pre vektor hustoty toku vlhkosti platí vzťah (8).

Delený stĺpec sa naplní obilným zrnom. Medzi dielmi výšky $15 \cdot 10^{-3}$ m sa nachádza na povrchu vrstvy, s ktorou sa bezprostredne dotýka, filtračný papier. Filtračný papier slúži ako porovnávací vlhkostný normál, ktorý stanovujeme potenciál vlhkosti v danom mieste.

Na základe analógie k potenciálu prenosu tepla t (deg) sa zavádza pojem potenciálu pre prenos vlhkosti ψ (grad) a volí sa tzv. vlhkostný stupeň prenosu. Využíva sa tá skutočnosť, že v stave termodynamickej rovnováhy existuje jednoznačné rozdelenie vlhkosti v systéme, resp. časti systému. Potom existuje pre každý systém funkcia vonkajších parametrov (teplota, materiál) a mernej vlhkosti, ktorá má pre všetky systémy v rovnovážnom stave pri ich spojení jednu a tú istú hodnotu a gradient ktorej určuje smer a rýchlosť prenosu vlhkosti. Túto funkciu mernej vlhkosti a teploty pre daný normálový materiál môžeme nazvať „potenciálom vlhkosti“

$$\psi = G(u, t)_{mat} \quad (14)$$

ktorý sa určuje pomocou normálového telesa podľa vzťahu

$$\psi = 100 \frac{u_{et}}{u_{mhv}} \quad (15)$$

kde: u_{et} — merná vlhkosť normálu v príslušnej vrstve
 u_{mhv} — maximálna merná vlhkosť normálu v hygroscopickej oblasti sorpcie pri 22°C

Mernú vlhkosť zrna a normálu zisťujeme sušením do suchého stavu. Pritom sa predpokladá, že merná vlhkosť pre celú vrstvu zrna je konštantná.

Experimentálne určenie základných parametrov prenosu vlhkosti metódou deleného valca si vyžaduje dosiahnutie a stanovenie stavu rovnovážnej vlhkosti, čo je dané tým, že množstvo vlhkosti pohltenej spodnou vrstvou je rovné množstvu vlhkosti vyparenej vrchnou vrstvou. Tento stav sa stanovuje sorpčnou izotermou, ktorá vyjadruje závislosť sorpcie vlhkosti od času $m(\tau)$ za izotermických podmienok, resp. určením $i(\tau)$.

Vzťah, ktorý vyjadruje funkčnú závislosť $m(\tau)$, si odvodíme nasledovným spôsobom:

Ak prebieha rast vlhkosti m , čo je hmotnosť pohltenej vody, v čase τ spôsobený sorpciou zrna, môžeme predpokladať, že rýchlosť sorpcie $\frac{dm}{d\tau}$ je istou funkciou meniacej sa absorbovanej vlhkosti $f(m)$. Riešením diferenciálnej rovnice

$$\frac{dm}{d\tau} = f(m) \quad (16)$$

je daný zákon rastu $m = F(\tau)$, ktorý vyjadruje priebeh sorpcie ako funkciu času. Funkcia $f(m)$ sa dá odvodiť z podmienky, že pre kinetiku procesu sorpcie je určujúcim dejom rýchlosť difúzie vlhkosti a má tvar

$$f(m) = -(\alpha m - \beta) \quad (17)$$

kde α a β sú vhodné koeficienty.

Riešením diferenciálnej rovnice pre podmienky, že v čase $\tau = 0$ je množstvo pohltenej vody $m_0 = 0$, dostaneme:

$$m = k(1 - e^{-\alpha\tau}) \quad (18)$$

ktorý vyjadruje závislosť sorpcie vlhkosti od času pri konštantnej teplote. Pre $\tau \rightarrow \infty$ dostávame konštantu $k = m_\infty$, tj. množstvo vlhkosti pohltenej v zrne sorpciou vlhkosti až do stacionárneho stavu, ktorý by mal byť teoreticky dosiahnutý až po neobmedzenom čase.

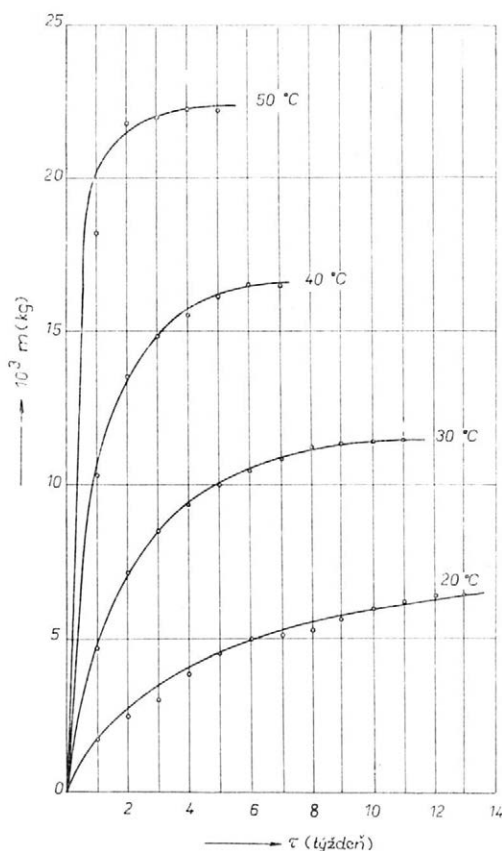
Potom vzťah pre závislosť sorpcie vlhkosti od času je daný

$$m = m_\infty (1 - e^{-\alpha\tau}) \quad (19)$$

Použitím vzťahu (19) z nameraných hodnôt sa vypočítal číselný vzťah pre teplotu 30 °C

$$m = 11,59(1 - e^{-0,40145\tau}) \quad [\text{g; týždeň}] \quad (20)$$

Experimentálne namerané hodnoty a vypočítaná závislosť sú znázornené na obr. 2. Vidíme, že tvar funkcie (17) je správny a vzťah (19) dobre aproximuje získané hodnoty $m(\tau)$.

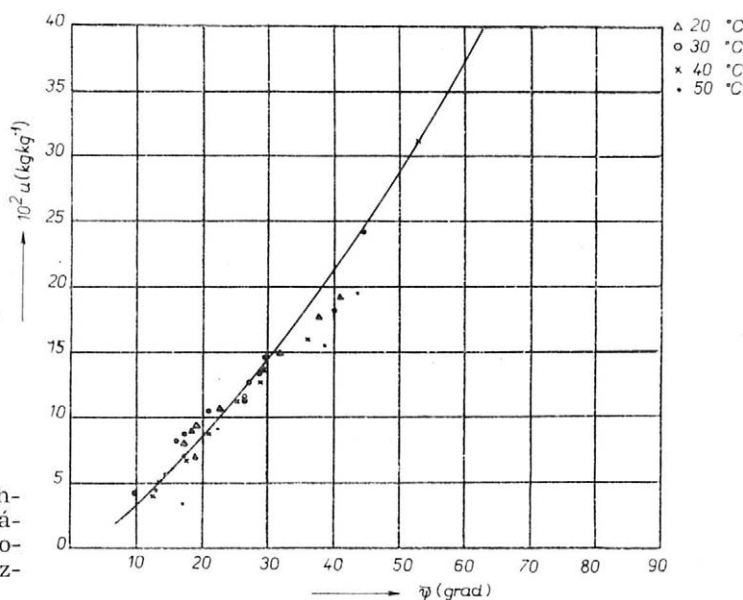


2. Časová závislosť hustoty toku vlhkosti pre rozličné hodnoty teploty

Po dosiahnutí stacionárneho stavu sa delený valec rozoberie a z experimentálnych hodnôt sa určí funkčná závislosť $u = F(\psi)$ pre všetky vrstvy zrna (obr. 3). K tomu stačí poznať hodnotu mernej vlhkosti u_i a strednú hodnotu potenciálu vlhkosti ψ_i každej vrstvy

$$\psi_i = \frac{1}{2} (\psi_i - \psi_{i-1}) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (21)$$

V našom prípade sa použilo 13 vrstiev ($n = 13$).



3. Závislosť mernej vlhkosti zrna u od potenciálu vlhkosti ψ v stacionárnom stave pri rozličných teplotách t

Na základe funkčnej závislosti $u_i = f(\psi_i)$ sa určí merná vlhkosť sorpcia

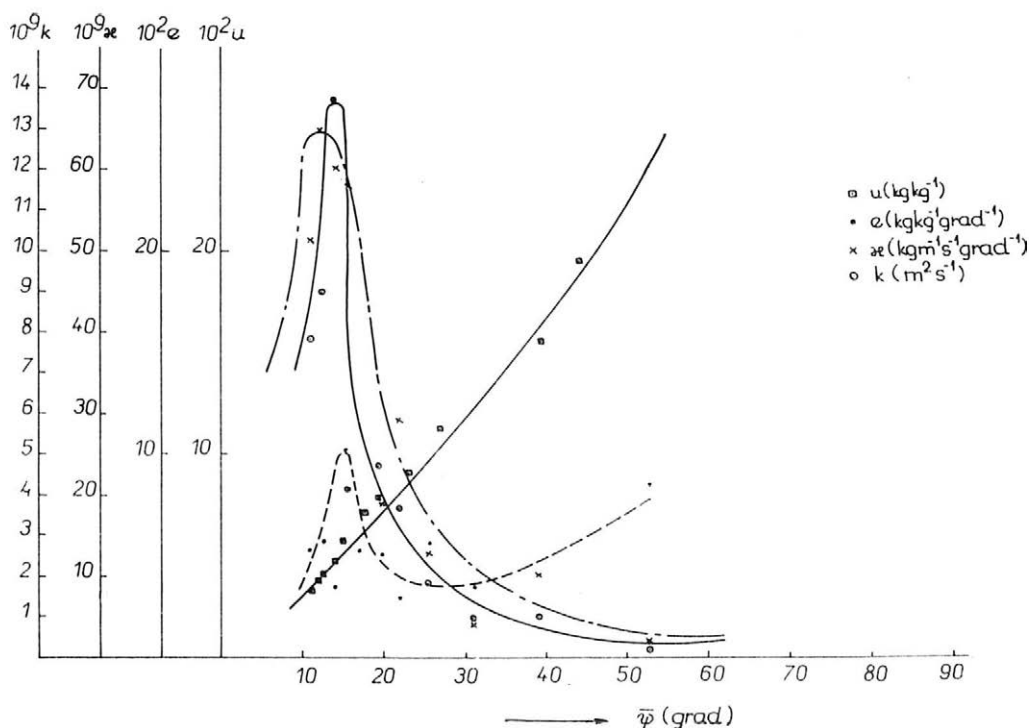
$$e_i = \frac{\delta u_i}{\delta \psi_i} \quad (22)$$

podľa vzťahu (8) súčiniteľ vlhkosťnej vodivosti κ_i a porovnaním členov vo vzťahu (7) možno písať pre

$$k_i = \frac{\kappa_i}{e_i \rho_0} \quad (23)$$

čím sa určí súčiniteľ difúzie vlhkosti. Všetky tieto veličiny e_i , κ_i , k_i sú určené v závislosti od potenciálu vlhkosti. Merania sa robili pre pšenicu odrody 'Diana I'.

Na základe funkčnej závislosti $u_i = f(\psi_i)$ (obr. 3) a vyššie uvedených vzťahov vypočítame e_i , κ_i , k_i v závislosti od potenciálu vlhkosti. Tieto funkcie sú graficky znázornené na obr. 4 a 5, kde vidíme výrazné maximum. Samotný priebeh funkcií môžeme vysvetliť na základe rozličných foriem prenosu vlhkosti, ktoré prevládajú v danej oblasti potenciálu vlhkosti. Pri malých hodnotách potenciálu vlhkosti prevažuje len difúzny prenos vlhkosti vo forme pary. Zvyšovaním potenciálu vlhkosti sa začína prejavovať prenos vlhkosti podmienený osmotickým tlakom a kapilárny prenos, čoho výrazom je



4. Závislosť základných parametrov, ktorými charakterizujeme prenos vlhkosti od potenciálu vlhkosti pri teplote 50 °C

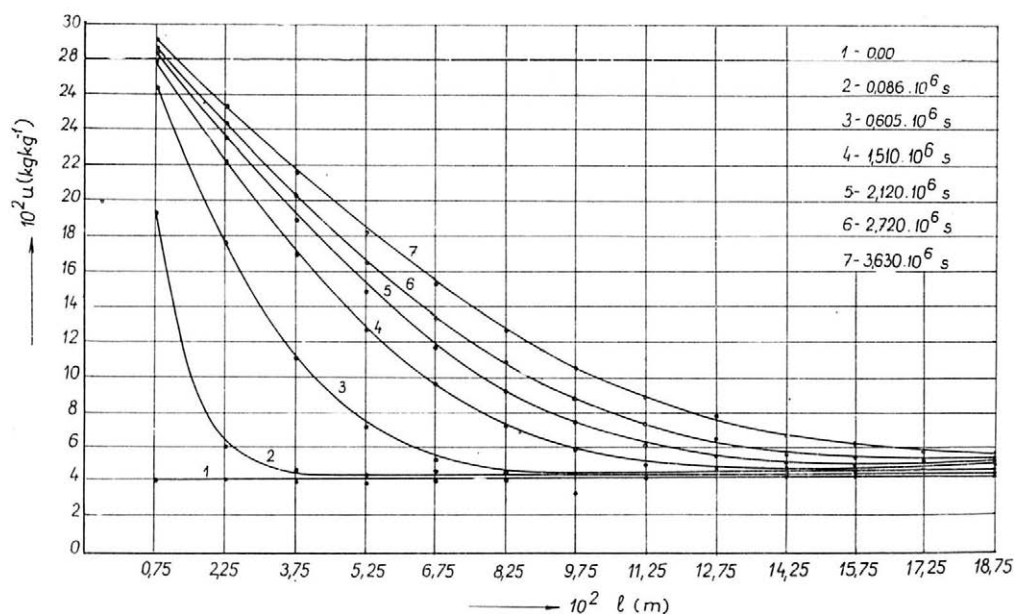
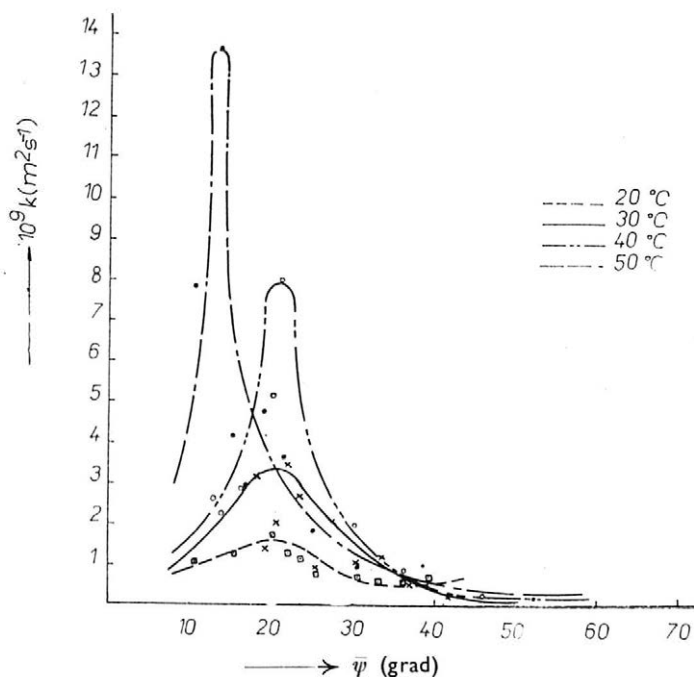
zváženie súčiniteľa difúzie vlhkosti. K vyšším hodnotám potenciálu vlhkosti osmotický prenos slabne, čím sa celkový prenos vlhkosti spomaľuje a prejavuje sa to klesajúcim priebehom funkcie $k_i = f(\varphi_i)_t$.

Vplyv teploty sa prejavuje nielen zväčšením hodnôt uvedených súčiniteľov prenosu vlhkosti, ale aj posunutím maxima do oblasti nižších hodnôt potenciálu vlhkosti. Tento jav je možné vysvetliť intenzívnejším pohybom molekúl, či spôsobuje, že nastúpenie určitej formy prenosu vlhkosti (osmotický, kapilárny) nastáva už pri nižších hodnotách potenciálu vlhkosti. Takto na základe experimentálnych výsledkov dostávame konkrétny priebeh funkčnej závislosti súčiniteľa difúzneho prenosu vlhkosti od potenciálu vlhkosti a teploty pre disperzný koloidný zrnitý materiál.

Riešenie diferenciálnej rovnice (9) pri známych začiatočných a okrajových podmienkach (11), (12) nám umožňuje nájsť $u(x, \tau)$, tj. rozdelenie mernej vlhkosti zrna pozdĺž výšky deleného valca v rozličných časoch. Ak porovnáme riešenia ($\tau_r = 0$, obr. 6; $\tau_r \neq 0$ odpovedá vzťah (13) a obr. 7) s experimentálnymi výsledkami (obr. 8) vidíme, že riešenie pre $\tau_r \neq 0$ lepšie vystihuje skutočné rozdelenie mernej vlhkosti v delenom valci v rozličných časoch. Hodnoty funkcií $u(x, \tau)$ boli vypočítané na samočinnom počítači. Pre určenie parametrov α , τ_r z experimentálne získaných hodnôt boli použité vzťahy (18) a (7), pričom hodnota v_r bola v prvom priblížení určená ako priemerná rýchlosť izopotenciálnej vlhkovostnej hladiny.

Výsledky experimentálnych meraní a riešenia diferenciálnych rovníc ukázali, že aplikácia fenomenologickej termodynamiky nevratných procesov na prenos vlhkosti v kapilárne pórovitých koloidných zrnitých materiáloch (obilniny) je plne oprávnená.

5. Závislosť súčiniteľa difúzneho prenosu vlhkosti od potenciálu vlhkosti pri rozličných teplotách

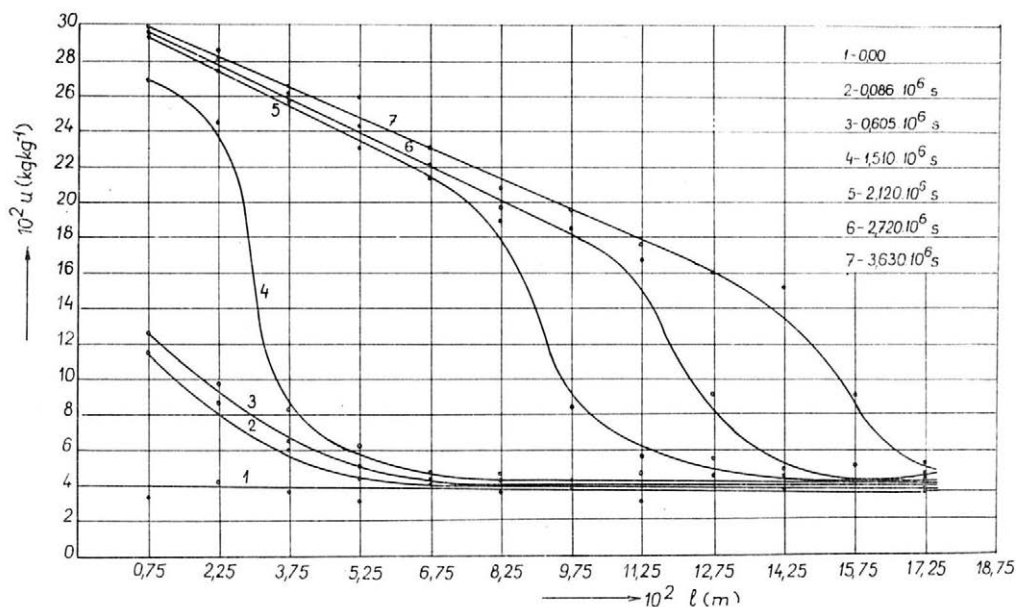


6. Závislosť mernej vlhkosti zrna u od výšky deleného valca l v čase τ prenosu vlhkosti pri 40 °C pre $\tau_r = 0$

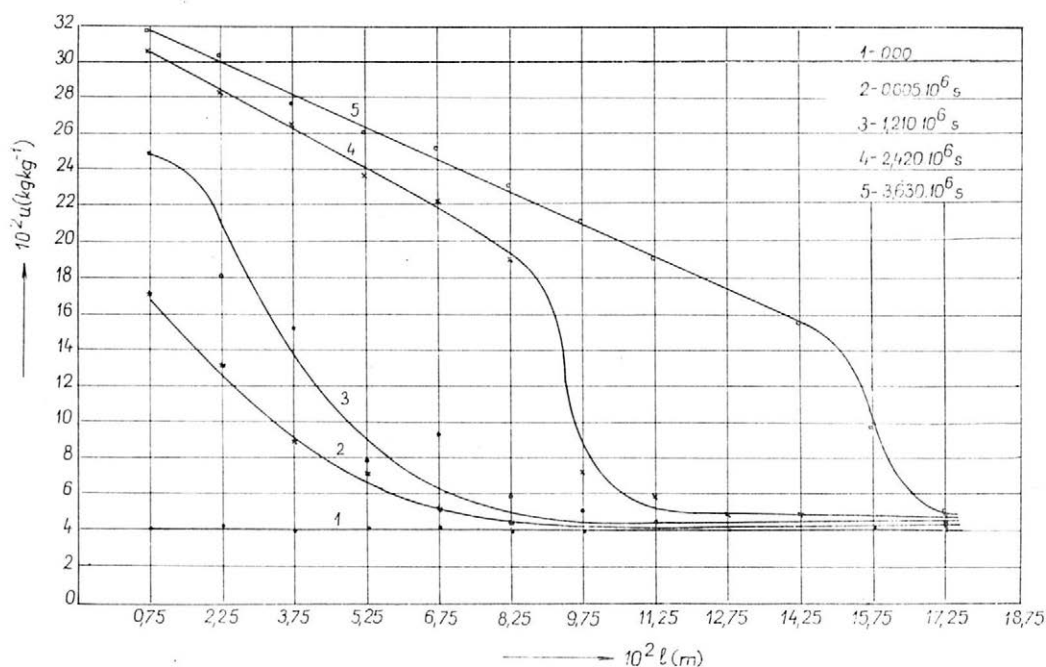
Z Á V E R

Prenos vlhkosti v kapilárne pórovitom koloidnom zrnitom materiáli, akou je vrstva obilných zŕn, je určovaný rozličnými formami prenosu vlhkosti, ktoré sa vzájomne prekrývajú a ovplyvňujú. Preto je výhodnejšie určovať ich sumárny účinok. To dáva možnosť použiť metódy fenomenologickej termodynamiky k štúdiu prenosových javov v biologickom materiáli.

Pri riešení praktických aplikácií sa v technickej praxi predpokladá, že jednotlivé charakteristiky určujúce prenos vlhkosti sú konštantné pre daný materiál. Výsledky experimentu ukazujú, že tieto veličiny nie sú konštantami, ale závisia od vlhkosti a teploty. Zistené závislosti sú graficky znázornené.



7. Závislosť mernej vlhkosti zrna u od výšky deleného valca l v čase τ_r prenosu vlhkosti pri 40°C pre $\tau_r \neq 0$



8. Závislosť mernej vlhkosti zrna u od výšky deleného valca l u experimentálne získaných hodnôt

Literatúra

- ČUDNOVSKIJ A. F., 1962, Teplofizičeskije charakteristiki disperznych materialov. Moskva.
- EKKERT E. R., 1957, Uvedenie v teoriiu teplo i massoobmena. Leningrad.
- GROOT DE S. R., 1956, Thermodynamics of irreversible processes. Prelož. Moskva.
- LYKOV A. V., 1954, Javlenija perenosa v kapilarno-poristych telach., Moskva.
- LYKOV A. V., 1966, Teplo i massoperenos. Tom 4. Minsk.
- LIPATOV S. M., 1948, Fiziko-chimija kolloidov. Moskva.
- NIKITIN L. M., 1963, Tablicy rovnovesnogo udelnogo vlagosoderžanija i energii svjazi vlagi s materialami. Moskva.
- POUCHLY J., 1960, Fyzikální chemie koloidních soustav. Praha.
- PRIGOGINE, 1955, Introduction to thermodynamics of irreversible processes. Přelož. Moskva 1960.
- TERTIČNIK E. I., 1965, Opredelenie vlažnostnych charakteristik stroiteľnych materialov metodom razrezannogo stobca. Minsk. IFŽ 2.
- TICHONOV A. N., 1951, Rovnice matematické fyziky. VTN Praha.
- VALCHAŘ I., 1967, Sušení v chemickém průmyslu. SNTL Praha.

Došlo dne 1. 7. 1971

Перенос влажности в зерновых культурах с точки зрения феноменологической термодинамики необратимых процессов

Перенос влажности в капиллярном пористом коллоидном зернистом материале, как например слой зерна, определяется различными формами переноса влажности, которые взаимно переплетаются и влияют друг на друга. Поэтому более выгодно определять их суммарное действие. Оно дает возможность применить метод феноменологической термодинамики для изучения явлений переноса в биологическом материале.

При решении практического применения в технической практике предполагается, что отдельные характеристики, определяющие перенос влажности, являются постоянными для данного материала. Результаты эксперимента показывают, что эти величины не постоянны, а зависят от влажности и температуры. Установленные зависимости изображены на графике.

Moisture Transfer in Cereals from the Point of View of the Phenomenological Dynamics of Irreversible Processes

The moisture transfer in a capillary porous colloidal granular material such as a layer of cereal grains is determined as different ways of moisture transfer which considerably overlap and interfere with each other. Hence it is more suitable to determine the sum of their effect. This makes it possible to use the methods of phenomenological thermodynamics for the study of the transfer phenomena in the biological material.

In technical practice the solution of the problems of practical applications requires that the different characteristics underlying the moisture transfer should be of constant nature for the given material. The results of the experiment demonstrate that these values are no constant: they vary with moisture content and temperature. The obtained dependences are graphically represented.

Die Übertragung der Feuchtigkeit in den Getreidearten vom Gesichtspunkt der phänomenologischen Thermodynamik der irreversiblen Prozesse

Die Feuchtigkeitsübertragung im kapillar-porösen kolloiden Kornmaterial, wie es die Schicht von Getreidekörnern ist, wird durch verschiedene Formen der Übertragung von Feuchtigkeit bestimmt, die sich gegenseitig überdecken und beeinflussen. Aus diesem Grunde ist die Bestimmung ihrer summarischen Wirkung vorteilhafter. Daraus ergibt sich die Möglichkeit der Verwendung der Methode phänomenologischer Thermodynamik bei der Untersuchung von Übertragungerscheinungen im biologischen Material.

Bei der Lösung von praktischen Applikationen wird in der technischen Praxis vorausgesetzt, daß die einzelnen die Feuchtigkeitsübertragung bestimmenden Charakteristiken für das gegebene Material konstant sind. Die Ergebnisse des Experimentes zeigen, daß diese Größen keine Konstanten sind, sondern daß sie von der Feuchtigkeit und Temperatur abhängig sind. Die ermittelten Abhängigkeiten werden graphisch dargestellt.

Adresa autora:

Ing. Ladislav Škulavík, Vysoká škola poľnohospodárska, katedra fyziky, Nitra

631.171 631.3.004.5/6 330.513

Průměrné stáří jednotlivých strojů v zemědělském provozu je závislé na mnoha faktorech. Tento příspěvek si neklade za úkol tyto příčiny objasňovat, ale pouze upozornit na hlavní z nich a objasnit metodu určování průměrného stáří jednotlivých druhů strojů v provozních podmínkách čs. zemědělství.

Nedostatek strojů na trhu, vysoká pořizovací hodnota, malé roční využití, vysoká konstrukční a technická kvalita, kvalifikovaná obsluha, pečlivé uskladnění v období pracovního klidu a mnoho dalších faktorů má vliv na prodloužení životnosti výrobků zemědělského strojírenství. Půdní a klimatické podmínky ovlivňují životnost v obou směrech. Prodlužování životnosti je efektivní jen do určité hranice. Organizátorské a ekonomické schopnosti vedoucích pracovníků zemědělského podniku napomáhají efektivnímu využití zemědělské techniky; přesahují-li však udržovací náklady ekonomickou hranici, navrhuje se mechanizační prostředky k vrakování. Dobře vedené podniky nemusí udržovat v provozu morálně opotřebované stroje.

Cena jedné hodiny práce zemědělské soupravy je ovlivněna hlavně pořizovací hodnotou soupravy, udržovacími náklady, mzdou, spotřebou pohonných hmot a mazadel, pojištěním a náklady na uskladnění.

Výkonnost zemědělské soupravy ovlivňuje náklady na hektar a s hektarovým výnosem i náklady na jednotku produkce. Životnost zemědělské soupravy nebo její části a výkonnost v průběhu životnosti s počtem hodin odpracovaných soupravou za životnost určují cenu jedné hodiny práce a náklady na jednotku produkce nebo na jednotku plochy. Tyto náklady jsou odvozeny od pořizovací hodnoty soupravy a udržovacích nákladů a představují tedy náklady ovlivněné pouze zemědělskou soupravou.

Velké družstevní a státní zemědělské podniky jsou jednou z předností socialistické soustavy. Velké specializované zemědělské podniky v ČSSR mají všechny předpoklady pro dokonalé využití zemědělských souprav, což dovoluje vrakovat stroje v kratším časovém intervalu.

POSTUP OBECNÉHO ŘEŠENÍ PŘI URČOVÁNÍ PRŮMĚRNÉHO STÁŘÍ STROJŮ

a) Ze statistických údajů zjistíme počáteční stav v roce „O“ — N_0 (ks) a dodávky v jednotlivých letech po roce „O“ — $n_1, n_2, \dots, n_n$ (ks).

b) Stav strojů v roce „n“ — N_n (ks).

Z uvedených známých hodnot vypočítáme počet odepsaných strojů N_v v průběhu let n_1 až n_n .

$$N_v = (N_o + n_1 + \dots + n_x + \dots + n_n) - N_n \quad (\text{ks}) \quad (1)$$

$$N_v = N_o + n_1 + \dots + n_x \quad (\text{ks}) \quad (2)$$

Výchozí rok, ve kterém zjišťujeme počáteční stav strojů v kusech, je vhodné vzít 15 až 20 let před rokem „ n “.

$$T_m^z = 2 T_{pr}^n \quad (\text{roky}) \quad (3)$$

kde: T_m^z — průměrná životnost skupiny vrakovaných strojů (roky)

T_{pr}^n — průměrné stáří strojů používaných v okrese, v kraji, popř. v republice (roky)

Průměrná životnost strojů představuje dvojnásobek průměrného stáří za předpokladu, že stroje jsou dodávány do zemědělských podniků rovnoměrně a že jsou vrakovány vždy stroje nejstarší.

Podmínku rovnoměrnosti dodávek a vrakování strojů nejstarších jsme si zadali při následujícím obecném i experimentálním řešení.

Z rovnice (1) vypočítáme

$$N_n = (N_o + n_1 + \dots + n_x + \dots + n_n) - (N_o + n_1 + \dots + n_x) \quad (\text{ks}) \quad (4)$$

$$N_n = n'_x + \dots + n_n \quad (\text{ks}) \quad (5)$$

Průměrné stáří strojů v roce „ n “ se může vyjádřit takto:

$$T = \frac{n'_x T_x + \dots + n_n T_n}{n'_x + \dots + n_n} \quad (\text{roky})$$

kde: n'_x — část dodávky strojů z roku „ x “, která nebyla odepsána; výjimečně může být odepsáno celé množství z dodávky roku „ x “ — potom bude v rovnici (5) $n'_x = 0$

VÝPOČET PRŮMĚRNÉHO STÁŘÍ TRAKTORŮ

V ČS. ZEMĚDĚLSTVÍ K 1. 1. 1970

Počet traktorů v zemědělství ČSSR

k 31. 12. 1953 28 706 kusů,

k 31. 12. 1969 134 432 kusů.

V průběhu let 1954 až 1969 byly dodány do čs. zemědělství 174 342 traktory (tab. I), které spolu s inventárním počtem v roce 1953 činily celkem 203 048 kusů. V tomto období bylo vyvrakováno 68 612 traktorů. Jsou-li vrakovány vždy nejstarší traktory, budou koncem r. 1969 odepsány všechny traktory z r. 1953 (28 706 kusů), dodávky za

I. Dodávky traktorů v jednotlivých letech ($n_1, \dots, n_n$)

Rok	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
Dodávky v kusech	3238	5310	6846	8338	9481	12635	15505	13954
Rok	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Dodávky v kusech	16184	11907	16210	15142	14474	7597	10595	6926

leta 1954 až 1958 a 6693 kusy z dodávky v roce 1959. K 31. 12. 1969 byly ve stavu traktorů z roku 1959 až 1969. Nejstarší byly 10,5 roku staré a nejmladší dodávka z roku 1969 byla v průměru půl roku stará.

Tab. II podává přehled o procentickém zastoupení věkových kategorií traktorů. Průměrné stáří traktorů se vypočítá dosazením údajů do rovnice (6)

$$T_{pr}^n = \frac{5942 \cdot 10,5 + \dots + 6926 \cdot 0,5}{134\,436} = 5,75 \quad (\text{roky}) \quad (6)$$

nebo pomocí procentického zastoupení dodávek traktorů v jednotlivých letech, tj. k 1. 1. 1970 (tab. II)

$$T_{pr}^n = \frac{10,5 \cdot 4,421 + \dots + 0,5 \cdot 5,152}{100} = 5,75 \quad (\text{roky}) \quad (7)$$

II. Procentické zastoupení věkových kategorií traktorů

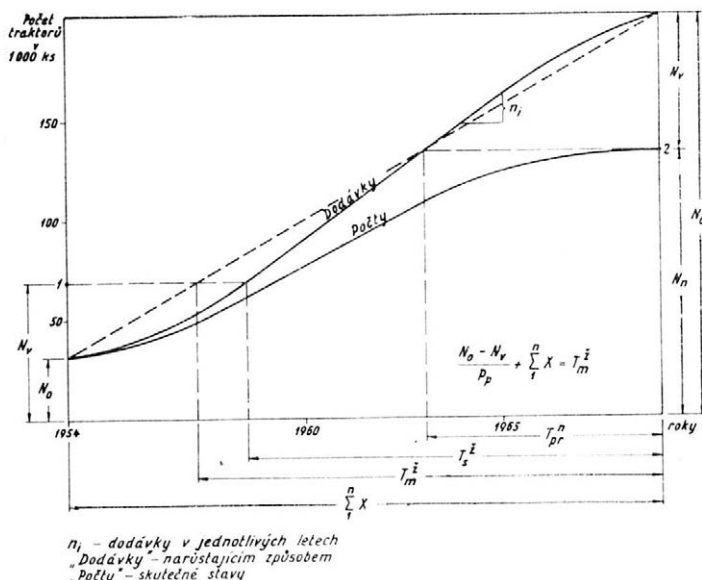
Rok	Roční dodávka			
	podíl	kusy	%	průměrné stáří
1959	část	5 942	4,421	10,5
1960	celá	15 505	11,533	9,5
1961	celá	13 954	10,380	8,5
1962	celá	16 184	12,038	7,5
1963	celá	11 907	8,857	6,5
1964	celá	16 210	12,058	5,5
1965	celá	15 142	11,263	4,5
1966	celá	14 474	10,766	3,5
1967	celá	7 597	5,651	2,5
1968	celá	10 595	7,881	1,5
1969	celá	6 926	5,152	0,5
Celkem stav k 1. 1. 1970		134 436	100,000	

Podle uvedené metody zjistíme nejen průměrné stáří traktorů v čs. zemědělství, ale i jejich průměrnou životnost. Dá se tedy předpokládat, že budou vrakovány traktory (v r. 1970 až 1972) 11 let staré. Je možné, že jsou v malém množství v čs. zemědělství traktory starší než 11 let, ale to znamená, že v některých případech jsou vrakovány traktory mladší než 11 let.

Skutečnost ještě přesněji vyjadřuje obr. 1, který ukazuje přibližně stejné hodnoty jako výpočet. Rozdíl je pouze v životnosti, protože při matematické metodě jsme přijali přírůstek v lineární závislosti. Na obr. 1 je znázorněna i lineární závislost a hodnota

$$T_m^z = 2 T_{pr}^n$$

Skutečnou životnost traktorů zachycuje metoda grafická. Průměrné stáří traktorů je přibližně stejné jak při lineární závislosti přírůstku traktorů na čase, tak při závislosti nelineární (tj. skutečné), protože obě křivky se v uvedeném místě téměř dotýkají (obr. 1).



1. Grafické řešení průměrného stáří traktorů

T_s^z se musí prodloužit za předpokladu, že se roční dodávky v průběhu páté pětiletky budou pohybovat kolem 10 tisíc traktorů. Udržení T_s^z na stejné úrovni by znamenalo snižování počtu traktorů; z hlediska požadavků komplexní mechanizace však není možné v budoucnu stavy traktorů snižovat.

Při odpisování traktorů z evidence, tj. při vrakování traktorů ve stáří 10,5 roku, by bylo třeba odepsat:

- v roce 1970 — 13 500 traktorů
- 1971 — 14 500 traktorů
- 1972 — 15 000 traktorů
- 1973 — 14 000 traktorů atd.

Toto tempo vrakování není možné dodržet, protože by stavy traktorů klesly v r. 1973 cca o 16 000 kusů proti roku 1969.

S přechodem na vyšší výkonnostní třídu u traktorů je možné, že se stavy nebudou podstatně zvyšovat, neměly by se však snižovat, ani by se neměla prodlužovat životnost. Řešení je pouze ve vyšších ročních dodávkách, a to na úrovni let 1960 až 1966, neboť tyto dodávky budou muset být v příštích letech vyvrakovány.

VYSVĚTLENÍ KE GRAFICKÉMU ŘEŠENÍ PRŮMĚRNÉHO STÁŘÍ TRAKTORŮ V SOCIALISTICKÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH ZÁVODECH ČSSR

Graf je sestrojen na základě početních stavů traktorů a kusových dodávek v jednotlivých letech počínaje rokem 1954.

1. Křivka označená „Dodávky“ je sestrojena ze skutečných dodávek narůstajícím způsobem.
2. Křivka označená „Počty“ vyjadřuje skutečné počty traktorů v jednotlivých letech vždy k 1. 1.
3. Přerušovaná čára představuje teoretickou závislost dodávek traktorů na čase, tzn., že představuje rovnoměrné dodávky v průběhu let 1955 až 1969.
4. $N_v + N_n = N_o + n_1 + \dots + n_n$

Grafickou metodou je možné řešit skutečnou dobu používání strojů (T_m^z) v provozu, tj. životnost. Průměrné stáří strojů je podle rovnice (3) polovina T_m^z . Skutečnou dobu setrvávání traktorů v zemědělských podnicích (T_s^z) zjistíme, vedeme-li rovnoběžku z bodu „1“ s časovou osou a z průsečíku s křivkou „Dodávky“ spustíme kolmici na časovou osu.

Pro dostatečně přesné výpočty stáří zemědělských strojů v zemědělském provozu můžeme použít rovnice:

$$T_{pr}^z = \frac{N_o - N_v}{P_p} + \sum_1^n X \quad (\text{roků}) \quad (8)$$

kde: N_o — stav strojů před šesti až deseti lety (ks)

N_r — počet vyřazených strojů za období od N_o až do roku, ve kterém chceme určit nejstarší traktory (nebo jiné stroje) (ks)

P_p — průměrné dodávky strojů v posledních letech (ks · rok⁻¹) Při zmenšování dodávek roste hodnota $\frac{N_o - N_v}{P_p}$ a setrvávání v provozu se prodlužuje

$\sum_1^n X$ — časový interval, za který se určuje počet odepsaných traktorů (nebo jiných strojů);
 N_v (roky)

Podle rovnice (8) bylo vypočítáno, že v socialistických zemědělských podnicích jsou vrakovány kolové traktory ve stáří 10,72 let a pásové ve stáří 12,84 let.

Tato metoda výpočtu je dostatečně přesná, aby se dala použít při plánovacích prognózách v oblasti zemědělské techniky.

Z Á V Ě R

Statistické údaje o zemědělské mechanizaci v socialistických zemědělských podnicích Československa poskytují přehled o stavech a dodávkách hlavních druhů strojů v delší časové řadě. Neustálé sledování průměrného stáří nebo průměrné životnosti jednotlivých druhů strojů v krajích a republikách nebo v jednotlivých sektorech může ukázat, ve kterých krajích jsou stroje nejstarší. Plynulý vývoj nákupu traktorů a zemědělských strojů byl narušen zrušením přidělového systému a zvýšením pořizovacích cen.

Uvedený postup řešení nemá praktický význam pro jednotlivé zemědělské podniky, ale je vhodný pro zjišťování průměrného stáří i doby setrvávání každého typu stroje v zemědělských podnicích na úrovni krajů, okresů a republik. Jsou-li státem stanovena kritéria nasycenosti zemědělskou technikou a doby setrvávání v provozu, je možné podle této metody snadno určit potřebné roční dodávky i vrakování.

Došlo dne 9. 3. 1971

Вычисление среднего возраста машин в социалистических сельскохозяйственных предприятиях Чехословакии

Статистические данные о сельскохозяйственной механизации в социалистических сельскохозяйственных предприятиях Чехословакии дают обзор численности и поставок главных видов машин за длительный отрезок времени. Постоянное изучение среднего возраста или среднего срока службы отдельных видов машин в областях и республиках или в от-

дельных секторах может показать, в каких областях машины имеют максимальный срок службы. Нарушение непрерывного развития закупки тракторов и сельскохозяйственных машин было вызвано ликвидацией карточной системы и повышением покупных цен.

Приведенный способ решения не имеет практического значения для отдельных сельскохозяйственных предприятий, но пригоден для установления среднего возраста и срока службы у каждого типа машин в сельскохозяйственных предприятиях областного, районного и республиканского масштабов. Имеются ли в наличии установленные государством критерии насыщенности сельскохозяйственной техникой и длительности эксплуатации то по этому методу можно легко определить размер ежегодных необходимых поставок и списываний.

Computation of the Average Age of Machines in Agricultural Socialist Enterprises in Czechoslovakia

Statistic information on agricultural mechanization in agricultural socialist enterprises in Czechoslovakia give a survey of the numbers and deliveries of the main kinds of machines during a longer period of time. A continuous observation of the average age or the average service time of each kind of machine in counties and republics or in each sector can show the counties with the oldest machines. The lifting of rationing and the increase of cost prices caused a disturbance of the continuous development of the purchase of tractors and agricultural machines.

The mentioned process of solution is of practically no importance for the various agricultural enterprises but it is suitable to determine the average age as well as the time each type of machine remains in agricultural enterprises on the level of counties, districts and republics. If criterions of saturation with agricultural technique and of the time of remaining in operation are determined by the state, it is possible to determine easily the necessary yearly deliveries as well as wreckage with this method.

Errechnung des Durchschnittsalters der Maschinen in sozialistischen landwirtschaftlichen Betrieben der Tschechoslowakei

Statistische Angaben über landwirtschaftliche Mechanisierung in sozialistischen landwirtschaftlichen Betrieben der Tschechoslowakei geben eine Übersicht über die Stände und Lieferungen der wichtigsten Maschinenarten im Laufe eines längeren Zeitabschnitts. Eine ständige Verfolgung des Durchschnittsalters oder der Durchschnittslebensdauer der einzelnen Maschinenarten in Kreisen und Republiken oder in den einzelnen Sektoren kann zeigen, in welchen Kreisen die Maschinen am ältesten sind. Die Störung der kontinuierlichen Entwicklung des Ankaufs von Traktoren und Landmaschinen wurde durch die Aufhebung des Zuteilungssystems und Erhöhung der Anschaffungspreise verursacht.

Das angeführte Lösungsverfahren ist für die einzelnen landwirtschaftlichen Betriebe praktisch von keiner Bedeutung, jedoch es eignet sich für die Ermittlung des Durchschnittsalters und der Zeit, für die jeder Maschinentyp in landwirtschaftlichen Betrieben auf dem Niveau der Kreise, Bezirke und Republiken bleibt. Falls vom Staat die Kriterien der Sättigung mit der landwirtschaftlichen Technik und der Dauer des Inbetriebbleibens bestimmt sind, ist es möglich laut dieser Methode die notwendigen jährlichen Lieferungen sowie die Abschreibung leicht zu bestimmen.

Rukopis odevzdán k tisku 31. 1. 1972 — Popsáno k tisku 4. 4. 1972

Adresa autorů:

Ing. Josef Oubrecht, CSc., Vysoká škola zemědělská, Praha 6 - Suchbátov
Ing. Helena Oubrechtová, Federální statistický úřad, Praha 8

Procházka J.: Výsledky experimentálního výzkumu dynamického zatížení návěsů	193
Wanner J.: Zjišťování půdních odporů působících při orbě na pluhové těleso přívěsného pluhu	215
Souček Z.: Výsledky experimentálních prací na mléčném potrubí dojitých strojů, získané v laboratorních podmínkách	227
Škulavík L.: Přenos vlhkosti v obilninách z hlediska fenomenologické termodynamiky nevratných procesů	249
Oubrecht J., Oubrechtová H.: Výpočet průměrného stáří strojů v socialistických zemědělských podnicích Československa	261



СОДЕРЖАНИЕ

Проходка Й.: Результаты экспериментального исследования динамической нагрузки полуприцепов (210). — Ваннер Й.: Определение сопротивления почвы, действующего во время пахоты на корпус прицепного плуга (223). — Соучек З.: Результаты экспериментальных работ по молочным трубам доильных машин, полученные в лабораторных условиях (244). — Шкулавик Л.: Перенос влажности в зерновых культурах с точки зрения феноменологической термодинамики необратимых процессов (257). — Оубрект Й., Оубректова Г.: Вычисление среднего возраста машин в социалистических сельскохозяйственных предприятиях Чехословакии (263).

CONTENT

Procházka J.: Results of Experimental Research of Dynamic Loading of Semi-Trailers (212). — Wanner J.: Determination of Soil Resistance Exerted on the Plough Body of the Trailed Plough in the Course of Operation (226). — Souček Z.: Results of Experimental Work on Pipe-Line Milking Systems obtained under Laboratory Conditions (246). — Škulavík L.: Moisture Transfer in Cereals from the Point of View of the Phenomenological Dynamics of Irreversible Processes (259). — Oubrecht J., Oubrechtová H.: Computation of the Average Age of Machines in Socialist Enterprises in Czechoslovakia (266).

INHALT

Procházka J.: Experimentelle Forschungsergebnisse der dynamische Belastung der Anhänger (212). — Wanner J.: Die Ermittlung von den beim Pflügen auf den Pflugkörper des Anhängerpfluges wirkenden Bodenwiderständen (226). — Souček Z.: Ergebnisse der mit Milchleitungen der Melkautomaten im Labor durchgeführten Versuchsarbeiten (247). — Škulavík L.: Die Übertragung der Feuchtigkeit in den Getreidearten vom Gesichtspunkt der phänomenologischen Thermodynamik der irreversiblen Prozesse (259). — Oubrecht J., Oubrechtová H.: Errechnung des Durchschnittsalters der Maschinen in sozialistischen landwirtschaftlichen Betrieben der Tschechoslowakei (266).

TABLE DES MATIÈRES

Procházka J.: Résultats de la recherche expérimentale portant sur la charge dynamique de la semi-remorque (rés. An, Al/212). — Wanner J.: Identification des résistances du sol agissant pendant le labour sur le corps de charrue de la charrue tractée (rés. An, Al/226). — Souček Z.: Résultats des

travaux expérimentaux effectués sur la tuyauterie des machines à traire, obtenus dans les conditions de laboratoire (rés. An/246, Al/247). — Škulavík L.: Transmission de l'humidité dans les céréales du point de vue de la thermodynamique phénoménologique des processus irréversibles (rés. An, Al/259). — Oubrecht J., Oubrechtová H.: Calcul de l'âge moyen des machines dans les entreprises socialistes agricoles de Tchécoslovaquie (rés. An, Al/266).

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborového tisku, Jindřišská ul. 14, Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova 22, Praha 2.