



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA



5

ROČNÍK 19 (XLVI)
PRAHA
KVĚTEN 1973
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 Piša, ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Šteffl, ing. Alois Vávra, CSc., Josef Višinský, CSc.

Vedoucí redaktorka ing. Jovanka Václavičková

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1973

■
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: 120 56 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. Издает Чехословацкая сельскохозяйственная академия — Институт научно-технической информации. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезка 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 120 56 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 120 56 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 Informations Scientifiques et Techniques. Paraît une fois par mois. Rédaction 120 56 Prague 2, Slezská 7.

NOVÉ METÓDY VÝSKUMU AGROFYZIKÁLNYCH VLASTNOSTÍ POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PRODUKTOV A MATERIÁLOV

J. Tomovčík, P. Ondruš

Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, Rovinka pri Bratislave

TOMOVČÍK J., ONDRUŠ P. *Nové metódy výskumu agrofizikálnych vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov.* Zem. technika 19 (5) : 245—260, 1973.

V práci sú rozpracované a výskumne overené nové metódy výskumu fyzikálno-mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov. Doteraz tento výskum nemal ujednotené metódy a meráciu a snímáciu techniku. Bol prevádzaný viac-menej jednoúčelovými prístrojmi vyvinutými na výskumných pracoviskách, alebo prístrojmi používanými v iných vedných odboroch. Vo väčšine prípadov išlo o prístroje, ktorých meracie zariadenie pracuje na mechanickom princípe pomocou mernej spružiny. V našom prípade bol pre tento výskum za statických podmienok, chápaný komplexne a univerzálne, použitý prístroj INSTRON - model 1112 s tenzometrickými snímačmi, zapisovačom a integrátorom. Boli vypracované metódy a k jednotlivým meraniam potrebné prípravky pre výskum fyzikálno-mechanických vlastností. Ako pracovný model bola volená kukurica pestovaná na zrna. Boli skúmané tieto fyzikálno-mechanické vlastnosti: medza pevnosti stebľa na stlačovanie, medza pevnosti pri stlačovaní zrna, medza pevnosti stebľa na ohyb do zlomu, odpor stebľa na strih, sila na uvoľnenie zrna zo šúľka vytrhávaním a sťahovaním, medza tvrdosti kukuričného zrna, medza pevnosti stebľa na ťah, oddelovanie listov zo šúľkov odtrhávaním, medza pevnosti listov na ťah do roztrhnutia, oddelovanie šúľkov od stebľa odtrhávaním. Na kyvadlovom prístroji boli overené metódy pre výskum medze pevnosti stebľa na strih a ráz za dynamických podmienok. Prístroje i volené výskumné metódy sa plne osvedčili ako z hľadiska činnosti prístrojov, snímačov a prípravkov, tak aj z hľadiska univerzálnosti a komplexnosti prevádzaného výskumu agrofizikálnych vlastností. Metódy budú využité vo vlastnom výskume fyzikálno-mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov, pri výskume, vývoji a konštrukcii poľnohospodárskych strojov aj pri kvalitatívnom hodnotení poľnohospodárskych plodín z hľadiska vhodnosti pre komplexnú mechanizáciu.

agrofizika; metódy výskumu; fyzikálno-mechanické vlastnosti

Agrofyzika patrí medzi hraničné vedné odbory. Jej rozvoj sa urýchľuje len v poslednom období. Podnetom k tomu je komplexný vedecký prístup k riešeniu návažných vedných odborov, a to predovšetkým výskumu mechanizačných prostriedkov pre poľnohospodárstvo a výskumu kvalitatívnych znakov poľnohospodárskych produktov, materiálov a pôdy ako materiálov, ktoré majú biologický charakter.

V tejto práci sa budeme zaoberať niektorými metódami a zariadeniami pre výskum fyzikálno-mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov. Cieľom je komplexne riešiť základné fyzikálno-mechanické vlastnosti za statických a dynamických podmienok vhodnou voľbou meracích prístrojov a zariadení a voľbou vhodných výskumných metód aplikovateľných na vybrané prístroje.

Problematikou agrofyzikálneho výskumu sa zaoberajú mnohé zahraničné vedecké pracoviská. Najdôslednejšie je táto problematika výskumne spracovaná v ZSSR. Kolektív autorov vydal publikáciu (1970), ktorá zhrňuje výsledky výskumu agrofyziky v celom ZSSR. Sú tu uvedené všeobecné zásady metód výskumu fyzikálno-mechanických vlastností od výberu parcieliek pre výskum cez spôsoby odoberania vzoriek, ich príprava k výskumu na prístrojoch, metódy určenia rozmerovo-váhových charakteristík, metódy určenia vlastností na ťah, ohyb, stláčanie, až po prístroje, ktorými sú tieto vlastnosti zisťované.

Z prístrojov a k nim používaných metód merania rastlinných organizmov sú uvádzané hlavne tie, ktoré majú univerzálnejšie použitie, ako napr. extenzometer ET-5, dynamograf — DR-100, dynamograf malých síl D-10, kyvadlový prístroj MK a pod.

Extenzometer ET-5 sa používa na výskum ťahových vlastností; použitím prípravku — reverzného stolíka môže sa merať sila a deformácia pri stláčaní vzorky. Ide o pružinový princíp, teda o mechanický spôsob zisťovania síl a deformácií.

Dynamograf DR-100 sa používa predovšetkým na výskum odporu rastlín pri strihu a ohybe. Pomocou prispôbení a prípravkov možno ho použiť tiež na výskum pri stláčaní a ťahaní meranej vzorky. Princíp merania je zase mechanický, pomocou stláčanej pružiny, od ktorej je prevod na zapisovacie zariadenie. Dynamograf D-10 pracuje na tom istom princípe s tým rozdielom, že jeho maximálna sila je do 10 kp.

Všetky uvedené prístroje sú používané pri výskume fyzikálno-mechanických vlastností za statických podmienok.

Kyvadlový prístroj MK je určený na výskum fyzikálno-mechanických vlastností za dynamických podmienok. Prístroj umožňuje určiť energiu (prácu) potrebnú na tú alebo inú deformáciu — strih, ráz a pod.

U nás dosiaľ nie sú známe prístroje, ktoré by boli špeciálne konštruované a vyrábané pre výskum fyzikálno-mechanických vlastností; pokiaľ sa na jednotlivých pracoviskách touto problematikou zaoberajú, používajú buď prístroje a prípravky vlastnej konštrukcie, alebo sa snažia využiť prístroje používané vo výskume a hodnotení iných, najmä kovových materiálov. Pritom každý z týchto prístrojov je viacmenej len jednoúčelový, prípadne s veľmi obmedzenými možnosťami univerzálneho využitia. Takéto prístroje sú u nás používané hlavne na VÚZT Praha-Řepy, ktorý je hlavným pracoviskom z odboru agrofyziky v ČSSR. Ako uvádza zverečnená výskumná správa z VŠP Nitra (1971), aj tu boli použité rôzne prístroje vlastnej výroby a niektoré aj továrensky vyrábané (trhacie stroje) na zisťovanie agrofyzikálnych vlastností stebelnatých plodín. Zase ide o prístroje viacmenej jednoúčelové, pracujúce na princípe mechanikom, ale v niektorých prípadoch aj s použitím tenzometrických snímačov.

Z modernejších a univerzálnejších zahraničných prístrojov, ktoré sa používajú aj u nás v rôznych oblastiach výskumu a skúšobníctva mimo poľnohospodárstva, je známy prístroj INSTRON. Ako uvádza firemná literatúra a publikácie, prístroj je využívaný na výskum ťahových, ohybových a tlakových vlastností v takých oblastiach výskumu, ako sú textilie, kovy, umelé hmoty, guma, stavebné materiály, potraviny, papier, celulóza a pod. Ba dokonca sa objavujú aj v odbornej literatúre prvé práce o využívaní prístroja INSTRON na úseku poľnohospodárskych produktov (Morro w, Mohsenin 1966, Somers 1965, Bourne, Moyer, Hand 1966). Ich práce zase nie sú zamerané na komplexný výskum, ale len na malý počet vlastností a vôbec sa neorientujú na hlavné poľnohospodárske plodiny.

Cieľom nášho výskumu bolo preštudovať možnosti použitia univerzálneho prístroja, ktorý by za statických podmienok bol schopný previesť výskumné merania fyzikálno-mechanických vlastností rastlinných produktov a materiálov s požadova-

nou presnosťou a výkonnosťou. Z literatúry vyplynulo, že za súčasných podmienok najvhodnejší bude prístroj INSTRON, ktorým je možné previesť výskum materiálov a produktov na ťah, ohyb, tlak a strih.

Pokiaľ ide o niektoré vlastnosti za dynamických podmienok, postavili sme si za cieľ zhotoviť prístroj na princípe kyvadla pre výskum síl pri ráze a strihu stebelnatých produktov a materiálov.

METODIKA

Obsah tejto práce je metodologicko-experimentálneho charakteru, je potrebné vytypovať základné fyzikálno-mechanické vlastnosti s ohľadom na nutnosť ich poznania pre ďalší výskum technologického charakteru a pre výskum pracovných mechanizmov poľnohospodárskych strojov, ako aj pre podklady normatívov kvalitatívnych znakov rastlinných produktov a materiálov, ktoré sú biologického charakteru a ktoré umožnia prevádzkať hodnotenie aj v oblasti šľachtiteľskej, genetickej a praktickej agrotechniky.

Ako pracovný model bola volená jedna zo základných poľnohospodárskych plodín — zrnovín — kukurica pestovaná na zrno. Pre možnosti porovnania boli volené dva u nás pestované hybridy juhoslovanského pôvodu, a to VISCONSIN-270 a ZPDC-455. Tieto hybridy sú pestované na JRD Rovinka, odkiaľ boli odoberané vzorky. Výskum bol prevádzaný v období piatej fázy zrelosti kukurice — v zberovej zrelosti, po dobu dvoch týždňov. Metodika predpisovala vykonať výskum každý deň u jedného hybridu, takže výskum jedného variantu bol prevádzaný každý druhý deň.

Pre vlastný výskum boli vytypované tieto základné vlastnosti:

1. charakteristika porastu,
2. rozmerová, váhová a vlhkostná charakteristika kukurice,
3. vlastné fyzikálno-mechanické vlastnosti kukurice.

V tejto práci hodnotíme metodický postup výskumu vlastných fyzikálno-mechanických vlastností.

Pre výskum boli vytypované tieto fyzikálno-mechanické vlastnosti skúmané za statických podmienok:

1. medza pevnosti stebľa v tlaku,
2. medza pevnosti zrna v tlaku,
3. medza pevnosti stebľa v ohybe do zlomu,
4. medza pevnosti stebľa v strihu,
5. sila na uvoľnenie zrna z vretena
 - a) vytrhávaním,
 - b) ťahovaním (princíp moržovania),
6. tvrdosť kukuričného zrna,
7. medza pevnosti stebľa v ťahu,
8. odtrhávanie listenôv zo šúľkov,
9. medza pevnosti listenôv v ťahu,
10. odtrhávanie šúľkov od stebľa.

Za dynamických podmienok:

1. medza pevnosti stebľa v strihu,
2. medza pevnosti stebľa pri ráze.

Na výskum jednotlivých druhov meraní za statických podmienok bol použitý prístroj INSTRON model 1112. Technická charakteristika prístroja:

INSTRON — model 1112 je univerzálny prístroj určený pre výskum a testovanie materiálov na zataženie do 500 kp. Je to stolový model (obr. 1) pracujúci na princípe vysoko citlivého elektronického systému. Je mnohostranný a presný pri výskume a testovaní materiálov na ťah, tlak, ohyb a ďalšie vlastnosti.

Stolový model INSTRON-1112 merá zataženia od 2 p do 500 kp pri synchrónnej rýchlosti posuvného stola od 0,5 do 100 cm.min⁻¹. Merania môžu byť prevádzkané pri rýchlostiach posuvu 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 25; 50; 100 cm.min⁻¹, pri spätnom chode 5; 10; 20; 25; 100 cm.min⁻¹. S týmito rýchlosťami sa synchronizuje posun zapisovacieho papiera, a to v rozsahu 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 100 cm.min⁻¹ pri ľubovoľnom pomere rýchlostí stola a zapisovača. Maximálna rýchlosť pohybu zapisovacieho pera je 1 sec na rozsah celej stupnice. Maximálna presnosť registrácie zataženia je 3 sec pre celý rozsah pri presnosti 1 %.

Prístroj pracuje presne v rozdielnych podmienkach prostredia a pri akomkoľvek rozsahu zataženia. Prístroj tým spojuje v sebe vysokú citlivosť a presnosť, vysokú spoľahlivosť a rozsiahle možnosti použitia.

Okrem mnohých iných pomocných zariadení a prispôsobení INSTRON má aj integrátor. Pomocou elektromagnetického integrátora je možno automaticky integrovať diagram závislosti deformácie na namáhaní, prípadne iných premenných veličinách. Integrátor sa vyznačuje vysokou rýchlosťou a maximálnou stabilitou. Môže sa nastaviť tak, že bude prevádzať integráciu nielen podľa osy *x*, ale tiež podľa osy *y*.

Maximálny zdvih pohyblivého stola je 1117 mm. Skutočný zdvih je menší a závisí od rozmerov zachytávacích zariadení, prípravkov a skúmaných vzoriek.

Zdroj energie: 220/240 V, 50 Hz, jednofázový

Rozmery:

vzdialenosť medzi stĺpkami 3750 mm

rám testovacieho prístroja: dĺžka 660 mm

šírka 650 mm

výška 1460 mm

zapisovač s príslušenstvom: dĺžka 560 mm

šírka 530 mm

výška 990 mm

Hmotnosť:

testovacieho prístroja: 170 kg

zapisovača s príslušenstvom: 90 kg

Pri našich výskumoch bol použitý INSTRON so zapisovacím zariadením a integrátorom (obr. 1).

Fyzikálno-mechanické vlastnosti za dynamických podmienok boli skúmané na tzv. kyvadlovom prístroji (obr. 2). Prístroj na princípe fyzikálneho kyvadla bol navrhnutý a vyrobený na VÚPT v Rovinke. Pozostáva zo štvorbodového podstavca 1, na ktorom je upevnená nosná vertikálna trúbka 2. V hornej časti trúbky je rameno 3, na ktorom pomocou ložiska je výsuvne upevnené vlastné kyvadlo. Kyvadlo v dolnej časti má výsuvné rameno 4 a posuvné závažie 5. Na výsuvné rameno kyvadla sa montujú prípravky pre vlastné deformačné účinky (strih, ráz). Na ramene 3, kde je uložené ložisko kyvadla, je upevnená kruhová stupnica uhlomeru 6 a na ložisku sa nachádza predĺžený jazýček 7, ktorý ukazuje stupne vychýlenia kyvadla.

Na kruhovom uhlomeri je otočne uchytaná zarážka 8, do ktorej naráža jazyček pri prechode kyvadla na druhú stranu po vykonaní deformačného účinku. Zarážka ukáže na stupnici uhol prekmitu kyvadla.

Táto konštrukcia nám umožňuje prevádzať hodnotenia deformačných síl výpočtom (obr. 3)

$$A = Q \cdot r (\cos \alpha - \cos \beta) \quad \text{Nm; N, m} \quad (1)$$

kde: A — práca vynaložená na deformačné účinky (Nm)

Q — sila (N); $Q = g \cdot m = 9,81 \cdot m$ (N; ms^{-2} , kg)

m — hmotnosť kyvadla (kg)

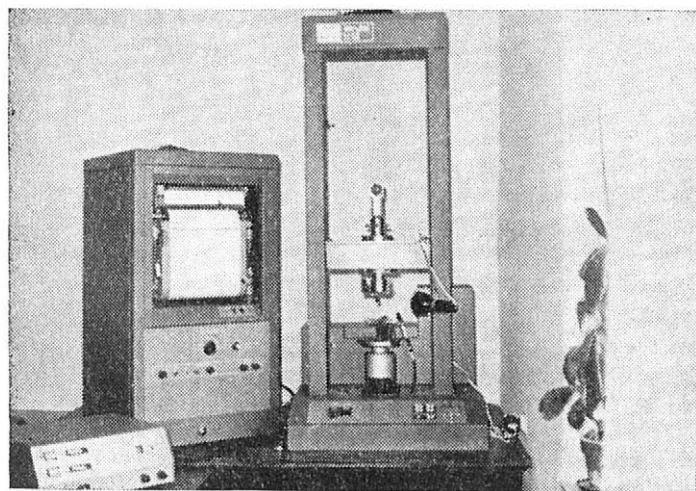
r — vzdialenosť ťažiska kyvadla od stredu otáčania (m)

α — uhol prekmitu po prevedení deformačného účinku

β — uhol prekmitu po spustení kyvadla „naprázdno“ bez skúšanej vzorky; následkom rôznych odporov je vždy o niečo menší ako uhol β_0 , z ktorého spúšťame kyvadlo; β sa musí zistiť pre rôzne β_0 experimentálne

V našom prípade kyvadlový prístroj bol zdokonalený tým, že pod horizontálnou doskou stojana bol upevnený tenzometrický snímač, na ramene ktorého bola upevnená čelust, do ktorej sa zachytávali skúmané vzorky materiálu. Deformačné sily snímané tenzometrickým snímačom boli registrované zapisovačom (obr. 4).

Pre výskum fyzikálno-mechanických vlastností za statických podmienok na prístroji INSTRON boli zhotovené potrebné prípravky a overené vlastné metódy výskumu pri jednotlivých druhoch meraní.

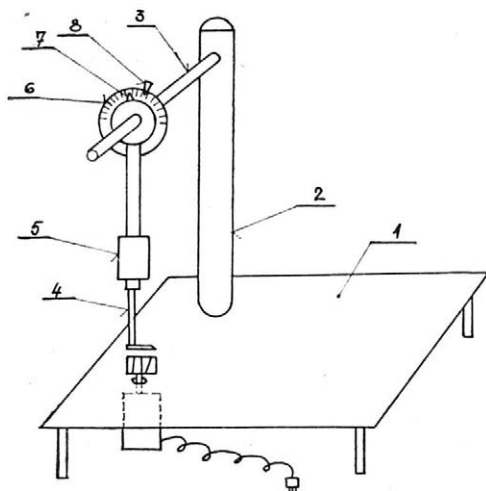


1. Prístroj INSTRON, Model 1112 so zapisovacím zariadením a integrátorom

MEDZA PEVNOSTI STEBLA V TLAKU

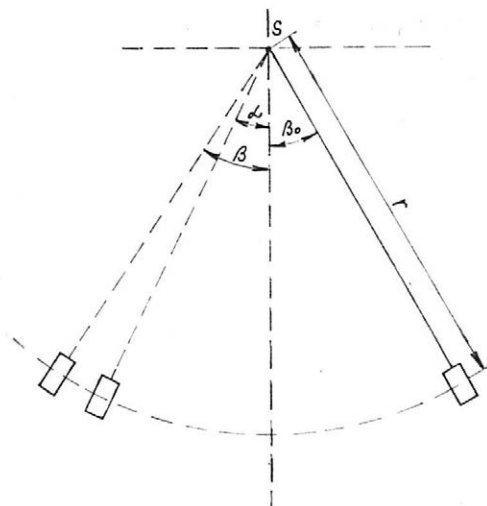
Prípravok pozostával z dvoch kovových valcových plôch o polomere zaoblenia 40 mm, medzi ktoré sa vložilo stláčané steblo. Stláčanie bolo prevádzkané kolmo na menší (hrúbka) a väčší rozmer (šírka) stebľa (obr. 5). Deformačné sily boli zaznamenávané pri 20%, 40% a 60% deformácii stebľa vychádzajúc z pôvodne namera-ného rozmeru stebľa.

Prípravok i metóda skúmania sa dobre osvedčili a umožňujú týmto spôsobom prevádzať hodnotenia deformačných síl pri rôznych stupňoch stláčania a deformácie stebľa. Prístroj INSTRON svojou automatikou umožňuje nastavovať požadované stupne deformácie.

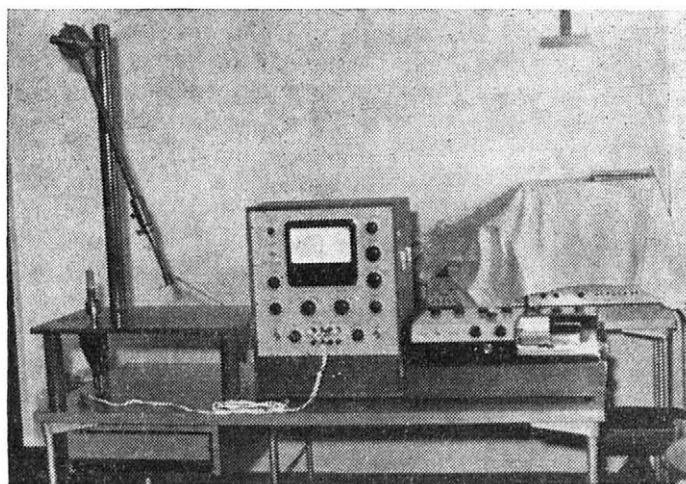


2. Kyvadlový prístroj

- | | |
|------------------|-----------|
| 1 podstavec | 5 závažie |
| 2 nosná trubka | 6 uhlomer |
| 3 rameno | 7 jazýček |
| 4 výsuvné rameno | 8 nárazka |



3. Schéma činnosti kyvadla



4. Kyvadlo s meracím a zapisovacím prístrojom

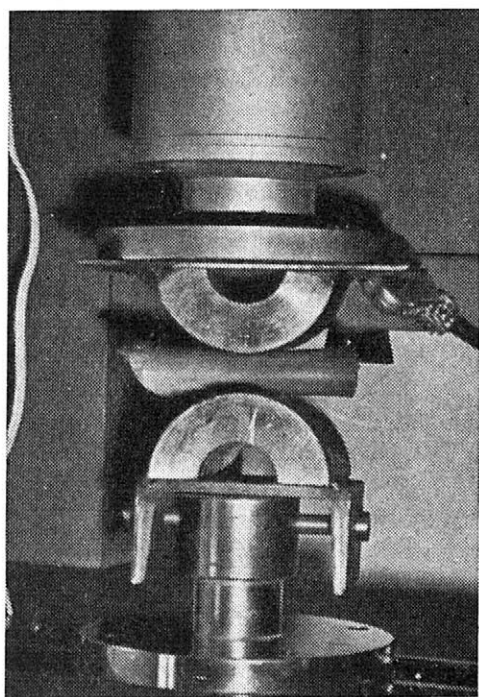
MEDZA PEVNOSTI ZRNA V TLAKU

Výskum bol prevádzaný pomocou podobného prípravku, kde zrno bolo stláčané medzi valcovou a rovinnou plochou. Zrno bolo stláčané kolmo na tri základné rozmery zrna — šírku, hrúbku a dĺžku, do porušenia kutikulárnej vrstvy zrna.

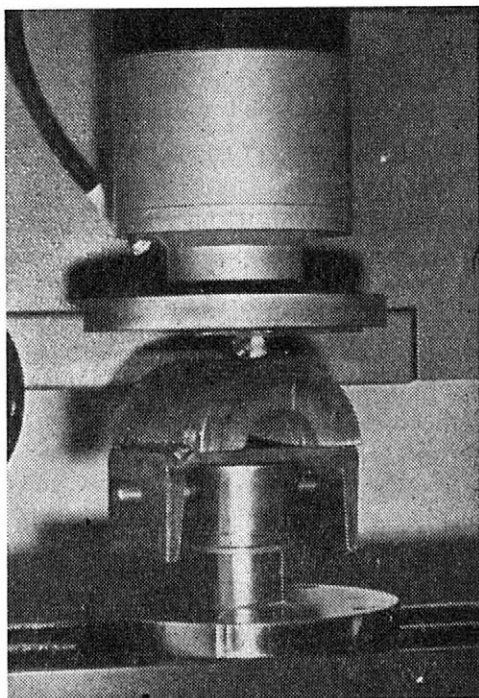
Požadovaná poloha zrna bola zaistovaná pomocou plastickej hmoty. Metóda i prípravok plne zodpovedajú pre daný druh meraní (obr. 6).

MEDZA PEVNOSTI STEBLA V OHYBE

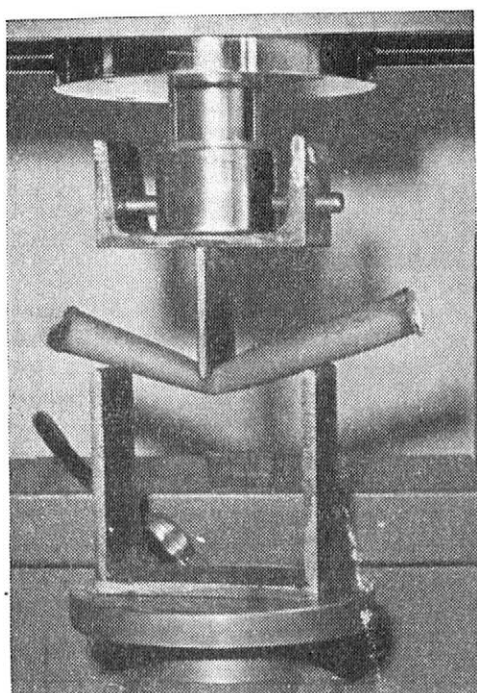
Prípravok pozostával z podstavca tvaru U o rozteči zvislých ramien 100 mm a výške ramien 100 mm. Vrebný okraj ramien bol zagulatený, o polomere 3 mm. Na ramená sa uloží steblo dĺžky 200 mm a do stredu medzi ramená je vtlačaná



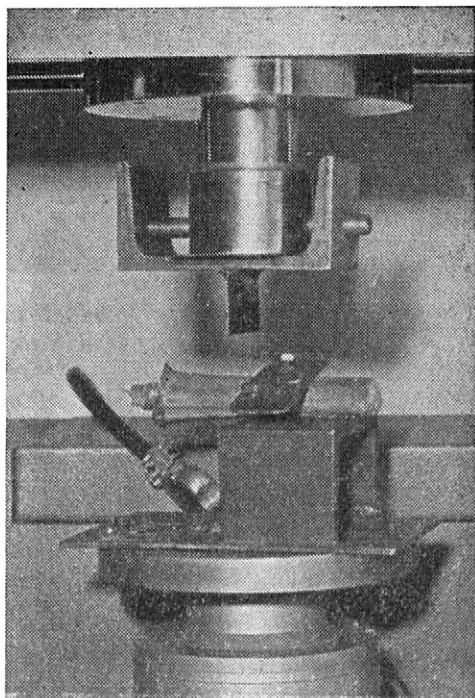
5. Meranie medze pevnosti stebľa v tlaku



6. Meranie medze pevnosti zrna v tlaku



7. Meranie medze pevnosti stebľa v ohybe



8. Meranie medze pevnosti stebľa v strihu

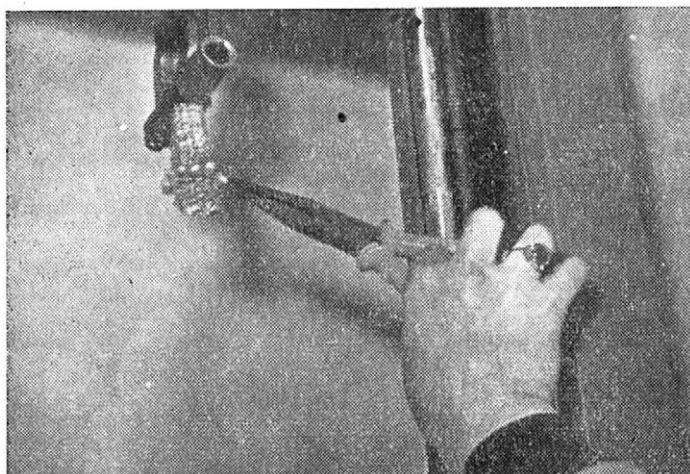
doštička so zagulateným okrajom tiež o polomere 3 mm (obr. 7). Vtláčanie doštičky prebieha až do zlomu stebľa. Súčasne je merané predĺženie tlačného ramena až do okamihu zlomu. Uvedená metóda i prípravok sa ukázali vhodnými pre zisťovanie medze pevnosti stebľa na ohyb do zlomu.

MEDZA PEVNOSTI STEBLA V STRIHU

Prípravok pozostával z uchyťavacieho stolčeka, do ktorého sa vloží steblo v horizontálnej polohe. Čeluste uchyťavacieho stolčeka majú rovné hrany a súčasne slúžia ako protiostrie. Z vrchu je vtláčaná k čelustiam a do stebľa časť ostria žabky zo žacej lišty (obr. 8). Prípravok a metóda sú vhodné na skúmanie strihových odporov poľnohospodárskych plodín za statických podmienok.

SILA NA UVOLENIE ZRNA Z VRETENA

Boli použité dve metódy, a to metóda vytrhávania zrna z vretena a metóda zdrhovania zrna z vretena. Metóda vytrhávania jednotlivých zŕn z vretena bola realizovaná tak, že do zachytávacej čeluste INSTRONU bolo pevne uchytené pripravené vreteno. Merací prístroj bol vynulovaný so zaveseným vretenom. Potom bolo ručne zrno klieštikami vytrhnuté a prístroj zaznamenal potrebnú silu na vytrhnutie (obr. 9).



9. Meranie sily na uvoľnenie zrna z vretena vytrhnutím

Metóda zdrhávania pozostáva z prípravku, ktorý má kovový prsteneц vhodného priemeru, aby sa dal navliecť na vreteno šúľka. Prsteneц je uchytený v závesných ramenách (obr. 10). Po zavesení pripraveného vretena v prstenci sa prístroj vynuluje a potom sa ručne ťahá vreteno vo zvislej rovine smerom dole. Prsteneц zdrhne z vretena zrno a prístroj zaznamená odpovedajúcu silu. Na šúľku môžu byť ponechané zrná v rôznom počte a v rôznej polohe voči sebe, čo si vyžaduje vytvoriť vlastnú metódu rozmiestnenia a počtu zŕn.

Obidva spôsoby i prípravky sa ukázali ako vhodné na prevádzkanie uvedených druhov meraní. Pri zdrhovaní sa ukázala nutnosť zosúladiť hrúbku prstencov a ich priemer s hrúbkou vretien a výškou zrna na šúľku. V opačnom prípade dochádza k zachytávaniu vytrhnutých zŕn pod prstencom, a tým sa stáva meranie nepresné.

TVRDOŠT KUKURIČNÉHO ZRNA

Prípravok pozostáva z kovovej guľôčky o priemere 2 mm na ramienku, ktoré je upevnené na hornom pohyblivom ramene prístroja. Dole na kovovú doštičku sa

uloží zrna (obr. 11). Spustením pohyblivého ramena sa guľôčka vtláči do zrna do hĺbky 1 mm. Táto hodnota vtlačenia sa dá na prístroji nastaviť. Plocha vtlačenia sa vypočíta:

$$S = \pi \cdot d \cdot h \quad (2)$$

kde: d — priemer guľôčky mm
 h — zahlbenie guľôčky mm

Potom tvrdosť τ sa vyčíslí:

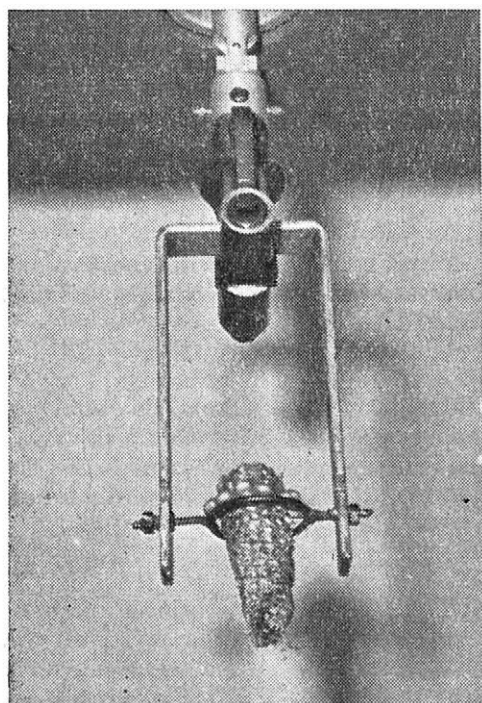
$$\tau = \frac{F}{S} \quad (\text{N/mm}^2; \text{N, mm}^2) \quad (3)$$

kde: F — sila na vtlačenie

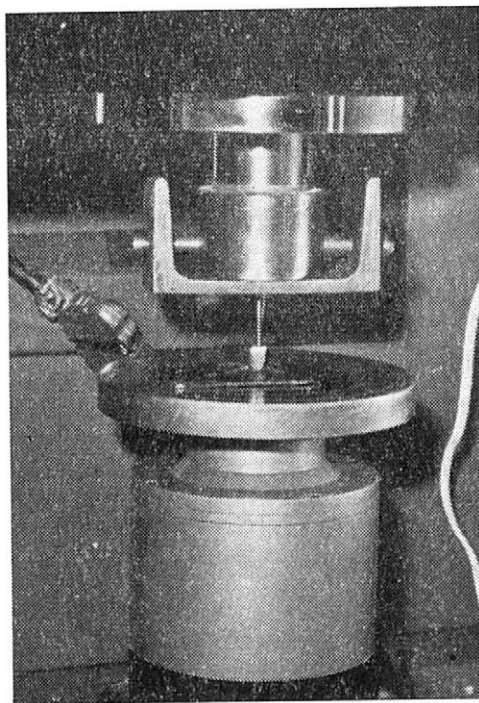
Metóda je odvodená zo známych metód na skúšanie tvrdosti kovových materiálov. Metóda i použité prípravky vyhovujú pre určovanie tvrdosti poľnohospodárskych produktov a materiálov.

MEDZA PEVNOSTI STEBLA V ŤAHU

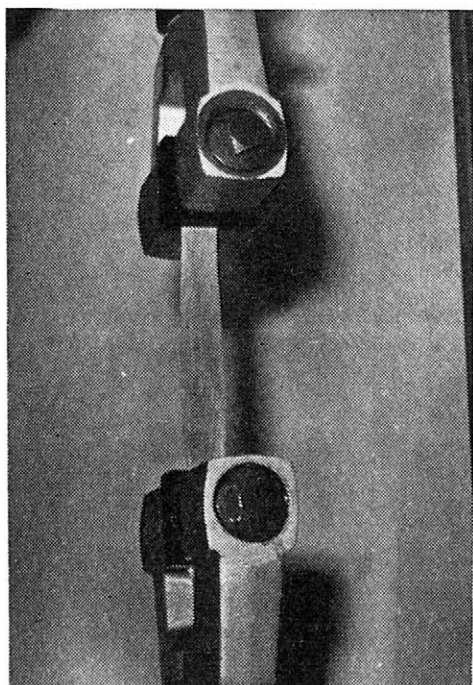
Steblá boli zachytávané do čelustí prístroja dodávaných výrobcom (obr. 12). Zachytávacie a prítlačné dosičky v čelustiach boli použité z rôzneho materiálu — kov, guma, umelá hmota, s povrchom hladkým i vrúbkovaným. Práve pri tomto druhu meraní vyskytli sa ťažkosti v tom, že po stlačení stebľa kukurice v čelustiach a pri ťahu dochádzalo k vyšmýkavaniu stebľa z čelustí, aj preto, že kukuričné stebľa majú veľkú pevnosť v ťahu. Preto nebolo možné najmä u stebľa s vyšším obsahom vlhkosti túto metódu uplatniť. Často nepomáhali ani výmeny už spomínaných prítlačných dosičiek v čelustiach. Iné druhy poľnohospodárskych produktov i stebľa iných druhov rastlín bolo možné skúmať uvedenou metódou.



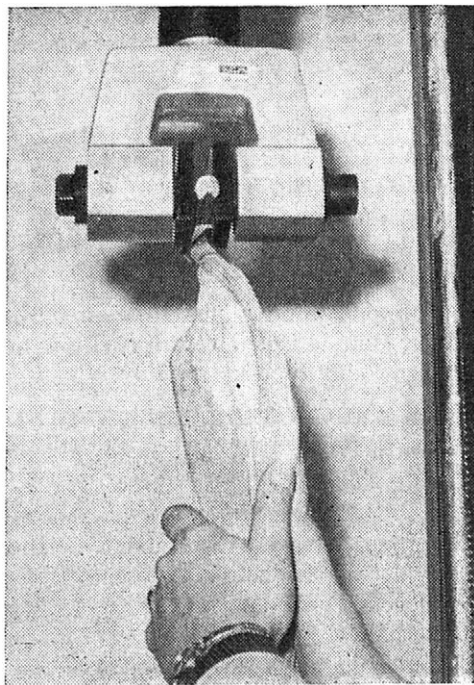
10. Meranie sily na uvoľnenie zrna z vretena stahovaním



11. Meranie tvrdosti kukuričného zrna



12. Meranie medze pevnosti stebľa v ťahu



13. Meranie síl pri odtrhávaní listeňov zo šúľkov

ODTRHÁVANIE LISTEŇOV ZO ŠÚLKOV

Pre tento druh meraní nebol zhotovený zvláštny prípravok. Šúľok bol za stopku pevne uchytенý v hornej čelusti prístroja (obr. 13). Po vynulovaní bol ručne zo šúľka odtrhnutý listeň a prístroj zaznamenal silu potrebnú na odtrhnutie. Metóda sa osvedčila. Zvlášť boli vyhodnocované povrchové listene a zvlášť vnútorné.

MEDZA PEVNOSTI LISTEŇOV V ŤAHU

Bol uplatnený ten istý spôsob merania ako pri skúmaní medze pevnosti stebľa v ťahu. Treba poznamenať, že pre listene sa táto metóda plne osvedčila. Zvlášť boli skúmané povrchové a vnútorné listene (obr. 14).

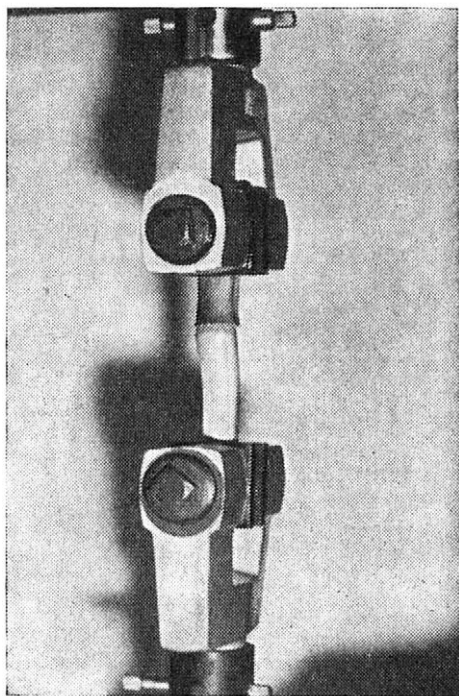
ODTRHÁVANIE ŠÚLKOV OD STEBLA

V hornej čelusti prístroja bolo pevne uchytенé steblo so šúľkom. Po vynulovaní prístroja bol ručne šúľok od stebľa odtrhnutý. Metóda sa osvedčila a dáva výsledky zodpovedajúce danému meraniu (obr. 15).

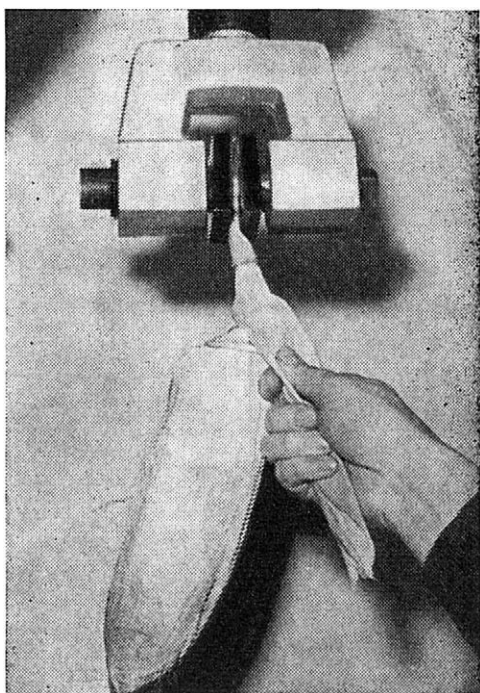
Výskum odporov a síl pri ráze a strihu stebľa za dynamických podmienok bol metodicky overený na kyvadlovom prístroji.

MEDZA PEVNOSTI STEBLA V STRIHU

Steblo o dĺžke 100 mm bolo pevne uchytенé v čelusti vyčnievajúcej nad horizontálnu dosku podstavca prístroja. Na ramene kyvadla bol upevnený výrez z ostria žabky žacej lišty. Ostrie postavené kolmo na vertikálnu os stebľa prevádzalo strih v horizontálnej rovine tesne nad vrchným okrajom čelustí (obr. 16). Bolo experimentálne overené potrebné nastavenie závažia na ramene kyvadla, dĺžka ramena a uhol, pod ktorým bolo kyvadlo spúšťané. Tieto parametre a sledovaný prechyt kyvadla



14. Meranie medze pevnosti listeňov v ťahu



15. Meranie síl pri odtrhávani šúľkov od stebľa

po prevedení strihu dávajú podklady pre výpočet sily pri strihu. Sily boli súčasne snímané ténzometricky a automaticky registrované na zapisovači.

Treba konštatovať, že uvedené metódy sa osvedčili pre daný druh meraní.

MEDZA PEVNOSTI STEBLA PRI RÁZE

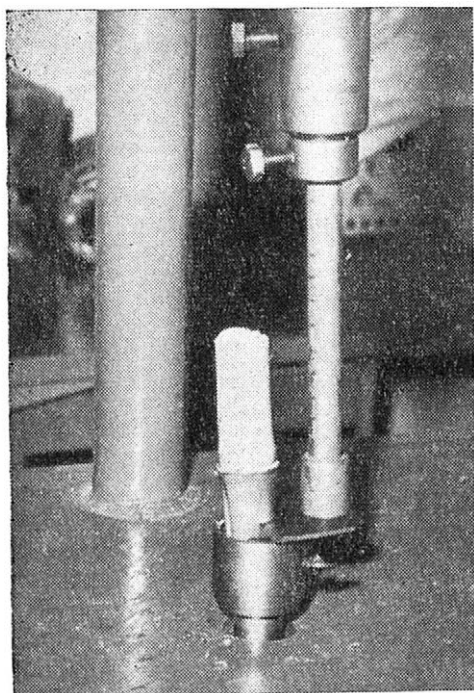
Tento druh meraní bol prevádzaný na kyvadlovom prístroji podobne ako merania predchádzajúce, len namiesto ostria žabky na ramene kyvadla bolo namontované kovové závažie s oblou pracovnou plochou, ktoré zabezpečovalo deformáciu stebľa až do zlomu. Aj táto metóda sa osvedčila a je vyhovujúca pre daný druh meraní.

Vzhľadom na povahu tejto práce nie je možné uviesť komplexne spracované výsledky jednotlivých druhov meraní, nakoľko namerané hodnoty sú ovplyvňované mnohými premenlivými faktormi, čo si vyžaduje samostatné štúdium. Na ilustráciu uvádzame v tab. I niektoré výsledky získané popísanými metódami.

Po vypracovaní výskumných metód, výrobe potrebných prípravkov, pomocných zariadení a experimentálnom overení bolo možné pristúpiť k vlastnému výskumu. V tejto práci sme poukázali na niektoré nové a niektoré prevzaté resp. prispôbené metódy výskumu fyzikálno-mechanických vlastností na konkrétnom pracovnom modeli — kukurici.

DISKUZIA

Metódy výskumu fyzikálno-mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov v súčasnosti sú v štádiu vývoja a zdokonaľovania. Ich rozvoj zodpovedá úrovni meracej techniky, a to predovšetkým meracích prístrojov, snímačov, registračných a integračných zariadení. Doposiaľ väčšina výskumných prác



16. Meranie medze pevnosti stebľa v strihu za dynamických podmienok

tohto odboru sa opierala o meracie prístroje budované na princípoch mechaniky, predovšetkým odmerných pružín. Len v poslednom období sa uplatňujú tenzometrické systémy pri tomto výskume. Výskum na princípe mechanických pružinových prístrojov má rozpracované metodiky merania, doplnené požadovanými prípravkami pre vlastné merania jednotlivých fyzikálno-mechanických veličín. Presvedčivým dôkazom toho, že uvedený druh výskumu má najlepšie rozpracované metódy v ZSSR, je knižná publikácia vpredu citovaná.

Jednou z hlavných požiadaviek metódy výskumu fyzikálno-mechanických vlastností je univerzalizácia meracej techniky, a to ako z hľadiska počtu a druhov meraných vlastností, tak aj z hľadiska obsiahnutia viacerých a snád aj väčšiny poľnohospodárskych produktov a materiálov. Ďalšou požiadavkou je presnosť meraní, pri splnení počtu opakovaní a variantov vzoriek s náväznosťou na strojno-početné možnosti vyhodnocovania výsledkov. Aj týmito otázkam je v súčasnosti venovaná veľká pozornosť na výskumných pracoviskách v ZSSR. Podľa oznámenia Vedeckého pracoviska „Agropribor“ v ZSSR sú rozpracované nové prístroje a nové metódy pre výskum fyzikálno-mechanických vlastností. Je to napr. dynamograf elektronický RECK-AFI, extenzometer FET-100 a iné.

Uvedený vývoj je v súlade s našou snahou uplatniť univerzálny prístroj na výskum fyzikálno-mechanických vlastností s dokonalými snímacími, meracími a registrujúcimi zariadeniami. Výsledky metodologického výskumu ukázali správnosť zámeru i metodiky. Prístroj INSTRON model 1112 ukázal sa dostatočne univerzálnym, s dokonalou snímacou technikou i dostatočne výkonným. Výskumne overené metódy i zhotovené prípravky sa ukázali vhodnými pre vlastný výskum fyzikálno-mechanických vlastností. Podobne treba hodnotiť uplatnenie prístroja pracujúceho na princípe fyzikálneho kyvadla pre výskum fyzikálno-mechanických vlastností za dynamických podmienok. Pritom deformačné sily môžu byť hodnotené výpočtom, alebo skúmané tenzometricky.

Druh merania		Hlavné rozmery (mm)			Meranie			W (%)	Poznámka
		d	h	δ	F(N)	F/S (Nmm ⁻²)	A(erg.)		
1		2	3	4	5	6	7	8	9
Stláčanie stebľa		—	21,00	23,8	318,00	0,767	31,20	78,7	stlačenie na 60 % väčšieho priemeru stebľa
Stláčanie zrna		12,4	4,70	7,8	77,00	—	1,92	30,8	сила pôsobila v smere najväčšieho rozmeru zrna
Ohýbanie stebľa		—	19,20	22,5	140,00	0,455	18,50	69,7	сила pôsobila v smere väčšieho priemeru stebľa
Stríhanie stebľa		—	18,90	21,2	331,00	0,990	92,60	71,1	
Oddeľovanie zrna	vytrhávanie	12,2	4,90	8,6	1,98	—	—	33,2	
	sťahovanie	12,0	4,75	49,5	1,80	—	—	33,3	8 zŕn vedľa seba po obvode
Tvrdosť zrna		12,2	4,90	8,5	17,00	2,730	—	30,8	S — plocha vrypu do zrna
Odtrhávajúce listy	vnútorných	214,1	39,10	100,4	69,00	—	—	11,8	h - dĺžka prirastenia k stopke
	povrchových	211,5	36,10	115,4	107,00	—	—	19,1	δ - najväčšia šírka listu
Ťahanie listu	vnútorných	205,3	33,40	88,7	181,00	—	6,00	11,8	δ - najväčšia šírka listu
	povrchových	216,0	38,30	101,8	268,00	—	12,50	19,1	δ - najväčšia šírka listu, uchytávacia dĺžka l_c -100 mm
Odtrhnutie šúľkov od stebľa		—	8,70	11,6	47,20	0,658	—	75,6	W - vlhkosť stopky S - plocha prierezu stopky šúľka

Značenie: F - síla

A - práca

W - vlhkosť

S - plocha prierezu stebľa,

 d, h, δ - hlavné rozmery dĺžka, hrúbka, šírka $d > \delta > h$

Uvádzané hodnoty sú priemerné hodnoty z počtu 15 meraní

Cieľom práce bolo hľadať nové metódy výskumu fyzikálno-mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov, zodpovedajúce požiadavkám súčasného poňatia tohto výskumu. Metódy boli rozpracované na prístroj INSTRON model 1112, na ktorom bolo prevedených desať druhov meraní fyzikálno-mechanických vlastností kukurice pestovanej na zrno. U viacerých druhov meraní boli zhotovené vlastné prípravky, ktoré umožňovali inštaláciu vzoriek v meracom zariadení prístroja. Pri niektorých druhoch meraní boli vzorky skúmané z viacerých polôh, podľa rozmerov šírka, hrúbka, dĺžka a pod. V inom prípade na výskum určitej vlastnosti boli zhotovené dva druhy prípravkov, zabezpečujúcich výskum alternatívne, napr. pri uvoľňovaní zrna zo šúľka. Pri výskume medze pevnosti materiálov na ťah boli použité zachytávacie čeluste prístroja dodávané výrobcem, pričom bola skúmaná vhodnosť prítlačných vložiek čelustí z rôzneho materiálu a s rôzne upraveným povrchom. Sily boli snímané výmennými tenzometrickými snímačmi príslušných deformačných síl, boli registrované zapisovacím zariadením a integrované na jednotky práce integrátorom, ktorý tvorí súčasť prístroja.

Všetky metódy výskumu sa ukázali správne a zodpovedali činnosťou prípravkov, presnosťou snímania, registrácie a integrovania, ako aj výkonnosťou, univerzálnemu a komplexnému chápaniu výskumu fyzikálno-mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov.

Jedine pri výskume medze pevnosti stebľa na ťah do roztrhnutia vložky v čelustiach neplnili dôsledne svoju funkciu pri vzorkách s vysokým obsahom vlhkosti, kedy dochádzalo k vyťahovaniu vzoriek z čelustí pre silné porušenie štruktúry stebľa v čelustiach.

V našom ústave bol zhotovený prístroj na princípe fyzikálneho kyvadla pre výskum niektorých fyzikálno-mechanických vlastností za dynamických podmienok. Boli zhotovené prípravky a vypracované metódy výskumu medze pevnosti stebľa v strihu a ráze za dynamických podmienok na tomto prístroji. Prístroj bol konštruovaný tak, aby umožňoval sledovať veličiny, ktoré sú nutné pre výpočet deformačných síl a súčasne bol opatrený tenzometrickým snímačom so zapisovačom.

Aj tento prístroj a skúmané metódy s prípravkami dokázali vhodnosť ich uplatnenia pri uvedených druhoch meraní.

Výsledky výskumu, ktoré spočívajú vo vypracovaní metód zisťovania fyzikálno-mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov za statických a dynamických podmienok pomocou moderných prístrojov a metódam merania zodpovedajúcich prípravkov, budú uplatnené pri vlastnom výskume týchto vlastností u rôznych, najmä stebelnatých plodín. Rozpracované metódy výskumu poslúžia k ďalšiemu spresňovaniu a výberu fyzikálno-mechanických vlastností, ktoré je nutné poznať pri výskume, vývoji a konštrukcii poľnohospodárskych strojov a ich pracovných mechanizmov, ako aj pri kvalitatívnom hodnotení poľnohospodárskych produktov a materiálov pre potreby šľachtenia, genetiky a praktickej agrotechniky. Nie menší význam skúmaných metód je v komplexnom prevedení výskumu fyzikálno-mechanických vlastností na prístrojoch, ktorých činnosť je univerzálna a dostatočne presná.

- BOURNE M. C., MOYER J. C., HAND D. B., 1966, Measurement of Food Texture by a Universal Testing Machine. *Food Technology* 20, 4 : 170—174.
- KOLEKTÍV, 1970, Fyziko-mechanické skutočnosti rastlín, počv i udobrení. Izdatel'stvo „KOLOS“, 422 s.
- KOLEKTÍV, 1971, Výskum fyzikálnych a mechanických vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov. Záverečná správa, VŠP Nitra, Katedra mechanizácie rastl. výroby, 200 s.
- MORROW C. T., MOHSENIN N. N., 1966, Consideration of Selected Agricultural Products as Viscoelastic Materials. *Journal of Food Science* 31, 5 : 688—698.
- SOMERS F. G., 1965, Viscoelastic Properties of Storage Tissues from Potato, Apple and Pear, 30, 6 : 922—929.

Došlo dne 24. 1. 1973

ТОМОВЧИК Й., ОНДРУШ П. (Научно-исследовательский институт техники сельского хозяйства, Ровинка-при-Братиславе, Чехословакия). Новые методы исследования агрофизических свойств сельскохозяйственных продуктов и материалов. *Zem. technika* 19(5):245—260, 1973.

Разработаны и испытаны новые методы исследования физико-механических свойств сельскохозяйственных продуктов и материалов. Прежнес исследование отличалось разобщением методов, измерений и съемочной техники и пользовалось более или менее однооперационными приборами, созданными в научно-исследовательских объектах, или же устройствами, применяемыми в других научных отраслях. В большинстве случаев измерительные устройства этих приборов работают на механическом принципе при помощи измерительной пружины. Для целей данного исследования, в ститических условиях, в комплексном и универсальном аспекте мы воспользовались прибором ИНСТРОН-модель 1112 с тензодатчиками, самописцем и интегратором. Были разработаны методы и подготовительные приемы для определения физико-механических свойств. В качестве рабочей модели была избрана кукуруза на зерно. Изучали следующие физико-механические свойства: предел сопротивления сжатию, предел сопротивления сжатию зерна, предел сопротивления изгибу до преломления, сопротивление стебля резке, сила изъятия зерна из початка путем вырывания и стягивания, предел твердости кукурузного зерна, предел сопротивления зерна растяжению, отделение прицветников от початков путем срыва, предел сопротивления прицветников растяжению вплоть до разрыва, отделение початков от стебля путем отрыва. С помощью маятникового прибора проверены методы определения пределов сопротивления стебля резке и состояние в динамических условиях. И приборы, и методы оправдали себя как с точки зрения работы аппаратуры, датчиков и приспособлений, так и с точки зрения универсальности и комплексности работ в области исследования агро-физических свойств. Эти методы будут применяться в исследовании физико-механических свойств сельскохозяйственных продуктов и материалов, в конструировании сельхозмашин и качественной оценке сельхозкультур в аспекте их годности для комплексной механизации.

агрофизика; методы исследования; физико-механические свойства

TOMOVČÍK J., ONDRUŠ P. (Research Institute of Agricultural Engineering, Rovinka pri Bratislave, Czechoslovakia). *New Methods of Studying the Agrophysical Properties of Agricultural Products and Materials*. *Zem. technika* 19 (5) : 245—260, 1973.

The study analyses and examines new methods of the research of physical and mechanical properties of agricultural products and materials. Up to recent time, this research lacked in unified methods and measuring and sensing techniques. The research was conducted mostly by means of single-purpose devices developed in research institutions or by means of devices utilized in other scientific branches. In most cases these were instruments the measuring elements of which worked on mechanical prin-

ciples, viz. by means of a measuring spring. In the described case, the use was made of an INSTRON-Model 1112 device for multipurpose research aims under static conditions. The device is equipped with strength gauges, a registrator and an integrator. Methods and specialized attachments for physical and mechanical properties were designed. The maize grown for grain was chosen as a working model. The following physical and mechanical properties were studied: marginal stalk crushing strength, marginal grain crushing strength, marginal stalk bending strength, marginal stalk strength, bond strength of the grain in the ear, marginal grain hardness, stalk tensile strength, husking effort, husk tearing strength and breaking ears of the stalk. Methods for studying the shear and impact strength under dynamic conditions were tested by means of a pendulum device. The devices and research methods were successful with respect to the function of the instruments, sensing units and attachments as well as to the universality and totality of the research of agrophysical properties. The methods will find utilization in the proper research of physical and mechanical properties of agricultural products and materials, in the research, development and design of agricultural machinery as well as in the qualitative evaluation of crops with respect to their adequacy for integral mechanization.

agrophysics; research methods; physical and mechanical properties

TOMOVČÍK J., ONDRUŠ P. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Rovinka pri Bratislave, Tschechoslowakei). *Neue Forschungsmethoden von agrophysikalischen Eigenschaften der landwirtschaftlichen Produkte und Güter*. Zem. technika 19 (5) : 245—260, 1973.

In der Abhandlung werden neue Methoden der Forschung über physikalische und mechanische Eigenschaften von landwirtschaftlichen Produkten und Gütern erörtert und versuchsweise überprüft. Bis jetzt hatte diese Forschung keine vereinheitlichte Methoden und Meß- sowie Aufnahmetechnik. Sie wurde vorwiegend mit den in Forschungsstellen entwickelten Einzweckgeräten oder mit den in anderen Wissenschaftsbereichen gebräuchlichen Geräten durchgeführt. In den meisten Fällen handelte sich jedoch um Geräte, deren mechanische Einrichtung auf mechanischem Prinzipie mittels einer Meßfeder arbeitet. In unserem Falle wurde für diese, komplex und universal aufgefaßte Methode unter statischen Bedingungen das Gerät INSTRON-Modell 1112 mit tensometrischen Fühlern, Schreibgerät und Integrator eingesetzt. Es wurden Methoden und für einzelne Meßvorgänge erforderliche Vorrichtungen für die Untersuchung über physikalische und mechanische Eigenschaften ausgearbeitet. Als Arbeitsmodell wurde Körnermais gewählt. Es wurden folgende physikalische und mechanische Eigenschaften untersucht: Druckfestigkeit des Halmes, Druckfestigkeit des Kornes, Biegebruchfestigkeit und Scherfestigkeit des Halmes, Kraftaufwand zur Kornlockerung aus dem Kolben durch Abreißen und Abziehen, Härtefestigkeit des Maiskornes, Zugfestigkeit des Halmes, Lieschentrennung von Maiskolben durch Abreißen, Zugreifefestigkeit der Lieschen, Kolbentrennung von dem Halme durch Abreißen. Auf einem Pendelgerät wurden Methoden für die Untersuchung der Scherfestigkeit und Schlagfestigkeit des Halmes unter dynamischen Bedingungen überprüft. Die Geräte und gewählte Forschungsmethoden haben sich sowohl aus der Sicht der Tätigkeit von Geräten, Fühlern und Vorrichtungen als auch vom Gesichtspunkt der Vielzahlverwendung und Komplexität der verlaufenden Forschung von agrophysikalischen Eigenschaften völlig bewährt. Die Methoden werden in der eigentlichen Untersuchung von physikalischen und mechanischen Eigenschaften der landwirtschaftlichen Produkte und Güter, in der Forschung, Entwicklung und Konstruktion von Landmaschinen auch bei der qualitätsgerechten Schätzung der landwirtschaftlichen Früchte in bezug auf die Eignung für die Komplexmechanisierung ausgenützt.

Agrophysik; Forschungsmethoden; physikalische und mechanische Eigenschaften

Adresa autorů:

Prof. ing. Ján Tomovčík, CSc., Ing. Pavol Ondruš, Výskumný ústav poľnohospodárskej techniky, 900 42 Rovinka pri Bratislave

R. Janál, J. Blahovec

Vysoká škola zemědělská, Praha — Suchbát

JANÁL R., BLAHOVEC J. *Teplotní hystereze viskozity konzumního mléka. Zem. technika* 19 (5) : 261—270, 1973.

Teplotní hystereze viskozity konzumního mléka byla studována v závislosti na době stárnutí při nízké teplotě ($\sim 6^\circ\text{C}$). K vyhodnocování výsledků měření bylo použito metody studia jemné struktury křivky teplotní závislosti viskozity mléka. Byla nalezena nízkoteplotní hystereze pro teploty menší než $\sim 30^\circ\text{C}$, jež byla přisouzena procesu tání tuku při teplotách $\sim 30^\circ\text{C}$. Tento proces je pravděpodobně jen částečně vratný, může tedy být zdrojem hystereze. Dále byla nalezena vysokoteplotní hystereze ($t > 30^\circ\text{C}$), která roste se stářím vzorku — vlastně mírou zestárnutí vzorku.

mléko; viskozita; teplotní závislost; vratnost vlastností mléka; teplotní hystereze; kritický bod; stárnutí mléka

V předchozích pracích (Blahovec, Janál 1972a, Janál, Blahovec 1973, Blahovec, Janál 1972b) bylo zjištěno, že jemná struktura křivky teplotní závislosti viskozity konzumního i čerstvého kravského mléka indikuje jisté teploty, při nichž dochází ke změnám v teplotně aktivovaných procesech, kontrolujících velikost viskozity mléka. Změny teplotně aktivovaného procesu vyniknou, vynesou-li se experimentálně zjištěné hodnoty viskozity při různých teplotách do semilogaritmického papíru ve funkčním tvaru:

$$\log \eta = f(1/T) \quad (1)$$

kde: η — viskozita
 T — absolutní teplota

Je to způsobeno tím, že teplotní závislost viskozity, kontrolovanou jednoduchým teplotně aktivovaným procesem, lze vyjádřit ve tvaru (Bondi 1958):

$$\eta = Ae^{Q/kT} \quad (2)$$

kde: k — Boltzmannova konstanta
 A a Q — parametry

Q má ve vztahu (2) význam energie teplotně aktivovaného procesu kontrolujícího velikost viskozity — to ukazuje již struktura vztahu (2) — a prakticky kontroluje rychlost změny viskozity se změnou teploty. Pro mléko se závislost logaritmu viskozity na teplotě skládá z přímých úseků oddělených od sebe výraznými „zlomy“ závislosti při jistých teplotách (Blahovec, Janál 1972a, Janál, Blahovec 1973), což jsou právě pravděpodobné teploty, při nichž dochází ke změnám teplotně aktivovaného procesu kontrolujícího velikost viskozity (charakterizo-

vaného aktivační energií Q). Tento charakteristický rys teplotní závislosti viskozity mléka (rozdělení na přímkové úseky) je pravděpodobně způsoben změnami ve vnitřní struktuře mléka v důsledku změněné teploty. Mléko samo o sobě je složité disperzní prostředí (Jenness, Patton 1967) s mnoha různými vazbami zprostředkovanými hlavně bílkovinami. Tyto vazby mohou velice citlivě záviset na teplotě.

Pokud by ovšem vnitřní struktura mléka závisela na teplotě a ne na teplotní historii (tj. teplota by byla stavovou proměnou — struktura by nezávisela na předchozích teplotních podmínkách), pak také teplotní závislost viskozity mléka by s celou svou jemnou strukturou nezávisela na teplotní historii měřeného mléka. Pokud ovšem při ohřívání mléka probíhají ve vnitřní struktuře mléka nevratné procesy registrovatelné prostřednictvím viskozity (tj. hlavně změny ve vazbách mezi strukturními elementy mléka), musí se tyto procesy projevit teplotní hysterezí viskozity: tj. v nejjednodušším případě teplotní závislost viskozity mléka naměřena při ohřívání (tj. při růstu teploty) je různá od křivky získané při ochlazování vzorku (tj. při poklesu teploty). Pod pojmem teplotní hystereze viskozity mléka je obecně nutné chápat jakýkoliv rozdíl v hodnotě viskozity při jisté teplotě, způsobený různým, ale i krátkodobým teplotním režimem. Pojem velikost hystereze je pak dán velikostí tohoto rozdílu — viz dále vztahy (3) a (4).

Tyto jednoduché úvahy byly na počátku měření, jejichž výsledky jsou podány v tomto článku. Měření prokázala teplotní hysterezi takřka ve všech případech, přičemž naměřené hodnoty hystereze závisí na stáří vzorku a tučnosti mléka.

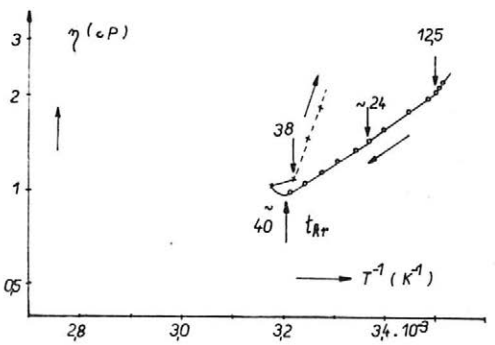
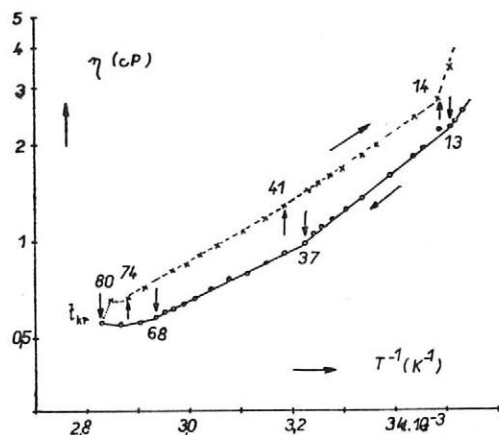
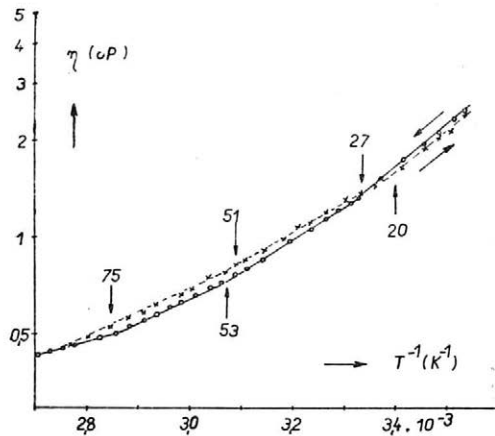
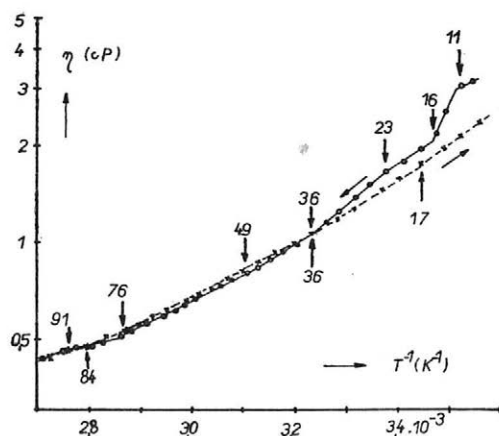
POPIS MĚŘENÍ

Při měření byly užity dva druhy konzumního mléka: mléko egalizované láhvové s tučností 2,5 % a mléko plnotučné v sáčku s tučností 3,5 %. Oba druhy mléka byly ihned po nákupu umístěny ve skleněných kádinkách v chladicím boxu při teplotě $\sim 6^\circ\text{C}$. Vzorky byly odebírány z těchto nádob vždy po 24 hodinách po řádném promíchání a byla u nich proměřovány teplotní závislosti viskozity při zvyšování teploty od $\pm 10^\circ\text{C}$ asi do 90°C (pokud měření nebylo přerušeno náhlým přírůstkem viskozity) a potom při poklesu teploty z 95°C do $\sim 10^\circ\text{C}$. Viskozita byla měřena po 2 až 3 $^\circ\text{C}$. Důležitou složkou měření byla zvýšená pozornost, která byla věnována teplotní rovnováze vzorku během měření. Detailní rozbor problémů ukázal, že mléko musí být před zahájením měření temperováno pro dosažení přesnosti menší než 1 % na počáteční teplotě alespoň 30 minut a před každým jednotlivým měřením po dobu 6 až 8 minut. Tento časový režim byl během měření pečlivě dodržován.

Viskozita mléka byla měřena Höpplerovým rheoviskozimetrem (Janál, Blahovec 1973, Blahovec, Janál 1972b); měření bylo vyhodnocováno podle metod doporučených výrobcem rheoviskozimetru. Ke stabilizaci teploty viskozimetru byl užit vodní okruh, jehož teplota byla kontrolována ultratermostatem U 10 s přesností $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Naměřené křivky teplotní závislosti viskozity mléka ve funkčním tvaru $\log \eta (1/T)$ jsou vyneseny v obr. 1 a 2. V obr. 1 jsou grafy získané u plnotučného mléka, v obr. 2 grafy získané u egalizovaného konzumního mléka. Dílčí obrázky se liší dobou „stárnutí“ při teplotě $\sim 6^\circ\text{C}$ (POPIS): a — čerstvě koupené mléko, b — stárnuté 24 hodiny; c — stárnuté 48 hodin, d — stárnuté 72 hodin. Každý graf se skládá ze dvou větvi; jedna se získala při ohřívání, druhá při ochlazování mléka. Obě větve jsou vždy odlišeny značkami a šipkami, indikujícími smysl změny teploty při měření.



1. Teplotní závislost viskozity mléka — $\log \eta (1/T)$, naměřené u plnotučného konzumního mléka

plná čára — měření při rostoucí teplotě vzorku

přerušovaná čára — měření při klesající teplotě vzorku

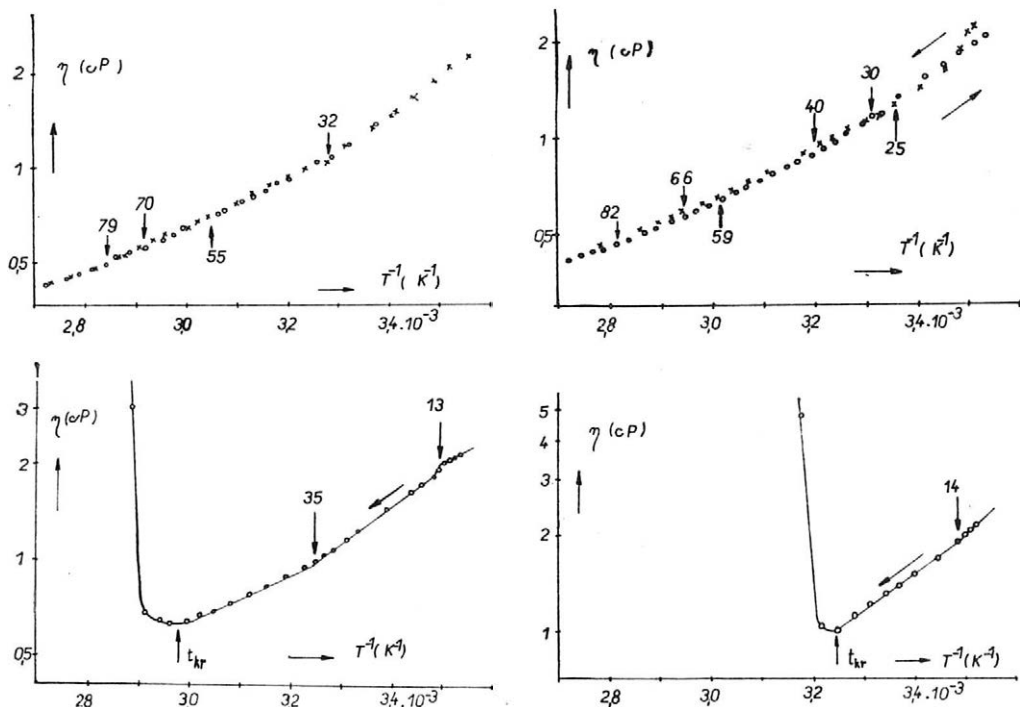
a) čerstvě koupené mléko

b) mléko 24 hodiny stárnuté při teplotě $t \approx 6^\circ\text{C}$

c) mléko 48 hodiny stárnuté při teplotě $t \approx 6^\circ\text{C}$

d) mléko 72 hodiny stárnuté při teplotě $t \approx 6^\circ\text{C}$

Na obr. 1c, d, a 2c, d se objevují při vyšších teplotách na křivkách $\log \eta (1/T)$ minima závislosti (Blahovec, Janál 1972b), která jsou v obrazech označena symbolem t_{kr} . Po dosažení tohoto minima byl postup měření v případě egalizovaného a plnotučného mléka rozdílný. U egalizovaného mléka byla udržována konstantní teplota anebo byla mírně zvyšována (obr. 2c, d) a viskozita mléka s časem pak dosti rychle rostla až do neměřitelných hodnot. V případě plnotučného mléka byla po dosažení kritické teploty (t_{kr}) teplota okamžitě snižována a měřena křivka $\log \eta (1/T)$ pro klesající T (obr. 1c, d). V závislostech jsou šipkami vyznačeny „zlomy“ závislosti, tj. teploty, při nichž se mění směrnice lineární závislosti $\log \eta (1/T)$ a to tak, že šipky směřující svisle dolů se stahují k závislosti naměřené při rostoucí teplotě mléka a šipky směřující svisle vzhůru se vztahují k závislosti získané při poklesu teploty. Čísla u šipek označují teploty ($^\circ\text{C}$) příslušející jednotlivým „zlomům“.



2. Teplotní závislost viskozity mléka — $\log \eta (1/T)$, naměřené u egalizovaného konzumního mléka

plná čára — měření při rostoucí teplotě vzorku
 přerušovaná čára — měření při klesající teplotě vzorku

- a) čerstvě koupené mléko
 b) mléko 24 hodiny státnuté při teplotě $t \approx 6^\circ \text{C}$
 c) mléko 48 hodiny státnuté při teplotě $t \approx 6^\circ \text{C}$
 d) mléko 72 hodiny státnuté při teplotě $t \approx 6^\circ \text{C}$

Křivky v obr. 1 a 2 indikují, že existují v podstatě dva typy hystereze: hystereze nízkoteplotní, pro kterou platí vztah

$$\eta^+(t_0) - \eta^-(t_0) > 0 \quad (3)$$

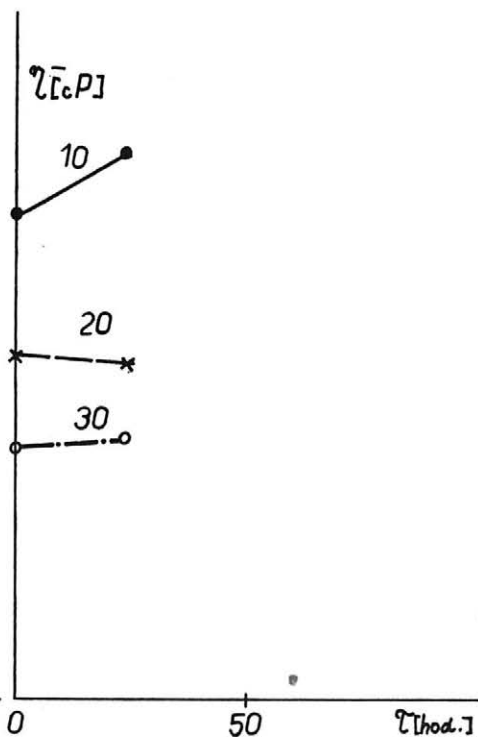
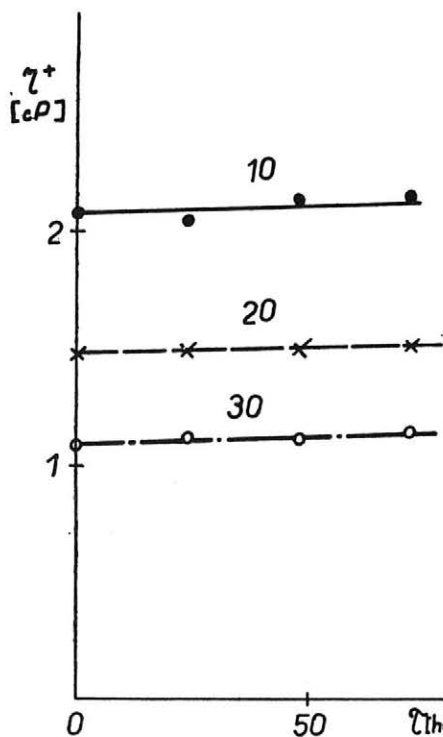
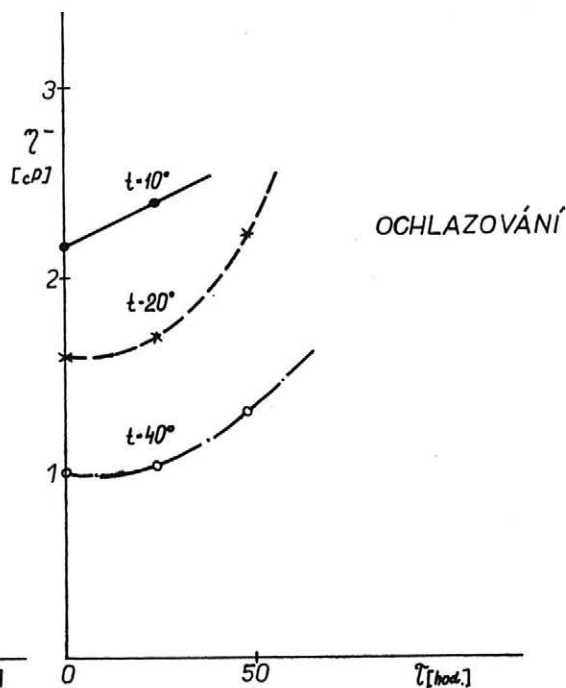
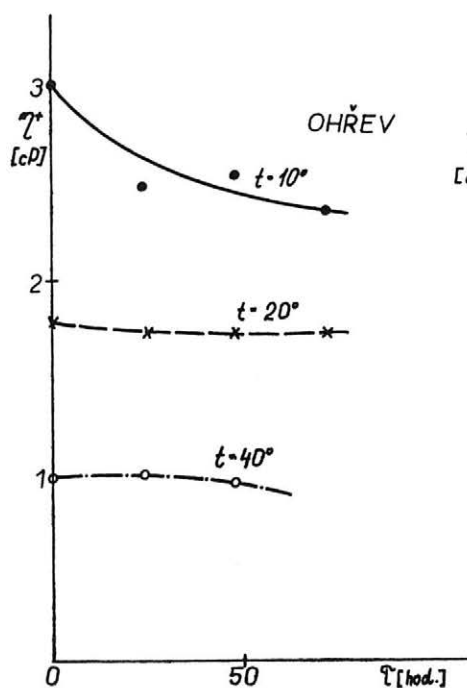
kde: $\eta^+(t_0)$ — viskozita naměřená při rostoucí teplotě
 $\eta^-(t_0)$ — viskozita naměřená při klesající teplotě

hystereze vysokoteplotní, při které naopak platí

$$\eta^+(t_0) - \eta^-(t_0) < 0 \quad (4)$$

Hranici mezi oblastmi obou typů hystereze tvoří teploty kolem 30°C , které jsou, jak dále uvidíme (obr. 4), charakteristické pro „zlomy“ mezi oblastí 2 a 4. Nízkoteplotní hystereze je výrazná zejména pro plnotučné mléko (obr. 1a) a s rostoucím stářím hodnota rozdílu (3) klesá. Vysokoteplotní hystereze je naopak velmi málo výrazná. U čerstvě koupeného mléka naopak rozdíl (4) roste se stářím vzorku (obr. 1a, b) a nabývá velmi vysokých hodnot, zejména v těch případech, kdy je teplotní závislost viskozity mléka měřena při poklesu teploty vzorku z oblasti teplot blízkých teplotě kritické (obr. 1c, d).

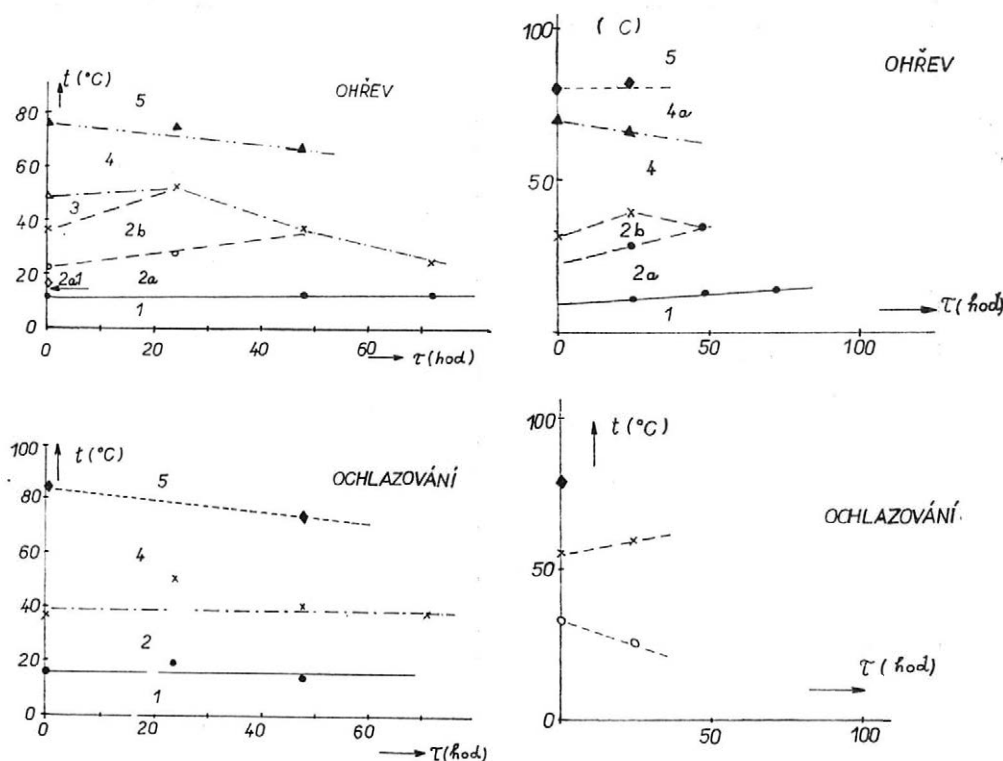
Obr. 3 ukazuje, jak se mění viskozita při pevně definované teplotě se stářím vzorku. Na obr. 3 a 3a jsou vyneseny závislosti viskozity plnotučného mléka při teplotách 10°C , 20°C a 40°C jak při narůstání teploty mléka, tak při jejím poklesu.



3. Změna viskozity při konstantní teplotě v závislosti na stáří vzorku (τ)
 a) plnotučné konzumní mléko
 b) egalizované konzumní mléko

Tytáž závislosti pro egalizované mléko a teploty 10 °C, 20 °C a 30 °C jsou vyneseny v obr. 3b. U plnotučného mléka (3a) klesá viskozita se stářím (měřeno při rostoucí teplotě — η^+) a naopak roste se stářím podle měření při poklesu teploty (η^-). Viskozita egalizovaného mléka při růstu teploty (η^+) se takřka nemění se stářím vzorku (obr. 3b). Údajů získaných při poklesu teploty u egalizovaného mléka (η^-) je málo, proto nelze usuzovat na nějakou závislost.

Struktura „zlomů“ tak, jak je patrna z obr. 1 a 2, je zmapována v závislosti na stáří mléka v obr. 4. metodou popsanou Blahovcem a Janálem 1972b. Na ose úseček je vynášena doba stárnutí vzorku v lednici (τ), na ose pořadnic teploty, při nichž byly registrovány „zlomy“ (obr. 1, 2). Tyto „zlomy“ byly označeny indexy a byly jimi schematicky proloženy přímky. Grafy v obr. 4 ukazují stejně jako v uvedených pracích, že existují tři význačné „zlomy“: nízkoteplotní (oblast ~ 10 °C), středoteplotní (oblast 20 — 50 °C) a vysokoteplotní (oblast 70 — 80 °C), které jsou výrazné na obr. 4a pro klesající teplotu a jsou vždy typické pro starší mléko (Blahovec, Janál 1972b). U mléka čerstvě koupeného je celá řada „zlomů“, vzniklých hlavně degenerací středoteplotního „zlamu“ (obr. 4a). Takového hodnocení ukazuje, že nejdůležitějšími oblastmi teplotní závislosti viskozity mléka jsou oblasti označené 1, 2a, 4, 5: ostatní oblasti 2b, 3, 4a vznikají degenerací některých „zlomů“ za zvláštních podmínek. Pokud se týká teplot, při nichž se objevují „zlomy“ teplotní závislosti viskozity mléka, jsou výsledky pro egalizované i plnotučné konzumní mléko přibližně stejné.



4. Klasifikační diagram struktury „zlomů“ křivky teplotní závislosti viskozity mléka v závislosti na jeho stáří
a) plnotučné konzumní mléko
b) egalizované konzumní mléko

I. Hodnoty aktivačních energií pro jednotlivé oblasti

Mléko	Teplota uložení °C	Doba uložení hod	Aktivační energie						
			Q^1	Q^{2a}	Q^{2b}	Q^3	Q^4	Q^{4a}	Q^5
			eV						
Plnotučné (sáček) — ohřev	6	0	—	0,597	—	—	—	—	—
		24	—	0,203	0,262	0,190	0,161	—	0,072
		48	0,323	0,253	0,209	—	0,150	—	0,095
		72	0,454	0,256	—	—	0,158	—	—
Plnotučné (sáček) — ochlazo- vání	6	0	0,249	0,201	—	—	0,162	—	—
		24	0,235	0,184	—	—	0,148	—	—
		48	0,702	0,218	—	—	0,187	—	—
		72	—	—	—	—	—	—	—
Egalizova- né (láhev) — ohřev	6	0	—	—	0,224	—	0,155	—	0,101
		24	—	0,291	0,191	—	0,147	0,131	0,111
		48	—	0,225	—	—	0,158	—	—
		72	0,298	0,219	—	—	—	—	—
Egalizova- né (láhev) — ochlazo- vání	6	0	—	0,224	—	—	0,155	—	0,101
		24	—	0,215	—	—	0,165	—	0,130

Hodnoty aktivačních energií pro jednotlivé oblasti (1, 2a, 2b atd.), stanovené vyhodnocením grafů závislostí $\log \eta (1/T)$ — obr. 1, 2 jsou zachyceny v tab. I. Graficky jsou zpracovány tyto údaje v obr. 5. Pro oba druhy mléka hodnoty aktivačních energií Q^{2a} , Q^{2b} klesají s dobou uložení (stářím), pokud se měří při rostoucí teplotě mléka. Hodnota, aktivační energie Q zůstává při stárnutí přibližně konstantní, hodnota energie Q^5 „snad“ mírně roste (tab. 1). Pokud se teplotní závislost viskozity mléka proměňuje při klesající teplotě (obr. 5b), hodnoty Q^1 , Q^2 a Q^4 se se stářím nejprve mírně snižují, ale později rostou (zároveň se na křivce $\eta(t)$ objevuje kritický bod t_{kr}). Rozdíly mezi aktivačními energiemi naměřenými u obou druhů mléka spočívají hlavně v jejich absolutních hodnotách, a tedy ne v charakteru jejich závislosti na stáří vzorků (obr. 5a, c). Aktivační energie Q^{2a} a Q^{2b} jsou vždy vyšší u mléka plnotučného než u mléka egalizovaného (při jinak stejných parametrech), aktivační energie Q^4 jsou přibližně stejné u obou druhů mléka a aktivační energie Q^5 je vyšší u mléka egalizovaného než u mléka plnotučného.

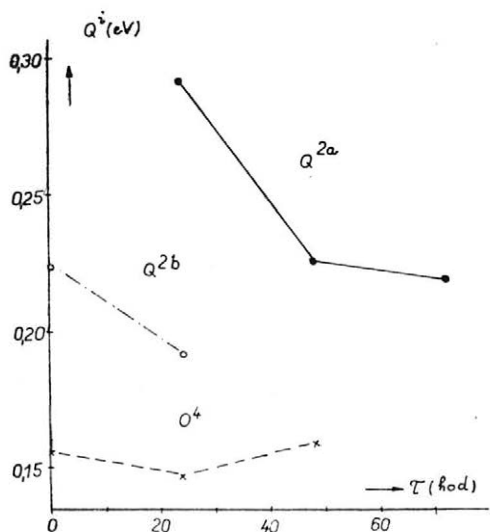
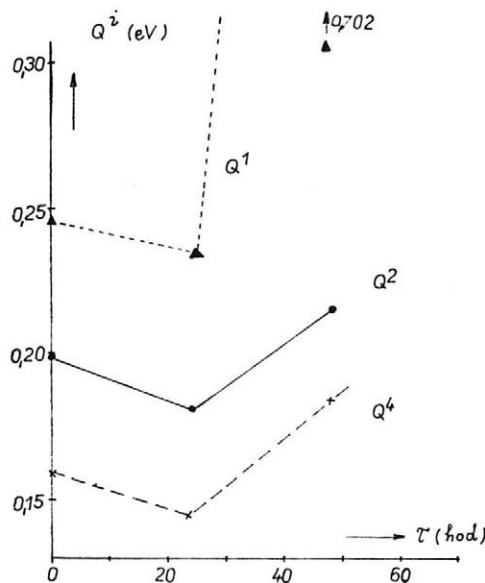
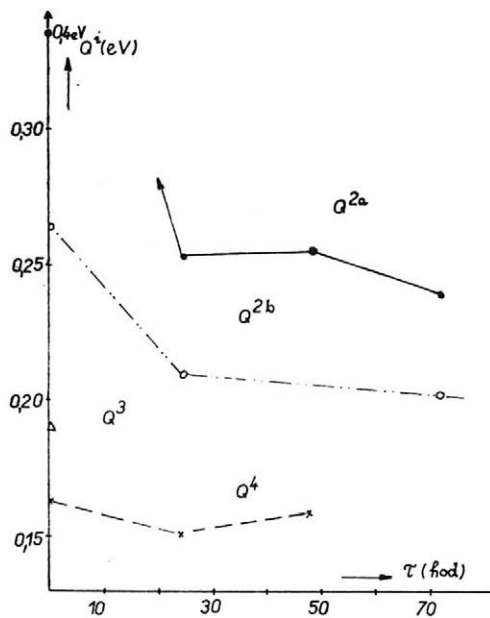
DISKUSE

Výsledek této práce velmi těsně souvisí s výsledky uváděnými Blahovcem a Janálem (1972b) a někdy se s nimi dokonce překrývají. Nemůžeme zde tento fakt přehlédnout a neporovnat výsledky obou těchto prací. Experimenty, jejichž výsledky jsou obsahem této práce, byly dělány s konzumním mlékem, kdežto experimenty uváděné v uvedené práci byly dělány s čerstvě nadojeným mlékem. To je snad hlavním zdrojem některých rozdílů mezi výsledky obou těchto prací. Uvedeme si nejvýraznější rozdíly:

Viskozita mléka čerstvě nadojeného se při jisté konstantní teplotě zvyšuje se stářím vzorku a po jisté době stárnutí je konstantní (Blahovec, Janál 1972b). V této práci se viskozita konzumního mléka při konstantní teplotě se stářím buďto neměnila (egalizované mléko) anebo se stářím klesala (plnotučné mléko).

Hodnota aktivační energie Q^{2a} v první fázi stárnutí rostla s rostoucím stářím (Blahovec, Janál 1972b). V této práci byla nalezena klesající závislost Q^{2a} (τ) a Q^{2b} (τ). Závislost Q^{2a} (τ) má stejný charakter jak v uvedené práci předcházející, tak v této práci pro výši stáří vzorku (oblast B).

Zdá se tedy, že velice „rozmanitá historie“ konzumního mléka má dosti značný vliv na jeho nízkoteplotní viskozitu, že se však tento počáteční rozdíl mezi čerstvým a konzumním mlékem vyrovnává během stárnutí, přičemž toto vyrovnávání končí objevením se kritického bodu na křivce teplotní závislosti viskozity.



5. Změna aktivačních energií (odpovídající jednotlivým oblastem křivky teplotní závislosti viskozity mléka) v závislosti na stáří mléka

- a) plnotučné mléko při ohřevu
- b) plnotučné mléko při ochlazování
- c) egalizované mléko při ohřevu

Kritická teplota na křivce teplotní závislosti viskozity (přechod mléka do stavu B) signalizuje zásadní a velice výraznou změnu, fázový přechod, při němž se zcela mění struktura mléka. To je indikováno nejen enormním posuvem křivky teplotní závislosti viskozity mléka směrem k vyšším hodnotám viskozity, ale i velkým nárůstem hodnot aktivačních energií Q^2 , Q^4 , Q^1 (obr. 5b).

Pod tímto zorným úhlem je třeba vidět úlohu vysokoteplotní hystereze. Vysokoteplotní hystereze teplotní oblasti nad $\sim 30^\circ\text{C}$ roste neustále se stářím vzorku, což lze indikovat vztahem (4). Vysokoteplotní hystereze je tedy mírou „zestárnutí“ vzorku, daného časem a teplotou uložení, mírou jeho časové „vzdálenosti“ od stavu B. Jinými slovy, během procesu se v mléce akumuluje schopnost přejít do stavu B, tj. zkysnout ohřátím na teplotu maximálně $\sim 75^\circ\text{C}$ (podrobněji viz Blahovec, Janál 1972b). Tato schopnost se projevuje rostoucí teplotní hysterezí mléka, růstem rozdílu ve vztahu (4). Obr. 1 a 2 ukazují, že hystereze jako rozdíl $(\eta^+ - \eta^-)$ vzniká při poměrně vysokých teplotách při přechodu z oblasti 5 do oblasti 4 klasifikačního diagramu (obr. 4). Tato oblast je oblastí značných chemických změn v mléce. Diskuse o tom byla v práci Janál, Blahovec (1973). Je tedy vysokoteplotní hystereze jistým uchováním změn, ke kterým při těchto vysokých teplotách v mléce došlo. Je-li hystereze, jak bylo výše uvedeno, mírou zestárnutí vzorku, musí se tyto změny v oblasti teplot odpovídající přechodu 5/4 transformovat do změn, na něž je měření viskozity citlivé, tj. do změn struktury mléka.

Nízkoteplotní hystereze má opačný smysl než hystereze vysokoteplotní (3) a vyjadřuje zřejmě zcela něco jiného. Je charakteristická pro oblast 1 a 2 klasifikačního diagramu (obr. 4) a vyskytuje se v oblasti před „zlomem“ 2/4, který lze přisoudit tání tuků (Blahovec, Janál 1972a). Tukové kuličky se při těchto teplotách rozpouštějí a redistribuuje se jejich struktura. Tento proces může být částečně nevratný, nebo alespoň jeho vratnost je značně časově limitována. Částečně nevratným procesem tání tuku na přechodu 2/4 by se dala nízkoteplotní hystereze vysvětlit beze zbytku. Pokles nízkoteplotní hystereze se stářím vzorku by pak byl způsoben procesy stárnutí, narušujícími nejen strukturu tuků, ale celou strukturu mléka vůbec. Náš výklad nízkoteplotní hystereze je jen potvrzován faktem, že u méně tučnějšího mléka (v našem případě egalizovaného) nebyla nízkoteplotní hystereze vůbec pozorována. Je ale také nutné poznamenat, že velikost nízkoteplotní hystereze nezávisí pouze jen na tučnosti, ale také na okamžitém stavu struktury mléka (zejména na předcházejících teplotních podmínkách a historii vzorku mléka vůbec).

ZÁVĚR

1. Byla podrobně studována teplotní hystereze viskozity konzumního (plnotučného a egalizovaného) mléka v závislosti na jeho stáří.

2. K vyhodnocování bylo užito metody studia jemné struktury teplotní závislosti viskozity mléka.

3. Pozorovaná nízkoteplotní hystereze viskozity mléka ($t < 30^\circ\text{C}$) byla diskutována a vysvětlena změnami ve struktuře tuků. Tato změny lze považovat pouze za částečně vratné při přechodu z oblasti 2 do oblasti 4 klasifikačního diagramu a mohou být tedy zdrojem pozorované nízkoteplotní hystereze.

4. Pozorovaná vysokoteplotní hystereze viskozity mléka ($t > 30^\circ\text{C}$) byla ohodnocena jako míra stárnutí mléka, vyjadřující nahromaděné změny v mléce, které se v blízkosti přechodu 5/4 transformují na změny struktury mléka indikovatelné prostřednictvím jeho viskozity.

Literatura

- BLAHOVEC J., JANÁL R., 1972a, Zavisimost vjazkosti moloka ot temperatury. Moločnaja promyšlennost' (v tisku).
- BLAHOVEC J., JANÁL R., Vliv podmínek stárnutí čerstvého mléka na jemnou strukturu křivky teplotní závislosti viskozity. Živočišná výroba 9—10, 1973.
- BONDI A., 1958, Rheology, Theory and Applications, ed. by F. EIRICH, Vol. I, Academic Press, New York, 321 s.
- JANÁL R., BLAHOVEC J., 1973, Příspěvek ke studiu teplotní závislosti viskozity mléka. Sborník mechanizační fakulty VŠZ v Praze. SPN (v tisku).
- JENNESS R., PATTON S., 1967, Grundzüge der Milchchemie. BLV, München.

Došlo dne 16. 11. 1972

ЯНАЛ Р., БЛАГОВЕЦ Й. (Сельскохозяйственный институт, Прага-Сухдол, Чехословакия). Тепловой гистерезис вязкости продовольственного молока. Zem. technika 19(5):261—270, 1973.

Тепловой гистерезис вязкости продовольственного молока изучался в зависимости от срока старения при низкой температуре ($\sim 6^\circ\text{C}$). Для оценки результатов измерения был использован метод изучения тонкой структуры кривой тепловой зависимости от вязкости молока. Низкотемпературный гистерезис обнаружен при температурах ниже $\sim 30^\circ\text{C}$, отнесенных за счет процесса таяния жира при $\sim 30^\circ\text{C}$. Этот процесс обратим лишь в частичной мере, следовательно, он может оказаться источником гистерезиса. Кроме того, обнаружен высокотемпературный гистерезис ($t > 30^\circ\text{C}$), возрастающий с возрастом пробы, собственно говоря, согласно мере ее старения.

молоко; вязкость; температурная зависимость; обратимость молочных свойств; температурный гистерезис; критическая точка; старение молока

JANÁL R., BLAHOVEC J. (University of Agriculture, Praha-Suchdol, Czechoslovakia). *Temperature Hysteresis of Drinking Milk Viscosity*. Zem. technika 19 (5) : 261—270, 1973.

The temperature hysteresis of drinking milk viscosity was studied in dependence of the milk ageing under low temperature ($\sim 6^\circ\text{C}$). The method of studying the fine structure curve of the temperature dependence of the milk viscosity was utilized to evaluate the measurement results. A low temperature hysteresis for temperatures lower than $\sim 30^\circ\text{C}$ was found which was attributed to the process of fat melting at temperatures $\sim 30^\circ\text{C}$. This process is probably reversible only partly and can therefore be a source of hysteresis. Further, a high temperature hysteresis ($t \sim 30^\circ\text{C}$) was found which increases with age of the sample or rather with its ageing rate.

milk; viscosity; temperature dependence; reversibility of milk properties; temperature hysteresis; critical point; milk ageing

JANÁL R., BLAHOVEC J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha-Suchdol, Tschechoslowakei). *Temperaturhysteresis der Konsummilchviskosität*. Zem. technika 19 (5) : 261—270, 1973.

Die Temperaturhysteresis der Konsummilchviskosität wurde in Abhängigkeit von der Alterungsdauer bei niedriger Temperatur (6°C) studiert. Zur Auswertung der Meßergebnisse wurde die Methode des Studiums einer feinen Struktur der Temperaturabhängigkeitskurve von Milchviskosität angewandt. Es wurde die Niedertemperaturhysteresis für Temperaturen unter 30°C gefunden, die dem Prozeß der Fettschmelze bei den Temperaturen von 30°C beigemessen wurde. Dieser Prozeß ist höchstwahrscheinlich nur teilweise umkehrbar, er kann also die Quelle der Hysteresis sein. Ferner wurde die Hochtemperaturhysteresis ($t > 30^\circ\text{C}$) gefunden, die mit dem Alter der Probe, eigentlich in dem Maße der Probealterung ansteigt.

Milch; Viskosität; Temperaturabhängigkeit; Umkehrbarkeit der Milcheigenschaften; Temperaturhysteresis; kritischer Punkt; Milchalterung

Adresa autorů

Prom. fyz. Rudolf Janál, ing. RNDr. Jiří Blahovec, Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol

J. Karásek

Vysoká škola zemědělská, České Budějovice

KARÁSEK J. *Vzduchotechnické podmínky dosoušení píce ve věžovém seníku.*
 Zem. technika 19 (5): 271—280, 1973.

Práce obsahuje výsledky měření při sušicím procesu v bezobalovém seníku, který je naplněn lučním senem pořezaném na délku 12 cm. Byla zjištěna závislost potřebného statického tlaku ve středové šachtě na průtočném množství sušícího vzduchu a rozdělení statistického tlaku ve vrstvě vysoušeného materiálu. Na jejich základě byly stanoveny požadované parametry dosoušecího ventilátoru a zvolen vhodný typ. Dále byl sledován časový průběh vysoušení sena v místech různě vzdálených od středové šachty a teplota i vlhkost vzduchu vystupujícího z dosoušeného sena a vypočtena průměrná skutečná vodní jímavost vzduchu — $1,45 \text{ g m}^{-3}$.

sušení sena; věžový seník

Dosoušení zavadlé píce na roštích se u nás všeobecně používá od konce padesátých let. Obvyklá úprava skladovacího prostoru však neumožňuje úplnou mechanizaci plnění a hlavně vyprazdňování tohoto prostoru, zejména v návaznosti na další krmné linky. V nedávné době byla věnována zvýšená pozornost jiným druhům konzervace píce, především senážování. Dnes však převládá názor, že určitá dávka sena je nezbytná i u dojníc; proto je důležitá otázka úplné mechanizace dosoušení, skladování a vyskladňování suché píce.

Tento problém je řešen u věžových seníků. Z hlediska dosoušení píce se různé typy věžových seníků nijak neliší. Vzduch je vháněn radiálním či axiálním ventilátorem většinou spodem do středové šachty, která je nahoře zaslepena, a prochází radiálně vrstvou dosoušené píce. Ve srovnání s dříve používaným sušením na roštích je tu z hlediska vzduchotechnického několik změn:

- a) rychlost prostupu vzduchu vrstvou materiálu je na vstupu značně větší než na výstupu,
- b) při dosoušení po částech (částečně naplněný seník) se jedná z hlediska proudění vzduchu o vrstvy zařazené vedle sebe, nikoli za sebou jako při dosoušení na roštu,
- c) měrná hmotnost dosoušeného materiálu je ve směru kolmém na proudění vzduchu různá (dole větší než nahoře).

Dosoušení píce ve věžovém seníku je proto z hlediska energetického i z hlediska volby ventilátoru náročnější.

TEORETICKÉ ZÁKLADY PROBLÉMU

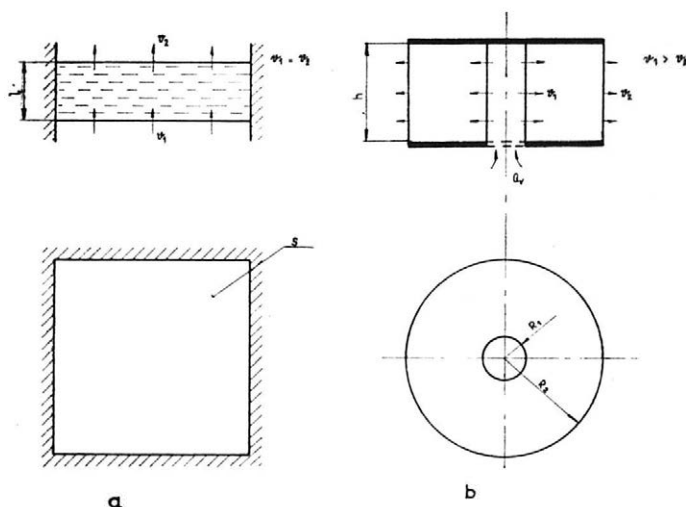
Množství energie spotřebované při dosoušení sena o dané vlhkosti nepředehřátým vzduchem v seníku závisí především na potřebném tlaku vzduchu, jeho vodní jímavosti a době, za kterou je nutno seno usušit.

Závislost statického tlaku nutného k protlačení vzduchu vrstvou materiálu na jeho rychlosti uvádějí různí autoři (Richey 1961, Day 1963, Mikulík 1963, Dwayne a Kjelgaard 1964) obecně shodně:

$$P_s = k l Q^m v^n \quad (1)$$

$$v = \frac{Q_v}{S}$$

kde: p_s — potřebný statický tlak (kp m^{-2})
 k — konstanta závisící na druhu vysoušeného materiálu
 Q — měrná hmotnost vysoušeného materiálu (kg m^{-3})
 l — síla vrstvy vysoušeného materiálu ve směru rychlosti vzduchu (m)
 v — rychlost vzduchu ve vrstvě (m s^{-1})
 Q_v — objemový průtok vzduchu seníkem ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
 S — průřez vrstvou materiálu, kolmý na směr rychlosti (m^2)



1. Uspořádání vrstvy sena při dosoušení na roštu (a) a ve věžovém seníku (b)

Hodnoty exponentů m a n se však v uvedené literatuře poněkud liší. Pro vojtěškové seno m kolísá od 2,40 do 3,26, n od 1,40 do 1,60; pro luční seno $m = 3,00$, $n = 1,50$. Holze (1971) uvádí, že exponent n poněkud roste se zvětšující se rychlostí proudění.

Vzorec (1) však platí pro proudění vrstvou tehdy, když se rychlost vzduchu nemění (schema „a“ na obr. 1). Protože při proudění vzduchu vrstvou materiálu ve tvaru podle schematu „b“ na obr. 1 se rychlost proudění mění podle hyperbolické závislosti $v = \frac{Q_v}{S} = \frac{Q_v}{2\pi R h}$, je nutné uvedený vzorec pro tento případ upravit

$$dp_s = k Q^m \left(\frac{Q_v}{S} \right)^n dl.$$

Dosažení za $dl = dR$, za $S = 2\pi Rh$ a integraci získáme vztah:

$$p_s = kQ^m \left(\frac{Q_v}{2\pi h} \right)^n \left[\frac{R^{-n+1}}{-n+1} \right]_{R_1}^{R_2} \quad (2)$$

Průběh statického tlaku ve vrstvě v závislosti na vzdálenosti od osy seníku „ R “ bude tedy

$$p_s = k' \frac{1}{R^{n-1}} \quad (3)$$

Grafické znázornění této funkce pro $n = 1,60$ je uvedeno na obr. 5. Vodní jímavost vzduchu ovlivňuje velikost dosoušecího ventilátoru, a tím i energetickou náročnost dosoušení prostřednictvím vztahu

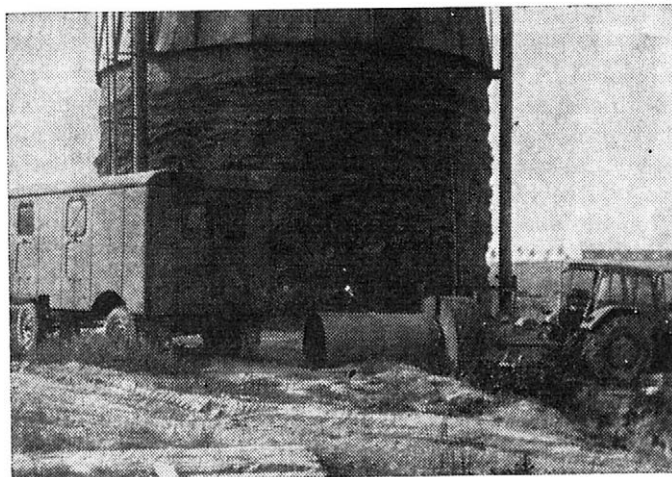
$$Q_v = \frac{M_{H_2O}}{\Delta\Phi\tau_{3,6}} \quad (4)$$

- kde: Q_v — množství vzduchu dodávané ventilátorem (= objemový průtok vzduchu seníkem) ($m^3 s^{-1}$)
 M_{H_2O} — celková hmotnost odpařené vody (kg)
 $\Delta\Phi$ — rozdíl absolutní vlhkosti vzduchu na výstupu z vrstvy a na vstupu do vrstvy (= vodní jímavost vzduchu) ($g m^{-3}$)
 τ — doba provozu dosoušecího ventilátoru (h)

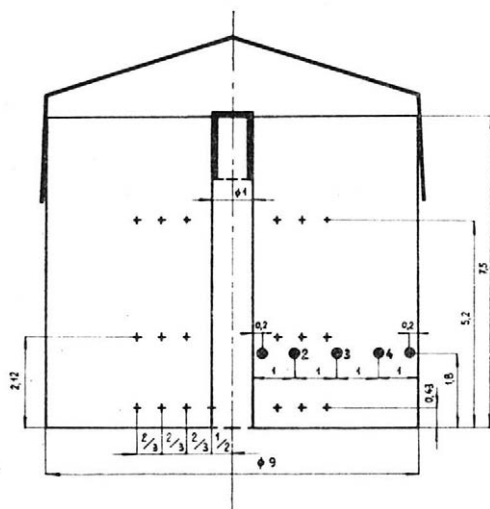
Vodní jímavost vzduchu závisí na parametrech okolního vzduchu vháněného do seníku a na nasycení vzduchu vystupujícího ze seníku vodní párou.

METODIKA

Veškerá dále popisovaná měření byla vykonána na funkčním modelu bezobalového věžového seníku VÚZS, umístěném v JZD Košetice, okres Pelhřimov. Plnění seníku probíhalo ve dnech 19. VI. až 5. VII. 1972; dosoušení od 22. VI. do 8. VIII. 1972. Celkový pohled na seník s dosoušecím ventilátorem je na obr. 2. Dosoušecí ventilátor byl poháněn vývodovou hřídelí traktoru, což umožnilo změnu jeho otáček. Na obr. 3 je rozměrový náčrt s umístěním čidel teploty a tlaku (rozměry jsou kótovány podle stavu, kdy byla konána nejdůležitější vzduchotechnická měření).



2. Celkový pohled na seník s dosoušecím ventilátorem



3. Rozměrový náčrt seníku a umístění čidel tlaku a teploty (v m) + — odběr tlaku; • — umístění odporového teploměru

Základní údaje:

objem stohu na začátku dosoušení	485 m ³
celková hmotnost píce na začátku dosoušení	50,1 t
průměrný počáteční vlhkostní podíl	30 %
hmotnost píce po dosoušení	cca 41,3 t
průměrný konečný vlhkostní podíl	15 %

Seník byl plněn senometem DoVZ 100 lučním senem pořezaným na délku 12 cm. Jelikož povrch bezobalového seníku byl obnažen a střecha nesena sloupy, nebylo slehávání materiálu ovlivněno žádnými vnějšími silami a průchozu sušícího vzduchu kladl odpor jedině vysoušený materiál.

Ve vysoušeném materiálu byly umístěny sondy (trubičky), spojené s otevřeným U-manometrem. Tyto sondy sloužily také pro odběr vzduchu při měření jeho vlhkosti. Dále bylo v seně umístěno pět platinových odporových teploměrů, zapojených na šestikřivkový zapisovač teplot ZPA, šestá dráha tohoto zapisovače registrovala teplotu vzduchu vstupujícího do seníku. Kromě toho bylo v seníku rozmístěno 41 termistorů, které sloužily pouze pro sledování nebezpečného samozahřívání. (Termistory nejsou na obr. 3 zakresleny.) Měrná hmotnost sena a jeho slehávání v jednotlivých vrstvách byla sledována tak, že vždy po uskladnění určitého známého množství sena byla na horní povrch uložena značka (papír, vývody termistorů apod.), vyčnívající na vnějším obvodu. Z polohy jednotlivých značek byly pak uvedené veličiny stanoveny.

Množství vzduchu dodávaného ventilátorem do seníku bylo měřeno miskovým anemometrem i Prandtlovou trubicí. Vzorky materiálu pro stanovení jeho vlhkosti byly odebrány z každého přivezeného vozu, po dosoušení byly odebrány speciální sondou z hloubky až 3 m. Vlhkost vzorků byla měřena vysoušením v peci. Kromě těchto hlavních měření byl dále kontrolován geometrický tvar stohu, únik vzduchu horním povrchem stohu a výživná hodnota skladované píce.

MĚRNÁ HMOTNOST MATERIÁLU

Měrná hmotnost vysoušeného materiálu silně ovlivňuje odpor vrstvy, neboť exponent m v rovnici (1) se rovná přibližně 3. Průměrná měrná hmotnost sena na počátku dosoušení činila 103 kg m^{-3} , na konci dosoušení přibližně 100 kg m^{-3} . Snížení hmotnosti vysoušením a snížení objemu sleháváním se tedy téměř vyrovnává. (Výška stohu se snížila v průběhu dosoušení z 7,7 m na 6,5 m.) Značné jsou ovšem rozdíly měrné hmotnosti materiálu v horní části seníku — asi 50 kg m^{-3} , a v dolní části, kde bylo naměřeno až 160 kg m^{-3} .

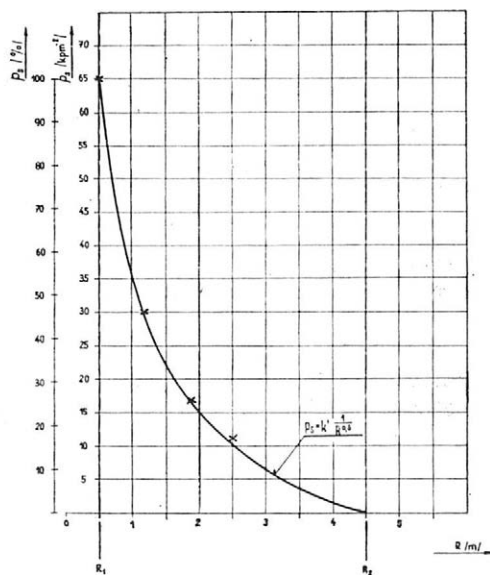
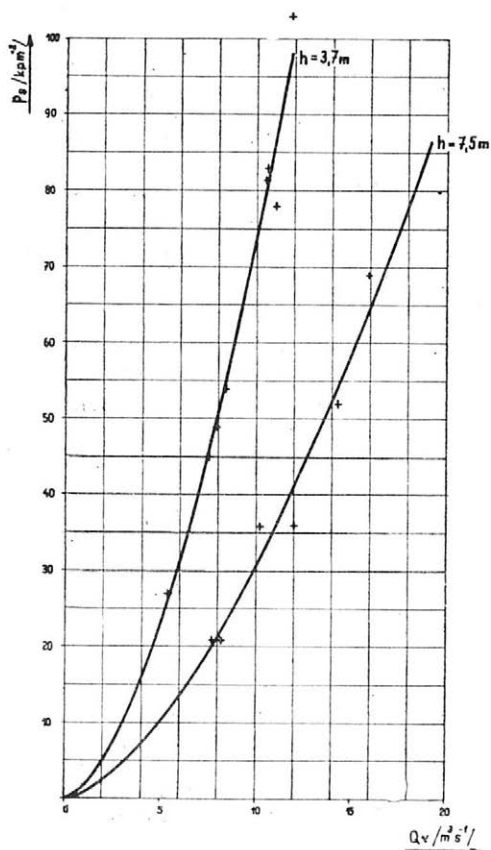
CHARAKTERISTIKA SENÍKU

Při výškách vysoušeného materiálu $h = 3,7 \text{ m}$ a $h = 7,5 \text{ m}$ byla zjištěna závislost statického tlaku ve středové šachtě p_s na průtočném množství vzduchu vháněného do seníku Q_v . Výsledky jednotlivých měření, konaných při různých otáčkách ventilátoru, byly zpracovány na počítači a zakresleny do grafu na obr. 4. Rovnice křivek jsou:

$$p_s = 1,612 Q_v^{1,658}$$

pro $h = 3,7 \text{ m}$

$$p_s = 0,785 Q_v^{1,592}$$

pro $h = 7,5 \text{ m}$ 

5. Rozložení statického tlaku ve vrstvě vysoušeného sena

4. Závislost statického tlaku ve středové šachtě na množství vzduchu procházejícího seníkem

Se stanovením exponentu n pro rychlost ve vzorcích (1; 2; 3) souvisí i měření průběhu statického tlaku ve vrstvě vysoušené píce. Dosadíme-li do rovnice (2) za $n = 1,6$, pak této rovnici odpovídá teoretický průběh statického tlaku ve vrstvě nakreslený v grafu na obr. 5.

V tomto grafu jsou zakresleny i body odpovídající naměřeným hodnotám v místech tlakových sond. Křížky jsou označeny průměry různých měření při $R = \text{konst.}$ Do výpočtu byly zahrnuty pouze údaje naměřené ve spodní a střední řadě tlakových sond, průběh tlaků v horní řadě byl narušen blízkostí horního obnaženého povrchu stohu. Tlak byl měřen při různém Q_v ; potom byly tlaky přepočteny na maximální naměřené průtočné množství $Q_{v \max} = 15,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ podle vztahu:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{Q_{v1}}{Q_{v2}} \right)^{1,6}$$

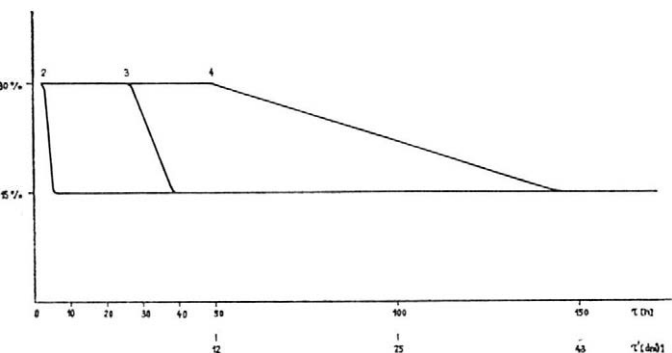
VODNÍ JÍMAVOST VZDUCHU

Seník byl naplněn 50,1 t sena o průměrném vlhkostním podílu 30 %, dosoušení trvalo celkem 160 hodin hlavního času a ventilátor dopravil do seníku $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vnějšího nepřehřátého vzduchu. Průměrná vodní jímavost vzduchu činila tedy $1,45 \text{ g m}^{-3}$.

Během vysoušení byla sledována také teplota a vlhkost vzduchu vystupujícího ze sena. Až do doby, kdy prošla seníkem $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vzduchu (tj. 67 % z celkového množství), byla vždy relativní vlhkost vystupujícího vzduchu větší než 85 %; do průchodu $4,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (80 % z celkového množství) byla vždy větší než 80 %. Vlhkost vystupujícího vzduchu byla průběžně měřena několika vlasovými vlhkoměry umístěnými na různých místech povrchu stohu. Vlasové vlhkoměry byly dvakrát denně kontrolovány aspiračním psychometrem. Naměřené hodnoty jsou o málo vyšší než odpovídá rovnovážné vlhkosti sena podle Seglera (1959).

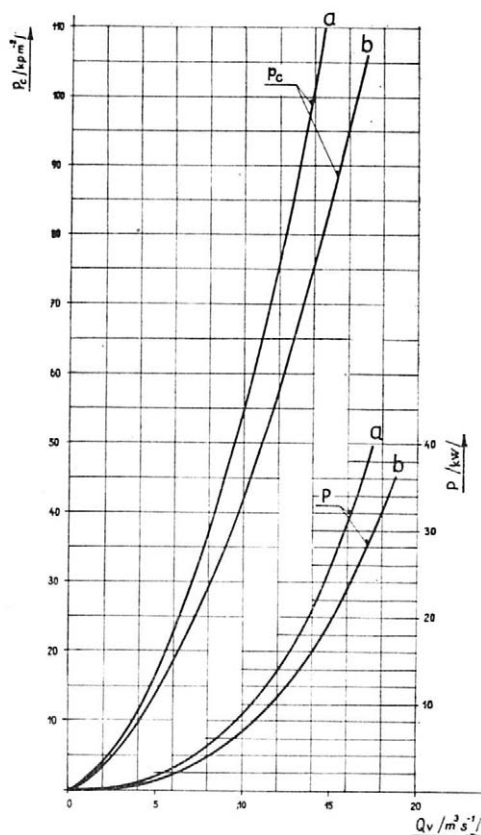
SUŠICÍ PROCES

Průběh vysoušení materiálu byl dobře patrný ze zápisu registračního teploměru. Rozdíl teplot v části stohu, ve které vysoušení již proběhlo a v části, kde vysoušení dosud nezačalo, se ustálil za tři hodiny po spuštění dosoušecího ventilátoru. Tento rozdíl teplot činil 2°C až 3°C . Časový průběh dosoušení v místech teplotních čidel je zakreslen do diagramu na obr. 6. Označení křivek souhlasí s označením míst na obr. 3. Na vodorovné ose je stupnice udávající čas provozu ventilátoru τ (hlavní čas) i stupnice udávající celkovou dobu od počátku plnění seníku τ' .



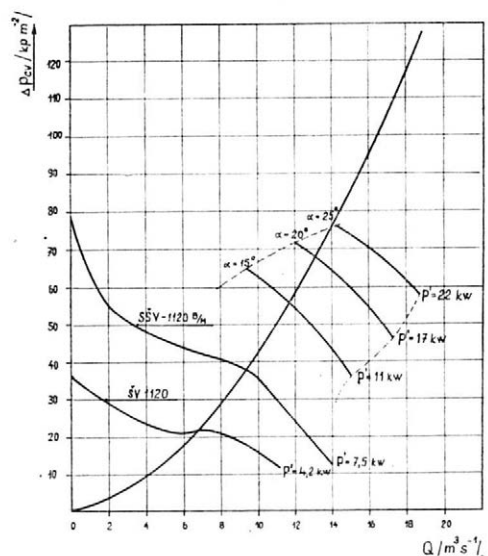
6. Časový průběh vysoušení sena v různých vzdálenostech od osy seníku

Na základě naměřených hodnot statického tlaku ve středové šachtě a množství vzduchu dodávaného ventilátorem do seníku byl vypočten a nakreslen graf udávající potřebný celkový tlak ventilátoru pro různá dopravovaná množství vzduchu — obr. 7. Do výpočtu byl zahrnut i tlak dynamický a tlakové ztráty v přívodu vzduchu. Z grafu lze zjistit potřebný příkon ventilátoru při jeho účinnosti 65 %. Křivky označené „a“ platí pro rozměry stohu podle obr. 4, označené „b“ pro stoh o stejných vnějších rozměrech, ale středové šachtě zvětšené na průměr 1,2 m. Výsledky zkoušek plnění seníku umožňují toto zvětšení.



7. Potřebný celkový tlak ventilátoru a jeho příkon v závislosti na množství dodávaného vzduchu

8. Charakteristika axiálního ventilátoru APR 1000 ($n = 1440 \text{ min}^{-1}$) P' — výkon elektromotoru



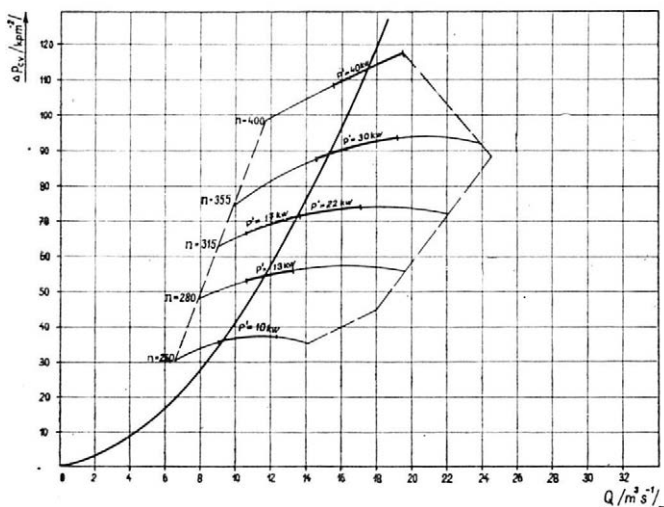
Na obr. 8, 9 a 10 jsou zakresleny oblasti použití ventilátorů výroby ZVVZ Prachatice a Janka Radotín, které svými parametry přicházejí v úvahu pro agregaci s věžovými seníky. Grafy byly vypracovány na základě údajů firemní literatury. Charakteristiky dosoušecích ventilátorů ŠV-1120 a SŠV-1120 B/M jsou uvedeny pouze pro možnost srovnání. Do těchto grafů je také zakreslena křivka $p_c = f(Q_v)$ pro seník (křivka „b“ na obr. 7).

Potřebné dopravované množství vzduchu, a tím i typ ventilátoru, závisí na době, za kterou je třeba seno usušit. Je-li totiž průměrná vodní jímavost vzduchu a požadovaný odsušek vlhkosti dán, pak musí být výkonnost ventilátoru tím větší, čím kratší je požadovaná doba sušení — viz vzorec (4).

Při volbě ventilátoru je nutné vzít v úvahu i jeho pořizovací cenu; axiální ventilátor APR 1000 s motorem $N = 22 \text{ kW}$ stojí bez daně 11 000 Kčs; radiální obou-

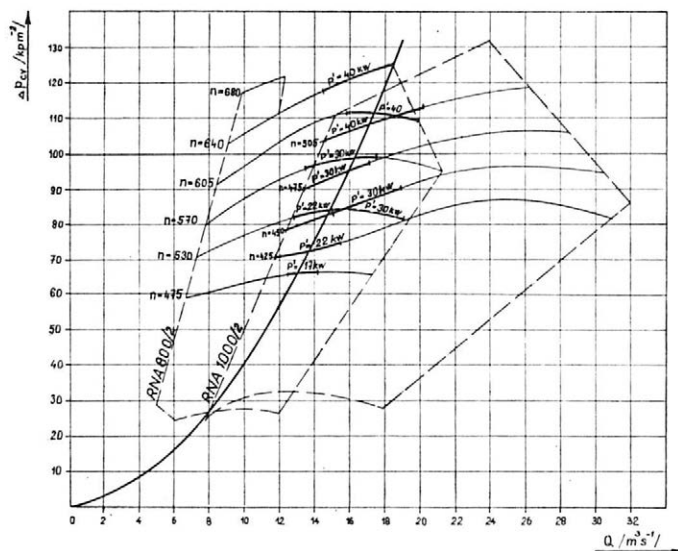
stranně sací RNA 800/2 s motorem $N = 30$ kW je za 17 000 Kčs; radiální jednostranně sací RNA 1250 s motorem $N = 30$ kW je za 24 000 Kčs a radiální oboustranně sací RNA 1000/2 s motorem $N = 40$ kW je za 27 000 Kčs. Pro agregaci se zkoušeným seníkem, jehož informativní cena činí 80 000 Kčs (bez vzduchotechniky), je patrně nejvhodnější axiální ventilátor APR 1000, který je schopen dodávat asi $14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ vzduchu. Použití dražších ventilátorů radiálních umožní sice zvýšit toto množství asi na $18 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, ale příkon bude přibližně dvojnásobný.

Pro seníky o větší skladovací, a tím i dosoušecí kapacitě přichází v úvahu oboustranně sací ventilátor RNA 1000/2, který může s motorem o výkonu 55 kW dodávat do seníku až $32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ vzduchu. Jeho cena bez motoru je přibližně stejná jako cena ventilátoru jednostranně sacího RNA 1250.



9. Charakteristika jednostranně sacího radiálního ventilátoru RNA 1250

10. Charakteristika oboustranně sacího radiálního ventilátoru RNA 800/2 a RNA 1000/2



DISKUSE

Dosoušení píce ve věžových senících je energeticky náročnější než dosoušení na roštích. Je to způsobeno tím, že ventilátor musí protlačovat vzduch celou vrstvou vlhkého materiálu najednou a k tomu je třeba vyššího tlaku. Také množství

vzduchu dodávaného ventilátorem je požadováno větší, aby byl sušicí proces včas dokončen.

Nevyjasněnou otázkou dosud zůstává doba, za kterou je nutné seno dosušit, aby byla zachována jeho dobrá kvalita. Na této maximálně přípustné době totiž závisí i parametry dosoušecího ventilátoru. Dosažitelné údaje se dosti rozcházejí. Mikulík (1963) uvádí, že při teplotě kolem 30 °C dochází k rozvoji plísní už za tři dny. Při zkouškách věžového seníku v Kamýku nad Vltavou trval celý proces plnění a dosoušení vojtěšky o počátečním vlhkostním podílu 42 % 22 dní (test SZZLS čís. 244), v Hrušovanech nad Jevišovkou při počátečním vlhkostním podílu 37,5 % 20 dní (Lobotka 1970). Oba prameny uvádějí, že kvalita sena byla dobrá. Segler (1959) doporučuje pro obilí i seno dobu dosoušení podle klimatických podmínek 6 až 10 dní, jen výjimečně déle.

Funkční model, na kterém se popisovaná měření dělala, měl středovou šachtu o velmi malém průměru; také jeho vnější rozměry, a tím i kapacita byly poměrně malé. Větší seníky (se středovou šachtou rovnající se asi 1/4 vnějšího průměru) budou mít menší odpor vůči proudění vzduchu a křivka $p_c = f(Q_v)$ bude méně strmá. Ventilátor bude třeba volit pro větší dopravované množství vzduchu při relativně menším tlaku, což je ekonomicky výhodnější.

Měrná spotřeba energie na dosoušení sena u zkoušeného bezobalového seníku činila 5,4 kWh na 100 kg dosušeného sena. Tato hodnota odpovídá údajům uvedeným v listovce VÚZT (1971), průměrná měrná hmotnost materiálu je ale podstatně nižší než je tam uvedeno. Je však nutné vzít v úvahu, že počáteční vlhkost sena byla nízká. Jelikož se jedná o sušení, je vhodnější uvést energii potřebnou na odpaření 1 kg vody — činila 0,29 kWh kg⁻¹.

ZÁVĚR

Práce obsahuje měření závislosti potřebného statického tlaku na množství vzduchu dodávaného do seníku ventilátorem. Na základě těchto měření byla sestavena charakteristika seníku $p_s = f(Q_v)$. Dále byl měřen statický tlak v různých místech uvnitř vrstvy vysoušeného materiálu. Průběh těchto tlaků potvrdil velikost naměřené exponentu rychlosti a platnost rovnice (2), která umožňuje přepočítat naměřené hodnoty pro seníky o jiných rozměrech R_1, R_2, h .

Měření teploty a vlhkosti vzduchu vystupujícího z vrstvy vysoušeného materiálu ukázala, že relativní vlhkost tohoto vzduchu je téměř nezávislá na parametrech vzduchu vháněného do seníku (při dostatečné tloušťce vrstvy), odpovídá přibližně rovnovážné vlhkosti a je tedy vhodným ukazatelem dosoušení sena. Tloušťka vrstvy materiálu, který se právě vysouší, je poměrně malá a sušení probíhá v místech poblíž vnějšího povrchu stohu velmi pomalu.

Volba vhodného typu ventilátoru má velký význam ekonomický, neboť pořizovací cena nejlevnějšího axiálního ventilátoru tvoří již asi 12 % celkové ceny zkoušeného bezobalového seníku bez ceny zařízení pro jeho plnění. Je třeba počítat i s tím, že příkony ventilátorů větších seníkových věží budou činit 20 až 55 kW podle jejich velikosti.

Literatura

- DAY C. R., 1963, Effects of Conditioning and Other Factors on Resistance of Hay to Air Flow. Trans. of the ASAE: 199—201.
DUYNE D. A., KJELGAARD W. L., 1964, Air-Flow Resistance of Baled Alfalfa and Clover Hay. Trans. of the ASAE: 267—270.
HOLZE H., 1971, Untersuchungen über den Strömungswiderstand landwirtschaftlicher Halmgüter. VDI-Verlag Düsseldorf, 32 s.
MIKULÍK J., 1963, Komplexní mechanizace sklizně píce. SZN Praha, 127 s.

- LOBOTKA I., 1970, Technické a technologické predpoklady použitia vežových seníkov pre dosušovanie zvädnutých jemnostebelnatých krmovín v horských a pohorských oblastiach. VÚTP Rovinka, 107 s.
- RICHEY C. B., 1971, Agricultural Engineer's Handbook. McGraw-hill Book Company New York, Toronto, London, 880 s.
- SEGLER G., 1959, Technische Probleme der Belüftung von landwirtschaftlichen Ernteprodukten. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin: 135—154.
- , —, Státní zkušebna zemědělských a lesnických strojů Praha 6 - Řepy, Test č. 244: Věžový seník TT-12.
- , 1971, Výzkumný ústav zemědělské techniky; Využití věžových seníků v čs. zemědělství (listovka)

Došlo dne 7. 2. 1973

KAPACEK J. (Selskochoзяйственный институт, Ческе Будейовице, Чехословакия). Воздухотехнические условия досушки кормов в сенных башнях. Zem. technika 19(5):281—290, 1973.

Работа содержит результаты измерения в процессе сушки в сеннике для неупакованного лугового сена, измельченного на 12 см. Была установлена зависимость необходимого статического давления в центральной шахте от проточного количества сушащего воздуха и распределения статического давления в слое высушенного материала. На их основе были определены требуемые параметры досушивающего вентилятора и выбран подходящий тип. Далее изучалась кривая времени сушки сена в местах, находящихся на различном расстоянии от центральной шахты и температура и влажность воздуха, выходящего из досушенного сена, и вычислена средняя действительная влагоемкость воздуха — $1,45 \text{ г/м}^3$.

сушка сена; сенная башня

KARÁSEK J. (University of Agriculture, České Budějovice, Czechoslovakia). *The Air Engineering Conditions of the Final Drying of Fodder in a Tower Silo*. Zem. technika 19 (5): 271—280, 1973.

This paper submits the results obtained in a measuring carried out in the drying process in a non-packed hay silo filled with meadow hay cut in a length of 12 cm. Determined was the dependence of the required static pressure in the central shaft on the flow quantity of drying air and the distribution of the static pressure in the layer of the dried material. On the basis of this the required parameters of the drying ventilator were determined and a suitable type was selected. Examined was also the time course of the drying of hay at localities in various distances from the central shaft and the temperature and process moisture of the air emanating from the hay during the drying. Calculated was also the average actual water-holding capacity of the air — 1.45 g m^{-3} .

drying of hay; tower hay-silo

KARÁSEK J. (Landwirtschaftliche Hochschule, České Budějovice, Tschechoslowakei). *Lufttechnische Bedingungen der Grünfutternachtrocknung in einem Heuturm*. Zem. technika 19 (5): 271—280, 1973.

Der Aufsatz enthält die Meßergebnisse während des Trocknungsprozesses in einem mantelfreien Heuturm, der mit dem auf 12 cm Länge gehäckselten Wiesenheu aufgefüllt ist. Es wurde die Abhängigkeit des erforderlichen statischen Druckes im Mittelschacht von der Durchflußmenge der Trockenluft und die Einteilung des statischen Druckes in der Schicht der nachzutrocknenden Masse ermittelt. Auf deren Grundlage wurden die geforderten Kennwerte des Nachtrocknungsflüsters festgelegt und der geeignete Typ gewählt. Ferner wurde der Zeitverlauf der Heuabtrocknung in den vom Mittelschacht verschiedentlich entfernten Stellen und Temperatur sowie Feuchtigkeit der vom nachzutrocknenden Heu austretenden Luft verfolgt und mittlere tatsächliche Wasseraufnahmefähigkeit der Luft von $1,45 \text{ g.m}^{-3}$ errechnet.

Heutrocknung; Heuturm

Adresa autora:

Ing. Jan Karásek, Vysoká škola zemědělská, provozně ekonomická fakulta, 370 05 České Budějovice — Čtyři Dvory

C. Kejík, P. Maláč

Vysoká škola zemědělská, Brno

KEJÍK C., MALÁČ P. *Rozbor hlavních funkčních parametrů žlabových dopravníků krmiv.* Zem. technika 19 (5): 281—290, 1973.

Práce je zaměřena na rozbor funkčních parametrů žlabového dopravníku hrnoucího DoŽH-100 a žlabového pásového dopravníku zn. TEROZ, které jsou používány ve stájích pro skot. Na základě experimentálních měření rozebírá a vyhodnocuje potřebný příkon hnacích jednotek dopravníků, rychlost posuvu materiálu na dopravnících, velikost dopravních objemů žlabových dílů pro krmné dávky včetně možnosti jejich regulace a dosahovanou i teoretickou výkonnost dopravníků. V závěru práce jsou získané údaje u obou typů dopravníků porovnávány a vyhodnocovány.

žlabový dopravník; příkon; rychlost dopravníku; objem žlabového dílu; výkonnost dopravníku; krmná dávka

Usnesením ÚV KSČ k dalšímu rozvoji československého zemědělství byl v oblasti živočišné výroby vytýčen úkol věnovat mimořádnou pozornost chovu skotu. Především byla zdůrazněna nutnost soustavného zavádění velkovýrobních forem v chovu dojníc s racionálními způsoby krmení.

Doposud byl vlastní proces krmení skotu mechanizován v převážné míře hrnoucími anebo unášivými žlabovými dopravníky; z hrnoucích žlabových dopravníků se nejvíce uplatnil typ DoŽH-100 a z unášivých dopravníků se žlabovými vozíky (tak zv. vaničkový). V poslední době se ukázalo, že pro zmechanizování tohoto procesu krmení lze s úspěchem využít i pásových dopravníků.

Aby bylo možné odpovědně posoudit jejich vhodnost, přistoupili jsme v rámci plánovaného výzkumného úkolu k porovnání funkčních parametrů hrnoucího žlabového dopravníku DoŽH-100 a pásového žlabového dopravníku zn. TEROZ.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE SLEDOVANÝCH ŽLABOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

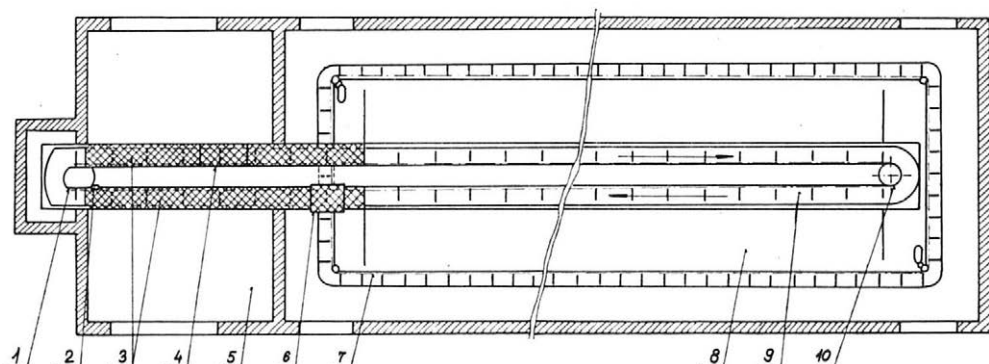
Činnost obou žlabových dopravníků byla sledována přímo v provozních podmínkách.

Pro ověření funkčních parametrů dopravníku DoŽH-100 byl vybrán dopravník instalovaný v JZD Malešovice, okres Brno — venkov, ve stáji s vazným ustájením o kapacitě 90 dojníc. Tento horizontální jednořetězový dopravník dopravoval krmivo pro dvě řady stání a pohyboval se v monolitických žlabech, vyrobených ze železobetonu s cementovým potěrem. Krmná dávka, vložená do pevného žlabového oddílu dopravníku, byla dopravními hrabičkami hrnuta z přípravný prostorem jednoho žlabu přes celou délku stáje a pak prostorem druhého žlabu zpět směrem k příprav-

ně až před první ustájené zvíře. Při sledování byla rychlost dopravníku nastavena na strojní plnění, plnilo se však ručně. Schéma umístění dopravníku ve stáji je uvedeno na obr. 1.

Činnost pásového dopravníku byla ověřována v JZD „Svornost“ Lutopecny, okres Kroměříž. Jednalo se o dopravník instalovaný opět ve stáji s vazným ustájením, avšak s kapacitou 104 dojníc. Jeho výrobcem je státní statek TEROZ Tachov. Je řešen jako jednoduchý, to značí, že dopravuje krmivo jen jedné řadě ustájených zvířat. Ve sledované stáji byly proto instalovány tyto dopravníky dva a každý byl řešen jako samostatná jednotka. Pracovní částí dopravníku je pryžový pás o šířce 650 mm, který se pohybuje po rovném dnu krmeného žlabu a při svém pohybu dopravuje krmivo. Žlab je protažen až do přípravy krmiv, kde se dopravník plní krmivem. Schéma tohoto dopravníku je vyobrazeno na obr. 2.

Oběma dopravníky byla zakládána jen objemová krmiva. Aby při sledování byly dodrženy přibližně stejné podmínky, bylo složení krmiva jednotné (siláž).



LEGENDA:

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. HNACÍ JEDNOTKA | 6. OTVOR PRO ZBYTKY KRMIVA |
| 2. KONCOVÝ VYPÍNAČ | 7. OBĚŽNÝ SHRNOVAČ |
| 3. KRYT ŽLABU | 8. STÁŽ |
| 4. KRYT PLNÍČHO OTVORU | 9. ŘETĚZ S DOPRAVNÍMI HŘEBLY |
| 5. PŘÍPRAVNA | 10. VODÍČÍ KOLO |

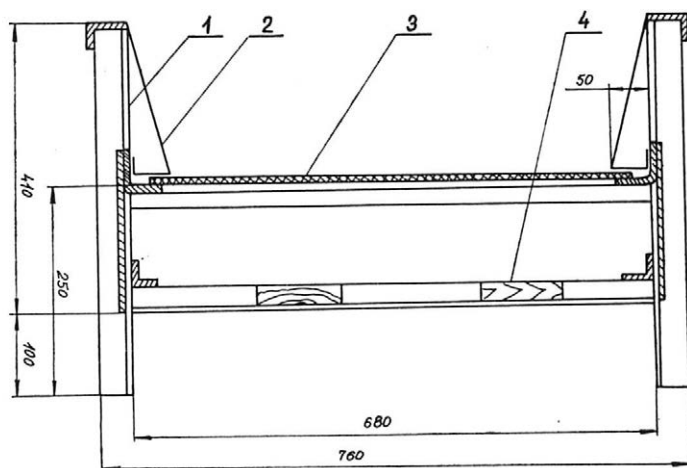
1. Schéma jednořetězového horizontálního dopravníku DoŽH-100, instalovaného ve vazné stáji JZD Malešovice, okres Brno-venkov

VLASTNÍ MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ FUNKČNÍCH PARAMETRŮ ŽLABOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pro komplexní hodnocení žlabových dopravníků by bylo třeba zkoumat značné množství parametrů, například spotřebu energie, rychlost posuvu materiálu, výkonnost, čas obsluhy, četnost poruch a celkovou provozní spolehlivost, předpokládanou životnost, celkové měrné náklady, koeficient synchronizace článků krmné linky apod.

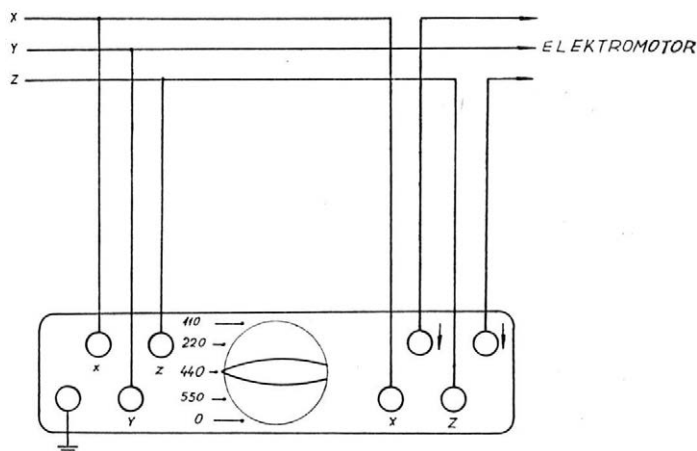
Z těchto mnoha parametrů byly vybrány čtyři hlavní a činnost žlabových dopravníků byla zkoumána a posuzována podle těchto hledisek:

1. podle potřebného příkonu hnacích jednotek dopravníků,
2. podle rychlosti posuvu materiálu,
3. podle hmotnosti krmných dávek a možnosti jejich regulace,
4. podle dosahované výkonnosti dopravníků.



2. Řez pásového žlabového dopravníku zn. TEROZ, instalovaného v JZD Lutopečny, okres Kroměříž (1 - rám, 2 - plechové bočnice, 3 - dopravní pás, 4 - příčník)

3. Schéma zapojení registračního přístroje Wattreg II při měření příkonu elektromotorů hnacích jednotek žlabových dopravníků



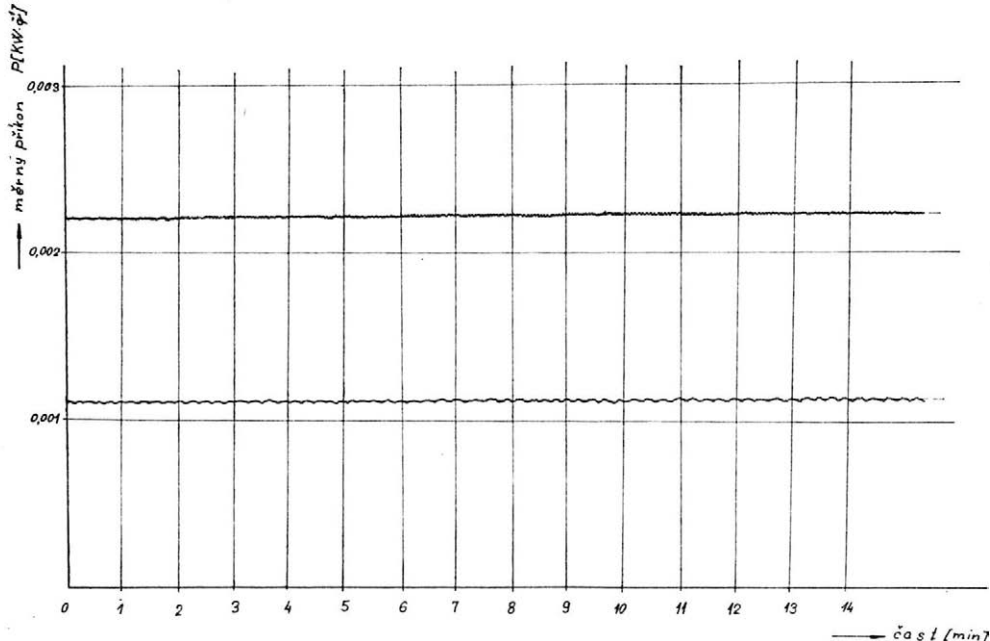
MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ PŘÍKONU HNACÍCH JEDNOTEK

Příkon elektromotorů u obou hnacích jednotek byl měřen registračním přístrojem Wattreg II. Při měření byl v obou případech na přístroji nastaven napěťový rozsah 440 V, což umožnilo měřit činný výkon v rozsahu 0—4 kW a jalový výkon o rozsahu 0—4 kVA. Posuv registračního pásu byl nastaven na rychlost 3600 mm h⁻¹. Zapojení přístroje je zcela zřejmé z obr. 3.

Měřili jsme v zimním období. Dopravníkem hrnoucím DoŽH-100 bylo dopravováno při měření 600 kg silážní píce, dopravníkem pásový 860 kg. Proto byl zaznamenaný příkon přepočten na měrnou jednotku 100 kg. Dosažené výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 4.

Pro vyhodnocení příkonů je třeba nahradit zaznamenané křivky přímkami. Za předpokladu, že mezi veličinami existuje statistická závislost lineárního typu, je možné celé křivky proložit regresními přímkami, vyjádřenými v obecném tvaru rovnice:

$$y = a + bx$$



4. Graf průběhu měrného příkonu v závislosti na době zakládání krmiva

Konstanty této rovnice a , b lze určit pomocí dvou lineárních rovnic o dvou neznámých:

$$\begin{aligned}\Sigma y &= n \cdot a + b \Sigma x \\ \Sigma xy &= a \Sigma x + b \Sigma x^2\end{aligned}$$

Křivka příkonu u dopravníku DoŽH-100 byla nahrazena regresní přímkou, jejíž průběh je určen rovnicí:

$$y = 1,3 + 0,03635 x$$

Pro křivku příkonu pásového dopravníku byla vypočítána rovnice regresní přímky:

$$y = 0,959 + 0,04 x$$

Regresními přímkami byla nahrazena jen ta část křivek, která odpovídala plnění dopravníků krmivem. U hrnouchého dopravníku DoŽH-100 to bylo po čtyřech minutách od jeho spuštění, pásový dopravník byl plněn ihned po zapnutí chodu.

K vzájemnému srovnání obou dopravníků byla sestrojena závislost příkonu na postupném zatěžování dopravovaným krmivem. Hodnoty použité k sestrojení grafu jsou uvedeny v tab. I a graf je na obr. 5.

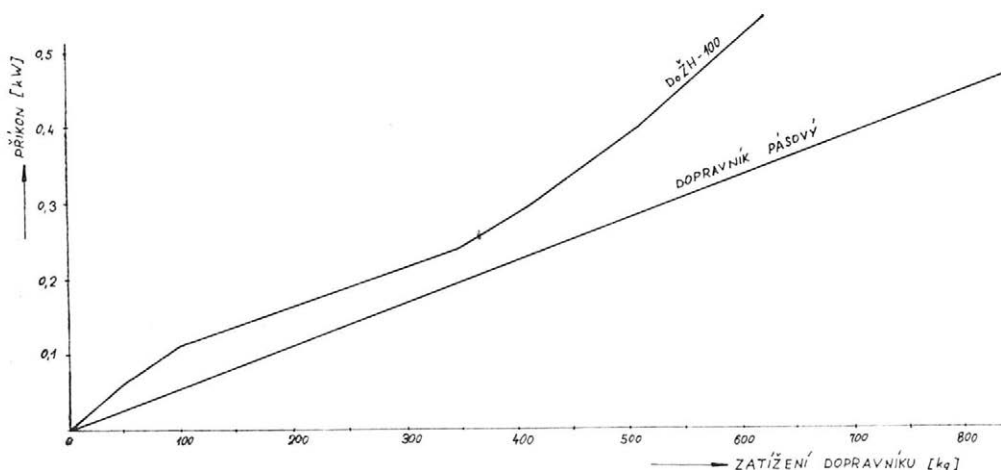
Z grafického vyjádření závislosti příkonu na zatížení dopravníku je zřejmá lineární závislost u dopravníku pásového, zatímco u dopravníku hrnouchého je tato závislost dána křivkou. Při sestrojování tohoto grafu se vycházelo z předpokladu rovnoměrného plnění dopravníků a plynulé dopravy. U dopravníku pásového byl předpoklad splněn; u dopravníku hrnouchého nebyly tyto podmínky splněny, a proto také průběh není lineární.

I. Závislost příkonu na postupném zatěžování dopravovaným krmivem

Číslo měření	Velikost zatížení (kg)	Přírůstek příkonu dopravníku (kW)	
		DoŽH-100	pásového
1	50	0,0648	0,0286
2	100	0,1130	0,0572
3	150	0,1389	0,0857
4	200	0,1643	0,1143
5	250	0,1899	0,1429
6	300	0,2155	0,1715
7	350	0,2414	0,2001
8	400	0,2863	0,2286
9	450	0,3402	0,2572
10	500	0,3933	0,2858
11	550	0,4587	0,3144
12	600	0,5245	0,3430
13	650	—	0,3715
14	700	—	0,4001
15	750	—	0,4287
16	800	—	0,4573

Z grafického vyjádření dále vyplývá, že příkon potřebný na dopravu stejného množství krmiva je u dopravníku hrnouceho podstatně vyšší, než u dopravníku pásového.

U obou dopravníků také nebylo plně využito výkonu elektromotoru. Maximální příkon u hrnouceho dopravníku činil 1,824 kW, což při předpokládané účinnosti 0,8 představuje výkon 1,592 kW. U pásového dopravníku největší příkon činil 1,416 kW, což při stejné účinnosti představuje výkon odevzdaný na hřídeli elektromotoru 1,1328 kW. Při tom u hrnouceho dopravníku je instalován elektromotor o výkonu 4 kW a u pásového dopravníku o výkonu 2,2 kW. Lze proto konstatovat, že pro dané podmínky byl výkon elektromotorů, zvláště u hrnouceho dopravníku, předimenzován.



5. Graf závislosti příkonu na zatížení žlabových dopravníků

Rychlost posuvu krmiva byla ověřována měřením celkové doby, za kterou dopravníky urazily dráhu o délce 10 m. Měření bylo prováděno jak u nezatížených dopravníků, tak i při zatížení dopravovaným krmivem. Zjištěné údaje pak byly porovnány s teoretickými rychlostmi.

U hrnouceho dopravníku DoŽH-100 byl při nezatíženém chodu naměřen čas k překonání dráhy 10 m 95,32 s, což odpovídá průměrné rychlosti pohybu 6,29 m min⁻¹. Po zatížení dopravníku krmivem se potřebný čas na projetí uvedené dráhy zvýšil na 97,24 vteřiny, takže rychlost dopravníku poklesla na 6,17 m min⁻¹. Při tom teoretická rychlost dopravníku, vypočtená ze vztahu:

$$v_d = \frac{n_m \cdot z \cdot t}{i_c} \quad (\text{m min}^{-1})$$

při jmenovitých otáčkách hnacího elektromotoru $n_m = 950$ ot min⁻¹, počtu zubů hnacího řetězového kola $z = 4$, rozteči dvojčlanku tažného řetězu $t = 0,201$ m a celkovém převodovém poměru hnací jednotky pro strojní plnění $i_c = 126$, činí v souladu s údajem výrobního podniku 6,45 m min⁻¹.

Z porovnání uvedených rychlostí hrnouceho dopravníku DoŽH-100 tedy vyplývá, že:

1. skutečná rychlost při nezatíženém chodu je vlivem prokluzu klínového řemenu u hnací jednotky nižší proti teoretické o 0,16 m min⁻¹, tj. o 2,48 %;
2. zatížením tohoto dopravníku dopravovaným krmivem se skutečná rychlost dále snižuje, a to v důsledku zvýšeného prokluzu. Součinitel prokluzu se tak zvyšuje až na hodnotu 0,434.

U pásového dopravníku žlabového byl potřebný čas k překonání dráhy 10 m měřen při ručním plnění. Měření bylo prováděno u obou instalovaných dopravníků. Při nezatíženém chodu činil změřený čas v průměru 154,53 vteřiny, což odpovídalo rychlosti pohybu dopravníků 3,882 m min⁻¹. Po zatížení dopravníků krmivem se čas k projetí dráhy 10 m zvýšil na 156,12 vteřiny a rychlost pohybu se tedy snížila na hodnotu 3,843 m min⁻¹. Teoretická rychlost těchto dopravníků byla stanovena ze všeobecně platného vztahu pro obvodovou rychlost hnacího bubnu podle rovnice:

$$v_d = \frac{n_m \cdot \pi \cdot D}{2i_c} \quad (\text{m min}^{-1})$$

a při hodnotách průměru hnacího bubnu $D = 315$ mm a celkového převodového poměru $i_c = 121$ činila souhlasně s údajem výrobního podniku 3,905 m min⁻¹.

Z uvedených údajů tedy vyplývá, že u pásového žlabového dopravníku:

1. skutečná rychlost pohybu při nezatíženém stavu se proti teoretické rychlosti snižuje jen nepatrně, a to o hodnotu 0,023 m min⁻¹,
2. zatížení dopravníku krmivem má na rychlost pohybu zcela minimální vliv. Součinitel prokluzu, zjištěný z porovnání skutečné rychlosti materiálu na dopravním pásu a rychlosti teoretické, vykazuje jen hodnotu 0,159.

V celkovém hodnocení ze konstatovat, že se vzrůstajícím zatížením rychlost dopravníků klesá, avšak pokles rychlosti u dopravníku hrnouceho DoŽH-100 je mnohem vyšší než u dopravníku pásového.

VYHODNOCENÍ HMOTNOSTI KRMNÝCH DÁVEK A MOŽNOSTI JEJICH REGULACE

Objem žlabového oddílu u obou dopravníků, připadající na jedno ustájené zvíře, by měl být tak velký, aby byl schopen pojmout plánovanou krmnou dávku

najednou. Jinak by bylo nutné zakládat krmivo do stáji nadvakrát, a tím by se prodlužovala celková doba krmení a způsoboval neklid mezi zvířaty ve stáji.

U hrnouceho žlabového dopravníku DoŽH-100 objem jednoho dopravního oddílu, vypočtený ze vztahu:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot \psi}{8} \quad (\text{m}^3)$$

činí při průměru žlabu $D = 510$ mm, délce jednoho žlabového oddílu $l = 1125$ mm a koeficientu zaplnění $\psi = 0,85$ téměř $0,1 \text{ m}^3$. Při předpokládané měrné hmotnosti dopravovaného krmiva $\rho_m = 330 \text{ kg m}^{-3}$ bude tedy každému zvířeti dopraveno ve žlabovém oddílu množství krmiva G o hodnotě vyšší než 30 kg .

Z uvedeného vyplývá, že objem žlabového oddílu je u hrnouceho žlabového dopravníku DoŽH-100 dostatečně velký, neboť celková hmotnost krmné dávky na jedno krmení pro jedno zvíře nebývá větší než 20 kg . Přitom ve výpočtu bylo počítáno s koeficientem $\psi < 1$. Ve skutečnosti však je možné dosáhnout i koeficientu $\psi > 1$.

U pásového žlabového dopravníku je dopravní objem části žlabu připadající na jedno zvíře vymezen plochou kolmého průřezu materiálu na pásu S (m^2) a měrnou délkou žlabu l (m). Protože velikost plochy S určuje volný obrys materiálu na pásu, a ten je dán parabolou, lze dopravní objem žlabu pro jedno zvíře vyjádřit vztahem:

$$V = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot \text{tg } \varphi \cdot l \quad (\text{m}^3)$$

Při šířce vrstvy materiálu na pásu $b = 580$ mm, sypném úhlu materiálu $\varphi = 55^\circ$ a měrné délce žlabu $l = 1125$ mm, činí tento objem $0,905 \text{ m}^3$. Každému ustájenému zvířeti lze tedy opět dopravit dávku krmiva o hmotnosti vyšší než 30 kg .

Proto je možné konstatovat, že i u pásového dopravníku je objem žlabového oddílu dostatečný. Přitom se ve výpočtu předpokládalo, že materiál spočívá pouze na dopravním pásu. Ve skutečnosti může být materiál veden bočními stěnami žlabu, což umožňuje zvýšit vrstvu dopravovaného materiálu.

Možnost regulace velikosti krmných dávek bude u obou žlabových dopravníků záviset na druhu plnění.

Při ručním plnění dopravníků bude množství krmiva nahrnutého do žlabového oddílu záviset na pracovních schopnostech krmiče, především na schopnostech odhadu potřebného množství a rovnoměrnosti dávek. Velmi nesnadno se v těchto případech splňuje zootechnický požadavek na přesnost dávek, protože stanovená odchylka nemá přesáhnout hodnotu $\pm 10 \%$.

Při strojním plnění dopravníků krmným vozem nebo dávkovacím zásobníkem bude množství krmiva založeného do žlabového oddílu záviset na vyprazdňovací výkonnosti těchto strojů. Určité velikosti krmné dávky musí odpovídat výkonnost žlabových dopravníků Q_d na tuto výkonnost musí být seřizena vyprazdňovací výkonnost krmného vozu anebo dávkovacího zásobníku Q_v . Tuto závislost lze po dosazení vyjádřit vztahem:

$$\frac{n \cdot g \cdot v_d}{L} = b \cdot h \cdot v_m \cdot \rho_m \quad (\text{kg s}^{-1}),$$

kde: n — počet krmených zvířat

g — krmná dávka na jedno krmení (kg ks^{-1})

v_d — rychlost žlabového dopravníku (m s^{-1})

- L — celková délka žlabu (m)
 b — šířka ložné plochy vyprazdňovacího ústrojí krmného vozu nebo dávkovacího zásobníku (m)
 h — výška vrstvy materiálu (m)
 v_m — rychlost posuvu materiálu při vyprazdňování na žlabový dopravník (m s^{-1})
 ρ_m — měrná hmotnost krmiva (kg m^{-3})

Za předpokladu, že na ložné ploše krmného vozu anebo dávkovacího zásobníku bude jen tolik krmiva, kolik je zapotřebí pro jedno krmení, bude rychlost posuvu materiálu při vyprazdňování činit:

$$v_m = \frac{l \cdot v_d}{L} \quad (\text{m s}^{-1})$$

Dosažením této rychlosti v_m do předchozího vztahu je možné jej upravit na výraz:

$$n \cdot g = b \cdot h \cdot l \cdot \rho_m$$

ze kterého lze stanovit výšku vrstvy materiálu při vyprazdňování h pro požadovanou dávku krmiva g podle rovnice:

$$h = \frac{n \cdot g}{b \cdot l \cdot \rho_m} \quad (\text{m})$$

Určitou nevýhodou krmných vozů i dávkovacích zásobníků je, že při vyprazdňování neudržují po celou dobu konstantní výšku vrstvy h , poněvadž náklad krmiva se v zadní části sesypává. Proto je třeba ke konci vyprazdňování zvyšovat otáčky hnacího hřídele, aby byla zachována vyprazdňovací výkonnost a tím i požadovaná velikost krmné dávky. V praxi se však na nutnost tohoto seřízení, zabezpečující rovnoměrnost krmných dávek, nebere ohled.

ZJIŠTĚNÍ VÝKONNOSTI ŽLABOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Výkonnost obou typů žlabových dopravníků je možné odvodit ze vztahu:

$$Q_d = \frac{n \cdot g \cdot v_d}{x(L + l_p) \cdot 60} \quad (\text{kg s}^{-1})$$

kde: g — hmotnost denní krmné dávky ($\text{kg ks}^{-1} \text{ den}^{-1}$)
 x — počet krmení za den
 l_p — vzdálenost od místa plnění k začátku žlabu (m)

U hrnacího žlabového dopravníku DoŽH-100 byly při sledování zjištěny tyto údaje:

průměrná denní krmná dávka (g)	30 $\text{kg ks}^{-1} \text{ den}^{-1}$
počet krmených zvířat (n)	88 ks
rychlost dopravníku (v_d)	6,17 m min^{-1}
počet krmení za den (x)	2
délka krmného žlabu (L)	98,5 m
vzdálenost místa plnění (l_p)	3,0 m

Skutečně dosahovaná výkonnost tohoto dopravníku tedy v době sledování činila 1,35 kg s^{-1} . Teoretická výkonnost je však mnohem větší, poněvadž ve žlabovém oddílu lze dopravovat při každém krmení krmnou dávku o hmotnosti 32,2 kg. Za předpokladu stejné rychlosti dopravníku činí 2,84 kg s^{-1} .

U jednoho pásového žlabového dopravníku byly při sledování naopak zjištěny tyto údaje:

průměrná denní krmná dávka (g)	35 kg ks ⁻¹ den ⁻¹
počet krmených zvířat (n)	52 ks
rychlost dopravníku (v_d)	3,85 m min ⁻¹
počet krmení za den (x)	2
délka krmného žlabu (L)	58,5 m
vzdálenost místa plnění (l_p)	6,0 m

Při sledování tohoto dopravníku byla tedy zjištěna skutečná výkonnost o hodnotě 0,92 kg s⁻¹. Protože na žlabovém dílu dopravního pásu lze při každém krmení dopravovat až 29,85 kg krmiva, činí teoretická výkonnost tohoto dopravníku zhruba 2,0 kg s⁻¹.

Z uvedeného rozboru vyplývá, že jak dosahovaná, tak teoretická výkonnost je u hrnouceho žlabového dopravníku DoŽH-100 vyšší.

SOUHRNNÉ ZHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH VÝSLEDKŮ

Hlavním hlediskem pro hodnocení činnosti žlabových dopravníků byly základní požadavky, kladené na činnost krmných linek. Žlabové dopravníky začleněné do krmných linek se totiž stávají jejich nedílnou součástí a musí proto vyhovovat i jejich požadavkům.

Z hlediska potřebného příkonu pro dopravu krmiva byl zjištěn větší přírůstek příkonu na dopravu stejného množství u dopravníku hrnouceho než u dopravníku pásového. S tím souvisí i měrná spotřeba elektrické energie, která činila u hrnouceho dopravníku 0,643 kWh t⁻¹ a u pásového jen 0,352 kWh t⁻¹. Proto je možné konstatovat, že pásový dopravník pracuje hospodárněji a je tedy z tohoto hlediska výhodnější.

Z hlediska rychlosti posuvu materiálu byl zjištěn pokles rychlosti zatíženého dopravníku proti nezatíženému u hrnouceho dopravníku o 0,12 m min⁻¹, u pásového jen o 0,039 m min⁻¹. Z toho vyplývá, že pokles rychlosti u hrnouceho dopravníku vlivem zatížení je mnohem větší než u pásového. Navíc pohyb hrnouceho dopravníku není rovnoměrný, což je způsobeno velkou roztečí článků a malým počtem zubů hnacího řetězového kola. Při konstantních otáčkách tohoto hnacího kola vzniká pak střídavě zrychlený a zpžděný pohyb řetězu. U pásového dopravníku je pohyb pásu rovnoměrnější a jeho velkou předností je tichý chod.

Dopravní objem a tím i množství dopravovaného krmiva a výkonnost je u dopravníku hrnouceho větší než u pásového. Jak vyplynulo z výpočtů, je možné hrnoucím dopravníkem dopravovat v jednom žlabovém oddílu nejvýše 32,15 kg krmiva; teoretická výkonnost činí 2,84 kg s⁻¹. U pásového dopravníku je možné dopravovat v jednom žlabovém dílu nejvýše 29,85 kg krmiva; z toho odvozená teoretická výkonnost dosahuje hodnoty 2,0 kg s⁻¹.

V obou případech je však dopravní objem dostatečně velký a umožňuje založení celé krmné dávky najednou. Rozdíl je v možnosti individuálního dávkování krmiva. To je možné jen u hrnouceho dopravníku, kde mezi jednotlivými hřebly vznikají samostatné žlabové oddíly, zatímco u dopravníku pásového individuálně dávkovat nelze.

Závěrem je tedy možné konstatovat, že výhodnější technické parametry měl dopravník pásový. Pouze v případech, kdy je vyžadováno individuální dávkování krmiva, by měl přednost dopravník hrnoucí.

Došlo dne 10. 1. 1973

КЕЙИК Ц., МАЛАЧ П. (Сельскохозяйственный институт, Брно, Чехословакия). Анализ главных функциональных параметров желобовых транспортеров корма. *Zem. technika* 19 (5):281—290, 1973.

Работа направлена на анализ функциональных параметров желобового транспортера подгребающего ДЛЖГ-100 и желобового ленточного транспортера марки Тероз, которые применяются в коровниках для крупного рогатого скота. На основе экспериментальных измерений анализируется и оценивается необходимая потребляемая мощность силовых установок транспортеров, скорость передвижения материала на транспортерах, величина транспортировочных объемов желобов для кормовых рационов, в том числе возможность регулирования, и достигаемая и теоретическая производительность транспортеров. В заключение работы полученные данные у обоих типов транспортеров сравниваются и оцениваются.

желобовый транспортер; потребляемая мощность; скорость транспортера; объем желоба; производительность транспортера; кормовой рацион

KEJÍK C., MALÁČ P. (University of Agriculture, Brno, Czechoslovakia). *An Analysis of the Main Functional Parameters of the Trough Feed Conveyers*. *Zem. Technika* 19 (5): 281—290, 1973.

The paper deals with the analysis of the functional parameters of the trough rake conveyor DoŽH-100 and trough belt conveyer, mark TEROZ, which are used in cattle houses. On the basis of experimental measurement the authors analyze and evaluate the required power input for the driving units of conveyers, the speed of the movement of the material transported, the transport volumes of the trough parts or feed rations including the possibility of their control as well as the actual and theoretical performance of conveyers. The conclusion shows the data obtained for the two types of conveyers, and their comparison and evaluation.

trough conveyor; power input; speed of conveyor; volume of trough part; performance of conveyor; feed ration

KEJÍK C., MALÁČ P. (Landwirtschaftliche Hochschule, Brno, Tschechoslowakei). *Analyse von wesentlichen Funktionsparametern der Trogfutterförderer*. *Zem. technika* 19 (5): 281—290, 1973.

Die Arbeit ist auf die Analyse von Funktionsparametern des Trogscharrförderers DoŽH-100 und des Troggurttförderers TEROZ orientiert, die in den Rinderstallungen angewandt werden. Aufgrund der experimentellen Messungen wird der Leistungsbedarf von Antriebseinheiten der Förderer, die Vorschubgeschwindigkeit des Materials auf den Förderern, das Beförderungsvermögen der Trogbestandteile für Futtergaben einschließlich der Möglichkeit deren Regulierung und die erreichte und theoretische Leistungsfähigkeit der Förderer analysiert und ausgewertet. Zum Schluß werden die bei beiden Förderertypen erzielten Angaben verglichen und bewertet.

Trogeförderer; Leistungsbedarf; Geschwindigkeit des Förderers; Kapazität des Trogbestandteiles; Leistung des Förderers; Futtergabe

Adresa autorů:

Ing. Cyril Kejík, CSc., ing. Pavel Maláč, Vysoká škola zemědělská, katedra vnitropodnikové mechanizace a elektrizace, 662 65 Brno

TEORETICKÉ ŘEŠENÍ POHYBU TRAKTORU A PŘÍVĚSNÝCH STROJŮ PO VRSTEVNICI SVAHU

J. Svatoš, J. Hájek

Vysoká škola zemědělská, České Budějovice

SVATOŠ J., HÁJEK J. *Teoretické řešení pohybu traktoru a přívěsných strojů po vrstevnici svahu.* Zem. technika 19 (5): 291—307, 1973.

Při pohybu traktorů a přívěsných strojů po vrstevnici svahu působí přídavné boční síly, které ovlivňují polohu těchto strojů vzhledem k vrstevnici. Experimentálně byl tento problém řešen v letech 1967—1970, kdy byly měřeny síly v podélné ose strojů a jejich odklon od vrstevnice na svazích 0° , 8° , 12° , 15° , 18° , 20° . Pro zjištění velikosti bočních a odporových sil vlivem svahu byly stanoveny jejich funkční závislosti podle naměřeného teoretického rozboru a porovnány s výsledky v experimentální části; na základě tohoto porovnání byla prokázána platnost teoretického rozboru. Byla dokázána závislost bočních sil — a tím odklonu stroje — na výšce těžiště, na rozvoru, úhlu svahu, součinitelích tření a valení a na poměru zatížení přední a zadní nápravy.

svah; odklon strojů, boční síly; vrstevnice; ovladatelnost traktoru

Při většině zemědělských prací na svahovitém terénu se pohybuje souprava traktoru a zemědělského stroje po vrstevnici svahu. Při tomto pohybu se traktor dostává do nějaké obecné polohy, na kterou mají vliv síly působící na traktor v rovinách otáčení pojezdových kol a síly kolmé na tyto roviny, druh a stav podložky, pneumatik a parametry traktoru. Poloha traktoru se určuje úhlem β , který svírá podélná osa traktoru s vrstevnicí a sesuvem e předních kol od vytčeného směru pohybu po vrstevnici (obr. 1). Obecným pohybem kola na rovině se zabývá řada autorů. Teoretické závěry byly v této práci aplikovány pro pohyb traktoru na vrstevnici svahu.

METODIKA

Sjíždění na svahu bylo měřeno u traktorů Z-4017, Z-5647, T4 K10, u rozmetadla umělých hnojiv PIAST a u měřicího vozíku na pastvině v oblasti Šumavy na pozemcích státního statku Vimperk.

Charakteristika pozemku:

Sklonitost pozemku se měnila v rozmezí 0 — 20° . Povrch pastviny byl kryt porostem o průměrné výšce 8 cm. Půda na pozemku je písčitohlinitá s mělkou ornici a pod povrchem silně kamenitá až skalnatá.

Měření byla provedena za vlhkosti půdy 17,8 % (v hloubce 5 cm) a tvrdosti půdy $327 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$. Při pohybu traktoru na pozemku byly profily dezény jednotlivých pneumatik málo zabořeny. Stopy po pohybu kol zůstávaly jenom na porostu.

Na pozemku bylo vybráno pět úseků, na kterých se měřilo sjíždění traktoru a ostatních strojů při jízdě po vrstevnici, a to v rozsahu sklonu 8°, 12°, 15°, 18°, 20°. Všechna měření byla provedena v úseku 30 m, kdy traktor měl na začátku měřicí

I. Hlavní údaje traktorů

Ukazatele		Z 4017	T4 K10
Výkon motoru		33 kW/2000 min ⁻¹	7,36 kW (10 k)
Tíha traktoru (pracovní)		27,2 kN	8,55 kN
Statické zatížení	přední náprava	9,32 kN	5,55 kN
	zadní náprava	17,88 kN	3,00 kN
Rozvor		2125 mm	1200 mm
Rozchod	vpředu	1700 mm	900 mm
	vzadu	1790 mm	900 mm
Těžiště	(pracovní) výška	770 mm	600 mm
	vzdálenost od zadní osy	730 mm	750 mm
Výška závěsu		770 mm	
Pneumatiky	přední	6,00 — 18 TP — 8	6,00 — 16 Barum
	zadní	13 — 28 TZ — 6	6 PR desén TZ4
Huštění pneumatik	vpředu	16,7 N cm ⁻²	21,8 N cm ⁻²
	vzadu	11,8 N cm ⁻²	21,8 N cm ⁻²
Mezní úhel stability traktoru	příčný	54°	33,5°
	podélný	52°	48°

II. Hlavní údaje přívěsných strojů

Ukazatele	PIAST	Měřicí vozík
Tíha	8,85 kN	2,24 kN
Přídavné zařízení	5,88 kN	4,90 kN
Statické zatížení nápravy	15,73 kN	7,15 kN
Vzdálenost závěsu od nápravy	3000 mm	1900 mm
Rozchod	1740 mm	1660 mm
Výška těžiště	720 mm	600 mm
Pneumatiky	STOMIL P1 10—15 PN	6,00—16 P2
Huštění pneumatik	15,7 N cm ⁻²	15,7 N cm ⁻²

tratě ustálenou polohu. Sklon svahu byl měřen sklonoměrem; aby se vyloučil vliv nepřesného stanovení vrstevnice, jezdilo se v obou směrech.

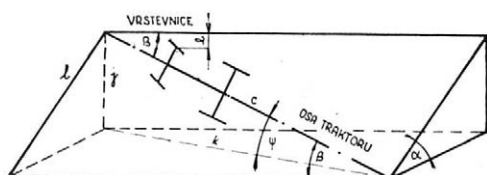
Poloha traktoru v měřicím úseku byla vyznačena sypátký (Svatoš 1970). Hodnota odklonu β a sesuvu e byla dána aritmetickým průměrem z 20 hodnot při jízdě v obou směrech. Přesnost odečítání vyznačené polohy byla 1 až 0,5 cm.

Sjíždění a sesuvu traktoru se zabráňuje natáčením řídicích kol proti svahu a pro vyhodnocení výsledků byla hodnota natočení řídicích kol od podélné osy traktoru stanovena jako aritmetický průměr těchto hodnot v měřicím úseku.

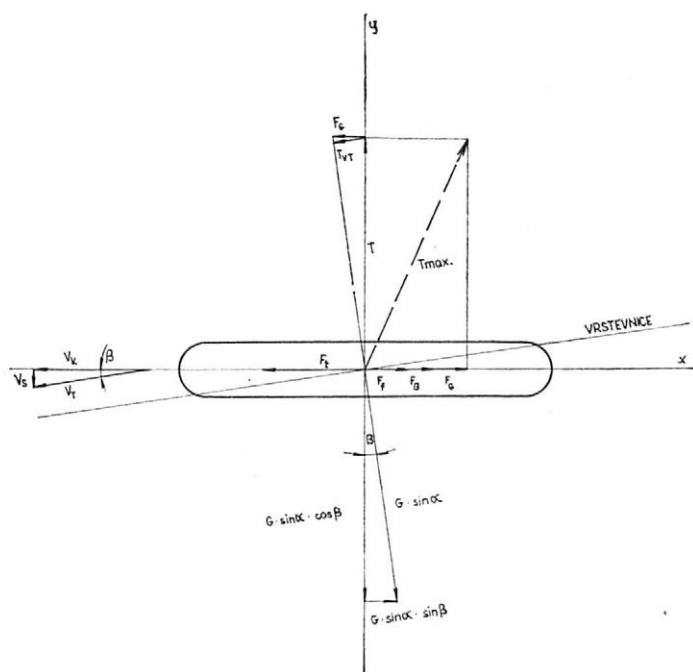
Tahová síla byla vyvozována složkami sil vlivem svahu a valivými odpory rozmetadla PIAST a měřicího vozíku. Tyto síly byly měřeny registračním dynamometrem, umístěným v oji upravené pro možnost osového pohybu. Hlavní údaje traktorů a přívěsných strojů jsou v tab. I., II.

VLASTNÍ PRÁCE

Postavení traktoru při jízdě po vrstevnici svahu je dáno úhlem β , který svírá podélná osa traktoru s vrstevnicí při úhlu svahu α . Traktor tedy koná posuvný pohyb ve směru vrstevnice při odklonu β a průmět podélné osy traktoru do vodorovné základny klínu je dán úhlem ψ (obr. 1).



1. Postavení traktoru při pohybu na svahu



2. Odpor kola při jízdě po vrstevnici

$$\text{Úhel } \psi: j = 1 \cdot \sin \alpha$$

$$1 = c \cdot \sin \beta$$

$$\sin \psi = \frac{j}{c} = \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

Odpor kola traktoru při jízdě po vrstevnici s odklonem β (obr. 2):

a) Valivý odpor $F_j = f \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot \frac{V_k}{V_T} = f \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta$

pro uvedená měření ($\beta \leq 10^\circ$) je přibližně $\cos \beta = 1$.

b) Přírůstek valivého odporu vlivem bočení (odklonu):

Vlivem deformace pneumatiky a podložky má každá elementární plocha styku jiný vektor rychlosti; to způsobovalo při daném měření přírůstek valivého odporu F_β .

$$F_\beta = \mu_s \sin \beta \cdot G \cdot \cos \alpha$$

c) Složky hmotnosti traktoru způsobené natočením roviny valení kol k vrstevnici:

$$F_G = G \sin \psi = G \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

při $\beta = 90^\circ$ $F_G = G \cdot \sin \alpha$ (jízda po spádnicí)

při $\beta = 0^\circ$ $F_G = 0$ (jízda traktoru s rovinou kol rovnoběžnou s vrstevnicí)

Kolo se při tomto pohybu na svahu dostává do polohy určené odklonem β , při kterém platí vztahy:

$$T_{max} \leq \mu_L \cdot G \cdot \cos \alpha$$

$$1. T = \mu \cdot G \cdot \cos \alpha = G \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta$$

$$2. T_{vT} = \mu \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

$$T_{vT} \cdot v_T = F_G \cdot v_k$$

$$\mu \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta \cdot v_T = G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot v_k$$

$$\text{Dosazením } \mu \text{ ze vztahu 1. do vztahu 2. a } \frac{v_k}{v_T} = \cos \beta$$

dostaneme

$$\frac{\sin \alpha \cdot \cos \beta}{\cos \alpha} \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta = G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta$$

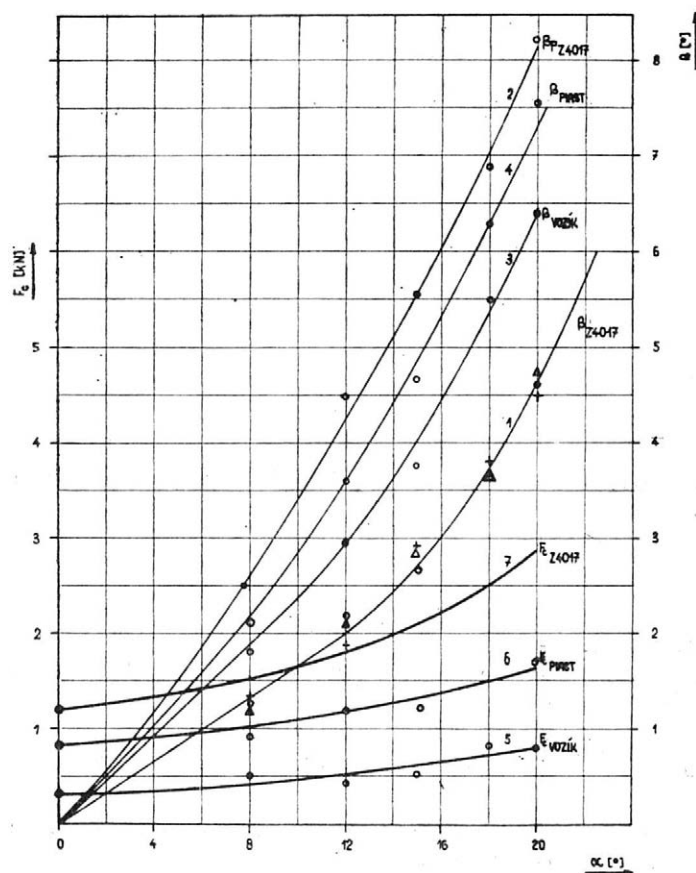
Složka hmotnosti traktoru, způsobená natočením roviny valení kol k vrstevnici, se pohybem kol přemění v tření se všemi jeho důsledky a vzájemně se vyruší.

Z těchto vztahů je celkový odpor při jízdě traktoru na svahu po vrstevnici dán za předpokladu, že $N = G \cdot \cos \alpha$:

$$F_c = G \cdot \cos \alpha (f + \mu_s \cdot \sin \beta + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha^{-1})$$

Podle této funkční závislosti byly vypočteny odpory měřicího vozíku a rozmetadla PIAST a porovnány s naměřenými hodnotami v grafu (obr. 3) křivkami 5,6.

Pro další postup byly vypočteny odpory traktorů (grafy na obr. 3, křivka 7, obr. 11, křivka 5).



3. Naměřené a vypočtené závislosti celkových odporů F_c a odklonů β na svahu α pro křivku 1;

B — o — 1790 mm
+ — 1650 mm
 Δ — 1420 mm

VLIV RŮZNÉHO ZATÍŽENÍ HORNÍCH A DOLNÍCH KOL VLIVEM SVAHU NA BOČNÍ SÍLY U TRAKTORU

Pro přesné zjištění rozdílu zatížení horních a dolních kol traktoru je nutné uvolnit přední nápravu v otočném čepu a tím dostaneme zatížení horního a dolního kola podle vztahu:

$$G_{ZH} = G_Z \cdot \cos \alpha - \left[G_Z \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_z}{B} + (G_p - G_{pf}) \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_z - h_\epsilon}{B} \right]$$

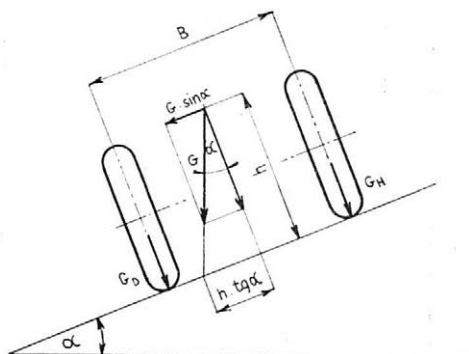
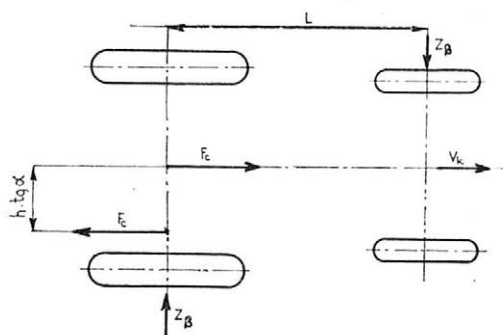
kde: h_z — výška těžiště traktoru bez přední nápravy G_{pf}

h_ϵ — výška spojovacího čepu přední nápravy s traktorem

$$G_{ZD} = G_Z \cdot \cos \alpha + \left[G_Z \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_z}{B} + (G_p - G_{pf}) \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_z - h_\epsilon}{B} \right]$$

$$\Delta G_Z = G_{ZD} - G_{ZH} = 2 \left[G_Z \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_z}{B} + (G_p - G_{pf}) \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_z - h_\epsilon}{B} \right]$$

Obdobné vztahy platí pro přední nápravu. Tyto vztahy jsou pro další výpočet značně složité a za určitých předpokladů, kdy součinitelé f , μ_s a odklon β předních



4. Boční síly vyvozené svahem

a zadních kol jsou ve stejném poměru, je možné pro rozdíl zatížení dolních a horních kol ΔG (obr. 4) počítat se vztahem:

$$\Delta G = \frac{2G \cdot \sin \alpha \cdot h}{B}$$

čímž se řešení zjednoduší při: $h_z = h_p = h$

Toto rozdílné zatížení vyvolává různé jízdní odpory horního a dolního kola, jejichž rozdíl způsobuje boční sílu ΔF_f

$$\Delta F_f = \frac{2G \cdot \sin \alpha \cdot h}{B} \cdot (f + \mu_s \cdot \sin \beta)$$

která podle polohy odklon traktoru zvětšuje nebo zmenšuje. Stranová síla Z_f působí na traktor vlivem svahu a je dána momentem sil

$$\Delta F_f \cdot \frac{B}{2} = Z_f \cdot L$$

$$Z_f = G \cdot \sin \alpha (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h}{L}$$

Složka hmotnosti F_G při jízdě traktoru s odklonem β po vrstevnici vyvoluje mimoosovou sílu

$$Z_G = G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \tan \alpha \cdot \frac{h}{L}$$

Obě tyto stranové síly je možné sečíst:

$$Z_\beta = Z_f + Z_G = \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot h}{L} (f + \mu_s \cdot \sin \beta + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha^{-1})$$

$$Z_\beta = F_c \cdot \tan \alpha \cdot \frac{h}{L}$$

Tento vztah platí s dostatečnou přesností při pohybu traktoru na tvrdé podložce, kdy součinitelé μ_s , f a odklon β jsou přibližně stejné v rozsahu změny zatížení horních i dolních kol (Schwanghart 1967).

Ze vztahu je patrné, že na velikost stranové síly Z_β , která vzniká při jízdě traktoru po vrstevnici svahu, nemá vliv velikost rozchodu B ; tato síla je přímo úměrná výšce těžiště h a ne přímo rozvoru L .

To také dokazuje průběh funkční závislosti odklonu traktoru (obr. 3, křivka 1), kde v experimentální části byla zjišťována závislost rozchodu (1790, 1650 a 1420 mm) u traktoru Z-4017.

VLIV PŮSOBNÍ DIFERENCIÁLU NA VELIKOST TEČNÝCH SIL F_t PŘI JÍZDĚ TRAKTORU NA VRSTEVNICI SVAHU

Při měření traktoru během jízdy po vrstevnici svahu, zatíženého tahovými silami do 5 kN i při menším prokluzu mělo dolní kolo větší počet otáček na dané měřicí dráze vlivem zmenšení účinného poloměru více zatíženého dolního kola.

Pro diferenciál v činnosti platí vztah:

$$M_{KH} \cdot \eta_D = M_{KD}$$

a pro zjednodušení za předpokladu stejných účinných poloměrů horního a dolního hnacího kola je tečná síla F_t :

$$F_{tH} \cdot \eta_D = F_{tD}$$

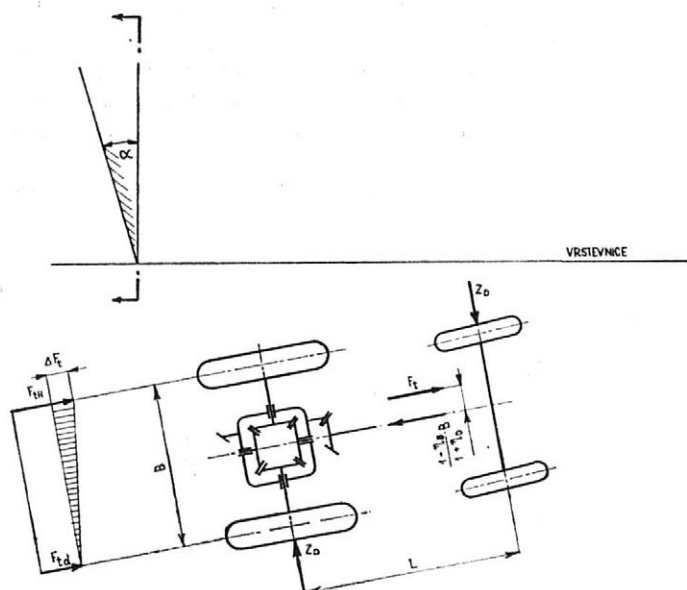
$$F_{tH} + F_{tD} = F_t$$

$$F_{tH} + F_{tH} \cdot \eta_D = F_t$$

$$F_{tH} = \frac{F_t}{1 + \eta_D}$$

$$\Delta F_t = F_{tH} - F_{tD} = F_t \cdot \frac{1 - \eta_D}{1 + \eta_D}$$

kde tečná síla F_t je rovna celkovému odporu F_c při jízdě traktoru po vrstevnici.



5. Boční síly vlivem činnosti diferenciálu

Podle obr. 5 působí na traktor přídavný moment M_D , způsobený tuhostí diferenciálu, který vyrovnává moment bočních sil.

$$M_D = \Delta F_t \cdot B = Z_D \cdot L$$

$$Z_D = \frac{B}{L} \cdot \frac{1 - \eta_D}{1 + \eta_D} \cdot G \cdot \cos \alpha (f + \mu_s \cdot \sin \beta + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha^{-1})$$

Tuhost diferenciálu při jízdě traktoru po vrstevnici svahu za daných podmínek a předpokladů snižuje odklon traktoru působením přídatné stranové síly Z_D .

POROVNÁNÍ FUNKČNÍCH ZÁVISLOSTÍ ODPOROVÝCH SIL VLIVEM SVAHU ZÍSKANÝCH MĚŘENÍM A UVEDENÝM TEORETICKÝM POSTUPEM

Poloha bodů, které určují průběh křivek, byla dána aritmetickým průměrem z naměřených hodnot při jednotlivých jízdách traktoru v měřicím úseku podle uvedené metodiky. Pro porovnání byly vypočteny odpory při pohybu měřicího vozíku a rozmetadla umělých hnojiv PIAST na svahu s úhly $\alpha = 0, 8, 12, 16, 18, 20^\circ$.

VÝPOČET CELKOVÉHO ODPORU F_c PRO MĚŘICÍ VOZÍK A ROZMETADLO PIAST

$$F_c = N(f \cdot \mu_s \cdot \sin \beta) + G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$G_\beta = G + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot (h - h_z)}{L}$$

$$N \cdot L = G_\beta \cdot L - N(f + \mu_s \cdot \sin \beta) \cdot h_z$$

$$N = \frac{G_\beta}{1 + (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \cdot \frac{h_z}{L}}$$

$$F_c = \cos \alpha \left(G + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot (h - h_z)}{L} \right) \cdot \left[\frac{(f + \mu_s \cdot \sin \beta)}{1 + (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \cdot \frac{h_z}{L}} + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta \right]$$

Tato funkční závislost průběhu odporové síly měřicího vozíku na svahu je znázorněna křivkou 5 a rozmetadla PIAST křivkou 6 na grafu (obr. 3) pro hodnoty součinitele odporu valení f 0,052 u vozíku a 0,055 u rozmetadla a lpění μ_s 0,25 u vozíku a 0,20 u rozmetadla.

Zatížení měřicího vozíku i rozmetadla bylo umístěno tak, aby těžnice na rovně procházela průsečíkem podélné osy a spojnice středu kol.

Boční síly Z_β

$$\Delta F_l = F_{lD} - F_{lH} = N_D - N_H(f + \mu_s \cdot \sin \beta)$$

$$N_D = \frac{G_\beta}{2} \cos \alpha + \frac{G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot h}{B} - N_D(f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}$$

$$N_H = \frac{G_\beta}{2} \cos \alpha - \frac{G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot h}{B} - N_H(f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}$$

$$N_D = \frac{\frac{G_\beta \cdot \cos \alpha}{2} + \frac{G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot h}{B}}{1 + (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}}$$

$$N_H = \frac{\frac{G_\beta \cdot \cos \alpha}{2} - \frac{G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot h}{B}}{1 + (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}}$$

pro $f; \mu_s = \text{konst}$

$$\Delta N = \frac{2G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot h}{B(1 + f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}}$$

$$\Delta F_f \cdot \frac{B}{2} = M_f$$

$$M_G = G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \text{tg } \alpha \cdot h$$

$$M_\beta = G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot \frac{(f + \mu_s \cdot \sin \beta) \cdot h}{1 + (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}}$$

$$M_\beta = M_G + M_f$$

$$M_\beta = G_\beta \cdot \sin \alpha \cdot h \left(\frac{(f + \mu_s \cdot \sin \beta)}{1 + (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}} + \sin \beta \cdot \text{tg } \alpha \right)$$

$$Z_\beta \cdot L = M_\beta$$

$$Z_\beta = \frac{M_\beta}{L} = \left[G + G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \frac{(h - h_z)}{L} \right] \cdot$$

$$\cdot \frac{\sin \alpha \cdot h}{L} \left[\frac{f + \mu_s \cdot \sin \beta}{1 + (f + \mu_s \cdot \sin \beta) \frac{h_z}{L}} + \sin \beta \cdot \text{tg } \alpha \right]$$

$$Z_\beta = \frac{h}{L} \text{tg } \alpha \cdot F_C$$

Funkční závislost bočních sil Z_β na úhlu svahu α a odporové síle F_t , získaná dosazením do odvozeného vztahu, je znázorněna křivkou 4 na grafu (obr. 6) pro měřicí vozík.

Boční síly Z_β na měřicí vozík působí také boční síla Z_p , která je sinusovou složkou hmotnosti vozíku.

$$Z_p = G \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta \left(1 + \sin \alpha \cdot \sin \beta \frac{h - h_z}{L} \right)$$

Celková boční síla Z_c působící při pohybu vozíku na svahu je dána:

$$Z_c = Z_p - Z_\beta$$

a vynesena na grafu (obr. 7), křivka 3.

Pro porovnání sjíždění vozíku bez působení boční síly Z_β bylo použito vztahu:

$$\Delta \beta = k \cdot \Delta Z$$

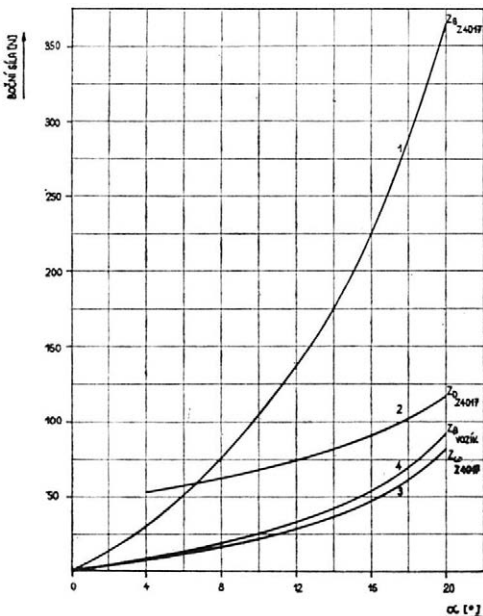
$$\beta = k \cdot Z_c$$

$$\Delta \beta = \frac{\beta}{Z_c} \cdot Z_\beta$$

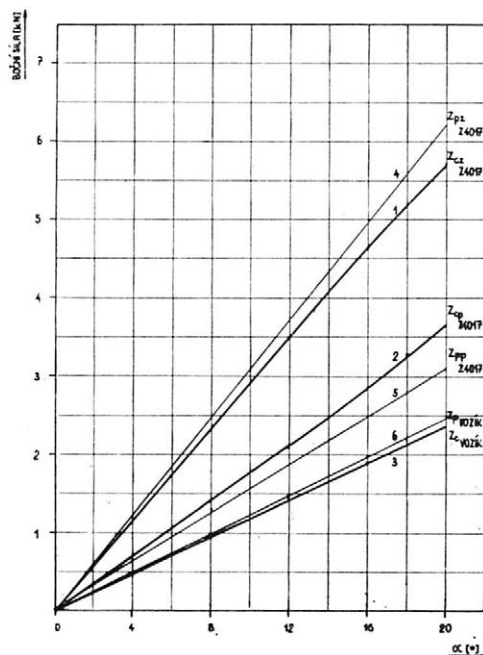
za předpokladu, že N je konstantní.

Tento vztah platí až do 15° (Svatoš, Karásek 1969, Matějka, Grečenko, 1972), kdy součinitel μ přestává lineárně růst s odklonem kola.

Přírůstek odklonu podélné osy vozíku $\Delta \beta$ od vrstevnice v závislosti na svahu je vyjádřena křivkou 4 na grafu (obr. 8).



6. Teoretická závislost bočních sil na svahu α



7. Teoretická závislost součtu bočních sil na svahu α

VÝPOČET BOČNÍCH SIL PRO TRAKTOR Z-4017

Celkový odpor F_C :

$$F_C = F_Z + F_P = G_{Z\beta} \cdot \cos \alpha (f_Z + \mu_{sZ} \cdot \sin \beta + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta) + \frac{G_{P\beta} \cdot \cos \alpha}{\cos (\beta_P - \beta)} \cdot (f_P + \mu_{sP} \cdot \sin \beta_P + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta_P)$$

$$\text{kde: } G_{Z\beta} = G_Z + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot h}{L}$$

$$G_{P\beta} = G_P - \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot h}{L}$$

Průběh je znázorněn na grafu (obr. 3), křivkou 7 pro

$$f_Z = 0,04, \quad f_P = 0,52, \quad \mu_{sZ} = 0,3, \quad \mu_{sP} = 0,25.$$

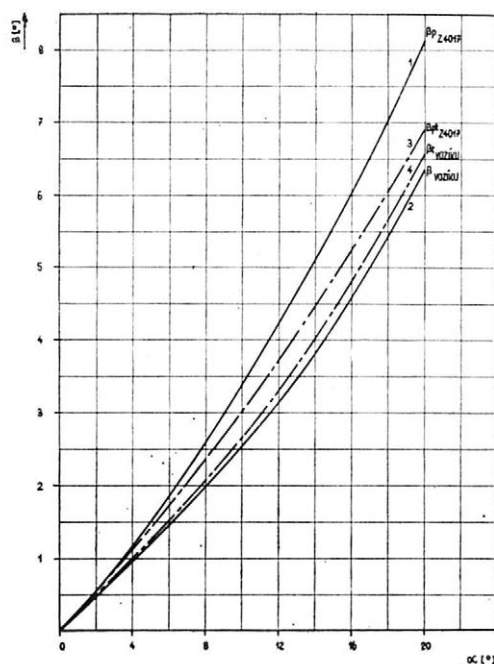
Boční síla Z_β

$$\Delta F_{1Z} = F_{ZD} - F_{ZH} = (N_{ZD} - N_{ZH}) (f_Z + \mu_{sZ} \cdot \sin \beta)$$

$$\Delta N = \frac{2G_{Z\beta} \cdot \sin \alpha \cdot h}{B}$$

$$\Delta F_{1Z} = \frac{2 \cdot \left(G_Z + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot h}{L} \right) \cdot \sin \alpha \cdot h}{B} (f_Z + \mu_{sZ} \cdot \sin \beta)$$

$$\Delta F_{1Z} \cdot \frac{B}{2} = M_{1Z}$$



8. Porovnání naměřených a teoreticky odvozených závislostí odklonu β s vlivem bočních sil na svahu α

$$M_{1Z} = \left(G_Z + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot h}{L} \right) \cdot \sin \alpha \cdot h (f_Z + \mu_{sZ} \cdot \sin \beta)$$

$$M_{GZ} = \left(G_Z + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot h}{L} \right) \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h$$

$$M_{Z\beta} = M_{1Z} + M_{GZ} = \left(G_Z + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot h}{L} \right) \cdot \sin \alpha \cdot h (f_Z + \mu_{sZ} \cdot \sin \beta + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta)$$

Stejný vztah platí pro přední nápravu

$$M_\beta = M_{Z\beta} + M_{P\beta}$$

$$M_{Z\beta} = F_Z \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h$$

$$M_{P\beta} = F_P \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h$$

$$M_\beta = (F_P + F_Z) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h = F_C \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h$$

$$Z_\beta \cdot L = M_\beta$$

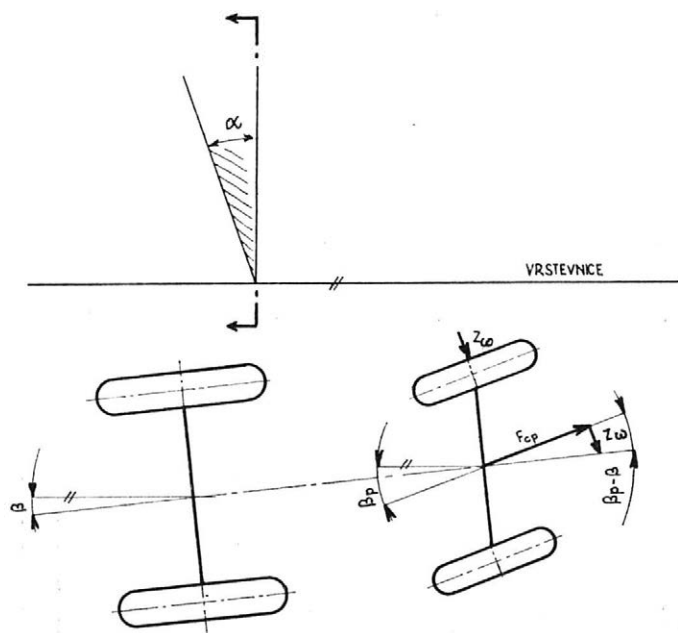
$$Z_\beta = F_C \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{h}{L}$$

Uvedený vztah je znázorněn na grafu (obr. 6), křivka 1.

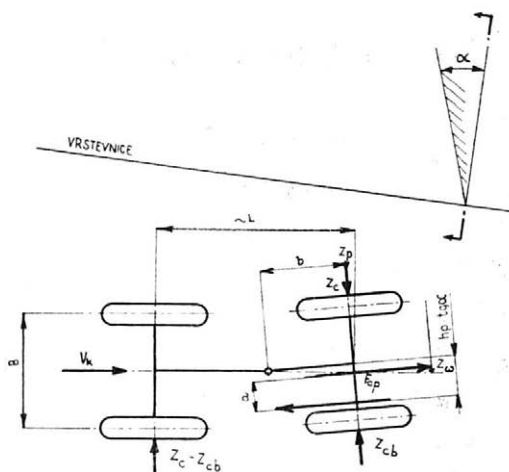
Boční síla vlivem činnosti diferenciálu

$$Z_D = F_t \cdot \frac{B}{L} \left(\frac{1 - \eta_D}{1 + \eta_D} \right)$$

Pro účinnost diferenciálu $\eta_D = 90\%$ je průběh Z_D znázorněn křivkou 2 na grafu (obr. 6).

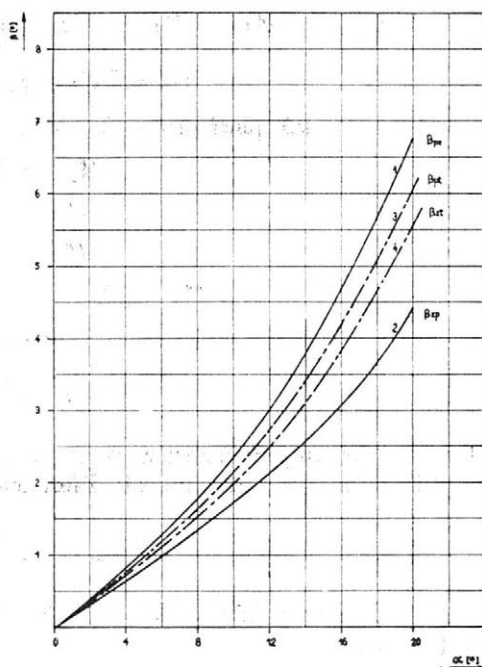


9. Boční síly vlivem natočení řídicích kol



10. Síly u traktoru T4 K10

11. Závislost odklonu β a celkového odporu F_c u traktoru T4 K10 na svahu α při různém pohonu náprav



Boční síla vlivem natočení řídicích kol Z_w (obr. 9)

$$Z_w = F_{cp} \cdot \operatorname{tg} (\beta_p - \beta)$$

Tato závislost je vyjádřena křivkou 3 na grafu (obr. 6).

Boční síly Z_p

U předních kol $Z_{pp} = \sin \alpha \cdot \cos \beta \left(G_p - G \sin \alpha \cdot \sin \beta \frac{h}{L} \right)$

U zadních kol $Z_{pz} = \sin \alpha \cdot \cos \beta \left(G_z + G \sin \alpha \cdot \sin \beta \frac{h}{L} \right)$

Průběh je znázorněn křivkou 5 pro Z_{pp} a křivkou 4 pro Z_{pz} na grafu (obr. 7).

Celková boční síla Z_c

Přední kola $Z_{cp} = Z_{pp} + Z_\beta + Z_D + Z_w$

Zadní kola $Z_{cz} = Z_{pz} - Z_\beta - Z_D$

Závislost je vyjádřena křivkou 2 pro Z_{cp} a křivkou 1 pro Z_{cz} na grafu (obr. 7).

Postup pro přepočítání bočních sil $Z_\beta + Z_D + Z_w$ na $\Delta\beta$ je uveden již u neseného vozíku a pro traktor je tento přírůstek vyjádřen pro přední kola křivkou 3 na grafu (obr. 8).

VÝPOČET BOČNÍCH SIL PRO TRAKTOR T4 K10

Bylo použito stejných vztahů jako u traktoru Z-4017, mimo síly Z_w , neboť síly

$$Z_w = F_{cp} \cdot \operatorname{tg} (\beta_p - \beta_z)$$

a zmenšení síly o Z_{cb}

$$G_{z\beta} = G_z + \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta_s \cdot h}{L} \quad \beta_s = \frac{\beta_p + \beta_z}{2}$$

$$G_{p\beta} = G_p - \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta_s \cdot h}{L} \quad h_p = h_z = h$$

vlivem vztahu

$$Z_{cb} = F_{cp} \cdot \frac{b}{L} \cdot \sin (\beta_p - \beta_z)$$

$$a = h \cdot \operatorname{tg} \alpha - b \cdot \sin (\beta_p - \beta_z)$$

se při tomto provedení a parametrech traktoru vyruší (obr. 10).

Síla F_c je znázorněna křivkou 5 na grafu (obr. 11).

Ostatní síly jsou znázorněny:

křivka	obr.	pro	křivka	obr.	pro
1	12	Z	1	13	Z_{cp}
2	12	Z_D	2	13	Z_{cz}
3	13	Z_{pp}	3	14	β_{pt}
4	13	Z_{pz}	4	14	β_{zt}

Na grafu (obr. 14) jsou znázorněny odklony rovin valení hnacích kol.

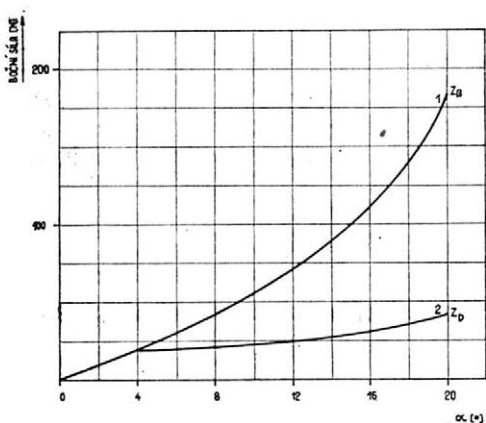
Uvedené funkční závislosti podle teoretického rozboru byly porovnány s funkčními závislostmi získanými při jednotlivých experimentálních měřeních v terénu s těmito výsledky:

Funkční závislosti průběhu celkových odporových sil při jízdě po vrstevnici svahu u měřicího vozíku a rozmetadla umělých hnojiv PIAST jsou znázorněny křivkami 5, 6 na grafu (obr. 3), kde experimentálně naměřené body souhlasí s průběhem teoreticky odvozené funkční závislosti s danou přesností měření.

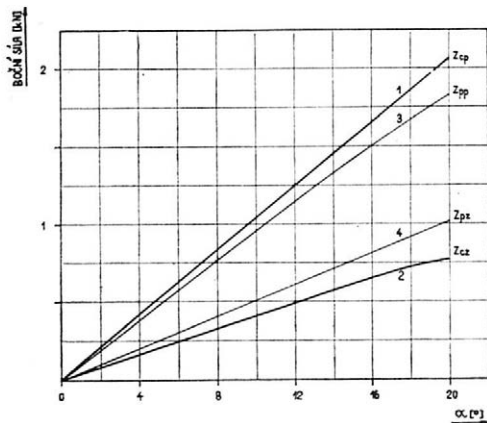
Při porovnání odklonu roviny valení předních kol traktoru Z-4017 a odklonu roviny zadních kol měřicího vozíku při jízdě po vrstevnici svahu s působením bočních sil byly stanoveny teoretické průběhy odklonu uvedených rovin na grafu (obr. 8), křivkami 3, 4.

Stejně porovnání bylo provedeno u traktoru T4 K10, kde byly vyneseny křivky zvlášť pro pohon zadními koly — křivka 4 na grafu (obr. 11).

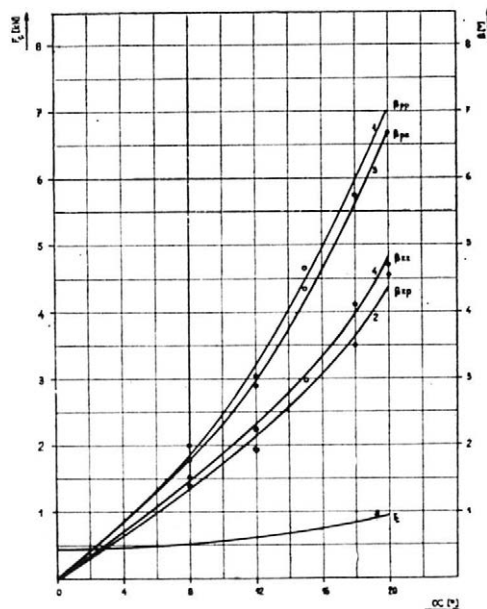
Odklon roviny valení předních kol při pohonu zadními koly je znázorněn křivkou 1 (obr. 14) a odklon roviny valení zadních kol při pohonu předními koly křivkou 2 (obr. 14). Stejně i v tomto případě by měla být shodná křivka.



12. Teoretická závislost bočních sil u traktoru T4 K10 na svahu α



13. Teoretická závislost součtu bočních sil u traktoru T4 K10 na svahu α



14. Porovnání naměřených a teoreticky odvozených závislostí odklonu β s vlivem bočních sil u traktoru T4 K10 na svahu α

Experimentální měření vyžadovala značného množství měření v terénu, a proto trvala několika měsíci. Vzhledem k stavu a tvrdosti podložky byl přesto dodržen požadavek stejných podmínek podložky v průběhu celého měření. Aby se vyloučily subjektivní vlivy traktoristy z hlediska techniky jízdy, jezdil se stroji stejný pracovník. Přesnost značení stop při jízdě traktorů a strojů po vrstevnici svahu byla rozsahu 1—0,5 cm. Nepřesnost volby vrstevnice svahu byla eliminována jízdami v obou směrech.

Pneumatiky u traktorů a strojů byly nové, bez opotřebení. Pro možnost výpočtu podle uvedených teoretických závislostí bylo nutné při jejich odvozování počítat s některými zjednodušujícími předpoklady, a to:

Pro vztah

$$\Delta G = \frac{2G \sin \alpha \cdot h}{B}$$

se předpokládá, že výška čepu přední nápravy h_e nemá vliv na rozdělení zatížení mezi předními a zadními dolními koly. Tento předpoklad by vyhovoval v případě stejných součinitelů f ; μ_s a odklonu β . Protože odklon roviny valení předních kol při jízdě po vrstevnici svahu je větší vlivem stranových sil než odklon roviny valení zadních kol, je přírůstek bočních sil u předních kol větší než u zadních. Proto záleží na rozdělení zatížení mezi přední a zadní nápravou.

Součinitele f , μ_s byly stejné pro dolní a horní kola, v rozsahu změny zatížení při daném měření.

Nebyl brán v úvahu moment odporu valení; tím zde boční síla Z_c způsobila větší odklon roviny valení předních kol.

Nebyly uvažovány vibrace motoru, které působí více na přední kola. Pneumatiky u měřicího vozíku a předních kol traktoru Z-4017 neměly stejné rozměry (6,00 — 16,00; 6,00 — 18,00). Provedení dezénu bylo stejné.

Pro zjištění nepřesností výpočtů byly porovnány naměřené a vypočtené hodnoty pro svah $\alpha = 20^\circ$, kde rozdíl odklonu roviny valení předních kol traktoru Z-4017 a měřicího vozíku u naměřených hodnot je $1,70^\circ$ a u teoretických hodnot $1,47^\circ$.

Tyto vztahy platí obecně pro valení kol strojů při jejich nestejněměrném zatížení, neboť průběhy sledovaných funkcí experimentální části odpovídají s dostatečnou přesností teoretickým závislostem.

ZÁVĚR

Při jízdě traktorů a strojů po vrstevnici svahu působí přídavné boční síly, které ovlivňují polohu těchto strojů vůči vrstevnici.

Experimentálně byl tento problém řešen na našem pracovišti v letech 1967 až 1970. Pro zjištění velikosti bočních sil vlivem svahu byly stanoveny funkční závislosti podle navrženého teoretického rozboru a porovnány výsledky v experimentální části. Byla tím tak prokázána platnost teoretického rozboru. Dále bylo zjištěno, že výška těžiště a délka rozboru stroje mají také vliv na boční síly, a tím na postavení stroje. Zvětšením zatížení přední nápravy v poměru k zadní se snižuje odklon stroje; tím se zlepšuje ovladatelnost a bezpečnost při práci na svahu.

Důležité symboly

h	výška těžiště traktoru, stroje, mm
h_s	výška závěsu u traktoru, mm
h_{TP}	výška těžiště u přední nápravy, mm
h_{TZ}	výška těžiště u zadní nápravy, mm
V_k	rychlost ve směru roviny otáčení kol, m s ⁻¹
V_T	rychlost traktoru po vrstevnici, m s ⁻¹
B	rozchod, mm
F_c	celkový odpor při jízdě traktorem po vrstevnici svahu, N
F_f	valivý odpor, N
F_{fz}	valivý odpor zadních kol, N
F_G	složka hmotnosti způsobená natočením roviny kol, N
F_t	tečná síla na hnacím kole, N
F_{tD}	tečná síla na dolním hnacím kole, N
F_{tH}	tečná síla na horním hnacím kole, N
F_β	přírůstek valivého odporu při úhlu β , N
G	tíha traktoru a strojů připadající na kolo, N
G_Z	zatížení zadního kola, N
G_{ZH}	zatížení horního zadního kola, N
G_{ZD}	zatížení dolního zadního kola, N
$G_{p\beta}$	tíha připadající na přední nápravu při odklonu traktoru od vrstevnice, N
$G_{z\beta}$	tíha připadající na zadní nápravu při odklonu traktoru od vrstevnice, N
ΔG	rozdíl tíhy připadající na horní a dolní kola, N
L	rozvor, délka oje k ose kol, mm
M_D	přídavný moment na traktor způsobený tuhostí diferenciálu, Nm
M_G	moment vyvozující boční sílu Z_G , Nm
M_t	moment vyvozující boční sílu Z_t , Nm
M_β	moment vyvozující boční sílu Z_β , Nm
N	normálová složka tíhy, N
T	třecí síla při součiniteli lpění, N
T_{UT}	tření kola ve směru rychlosti U_T , N
T_{max}	třecí síla při součiniteli lnění μ_L , N
Z_c	celková boční síla při pohybu na svahu, N
Z_D	stranová boční síla vlivem diferenciálu, N
Z_G	boční síla ze složky tíhy, N
Z_t	boční síla vlivem valivého tření, N
Z_p	boční síla vyvozená sinusovou složkou tíhy, N
Z_β	boční síla, N
α	sklon pozemku, °
β	odklon traktoru, stroje, °
β_p	odklon roviny valení předních kol, °
β_z	odklon roviny valení zadních kol, °
ψ	sklon traktoru při úhlu β , °
μ	okamžitý součinitel lpění
μ_L	hodnota součinitele lpění při stoprocentním prokluzu
μ_S	střední součinitel lpění
η_D	účinnost diferenciálu, %

Literatura

- MATĚJKA J., GREČENKO A., 1972, Pokusy se směrovou úchylkou a prokluzem kola na kultivované půdě. Zem. technika 9: 547—559.
- SCHWANGHART H., 1967, Seitenkräfte an gelenkten Luftreifen in lockeren Böden. Grundlagen der Landtechnik: 105—114.
- SVATOŠ J., KARÁSEK J., 1969, Ovladatelnost traktoru při vyosené tahové síle. Zem. technika 6: 297—306.
- SVATOŠ J., 1970, Vypracování a porovnání metod zjišťování sjíždění traktorů a zemědělských strojů při práci na svahu. Sborník VŠZ-PEF Č. Budějovice: 29—36.

Došlo dne 8. 2. 1973

СВАТОШ Й., ГАЙЕК Й. (Сельскохозяйственный институт, Ческе Будейовице, Чехословакия). Теоретическое решение движения трактора и навесных машин по горизонтали склона. *Zem. technika* 19 (5):291—307, 1973.

При движении тракторов и навесных машин по горизонтали склона действуют добавочные боковые силы, влияющие на положение машин по отношению к горизонтали. Эта проблема решалась в экспериментальном порядке в 1967—70 гг., когда измеряли силы в продольной осе машин и их отклонение от горизонтали на склонах 0° , 8° , 12° , 15° , 18° , 20° . Для определения величины боковых и сопротивительных сил под влиянием склона были определены их функциональные отношения согласно промеренному теоретическому анализу и сравнены с результатами экспериментальных частей; на основе сравнения доказана действительность анализа. Доказана также зависимость боковых сил — и тем самым отклонение машины — от высоты центра тяжести, автобазы, угла склона, коэффициент сцепления и качения и от соотношения между нагрузкой на переднюю и заднюю оси.

склон; отклонение машин; боковые силы; горизонталь; маневренность трактора

SVATOŠ J., HÁJEK J. (University of Agriculture, České Budějovice, Czechoslovakia). *Theoretical Solution of Tractor and Tractor-trailed Machinery Motion along the Contour Lines of Slopes*. *Zem. technika* 19 (5): 291—307, 1973.

Additional side forces act on tractors and on towed machines moving along the contour lines of slopes. These forces influence the position of the machines with respect to the contour line. The problem was studied experimentally in the years 1967—1970 when forces in the longitudinal axis of machines and deflections from the contour line were measured on slope inclinations of 0° , 8° , 12° , 15° , 18° and 20° . The functional dependencies of the side and resistance forces due to the slope inclination were established to enable to find the size of the forces. The theoretical analysis results were compared to the experimental results and their validity was confirmed. The dependence was established of the side forces — and thus of the machine deflection — on the centre of gravity height, on the wheel base, slope inclination, adhesion and rolling coefficients and on the relation of front and rear axle loads.

slope; deflection of machines; side forces; contour line; controllability of tractors

SVATOŠ J., HÁJEK J. (Landwirtschaftliche Hochschule, České Budějovice, Tschechoslowakei). *Theoretische Lösung der Bewegung von Schleppern und Anhängergeräten entlang der Schichtlinie eines Hanges*. *Zem. technika* 19 (5): 291—307, 1973.

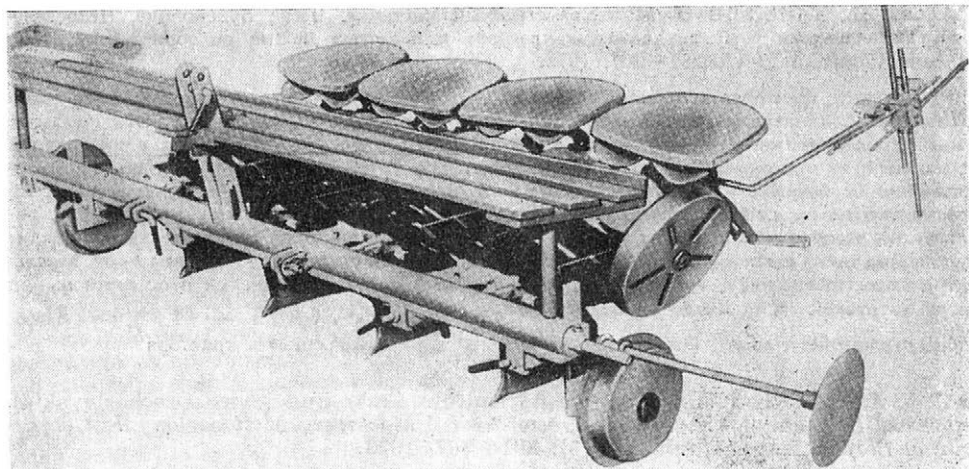
Während der Bewegung von Schleppern und Anhängergeräten an der Schichtlinie eines Hanges wirken zusätzliche Seitenkräfte ein, die die Lage dieser Maschinen in bezug auf die Schichtlinie beeinflussen. Dieses Problem wurde versuchsweise in den Jahren 1967—1970 gelöst, wo Kräfte in der Maschinenlängsachse und deren Abneigung von der Schichtlinie an den Hängen von 0° , 8° , 12° , 15° , 18° und 20° gemessen wurden. Zur Ermittlung der Seiten- und Widerstandskraftgrößen infolge der Hangwirkung wurden deren Funktionsabhängigkeiten entsprechend der gemessenen theoretischen Analyse festgelegt und mit den Ergebnissen im Experimententeil verglichen; auf Grund dieses Vergleiches wurde die Gültigkeit der theoretischen Analyse nachgewiesen. Es wurde die Abhängigkeit der Seitenkräfte — und dadurch auch der Maschinenabneigung — von der Schwerpunkt-lage, Achsstand, Hangwinkel, Haftreibungswert und Rollwiderstandsbeiwert sowie von dem Verhältnis der Vorder- und Hinterachsbelastung bewiesen.

Hangneigung; Maschinenabneigung; Seitenkräfte; Schichtlinie; Schlepperwendigkeit

Adresa autorů:

Ing. Josef Svatoš, CSc., Ing. Jaroslav Hájek, Vysoká škola zemědělská, provozně-ekonomická fakulta, 370 05 České Budějovice — Čtyři Dvory

Rukopis odevzdán k tisku 12. 3. 1973 — Podepsáno k tisku 11. 6. 1973



SÁZEČ TP-4

Sázec TP-4 se hodí k sázení různých druhů zeleniny, jako je paprika, rajčata, kapusta, i k sázení tabáku aj. Po připojení zvláštních doplňků je vhodný i k sázení cukrovky, brambor a balíčkových rostlin.

Technické údaje:

typ stroje — druh připojení	nesený stroj
funkce	talířový typ
pracovní výkon — vysazených rostlin	6000—8000 kusů/h
vzdálenost rostlin	20—60 cm
hloubka brázdy	4—15 cm

Stroj značně ulehčuje práci na poli a dovoluje vysazovat zeleninové kultury v krátkých agrotechnických lhůtách.

Agromachinaimpex

BULGARIEN



Vývozce: StHU Agromachinaimpex Bulharsko, Sofia, Aksakova 5
telefon: 88 53 25, dálnopis: 022 563

DALŠÍ INFORMACE si vyžádejte na Bulharské obchodní misi, PRAHA I, KRAKOVSKÁ 6, ČSSR

Tomovčík J., Ondruš P.: Nové metody výskumu agro-fyzikálnych vlastností poľnohospodárskych produktov a materiálov	245
Janál R., Blahovec J.: Teplotní hystereze viskozity konzumního mléka	261
Karásek J.: Vzduchotechnické podmínky dosoušení píce ve věžovém seníku	271
Kejík C., Maláč P.: Rozbor hlavních funkčních parametrů žlabových dopravníků krmiv	281
Svatoš J., Hájek J.: Teoretické řešení pohybu traktoru a přívěsných strojů po vrstevnici svahu	291

СОДЕРЖАНИЕ

Гомовчик Й., Ондруш П.: Новые методы исследования агрофизических свойств сельскохозяйственных продуктов и материалов (259). — Янал Р., Благовец Й.: Тепловой гистерезис вязкости продовольственного молока (270). — Карасек Й.: Воздухотехнические условия досушки кормов в сенных башнях (280). — Кейик Ц., Малач П.: Анализ главных функциональных параметров желобовых транспортеров корма (290). — Сватош Й., Гайек Й.: Теоретическое решение движения трактора и навесных машин по горизонтали склона (307).

CONTENT

Tomovčík J., Ondruš P.: New Methods of Studying the Agrophysical Properties of Agricultural Products and Materials (259). — Janál R., Blahovec J.: Temperature Hysteresis of Drinking Milk Viscosity (270). — Karásek J.: The Air Engineering Conditions of the Final Drying of Fodder in a Tower Silo (280). — Kejík C., Maláč P.: An Analysis of the Main Functional Parameters of the Trough Feed Conveyers (290). — Svatoš J., Hájek J.: Theoretical Solution of Tractor and Tractor-trailed Machinery Motion along the Contour Lines of Slopes (307).
--

INHALT

Tomovčík J., Ondruš P.: Neue Forschungsmethoden von agrophysikalischen Eigenschaften der landwirtschaftlichen Produkte und Güter (260). — Janál R., Blahovec J.: Temperaturhysteresis der Konsummilchviskosität (270). — Karásek J.: Lufttechnische Bedingungen der Grünfuttersnachttrocknung in einem Heuturm (280). — Kejík C., Maláč P.: Analyse von wesentlichen Funktionsparametern der Trogfutterförderer (290). — Svatoš J., Hájek J.: Theoretische Lösung der Bewertung von Schleppern und Anhängengeräten entlang der Schichtlinie eines Hanges (307).

TABLE DES MATIÈRES

Tomovčík J., Ondruš P.: Méthodes nouvelles de la recherche des propriétés agrophysiques des produits et matériaux agricoles (Res. An/259, Al/260). — Janál R., Blahovec J.: Hystérèse thermiques de la viscosité du lait de consommation (Res. An, Al/270). — Karásek J.: Conditions aériennes du séchage des fourrages dans un silo à foin (Res. An, Al/280). — Kejík C., Maláč P.: Analyse des paramètres fonctionnels principaux des transporteurs-couloirs des aliments du bétail (Res. An, Al/290). — Svatoš J., Hájek J.: Solution théorique du mouvement du tracteur et des remorques sur la courbe de niveau de la pente (Res. An, Al/307).

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Vytiskl MfR, Novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova ulice 22, 120 00 Praha 2.