

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

2

ROČNÍK 23 (L)
PRAHA
ÚNOR 1977
CENA 10 Kčs
CS ISSN 0044-3883

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Rídí redakční rada

Ing. Jiří Fiala, CSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc.,
doc. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. František Fortuník, CSc.,
ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Jaroslav Homolka, doc. ing.
Ján Jech, CSc., ing. Karel Joza, Jan Květoň, ing. Ján Ku-
chár, ing. Vladimír Piša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc.,
prof. ing. Zdeněk Štefl, CSc., Josef Višínský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, CSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1977

■

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozbor a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. 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. Издаёт Чехословацкая сельскохозяйственная академия — Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■

The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Published by the Czechoslovak Academy of Agriculture — Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office 120 56 Praha 2, Slezská 7.

■

Die wissenschaftliche Zeitschrift ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Landtechnik. Herausgegeben von der Tschechoslowakischen landwirtschaftlichen Akademie — Institut für wissenschaftlich-technische Information der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion 120 56 Praha 2, Slezská 7.

MATEMATICKÝ MODEL PROCESU ZBERU OBILIA A DOPRAVY ZRNA

M. Ďuriš, L. Nozdrovický

ĎURIŠ, M. — NOZDROVICKÝ, L. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Matematický model procesu zberu obilia a dopravy zrna*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2): 61—74.

V článku je opísaný matematický model imitujúci proces zberu obilia a dopravy zrna z poľa do skladu. Rozpracovaný model umožňuje na základe mnohovariantného modelovania analyzovať činnosť komplexu zberových a dopravných prostriedkov. Významnou vlastnosťou modelu je jeho dynamický a pravdepodobnostný charakter; na základe generovania náhodných čísel so zadaným zákonom rozdelenia je umožnené do modelu zaradiť náhodné veličiny (čas bezporuchovej práce kombajnu, rýchlosť pohybu dopravných prostriedkov, dobu vyprázdňovania zásobníka, resp. dopravné prostriedky, atď.). Za kritérium činnosti zberového a dopravného komplexu je použitá veličina prevádzkových nákladov, vyjadrená vo funkcii počtu zberových strojov a dopravných prostriedkov, ich technicko-ekonomických parametrov a štruktúry využitia pracovného času. Výsledky mnohovariantného modelovania umožňujú určiť základné ukazovatele činnosti skúmaného systému v závislosti od počtu strojov v skupine, dopravnej vzdialenosti, úrody zrna a pod.

číslicové modelovanie na samočinnom počítači; komplex zberových a dopravných strojov; kritérium optimalizácie; prevádzkové náklady na zber a dopravu zrna

Jedným z nových smerov, ktoré prenikajú do teórie využitia poľnohospodárskej techniky, je čoraz širšie používanie matematického modelovania pri projektovaní a optimalizovaní výrobných poľnohospodárskych procesov na základe systémového prístupu.

Ako vyplýva z práce niektorých autorov (Buslenko, 1970; Kirtbaja, Kozickij, 1968; Terechov, 1971), použitie metódy štatistického modelovania (metóda Monte Carlo) je zvlášť efektívne pri riešení tých úloh, ktoré nie je možné riešiť analytickým aparátom.

Proces zberu obilia s nasledujúcou dopravou zrna na miesto prvého pozberového spracovania je možné považovať za proces dostatočnej zložitosti z hľadiska rôznorodosti použitých technických prostriedkov a parametrov, ako i z hľadiska veľkého výkyvu mnohých náhodných faktorov.

Z toho dôvodu je možné pristúpiť k modelovaniu procesu zberu a k realizácii modelovania na SAPO. Podstata metodiky rozpracovania štatistického modelu spočíva v určení štruktúrnych a funkčných prvkov, odhalení väzby medzi nimi, stanovení zdrojov informácií a konštrukcii príslušného algoritmu imitujúceho chovanie a vzájomnú väzbu prvkov zloitého systému pri zachovaní ich náhodného stochastického charakteru. Náhodný charakter hlavných faktorov vplyvujúcich na priebeh procesu je možno v modeli

vytvoriť pomocou náhodných čísel, ktoré sú generované počítačom v priebehu modelovania.

METODIKA

Metodický postup zostrojenia modelu procesu zberu obilia a dopravy zrna predpokladá celý komplex etáp, z ktorých medzi najdôležitejšie možno považovať:

1. opis skúmaného procesu;
2. zostrojenie formalizovaného modelu;
3. stanovenie dĺžky modelovaného intervalu;
4. príprava vstupnej informácie na základe experimentálnych chronometrážnych pozorovaní;
5. výber spôsobu modelovania náhodných čísel;
6. zostrojenie modelujúceho algoritmu v tvare operátorovej schémy;
7. zápis algoritmu na príslušný algoritmický jazyk;
8. výpočet kritériálnej funkcie, ktorá z technicko-ekonomického hľadiska zohľadňuje činnosť a efektívnosť skúmaného procesu;
9. realizácia algoritmu a kritériálnej funkcie na samočinnom počítači;
10. vyhodnotenie a využitie výsledkov modelovania.

Medzi dôležité etapy uvedeného postupu patria body 5 a 6, a preto pozornosť bude venovaná týmto etapám.

Metodika modelovania náhodných čísel

Pre získanie náhodných čísel na samočinnom počítači je účelné použiť metódu rozpracovanú Syromolotovom a Carinom (1971). Podľa tejto metódy možno náhodné čísla rozdelené podľa zadaného zákona rozdelenia získať dvoma etapami:

1. Získanie náhodných čísel s rovnomerným zákonom rozdelenia takým spôsobom, podľa ktorého sa každé nové náhodné číslo ξ_i získava násobením zadanej konštanty C súborom desiatinných čísel predchádzajúceho náhodného čísla ξ_{i-1} , čiže

$$\xi_i = \xi_{i-1} \cdot C \pmod{M}$$

$$M = 2_n$$

kde: n — počet desiatinných miest, s ktorými pracuje samočinný počítač

2. Náhodné čísla s rovnomerným zákonom rozdelenia sa špeciálnym podprogramom pretvárajú na súbor so zadaným zákonom rozdelenia, ktorý je v podstate predstavený histogramom zostrojeným na základe štatistického spracovania výsledkov experimentálnych chronometrážnych meraní reálneho procesu zberu obilnín. Pre zostrojenie histogramu sa namerané hodnoty (napr. veličiny rýchlosti pohybu dopravného prostriedku, doby zaplnenia zásobníka a pod.) zatriedujú do intervalov, určuje sa frekvencia ich výskytu v každom n -tom intervale. Počet intervalov závisí od objemu súboru a od kvality štatistického materiálu.

Na základe uvedeného možno riešiť i úlohu inverzného charakteru, t. j. generovať súbor čísel, ktoré budú mať zákon rozdelenia podľa vopred zadaného histogramu.

Špeciálny podprogram, ktorý využíva rovnomerne rozdelené náhodné čísla za účelom ich pretvorenia na súbor so zadaným zákonom rozdelenia (podľa zadaného histogramu), možno bližšie ozrejmiť týmto spôsobom:

Ak označíme moment výskytu náhodnej veličiny a v n -tom intervale hodnotou A_i , potom množina momentov $A_1, A_2 \dots A_n$ bude skupinou úplne vzájomne nezávislých momentov. Je jasné, že súčet pravdepodobností P_i vzniku takýchto momentov bude rovný 1, čiže:

$$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = 1$$

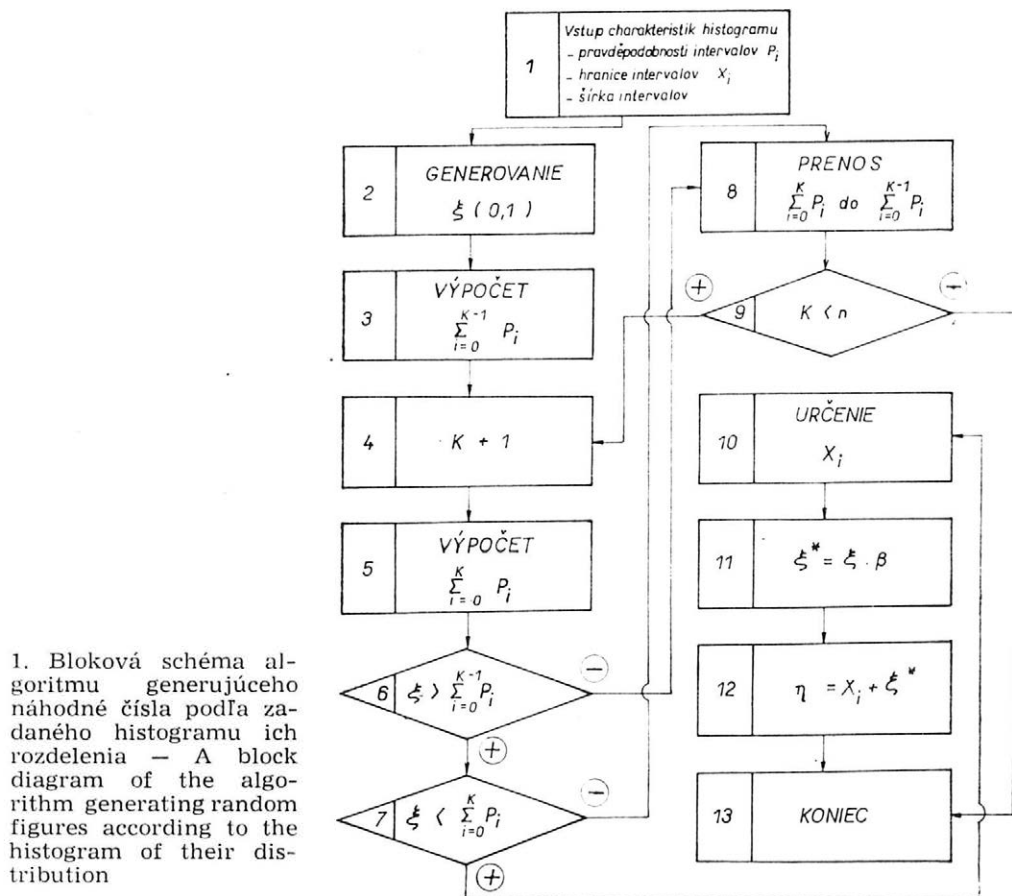
Ak vyberieme zo základného súboru náhodných čísel rovnomerne rozdelených v intervale (0,1) číslo ξ_i a preveríme splnenie podmienky

$$\sum_{i=0}^{K-1} P_i < \xi \leq \sum_{i=0}^K P_i \quad (1)$$

keď: $K = 1, 2, \dots$

tak fakt vzniku momentu A_i bude splnený vtedy, keď bude splnená podmienka (1). Vzhľadom na to, že skupina momentov A_i je ohraničená, vznikne pri postupnom preverovaní pre všetky rovnomerne rozdelené náhodné čísla určite niektorý z momentov A_n .

Pri nasledujúcej realizácii sa rovnaký výpočet opakuje s druhým číslom ξ . Ak postupne dochádza k opakovaniu celej uvedenej procedúry, približuje sa intenzita frekvencie momentov v daných úsekoch intervalu (0,1) k príslušným pravdepodobnostiam P_i . Tým je v podstate determinovaný spôsob generovania náhodných čísel podľa zadaného histogramu rozdelenia. Konkrétny postup, podľa ktorého je možné zapísať na magnetickú pásku špeciálny podprogram, je znázornený na obr. 1.



1. Bloková schéma algoritmu generujúceho náhodné čísla podľa zadaného histogramu ich rozdelenia — A block diagram of the algorithm generating random figures according to the histogram of their distribution

Metodika zostrojenia modelu zberu obilia a dopravy zrna

Proces zberu obilia a dopravy zrna predstavuje postupnú zmenu v čase stavu systému pozostávajúceho z obilných kombajnov a dopravných prostriedkov. Každý okamžitý stav tohoto systému možno opísať súborom čísel $z_1, z_2, \dots, z_n$, ktoré v dostatočnej miere odrážajú chovanie a vlastnosti systému v danom momente. Vzhľadom na to, že hodnoty daných čísel závisia od času, môžu byť vyjadrené vo funkcii času: $z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)$ (Terechov, 1971).

Preto za základ funkcie algoritmu modelujúceho skúmaný proces je položený princíp „osobitných stavov“, ktorý obsahuje postup určenia jednotlivých medzných momentov. Cez jednotlivé medzné momenty prechádza systém z jedného stavu do druhého. Nastúpenie medzných momentov je určené zadanými charakteristikami zberových strojov a dopravných prostriedkov (ktoré majú zpravidla pravdepodobnostný charakter), alebo predchádzajúcim stavom systému.

Za medzné momenty možno považovať:

A. V práci obilných kombajnov: 1. moment začiatku práce; 2. moment pripravenosti k vyprázdňovaniu zásobníka; 3. moment začiatku vyprázdňovania; 4. moment vzniku poruchy atď.

B. V práci dopravných prostriedkov: 1. moment začiatku práce; 2. moment začiatku očakávania zaplňovania privesu; 3. moment odchodu z poľa, atď.

Uvedený spôsob funkcie systému zberových a dopravných strojov môže byť použitý prostredníctvom daného algoritmu (obr. 2) v intervale $(0, T_{07})$, kde T_{07} je celková doba nasadenia zberovej a dopravnej techniky. Veličina T_{07} musí byť určená na základe potrebnej presnosti získaných výsledkov a pri súčasnom zohľadnení spotreby strojového času samočinného počítača.

Pri podmienke, že medzná chyba výsledkov modelovania S_x musí byť menšia ako trojnásobná hodnota stredne kvadratickej odchýlky σ_x veličiny nákladov na zberovo-dopravný proces N_{ZD} , bola stanovená hodnota $T_{07} = 50$ h.

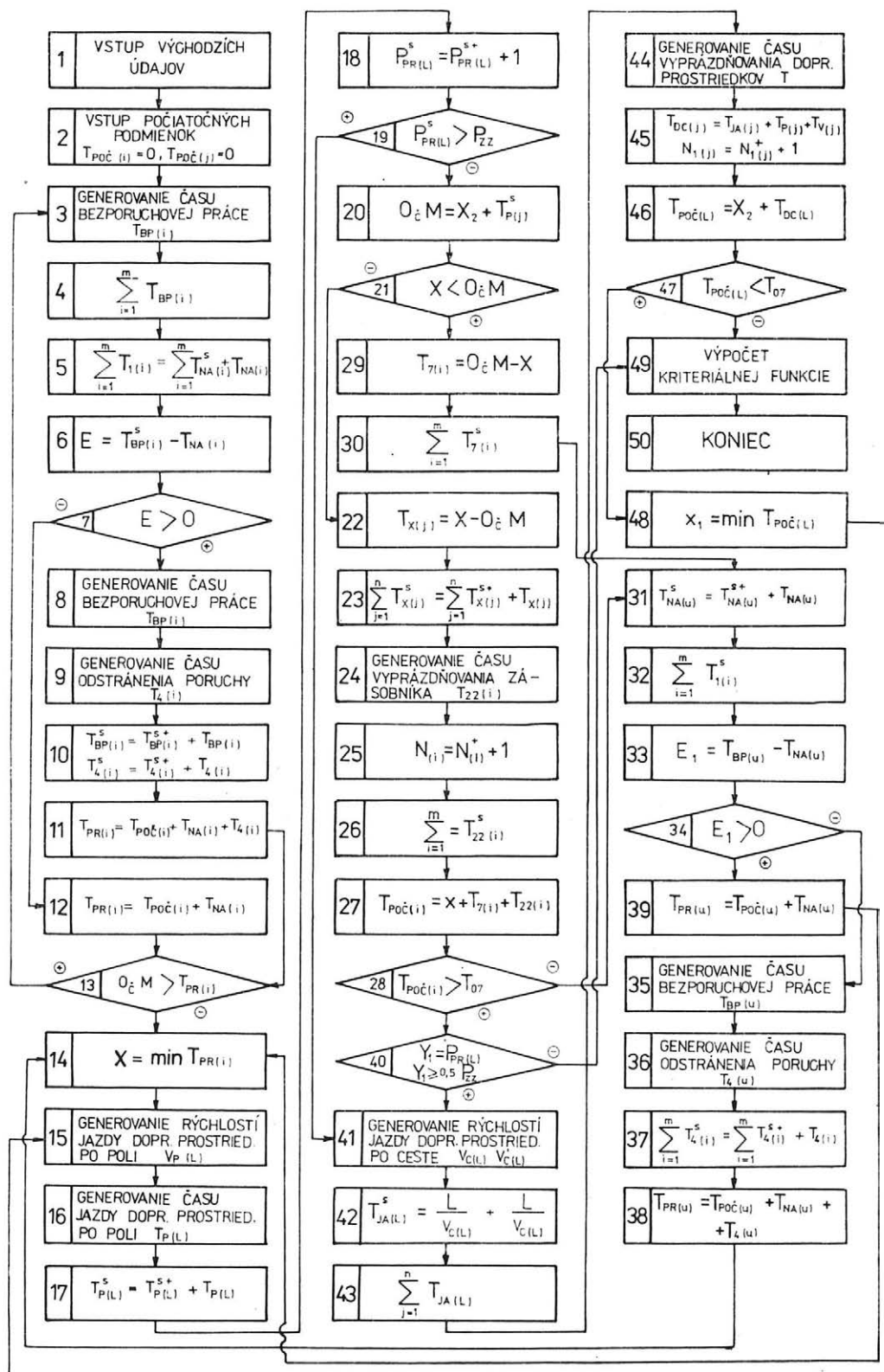
Opis algoritmu modelujúceho proces zberu obilia a dopravy zrna (obr. 2)

1. operátor: V tomto operátore boli zadané vstupné východiskové údaje, ktoré charakterizujú technické a ekonomické parametre použitej techniky: obilných kombajnov a dopravných prostriedkov. Jednotlivé východiskové údaje sú zadávané v závislosti od charakteru ich premenlivosti:

- svojimi strednými hodnotami a konštantami;
- svojimi histogramami rozdelenia pravdepodobnosti, čo umožňuje vyjadriť ich náhodný charakter.

Vstup východiskových údajov:

- počet kombajnov v skupine, m ;
- celkový čas nasadenia komplexu zberovej a dopravnej techniky (modelovaný interval), T_{07} , h;
- stredná hodnota doby naplnenia zásobníka kombajnu, T_{NA} , h;
- stredná hodnota doby otáčania kombajnu na úvrati, T_{21} , h;
- úroda zrna, U_z , t ha⁻¹;
- počet dopravných prostriedkov, n ;
- nosnosť dopravného prostriedku, Q_z , t;
- počet zásobníkov zrna, ktoré môže prijať dopravný prostriedok, P_{zz} ;
- dopravná vzdialenosť z poľa na poľný mlat, L , km;
- koeficienty vyjadrujúce technicko-ekonomické parametre zberovej a dopravnej techniky, $C_1, \dots, C_{11}$;



2. Algoritmus modelujúci proces zberu obilia a dopravy zrna — Algorithm modelling the process of grain harvesting and transport

- priebeh rýchlosti pohybu obilného kombajnu v závislosti od úrody zrna, $v = f(U_z)$;
- histogramy rozdelenia pravdepodobnosti náhodných veličín:

- a) času bezporuchovej práce kombajnu, T_{BP} , h;
- b) času odstránenia poruchy, T_4 , h;
- c) času vyprázdňovania jedného zásobníka, T_{22} , h;
- d) rýchlosti pohybu dopravného prostriedku po poli, v_p , km h⁻¹;
- e) rýchlosti pohybu dopravného prostriedku po ceste s nákladom, v_c , km h⁻¹;
- f) rýchlosti pohybu dopravného prostriedku po ceste bez nákladu, v_e , km h⁻¹;
- g) času prestoja dopravného prostriedku v mieste vyprázdňovania, T_v , h;
- h) času jedného prejazdu dopravného prostriedku po poli, T_p , h.

2. operátor: Stanovenie počiatočných podmienok: $T_{poč}(i) = 0$; $T_{poč}(j) = 0$, pre $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$. Pre zjednodušenie funkcie modelu sa pracovný deň začína od 0 h.

3. operátor: Generovanie veličiny času bezporuchovej práce kombajnu $T_{BP}(i)$ podľa zadaného histogramu, pre $i = 1, \dots, m$.

4. operátor: Pre každý kombajn sa sumarizuje čas bezporuchovej práce. Pretože sa táto veličina generovala prvý raz, tak

$$\sum_{i=1}^m T_{BP}(i) = T_{BP}(t)$$

5. operátor: Sumarizovanie časov naplnenia zásobníka každého kombajnu $T_{NA}^s(i)$ ako i všetkých kombajnov:

$$\sum_{i=1}^m T_1(i) = \sum_{i=1}^m T_{NA}^s(i) + T_{NA}(t)$$

6. operátor: Vyčíslenie rozdielu $E = T_{BP}^s(i) - T_{NA}(i)$ pre každý kombajn. Hodnota veličiny E bude využitá v nasledujúcom operátore pri určení možnosti vzniku poruchy v práci kombajnu.

7. operátor: Pre každý kombajn sa preveruje podmienka $E > 0$. Ak je „—“, tak pri práci kombajnu porucha nebola: prechod k operátoru 12. V prípade „+“: prechod priamo k operátoru 8.

8. operátor: Pre kombajn, pre ktorý $E > 0$, sa generuje nová hodnota času bezporuchovej práce $T_{BP}(i)$.

9. operátor: Podľa zadaného histogramu sa generuje hodnota času odstránenia poruchy $T_{4(i)}$ pre tie kombajny, u ktorých vznikla porucha pri práci.

10. operátor: Sumarizovanie času bezporuchovej práce pre každý kombajn

$$T_{BP}^s(i) + T_{BP}^{s+}(i) + T_{BP}(i)$$

a času odstránenia poruchy

$$T_4^s(i) = T_4^{s+}(i) + T_4(i)$$

11. operátor: Určenie momentu pripravenosti i -tého kombajnu k vyprázdňovaniu zásobníka:

$$T_{PR}(i) = T_{poč}(i) + T_{NA}(i) + T_4(i)$$

pre tie kombajny, pri práci ktorých vznikla porucha.

12. operátor: Aj v tomto operátore sa určuje moment pripravenosti, ale len pre tie kombajny, ktoré pracovali bez poruchy

$$T_{PR(i)} = T_{poč(i)} + T_{NA(i)}$$

13. operátor: Význam tohoto logického operátora spočíva v tom, že sa zisťuje, či sa už u všetkých „m“ kombajnov zaplnil zásobník. Tie kombajny, zásobníky ktorých nie sú naplnené, pokračujú v práci (prechod k 3. operátoru). Pre tie kombajny, ktoré namlátili plný zásobník, sa riešenie odovzdáva 14. operátoru.

Vyplnenie predpísanej logickej operácie sa uskutočňuje porovnaním okamžitého časového momentu s momentom pripravenosti i -tého kombajnu k vyprázdňovaniu zásobníka

$$O_i M > T_{PR(i)}$$

14. operátor: Spomedzi tých kombajnov, ktoré sú pripravené k vyprázdňovaniu zásobníka, sa vyberá len kombajn, ktorý ako prvý namlátil plný zásobník — hľadá sa minimálna hodnota $T_{PR(i)}$

$$X = MIN T_{PR(i)}$$

V operačnej pamäti počítača sa zapamätáva číslo tohoto kombajnu a rovnako i poradie ostatných kombajnov.

15. operátor: Pre dopravný prostriedok, ktorého číslo je určené 48. operátorom, sa generuje podľa zadaného histogramu rozdelenia rýchlostí pohybu po poli $v_{p(L)}$.

16. operátor: Pre obsluhujúci dopravný prostriedok sa generuje veličina času pohybu po poli $T_{P(L)}$.

17. operátor: Pre ten istý dopravný prostriedok sa sumarizuje čas pohybu po poli

$$T_{P(L)}^s = T_{P(L)}^{s+} + T_{P(L)}$$

ktorý závisí od počtu prejazdov po poli.

18. operátor: Pre ten istý dopravný prostriedok sa sumarizuje počet prejazdov po poli

$$P_{PR(L)}^s = P_{PR(L)}^{s+} + 1$$

19. operátor: Úlohou tohoto logického operátora je preveriť, či vybraný dopravný prostriedok už prijal stanovený počet zásobníkov. Toto sa uskutočňuje porovnaním počtu prejazdov so zadaným počtom zásobníkov, ktoré môže dopravný prostriedok prijať. Aby bolo možné určiť, koľkokrát kombajny vyprázdňovali zásobníky do sledovaného dopravného prostriedku a porovnať ich so zadaným počtom P_{zz} , je potrebné spočítať počet prejazdov dopravného prostriedku po poli. Preto vo východiskových údajoch nie je zadaný konkrétny počet zásobníkov, ktoré môže dopravný prostriedok prijať, ale číslo o jedno väčšie. Ak $P_{PR(L)}^s = P_{zz}$, znamená to, že dopravný prostriedok je zaplnený a môže uskutočniť jazdu do skladu (prechod k 41. operátoru). V prípade, že

$$P_{PR}^s < P_{zz}$$

dopravný prostriedok nie je naložený úplne, a preto prechod k operátoru 20.

20. operátor: Určenie nového okamžitého časového momentu

$$O_i M = X_2 + T_p^{s(j)}$$

kde: $X_2 = 0$ pre začiatok pracovného času dňa

21. operátor: Porovnáva sa minimálny moment pripravenosti kombajnov k vyprázdňovaniu (určený operátorom 14.) s okamžitým časovým momentom. Previerka

$$X \leq O_c M$$

pomáha určiť, či bude mať prestoj kombajn, alebo dopravný prostriedok. Ak je podmienka splnená, bude mať pri neprítomnosti dopravného prostriedku prestoj kombajn ($T_{7(i)}$) — prechod k 29. operátoru. A ak $X > O_c M$, tak dopravný prostriedok sa nachádza na poli a žiadny kombajn ešte nenamlátil plný zásobník — vzniká prestoj dopravného prostriedku $T_{X(j)}$ — prechod k operátoru 22.

22. operátor: Určenie prestoja j -tého dopravného prostriedku. Veličina prestoja nadobúda hodnotu

$$T_{X(j)} = X - O_c M$$

23. operátor: Sumarizujú sa prestoje všetkých dopravných prostriedkov

$$\sum_{j=1}^n T_{X(j)}^s = \sum_{j=1}^n T_{X(j)}^{s+} + T_{X(j)}$$

24. operátor: Generovanie veličiny čas vyprázdnenia zásobníka $T_{22(i)}$ pre každý kombajn.]

25. operátor: Priebežné určenie počtu namlátených zásobníkov všetkými kombajnami.

$$N = N^+ + 1$$

26. operátor: Sumarizovanie celkového času vyprázdňovania zásobníkov všetkých kombajnov:

$$\sum_{i=1}^m T_{22(i)}^s = \sum_{i=1}^m T_{22(i)}^{s+} + T_{22(i)}$$

27. operátor: Ak kombajn vyprázdnil svoj zásobník, je potrebné určiť nový počiatočný moment. To isté sa týka aj každého dopravného prostriedku. Nový počiatočný moment bude určený podľa toho, akým spôsobom bola stanovená veličina X_2 . Ak dopravný prostriedok nie je plne naložený, bude mať X_2 rovnakú hodnotu ako nový počiatočný moment pre kombajn:

$$T_{poc(i)} = X + T_{7(i)} + T_{22(i)}$$

a pre dopravný prostriedok pokračujúci v obsluhu kombajnov

$$X_2 = T_{PO(j)}$$

Operátor 27 tiež určuje poradie nových počiatočných momentov pre ostatné kombajny. Toto poradie sa ukladá do pamäti počítača. Preto sa používa index „u“, ktorý vyjadruje, že daná operácia prislúcha len určitému kombajnu, poradie ktorého je určené číslom.

28. operátor: Podľa poradia určeného operátorom 27 sa preveruje, či sa nový počiatočný moment nachádza v rozmedzí celkového času pracovného nasadenia T_{07} :

$$T_{poc(i)} > T_{07}$$

Ďalej sa určuje nové poradie kombajnov, začínajúce od toho kombajnu, ktorému zostáva do skončenia pracovnej doby najväčší časový úsek. To znamená, že ak kombajn môže pokračovať v práci, vyberá sa podľa poradia kombajn, pre ktorý sa postupne vy-

číslujú operátory 31—39. V prípade, že pre určitý kombajn je doba pracovného nasadenia skončená (podmienka +), nasledujúce operátory (počínajúc 40. operátorom) sa týkajú len práce dopravných prostriedkov.

29. operátor: K tomuto operátoru je prenos od operátora 21 pri podmienke, že okamžitý časový moment je väčší ako minimálny moment pripravenosti kombajnov k vyprázdňovaniu

$$O_c M > X$$

To umožňuje stanoviť hodnotu veličiny prestoja kombajnu:

$$T_{7(i)} = O_c M - X$$

30. operátor: Sumarizovanie celkového času prestojov všetkých kombajnov

$$\sum_{i=1}^m T_{7(i)}^s$$

31. operátor: Prechod od operátora 28. Pre vybraný u -tý kombajn sa sumarizuje čas naplnenia zásobníka

$$T_{NA(u)}^s = T_{NA(u)}^{s+} + T_{NA(u)}$$

32. operátor: Sumarizovanie času hlavného (času čistej práce) pre všetky kombajny

$$\sum_{i=1}^m T_{1(i)}^s$$

33. operátor: Vyčíslenie veličiny E_1 :

$$E_1 = T_{BP(u)} - T_{NA(u)}$$

pre u -tý kombajn, číslo ktorého je určené stanoveným poradím.

34. operátor: Pre každý u -tý kombajn sa preveruje podmienka, či

$$E_1 > 0$$

V prípade „+“ v práci kombajnu sa nevyskytla porucha a prechod k operátoru 39. Ak je „—“, prechod k 35. operátoru. ■ ■

35. operátor: Pre každý u -tý kombajn sa generuje veličina času bezporuchovej práce $T_{BP(u)}$ a zároveň sa táto veličina sumarizuje.

36. operátor: Pre ten istý kombajn sa generuje veličina času odstránenia poruchy.

37. operátor: Sumarizovanie celkového času odstránenia porúch všetkých kombajnov

$$\sum_{i=1}^m T_{4(i)}^s = \sum_{i=1}^m T_{4(i)}^{s+} + T_{4(i)}$$

38. operátor: Pre u -tý kombajn (v práci ktorého sa vyskytla porucha) určuje sa moment pripravenosti k vyprázdňovaniu

$$T_{PR(u)} = T_{poč(u)} + T_{NA(u)} + T_{4(u)}$$

39. operátor: Pre u -tý kombajn (v práci ktorého sa nevyskytla porucha) určuje sa moment pripravenosti k vyprázdňovaniu:

$$T_{PR(u)} = T_{poč(u)} + T_{NA(u)}$$

40. operátor: V prípade, že sa skončila pracovná doba, zisťuje sa stupeň zaplnenia ložného priestoru dopravného prostriedku. Toto sa uskutočňuje porovnaním počtu prejazdov pri zaplňovaní ložného priestoru s polovinou maximálneho počtu zásobníkov, ktoré môže dopravný prostriedok prijať, zväčšeným o jeden (viď. operátor 19)

$$Y_1 = P_{PR(L)}$$

$$Y_1 \geq \frac{P_{zz}}{2}$$

V prípade, že je dopravný prostriedok zaplnený viac ako na polovicu, je náklad potrebné odvieť do skladu (prechod k operátoru 41); ak nie je zaplnený ani na polovicu, jeho práca sa končí — prechod k operátoru 48.

41. operátor: Vynulovanie pamäti počtu prejazdov po poli pre vybraný L — dopravný prostriedok:

$$P_{PR(L)} = 0$$

a podľa zadaného histogramu rozdelenia generovania veličiny rýchlosti pohybu dopravného prostriedku po ceste s nákladom v_c a bez nákladu v'_c , stanovenie stredných hodnôt veličín $v_{c(L)}$ a $v'_{c(L)}$.

42. operátor: Výpočet veličiny času jazdy vybraného dopravného prostriedku po ceste

$$T_{JA(L)}^s = \frac{L}{v_{c(L)}} + \frac{L}{v'_{c(L)}}$$

43. operátor: Sumarizovanie celkového času jazdy všetkých dopravných prostriedkov po ceste

$$\sum_{j=1}^n T_{JA(j)}$$

44. operátor: Generovanie času pohybu dopravného prostriedku v mieste vyprázdňovania (na sklade).

45. operátor: Určenie veličiny času dopravného cyklu pre každý dopravný prostriedok

$$T_{DC(j)} = T_{JA(j)} + T_{P(j)} + T_{V(j)}$$

a vyčíslenie počtu dopravných cyklov uskutočnených všetkými dopravnými prostriedkami

$$N_{1(j)} = N_{+1(j)} + 1$$

46. operátor: Pre vybraný dopravný prostriedok určenie nového počiatočného momentu v jeho práci

$$T_{poč(L)} = X_2 + T_{DC(L)}$$

47. operátor: Preveruje sa, či sa nový počiatočný moment nachádza v medziach celkového času pracovného nasadenia T_{07} .

$$T_{poč(L)} < T_{07}$$

Ak podmienka nie je splnená, tak prechod k 49. operátoru a ak možno pokračovať v práci, prechod k 48. operátoru.

48. operátor: Týmto operátorom sa začína modelovanie práce dopravného prostriedku. Na začiatku pracovného dňa sa vyberá spomedzi všetkých dopravných prostriedkov jeden (ľubovoľným výberom), určuje sa jeho číslo a označuje symbolom L . Tento dopravný prostriedok je určený ako prvý pre obsluhu obilných kombajnov, po jeho úplnom zaplnení sa vyberá ďalší, opäť sa zapamätáva jeho poradové číslo, atď. V prípade, že všetky dopravné prostriedky sú zapojené do procesu obsluhy, vyberá sa spomedzi všetkých ten, u ktorého je najmenší počiatkový moment:

$$X_1 = \min T_{poč(L)}$$

Rovnako sa zapamätáva poradie nastúpenia jednotlivých počiatkových momentov pre všetky dopravné prostriedky. Podľa takéhoto poradia prechod k operátoru 15.

49. operátor: Výpočet kritériálnej funkcie vyjadrujúcej závislosť prevádzkových nákladov na zber i dopravu zrna od zostavy a funkcie zberového a dopravného komplexu.

$$N_{ZD} = \frac{C_1 \cdot m + C_2 \cdot T_1}{T_{07} \cdot m} + C_3 + \frac{C_4 (T_{22} + T_4 + T_6 + C_{11})}{T_{07} \cdot m} + \frac{C_5 \cdot T_1}{T_{07} \cdot m} + U_Z \left[\frac{\frac{C_6 \cdot v_o \cdot T_{JA} + C_7 \cdot v_p \cdot T_{PR} + z \cdot C_8 \cdot n}{T_{07} \cdot n} + C_9 \cdot n}{C_{10} \cdot Q_z \cdot n \cdot z} \cdot (T_{22} + T_{PR} + T_{JA} + T_V + T_X) \right] \text{ Kčs ha}^{-1}$$

kde: N_{ZD}	— prevádzkové náklady na zber s dopravou zrna, Kčs ha ⁻¹
m	— počet kombajnov v skupine
n	— počet dopravných prostriedkov v skupine
T_{07}	— celkový čas pracovného nasadenia kombajnov (modelovaný interval), h
T_1	— celkový čas čistej práce kombajnov, h
T_{22}	— celkový čas vyprázdňovania kombajnov, h
T_4	— celkový čas odstránenia porúch kombajnov, h
T_6	— celkový čas prestojov v očakávaní vyprázdňovania, h
T_{JA}	— celkový čas dopravného prostriedku po ceste, h
T_P	— celkový čas jazdy dopravného prostriedku po poli, h
T_V	— celkový čas prestojov dopravného prostriedku pri vyprázdňovaní, h
T_X	— celkový čas prestojov v očakávaní zaplnenia ložného priestoru, h
v_o	— priemerná rýchlosť pohybu dopravného prostriedku po ceste, km h ⁻¹
v_p	— priemerná rýchlosť pohybu dopravného prostriedku po poli, km h ⁻¹
z	— celkový počet dopravných cyklov
U_Z	— úroda zrna, t ha ⁻¹
$C_1, \dots, C_{11}$	— koeficienty vyjadrujúce ekonomicko-technické parametre zberovej a dopravnej techniky
N	— náklady spojené s priamymi stratami zrna, Kčs ha ⁻¹

50. operátor: Zakončenie práce samočinného počítača.

Výsledky mnohovariantného modelovania na samočinnom počítači umožňujú určiť základné ukazovatele charakterizujúce funkciu skúmaného systému zberovej a dopravnej techniky (koeficienty prestoja kombajnov K_{PK} a dopravných prostriedkov K_{PD}

hodinovú výkonnosť kombajnu W_K a dopravného prostriedku W_D , prevádzkové náklady na zberovo-dopravný proces N_{ZP} v závislosti od počtu kombajnov m , dopravných prostriedkov n v skupine, dĺžky dopravnej vzdialenosti L , typu kombajnov a dopravných prostriedkov a úrody zrna U_Z .

VLASTNÁ PRÁCA

Postup jednotlivých výpočtových operácií pri mnohovariantnom modelovaní odráža modelujúci algoritmus (obr. 2). Ako vidieť z predloženého algoritmu, dôležité miesto pre jeho funkciu má generovanie náhodných čísel podľa zadaného histogramu. Program vyjadrený na obr. 1 bol zapísaný na magnetickú pásku a pod stanoveným kódom bol uložený v pamäti počítača. Jeho použitie bolo vyzvané vždy podľa potreby pri realizácii jednotlivých operátorov súvisiacich s generovaním náhodných čísel (operátory 3, 8, 9, 15, 16, 24, 41, 44, 35, 36).

Na základe modelovania bola simulovaná na samočinnom počítači práca obilných kombajnov typu SK-4 a E-512 a týchto typov dopravných prostriedkov: Zetor 5611 + P-73 SV, Zetor 8011 + P_ZS-40 + P-73 SV, Praga S₅T, Škoda 706 RTS + P_ZS-50A a Tatra 157-Z + HW-80.11.

Medzi vstupnými údajmi boli zadané niektoré ohraničenia: počet kombajnov $m = 1-9$, počet dopravných prostriedkov $n = 1-11$, dopravná vzdialenosť z poľa na poľný mlat $L = 3$ km, 7 km, 11 km, 15 km. Úroda zrna sa uvažovala v rozmedzí od 3,5 do 5,5 t ha⁻¹. Zvolený algoritmus však umožňuje zadávať takmer neobmedzený počet variantov podmienok a počtu zberovej a dopravnej techniky.

Veličinou zohľadňujúcou vplyv celého radu technicko-ekonomických charakteristík použitých strojov, podmienok práce, ako i využitie štruktúry pracovnej smeny, bola prijatá hodnota priamych prevádzkových nákladov N_{ZD} na zber a dopravu zrna z 1 ha. Konkrétne výsledky modelovania zberového a dopravného procesu s cieľom jeho optimalizovania uvádzajú Ďuriš a Nozdrovický (1976).

ZÁVER

Metóda štatistického modelovania na samočinnom počítači umožňuje skúmať a optimalizovať proces zberu obilnín a dopravy zrna podľa kritéria minimálnych prevádzkových nákladov.

Matematický model zberového a dopravného procesu, vyjadrený prostredníctvom modelujúceho algoritmu, musí byť zostavený takým spôsobom, aby bolo možné analyzovať prácu jednotlivých strojov i celého komplexu. Pre splnenie tejto úlohy je nevyhnutné poznať trvanie jednotlivých operácií technologického procesu zberu a dopravy a ich štatisticko-pravdepodobnostný charakter. Charakter matematického modelu umožňuje na základe širokého varíovania vstupných údajov imitovať skúmaný proces.

Získané výsledky je možné použiť pri výbere typu kombajnov a dopravných prostriedkov, pri voľbe rozmeru zberového a dopravného komplexu podľa tých podmienok, v ktorých sa zber uskutočňuje.

Literatúra

BUSLENKO, N. P.: Metod statističeskogo modelirovanija. Statistika, Moskva 1970.
ĎURIŠ, M. — NOZDROVICKÝ, L.: Optimalizovanie zberu obilnín a dopravy zrna od obilných kombajnov. Zeměd. Techn., 22, 1976, č. 8, s. 445-454.

KIRTBAJA, J. K. — KOZICKIJ, I. M.: Metodika modelirovanija sel'skochozjajstvennyh polevyh processov na ECVI. VIM, Moskva 1968.
 NOZDROVICKÝ, L.: Issledovanie i optimizacija uboročno-transportnogo processa pri uborke zernovyh kultur. [Kandidátská dizertácia.] Moskva 1975. — MIISF.
 SYROMOLOTOV, E. N. — CARIN, V. V.: Datčik slučajnyh čisel rovnomernogo raspredelenija. Opisanije izobretenij, č. 302 70.9. Bjueten No. 15, Moskva 1971.
 TERECHOV, A. P.: Cifrovoje modelirovanije mechanizirovannyh processov sel'skochozjajstvennogo proizvodstva. Mašinostrojenie. Moskva 1971.
 Transportno-proizvodstvennije processy v mechanizirovannom sel'skochozjajstvennom proizvodstve. GOST 17460-72, GKS SM SSSR, Moskva 1972.

Došlo dňa 5. 5. 1976

ДЮРИШ, М. — НОЗДРОВИЦКИ, Л. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): Математическая модель процесса уборки и транспортировки зерна. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 61-74.

В статье описана математическая модель, имитирующая процесс уборки и транспортировки зерна с поля на склад. Разработанная модель позволяет на основе многовариантного моделирования анализировать деятельность комплекса уборочных и транспортных средств. Важным свойством модели является ее динамический и вероятностный характер; на основе формирования случайных чисел с заданным законом распределения в модель можно включить случайные величины (время безотказной работы комбайна, скорость движения транспортных средств, время разгрузки бункера, или транспортного средства и т. д.). В качестве критерия деятельности уборочного и транспортного комплекса применили величину эксплуатационных затрат, выраженную в функции количества уборочных машин и транспортных средств, их технико-экономических параметров и структуры использования рабочего времени. Результаты многовариантного моделирования позволяют определить основные показатели деятельности изучаемой системы в зависимости от числа машин в группе, транспортного расстояния и урожая зерна и т. п.

цифровое моделирование на электронно-вычислительной машине; комплекс уборочных и транспортных средств; критерий оптимизации; эксплуатационные затраты на уборку и транспорт зерна

ĐURIŠ, M. — NOZDROVICKÝ, L. (University of Agriculture, Nitra): *Mathematical Model of Cereal Harvesting and Grain Transport*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 61-74.

The paper describes a mathematical model simulating the process of cereal harvesting and grain transport from the field to the storehouse. Through multivariant modelling the model makes it possible to analyse the operation of the complex of harvesting and transporting machines. A dynamic probability character is an outstanding feature of the model; the generating of random figures with a determined law of distribution enables the inclusion of random variables (time of fail-safe harvester operation, speed of the conveyances, time of the emptying of the reservoir or conveyance, etc.) in the model. The value of operating costs, expressed as the function of the number of harvesting machines and transport means, their technical and economic parameters and structure of the use of working time, is used as the criterion of the operation of the harvesting and transportation complex. The results of multivariant modelling make it possible to determine the main indices of the operation of the tested system in dependence on the number of machines in the group, on the distance of transportation, and on grain yield, etc.

digital modelling on a computer; complex of harvesting and transportation mechanisms; criterion of optimization; operating costs of grain harvesting and transport

ĐURIŠ, M. — NOZDROVICKÝ, L. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Mathematisches Modell der Getreideernte und Korntransportes*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 61-74.

Im Aufsatz wird ein den Prozeß der Getreideernte und des Korntransportes vom Feld in das Lager nachbildendes mathematisches Modell beschrieben. Das entwickelte Modell gestattet, anhand einer Vielvariantenmodellierung die Tätigkeit des Kom-

plexes von Ernte- und Transportmitteln zu analysieren. Eine bedeutsame Eigenschaft des Modells ist sein dynamischer und wahrscheinlichkeitsgemäßer Charakter; aufgrund der Generierung von zufälligen Zahlen mit einem vorgegebenen Einleitungsgesetz wird es ermöglicht, in das Modell zufällige Größen (störungsfreie Zeit der Mähdrescherarbeit, Vorschubgeschwindigkeit der Transportmittel, Entleerungsdauer des Bunkers, bzw. Transportmittel, usw.) einzuschalten. Als Kriterium der Tätigkeit des Ernte- und Transportkomplexes wird die Größe der Betriebskosten angewandt, die in der Funktion der Anzahl von Erntemaschinen und Transportmitteln, deren technisch-ökonomischen Parametern und Struktur der Arbeitszeitausnützung dargelegt ist. Die Ergebnisse der Vielvariantenmodellierung gestatten die Grundkennziffern der Tätigkeit des zu untersuchenden Systems in Abhängigkeit von der Maschinenanzahl in der Gruppe, Transportentfernung und des Kornertrages u. dgl. zu bestimmen.

numerische Modellierung mittels Rechenanlage; Komplex der Ernte- und Transportmaschinen; Optimierungskriterium; Betriebskosten für die Kornernte und -transport

Adresa autorů:

Doc. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. L. Nozdrovický, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, 949 01 Nitra

KOMPLEXNÍ VÝZKUM TEPELNĚ FYZIKÁLNÍCH A OPTICKÝCH VLASTNOSTÍ POTRAVIN

S. G. Iljasov, V. V. Krasnikov, G. I. Krasovskaja, A. S. Panin,
V. D. Skverčák

ILJASOV, S. G. — KRASNIKOV, V. V. — KRASOVSKAJA, G. I. — PANIN, A. S. — SKVERČÁK, V. D. (Technologický institut potravinářského průmyslu, Moskva): *Komplexní výzkum tepelně fyzikálních a optických vlastností potravin*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 75-84.

Nová varianta metody experimentálního výzkumu tepelně fyzikálních vlastností potravin umožňuje stanovení z měření v jediném bodě a může být použita za dynamických podmínek. Byla vypracována komplexní metoda založená na řešení diferenciální rovnice, popisující ohřev (chlazení) kulového dokonalého vodiče v nekonečném prostředí při respektování vlivu jeho vlastní tepelné kapacity. Rovněž lze určit měrné teplo a vliv fázových změn na měrné teplo potravin. Jsou uvedeny specifické změny při pečení chleba konvekčním a infra-ohřevem. Experimentálně byla ověřena efektivnost pečení v infra-pecích. Pokud jde o optické vlastnosti, byly vypracovány metody současného a komplexního měření spektrálních a integrálních, odrazových a absorpčních schopností materiálů. Měřícím elementem byla zrcadlová polokoule a elipsoid a speciální integrační koule pro infračervenou oblast spektra. Jsou stanoveny zásady pro volbu zdroje infra-záření a možnosti využití těchto metod měření pro automatickou kontrolu jakosti potravin a automatizaci řízení technologických postupů, a tím dosažení lepší kvality výrobků.

komplexní metody měření; tepelně fyzikální a optické vlastnosti; potraviny; generátory infračerveného záření — výběr

Racionálního řešení problémů opracování potravin může být dosaženo na základě komplexního experimentálního a analytického výzkumu vnější a vnitřní výměny tepla a hmoty při ohřevu, sušení a různých jiných druzích tepelného opracování. Tepelně fyzikální vlastnosti určují rychlost průběhu procesu ohřevu a podle charakteru jejich změn můžeme určit intervaly teplot, ve kterých probíhají procesy spojené se změnou struktury nebo fáze. Rozmanitost potravin podmiňuje výběr metod určení tepelně fyzikálních, tepelně radiačních a optických charakteristik. Současné metody a přístroje nemohou být všechny použity pro tento cíl. V Moskevském technologickém institutu potravinářského průmyslu se dělají komplexní výzkumy nových metod určování koeficientů přenosu tepla a radiace při statických i dynamických podmínkách. Detailní analýza a výpočet procesů výměny tepla a hmoty při infračerveném ohřevu nejsou možné bez hodnot optických charakteristik; proto byly vypracovány komplexní metody měření těchto charakteristik.

Nedostatkem velice rozšířené metody plošného snímače je nutnost měřit teplotu ve dvou bodech, ve kterých se tepelně fyzikální vlastnosti mohou odlišovat. Navržená nová metoda umožnila získat tepelně fyzikální vlastnosti na základě měření v jednom místě, a to také při dynamických podmínkách. Rozpracování metody komplexního stanovení vlastností v technologickém procesu při výrobě bylo další etapou práce. Základem metody je závislost charakteru přechodného procesu ohřevu termočlánku, na okamžik umístění do objektu výzkumu, na jeho tepelně fyzikálních parametrech. Matematické vyjádření úlohy vede k řešení diferenciální rovnice, popisující proces ohřevu ideálně vodivého kulového tělesa v nekonečném prostředí při respektování jeho vlastní tepelné kapacity. První varianta řešení umožňuje určit pouze součinitel tepelné vodivosti λ měřeného objektu. Druhá varianta dává možnost stanovit celý komplex tepelně fyzikálních charakteristik. Totéž platí pro stanovení spektrálních a integrálních polosférických odrazivostí i propustností materiálů a pohlcujících a rozptylových záření. Jsou vypracována speciální přizpůsobení k jedno- až dvoupopiskovým spektrografům. Základními měřicími elementy jsou zrcadlové elipsoidy, polokoule a speciálně integrující koule pro infračervenou oblast spektra.

VLASTNÍ PRÁCE

Pro prověření předložené metody stanovení charakteristik vazkých, tekutých, pastovitých a disperzních materiálů byla vykonána řada pokusů s různými potravinami. Na obr. 1 jsou znázorněny charakteristiky tříslizkové marmelády na teplotě při měrné vlhkosti 0,35 kg kg⁻¹.

Když je prohřev provázen přenosem hmoty a současně chemickými reakcemi nebo termickou destrukcí, pak budou veličiny tepelně fyzikálních vlastností materiálu charakterizovány efektivními hodnotami λ_{ef} a C_{ef} popsanými rovnicemi:

$$\lambda_{ef} = \lambda \left[1 + \sum_i \frac{\dot{a}_i \rho_0}{\lambda} \left(I_i \delta_i - I u_i \frac{\partial u_i}{\partial \tau} \right) \right]$$

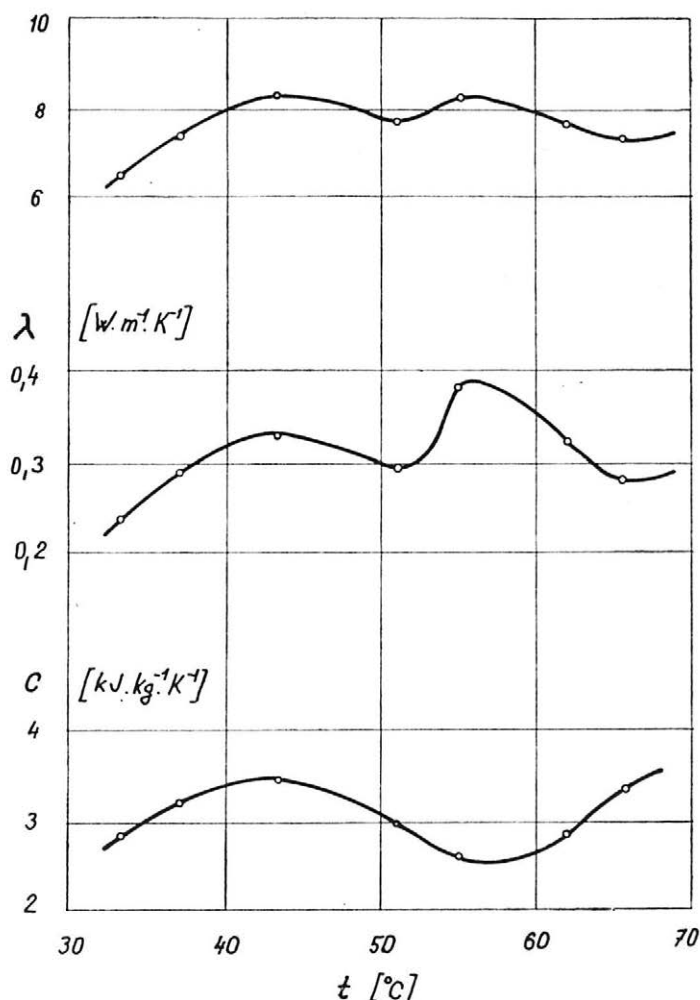
$$C_{ef} = C_s + \sum_i C_i u_i K t_i$$

Kritérium $K t_i = \frac{dt_i}{dt_0}$ ve druhé rovnici zahrnuje rozdíl teplot suchého skeletu a přemísťující se vlhkosti nebo produktů chemických reakcí. Neprobíhá-li výměna hmoty ($t_i = t_p$), pak je $K t_i = 1$. Efektivní tepelná kapacita $C_{ef} = f(t)$ je ve značné míře určována podmíněnými faktory fázových a chemických změn. Extrémní body $C_{ef} = f(t)$ odpovídají extrémním bodům na křivce $\lambda = f(t)$. Pulzující charakter získaných křivek $C_{ef} = f(t)$ a $\lambda_{ef} = f(t)$ potvrzuje také výsledky matematického zpracování.

Výzkum tepelné kapacity C potravin je spojen s velkými problémy, protože při hydrotermickém opracování potravin se mění charakter vazby vody v materiálu, množství parovzdušné směsi, pórovitost, vliv mají také

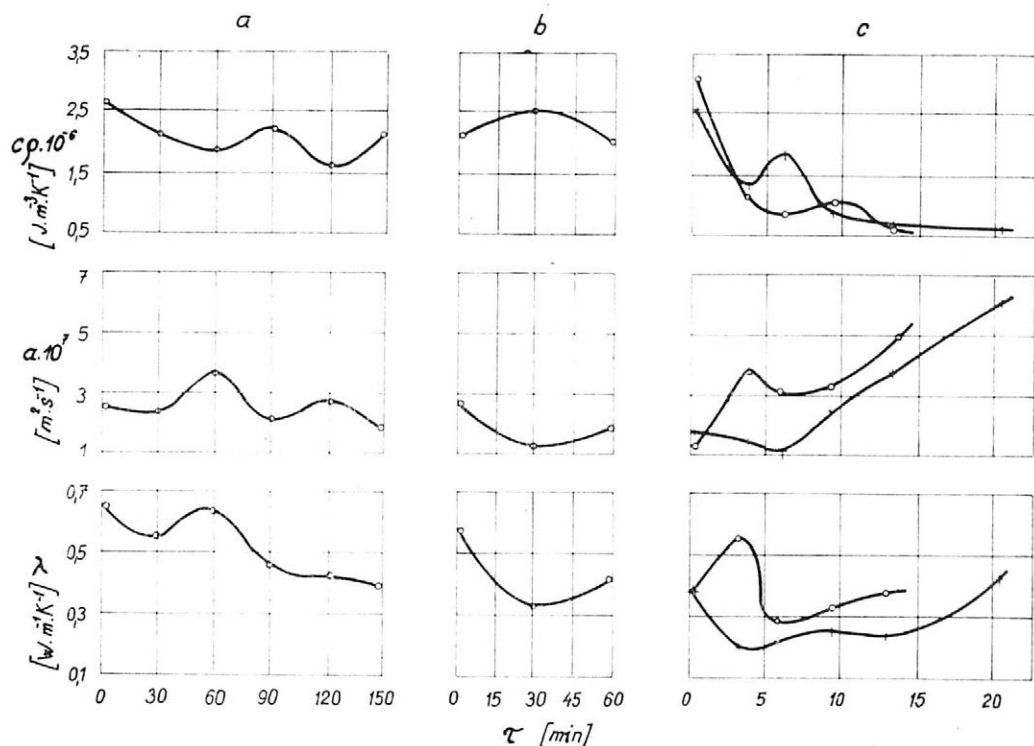
1. Závislost tepelně fyzikálních charakteristik tříložkové marmelády na teplotě při měrné vlhkosti $0,35 \text{ kg kg}^{-1}$ — The dependence of the thermophysical characteristics of three-component marmelade on temperature at the specific humidity of 0.35 kg kg^{-1}

$a \cdot 10^8 \text{ [m}^2 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$



procesy odpařování, tání a tuhnutí, to jest fázové změny. Rozdíl grafické závislosti efektivní C_{ef} a C tepelné kapacity dovoluje odhalit fázové přechody a určit tepelný efekt, jestliže je fázový přechod provázen změnou vnitřní energie. Pro mnohé potraviny (zelenina, ovoce, mléko apod.) přesahuje obsah vody 90 %, proto je nezbytně nutné počítat se složitým charakterem změn jejího měrného tepla. Experimentálně bylo zjištěno, že při fázových změnách (prodlevách) se měrné teplo prudce mění. Grafoanalytickými metodami jsme určili závislost $C_{ef} = f(t)$ pro slivky, vypočítali měrná tepla fázových přeměn pro různý obsah tuku ve slivkách a určili místní měrná tepla.

Další část experimentální práce vyjadřuje obr. 2. Jsou na něm křivky charakterizující změny λ , a nebo c_p těsta v závislosti na různých stadiích výroby chleba. V první fázi mají všechny změny pulzující charakter, vyvolaný biochemickými procesy provázenými intenzivním vydělováním plynů a také změnou pórovitosti těsta v procesu kvašení. Ve stadiu kynutí těsta se na začátku procesu snižuje λ_{ef} vlivem zvýšení pórovitosti. Po skon-



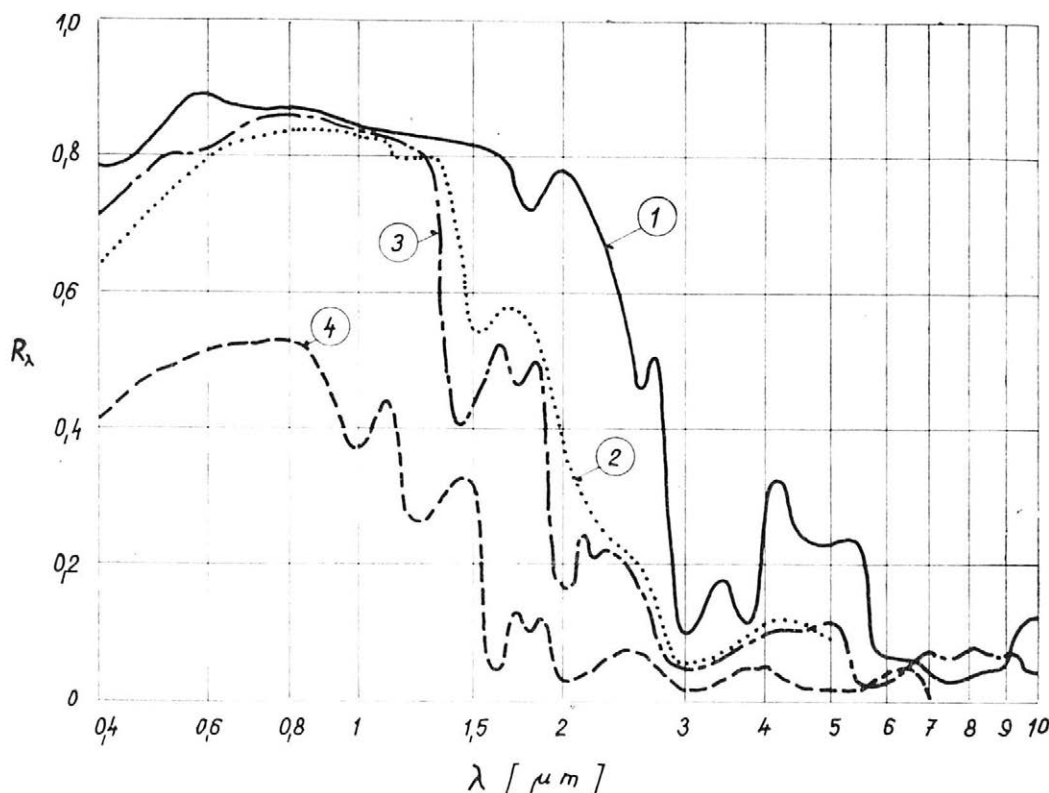
2. Časová změna tepelně fyzikálních charakteristik pšeničného těsta v různých stadiích procesu (a — zákvas, b — kynutí, c — pečení) a při různém způsobu pečení (1 — radiálně konvekčním, 2 — infračerveném) — The time change of the thermo-physical characteristics of wheat dough at different stages of the process (a — starting, b — rising, c — baking) and with different methods of baking (1 — radiation-convection baking, 2 — infra-red baking)

čení procesu se intenzita vydělování plynů v těstě zmenšuje, což vede ke zmenšování vnitřního tlaku. Následkem toho dochází k „sednutí“ těsta a zvýšení jeho měrné tepelné vodivosti. To se potvrzuje experimentálními hodnotami podle kinetiky změny objemu, vnitřního tlaku a kyselosti.

Charakter závislosti měrné tepelné vodivosti chlebového těsta na čase při pečení infračervenými vlnami se liší od analogických závislostí při radiálně konvekčním pečení vznikem lokálního extrému v periodě proměnného objemu, způsobeného pohlcováním infrazáření pronikajícího do materiálu. Potom vznikají uvnitř těsta velké gradienty vlhkosti a teploty, čímž dochází k intenzivnímu toku vlhkosti uvnitř pečeného vzorku.

V oblasti výzkumu optických charakteristik byly změřeny spektrální a integrální odrazivosti a propustnosti různých materiálů. Sledovala se pohlcovací způsobilost a koeficient pohlcení $\bar{K}_\lambda$, rozptyl a zeslabení S , L_λ u pšeničné mouky, těsta, škrobu, brambor, papíru, celulózy a dalších materiálů. Experimentálně bylo dokázáno, že po tepelném opracování těsta, škrobu a některých dalších materiálů se ve viditelné části spektra projevuje široká oblast pohlcení s minimem okolo $0,45 \mu m$, kde materiál získává žluté, červené až hnědé zabarvení následkem změn ve struktuře materiálu.

S pomocí experimentálních hodnot materiálů R_λ a T_λ můžeme určit optické charakteristiky: koeficienty pohlcení K_λ a efektivního zeslabení L_λ toku záření uvnitř ozařované vrstvy. Tyto charakteristiky dovolují vypočítat pohlcení a rozdělení pohlcení energie podél vrstvy $W_{\lambda(x)}$. Na obr. 3 a 4 je ukázána závislost optických charakteristik na délce vlny. Zobecnění experimentálních hodnot (obr. 3) dovoluje předložit klasifikaci vlhkých



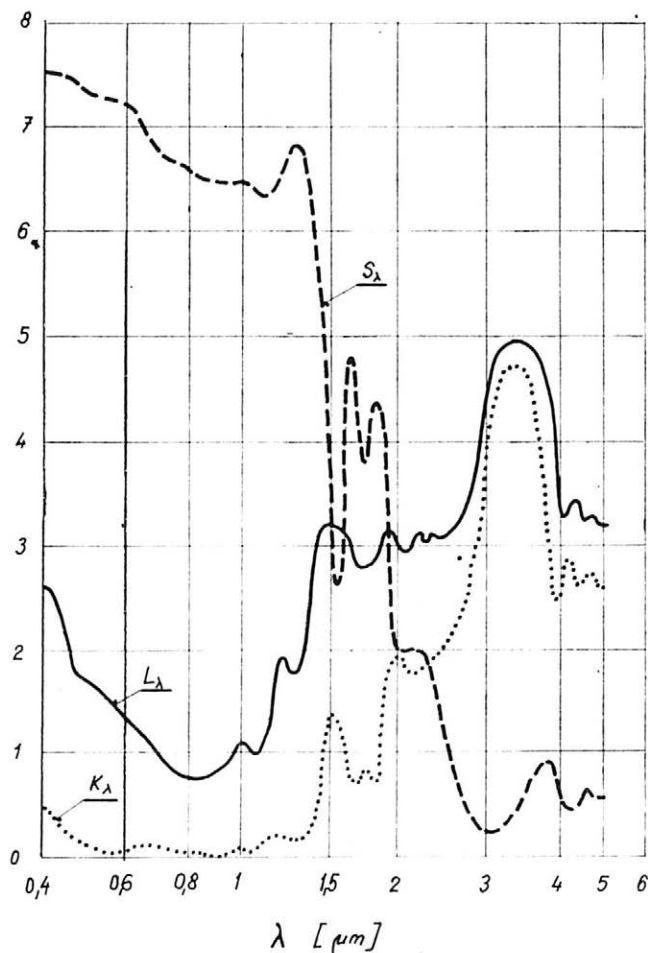
3. Odrazová spektra různých materiálů: 1 — mouka 1. třídy, 2 — pšeničné těsto, 40 mm, 3 — bramborový škorb, $\omega = 11,8\%$, 4 — bramborový škrob, $\omega = 76,5\%$ — Reflection spectra of different materials: 1 — class 1 flour, 2 — wheat dough, 40 mm, 3 — potato starch, $\omega = 11,8\%$, 4 — potato starch, $\omega = 76,5\%$

materiálů pohlcujících i rozptylujících záření podle jejich optických vlastností v oblasti spektra 0,4 až 15,0 μm . Tak například koloidní, kapilární pórovitá tělesa a kapilárně pórovitá koloidní tělesa mají shodné optické vlastnosti v oblasti spektra 0,8 až 15,0 μm (většina potravin). Speciální termoradiační charakteristiky mají materiály rostlinného a živočišného původu. Můžeme tedy určit základní příznaky charakteristické pro různé skupiny materiálů; vlastnost rozptylu záření, optické vlastnosti v různých oblastech světla, chemickou strukturu molekul suchého materiálu, obsah vlhkosti a formy vazby vody s materiálem, mikrostrukturu apod. Toto rozdělení je provedeno na základě principu záření základní optické nekonečně silné vrstvy.

Všechny vlhké materiály se dělí na čtyři hlavní skupiny: slabě, středně, silně a velmi silně rozptylující. Materiály prvních tří skupin v zá-

$$(\bar{K}_\lambda, S_\lambda, L_\lambda) \cdot 10^3 [\text{m}']$$

4. Závislost optických charakteristik bramborového škrobu na délce vlny — Dependence of the optical characteristics of potato starch on wave length



vislosti na změně převažující formy vazby vody s materiálem mohou užít optické vlastnosti, charakteristické pro materiály některé z těchto skupin. Podle známých fyzikálně chemických zvláštností materiálu můžeme předpovědět optické vlastnosti každého samostatně posuzovaného materiálu. Klasifikace umožňuje vědecky podložený výběr optimálních podmínek, typu a teploty generátorů infračerveného záření při tepelném opracování potravin. Výběr generátoru závisí nejenom na spektrálních optických charakteristikách materiálů, ale také na síle, formě a technologických operacích opracování materiálu. Konečný výběr generátoru může být uskutečněn pouze po odpovídajícím výpočtu spojeném s cíli tepelného zpracování, za pomoci metodiky předložené autory. Znajíce pole záření uvnitř materiálu, můžeme určit rozložení pohlcované energie záření $W_{\lambda(x)}$. To umožní vybrat nejracionálnější infračervený zářič. Při výběru generátorů je nutné porovnat jejich efektivnost. Proto se porovnávají AE_M , potřeby energie na získání jednotky hustoty efektivního toku záření. Takovýmto všestranným způsobem vybraný infračervený zářič je optimální.

Hodnoty spektrálních optických a termoradiačních charakteristik (obr. 3 a 4) se úspěšně používají také při spektrofotometrických meto-

dách stanovení vlhkosti, barvy a dalších jakostních ukazatelů potravin. Využívající hodnoty spektrálního $R_{\lambda\infty}$ různých potravin blízkých barvou k bílým materiálům, můžeme jakost ocenit jejich bílým nebo žlutým odstínem. Kalorimetrické spektrální měření bělosti různých druhů škrobu je porovnáváno v tab. I. V následující tab. II jsou uvedeny hodnoty bělosti a žlutého odstínu, vypočítané pomocí hodnot $R_{\lambda\infty}$ pro různé potraviny.

Závislost spekter odražení materiálů na vlhkosti (obr. 3) je také jedním z důležitých předpokladů praktického použití infračervených spekter pro určení vlhkosti potravin. S růstem vlhkosti se veličiny S_{λ} a $R_{\lambda\infty}$ zmenšují a $\bar{K}_{\lambda}$ se zvětšuje. Pro jedny materiály je závislost mezi vlhkostí a optickými charakteristikami v určitém rozmezí lineární, pro jiné je složitější.

Byl tedy vypracován graf závislosti $\lg \frac{1}{R_{\lambda\infty}}$ na vlhkosti produktu v mezích pohlcení vždy pro délku vlny 1, 45, 193 μm apod. Tato závislost slouží

I. Srovnání kalorimetrického a spektrálního měření bělosti různých druhů škrobu — Comparison of the calorimetric and spectral measurement of the whiteness of different kinds of starch

Škrob	Hodnoty bělosti určené různými metodami	
	kalorimetricky barevnost	spektrálně podle $R_{\lambda\infty}$
Bramborový	68,5	67,5
Kukuřičný	69,8	67,7
Rýžový	60,2	62,7

II. Hodnoty bělosti a žlutého odstínu, vypočítané pomocí hodnot $R_{\lambda\infty}$ pro různé potraviny — The values of whiteness and yellow shade calculated by means of the $R_{\lambda\infty}$ values for different foodstuffs

Produkt	Barva podle vizuálního ocenění	Bělost podle $R_{\lambda\infty}$	Žlutý odstín %
Cukr moučka	jasně bílý	88	4
Bramborový škrob „Extra“	bílý s krystalickým leskem	73	6
Pšeničná mouka	bílý se šedým a žlutým odstínem	44	18
Ovocná pasta	bílý se šedým a žlutým odstínem	48	18
Pšeničné těsto	světle žlutý se šedým odstínem	12	39
Brambory	světle žlutý se šedým odstínem	7	33

jako základ při rozpracování a přípravě přístrojů pro určení vlhkosti potravin podle jejich spektrální odrazivosti. Pro objektivní určení některých dalších jakostních ukazatelů potravinářských produktů byla rozpracována řada metod pomocí spektrálních hodnot T_λ a R_λ .

ZÁVĚR

Při pečení infračervenými vlnami je rychlost tvoření páry větší, než rychlost relaxace páry povrchovou vrstvou. Pak se v zóně odpařování tvoří nerelaxující gradient zbytkového tlaku, což vyvoluje dodatekový tok vlhkosti ve formě kapaliny a páry uvnitř tělesa. Nejvyšší hodnoty měrné teplotové a tepelné vodivosti při infračerveném pečení dokazují, že použití tohoto způsobu přívodu energie je efektivní. Tento vývod byl potvrzen výsledky experimentálního výzkumu.

Předložené metody stanovení optických vlastností potravin, založené na spektrálně optických a termoradiačních charakteristikách, se vztahují na objektivní metody. Mohou být použity přímo v technologických postupech výroby pro kontrolu jakosti produktu. Použití těchto metod dovoluje automatizovat proces kontroly jakosti produktů a dává možnosti automatizovat regulaci procesů technologického postupu s cílem zlepšení jakosti konečných výrobků.

Základní symboly

J_i, J_{ui}	tepelný obsah toku hmoty
a'_i	koeficient difuze i -té fáze
δ_i	koeficient termodifuze hmoty (vlhkosti a produktů chemických reakcí)
ρ_0	hustota materiálu (vztažená na sušinu)
C_s, C_i	tepelná kapacita sušiny a vázané hmoty
ω	podíl vlhkosti
λ	koeficient tepelné vodivosti
a	koeficient teplotové vodivosti
$\bar{K}_\lambda, S_\lambda, L_\lambda$	koeficient pohlcení, rozptylu a efektivního zeslabení jednotkové vrstvy
R_λ, T_λ	odrazivost a propustnost vrstvy konečné síly
$R_{\lambda\infty}$	odrazivost opticky nekonečně silné vrstvy
$W_{\lambda(x)}$	pohlcená energie
u_i	obsah vázané hmoty (vody a produktů chemických reakcí)

Literatura

- GINZBURG, A. S.: Infra technika v potravinářském průmyslu. Piščevaja promyšlennost, Moskva 1966.
- ILJASOV, S. G. — KRASNIKOV, V. V.: Metody určení optických a tepelně radiačních charakteristik potravin. Piščevaja promyšlennost, Moskva 1972.
- KRASNIKOV, V. V.: Metoda komplexního určení tepelně fyzikálních charakteristik materiálů. Piščevaja technologija, 2, 1976.
- PANIN, A. S. — SKVERČAK, V. D.: Rychlá metoda určení koeficientu tepelné vodivosti materiálů. Piščevaja technologija, 1, 1974.

Došlo dne 9. 8. 1976

ИЛЬЯСОВ, С. Г. — КРАСНИКОВ, В. В. — КРАСОВСКАЯ, Г. И. — ПАНИН, А. С. — СКВЕРЧАК, В. Д. (Технологический институт пищевой промышленности, Москва): Комплексное исследование теплофизических и оптических свойств пищевых продуктов. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 75-84.

Новый вариант метода экспериментального исследования теплофизических свойств позволяет производить определения по замеру температуры в одной точке и может применяться в динамических условиях. Был разработан комплексный метод, основанный на решении дифференциального уравнения, описывающего процесс нагрева (охлаждения) сферического идеального проводника в неограниченной среде, с учетом его собственной теплоемкости. Кроме того, можно определить удельную теплоемкость и влияние фазовых переходов на теплоемкость пищевых продуктов. Приводятся специфические изменения при печении хлеба обычным способом и ИК-прогревом. Экспериментально испытывалась эффективность печения в ИК-печах. Что касается оптических свойств, то были разработаны методы одновременного и комплексного спектральных и интегральных, отражающих и, пропускательных способностей материалов. Измерительным элементом были зеркальные полусферы и эллипсоиды и специальные интегрирующие сферы для инфракрасной области спектра. Установлены принципы выбора источника ИК-излучения и возможности использования этих методов измерения для автоматизации контроля качества пищевых продуктов и для автоматизации управления технологическими процессами. Целью является улучшение качества продуктов.

комплексные методы измерения; теплофизические и оптические свойства; пищевые продукты; генераторы инфракрасного излучения — выбор

ILYASOV, S. G. — KRASNIKOV, V. V. — KRASOVSKAYA, G. I. — PANIN, A. S. — SKVERČAK, V. D. (Technological Institute of Food Industry, Moskva): *Comprehensive Research in the Thermo-physical and Optical Properties of Foodstuffs*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 75-84.

The new variant of the method of the experimental study of thermo-physical properties of foodstuffs enables determinations based on measurement in a single point and can be used under dynamic conditions. A complex method was developed, based on the solution of a differential equation describing the heating (cooling) of a spherical perfect conductor in an infinite medium while respecting the effect of its own thermal capacity. It is also possible to determine specific heat and the effect of phase changes on the specific heat of foodstuffs. The specific changes occurring in the course of bread baking by convection heating and infra-heating are mentioned. The effectiveness of baking in infra-ovens was tested experimentally. As to the optical properties, methods were devised for the simultaneous and complex measurement of spectral and integral, and reflecting and absorbing properties of materials. The measuring element consisted of a hemispherical mirror, an ellipsoid and a special integrating ball for the infrared region of the spectrum. Furthermore, the authors determined the principles of the choice of infra-radiation source and the possibilities of using these methods of measurement for the automation of foodstuff quality testing and for the automation of the control of technological processes. The purpose of all these efforts is the achievement of a better quality of products.

complex methods of measurement; thermo-physical and optical properties; foodstuffs; infra-red radiation generators; selection

ILYASOV, S. G. — KRASNIKOV, V. V. — KRASOVSKAYA, G. I. — PANIN, A. S. — SKVERČAK, V. D. (Technologisches Institut der Nahrungsmittelindustrie, Moskva): *Komplexforschung über wärmephysikalische und optische Eigenschaften der Lebensmittel*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 75-84.

Die neue Variante der Methode der Experimentalforschung über wärmephysikalische Eigenschaften gestattet eine von der Messung in einem einzigen Punkt ausgehende Ermittlung und kann unter dynamischen Bedingungen angewandt werden. Es wurde eine Komplexmethode erarbeitet, welche auf der Lösung einer Differentialgleichung gegründet ist, die die Erwärmung (Kühlung) eines sphärischen vollkommenen Leiters im unendlichen Milieu unter Berücksichtigung des Einflusses seiner eigenen Wärmekapazität beschreibt. Man kann ebenfalls die spezifische Wärme und die Auswirkung von Phasenänderungen auf die spezifische Lebensmittelwärme bestimmen. Es werden spezifische Änderungen bei dem Brotbacken mittels der Konvektions- und Infra-

roterwärmung angegeben. Auf dem Versuchswege wurde die Effektivität des Backvorganges in Infrarotöfen erprobt. In bezug auf optische Eigenschaften wurden Methoden einer gleichzeitigen und Komplexmessung der Spektral- und Integraleigenschaften, Rückstrahl- und Absorptionseigenschaften von Werkstoffen ausgearbeitet. Als Meßelement diente eine Spiegelhalbkugel und Elipsoid und eine spezielle Integrationskugel für den Infrarotspektralbereich. Es werden Grundsätze für die Wahl der Infrarotstrahlungsquelle und Anwendungsmöglichkeiten dieser Meßmethoden für die Automatisierung der Kontrolle von Lebensmittelqualität und für die Automatisierung der Einordnung von technologischen Vorgängen festgelegt. Angestrebt wird eine bessere Erzeugnisgüte.

komplexe Meßmethoden; wärmephysikalische und optische Eigenschaften; Lebensmittel; Generatoren der Infrarotstrahlung – Auswahl

Adresa autorů:

S. G. Iljasov, prof. V. V. Krasnikov, DrSc., G. I. Krasovskaja, A. S. Panin, V. D. Skverčak, Technologický institut potravinářského průmyslu, Volokolamské šose 11, Moskva A - 80, SSSR

Adresa překladatele:

Ing. Miroslav Kopřiva, CSc., Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Třebostická 12, 100 00 Praha 10 - Strašnice

KONTINUÁLNÍ DIELEKTRICKÉ MĚŘENÍ VLHKOSTI

E. Gildemeister, H. J. Raeuber

GILDEMEISTER, E. — RAEUBER, H. J. (Technická univerzita, Drážďany): *Kontinuální dielektrické měření vlhkosti*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 85-90.

Práce se zabývá metodou stanovení obsahu vlhkosti v potravinách měřením jejich dielektrických vlastností. Vysvětluje polarizační mechanismus měřených látek a rozebírá faktory ovlivňující přesnost měření, a to zejména vlivy měřicí frekvence, snímání, plnění a schopnosti polarizace, homogenity, teploty a obsahu elektrolytu. Uvádí výsledky měření některých potravinářských látek v podobě závislosti mezi vodivostí, kapacitou a obsahem vlhkosti. Závěrem rozebírá zkušenosti s kontinuálním dielektrickým měřením vlhkosti ve výrobní praxi.

vlhkost potravin; polarizační konstanta; relaxační čas; nehomogenní dielektrikum

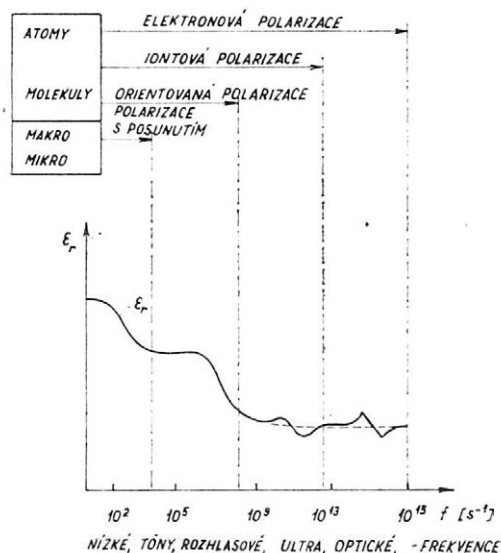
V potravinářském průmyslu se — podobně jako v jiných průmyslových odvětvích — objevuje snaha přecházet ke kontinuálně pracujícím výrobním zařízením, která umožňují dosáhnout vysokou kvalitu výrobku. K řízení kontinuálních výrobních pochodů je nezbytné přesně sledovat vlastnosti vstupujících a procházejících látek i konečného produktu. V potravinářství je jedním z parametrů, který nejvíce ovlivňuje průběh zpracování, obsah vlhkosti. V současné době dostupná zařízení na měření obsahu vlhkosti však většinou nesplňují nároky, které jsou dnes všeobecně na měřicí zařízení ve výrobě kladeny, nebo je splňují se značnými ekonomickými nároky. Proto bylo navrženo níže popisované zařízení, založené na stanovení dielektrické konstanty, z které lze dále snadno určit obsah vlhkosti potravin. Princip měření musí splňovat následující požadavek.

$$\Psi = 1 \text{ až } 75 \%$$

přičemž Ψ představuje poměr hmot obsažené vody k suché látce vyjádřený v procentech. Dále musí mít tyto vlastnosti: zanedbatelnou setrvačnost, vysokou přesnost měření, použitelnost v mnoha oborech potravinářského průmyslu, jednoduchou obsluhu, nízkou pořizovací cenu, malou potřebu místa (prostoru), výstupní veličiny mají být současně vstupními veličinami pro regulační obvod.

TEORETICKÉ ZÁKLADY

Základní pozornost je nutné věnovat souvislostem mezi hodnotou polarizační konstanty, frekvencí a typem polarizace. Z obr. 1 je patrné, že



1. Závislost dielektrické konstanty na frekvenci — The dependence of the dielectric constant on frequency

velikost dielektrické konstanty klesá s rostoucí hodnotou frekvence. Tento jev souvisí s rozdílným relaxačním časem molekuly v elektrickém střídavém poli. Polarizační mechanismus je možné si představit pro různé typy polarizací takto :

ELEKTRONOVÁ POLARIZACE

Záporný elektronový mrak se může proti kladně nabitému jádru posouvat. Tento polarizační pochod může sledovat elektrické polarizační pole až asi do 10¹⁵ s⁻¹.

IONTOVÁ POLARIZACE

Náboje pevně zakotvené v mříži, ale prostorově od sebe oddělené se mohou u látek s iontovými vazbami při posunutí vnějšího pole otočit do směru siločar. Mohou sledovat elektrické střídavé pole až asi do 10¹⁵ s⁻¹.

ORIENTOVANÁ POLARIZACE

Vyskytuje se u látek, jejichž atomy, molekuly, nebo molekulové svazky jsou uspořádány nesymetricky, takže kladné a záporné náboje se vzájemně neruší a po vyskytnutí vnějšího pole vzniká dipólový moment. Vzhledem ke značným silám, které se vyskytují mezi dipóly, mohou sledovat elektrické pole jen asi do 10⁸ s⁻¹. Molekula vody má stálý polarizační moment, který může být v tomto frekvenčním rozsahu dobře stanoven.

POLARIZACE S POSUNUTÍM

Pokud obsahují látky volné náboje, mohou se tyto při výskytu vnějšího pole posunout ve směru siločar. Pohyb náboje se může dít až na plo-

chy rozhraní jednotlivých látek. Tento druh polarizace, vzhledem k tomu, že náboje mohou nabývat makroskopických rozměrů, může sledovat střídavé pole jen asi do 10^4 s^{-1} . Rovněž může být podstatně ovlivněn obsahem elektrolytu. Na základě vyhraněného polarizačního charakteru vody je možné určit obsah vlhkosti v látce měřením kapacity, nebo stanovením dielektrické konstanty.

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ DIELEKTRICKOU KONSTANTU PŘI MĚŘENÍ VLNKOSTI

Kapacita kondenzátoru při konstantních podmínkách je úměrná dielektrické konstantě, která je úměrná počtu polarizace schopných dipólů. Tím se může určení počtu polarizace schopných molekul převést na měření kapacity, jestliže se dodrží konstantní všechny ostatní vlivy:

MĚŘÍCÍ FREKVENCE

Obr. 2 ukazuje, že orientovaná polarizace, jejíž pomocí se může určit podíl vody ve směsi, dosahuje hodnot mezi 10^5 a 10^7 s^{-1} . Přitom může být polarizace s posunutím bez dalších ohledů vyloučena, neboť podléhá velkým výkyvům.

SNÍMAČ HODNOT

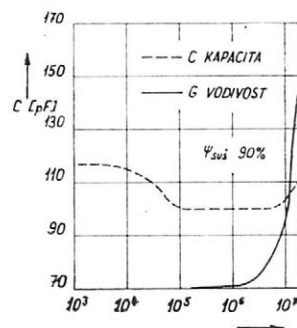
Aby se zamezil vliv vodivosti měřené látky, zařazuje se do obvodu sériový kondenzátor.

VLIV PLNĚNÍ A SCHOPNOSTI POLARIZACE

Dielektrická konstanta se určuje ze vzorce:

$$\epsilon = \frac{3 \epsilon_0 + 2 n \alpha}{3 \epsilon_0 - n \alpha}$$

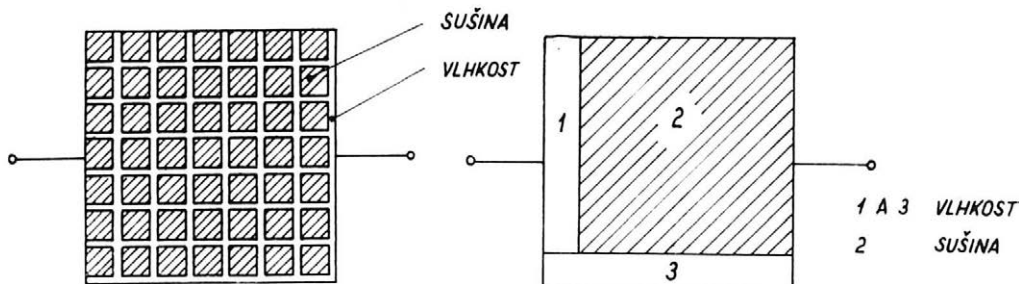
V rovnici znamená n počet molekul s jedním dipólem. Z toho jednoznačně vyplývá, že snímač hodnot musí obsahovat stále konstatní náplň měřeného materiálu. Rozdílný faktor plnění by zde mohl způsobit, tak jako u většiny jiných měření vlhkosti, velké chyby měření. Dále obsahuje rovnice polarizační vodivost, která je závislá na vazbě vlhkosti. Ve vztahu je označena symbolem α .



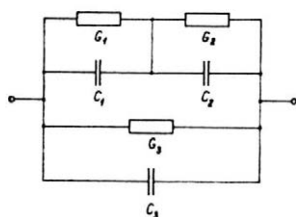
2. Závislost kapacity na frekvenci — The dependence of capacity on frequency

VLIV HOMOGENITY

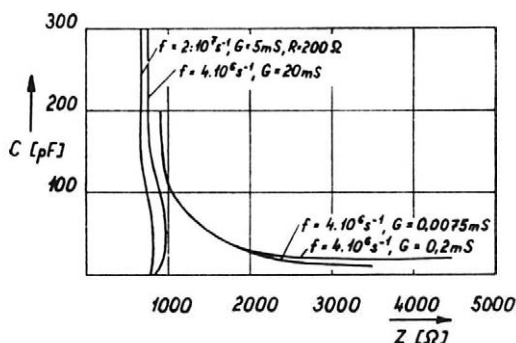
Vyšetřované látky představují nehomogenní dielektrikum, skládající se v podstatě ze suché složky, vlhkosti a vzduchu. Podle Bauma je možné vytvořit model soustavy znázorněný na obr. 3. Z něj vyplývá náhradní schéma zapojení podle obr. 4. Měřením je potom možné stanovit kapacitu materiálu. Příslušná závislost je zřejmá z obr. 5. Křivky znázorňují vliv vodivosti a ukazují tím na meze využití uvedeného měřicího způsobu.



3. Model soustavy podle Bauma — Model of the system after Baum



4. Náhradní schéma nehomogenního dielektrika — Reserve diagram of non-homogeneous dielectric



5. Závislost kapacity materiálu na impedanci soustavy — The dependence of material capacity on the impedance of the system

TEPLOTA

V závislosti na teplotě se mění relaxační čas polarizační vodivosti molekuly. Zkušenosti ukazují, že teplotní kompenzace je nezbytná.

VLIV OBSAHU ELEKTROLYTU

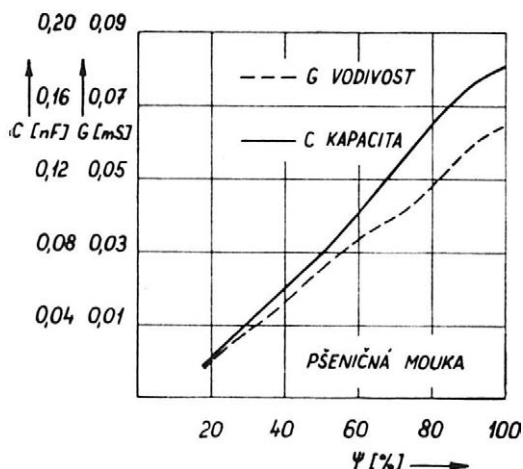
Z měření vyplývá, že kapacita je závislá také na obsahu elektrolytu. Její vzrůst s rostoucím obsahem NaCl je závislý na podílu volných iontů obsažených v kuchyňské soli.

MĚŘENÍ KAPACITY A VODIVOSTI U POTRAVIN

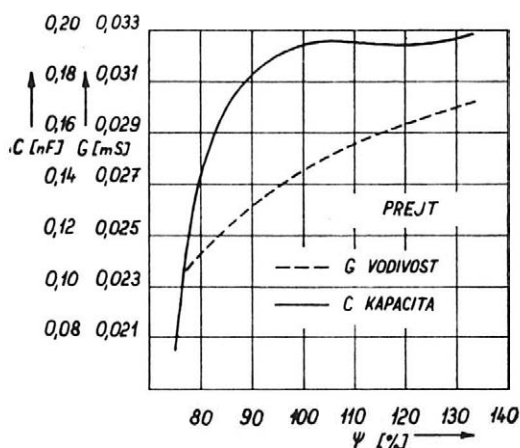
Měření ukazují, že jednoznačná závislost mezi kapacitou a obsahem vlhkosti platí pro širokou paletu potravin, přičemž vlastní vodivost je tak nízká, že nemá vliv na výsledky měření. Závislost kapacity a vodivosti na obsahu vlhkosti pro různé druhy potravin znázorňují obr. 6 až 9. Podobně probíhají křivky pro chleba, krupici, kroupy, tavené sýry, med, marmeládu a mleté maso.

ZÁVĚR

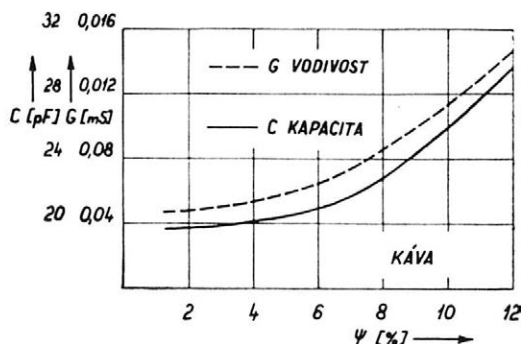
Výsledky experimentální práce dokazují, že pomocí kapacitního měření může být stanoven obsah vlhkosti v potravině. Kontinuální měření kapacity jako funkce obsahu vlhkosti je možné jednoduchými měřicími



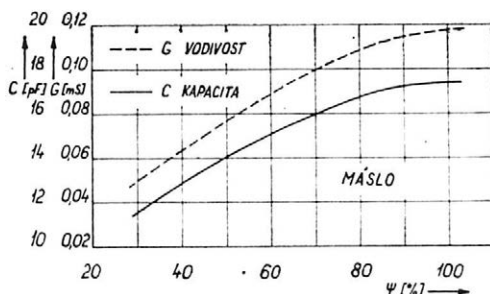
6. Průběh kapacity a vodivosti v závislosti na obsahu vlhkosti pšeničné mouky — The course of capacity and conductivity in dependence on the moisture content of wheat flour



8. Průběh kapacity a vodivosti v závislosti na obsahu vlhkosti prejtu — The course of capacity and conductivity in dependence on the moisture content of sausage meat



7. Průběh kapacity a vodivosti v závislosti na obsahu vlhkosti kávy — The course of capacity and conductivity in dependence on the moisture content of coffee



9. Průběh kapacity a vodivosti v závislosti na obsahu vlhkosti másla — The course of capacity and conductivity in dependence on the moisture content of butter

můstky, jestliže se pracuje podle výchylkové metody. To znamená, že se rozložení můstku snímá napětovým měřičem.

Popsané měřicí zařízení bylo prakticky použito pro měření rozličných potravin s různou velikostí obsahu vlhkosti. Při měření bylo dbáno zvláště na to, aby použitý kondenzátor odpovídal měřené látce, protože nevhodnou volbou tohoto kondenzátoru mohou vzniknout podstatné chyby měření. Průběh napětí v závislosti na obsahu vlhkosti byl snímán v průběhu kontinuálního zkušebního provozu pro kakaovou hmotu a máslo. Dále byla úspěšně měřena fondánová hmota, mleté maso, pšenice, káva, vojtěška a jiné látky.

Došlo dne 7. 7. 1976

ГИЛДЕМЕЙСТЕР, Е. — РАЕУБЕР, Г. Я. (Технический университет, Дрезден): Непрерывное диэлектрическое измерение влажности. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 85-90.

Работа посвящена методу определения содержания влажности в пищевых продуктах путем измерения их диэлектрических свойств. Объясняется поляризационный механизм измеряемых веществ и анализируются факторы, влияющие на точность измерений, а именно влияние измерительной частоты, снятие, выполнение и способности поляризации, гомогенности, температуры и содержания электролитов. Приводятся данные измерений некоторых пищевых веществ в виде зависимости между электропроводностью, мощностью и содержанием влажности. В заключение анализируется опыт с непрерывным диэлектрическим измерением влажности в производственной практике.

влажность пищевых продуктов; поляризационная константа; релаксационное время; неомогенный диэлектрик

GILDEMEISTER, E. — RAEUBER, H. J. (Technological University, Dresden): *Continuous Dielectric Moisture Measuring*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 85-90.

The study describes a method of moisture content determination in foodstuffs by measuring their dielectric properties. It explains the polarization mechanism of the measured substances and analyses the factors influencing the transfer of measuring, in particular the effects of measuring frequency, scanning, filling and polarizing capacity, homogeneity, temperature and electrolyte content. The results of measuring several food products are presented in terms of their conductivity, capacity and moisture content interrelations. Finally, experience with continuous dielectric moisture measuring in the production practice is analysed.

foodstuff moisture content; polarizing constant; relaxation time; non-homogeneous dielectric

GILDEMEISTER, E. — RAEUBER, H. J. (Technische Universität, Dresden): *Kontinuierliche dielektrische Feuchtigkeitsmessung*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 85-90.

Der Aufsatz befaßt sich mit einer dielektrischen Meßmethode zur Bestimmung der Lebensmittelfeuchtigkeit. Man beschreibt verschiedene Polarisationsarten und erklärt wesentliche, die Meßgenauigkeit beeinflussende Faktoren, wie z. B. die Meßfrequenz, der Wertaufnehmer, der Füllungsfaktor und die Polarisationsfähigkeit, der Einfluß der Homogenität, Temperatur und der Einfluß des Elektrolytgehaltes. Weiter werden praktische Ergebnisse, als Kapazitäts- und Leitwertkurven in der Verbindung mit dem Feuchtigkeitsgehalt erwähnt. Die Ausführungen zeigen die Möglichkeiten und Erfahrungen mit den kontinuierlichen dielektrischen Feuchtigkeitsmessungen in der Industriepraxis.

Lebensmittelfeuchtigkeit; Dielektrizitätsmessung; Polarisationskonstante; Relaxationszeit

Adresa autorů:

Ing. E. Gildemeister, prof. DrSc. H. Raеuber, Technische Universität, Dresden, NDR

Adresa překladatele:

Ing. Josef Skalička, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Třebohostická 12, 100 00 Praha 10 - Strašnice

REOLOGICKÝ MODEL PRO PEVNÉ POTRAVINY

J. T. Clayton, M. Peleg

CLAYTON, J. T. — PELEG, M. (Massachusettská univerzita, Amherst): *Reologický model pro pevné potraviny*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 91-100.

Pro studium reologických vlastností pevných potravin se převážně používají lineární reologické modely (např. Maxwellův). Ty však nemohou být aplikovány pro všechny druhy ovoce a zeleniny, neboť pracují v omezeném rozsahu deformací. Proto byl na katedře potravinářského a zemědělského inženýrství Univerzity v Massachusetts (USA) vyvinut nový reologický model. Skládá se z obecného Maxwellova tělesa, kde každý jeho prvek je modifikován dvěma nezávislými deformačními elementy. Uvedený model má pro každý testovaný materiál vlastní charakteristickou odezvu. V experimentální části jsou popsány pokusy na laboratorním přístroji Instron Universal, typ TM. Byly studovány průběhy relaxačních křivek vzorků připravených z jablek, hrušek a brambor. Po srovnání modelových a experimentálně stanovených křivek byla potvrzena dobrá aplikovatelnost nového typu reologického modelu.

reologické vlastnosti; relaxace napětí; deformace; elastická a neelastická fáze; viskoelastické chování; reziduální síla; Maxwellovo těleso a prvek; deformační element; mez kluzu; kvalitativní chování; textura potravin; silové fluktuace; kvantitativní hodnocení; kvalitativní aproximace; kvalitativně nekonsistentní

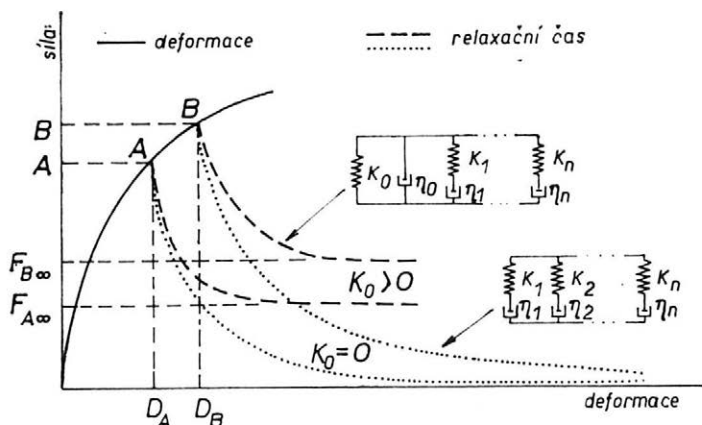
Na Massachusettské univerzitě, katedře potravinářského a zemědělského inženýrství, se intenzívně zabývají studiem tepelných, dielektrických, optických, difúzních a reologických vlastností potravin a jejich matematickým popisem. Tato práce je věnována reologii a vývoji vhodného modelu.

Pro popis relaxace napětí v pevných potravinách jsou převážně používány lineární reologické modely (obecný Maxwellův model nebo jednodušší uspořádání s menším počtem prvků) — (Morrow, Mohsenin, 1966; Mohsenin, 1960; Chen, Friedley, 1972). Definice těchto modelů vychází z předpokladu, že relaxační křivka je současně funkcí deformační historie systému i absolutního a relativního počtu elementárních prvků systému (obr. 1). Při nekonečně dlouhém relaxačním čase ($t \rightarrow \infty$) může však Maxwellův model nabýt jedné ze dvou hodnot reziduální síly:

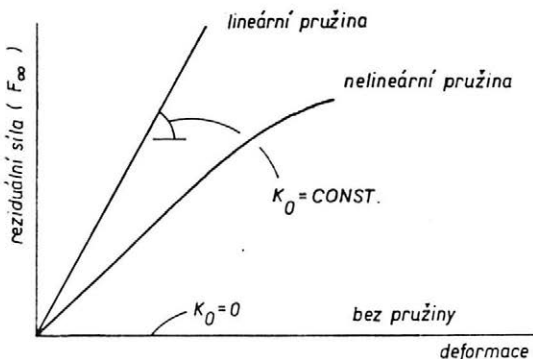
a) nulová síla v případě nepřítomnosti elastických prvků, paralelně uspořádaných s Maxwellovými prvky,

b) konstantní síla v případě přítomnosti elastických prvků, paralelně uspořádaných s Maxwellovými prvky.

Konstantní reziduální síla (F_∞) je určena násobkem konstanty pružiny (K_0 v obr. 1), násobenou původní danou deformací. Tato konstantní reziduální síla je funkcí pouze deformace, je nezávislá na rychlosti, kterou bylo deformace dosaženo. Při použití nelineární pružiny bude nelineární funkcí, ale bude stále nezávislá na rychlostní historii. Nezávisle na tom, zda model obsahuje paralelní pružinu, je průběh relaxační křivky vždy určen počáteční silou a danou deformací (obr. 2).



1. Obecný průběh běžných reologických modelů — General course of current rheological models



2. Reziduální síla běžných reologických modelů — Residual force of current rheological models

Pro praktické případy však nemohou být vždy použity relaxační křivky získané použitím tohoto typu modelu pro některé druhy ovoce a zeleniny. Jak uvádí Mohsenin (1970), tyto modely slouží pouze pro aproximaci v omezeném rozsahu deformací. Nemožnost použití v širším rozsahu je dána charakterem deformace biologických materiálů; pro tyto podmínky je obtížná aplikace modelů s fixním počtem prvků (Peleg, 1976). Průběh deformace je možné rozdělit do tří etap, které se od sebe mechanicky odlišují:

a) základní elastická fáze, při které nedochází ke stálým fyzikálním změnám a při které je deformace nezávislá na rychlosti;

b) neelastická fáze, při které probíhají nevratné fyzikální změny (porucha tkání a buněk) — viskoelastické chování;

c) deformační a podeformační fáze; z reologického hlediska je materiál stále viskoelastický.

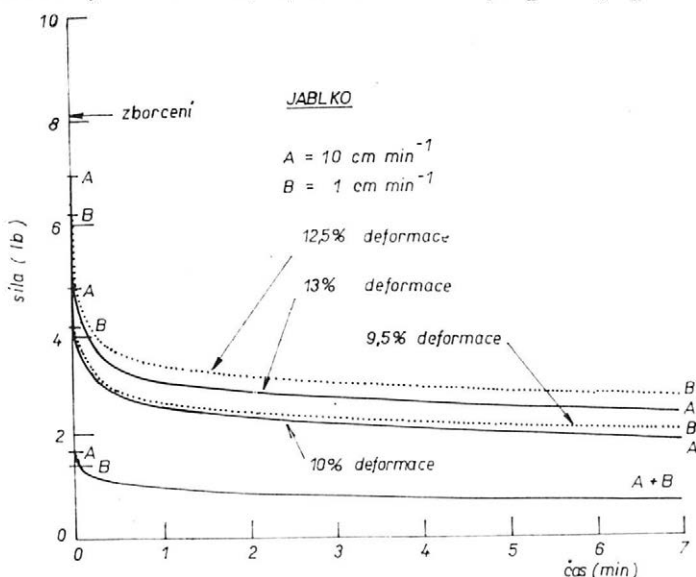
V praktických podmínkách je velmi obtížné určit přesné hranice mezi jednotlivými fázemi. Je to způsobeno nehomogenitou struktury a biologickými změnami. Dále je nutné uvážit, že správná interpretace vzájemného vztahu síla – deformace – čas je třírozměrový efekt skutečného napětí. To může způsobit další jevy, např. progresivní změny v příčném řezu během axiálních deformací.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Byly studovány průběhy relaxačních křivek různých druhů ovoce (jablek, hrušek, brambor). Z každého plodu bylo nakrájeno pět až deset plátků o síle 10 mm. Z nich byly korkovým razníkem připravovány vzorky o průměru 12,6 mm. Vzorky byly deformovány na laboratorním přístroji Instron Universal, typ TM Model. Velikost deformace byla volena tak, aby se vzorek nezbortil. Byla použita dvojí rychlost deformace (1 cm min^{-1} a 10 cm min^{-1}). Pokusy probíhaly tak, že při dosažení požadované hodnoty deformace byl posuv tlačné čelisti zastaven a byla zaznamenána relaxační křivka. Jak již bylo uvedeno, hlavní překážkou pro hodnocení a interpretaci mechanických jevů je nehomogenita textury, která je způsobována vlákny apod. Aby bylo v maximální míře zabráněno těmto jevům, byly vybírány pokud možno homogenní vzorky.

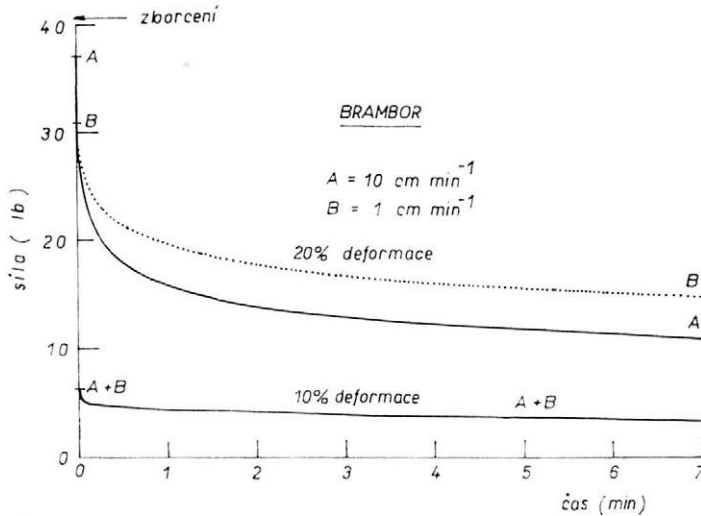
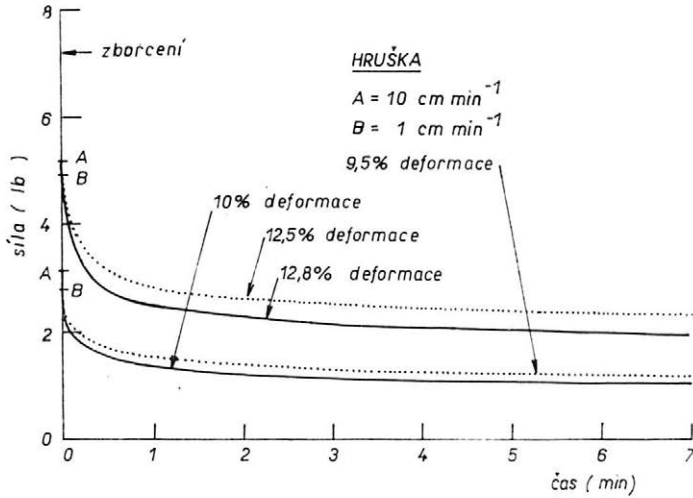
Typické průběhy relaxačních křivek ze vzorků z jablek, hrušek a bramborů jsou zpracovány na obr. 3, 4, 5. V obr. 6 je patrný průběh

3. Relaxace napětí jablokové dužiny — Relaxation of apple pulp stress



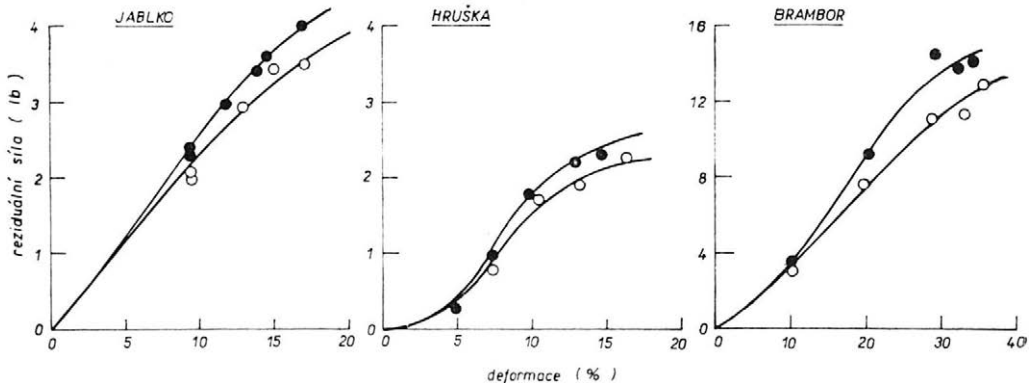
závislosti velikosti reziduální síly pro různé rychlosti deformace (1 cm min^{-1} a 10 cm min^{-1}). Charakter těchto křivek však vylučuje použití Maxwellova nebo jiného druhu modelu (obr. 1 a 2). Třebaže změny nejsou velké, materiál vykazuje podstatně jiný druh chování. Pro tyto jednotlivé případy by bylo možné individuálně najít relaxační rovnici (M o h s e -

4. Relaxace napětí hruškové dužiny — Relaxation of pear pulp stress



5. Relaxace napětí brambory — Relaxation of stress in potatoes

Deformační rychlost ● 1 cm min^{-1}
 ○ 10 cm min^{-1}

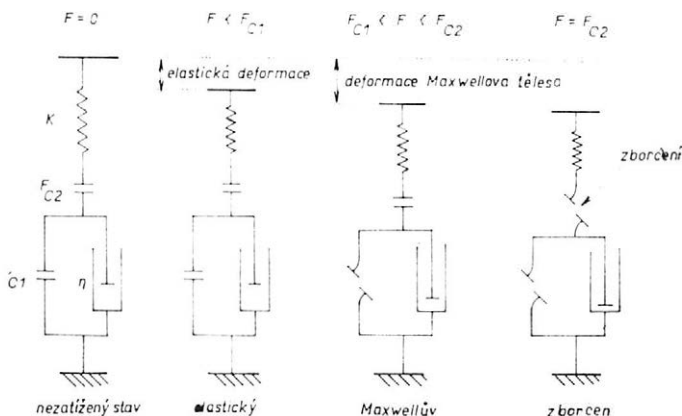


6. Reziduální síly po deformaci při dvou rozdílných rychlostech (vzorky z jablka, hrušky a brambor) — Residual forces after deformation with two different velocities (samples from apple, pear, and potatoes)

nin, 1970; Chen, Friedley, 1972); její parametry se však budou značně měnit podle průběhu deformace a deformační historie zkoušeného vzorku.

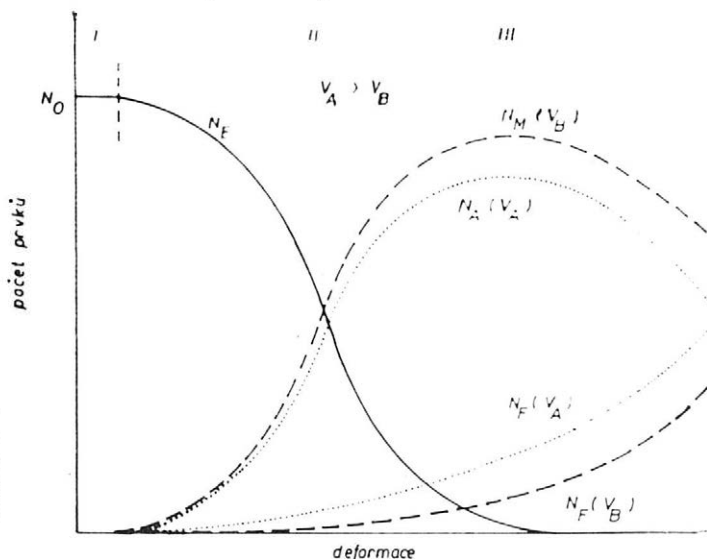
Na základě těchto úvah byl Pelegem (1976) vyvinut nový typ obecného modelu (obr. 7). Model se skládá z obecného Maxwellova tělesa, ve kterém je každý Maxwellův prvek modifikován dvěma nezávislými deformačními elementy. Průběh deformace je možné rozdělit podle její velikosti do tří fází:

- elastická deformace (nezávislá na rychlosti),
- chování Maxwellova prvku (závislá na rychlosti),
- úplná deformace a zborcení s vyražením ze soustavy.



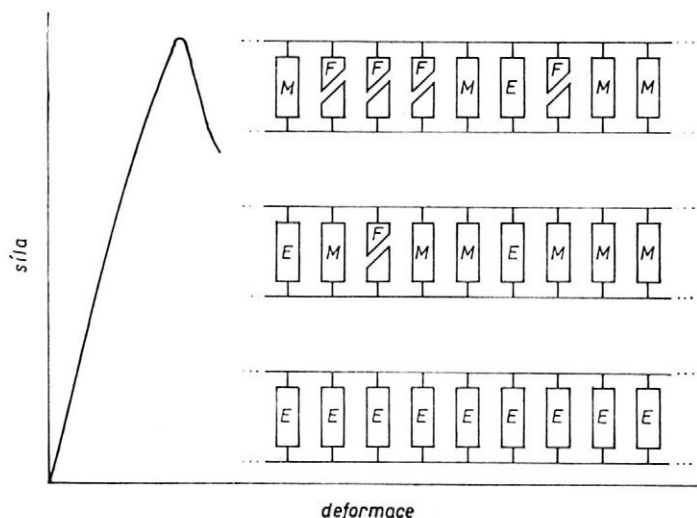
7. Obecný model se dvěma deformačními prvky — General model with two deforming elements

Uváděný model má pro každý materiál charakteristickou odezvu; ta je definována jako okamžitý součet všech působících sil. Deformační historie není charakterizována pouze deformační silou, ale také všemi vnitřními změnami relativního a absolutního počtu všech prvků v každém aktivním stupni. Schematické znázornění takového případu je na obr. 8 a 9. Je však nutné připomenout, že tyto obrázky představují pouze progresivní změnu počtu prvků, neukazují však počet ani distribuci charakte-



8. Schematické znázornění rozdělení aktivních prvků — Graphic representation of the distribution of active elements

ristiky prvků. Počet a distribuce charakteristiky prvků je rozhodující faktor pro velikost a rozsah závislosti síla – deformace – čas v systému. Je zřejmé, že „slabé“ prvky se modifikují nejdříve a potom jsou eliminovány ze systému. Z obr. 8 je dále patrné, že v oblasti malých deformací je materiál elastický (1. fáze). Tímto případem se zabýval M o h s e n i n (1970).



9. Schematické znázornění rozdělení aktivních prvků — Graphic representation of the distribution of active elements

Při zvětšující se deformaci klesá počet elastických prvků, současně se zvyšuje počet Maxwellových prvků (2. fáze), převládá Maxwellovo chování. Malý počet zborcených prvků odcházejících ze systému má nepatrný vliv na celkovou sílu; vyšší deformace zbylých elastických a Maxwellových prvků vyrovná tyto ztráty.

Při dalším zvětšování hodnoty deformace (3. fáze) bude dále klesat počet elastických prvků a stoupat počet Maxwellových prvků. Třebaže celková síla může dále stoupat s deformací, počet všech prvků bude mít tendenci deklinovat. Reziduální síla po relaxaci se může stabilizovat nebo dokonce klesat následkem deklinace celkového počtu elastických prvků, které jsou jediní „uchovávači“ reziduální síly v nekonečném čase.

Další zvyšování deformace (4. fáze) vede zpravidla k vyřazení prvků až do takového rozsahu, kdy se celý systém zborší. Toto stadium není uvedeno; je charakterizováno strmějším poklesem relaxační křivky.

Vliv velikosti deformace na průběh relaxačních křivek je zpracován v obr. 3, 4, 5 a 6. Výsledné údaje jsou schematicky znázorněny v obr. 9. Z tohoto obrázku je patrné, že deformační křivka může být charakterizována oblastí, v níž je nezávislá na velikosti deformace (to nemůže být použito u žádného Maxwellova modelu); následuje oblast, v níž zvýšení deformace znamená také zvýšení reziduální síly (M o h s e n i n, 1970; Chen, Friedley, 1972).

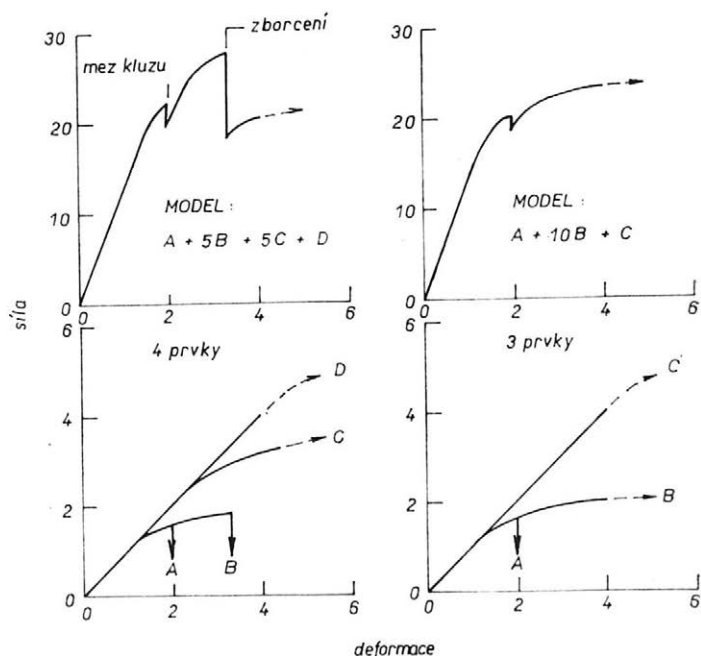
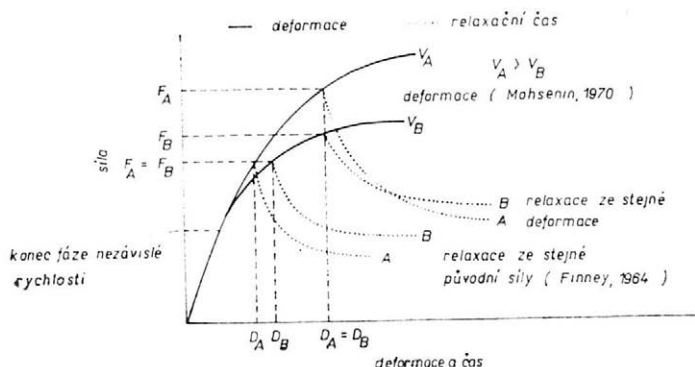
Ve vyšších fázích deformace je relaxace jistě ovlivňována její velikostí. Tento trend je vystižen dvěma experimentálními podmínkami: konstantní původní silou nebo předem určenou konstantní deformací (obr. 9). Úloha velikosti deformace v deformačním a relaxačním jevu

může být snadno popsána pomocí nekonvekčního modelu s měnícím se počtem prvků. V tomto modelu způsobí zvýšení rychlosti při dané hodnotě deformace zborcení většího množství Maxwellových prvků. Celkem se může dosáhnout vyšší síly při stejné deformaci následkem účinku Maxwellových prvků ve třetí fázi. Jestliže přestane působit deformace na vzorek, začne síla relaxovat; zvýšený počet zborcených prvků způsobí strmější pokles relaxační křivky při stejné hodnotě deformace. To je graficky znázorněno křížením dvou křivek, z nichž jedna byla stanovována při nižší síle, ale při vyšším počtu aktivních prvků.

Srovnání obecného modelu s chováním ostatních potravin

Křivka Instron, která demonstruje kombinovanou historii deformace spolu s mezí kluzu, relaxací a ziskem, je patrna na obr. 10. Podobnou křivku popsali B o u r n e aj. (1966). Jak je patrné z obr. 11, je obecný

10. Křivka Instron kombinované historie pro potraviny — The Instron combined history curve for foodstuffs



11. Kvalitativní popis potravin při použití obecného modelu — Qualitative description of foodstuffs with the use of a general model

model skládající se pouze ze čtyř prvků A, B, C a D kvalitativně obdobný s tímto typem. Tři druhy prvků (A, B a C) jsou dostačující pro popis kvalitativního chování vzorku při deformaci, kdy nedochází ke zlomu (vrcholu) na relaxační křivce následkem meze kluzu.

Odezvové křivky modelu, podobně jako skutečného vzorku, závisejí na vlastnostech prvků (jako na složení struktury) a jejich relativním počtu. Je pravděpodobné, že model může vystihnout změny textury potravin spolu s dalšími změnami následkem kvantitativního zpracování. Rozmanité druhy potravin mohou být popsány jedním modelem. Potravin, jako např. sýr, mohou být reprezentovány modelem s relativně vysokým počtem Maxwellových prvků. Křehké potraviny jsou naopak simulovány modelem s vysokým počtem prvků s pružinou. Mez kluzu a silové fluktuace jsou popisovány skupinou prvků, které mají stejnou deformační pevnost. To dovolu je elastické i viskoelastické chování modelu ve vyšších fázích (při vyšším zatížení) a dokonce po zborcení materiálu. Tvar silových – deformačních křivek a hodnotu deformace lze odhadnout z modelu (Olku, Rha, 1975; Fletcher aj., 1965).

Vliv velikosti vzorku studoval Bourne (1967, 1972), který poukázal na rozdílnost chování v elastické a neelastické fázi.

Třebaže konstrukce tohoto modelu může kvalitativně demonstrovat reologii potravin, je příliš obecná pro kvantitativní hodnocení. Model může být dále zjednodušen zavedením relativně nízkého počtu skupin prvků. Touto formou může poskytnout model kvalitativní aproximaci reologických vlastností, aniž by byl kvalitativně nekonzistentní.

Literatura

- BOURNE, M. C.: Deformation Testing of Foods. I. J. Food Sci., 32, 1967, s. 601.
- BOURNE, M. C.: Is Rheology enough for Food Texture Measurement? J. Tex. Stud., 6, 1972, s. 259.
- BOURNE, M. C. — MOYER, J. C. — HAND, D. B.: Measurement of Food Texture by a Universal Testing Machine. Food Techn., 20, 1966, s. 170.
- CHEN, P. — FRIEDLEY, R. B.: Analytical Method for Determining Viscoelastic Constants of Agricultural Materials. Trans. ASAE, 15, 1972, s. 1103.
- FINNEY, E. E.: Vibration Technique for Testing Fruit's Firmness. J. Tex. Stud., 3, 1972, s. 263.
- FLETCHER, S. W. — MOHSENIN, N. N. — HAMERLE, J. R.: Mechanical Behavior of Selected Fruits and Vegetables Under Fast Rates of Loading. Trans. ASAE, 8, 1965, s. 324.
- MOHSENIN, N. N.: Physical Properties of Plant and Animal Materials. Vol. I. Bordon and Breach Sci. Pub., N. Y. 1970.
- MORROW, C. T. — MOHSENIN, N. N.: Consideration of Selected Agricultural Products as Viscoelastic Materials. J. Food Sci., 31, 1966, s. 686.
- OLKU, J. — RHA, C. K.: Textural Parameters of Candy Licorice. J. Food Sci., 40, 1975, s. 1050.
- PELEG, M.: Consideration of General Rheological Model for the Mechanical Behavior of Viscoelastic Solid Food Materials. J. Tex. Stud., 1976, v tisku.

Došlo dne 9. 8. 1976

КЛАЙТОН, Й. Т. — ПЕЛЕГ, М. (Университет в Массачузетте, Амгерст): Реологическая модель для твердых пищевых продуктов. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 91-100.

Для изучения реологических свойств твердых пищевых продуктов в большинстве случаев применяются линейные реологические модели (например, Максвелла). Однако, они не могут применяться для всех видов фруктов и овощей, так как работают в ограниченном диапазоне деформаций. Поэтому, на кафедре пищевой промышленности и сельского хозяйства университета в Массачузетте (США) была сконструирована новая реологическая модель. Она состоит из общего тела Максвелла, где каждый его элемент модифицирован двумя независимыми деформационными элементами. Указанная модель для каждого испытуемого материала имеет свою собственную характерную реакцию. В экспериментальной части описаны опыты на лабораторном приборе Инстрон Универсал, тип ТМ. Изучались релаксационные кривые образцов, приготовленных из яблок, груш и картофеля. После сравнения модельных и экспериментально установленных кривых была подтверждена хорошая применимость нового типа реологической модели.

реологические свойства; релаксация напряжения; деформация; эластическая и неэластическая фазы; вискоэластическое поведение; остаточная сила; тело Максвелла и элемент; деформационный элемент; предел скольжения; качественное поведение; текстура пищевых продуктов; флуктуация сил; количественная оценка; качественная аппроксимация; качественно неконсистентные

CLAYTON, J. T. — PELEG, M. (Massachusetts University, Amherst): *A Rheological Model for Solid Foodstuffs*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 91-100.

Linear rheological models (for instance the Maxwell's model) are mostly used for the study of the rheological properties of solid foods. However, such models cannot be applied to all kind of fruits and vegetables because the range of deformations covered by them is too small. Therefore at the Department of Food and Agricultural Engineering of the Massachusetts University (USA) a new rheological model was developed, consisting of general Maxwell's body, in which every component is modified by two independent deforming elements. The mentioned model has an inherent characteristic response for each material tested. The experimental part of the paper describes the tests performed with the TM type of the Instron Universal laboratory apparatus. The courses of the relaxation curves of samples prepared from apples, pears and potatoes were studied. The comparison of the model curves with experimentally determined curves proved good applicability of the new type of rheological model.

rheological properties; relaxation of tension; deformation; elastic and non-elastic phase; viscoelastic behaviour; residual force; Maxwell's body and element; deforming element; yield point; qualitative behaviour; foodstuff texture; force fluctuation; quantitative evaluation; qualitative approximation; qualitative inconsistency

CLAYTON, J. T. — PELEG, M. (Universität von Massachusetts, Amherst): *Rheologisches Modell für feste Nahrungsmittel*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2) : 91-100.

Für das Studium der rheologischen Eigenschaften von festen Nahrungsmitteln werden vorwiegend lineare rheologische Modelle (z. B. Maxwellsches Modell) angewandt. Diese können jedoch nicht für alle Obst- und Gemüsearten angewandt werden. Versuche am Laboratoriumsinstrument Instron Universal, Typ TM beschrieben. auf dem Lehrstuhl der Lebensmittel- und Landmaschinenbaus der Universität Massachusetts (USA) ein neues rheologisches Modell entwickelt. Es besteht aus einem allgemeinen Maxwellschen Körper, wo jeder seiner Elemente durch zwei unabhängige Verformungselemente modifiziert wird. Das erwähnte Modell hat für jedes getestete Material seine eigene charakteristische Reaktion. Im Experimentaltel werden Versuche am Laboratoriumsinstrument Instron Universal, Typ TM beschrieben. Es wurden Verläufe von Relaxationskurven der aus Äpfeln, Birnen und Kartoffeln zubereiteten Proben studiert. Nach dem Vergleich von modellgemäßen und experimentell festgelegten Kurven wurde eine gute Anwendbarkeit des neuen Types des rheologischen Modells bestätigt.

rheologické vlastnosti; relaxace napětí; deformace; elastická a neelastická fáze; viskoelastické chování; reziduální síla; Maxwellovo těleso a element; deformace element; mez kluznosti; kvalitativně správné chování; potravinová textura; sílové fluktuace; měrná hodnocení; kvalitativní aproximace; kvalitativně nekonzistent

Adresa autorů:

Prof. J. T. Clayton, Ph. D., P. E. – Dr. M. Peleg, Department of Food and Agricultural Engineering, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts 01002, U. S. A.

Adresa překladatele:

Ing. Ladislav Chládek, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Třebosická 12, 100 00 Praha 10 - Strašnice

VÝZKUM NĚKTERÝCH REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ KONCENTRÁTŮ Z RAJČAT

K. M. Kolarov

KOLAROV, K. M. (Vysoká škola potravinářského průmyslu, Plovdiv): *Výzkum některých reologických vlastností koncentrátů z rajčat*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2): 101–108.

Změna obsahu sušiny má podstatný vliv na reologické vlastnosti koncentrátů z rajčat. Mění se nejenom kvalita vyjádřená číselnými hodnotami reologických charakteristik, ale také charakter reologického chování. Na základě experimentálních dat je provedeno následující rozdělení: při $8\% > n$ – newtonská kapalina, při $8\% \leq n \leq 15\%$ – pseudoplastická kapalina, při $n > 15\%$ – dilatantní kapalina. Rozdělení platí při $t = 20^\circ\text{C}$ a částečně se mění v závislosti na odrůdovém složení. Byly získány experimentální závislosti pro vyčíslení dynamické viskozity rajčatové šťávy pro $4\% \leq n \leq 8\%$. Při $n > 15\%$ se v koncentrátech z rajčat objevují mezní smykové napětí a plastická viskozita. Pro gradienty rychlosti, které v praxi přicházejí v úvahu, je reologická křivka aproximována a vyjádřena matematickou formou $\tau = \Theta_a + \mu_{pl}D$. Pro $15\% \leq n \leq 30\%$ sušiny jsou určeny hodnoty Θ_a a μ_{pl} . Tyto hodnoty potom umožňují vyjádřit charakter plastického toku v technických výpočtech.

koncentráty z rajčat; viskozita; reologické chování; gradient rychlosti; výpočet potrubí

Pro výzkum dynamické viskozity rajského protlaku byl použit kapilární viskozimetr pracující podle zákona Poiseuille-Hageny. Protože se hydrostatický tlak využívá jak pro překonání třecích ztrát, tak i pro pohyb měřeného vzorku, byl získán výraz pro výpočet viskozity

$$\mu = \frac{d^2 (2gH - v^2)}{64lv} \quad \left[\frac{Ns}{m^2} \right]$$

Pohled na viskozimetr je znázorněn na obr. 1.

Strukturní viskozita byla zkoumána rotačním viskozimetrem. Pro odstranění vlivu skluzu byly vyrobeny měřicí válce se zdrsňeným povrchem.

Mezní smykové napětí bylo určeno rotačním viskozimetrem RV 8, jehož použití ve výzkumné praxi je velmi rozšířené.

Pro výzkum třecích ztrát a součinitele tření koncentrátů z rajčat bylo vytvořeno zvláštní experimentální zařízení, představující kapilární viskozimetr s proměnným tlakem. Schéma a hlavní součásti tohoto zařízení jsou znázorněny na obr. 2.

Koncentráty z rajčat protékaly trubkami z nerezavějící oceli, jejichž vnitřní průměr byl 5,7; 10,8 a 13,8 mm. Délka trubek byla 1,2 m. Rychlosti pohybu koncentrátů z rajčat se měnily pomocí vícestupňové převodové skříně mezi motorem a zubovým čerpadlem. Pro měření tlaku se používalo tenzometrické čidlo.

Byly zkoumány koncentráty z rajčat, získané z těchto odrůd: VF-145-4, 145-11, Campbell', 'Roggers', ES-24, 'Heinz-1350', 'Heinz-1370'.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky výzkumu ukazují, že existuje určitý vliv chemického složení na viskozitu koncentrátů.

Pro $n = 4$ až 8 % sušiny vykazují různé odrůdy rozdíl viskozity od 25 do 40 %. Tento rozdíl je převážně způsoben různým obsahem nerozpustné sušiny. Její množství nemůže být určeno refraktometrem, takže skutečná sušina je větší než refraktometrická.

Při $t = 20^\circ\text{C}$ vyhovují naměřené výsledky rovnici

$$\lg \mu_o = 0,109n + (NS - 7,9)^2 \cdot 0,024 - 3 \left[\frac{Ns}{m^2} \right]$$

kde: NS — nerozpustná sušina v % celkové sušiny
 n — obsah sušiny v %, stanovený refraktometricky

Pro pásma teplot od 20 do 90°C může být viskozita koncentrátů vypočítána ze vzorce

$$\mu_t = \frac{\mu_o}{0,28 + 0,029t^{1,07}} \left[\frac{Ns}{m^2} \right]$$

Nevýhodou použití těchto vzorců je nutnost znát hodnoty NS . Pro praktické použití byl předložen vzorec

$$\lg \mu = 0,125n - 1,1\theta_1 - 0,0375\theta_1 n - 2,73$$

kde součinitel

$$\theta_1 = \frac{10^3 t}{(273 + t)^2}$$

může být vypočítán pro každou teplotu. Protože je tento výraz získán měřením na odrůdě 'Roggers', je nutné pro ostatní odrůdy naměřené hodnoty vynásobit součinitelem ξ (tab. I).

I. Hodnoty součinitele ξ pro jednotlivé odrůdy — Values of coefficient ξ for individual varieties

Odrůda	Součinitel	Odrůda	Součinitel
VF — 145 — 4	0,86	ES — 24	1,04
145 — 11	0,90	Heinz — 1350	1,13
Campbell	0,93	Heinz — 1370	1,17

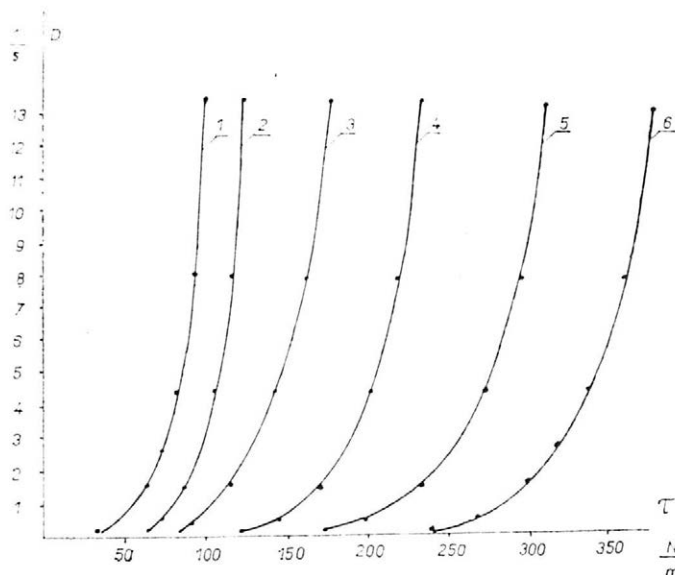
Jestliže koncentráty z rajčat představují směs různých odrůd, získávají se nejpřesnější výsledky při $\xi = 1$.

Různý obsah rozpustné i nerozpustné sušiny, pektinu, celulózy, koloidů aj. má za následek velmi složitou závislost. Zvětšení obsahu sušiny způsobuje nárůst viskozity. Tento nárůst však má úplně jiný charakter ve srovnání s neorganickými suspenzemi (rychlý nárůst viskozity při růstu koncentrace).

Byla zkoumána strukturní viskozita koncentrátů z rajčat všech odrůd při koncentraci $n = 20, 25, 30, 35$ a 40% sušiny a při teplotách $20, 40$ a 60°C .

Na obr. 3 jsou znázorněny reogramy jedné odrůdy. Pro ostatní odrůdy jsou reogramy podobné. Odrůda, obsah sušiny a teplota nemění tvar křivek, resp. reologický typ koncentrátu. Křivky vykazují výraznou anomálii viskozity vlivem rychlostního gradientu. Jsou to typické neneutonské kapaliny, které se vyznačují mezním smykovým napětím. Velké rozdíly viskozity koncentrátů u různých odrůd se vysvětlují především rozdílem chemického složení a obsahem nerozpustné sušiny. Zvětšení sušiny o 5 až 6 % má za následek nárůst viskozity na přibližně dvojnásobnou hodnotu. Reologická rovnice, která obsahuje vzájemné vazby jednotlivých parametrů při pohybu koncentrátu, má tvar

$$\tau = \Theta_{st} + k D^m$$



3. Reogramy koncentrá-
tu odrůdy 'Campbell' —
Rheograms of concentra-
te produced from the
'Campbell' variety

V mezích provedených experimentů byly pro D do $40,5\text{ s}^{-1}$ vypočítány součinitele m a k pro všechny možné případy měření. Součinitel m se mění od $0,32$ do $0,42$, součinitel k od 3 do 227 . Experimentálně byly také stanoveny hodnoty Θ_{st} .

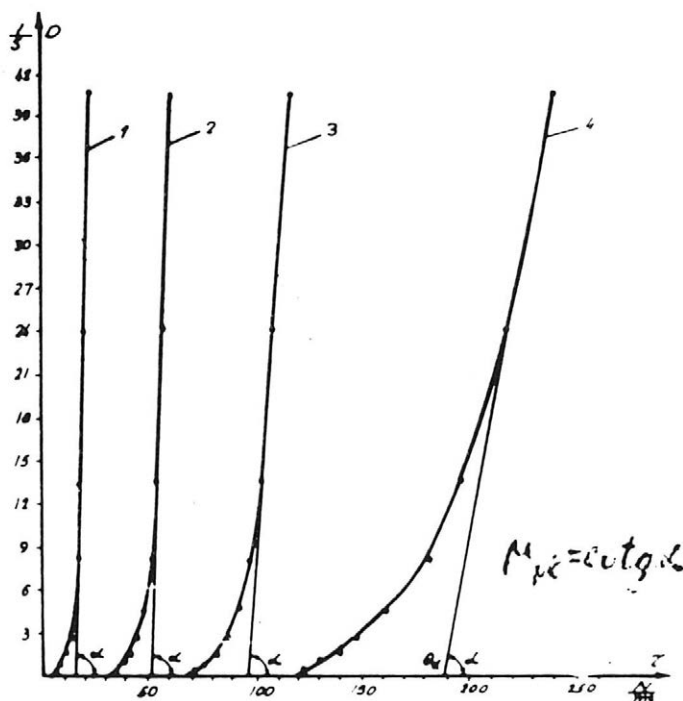
Podle Tiščenka je poměr $\frac{\Theta_{st}}{\rho}$ (kde ρ je hustota) mírou schopnosti tělesa udržet svůj tvar. Podle tohoto systému klasifikace patří koncentráty z rajčat s $n = 25\%$ k tekutým pastám, pro $n = 30\%$ patří koncentráty z odrůd 'Heinz-1350' a 'Heinz-1370' do skupiny past. Do této skupiny spadají všechny koncentráty s $n \geq 35\%$. Tato klasifikace je vypracována pro $t = 20^\circ\text{C}$. Pro $n < 12$ až 14% sušiny a $t = 20^\circ\text{C}$ je $\Theta_{st} = 0$.

S pomocí hodnot Θ_{st} , m a k je možné v závislosti na koncentraci, teplotě a gradientu rychlosti vypočítat strukturní viskozitu koncentrátu.

Při malých rychlostech proudění koncentrátů z rajčat nemá rozhodující vliv statické, nýbrž dynamické napětí. Graficky je tato skutečnost znázorněna pro koncentráty z rajčat odrůdy 145-11 při $t = 20^\circ\text{C}$ na obr. 4. V oblasti rychlostního gradientu nad 15 až 20 s^{-1} přecházejí reogramy v přímky. Tato skutečnost umožňuje charakterizovat tento, pro praktickou potřebu nejdůležitější, úsek křivky dvěma konstantami — mezním dynamickým smykovým napětím a plastickou viskozitou, přičemž považujeme koncentrát za

4. Aproximace reogramů odrůdy 145-11 při $t = 20^\circ\text{C}$ a různých koncentracích — Approximation of the rheograms of variety 145-11 at $t = 20^\circ\text{C}$ and at different concentrations

1 — $n = 15\%$; 2 — $n = 20\%$; 4 — $n = 30\%$



těleso podle Švedova-Binghama. Aproximací křivkového úseku je možné vypočítat strukturní viskozitu ze vztahu

$$\mu_{str} = \mu_{pl} + \frac{\Theta_d}{D}$$

Takto byly stanoveny hodnoty Θ_d a μ_{pl} pro všechny koncentráty z rajčat při různých koncentracích a teplotách.

Na závěr lze říci, že se reologické vlastnosti koncentrátů z rajčat značně mění pod vlivem sušiny. To má za následek nejen kvantitativní změny jejich parametrů, ale i změnu jejich reologického chování. Experimentální hodnoty umožňují následující klasifikaci:

- pro $n < 8\%$ sušiny — newtonská kapalina
- $n = 8-15\%$ sušiny — pseudoplastická kapalina
- $n > 15\%$ sušiny — dilatantní kapalina

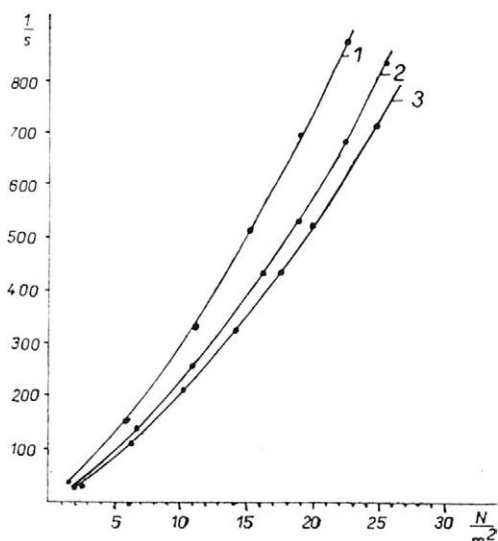
Tato klasifikace platí pro $t = 20^\circ\text{C}$ a mění se pouze nepatrně vlivem odrůdového složení.

Pro výzkum součinitele tření s pomocí kapilárního viskozimetru byly použity koncentráty odrůd 145-11 pro $n = 10, 15, 20, 25$ a 30% sušiny. V souladu s teorií kapilární viskozimetrie byly reogramy sestaveny v souřadnicích podle Reiner. Pro $n = 10\%$ sušiny (obr. 5) procházejí křivky počátkem, což potvrzuje dřívější závěr, že při této koncentraci neexistuje mezní smykové napětí. Při $t = 20^\circ\text{C}$ je konstanta $n' = 0,74$ a $k' = 0,175$. To umožňuje vypočítat

$$Re = \frac{dn'v^{2-n'}}{k'8n'^{-1}}$$

z čehož plyne, že

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$



5. Reogramy koncentrátů pro $n = 10\%$ sušiny — Rheograms of concentrates $n = 10\%$ dry matter
1 — 20 °C; 2 — 40 °C; 3 — 60 °C

Obecná rovnice, která platí pro tyto parametry, má tvar

$$\frac{\Delta p \cdot d}{4l} = k' \left(\frac{8v}{d} \right)^{n'}$$

Může být použita i pro přímý výpočet třecích ztrát.

Pro ostatní koncentrace se získávají různé reogramy pro tok v trubkách různých průměrů. Může to být považováno za anomálii v chování koncentráту při toku nebo za vliv skluzu na stěně trubky. Proto není možné použít obecné zákonitosti pro viskoplastický tok při výpočtu potrubí pro dopravu koncentrátů z rajčat. Proto jsme zvolili cestu experimentálních hodnot funkce $\lambda = f(Re)$ a jejím přibližným výpočtem s pomocí příslušných numerických rovnic. Tato metoda dává bezprostřední možnost vyřešit třecí ztráty, což je velmi důležité pro technickou potřebu.

Všechny experimentálně zjištěné body leží pod teoretickou čarou (obr. 6) a liší se více pro koncentráty s větším zahuštěním. Získané výsledky vyhovují rovnici

$$\lambda = \frac{A}{Re^x}$$

kde: A se mění od 15 do 55 a x od 1,05 do 1,13

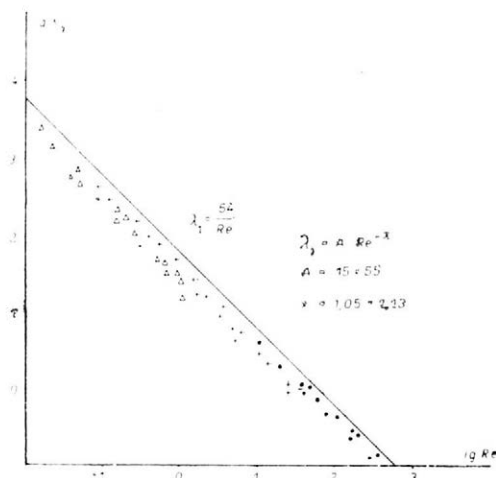
Fyzikální vysvětlení tohoto jevu je obsaženo pravděpodobně ve specifickém pohybu abnormálně viskózních disperzních soustav, doprovázeném skluzem na stěně. Je možné, že při pohybu těchto koncentrátů v hladkých trubkách není splněna podmínka přilnavosti koncentráту ke stěně a nehybnosti mezní vrstvy. Kromě toho je možný vznik normálového napětí a vytlačování disperzního prostředí (vody) tímto směrem. Všechny tyto vlivy mají za následek změnu koncentrace v rovině kolmé na směr toku a pokles viskozity vrstvy v těsné blízkosti stěn trubky.

Proto navrhujeme určovat součinitel tření pro $n > 15\%$ takto:

1. stanovení základních reologických parametrů rotačním přístrojem — Θ_d a μ_{pl}
2. stanovení gradientu rychlosti na stěně trubky v závislosti na zadávacích podmínkách

$$D = \frac{8v_{cp}}{d}$$

6. Diagram závislosti $\lambda_1 = f(Re)$
 — Diagram of the dependence
 $\lambda_1 = f(Re)$



3. stanovení strukturní viskozity

$$\mu_{str} = \mu_{pl} + \frac{\Theta_d}{D} = \mu_{pl} + \frac{d\Theta_d}{8v_{cp}}$$

4. výpočet Reynoldsova kritéria

$$Re = \frac{vd\rho}{\mu_{str}}$$

5. výpočet součinitele tření

$$\lambda = \frac{A}{Re^x}$$

Musíme ještě doplnit, že je nutné upřesnit hodnoty A a x dodatečným experimentálním měřením pro takové průměry trubek, které se nejčastěji vyskytují v průmyslové praxi. ¹⁴

Došlo dne 9. 8. 1976

КОЛАРОВ, К. М. (Институт пищевой промышленности, Пловдив): Изучение некоторых реологических свойств концентратов из томатов. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (2): 101-108.

Изменение в содержании сухого вещества оказывает значительное влияние на реологические свойства концентратов из томатов. Меняется не только качество, выраженное цифровыми величинами реологических характеристик, но также и характер реологического поведения. На основе экспериментальных данных производилось следующее распределение: при $8\% > n \geq 15\%$ — псевдопластическая жидкость, $n > 15\% \leq n \leq 30\%$ — ньютоновская жидкость; 8% — дилатантная жидкость. Распределение осуществлено для $t = 20^\circ\text{C}$ и частично меняется в зависимости от сортового состава. Были получены экспериментальные зависимости для вычисления динамической вязкости томатного сока для $4\% \leq n \leq 8\%$. При $n > 15\%$ в концентратах из томатов появляется предельное скользящее напряжение и пластическая вязкость. Для градиентов скорости, которые принимаются во внимание на практике, реологическая кривая аппроксимирована и выражена математической формой $\tau = \Theta_d + \mu_{pl}D$. Для $15\% \leq n \leq 30\%$ сухого вещества определены величины Θ_d и μ_{pl} . Эти величины потом позволяют выразить характер пластического потока в технических расчетах.

концентраты из томатов; вязкость; реологическое поведение; градиент скорости; расчет трубопровода

KOLAROV, K. M. (Institute of Food Industry, Plovdiv): *Rheological Properties of Tomato Concentrates*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 101-108.

A change in the concentration of dry matter has an essential influence on rheological properties of tomato concentrates. There are changes not only in quality expressed in numerical values of rheological characteristics but also in the character of rheological behaviour. On the basis of experimental data the following classification was made: at $8\% > n$ — Newtonian fluid, $8\% \leq n \leq 15\%$ — pseudoplastic liquid, $n > 15\%$ — dilatant liquid. The classification was made for $t = 20^\circ\text{C}$ and it partially changes in dependence on specific composition. Experimental dependences for numerical expression of dynamic viscosity of tomato juice for $4\% \leq n \leq 8\%$ were obtained. Yield stress and plastic viscosity occur in tomato concentrates at $n > 15\%$. As to the velocity gradients which could be considered in practice, a rheological curve was approximated and expressed by the formula $\tau = \theta_d + \mu_{pl}D$. For $15\% \leq n \leq 30\%$ dry matter the values θ_d and μ_{pl} were determined. These values help to express the character of plastic flow in technical calculations.

tomato concentrates; viscosity; rheological behaviour; velocity gradient; pipeline design calculation

KOLAROV, K. M. (Hochschule der Lebensmittelindustrie, Plovdiv): *Untersuchung über einige rheologische Eigenschaften der Tomatenkonzentrate*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 101-108.

Die Änderung des Trockensubstanzgehaltes wirkt sich wesentlich auf rheologische Eigenschaften der Tomatenkonzentrate aus. Es ändert sich nicht nur die durch Zahlenwerte von rheologischen Charakteristiken dargestellte Qualität, sondern auch der Charakter des rheologischen Verhaltens. Aufgrund der Experimentaldaten erfolgt folgende Einteilung: bei $8\% > n$ — Newtonsche Flüssigkeit, $8\% \leq n \leq 15\%$ — pseudoplastische Flüssigkeit, $n > 15\%$ — dilatante Flüssigkeit. Die Einteilung gilt für $t = 20^\circ\text{C}$ und ändert sich teilweise in Abhängigkeit von der sortenmäßigen Zusammensetzung. Es wurden Experimentalabhängigkeiten für die numerische Erfassung der dynamischen Viskosität des Tomatensaftes für $4\% \leq n \leq 8\%$ gewonnen. Bei $n > 15\%$ erscheint in den Tomatenkonzentraten die Schubgrenzspannung und plastische Viskosität. Für die in der Praxis in Betracht kommenden Geschwindigkeitsgradienten wird die rheologische Kurve approximiert und in der mathematischen Form $\tau = \theta_d + \mu_{pl}D$ dargestellt. Für $15\% \leq n \leq 30\%$ Trockensubstanz sind Werte θ_d und μ_{pl} festgelegt. Diese Werte gestatten dann den Charakter des plastischen Flusses in technischen Berechnungen auszudrücken.

Tomatenkonzentrate; Viskosität; rheologisches Verhalten; Geschwindigkeitsgradient; Berechnung der Rohrleitung

Adresa autora:

Doc. Ing. Kinčo M. Kolarov, CSc., Vysoká škola potravinářského průmyslu, Bul. Lenin 26, Plovdiv, BLR

Adresa překladatele:

Ing. Konstantin Kutev, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Třeboslická 12, 100 00 Praha 10 - Strašnice

B. Podstavek

PODSTAVEK, B. (Pôdohospodársky projektový ústav, Bratislava): *Prístrek hnojovice do stabilných závlahových potrubí*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2): 109–120.

Práca pojednáva o hydraulických podmienkach vstrekovacieho zariadenia na prístrek hnojovice do stabilných závlahových potrubí. Má význam nielen v oblasti úspešného riešenia závlahových systémov, ale prispieva aj k hospodárnemu riešeniu hnojných koncoviek špecializovaných veľkokapacitných fariem, ktoré sa budujú v blízkosti závlahových sústav. Každé prístrekovacie zariadenie môže pracovať obdobne ako tvarovky pre spojovanie dvoch prúdov kvapaliny. Poznatky získané výskumom o hydraulickej funkcii tvaroviek sú použité pri riešení prístrekovacieho zariadenia.

hnojovica; tekutý hnoj; prístrek; vstrekovacie zariadenie; hydraulické podmienky; strata energie; zmena hybnosti; stratové súčinitele; zmiešavanie prúdov

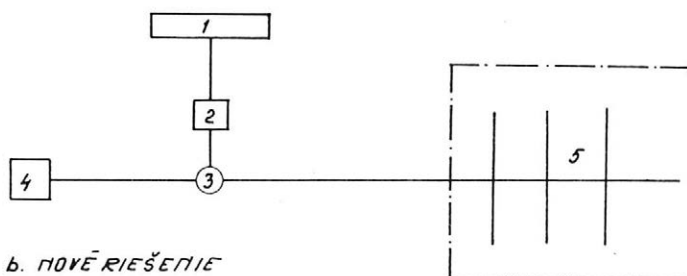
Hnojná koncovka špecializovaných veľkokapacitných fariem môže byť pri dodržaní vodohospodárskych, hygienických a agrotechnických podmienok riešená i tak, že vyprodukovaný tekutý hnoj sa využíva na hnojenie pôdy. Využívanie tekutého hnoja na hnojenie pôdy môže byť realizované rôznym spôsobom (vyvážaním, hnojovicovými, kejdovými závlahami a kombináciou závlah čistou vodou so závlahami hnojovicovými, príp. iné spôsoby).

Pri narastajúcej koncentrácii zvierat v rámci špecializovaných veľkokapacitných fariem nie je problém poľnohospodárskeho využitia tekutého hnoja, príp. hnojovice, jednoduchý (Rauche, Ermich, 1968; Podstavek, 1973).

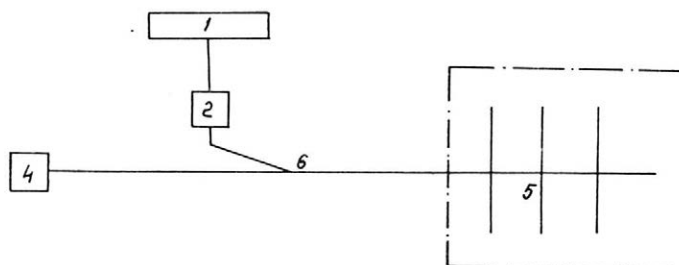
Pôvodne sa hnojivé závlahy, alebo kombinácia závlah čistou vodou so závlahami hnojovicovými riešili tak, že tekutý hnoj a závlahová voda sa čerpali samostatnými čerpadlami do miešacej jamy a až odtiaľ sa po premiešaní vysokotlakovým čerpadlom čerpala do závlahovej siete (obr. 1). Takéto riešenie si vyžadovalo značné investičné a prevádzkové náklady.

V snahe zvýšiť technickú úroveň riešenia pri súčasnom znížení investičných a prevádzkových nákladov vypracovali sme v PPU Bratislava nové riešenie. Od pôvodného sa líši tým, že miešacia jama s čerpaním tekutého hnoja a závlahovej vody sa vypustila. Odseparovaný tekutý hnoj sa prístrekuje pomocou vstrekovacieho zariadenia priamo do závlahového potrubia (Rössel, 1971; Podstavek, 1973). Závlahová voda s odseparovaným tekutým hnojom alebo hnojovkou sa mieša priamo v stabilnom závlahovom potrubí.

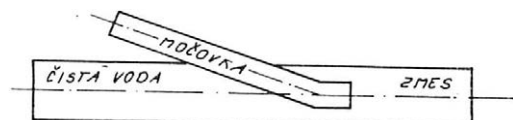
a. PŮVODNĚ RIEŠENIE



b. NOVĚ RIEŠENIE



1. USTAIŇOVACÍ OBJEKT
2. ŽUMPÁ S ČERP. AGREGÁTEM
3. MIEŠACIA ŽUMPÁ S ČERP. AGREG.
4. VODNÝ ZDROJ ČISTEJ VODY
5. ZÁVLAHOVÝ SYSTÉM
6. VSTREKOVACIE ZARIADENIE



VSTREKOVACIE ZARIADENIE

Náš ústav pri návrhu závlahových sústav používa modernú výpočtovú techniku. Sú rozpracované programy pre samočinné počítače. Riešime nimi závlahové siete a optimalizáciu závlahových sústav. Pri takomto výpočte je treba poznať všetky podmienky, ktoré ovplyvňujú riešenie stabilnej závlahovej siete. Jednou z takých podmienok sú hydraulické podmienky vstrekovacieho zariadenia pre prístrek odseparovaného tekutého hnoja do závlahových potrubí.

Práca pojednáva práve o týchto hydraulických podmienkach vstrekovacieho zariadenia. Snažíme sa ňou skromne prispieť k riešeniu náročného problému, ktorý má význam najmä v oblasti úspešného riešenia nielen závlahových systémov, ale aj hnojných konco- viek špecializovaných veľkokapacitných fariem.

MATERIÁL A METÓDY

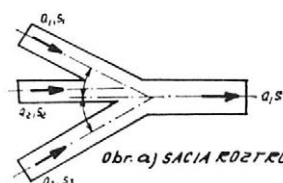
Na základe literárnej rešerše se zhrnuli poznatky o rôznych tvarovkách pre spájovanie dvoch rôznych prúdov kvapalín. Pre správne využitie (aby táto plnila funkciu prístreko- vého zariadenia) je treba pre jej správne začlenenie do rúrovej siete poznať pri daných podmienkach príslušné tlakové straty, alebo naopak pre zvolené prietoky a tlakové straty sa žiada navrhnúť vhodnú tvarovku. Riešili sa oba prípady.

1. Spôsob riešenia kom-
binovaných závlah —
Method of designing
combined irrigation sy-
stems

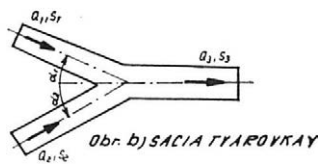
S prihliadnutím na fyzikálne a mechanické vlastnosti tekutého hnoja sa môže pristrekovať do závlahového systému len tekutá časť tekutého hnoja po jeho separácii. Faktory, ktoré určujú potrebu separácie tekutého hnoja, sú rozvedené v prácach Podstavka (1972, 1975).

Rôzne typy tvaroviek (obr. 2) boli hydraulicky overované viacerými autormi (Kolár, Vinipal, 1963; Fridman, 1960; Taliev, 1952 a i.). Vychádzali sme teda z cieľa

2. Rôzne typy tvaroviek — Different types of fittings



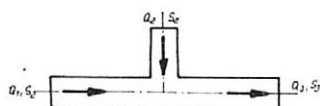
Obr. a) SÁCIA ROZTRÓJKA



Obr. b) SÁCIA TYAROVKAY



Obr. c) TYAROVKA T SO ŠIKMOU PRIPOJKOU



Obr. d) TYAROVKA T S HORIZONTÁLNOU PRIPOJKOU



Obr. e) TYAROVKA S PULOVÝM UHLIOM PRIPOJENIA



Obr. f) TYAROVKA T SO ŠIKMÍM ZAÚSTIENÍM A PREECHODÝM ROZŠÍRENÍM



Obr. g) PRÚDENIE V MIESTE PRIPOJENIA

zabezpečiť spoľahlivý pristrek odseparovaného tekutého hnoja do stabilnej rúrovej závlahovej siete pri minimálnych stratách energie v sieti. Z tejto podmienky sme hydraulickou analýzou určili hlavné faktory pre rozmery pristrekovacieho zariadenia, pričom sme brali do úvahy, že zariadenie môže pracovať v troch rôznych podmienkach zmiešania, a to:

$$v'_3 = v_3; \quad v'_3 > v_3; \quad v'_3 < v_3$$

kde: v'_3 — efektívna rýchlosť prúdu zmiešavania na začiatku pristrekového zariadenia
 v_3 — stredná rýchlosť prúdu po zmiešaní prúdov

Pre jednotlivé typy tvaroviek sa používa závislosť $\xi_1 = \xi_1(Q_1/Q_3)$, $\xi_2 = \xi_2(Q_1/Q_3)$ a $\xi_3 = \xi_3(Q_1/Q_3)$. Pre výpočet stratových súčiniteľov ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 navrhol Taliev (1952) rovnice

$$\xi_1 = 1 + \frac{Q_1}{Q_3} \left(\frac{Q_1}{Q_3} \frac{S_3}{S_1} \right)^2 - 2 \frac{Q_1}{Q_3} \left(\frac{Q_1}{Q_3} \right)^2 \frac{S_3}{S_1} \cos \alpha_1 - 2 \frac{Q_2}{Q_3} \left(1 - \frac{Q_1}{Q_3} \right)^2 \frac{S_3}{S_2} \cos \alpha_2 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \xi_2 = 1 + \frac{Q_1}{Q_3} \left(1 - \frac{Q_1}{Q_3} \right)^2 \left(\frac{S_3}{S_2} \right)^2 - 2 \frac{Q_1}{Q_3} \left(\frac{Q_1}{Q_3} \right)^2 \frac{S_3}{S_1} \cos \alpha_1 - \\ - 2 \frac{Q_2}{Q_3} \left(1 - \frac{Q_1}{Q_3} \right)^2 \frac{S_3}{S_2} \cos \alpha_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Analýzou rovnice 1 a 2 sa zistilo, že stratové súčinitele ξ_1 a ξ_2 môžu mať aj zápornú hodnotu. Táto situácia nastáva len u jedného ramena tvarovky, lebo celková strata energie musí byť väčšia ako 0. V prípade, že stratový súčiniteľ má zápornú hodnotu, môže sa hovoriť o sacom účinku tvarovky. Z toho dôvodu pre posúdenie charakteru funkcie tvarovky ako celku treba brať do úvahy celkovú stratu energie, alebo jej relatívnu hodnotu:

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{E_k} \quad (3)$$

kde: ΔE — celková strata energie, ktorá sa rovná

$$\varrho_1 Q_1 \Delta H_1 + \varrho_2 Q_2 \Delta H_2$$

E_k — celková kinetická energia prúdov pred spojením

Najvhodnejší tvar prístrekového zariadenia teda zistíme zhodnotením pomeru zmiešavania Q_1/Q_3 , stratových súčiniteľov ξ_1 , ξ_2 a relatívnej straty energie ε , pričom sa vychádza z Bernoulliho rovnice pre jednotlivé prúdy:

$$1. \text{ prúd } \frac{p_1}{\varrho_1 g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_3}{\varrho_3 g} + \frac{v_3^2}{2g} + \Delta H_1 \quad (4)$$

$$2. \text{ prúd } \frac{p_2}{\varrho_2 g} + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{p_3}{\varrho_3 g} + \frac{v_3^2}{2g} + \Delta H_2 \quad (5)$$

a z rovnice celkovej energie pred zmiešaním prúdov a po ňom:

pred zmiešaním:

$$E_1 + E_2 = m_1 \left(\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_I}{\varrho_1} \right) + m_2 \left(\frac{v_2^2}{2} + \frac{p_I}{\varrho_2} \right) = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} + \frac{m_3}{\varrho_3} p_I \quad (6)$$

po zmiešaní:

$$E_3 = m_3 \left(\frac{v_3^2}{2} + \frac{p_{II}}{\varrho_3} \right) \quad (7)$$

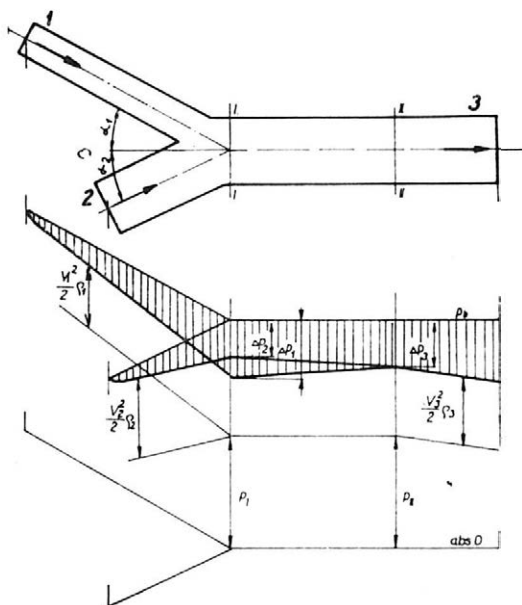
kde: p_1, p_2 — tlaky prúdov 1 a 2 pred zmiešaním
 p_3 — tlak po zmiešaní
 v_1, v_2 — stredné profilové rýchlosti prúdov 1 a 2 pred zmiešaním
 v_3 — stredná profilová rýchlosť po zmiešaní
 ϱ_1, ϱ_2 — hmotnosť prúdov kvapalín pred zmiešaním
 ϱ_3 — hmotnosť zmesi po zmiešaní
 $\Delta H_1, \Delta H_2$ — straty energetických výšok jednotlivých prúdov
 g — gravitačné zrýchlenie
 m_1, m_2 — hmotné prietoky prvého a druhého prúdu
 E_1, E_2 — energia prvého a druhého prúdu
 p_I — tlak v začiatku zmiešavania
 p_{II} — tlak na konci zmiešavania

VLASTNÁ PRÁCA

Hydraulické straty môžeme v dôsledku zmiešavania dvoch prúdov v prístrekovacom zariadení určiť po posúdení prierezočných rýchlostí dvoch prúdov, alebo prietokových profilov všetkých troch úsekov a uhlov, ktoré zvierajú vstupné úseky 1 a 2, a tretím hlavným úsekom (obr. 2). Za začiatok zmiešavania môžeme považovať prietokový profil,

v ktorom sa pretínajú osi spojovaných prúdov (obr. 3). V mieste, kde sa pretínajú osi obidvoch prúdov I — I (obr. 3), musia mať obidva prúdy rovnaký tlak p_I . Celkový tlak druhého prúdu v tomto mieste je daný súčtom tlaku p_{II} a dynamického tlaku druhého prúdu. Za koniec zmiešavania môžeme považovať prierez II — II, kde sa rýchlosti obidvoch prúdov vyrovnali na spoločnú rýchlosť v_3 (obr. 3). Celková energia pred zmiešaním

3. Pribeh tlakov v tvarovke pri prvom druhu zmiešavania ($v'_3 = v_3$) — The course of pressures in the fitting in the first type of mixing ($v'_3 = v_3$)



sa vyjadruje rovnicou (6) a po zmiešaní rovnicou (7). Z rovnice (6) a (7) môžeme určiť rovnicu pre celkovú stratu energie v dôsledku zmiešavania dvoch prúdov:

$$\Delta E = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_3^2}{2} + \frac{m_3}{Q_3} (p_I - p_{II}) \quad (8)$$

Keď zoberieme do úvahy, že $m_3 = Q_3 \rho_3$ a $Q_3 = S_3 v_3$, kde S_3 je prietoková plocha potrubia v úseku 3, potom rovnicu (8) môžeme napísať:

$$\Delta E = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_2}{2} + S_3 v_3 (p_I - p_{II}) \quad (9)$$

Zmena hybnosti prúdiacej kvapaliny na základe vety o hybnosti v príslušnom smere sa musí rovnať výslednici vonkajších síl, ktoré pôsobia na kvapalinu v príslušnom smere.

$$S_3 (p_I - p_{II}) = m_3 v_3 - (m_1 v_1 \cos \alpha_1 + m_2 v_2 \cos \alpha_2) \quad (10)$$

Dosadením rovnice (10) do rovnice (9) dostaneme:

$$\Delta E = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_2^2}{2} - v_3 [m_3 v_3 - (m_1 v_1 \cos \alpha_1 + m_2 v_2 \cos \alpha_2)] \quad (11)$$

Pomocou rovnice (11) sa najde profil d'_3 , t. j. tretieho úseku (obr. 3), v ktorom celková strata energie v dôsledku zmiešavania bude minimálna. Takúto požiadavku nájdeme prvou deriváciou celkovej straty energie podľa v_3 s tým, aby bola rovná 0. Rovnica (10) dostane tvar:

$$\frac{d\Delta E}{dv_3} = -m_3 v_3 + 2m_3 v_3 - m_1 v_1 \cos \alpha_1 - m_2 v_2 \cos \alpha_2 \quad (12)$$

a v konečnom vyjadrení:

$$v'_3 = v_{3ef} = \frac{m_1 v_1 \cos \alpha_1 + m_2 v_2 \cos \alpha_2}{m_3} \quad (13)$$

V rovnici (13) v_{3ef} vyjadruje najvhodnejšiu rýchlosť v treťom úseku. Druhou deriváciou rovnice celkovej straty energie môžeme zistiť, či celkové straty sú skutočne minimálne

$$\frac{d^2 \Delta E}{dv_3^2} = m_3 \quad (14)$$

Z rovníc (12), (13) a (14) vyplýva, že minimálna strata energie v dôsledku zmiešavania dvoch prúdov nastáva, keď stredná prietoková rýchlosť v treťom úseku sa po zmiešaní rovná $v'_3 = v_{3ef}$.

Z podmienky, ktorú určuje rovnica (12) a rovnica (10), vyplýva, že pri zmiešavaní sú straty energie minimálne vtedy, keď tlak je počas zmiešavania stály, alebo inými slovami celková strata energie bude počas zmiešavania dvoch prúdov minimálna vtedy, keď bude prebiehať pri konštantnom tlaku. Pre tento prípad môžeme minimálnu stratu celkovej energie vyjadriť rovnicou:

$$\Delta E_{min} = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_3^2}{2} \quad (15)$$

Pristrekovacie zariadenie podľa rýchlosti v_3 môže pracovať v troch podmienkach:

1. keď sa rýchlosť po zmiešaní v'_3 rovná rýchlosti v treťom úseku, t. j. $v'_3 = v_3$;
2. keď je rýchlosť po zmiešaní v'_3 väčšia ako rýchlosť v treťom úseku v_3 , t. j. $v'_3 > v_3$;
3. keď je rýchlosť po zmiešaní v'_3 menšia ako rýchlosť v treťom úseku v_3 , t. j. $v'_3 < v_3$.

Hydraulické činitele práce pristrekovacieho zariadenia, na ktoré sa vzťahuje prvá podmienka, sme rozobrali analýzou rovníc (8) až (15).

Podmienky $v'_3 > v_3$

Predpokladáme, že ku zmiešavaniu dochádza pri najmenších stratách, t. j. ako u $v'_3 = v_3$, až do úseku II' — II' (obr. 4). Za týmto úsekom sa rýchlosť v'_3 náhle zmenšuje na v_3 . V takomto prípade vzniká doplnková strata ako pri náhlom rozšírení prúdu. Na úseku II' — II' až II — II (obr. 4) vzniká zmenou rýchlosti aj zmena hybnosti. Táto zmena zvyšuje tlak v tomto úseku o hodnotu $\Delta p'_{II}$, čo môžeme vyjadriť:

$$m_3 (v'_3 - v_3) = \Delta p'_{II} S_3 \quad (16)$$

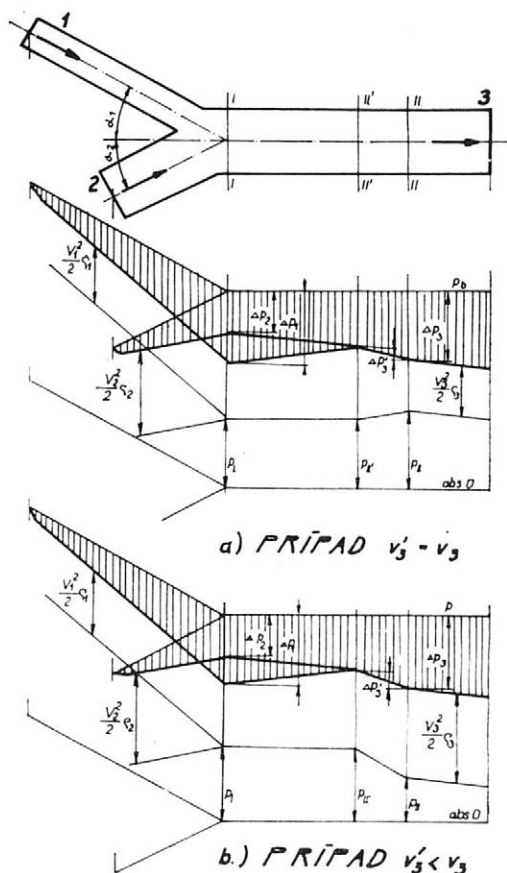
Keď za m_3 dosadíme $m_3 = \rho_3 Q_3$, dostaneme rovnicu

$$\Delta p'_{II} = v_3 (v'_3 - v_3) \rho_3 \quad (17)$$

Stratu si pri náhlom rozšírení prúdu môžeme vyjadriť vzťahom:

$$\Delta p'_{II} = \frac{(v'_3 - v_3)^2}{2} \rho_3 \quad (18)$$

4. Čiary priebehu tlakov v tvarovke pri druhom a treťom spôsobe zmiešavania prúdov — The curves of the course of pressures in the fitting in the second and third method of flow mixing



Celková strata energie na treťom úseku sa potom môže vyjadriť rovnicou

$$m_3 \frac{\Delta p'_{II}}{\rho_3} = m_3 \frac{(v'_3 - v_3)^2}{2} \quad (19)$$

Celkovú stratu energie pre tento druhý prípad zmiešavania, t. j. $v'_3 > v_3$, dostaneme, keď pripočítame straty vyjadrené rovnicou (19) ku stratám, ktoré sa vyjadrujú rovnicou (15). Potom môžeme napísať rovnicu

$$\Delta E_2 = E_{min} - m_3 \frac{p}{\rho_3} = m_1 \frac{v_1^2}{2} - m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_3^2}{2} - m_3 \frac{(v'_3 - v_3)^2}{2} \quad (20)$$

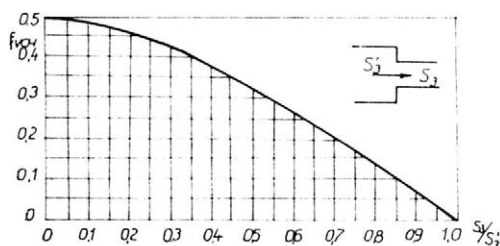
Keď v rovnici (20) nahradíme v'_3 rovnicou (13), dostaneme rovnicu, ktorú sme už uviedli pod číslom (11). Pre prípad zmiešavania, keď $v'_3 > v_3$, nastáva dostatočná strata obdobná ako u náhleho rozšírenia prúdu.

Podmienky $v'_3 < v_3$

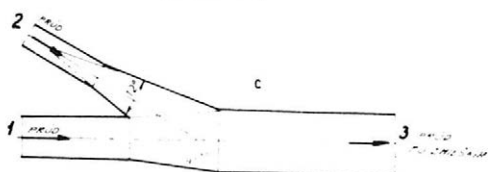
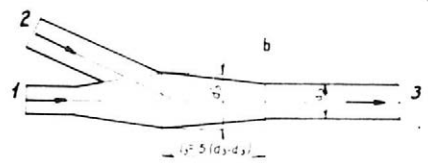
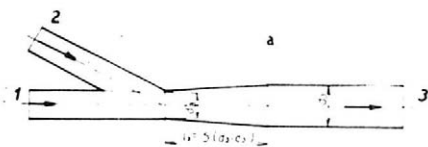
Zase predpokladáme, že ku zmiešavaniu dochádza pri najmenších stratách pri v'_3 až do úseku II' — II' (obr. 4). V tomto úseku sa rýchlosť v_3 začne zväčšovať. Rýchlosti v'_3 by mal zodpovedať prietochný profil S_3 , pri ktorom by boli straty minimálne.

Aj v tomto prípade nastáva podobný jav ako u prúdenia kvapaliny v potrubí s náhlým zúžením profilu, pri ktorom vznikajú miestne straty u vtoku do zúženého profilu. Miestne straty v závislosti od S_3/S'_3 sú graficky znázornené na obr. 5.

Uvedeným trom podmienkam práce prístrekového zariadenia najviac vyhovujú tvary zmiešavacieho úseku uvedené na obr. 6. Z analytického riešenia vyplýva, že u najvhodnejšieho prístrekového zariadenia by mali byť minimálne straty energie pri spojovaní dvoch prúdov. Tejto požiadavke najviac vyhovuje také riešenie prístrekového zariadenia, ktoré spĺňa podmienku $v_3 = v'_3$.



5. Súčiniteľ miest strát pri náhlom zúžení prúdu — Coefficient of loss points at the abrupt narrowing of the flow



6. a — Najvýhodnejší tvar vstrekavacieho zariadenia pre prípad $v'_3 > v_3$; b — Najvýhodnejší tvar prípojky pre zmiešavanie typu $v'_3 < v_3$; c — Vhodný typ prípojky pre $v'_3 > v_3$ a veľké rýchlosti druhého prúdu — a — The best shape of injecting equipment for $v'_3 > v_3$; b — The most suitable shape of connection for the type of mixing $v'_3 < v_3$; c — The suitable type of connection for $v'_3 > v_3$ and great speeds of the second flow

Experimentálne sme overili prístrekové zariadenie, ktoré bolo navrhnuté PPÚ Bratislava (obr. 7) — (Rössel, 1971; Podstavek, 1973). Pre výskumné účely bol skonštruovaný model s dimenziami $d_3 = 98,7$ mm, $d_2 = 41,4$ mm, $d'_2 = 48,0$ mm. Týmto parametrom zodpovedajú pomery plôch $S_2/S_3 = 0,976$; $S_1/S_3 = 0,764$. Výpočet stratových súčiniteľov a relatívne straty sú uvedené v tab. I. Okrem toho bolo navrhnuté prístrekové zariadenie ako šikmá prípojka (obr. 8) s uhlom pripojenia $22^\circ 30'$ a už uvedenými parametrami $d_3 = 98,7$ mm, $d_2 = 41,4$ mm a $d_1 = 98,7$ mm. Výpočet stratových súčiniteľov a relatívne straty sú uvedené v tab. II. Výpočtové porovnanie vplyvu rôznosti merných hmôt sú uvedené v tab. II a III. Vypočítané a namerené hodnoty, uvádzané v tab. I, II a III, sú vynesené v grafe (obr. 7).

I. Výpočet tvarovky — Calculation of the fitting

S_3/S_1	S_3/S_2	$\cos a_2$	ϱ_1	ϱ_2	ϱ_3		
1,310	5,680	1,000	1,000	1,000	1,000		
Q_2/Q_3		V_2/V_3	V_2/V_3	V_3'/V_3	ξ_2	ξ_1	ε
0,000		0,000	1,310	1,310	1,620 —	0,096 —	0,056
0,100		0,568	1,179	1,118	0,913 —	0,154 —	0,037
0,200		1,136	1,048	1,066	0,158	0,034 —	0,004
0,300		1,704	0,917	1,153	1,598	0,465 —	0,105
0,400		2,272	0,786	1,380	3,402	1,142 —	0,277
0,500		2,840	0,655	1,748	5,570	2,067 —	0,412
0,600		3,408	0,524	2,254	8,106	3,233 —	0,504
0,700		3,976	0,393	2,901	11,007	4,648 —	0,568
0,800		4,544	0,262	3,688	14,272	6,307 —	0,614
0,900		5,112	0,131	4,614	17,905	8,211 —	0,650
1,000		5,680	0,000	5,680	21,902	10,360 —	0,679

II. Výpočet tvarovky — Calculation of the fitting

S_3/S_1	S_3/S_2	$\cos a_2$	ϱ	ϱ_2	ϱ_3		
1,000	5,680	0,924	1,000	1,000	1,000		
Q_2/Q_3		V_2/V_3	V_1/V_3	V_3'/V_3	ξ_3	ξ_1	ε
0,000		0,000	1,000	1,000	1,000 —	0,000	0,000
0,100		0,568	0,900	0,862	0,401 —	0,086	0,049
0,300		1,136	0,800	0,850	0,590	0,060 —	0,091
0,300		1,704	0,700	0,962	1,980	0,434 —	0,293
0,400		2,272	0,600	1,200	3,762	1,040 —	0,386
0,500		2,840	0,500	1,562	5,942	1,874 —	0,489
0,600		3,408	0,400	2,049	8,516	2,938 —	0,559
0,700		3,976	0,300	2,662	11,485	4,234 —	0,610
0,800		4,544	0,200	3,399	14,850	5,758 —	0,649
0,900		5,112	0,100	4,261	18,611	7,512 —	0,680
1,000		5,680	0,000	5,248	22,766	9,496 —	0,706

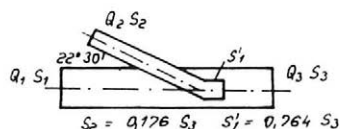
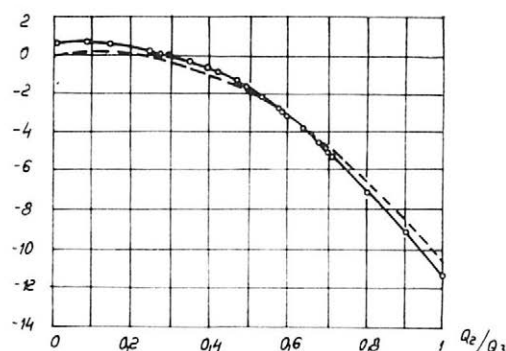
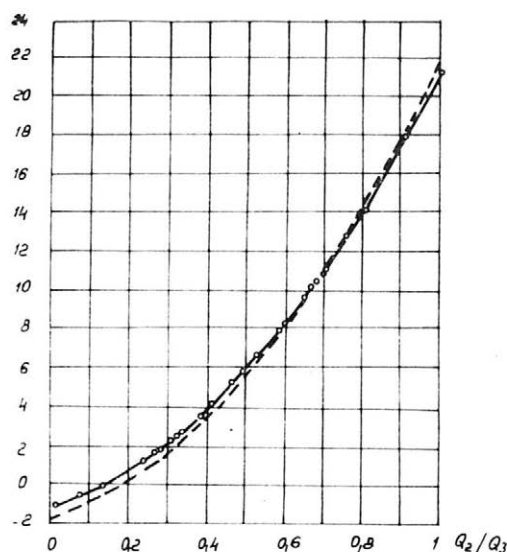
ZÁVER

Touto prácou sme získali poznatky o hydraulickej funkcii prístrekovacieho zariadenia na prístrek hnojovice do stabilných závlahových potrubí. Každé takéto prístrekovacie zariadenie môže pracovať obdobne ako tvarovky pre spájanie dvoch prúdov kvapaliny.

Poznatky o tvarovkách pre spájanie dvoch prúdov kvapalín sa dajú použiť na návrh a výpočet prístrekovacieho zariadenia ľubovolnej konštrukcie.

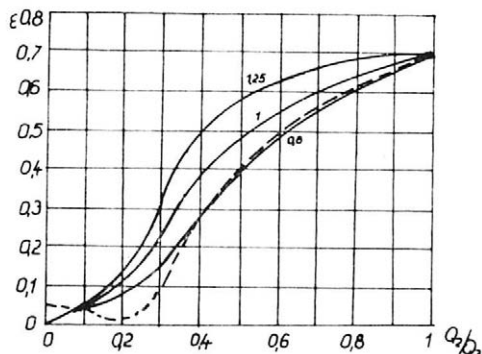
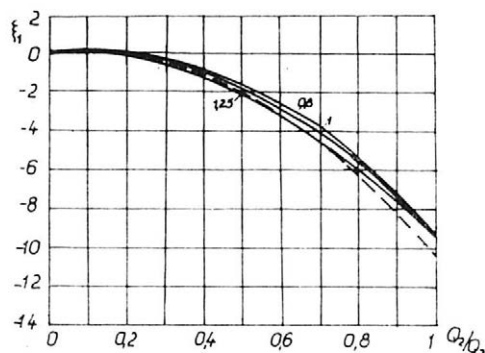
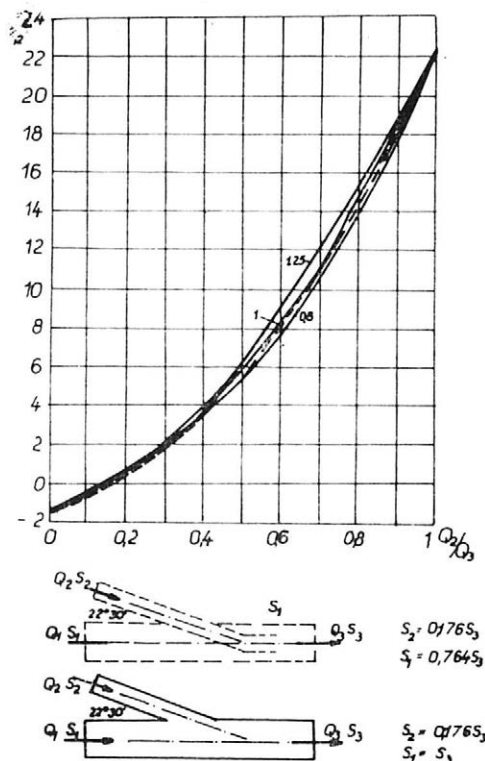
III. Výpočet tvarovky — Calculation of the fitting

S_3/S_1	S_3/S_2	$\cos \alpha_2$	Q_2	Q_1			
1,000	5,680	0,924	1,000	0,800			
Q_2/Q_3	Q_3	V_2/V_3	V_1/V_3	V'_3/V_3	ξ_2	ξ_1	ε
0,000	0,800	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000
0,100	0,820	0,568	0,900	0,854	0,315	0,082	0,045
0,200	0,840	1,136	0,800	0,859	0,818	0,108	0,142
0,300	0,860	1,704	0,700	1,005	2,366	0,554	0,349
0,400	0,880	2,272	0,600	1,282	4,302	1,237	0,504
0,500	0,900	2,840	0,500	1,680	6,602	2,138	0,592
0,600	0,920	3,408	0,400	2,193	9,238	3,247	0,642
0,700	0,940	3,976	0,300	2,812	12,194	4,547	0,671
0,800	0,960	4,544	0,200	3,532	15,444	6,031	0,689
0,900	0,980	5,112	0,100	4,346	18,974	7,684	0,700
1,000	1,000	5,680	0,000	5,248	22,766	9,496	0,706



7. Stratové súčinitele prístrejkového zariadenia podľa návrhu PPÚ — The loss coefficients of the injecting equipment as designed by the Land Projecting Institute

Hydraulickým výskumom sme zistili, že dobré hydraulické parametre má prístrekovacie zariadenie navrhnuté PPÚ Bratislava (obr. 7), ale aj tvarovka so šikmou prípojkou (obr. 8).



8. Stratové súčinitele a relatívna strata energie tvarovky so šikmou prípojkou pre rôzne P_2/P_1 v porovnaní s prístrekovým zariadením PPÚ — The loss coefficients and the relative energy loss in a fitting with an inclined connection for different P_2/P_1 in comparison with the injecting equipment designed by the Land Projecting Institute

Minimálne straty energie sú pri spájaní dvoch prúdov v takom prípade, keď je splnená podmienka vyplývajúca z rovnice (13), t. j. $v_3 = v'_3$. Z tejto podmienky treba vychádzať pri konštrukčnom navrhovaní prístrekovacieho zariadenia a pri riešení kombinovaných závlah pre daný relatívny prietok Q_2/Q_3 , aby prístrekové zariadenie pracovalo s minimálnou stratou energie.

Literatúra

- FRIDMAN, B. E.: Gidwelevatory. Moskva, Gas. naučnotechn. izdat. mašinostr. lit. 1960.
- KOLLÁR, V. — VINIPAL, Š.: Hydraulika průmyslových armatur. Praha, Stát. nakl. techn. lit. 1963.
- PODSTAVEK, B.: Technické riešenie hnojnej koncovky špecializovaných veľkokapacitných fariem ošipáných. Pôdohospodársky projektový ústav, Bratislava 1972.

PODSTAVEK, B.: Kombinácia veľkoplošných závlah so závlahami hnojivými. [Štúdia.] Bratislava, Pôdohospodársky projektový ústav 1973.

PODSTAVEK, B.: Riešenie koncoviek fariem hovädzieho dobytku a ošípaných pre využívanie hnojovice na hnojenie. Zeměd. Techn., 21, 1975, č. 10.

RAUCHE, K. — ERMICH, D.: Fragen der organischen Düngung in Kooperationsgemeinschaften. Feldwirtschaft, 9, 1968, č. 2.

RÖSSEL, J.: Zariadenie pre prístrek hnojivých roztokov a hnojovice do stabilných závlahových potrubí. Bratislava, Výsk. ústav vodohospodársky 1971.

TALIEV, V. N.: Rasčot mestnykh soprotivlenij trojnikov. Moskva, Gosizdat. lit. stroitel. 1952.

Došlo dňa 9. 3. 1976

ПОДСТАВЕК, Б. (Сельскохозяйственный проектный институт, Братислава): Подача навозной жижи в стабильные оросительные трубы. Земед. Techn., 23, 1977 (2) : 109-120.

Работа посвящена гидравлическому режиму впрыскивающего приспособления для подачи навозной жижи в стабильные оросительные трубы. Имеет значение не только в области успешного решения оросительных систем, но также способствует экономному решению конечной фазы навоза в специализированных крупногабаритных фермах. Каждое впрыскивающее приспособление может работать аналогично, как фасонные трубы для соединения двух потоков жидкости. Данные, полученные в ходе исследования гидравлической функции фасонных труб, использованы при решении впрыскивающего приспособления.

навозная жижа; подача; впрыскивающее приспособление; гидравлический режим; потеря энергии; изменение количества движения; факторы потери; смешивание потоков

PODSTAVEK, B. (Land Projecting Institute, Bratislava): The Addition of Dungwater to Irrigation Water in Stationary Pipeline Systems. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 109-120.

The paper deals with the hydraulic conditions of the injecting equipment for the injection of dungwater to stationary irrigation pipeline systems. Such a treatise is important for the designing of irrigation systems and useful for the economy of the designing of the dunging terminals of specialized large-capacity farms built in the proximity of irrigation systems. Every injection equipment can work like fittings for the connection of two flows of liquid. The findings obtained in the research of the hydraulic function of fittings are used in the design of the injecting equipment.

dungwater; liquid manure; additional injection; injecting equipment; hydraulic conditions; energy loss; change in momentum; loss coefficients; mixing of flows

PODSTAVEK, B. (Institut für die landwirtschaftliche Projektierung, Bratislava): Güllezuspritzung in ortsfeste Beregnungsleitungen. Zeměd. Techn., 23, 1977 (2) : 109-120.

Der Aufsatz behandelt hydraulische Bedingungen der Einspritzeinrichtung für die Güllezuspritzung in ortsfeste Beregnungsleitungen. Dies ist von Bedeutung nicht nur im Gebiet der erfolgreichen Lösung von Beregnungssystemen, sondern trägt auch zu einer wirtschaftlichen Lösung der Düngungsketten von spezialisierten Großraumfarmen zu, die in der Nähe der Beregnungssysteme aufgebaut werden. Jede Zuspritzeinrichtung kann ähnlich wie Formstücke zur Verbindung zweier Flüssigkeitsströme arbeiten. Die durch die Untersuchung über die hydraulische Funktion der Formstücke gewonnen Erkenntnisse werden auch für die Lösung der Zuspritzeinrichtung herangezogen.

Gülle; Flüssigdüngung; Zuspritzung; Einspritzeinrichtung; hydraulische Einrichtung; Energieverlust; Beweglichkeitsänderung; Verlustkoeffiziente; Stromzusammenmischung

Rukopis odevzdán k tisku 18. 1. 1977 — Podepsáno k tisku 29. 4. 1977

Adresa autora:

Ing. Bohumil Podstavek, CSc., Pôdohospodársky projektový ústav, Vajnorská ul. 21, 800 00 Bratislava

Đuriš M., Nozdrovický L.: Matematický model procesu zberu obilia a dopravy zrna	61
Iljasov S. G., Krasnikov V. V., Krasovskaja G. I., Panin A. S., Skverčak V. D.: Komplexní výzkum tepelně fyzikálních a optických vlastností potravin	75
Gildemeister E., Raeuber H. J.: Kontinuální dielektrické měření vlhkosti	85
Clayton J. T., Peleg M.: Reologický model pro pevné potraviny	91
Kolarov K. M.: Výzkum některých reologických vlastností koncentrátů z rajčat	101
Podstavek B.: Prístrek hnojovice do stabilných závlahových potrubí	109

СОДЕРЖАНИЕ

Дюриш М., Ноздровицкий Л.: Математическая модель процесса уборки и транспортировки зерна	73
Ильясов С. Г., Ксасников В. В., Красовская Г. И., Панин А. С., Скверчак В. Д.: Комплексное исследование теплофизических и оптических свойств пищевых продуктов	83
Гилдемеисте Е., Раеубер Г. Я.: Непрерывное диэлектрическое измерение влажности	90
Клайтон Й. Т., Пелег М.: Реологическая модель для твердых пищевых продуктов	99
Коларов К. М.: Изучение некоторых реологических свойств концентратов из томатов	107
Подставек Б.: Подача навозной жижи в стабильные оросительные трубы	120

CONTENT

Đuriš M., Nozdrovický L.: Mathematical Model of Cereal Harvesting and Grain Transport	73
Iljasov S. G., Krasnikov V. V., Krasovskaya G. I., Panin A. S., Skverchak V. D.: Comprehensive Research in the Thermo-physical and Optical Properties of Foodstuffs	83
Gildemeister E., Raeuber H. J.: Continuous Dielectric Moisture Measuring	90
Clayton J. T., Peleg M.: A Rheological Model for Solid Foodstuffs	99
Kolarov K. M.: Rheological Properties of Tomato Concentrates	108
Podstavek B.: The Addition of Dungwater to Irrigation Water in Stationary Pipeline Systems	120

INHALT

Đuriš M., Nozdrovický L.: Mathematisches Modell der Getreideernte und Korntransportes	73
Iljasov S. G., Krasnikov V. V., Krasovskaya G. I., Panin A. S., Skverčak V. D.: Komplexforschung über wärmephysikalische und optische Eigenschaften der Lebensmittel	83
Gildemeister E., Raeuber H. J.: Kontinuierliche dielektrische Feuchtigkeitsmessung	90
Clayton J. T., Peleg M.: Rheologisches Modell für feste Nahrungsmittel	99
Kolarov K. M.: Untersuchung über einige rheologische Eigenschaften der Tomatenkonzentrate	108
Podstavek B.: Güllezuspritzung in ortsfeste Beregnungsleitungen	120

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 MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova ulice 22, 120 00 Praha 2.