

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

10

ROČNÍK 23 (1)
PRAHA
ŘÍJEN 1977
CENA 10 Kčs

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 Píša, 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, rozboru 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.

TEPLOTNÍ PROFILY V KEJDOVÝCH JÍMKÁCH PŘI PŮSOBNÍ CHLADNÉHO POČASÍ

M. Velebil

VELEBIL, M. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Teplotní profily v kejdo-
vých jímkách při působení chladného počasí*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10): 561–571.

Při chlazení kejdy působením vnějšího ovzduší se mění většinou nepříznivé fyzikální vlast-
nosti určující její chování při manipulaci a transportu. Proto jsme udělali rozbor pochodu
chlazení skladované kejdy v zimním období. Při zanedbání biologické aktivity media, pře-
stupu tepla na fázovém rozhraní, konvekce a při dalších aproximacích byly vypočítány
změny teploty ve středu válcové skladové jímky o výšce rovné průměru. Dále byl vypočítán
teplotní profil v ploché otevřené zemní jímce. Byl také vyšetřen vliv kolísání teploty v průběhu
dne.

kejda; skladová jímka pro kejdu; profil v jímce; vedení tepla; teploty skladované kejdy

Při skladování kejdy v provozních nádržích se vlivem teploty venkovního vzduchu
mění teplota skladované hmoty. Změny teploty skladované kejdy jsou velmi významné
technologicky, ať se jedná o ohřívání kejdy v létě, nebo o její ochlazování v zimním obdo-
bí. Oba tyto jevy mají značně odlišný charakter. Oteplování kejdy v letních obdobích
může způsobovat četné nesnáze, např. hygienického charakteru, ovlivněním mikrobiál-
ních procesů v kejdě apod., nepřináší však nepříznivé technologické následky. Zcela
jinak je tomu při ochlazování kejdy v zimním období. Ochlazování ovlivňuje především
manipulaci, tj. čerpání, mísení atd. Již malá změna teploty při poměrně významné zá-
vislosti viskozity kejdy na teplotě může znamenat významnou změnu podmínek v čerpa-
cím zařízení, zvýšený odběr elektrického proudu, zvýšené zatížení čerpadla atd. Vytvoří-li
se v krajním případě dokonce led, může taková ledová krusta ucpat kanály, přívody atd.
Z hlediska projekce zařízení i z hlediska volby vhodného technologického režimu provozu
stájí je proto užitečné věnovat této otázce pozornost.

Významně se zde uplatňuje především typ skladového prostoru. Z povahy věci
vyplývá, že promrzáním jsou podstatně méně ohrožovány zemní jímky, u kterých izolační
schopnost zeminy způsobuje, že jedinou plochou, která vyměňuje teplo z okolí, je hladina
kejdy; tu lze navíc izolovat vhodným stropem. Podstatně závažnější je však promrzání
u ocelových nadzemních jímek, které jsou vystaveny působení venkovního ovzduší
celou svou plochou bez jakékoliv izolace.

Tepelně inženýrskému rozboru tohoto problému nebyla dosud věnována potřebná
pozornost a předložená práce si klade za cíl přispět k vyplnění mezery. K prošetření byly
vybrány dva nejběžnější typy skladových jímek, a to válcová nadzemní jímka o výšce
rovnající se zhruba průměru a plochá zemní jímka s otevřenou hladinou. V těchto vybra-
ných typech jsme studovali vytváření a změny teplotního profilu při působení chladného
zimního počasí.

Problém vedení tepla ve studovaných systémech je značně složitý a jeho exaktní zpracování by si vyžádalo úsilí, které by svým rozsahem naprosto neodpovídalo sledovanému cíli. Máme tím na mysli jednak obtíže fyzikální, jejichž přesné řešení předpokládá především proměření všech výchozích parametrů, které nejsou tabelárně dostupné, jednak obtíže matematické, související s potřebou zapojení rozsáhlého početního aparátu. Naším záměrem plně vyhovuje řešení přibližné, odvozené za použití přijatelných zjednodušujících předpokladů.

První aproximace je povahy fyzikální a spočívá v předpokladu, který přijímáme s ohledem na kašovitý až polotuhý charakter materiálu (kejdy), že zcela rozhodujícím mechanismem vedení tepla je kondukce, kdežto vedení konvekcí lze s rozumným přibližáním zanedbat.

Z hlediska biologického byl přijat zjednodušující předpoklad, že ve skladované hmotě za daných anaerobních podmínek nedochází k mikrobiálním procesům, které by byly provázeny produkcí tepla, alespoň ne v takové míře, která by se znatelně uplatňovala v naší tepelně-technické úvaze.

Dalším komplikujícím parametrem, s nímž je třeba se vyrovnat, jsou přestupy tepla na stykových plochách kovové nádoby s plynným (vzduch) a kapalným (kejda) prostředím, event. i vlastní vodivost kovové stěny jímky.

Koeficient tepelné prostupnosti stěny počítáme (Izard, 1961) ze vztahu

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{d}{\lambda}$$

Tloušťku stěny d dosazujeme v metrech a za λ volíme tepelnou vodivost konstrukční oceli $\lambda = 37 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Koeficient přestupu tepla $a_1 (\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-1})$ mezi plynem (vzduchem) a kovem je dán empirickým vztahem $a_1 = 2,3 + 12 \sqrt{W}$, kde za W dosazujeme rychlost větru v m s^{-1} .

I. Odhad měrné tepelné prostupnosti stěn ocelové jímky v závislosti na rychlosti větru — Estimate of the specific thermal permeability of the walls of a steel tank, as depending on wind speed

Rychlost větru (m s^{-1})	K ($\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$)
0	2,3
1	13,7
2	18,3
3	21,7
4	24,5
5	26,9
6	29,1
7	31,0
8	32,8
9	34,5
10	36,1
11	37,6
12	39,0

Koeficient přestupu tepla a_2 mezi kovem a nehybnou kapalinou je cca $350 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. V tab. I je proveden výpočet ze vztahu (1) pro rychlosti větru od 0 do 12 m s^{-1} .

Z údajů této tabulky je zřejmé, že pokud vyloučíme vliv přímého slunečního záření, pak při rychlosti větru přesahující 2 až 3 m s^{-1} (tj. v běžných případech) mají stěny jímky spolu s přiléhající elementární vrstvičkou kejdy teplotu téměř shodnou s teplotou okolního prostředí. Zanedbáním tloušťky stěny (která nepřesáhne 10 mm) se dopustíme chyby menší než 1 %.

Při výpočtech uvažujeme kejdu o relativním obsahu sušiny 12 % o těchto parametrech (Velebil, 1977)

specifické teplo (c)
 $1,078 \text{ W h kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

měrná tepelná vodivost (λ)
 $0,533 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$

měrná teplotní vodivost (a)
 $4,945 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$

Když jsme přijali výše probrané zjednodušující předpoklady, řešíme problém formulovaný takto: Ocelová jímka tvaru rovnostranného válce (jeho výška je rovna průměru) o průměru D je naplněna kejdou o sušině 12 %, rovnoměrně zahřátou na teplotu T_o . V okamžiku $t = 0$ je jímka zcela ponořena do vzdušného prostředí s konstantní teplotou T_p . Je třeba zjistit časový průběh teplotních změn obsahu jímky.

Pro zjednodušení výpočtu přijmeme geometrickou aproximaci, nahrazující rovnostranný válec koulí ekvivalentního objemu o poloměru R , tedy $R = D(3/16)^{1/3}$. Potom rozdělení teplot náplně v jímce závisí kromě času pouze na jedné polohové souřadnici, tj. na vzdálenosti od středu.

Z hlediska sledovaného cíle nemůže tato aproximace ohrozit praktickou spolehlivost a použitelnost výpočtu.

Vzhledem k tomu, že nepředpokládáme vnitřní tepelné zdroje a fyzikální vlastnosti obsahu jímky pokládáme za konstantní, vycházíme z této rovnice vedení tepla (Schwartz, 1972)

$$a \nabla^2 \Theta = \frac{\partial \Theta}{\partial t} \quad (2)$$

kde symbolem Θ značíme relativní teplotu v daném bodě jímky, definovanou poměrem

$$\Theta = \frac{T - T_p}{T_o - T_p}$$

kde: T — teplota kejdý v daném bodě

T_o — teplota kejdý na začátku sledovaného experimentu

T_p — teplota prostředí

∇^2 je Laplaceův operátor, který v kartézských souřadnicích je zkráceným vyjádřením výrazu

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

a v souřadnicích sférických, které jsou důležité pro námi studovaný případ, nabývá formy

$$(\nabla^2 s) = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial s}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left(\sin \vartheta \frac{\partial s}{\partial \vartheta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 s}{\partial \varphi^2} \quad (3)$$

Hledáme takové řešení rovnice (2), které vyhovuje podmínkám

$$\Theta(R, t) = 0 \quad (4)$$

$$\Theta(r, 0) = 1 \quad (5)$$

kde: r — vzdálenost od středu kulové jímky o poloměru R .

Předpokládejme nyní, že řešení rovnice (2) můžeme vyjádřit jako součin dvou navzájem nezávislých funkcí f a g , kde f závisí pouze na r , kdežto g je funkcí pouze času t , tedy

$$\Theta(r, t) = f(r) \cdot g(t) \quad (6)$$

Když dosadíme (6) do (2), dostaneme rovnost

$$\frac{\nabla^2 f}{f} = \frac{1}{ag} \frac{dg}{dt} = -s^2 \quad (7)$$

která vzhledem k nezávislosti funkcí f a g může být splněna jen tehdy, je-li s konstantní. Dvojmoc konstanty s jsme použili čistě z formálních důvodů, abychom zvětšili přehlednost zápisu dalšího postupu. Záporné znaménko na pravé straně (7) zajišťuje fyzikální přípustnost, tj. konečnost řešení. Z rovnosti (7) snadno nalezneme, že

$$g = A \exp(-s^2 at) \quad (8)$$

a dosazením (8) do (2) dostaneme obyčejnou diferenciální rovnici určující funkci f , tj.

$$\nabla^2 f + s^2 f = 0 \quad (9)$$

Vrátíme-li se k vyjádření Laplaceova operátoru ze vztahu (5), potom v našem případě můžeme vynechat všechny členy obsahující φ a ϑ , neboť na začátku úvahy jsme si stanovili, že teplota je pouze funkcí vzdálenosti bodu od středu, a nezávisí tedy na polohových úhlech φ a ϑ .

Potom dospíváme k tomuto tvaru vyjádření Laplaceova operátoru

$$\nabla^2 f = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial f}{\partial r} \right) \quad (10)$$

což můžeme dále upravit na

$$\nabla^2 f = \frac{1}{r^2} \left[2r \frac{\partial f}{\partial r} + r^2 \frac{\partial^2 f}{\partial r^2} \right] \quad (11)$$

Jelikož f je nyní funkcí pouze jedné proměnné, můžeme parciální derivace psát jako derivace prosté, čímž dospíváme k výrazu

$$\nabla^2 f = \frac{2}{r} \frac{df}{dr} + \frac{d^2 f}{dr^2} \quad (12)$$

Dosazením tohoto výrazu do rovnice (9) dospíváme k obyčejné diferenciální rovnici tvaru

$$rf'' + 2f' + s^2 rf = 0 \quad (13)$$

Řešením (13) obdržíme pro f výraz

$$f = B \frac{\sin(sr)}{sr} \quad (14)$$

který nám užitím podmínky (4) dovoluje určit hodnotu s . Zřejmě platí vztah $s = n\pi/R$, kde $n = 1, 2, 3 \dots$. Dosadíme-li (8) a (14) do (6) spolu s hodnotou konstanty s , dostaneme partikulární integrál rovnice (2), tj.

$$\Theta_n = C_n \frac{\sin(n\pi r/R)}{n\pi r/R} \exp(-n^2 \pi^2 at/R^2) \quad (15)$$

Jelikož obecné řešení (2) je součtem nekonečného počtu řešení partikulárních, platí (Dettman, 1970)

$$\Theta = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \frac{\sin(n\pi r/R)}{n\pi r/R} \exp(-n^2\pi^2 at/R^2) \quad (16)$$

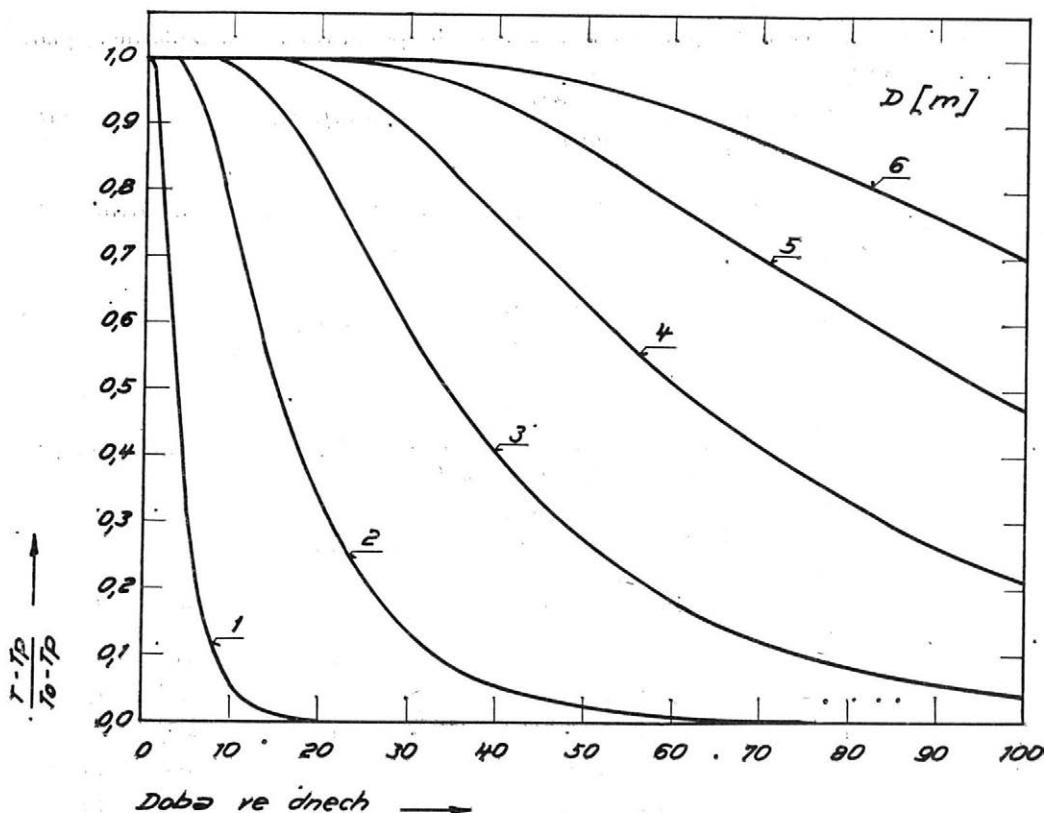
odkud užitím podmínky (5) nalezneme, že $C_n = (-1)^{n-1} 2$. Obecné řešení rovnice (2), splňující podmínky (4) a (5) je tedy

$$\Theta = 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{\sin(n\pi r/R)}{n\pi r/R} \exp(-n^2\pi^2 at/R^2) \quad (17)$$

II. Relativní teplota v centru válcové jámky $(T - T_p)/(T_o - T_p)$ – The relative temperature in the centre of the cylindrical pit $(T - T_p)/(T_o - T_p)$

Čas (dny)	Průměr jámky					
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,867	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
3	0,657	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
4	0,472	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000
5	0,333	0,979	1,000	1,000	1,000	1,000
6	0,234	0,951	1,000	1,000	1,000	1,000
7	0,164	0,913	0,999	1,000	1,000	1,000
8	0,115	0,867	0,997	1,000	1,000	1,000
9	0,080	0,816	0,994	1,000	1,000	1,000
10	0,056	0,763	0,989	1,000	1,000	1,000
20	0,002	0,333	0,822	0,979	0,999	1,000
30	0,000	0,137	0,590	0,891	0,983	0,998
40	0,000	0,056	0,405	0,763	0,937	0,989
50	0,000	0,023	0,274	0,632	0,867	0,965
60	0,000	0,009	0,184	0,514	0,784	0,927
70	0,000	0,004	0,124	0,415	0,699	0,878
80	0,000	0,002	0,083	0,333	0,617	0,822
90	0,000	0,001	0,056	0,267	0,541	0,763
100	0,000	0,000	0,038	0,214	0,472	0,703

Na základě této rovnice jsme propočítali relativní teplotu kejdý ve středu válcové jámky v závislosti na čase (tab. II a graf na obr. 1). Přitom jsme za R dosadili $D(3/16)^{1/2}$, kde D je průměr (= výška) válcové jámky, r jsme položili rovno nule (střed). Vzhledem k pomalé konvergenci této nekonečné řady při malých hodnotách argumentu byly tyto výpočty, neobyčejně pracné, provedeny na samočinném počítači (Carnahan, 1969).



1. Relativní teplota kejdy v centru válcové jímky — The relative temperature of slurry in the centre of a cylindrical pit

VLIV DENNÍHO KOLÍSÁNÍ TEPLoty NA TEPLITNÍ REŽIM V JÍMCE

Odpověď na závažnou otázku (Bird aj., 1968), do jaké hloubky pronikají periodické změny teploty, nalezneme opět řešením rovnice (2), ale s tím rozdílem, že θ bude v tomto případě značit výraz $(T - \bar{T}_p) / (T_{max} - \bar{T}_p)$. Také podmínky, kterým bude muset řešení (2) vyhovovat, budou jiné, totiž

$$\theta(0, t) = \cos \omega t \quad (18)$$

$$\theta(\infty, t) = 0 \quad (19)$$

Podmínka (19) zaručuje fyzikální přípustnost řešení.

Nyní předpokládejme, že řešení existuje ve tvaru (Fuks, Šabat, 1961)

$$\theta(x, t) = f(x)e^{i\omega t} \quad (20)$$

kde: $i = \sqrt{-1}$ a ω — úhlová frekvence periodických změn teploty, což ostatně plyne z podmínky (18)

Dosazením (20) do (2) dostaneme obyčejnou diferenciální rovnici

$$f'' - (i\omega/a)f = 0$$

jejíž integrál můžeme napsat ve tvaru

$$f(x) = A \exp \left[x \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (1 + i) \right] + B \exp \left[-x \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (1 + i) \right] \quad (21)$$

Konstanty A a B určíme pomocí podmínek (18) a (19), tj. $A = 0$ a $B = 1$. Komplexní funkce $\Theta(x, t)$ je tedy vzhledem k (20) dána rovností

$$\Theta(x, t) = \exp \left[-x \sqrt{\frac{\omega}{2a}} + i \left(\omega t - x \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right) \right] \quad (22)$$

jejíž reálnou část přepíšeme na

$$\Theta(x, t) = \exp \left(-x \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right) \cos \left(\omega t - x \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right) \quad (23)$$

Z uvedené rovnice nás zajímá především výraz

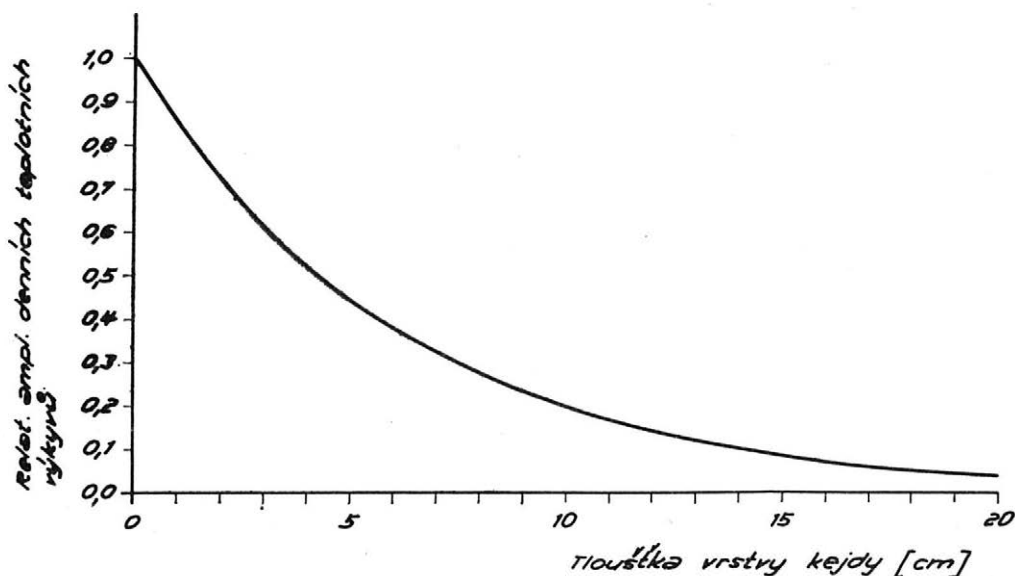
$$\exp \left(-x \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right)$$

III, Relativní amplituda denních teplotních výkyvů v hloubce — The relative amplitude of the daily temperature variations in depth

$h(\text{m})$	Ah/Ap
0,00	1,000
0,01	0,850
0,02	0,722
0,03	0,614
0,04	0,522
0,05	0,443
0,06	0,377
0,07	0,320
0,08	0,272
0,09	0,231
0,10	0,196
0,12	0,142
0,14	0,102
0,16	0,074
0,18	0,054
0,20	0,039
0,25	0,017
0,30	0,008
0,40	0,001

Ah — amplituda teplotních výkyvů v hloubce h

Ap — amplituda teplotních výkyvů prostředí



2. Relativní amplituda denních teplotních výkyvů v různých hloubkách kejdy — Relative amplitude of the daily temperature variations at different depths of slurry column

který reprezentuje relativní velikost amplitudy teplotních výkyvů ve vzdálenosti x od povrchu jímky. O relativní amplitudě hovoříme proto, že amplitudu teplotních výkyvů vně nádrže předpokládáme rovnou jedné.

Dosadíme-li do tohoto vztahu za ω úhlovou rychlost denního kolísání teploty, tj. $\frac{2\pi}{24}$ [h^{-1}], za a teplotní vodivost, tj. $4,975 \cdot 10^{-4} m^2 h^{-1}$ a za x vzdálenost od stěny jímky, potom dospíváme k tab. III a jejímu grafickému znázornění na obr. 2.

Z tab. III a obr. 2 ilustrativně vyplývá, že již ve zcela malé hloubce pod povrchem se stírají vlivy kolísání teploty v denní periodě. Jsme proto plně oprávněni při svých úvahách uvažovat pouze průměrné denní teploty, aniž bychom se tím dopustili prakticky znatelné chyby.

TEPLOTNÍ REŽIM V PLOCHÉ ZEMNÍ JÍMCE

Vytváření teplotního profilu v zemní otevřené jímce nalezneme řešením rovnice (2), která má pro tento případ tvar

$$a \frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2} = \frac{\partial \Theta}{\partial t} \quad (24)$$

kde: x — kolmá vzdálenost od hladiny (hloubka)

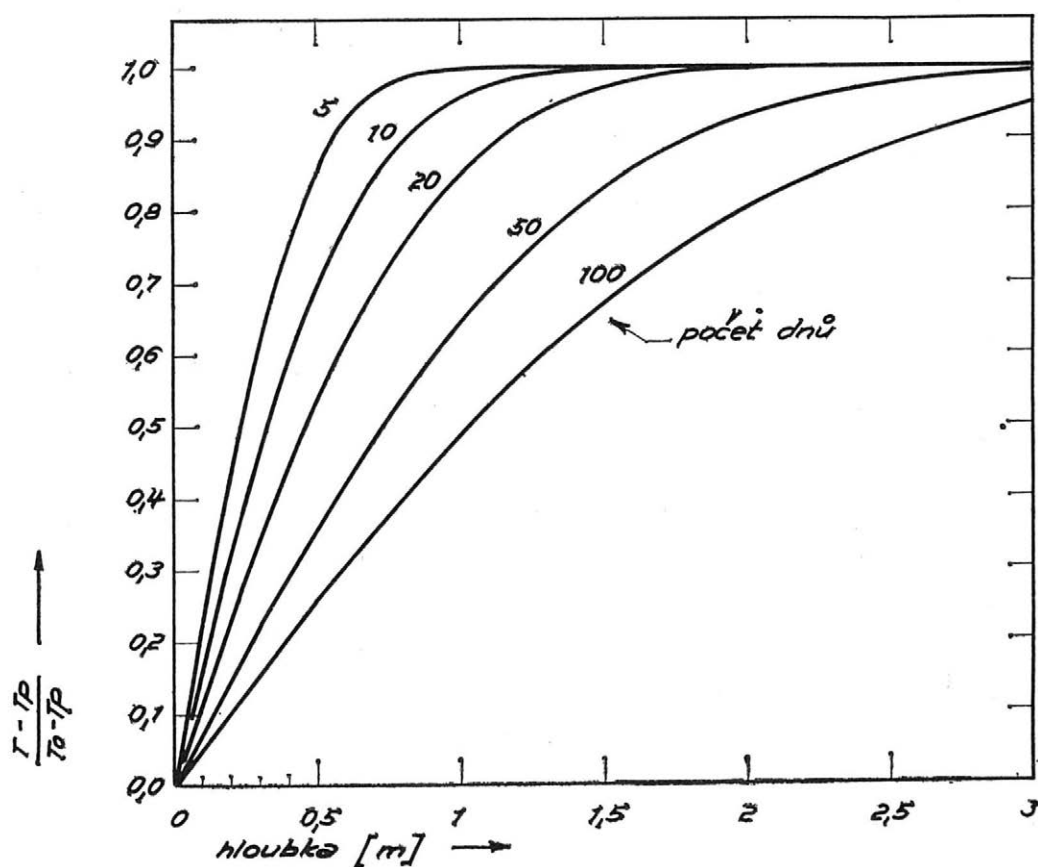
Řešení musí vyhovovat podmínkám

$$\Theta(x, 0) = 1 \quad (25)$$

$$\Theta(0, t) = 0 \quad (26)$$

IV. Vytváření teplotního profilu v zemi otevřené jámy — The formation of the temperature profile in the open ground pit

Hloubka (m)	Relativní teploty $(T - T_p)/(T_o - T_p)$				
	5 dnů	10 dnů	20 dnů	50 dnů	100 dnů
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,228	0,163	0,115	0,073	0,052
0,2	0,438	0,319	0,228	0,146	0,103
0,3	0,616	0,462	0,337	0,217	0,154
0,4	0,753	0,588	0,438	0,287	0,205
0,5	0,855	0,695	0,532	0,354	0,254
1,0	0,996	0,960	0,849	0,642	0,484
1,5	1,000	0,998	0,971	0,830	0,669
2,0	1,000	1,000	0,996	0,934	0,807
3,0	1,000	1,000	1,000	0,994	0,949



3. Teplotní profily v otevřené zemi jámy — Temperature profiles in the open ground pit

Nejprve předpokládejme, že neznámá funkce $\Theta(x, t)$ má tvar $f(z)$, kde $z = x/2\sqrt{at}$. Dosazením funkce $f(z)$ do (24) dostaneme obyčejnou diferenciální rovnici $f'' + 2zf' = 0$ která má integrál

$$f = A \int_0^z e^{-u^2} du \quad (27)$$

Položíme-li $A = 2/\sqrt{\pi}$, pak rovnost (27) vyhovuje podmínkám (25) a (26), takže dostáváme konečný výsledek ve tvaru

$$\Theta = \operatorname{erf}(x/2\sqrt{at}) \quad \text{kde } \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du \quad (28)$$

Výpočet průběhu teplot v otevřené zemní jímce je uveden v tab. IV a na chr. 3

ZÁVĚR

Výpočtové postupy, odvozené v této práci, umožňují posoudit pro potřeby projekční a technologické praxe pochody chladnutí skladované kejdy za zimních podmínek. Na jejich základě je možné činit závěry pro řízení provozu stájí a předvídat obtíže, k nimž by mohlo v chladném období dojít. Přijaté zjednodušující předpoklady způsobují samozřejmě určitou odchylku reálného průběhu od výpočtu, neruší však sledovaný cíl podat ilustraci z dosud málo sledovaného pohledu.

Literatura

- BIRD, B. R. — STEWART, W. E. — LIGHFOOT, E. N.: Přenosové jevy. Praha, Academia 1968.
 DETTMAN, S. W.: Matematické metody ve fyzice a technice. Praha, Academia 1970.
 FUKS, B. A. — ŠABAT, B. V.: Funkce komplexní proměnné. Praha, ČSAV 1961.
 IZARD, J.: Příručka technické fyziky. Praha, SNTL 1972.
 VELEBIL, M.: Stanovení tepelné technických parametrů kejdy. Zeměd. Techn., v tisku.

Došlo dne 27. 7. 1977

ВЕЛЕБИЛ, М. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Температурные профили в сборниках жидкого навоза при воздействии холодной погоды. Земед. Techn., 23, 1977 (10): 561-571.

При охлаждении жидкого навоза под действием окружающей атмосферы меняются, в основном отрицательно, физические свойства, определяющие его поведение при манипулировании и транспорте. Поэтому был произведен анализ процесса охлаждения хранимого жидкого навоза в зимний период. При пренебрежении биологической активностью среды, переходом тепла на фазном пределе, конвекцией и другими приближениями, были вычислены изменения температуры в центре цилиндрического сборника-хранилища жидкого навоза с высотой, равной диаметру. Далее был вычислен температурный профиль в плоском открытом земляном хранилище жидкого навоза. Обследовали также влияние колебаний температуры в течение дня.

жидкий навоз; сборник-хранилище для жидкого навоза; температурный профиль в хранилище; конвекция тепла; температура хранимого жидкого навоза

VELEBIL, M. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepl): *Temperature Profiles in Slurry Pits under Cold Weather*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 561-571.

When slurry cools in air, changes — mostly unfavourable — occur in the physical properties underlying the behaviour of slurry during handling and transport. For this reason, the cooling of stored slurry in the winter season was subjected to analysis. Without taking into account the biological activity of the medium, heat passage to phase boundary, convection and other approximations, the author calculated the changes of temperature in the centre of a cylindrical storage pit where the height was equal to the diameter. Further he calculated the temperature profile in a flat open pit. The effect of the daily variation of temperature was also examined.

slurry; slurry storage pit; temperature profile in the pit; heat conductivity; temperature of stored slurry

VELEBIL, M. (Forschungsinstitut der Landtechnik, Praha - Řepl): *Temperaturprofil in Güllegruben bei der Einwirkung der kalten Witterungsbedingungen*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 561-571.

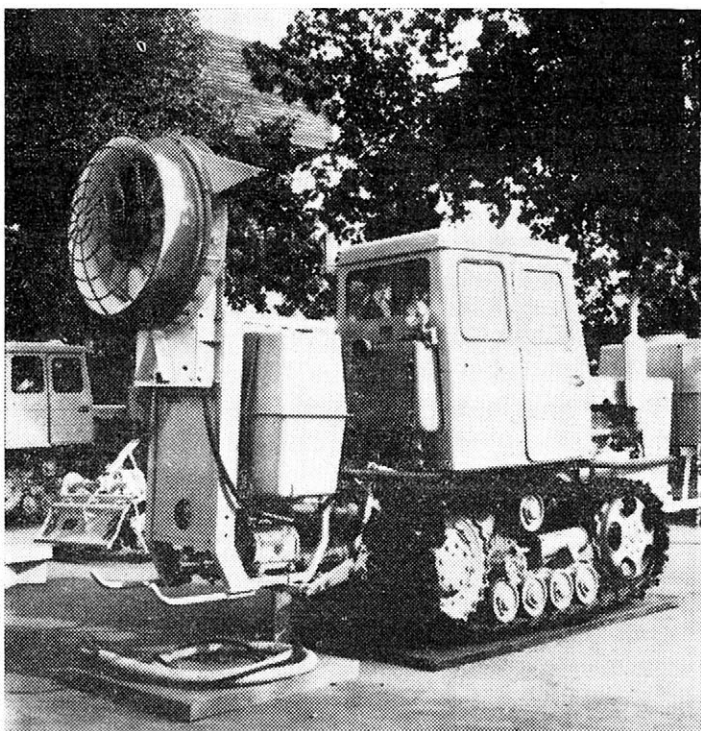
Während der Kühlung der Gülle durch Einwirkung der Aussenluft werden die deren Verhalten bei dem Umgang und Transport bestimmenden physikalischen Eigenschaften vielmehr beeinträchtigt. Es wurde daher die Analyse des Kühlvorganges der gelagerten Gülle in der Winterperiode vorgenommen. Bei der Vernachlässigung der biologischen Aktivität des Mediums, des Wärmeüberganges an der Phasengrenze, Konvektion und weiteren Approximationen wurden Temperaturänderungen in der Mitte der zylinderförmigen Lagergrube mit der dem Durchmesser gleichenden Höhe errechnet. Ferner wurde das Temperaturprofil in einer flachen offenen Erdgrube errechnet. Es wurde auch die Auswirkung der Temperaturschwankung im Tagesverlauf untersucht.

Gülle; Güllelagergrube; Temperaturprofil in der Grube; Wärmeleitung; Temperatur der Lagergülle

Adresa autora:

Doc. ing. Miloslav Velebil, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepl

Traktor "BOLGAR" T-54 V s postřikovačem "PERLA"



umožní účinně chránit vinice a ovocné sady a zbavit je nežádoucích škůdců a jimi vyvolaných chorob. Postřikovací zařízení "PERLA" s nádrží o obsahu 600 l a s výkonem 4,5 ha h⁻¹ je přímo napojeno na pásový traktor "BOLGAR" T-54 V o výkonu 54 k.

Agromachinaimpex



Vývozce: GTP Agromachinaimpex, Bulharsko, Sofia, Aksakovova 5, telefon 88 53 25, telex 022 563

Další informace podá Bulharská obchodní komise v ČSSR, Praha I, Krakovská 6, telefon 264 306

SYSTÉM HODNOCENÍ ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBY

J. Kosek

KOSEK, J.: (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Systém hodnocení energetické účinnosti zemědělské techniky*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10): 573—588.

Rozvoj zemědělské výroby a její intenzifikace jsou spjaty s rozvojem energetické základny zemědělství a s výrazným vzrůstem spotřeby energie všech forem. Systémové pojetí zemědělsko-potravinářského komplexu vyžaduje zavést nový způsob hodnocení energetické účinnosti zemědělské výroby, event. výroby potravin, vycházející z materiálových toků a pohybu paliv, elektrické energie a tepla a beroucí v úvahu jak vlastní prvovýrobu, úpravu a skladování produkce, tak i oblast jejího zpracování. Byly navrženy základní matematické formulace pro rovnovážnou bilanci spotřeby palivoenergetických zdrojů pro zamýšlený komplex i pro jednotlivé druhy produkce. Jsou uvedeny příklady stanovení energetické účinnosti výroby cukru a vepřového masa.

spotřeba paliv a energie; energetická bilance; materiálový tok; účinnost výroby cukru; účinnost výroby vepřového masa

Růst objemu zemědělské výroby co do množství, požadované skladby i kalorické hodnoty produkovaných potravin závisí do značné míry na hodnotě energie, vynaložené ve výrobním procesu a na energetické vybavenosti zemědělství. O tom svědčí i statistické údaje. (Funkční závislost mezi spotřebou paliv a energie a hodnotou hrubé zemědělské produkce v letech 1955—1976 charakterizoval poměr 1 : 3, tj. nárůstu HZP o 10 % odpovídalo 30% zvýšení spotřeby energie.)

Měrná spotřeba paliv a energie na jednotlivé druhy výrobků v procesu koncentrace a intenzifikace zemědělské výroby bude pravděpodobně vykazovat vzestupnou tendenci, i když mnohé výzkumné práce i některé zkušenosti z provozu ukazují na možné rezervy odvětví. Zmíněné vzestupy ve spotřebě energie leží především v oblasti zpracování a skladování produkce. Vede k nim nutnost bránit ztrátám a uchovávat maximální nutriční hodnoty všech sklizených a vyrobených produktů při očekávaném zvyšování výnosů i produkce a rozvoj technologických a pracovních postupů vysoce náročných na energii (sušení, chlazení, úprava klimatu, výroba v řízeném prostředí — skleníkové hospodářství — apod.).

I když lze konstatovat, že naše národní hospodářství nepracuje pokud jde o spotřebu energie co nejefektivněji, vykazuje zemědělství celkem nejúspěšnější ukazatele ve spotřebě této energie na finanční jednotku objemu výroby (zemědělství 40 t. m. p., strojírenství 130—150, chemie až 300 t. m. p. na 1 mil. Kčs produkce).

Dosavadní způsoby hodnocení energetiky a energetické účinnosti v zemědělství, popřípadě v zemědělsko-potravinářském komplexu, umožňují hodnotit spotřebu energie převážně pro dílčí operace, které bez kontextu s celým technologickým a výrobním systé-

mem včetně dopravy neskytaly možnost hledat systémová a optimální řešení pokud jde o spotřebu energie.

Proto byla zpracována metodická studie hodnocení energetické účinnosti zemědělské výroby včetně výroby potravin. Princip vychází z obecné rovnice pohybu energie a materiálových toků. Tyto vztahy nezahrnují energii slunečního záření a její druhotné formy, které tvoří podstatnou část dodávek energie do rostlinné výroby. Pro úplnost by měla bilance počítat i s energií nutnou na výrobu průmyslových hnojiv, chemických postřiků, pořizovaných strojů apod. (Tato hlediska nebyla v současné etapě rozborové činnosti uplatňována.)

POHYB HMOT, PALIV A ENERGIE V ZEMĚDĚLSKO-POTRAVINÁŘSKÉM KOMPLEXU

Obecná rovnice toku energie (energetická bilance) vychází ze schematu pohybu paliv a energie v resortu a z jeho vztahu k okolí podle způsobu používaného v národním hospodářství. Pohyb hmoty (materiálový tok) a toky paliv a energie v zemědělsko-potravinářském komplexu jsou uvedeny v obecné formě na obr. 1.

Pro tyto účely je komplex rozdělen do čtyř základních odvětví:

- a) rostlinná výroba,
- b) úprava produktů a skladování,
- c) živočišná výroba,
- d) potravinářský průmysl.

Z hlediska spotřeby energie je třeba brát v úvahu další odvětví, která se na výrobě potravin podílejí jen nepřímo, což jsou

- e) agrochemická střediska,
- f) opravny zemědělských strojů a STS.

Pohyb materiálu je znázorněn v diagramu plnými čarami. (Znamená vždy dopravu, resp. manipulaci, a tedy i spotřebu energie, nejčastěji ve formě motorových paliv nebo elektrické energie.)

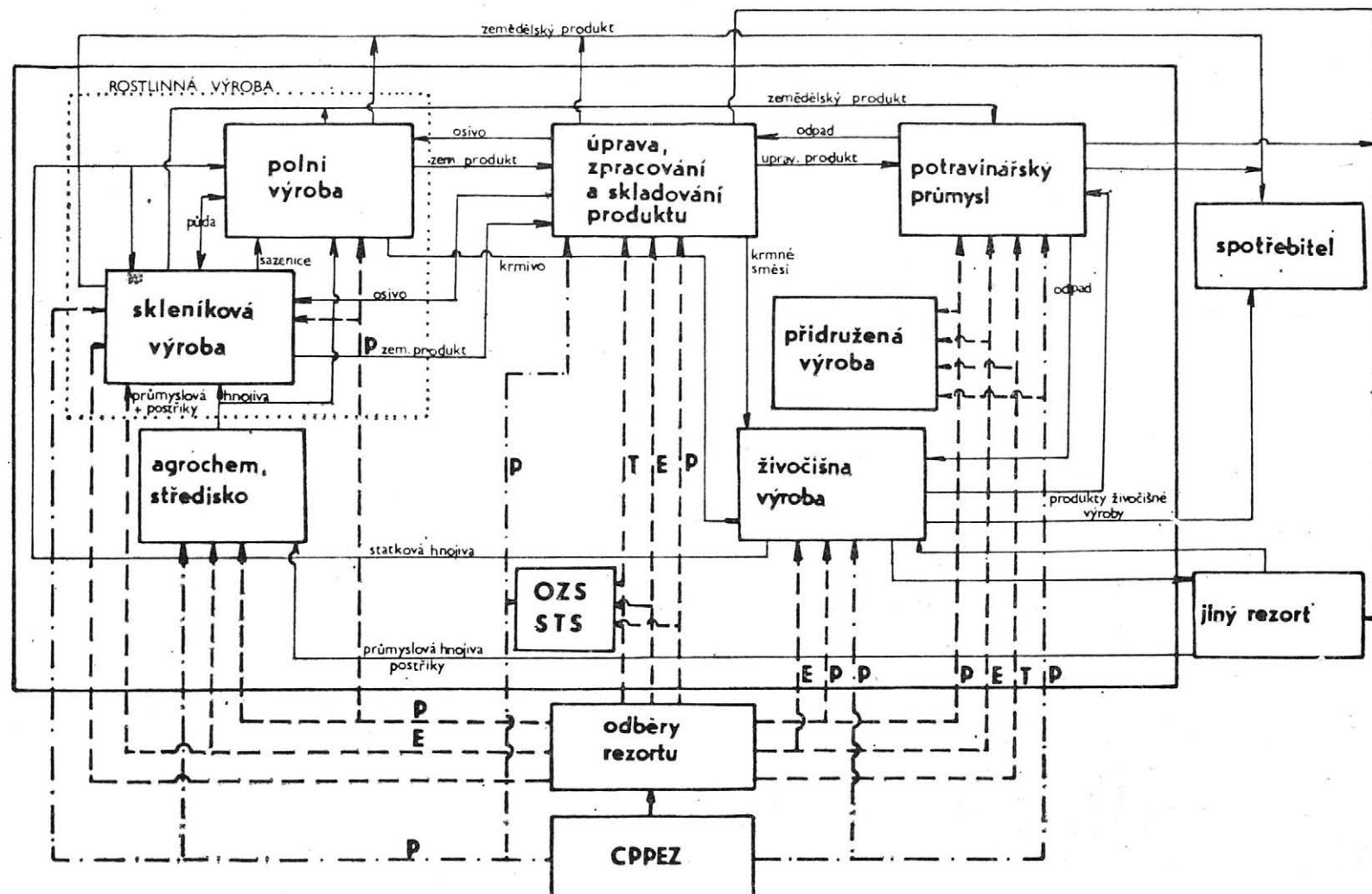
Schéma nerozeznává rozmístění výroben ani nespécifikuje vlastnictví a vlivy z něho plynoucí na spotřebu energie. Tak např. do podniků rostlinné výroby jsou zahrnuta JZD, státní statky, kooperační seskupení a oborové podniky. Živočišná výroba zahrnuje vedle uvedených podniků i velkovýkrmny, drůbežnictví apod. Oblast úpravy produktů se týká zemědělských podniků i provozů zemědělského zásobování a nákupu. Oblast opraven nerozlišuje mezi podniky VHJ OZS a STS a opravami zemědělských podniků.

Pohyb paliva a energie je znázorněn čárkovaně, přičemž se rozlišuje energie paliv, tepelná a elektrická, získaná přeměnou a zušlechťováním prvotní palivoenergetické základny, jejíž část může zásobovat přímo i některé provozy komplexu.

Komplex je převážně spotřebitelem paliv a energie. Pouze nepatrná část přebytků tepelné energie a elektrické energie je v mimošpičkovém období poskytována z potravinářského průmyslu k použití v jiných resortech.

Ze schematu je patrné, že neexistují energetické vazby mezi jednotlivými odvětvími uvnitř resortu. Všechny druhy paliv a energie přicházejí z vnější sféry. Existují však materiálové vazby, které jsou vesměs podmíněny spotřebou energie. Je proto třeba řešit každé odvětví současně jak z hlediska pohybu hmoty (materiálových toků), tak i pohybu energie.

V průběhu výrobního procesu se předpokládá, že spotřebou energie stoupá energie-



tická nasycenost materiálu. S použitím tohoto faktu lze řešit energetickou rovnováhu každého výrobního odvětví samostatně i resortu jako celku. Musí platit vztah, že součet dodané energie i součet energetické nasycenosti materiálu na vstupu do výrobního odvětví se musí rovnat součtu energetické nasycenosti materiálu na výstupu. (Energetickou nasyceností materiálu se rozumí množství energie, vynaložené na jednotku výrobku do dané fáze jeho další přeměny.)

Zjednodušujícím faktorem je předpoklad nulové hodnoty energetické nasycenosti materiálu na výstupu z jiných resortů, i když v dalších podrobnějších pracích bude nutné počítat se skutečnou energetickou nasyceností všech materiálů (např. spotřebou energie na výrobu průmyslových hnojiv, chemických přípravků apod.).

Stanovení spotřeby paliv a energie vyžaduje kvantifikaci materiálových toků a hmotného pohybu paliv a energie. Proto bylo obecné schéma v dalším rozpracováno na vybrané plodiny a druhy hospodářských zvířat. Při rozpracování byl dodržován předpoklad, že všechny hmotné odpady vzniklé při výrobě hlavního produktu, např. sláma, hnůj, cukrovarnické řízky atd., mají na výstupu nulovou energetickou nasycenost. Energie zatěžuje vždy pouze určitý produkt, který se zušlechťuje ve výrobním procesu na výsledný výrobek. Na vstup přichází odpad vždy s energetickou nasyceností odpovídající příslušným dopravním operacím. Tento zjednodušující postup byl volen s ohledem na nemožnost prozatím rozčlenit spotřeby energie ve zpracovatelském průmyslu na jednotlivé druhy výrobků a odpadů.

Pro stanovení spotřeby paliv a energie je třeba vždy pro použitou technologii (konkrétní kombinaci uvedených pracovních operací) určit pro každou operaci množství spotřebovaných paliv a energie ve vazbě na procházející množství materiálu.

METODIKA VÝPOČTU

Úhrnný vztah pro energetickou bilanci (paliva, elektrina, teplo) zemědělsko-potravinářského komplexu lze definovat

$$\sum_p PPEZ + \sum_{PET} \text{odběry} = \sum_{PET} KS + \sum_{ET} \text{dodávky} \quad (1)$$

kde: $\sum_p PPEZ$ — součet všech odběrů paliv z celostátních prvotních palivoenergetických zdrojů
 $\sum_{PET}$ odběry — součet všech odběrů paliv, elektřiny a tepla z procesů přeměny a zušlechťování paliv z jiných resortů
 $\sum_{PET} KS$ — celková konečná spotřeba paliv, elektřiny a tepla v resortu
 $\sum_{ET}$ dodávky — součet všech dodávek elektřiny a tepla mimo resort

V obecné rovnici se neberou v úvahu samostatné procesy přeměny paliv, neboť v zemědělství netvoří významný podíl; jsou zahrnuty přímo u jednotlivých druhů paliv. Ztráty jsou zahrnuty v celkové spotřebě paliv a energie. Dodávky tepla a elektřiny mají poměrně malou hodnotu, týkají se výhradně potravinářského průmyslu.

Konečná spotřeba paliv je

$$\sum_{PET} KS = \sum E_i \quad (2)$$

kde: $\sum E_i$ — součet dodané energie a paliv

Dále platí

$$\sum n_{E_i} + \sum n_{Q_i} = \sum n_{Q_{i+1}} \quad (3)$$

kde: $\sum n_{Q_i}$ — „energetická nasycenost“ materiálu na vstupu do výrobního procesu
 $\sum n_{Q_{i+1}}$ — „energetická nasycenost“ materiálu na výstupu z výrobního procesu
 n — index označující druh materiálů
 i — index označující jednotlivý proces (na výstupu je zvětšen o 1)

Dodaná energie tvoří tedy rozdíl v energetické nasycenosti materiálu na výstupu ze dvou na sebe navazujících procesů. Doprava zatěžuje energeticky následující proces.

Pro zjednodušení se předpokládá nulová hodnota energetické nasycenosti materiálu na výstupu z jiných resortů (příslušné indexové označení $i = 0$).

„Měrná energetická nasycenost“ se vztahuje na jednotku materiálu na výstupu. Zahrnuje energii dosanou během všech předchozích procesů

$$n_{q\ i+1} = \frac{n_{Q_{i+1}}}{n_{M_{i+1}}} \quad (4)$$

kde: $n_{q_{i+1}}$ — „měrná energetická nasycenost“ materiálu na výstupu výrobního procesu (resortu)
 $n_{M_{i+1}}$ — množství materiálu (m^3 , kg, ap.) na výstupu výrobního procesu (resortu)

Měrná spotřeba energie se vztahuje na vlastní proces

$$n_{e_i} = \frac{n_{E_i}}{n_{M_{i+1}}} \quad (5)$$

kde: n_{e_i} — měrná spotřeba energie na vlastní proces (např. sušení)
 n_{E_i} — množství energie dodané do výrobního procesu (např. do sušárny)

Jelikož energetická bilance komplexu je dána výrazem (6)

$$\Sigma n_{E_i} = \Sigma n_{Q_{i+1}} - \Sigma n_{Q_0} \quad (6)$$

kde: $\Sigma n_{Q_0} = 0$

musí pro měrnou energetickou nasycenost materiálu na výstupu z resortu platit

$$n_{q_{i+1}} = n_{e_i}$$

Důležitým faktorem, určujícím energetickou účinnost zemědělské výroby, eventuelně celého zemědělsko-potravinářského komplexu, je nutriční hodnota materiálu nebo vyrobených potravin na výstupu. Známe-li jejich kalorickou hodnotu, lze účinnost výroby η definovat jako poměr energie získané na výstupu ve formě potravin a celkové energie vynaložené na jejich výrobu (7)

$$\eta = \frac{\Sigma n_{J_{i+1}}}{\Sigma n_{Q_{i+1}}} \quad (7)$$

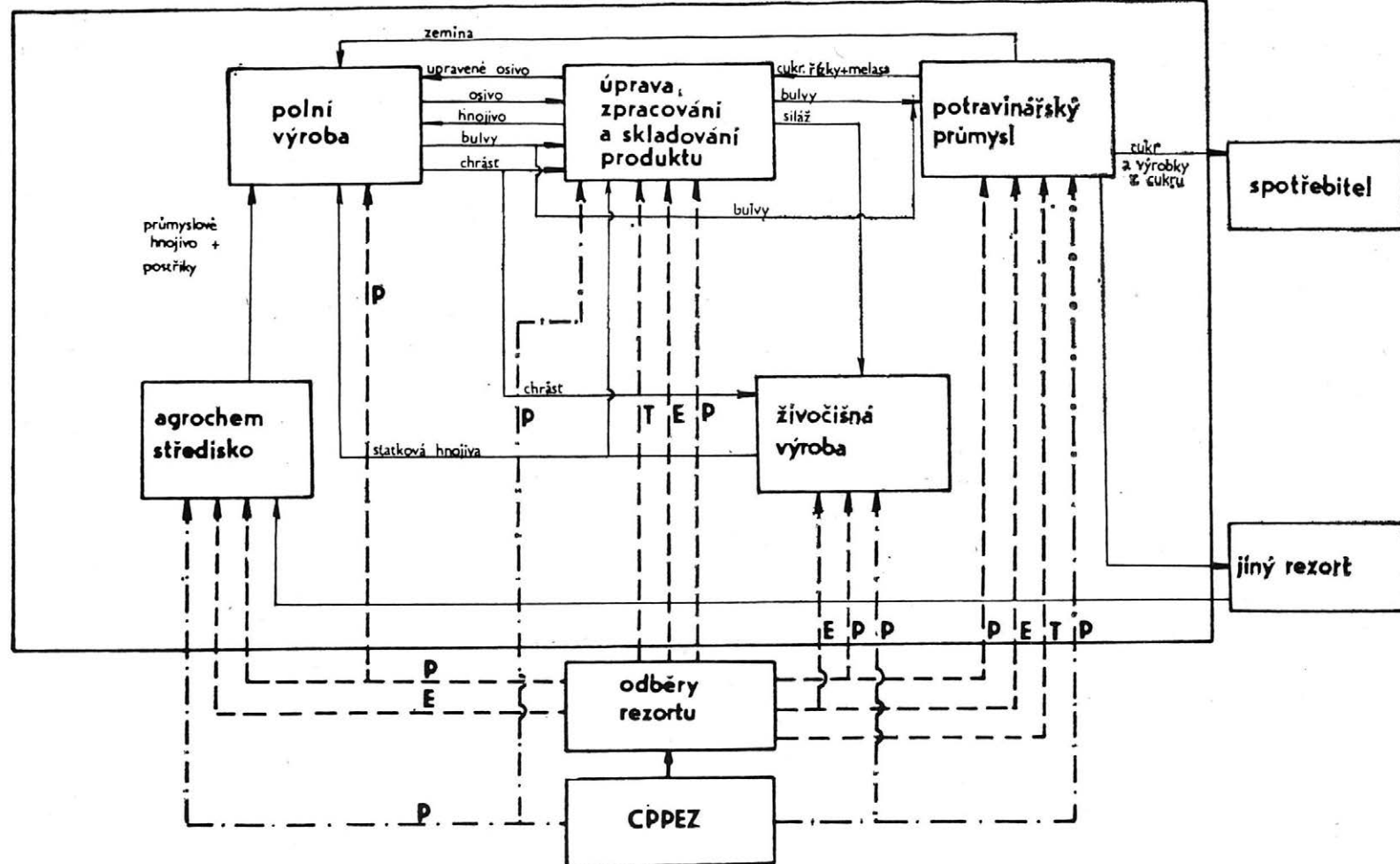
kde: $\Sigma n_{J_{i+1}}$ — kalorická hodnota materiálu (potravin) na výstupu

Analogický výraz platí pro jednotlivé druhy výrobků.

PŘÍKLADY VÝPOČTU ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI

ENERGETICKÁ BILANCE VÝROBY CUKRU

Bilance je sestavena podle schématu uvedeného na obr. 2, pouze s menšími odchylkami. Na úseku zemědělské výroby se berou v úvahu pracovní operace nutné podle nynějších agrotechnických hledisek, přičemž se předpokládá použití poměrně pro-



2. Schéma toku materiálu, paliv a energie v zemědělsko-potravinářském komplexu — výroba cukrovky a cukru — Diagram of the flow of material, fuels and power in the agricultural and food production complex — sugar-beet and sugar production

I. Zemědělská výroba — energetická náročnost výroby cukrovky — Agricultural production — the power needed in the production of sugar-beet

Operace	Agregace	Výkon- nost ha h ⁻¹	Spotřeba paliva kg ha ⁻¹	Poznámka
Podmítka	ŠT-180 + 8 PN 35	1,0	12,2	
Ošetření podmítky	8011 + 5 BTŠN 480	4,0	1,9	
Hnojení chlěvskou mrvou: nakládání	8011 + UNHZ 750	40 (t h ⁻¹)	6,4	
rozmetání	8011 + RU-5	1,0	21,0	5 souprav, 2 km
Zaorávka mrvy	ŠT-180 + 6—8 PX 35	1,2	17,0	40 t ha ⁻¹
Hluboká orba	ŠT-180 + 6 PX 35	0,9	21,0	
Smykování, vláčení	ŠT-180 smyk, brány	6,0	3,7	
Kombinované kypření	ŠT-180 + 56 KON 800	7,0	3,7	
Hnojení průmyslovými hnojivy:				
nakládka + doprava	5511 + přívěs 5 t		1,5	doprava do 8 km
rozmetání	8011 + rozmetání	4,0	2,2	
Setí + postřik herbicidy	5511 + 12 SePUZ s adaptérem	1,4	1,9	
Doprava postřiku	5511 + cisterna		0,2	doprava do 8 km postřik 200 l ha ⁻¹
Rozrušení půdního škrálovu	4011 + válečky	1,1	14,6	
Kypření	8011 + 6 KPN	0,75	3,5	
Dělená sklizeň: ořezávání chrástu	5511 + 3 OKCP	0,4	11,0	výnos 39 t ha ⁻¹
vyorávání bulev	8011 + 3 VCX	0,5	15,6	výnos 40 t ha ⁻¹
doprava bulev	5511 + přívěs 5 t	0,5	32,0	doprava do 5 km 5—6 souprav
Doprava zeminy a saturačních kalů z cukrovaru:				
naložení a doprava	bagr + T-148		11,8	doprava do 14 km
nakládání	8011 + UNHT 750		1,3	doprava do 2 km
rozmetání	8011 + RU 5		4,2	8 t na 1 ha
Celkem			186,7	
tolerance +15 % —10 % rozmezí pro výnos 40 t ha ⁻¹				168—215

gresivních mechanizačních prostředků z hlediska dnešního vybavení zemědělských podniků (např. zpracování půdy traktorem ŠT-180, rozmetadla hnoje RU-5 ap.). Použité hodnoty spotřeby paliv vycházejí ve většině případů z konkrétních měření, prováděných však za příznivých klimatických podmínek na těžké půdě.

Vlastní zpracování bilance je uvedeno v tab. I, v níž jsou uvedeny

- použitá agregace,
- výkonnost (ha h^{-1}),
- spotřeba motorových paliv (kg ha^{-1}),
- bližší pracovní podmínky.

Odchyłky výpočtu proti obecnému schématu vyplývají z nedostatku některých podkladů:

- bilance nezahrnuje energii nutnou na dopravu průmyslových hnojiv (popřípadě na jejich zpracování a na nutnou manipulaci) z agrochemického střediska do zemědělského podniku. Počítá se však s jejich naložením a odvozem k pracovnímu stroji — rozmetadlu — na průměrnou vzdálenost 8 km;
- nepočítá se s energií nutnou na výrobu a úpravu osiva;
- energie nutná pro dopravu ořezaného chrástu jde na vrub krmiv, zatěžuje tedy již živočišnou výrobu;
- pro zjednodušení výpočtu se předpokládá použití traktorové dopravy vyoraných bulev na skládky do vzdálenosti 5 km od místa sklizně;
- bilance zahrnuje potřebu mechanické práce na dopravu zeminy, nezpracovatelných organických zbytků a saturačních kalů nákladními automobily na polní skládky, jejich naložení a rozmetání na poli.

Různý výnos cukrovky značně ovlivňuje průběh měrné spotřeby energie (paliva) v kg t^{-1} výrobku, neboť celková spotřeba energie, vztažená na 1 ha ploch, se téměř nemění (změna ve spotřebě paliva při sklizni, odvozu bulev na skládku a při odvozu zeminy a saturačních kalů z cukrovaru neovlivňuje podstatně sumární ukazatele).

II. Spotřeba energie v cukrovarnickém průmyslu (měrná spotřeba energie GJ t^{-1} rafinovaného cukru) — Power consumption in the sugar industry (specific consumption of power GJ t^{-1} refined sugar)

Výrobní úsek	Měrná spotřeba energie		Podíl ze spotřeby %	Poznámka
	přirozené palivo	GJ t^{-1}		
Naložení a doprava bulev	11,66 (kg t^{-1})	0,489	2,00	motorové palivo
Výroba a rafinace cukru	205 (kWh t^{-1})	1,485	91,95	elektrická energie (0,247 kg mp kWh^{-1})
	3,6 (Gcal t^{-1})	20,681		
Výroba saturačního vápence	39,2 (kg mp t^{-1})	1,172		teplo 98 kg mp t^{-1} (vápence)
Vytápění a klimatizace	25 kg mp t^{-1}	0,732		teplo
Celkem		24,559	100,00	

Na úseku potravinářského průmyslu (cukrovary) se vychází ze současného průměrného stavu přestárých výrobních zařízení. Data měrných spotřeb energie jsou použita ze zpráv pro úkol P-0-5-7 „Výzkum racionálního využití všech forem energie v cukrovarnickém průmyslu“, zpracovaných v GŘ cukrovarnického průmyslu Praha. Spotřeba různých druhů energie byla přepočtena na stálý ukazatel (GJ) a vztažena na jednotku výroby rafinovaného cukru. Proporce výroby krystalového a kostkového cukru odpovídají dnešnímu stavu výroby.

V bilanci není zahrnuta spotřeba energie na dovoz vápence, paliv a ostatních hmot, bere se však v úvahu doprava cukrovky z filiálních skládek nákladními automobily na průměrnou vzdálenost 14 km — ukazatel okresu Jičín. Odvoz vyloučených řízků je částečně zahrnut v dopravě bulev (vytížení nákladního vozu dovážejícího cukrovku ze skládek), částečně jde na úkor výroby krmiv pro živočišnou výrobu. Počítá se s výtěžností cukrovky 12 %, s obsahem příměsí (hlína a chrást) 5 % přepravené hmoty a s nutností výroby saturačního vápna v množství 5 % z celkové hmoty cukrovky. Z daných ukazatelů vyplývá, že na výrobu 1 t rafinovaného cukru je potřeba 8,34 t čistých bulev. Vlastní ukazatele průměrné spotřeby energie na výrobu cukru v cukrovarnickém průmyslu uvádí tab. II.

SUMÁRNÍ UKAZATELE

Celkovou spotřebu energie na výrobu cukru uvádí tab. III.

Je zřejmé, že vlastní zemědělská výroba zatěžuje energeticky výrobu cukru při současné úrovni technologií za dobrých klimatických podmínek zhruba 6,2 %. Energie na tomto úseku je zajišťována výlučně motorovými palivy. Celková spotřeba motorových paliv však tvoří 8,1 % veškerých paliv na výrobu 1 tuny cukru. Při enormním poklesu výnosů cukrovky se může v zemědělství zvýšit podíl na nutné energii na 9,6 % i více.

III. Spotřeba energie na výrobu 1 tuny rafinovaného cukru podle ukazatelů roku 1974 — Power consumption for the production of 1 ton refined sugar (according to 1974 indices)

Výrobní oblast	Spotřeba energie GJ t ⁻¹	Podíl ze spotřeby
Zemědělství (motorová paliva)	1,631	6,2
Cukrovary: motorová paliva	0,489	1,9
teplo	22,585	86,2
elektrická energie	1,485	5,7
Celkem	26,190	100,0

I když se v zemědělství vyvíjejí značné snahy o snížení energetické náročnosti výroby cukrovky zaváděním technologických změn (víceřádkový systém pěstování a sklizně cukrovky, doprava těžkotónážními přívěsy, automobily ap.), musí se rozhodující řešení ke zvýšení energetické účinnosti výroby cukru najít v cukrovarnickém průmyslu.

Z hlediska ekonomického vyžaduje zemědělská výroba, aby se na tržní produkci bulev cukrovky v hodnotě 1 mil. Kčs (při ceně 250,— Kčs t⁻¹ a výnosu 40 t ha⁻¹) vynaložilo energie ve formě 19 620 kg motorové nafty, tj. 72 GJ.

V potravinářství je třeba na tržní produkci 1 mil. Kčs vyrobit 275 t cukru (při SVC

3640 K_{cs} t⁻¹) a vynaložit 6750 GJ tedy 8,25násobné množství energie než v zemědělství. (Údaje svědčí o tom, že z hlediska celospolečenského představuje export cukru značný nepřímý vývoz energie.)

Energetická účinnost výroby cukru bez zřetele na energii sluneční, energii nutnou na výrobu průmyslových hnojiv, ochranných látek a strojních olejů a bez zřetele na energii nutnou na reprodukci pracovních sil není příliš příznivá. Za předpokladu, že nutriční hodnota cukru je v průměru 3800 Gcal kg⁻¹ (15,907 MJ kg⁻¹), lze účinnost předpokládat

$$\eta = \frac{15,907}{26,190} = 0,607$$

tj. zhruba 60 %, resp. na výrobu určité kalorické hodnoty v cukru vynakládáme více než 1,65násobek energie potřebných forem. Skutečnost při respektování všech vstupních veličin je ještě méně příznivá.

ENERGETICKÁ BILANCE VÝROBY VEPŘOVÉHO MASA

Bilance je uvedena podle schematu na obr. 3 za předpokladu, že při vlastní výrobě masa se používá technologie krmení suchými směsmi. Pro jednodušší řešení problematiky chovu prasat jsou měrná čísla ve spotřebě energie brána v úvahu podle příkladu podniku s uzavřeným obratem stáda. Vlastní energetická bilance je členěna do tří skupin

- výroba krmných směsí,
- výroba jatečních prasat ve specializované výrobě,
- zpracování masa v masném průmyslu.

IV. Celková spotřeba energie na výrobu 1 tuny komponentů pro komplexní směs
— výchozí údaje — Total power consumption for the production of 1 ton of components for complete mixtures — starting data

Komponenty	Motorová nafta MJ	Teplo MJ	Elektrická energie MJ	Celková energie	Poznámka
Masokostní moučka	167,4	293,1	28,8	489,3	dovoz 50 km
Obiloviny	837,2	283,1	28,8	1 159,1	
Senná moučka	787,2	9 965,4	900,0	11 652,4	
Bramborové vločky	1 255,8	11 870,6	1 072,8	14 199,2	
Odstředěné sušené mléko	167,4	14 508,4	1 310,4	15 986,4	dovoz 50 km
Krevní šrot	167,4	14 508,4	1 310,4	15 986,4	dovoz 50 km
Sušená torula	334,9	84 559,3	7 560,0	92 454,2	dovoz 100 km
Cukr krmný	2 118,1	22 583,3	1 485,0	26 186,4	
Sádlo	3 348,8	3 810,3	540,0	7 699,1	
Cukrovkový šrot	2 118,1	11 401,6	1 029,6	14 549,3	
Sušené cukro- vaské řízky	67,0	10 844,7	1 044,0	11 955,7	dovoz 20 km
Mísení	40,0	260,9	64,0	364,9	
Rybí moučka, extrahovaný sójový šrot, minerální příspěvy, extraho- vané šroty, otruby	334,9			334,9	doprava 100 km

Výroba krmných směsí

Na úseku rostlinné výroby byly zpracovány nutné energetické podklady pro produkci obilovin, píce, brambor a dalších komponentů pro krmné směsi.

Základní spotřeba paliv a energie pro výrobu komponentů směsí je uvedena v tab. IV. Výpočet byl proveden pro nejpoužívanější druhy směsí KPB, KPK, ČOS 2, A 1 a SOL ve složení podle receptáře MZVŽ (1974). Složky, přicházející jako odpad z potravinářského průmyslu, minerální přísady, rybí moučka ap., se berou v úvahu ve výrobních krmných směsích jako vstupy s nulovou energetickou hodnotou, resp. jsou zatíženy pouze dopravou. Při vlastním zpracování komponentů v mísírnách se počítá s průměrnou hodnotou spotřeb energií, jak ji udává Výzkumný ústav krmivářského průmyslu v Pečkách.

Byla stanovena spotřeba energie ve formě motorové nafty, tepla a elektrické energie pro jednotlivé druhy krmiv pro prasata. Uváděné směsi mají značně rozdílnou energetickou náročnost, a to od 6200 MJ t⁻¹ (ČOS 2) do 1800 MJ t⁻¹ (A 1). Je možné konstatovat, že vysoce náročné jsou komponenty vyžadující sušárenskou úpravu. Pro názornost je v tab. V uvedena energetická nasycenost směsi SOL.

V. Celková spotřeba energie na výrobu 1 tuny kompletní směsi SOL pro prasata — Total power consumption for the production of 1 ton of the SOL complete mixture for pigs

Komponenty	%	Motorová nafta MJ	Teplo MJ	Elektrická energie MJ	Celková energie
Krevní, rybokrevní šrot	2,0	3,3	290,2	26,2	319,7
Extrahovaný sójový šrot	4,0	13,4	—	—	13,4
Krmná mouka, kukuřice, pšenice, ječmen	87,7	734,2	258,0	25,3	1017,5
Senná moučka	4,0	31,4	398,6	36,0	466,0
Krmná sůl, minerální přísady, doplněk biofaktorů	2,3	6,6	—	—	6,6
Mísírna	—	40,0	260,9	64,0	364,9
Celkem	100,0	828,9	1207,7	151,5	2188,1

Výroba jatečních prasat

Propočet je uveden pro středokapacitní podnik s uzavřeným obratem stáda (Zlonec). Charakteristické ukazatele podniku jsou tyto:

Stav zvířat: 8450 kusů (z toho 5750 výkrm)

Produkce: 1229,8 t ž. h.

Spotřeba krmiv: 5531,8 t

z toho KPB a KPK 790,0 t

ČOS 2 a

ČOS 1 237,2 t

SOL 2310,0 t

A 1 2195,6 t

Spotřeba krmiv na 1 kg produkce: 4,5 kg

Celková spotřeba paliv a energie:

elektrická energie: 1 703 000 kWh

spotřeba LTO: 328 000 kg

spotřeba motorové nafty: 32 000 kg

Topné agregáty: 3 kotle LTO o výkonu 2 200 000 kcal h⁻¹

Počet stálých pracovníků: 38 (z toho 3 admin.)

Krmení: suché krmné směsi

Napájení: automatické napáječky

Výkaly: odstraňování hydrodynamické, odvoz z jímek fekálními vozy

Celková spotřeba energie na výrobu vepřového masa v zemědělství

Celková energetická náročnost při chovu prasat ve výrobně průmyslového charakteru je součtem ukazatelů vlastní výroby a hodnot uvedených na výrobu krmných směsí. Přehled o celkové spotřebě energie a o podílech které tvoří jednotlivé druhy paliv a výrobních úseků v sektoru zemědělství, uvádí tab. VI.

Rozbor ukazatelů v tab. VI prokazuje, že na produkci 1 t vepřového masa (živé hmotnosti) se spotřebuje asi 26,7 GJ energie. Z tohoto množství se asi 65 % přeměňuje na teplo, zatímco elektrická energie a motorová nafta tvoří podíl 16 až 18 %. Vlastní živočišná výroba v tomto případě spotřebovává zhruba 55 % veškeré energie, téměř 40 % pak rostlinná výroba, včetně sušárenství (polní výroba, vyjádřená spotřebou motorové nafty, jen asi 13 %).

VI. Celková spotřeba energie na výrobu 1 tuny (živé hmotnosti) vepřového masa – Zlonice – Total power consumption for the production of 1 ton (live weight) of pork – Zlonice

Výrobní úsek (operace)	Druh energie	Měrná spotřeba energie GJ t ⁻¹ masa ž. h.	Podíl v %	Podíl odvětví na spotřebě v %
Rostlinná výroba (včetně sušáren)	celková energie	10,374	100,0	38,9
	motorová nafta	3,521	33,9	
	elektrická energie	0,575	5,6	
	teplo	6,278	60,5	
Mísírna krmiv	celková energie	1,642	100,0	6,2
	motorová nafta	0,180	11,0	
	elektrická energie	0,288	17,5	
	teplo	1,174	71,5	
Výroba masa	celková energie	26,675	100,0	100,0
	motorová nafta	4,790	18,0	
	elektrická energie	4,385	16,4	
	teplo	17,500	65,6	

Zpracování jatečních prasat v masném průmyslu

Sumární podklady, zpracované ve Výzkumném ústavu masného průmyslu v Brně, udávají souhrnné ukazatele pro jatečné zpracování masa a pro jeho další úpravy do nej-různějších forem (zmrazení, výroba uzenin a konzerv ap.). Protože není možné členit podíly jednotlivých druhů masa při dalším zpracování, počítá se při zpracování vepřového masa s průměrnými hodnotami. Z uvedených podkladů vyplývají měrné ukazatele přepočtené na 1 t ž. h.:

zpracování v jatkách	— elektrická energie	$0,11 \text{ GJ t}^{-1}$
	teplo	$1,62 \text{ GJ t}^{-1}$
	celkem	$1,72 \text{ GJ t}^{-1}$

zpracování v celém masném průmyslu

— elektrická energie	$0,30 \text{ GJ t}^{-1}$
— teplo	$3,37 \text{ GJ t}^{-1}$
— celkem	$3,67 \text{ GJ t}^{-1}$

Masný průmysl se na celkové spotřebě energie na výrobu masa v hodnotách živé hmotnosti podílí asi 12 %, z toho jatky hodnotou asi 1 %.

Z uvedených hodnot spotřeby energie pro zmíněný úsek zemědělské výroby a z výkupních cen vepřového masa (asi Kčs 14,50 za 1 kg ž. h.) lze odvodit, že k zajištění tržní produkce 1 mil. Kčs je třeba vynaložit asi 1840 GJ energie. Celkové náklady na energii v cenách r. 1976 jsou tyto:

celkem	$946,30 \text{ Kčs t}^{-1}$
z toho: elektrická energie	$397,90 \text{ Kčs t}^{-1}$
motorová nafta	$272,80 \text{ Kčs t}^{-1}$
LTO	$279,90 \text{ Kčs t}^{-1}$

Energetická účinnost výroby vepřového masa je stanovena použitím již dříve uvedených zjednodušujících hledisek a za předpokladu, že jatečná výtěžnost je zhruba 80 % a průměrná kalorická hodnota 1 kg tržní hmotnosti vepřového masa 2300 kcal (9,628 MJ). Hodnota účinnosti v sektoru zemědělství je

$$\eta = 0,289$$

včetně zpracování v masném průmyslu klesá na

$$\eta = 0,254$$

Na vyrobení určité kalorické hodnoty ve formě vepřového masa vynakládáme tedy zhruba 3,5 až 4násobek energie potřebných forem.

ZÁVĚR

Zemědělství má v národním hospodářství významné místo jako zdroj produkce surovin, nutných k zajišťování výživy obyvatelstva, popř. ke zpracování na spotřební zboží. Společně s potravinářským průmyslem zaujímá i stále významnější místo ve spotřebě energie.

Začátkem roku 1976 byla proto zpracována ve VÚZT metodická studie hodnocení energetické účinnosti zemědělské výroby včetně výroby potravin. Na jejím základě jsou zpracovány dva příklady hodnocení účinnosti výroby cukru a chovu prasat včetně výroby vepřového masa. Analogicky byly zpracovány i další zemědělské výrobní úseky a transformace této prvovýroby do formy potravin.

Navržený způsob hodnocení energetické účinnosti v zemědělsko-potravinářském komplexu umožňuje získat nové pohledy na posuzovanou oblast národního hospodářství. Bližší rozboru mohou ukázat na cesty zjednodušování materiálových toků a vliv zkracování těchto cest na celkovou spotřebu energie v daném výrobním úseku. Navržený způsob je bezesporu účelné používat při posuzování nových technologických postupů.

Literatura

HNÁTEK: Výzkum podmínek rozvoje energetického hospodářství. [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚEPE 1974.

CHALUPA: Výzkum použití všech forem energie v cukrovarnickém průmyslu. [Výzkumná zpráva.] Praha, GR Cukrovarnického průmyslu 1975.

KOSEK aj.: Stanovení spotřeby paliv a energie v zemědělsko-potravinářském komplexu. [Výzkumná zpráva Z-1283.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1975.

KOSEK aj.: Energetická účinnost chovu prasat. [Výzkumná zpráva Z-1337.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1976.

MAREČEK aj.: Výzkum racionalizace všech forem energie v masném průmyslu. [Výzkumná zpráva.] Brno, Výzkumný ústav masného průmyslu 1972.

—: Receptář krmných směsí. Účelový tisk MZVŽ CSR, Praha 1974.

Došlo dne 27. 7. 1977

KOSEK, J. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Система оценки энергоотдачи сельскохозяйственного производства. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (10) : 573-588.

Развитие сельскохозяйственного производства и его интенсификация связаны с развитием энергетической базы сельского хозяйства и с резким подъемом потребления энергии всех форм. Системное восприятие агро-пищепромышленного комплекса требует внедрения нового способа оценки энергоотдачи сельскохозяйственного производства или производства продовольственных продуктов, исходящего из материальных ресурсов и движения горючего, электроэнергии и тепла и учитывающего как собственное первичное производство, обработку и хранение продукции, так и область ее переработки. Были предложены основные математические формулировки для равновесного баланса потребления горюче-энергетических ресурсов для данного комплекса в целом, а также для отдельных видов продукции. Приведены примеры определения энергоотдачи производства сахара и свинины.

потребление горючего и энергии; энергетический баланс; материальные ресурсы; эффективность производства сахара; эффективность производства свинины

KOSEK, J. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepy): *System of Evaluating the Power Effectiveness of Agricultural Production*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (10) : 573-588.

The development and intensification of agricultural production are closely related with the development of the power basis of agriculture and with a great increase in the consumption of all forms of power. The system conception of the agricultural and food production complex requires the introduction of a new method of evaluating the power effectiveness of agricultural production, or foodstuff production; this evaluation would be based on material flows and on the movement of fuels, electric power and heat, and involve primary production, conditioning and storage of produce as well as its processing. The main mathematical formulations were proposed for balanced relations in the consumption of fuels and power for

the complex as a whole and for individual components of produce. Examples are shown to illustrate the determination of the power effectiveness of the production of sugar and pork.

power and fuel consumption; power balance; material flow; effectiveness of sugar production; effectiveness of pork production

KOSEK, J. (Forschungsinstitut der Landtechnik, Praha - Řepý): *System der Bewertung des Energiewirkungsgrades in der landwirtschaftlichen Produktion*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 573-588.

Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion und deren Intensivierung sind mit der Entwicklung der Energiebasis in der Landwirtschaft und mit dem bedeutenden Anstieg des Aufwandes von allen Energieformen verbunden. Die Systemauffassung des Landwirtschafts- und Nahrungsgüterkomplexes erfordert, für die Bewertung des Energiewirkungsgrades der landwirtschaftlichen Produktion, bzw. der Nahrungsgüterproduktion ein neues Bewertungsverfahren einzuführen, das von den Materialflüssen und Bewegung der Brennstoffe, der elektrischen Energie und Wärme ausgeht und sowohl die eigentliche Urproduktion, Aufbereitung und Lagerung der hergestellten Güter als auch das Gebiet ihrer Verarbeitung betrachtet. Es wurden für das betrachtete Komplex als Ganzes sowie für einzelne Produktionsarten grundlegende mathematische Formulierungen für eine Gleichgewichtsbilanz des Aufwandes von brennstoffenergetischen Quellen entworfen. Beispiele für die Bestimmung des Energiewirkungsgrades der Zucker- und Schweinefleischproduktion werden angeführt.

Brennstoff- und Energieaufwand; Energiebilanz; Materialfluß; Wirkungsgrad der Zuckerproduktion; Wirkungsgrad der Schweinefleischproduktion

Adresa autora:

Ing. Jaroslav Kosek, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepý

ANALÝZA ZMĚN OPTIMÁLNÍ RYCHLOSTI PŘI TRANSFORMACI ENERGIE RŮZNÝMI ENERGETICKÝMI ZDROJI

A. Janeček

JANEČEK, A. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Analýza změn optimální rychlosti při transformaci energie různými energetickými zdroji*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10): 589–598.

Obecnou metodou zjišťování energetického minima, použitou při analýzách v předloženém článku, lze na základě příkonové funkce, charakterizující energetickou náročnost daného pracovního procesu, nalézt energetický zdroj umožňující práci agregátu v optimálním režimu vzhledem k pracovnímu procesu přicházejícímu v úvahu. Známe-li příkonovou funkci charakterizující energetickou náročnost daného pracovního procesu, můžeme usoudit, zda navržený agregát je pro daný pracovní proces vhodný, nebo naopak.

energetika; obecná analýza; optimální rychlost

V pojednáních (Janeček, 1972; Janeček, 1974), zabývajících se obecným rozbořením vztahů mezi měrným odporem a spotřebou práce na objemovou jednotku opracované metody, byly odvozeny podmínky, za kterých nastává energetické minimum práce agregátu. Byla sledována změna optimální rychlosti (v závislosti na změně pracovního odporu agregátu a jeho příkonové funkce), která je určujícím prvkem při hledání optimální rychlosti agregátu.

Kromě změny měrného pracovního odporu a následné reakce agregátu na tuto změnu novou rychlostí, charakterizující optimum, byla analyzována změna optimální rychlosti ve vztahu ke změně statických veličin, určujících optimální rychlost agregátu, tj. pracovního záěru, pracovní hloubky nebo velikosti materiálového toku. Uvedené obecné rozborů byly umožněny použitím obecného implicitního výrazu pro optimální rychlost, který byl nalezen ve tvaru

$$v_p = \frac{f(v_p)}{f'(v_p)} \quad (1)$$

kde: v_p – optimální rychlost

$f(v_p)$ – příkonová funkce v optimální rychlosti

$f'(v_p)$ – první derivace příkonové funkce podle rychlosti v optimální rychlosti

V předkládaném článku analyzujeme (při použití uvedeného obecného implicitního výrazu pro optimální rychlost agregátu) změnu optimální rychlosti při transformaci energie různými energetickými zdroji a při zachování konstantních pracovních podmínek.

V předkládaném článku, za pomoci obecné metody zjištění energetického minima agregátu a za použití obecného implicitního výrazu pro optimální rychlost, je sledována změna optimální rychlosti stejného pracovního stroje v závislosti na různých energetických zdrojích, pracujících s různými účinnostmi, které mají optimum při různých rychlostech. Rozbor umožňuje kvalitativně sledovat změnu optimální rychlosti při použití různých energetických měničů u jednoho a téhož pracovního stroje.

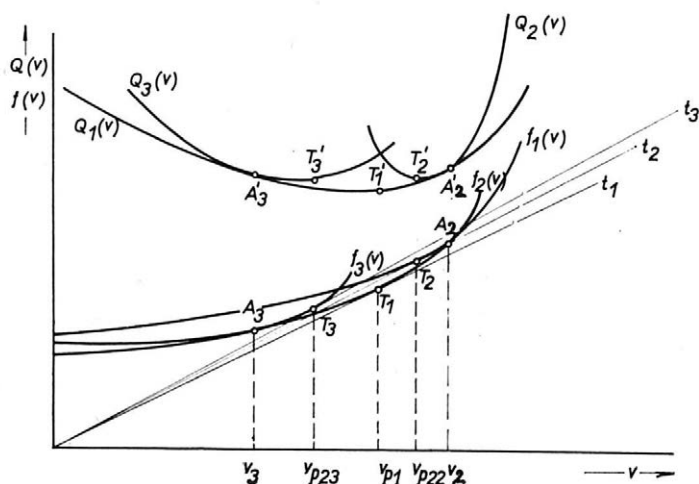
Dále pak analýzou stanovíme absolutní energetický extrém, charakterizovaný odpovídající optimální rychlostí celého systému energetických měničů, pracujících s jedním pracovním strojem v agregaci.

VLASTNÍ PRÁCE

V práci analyzujeme energetickou náročnost agregátu s neměnnými pracovními podmínkami a neměnným pracovním strojem, mění-li se energetický zdroj agregátu. Účinnost energetických zdrojů je funkčně závislá na rychlosti a její maximum u různých energetických zdrojů je charakterizováno různou rychlostí.

Pro další analýzu zavádíme příkonovou funkci $f_1(v)$. Tato funkce je výrazem závislosti příkonu na pracovní rychlosti agregátu. Příkon $f_1(v)$ dodává pracovnímu stroji ideální energetický zdroj, pracující s účinností η_{max} v celém analyzovaném intervalu rychlostí.

Zavedené funkce $f_1(v)$ se dotýkají v tečných bodech A_n (obr. 1) příkonové funkce $f_n(v)$, které dostávajíme transformací energie v časové jednotce určitým energetickým zdrojem, jehož účinnost je funkcí rychlosti a která dosahuje maximální účinnosti η_{max}



1. Grafické znázornění vlivu různých energetických zdrojů na velikost optimální rychlosti — Graphical representation of the effect of different power sources on the magnitude of optimal speed

$f_1(v)$	obálka příkonů $f_n(v)$
$f_3(v); f_2(v)$	příkonová funkce
$Q_1(v)$	obálka měrných prací
$Q_2(v); Q_3(v)$	měrné práce
$T_{1,2,3}$	tečné body
$T'_{1,2,3}$	minima měrných prací
$A_{2,3}$	tečné body příkonových funkcí s obálkou příkonů
$A'_{2,3}$	tečné body měrných prací s obálkou měrných prací
$v_{2,3}$	rychlostní souřadnice tečných bodů
v_{p22}, v_{p23}	optimální rychlosti

v tečném bodě A_n . Mimo zavedené příkonové funkce zavádíme funkce měrných prací $Q_n(v)$ dotýkajících se funkce měrné práce $Q_1(v)$. Funkce měrných prací jsou dány vztahem příkonové a výkonostní funkce ve tvaru

$$Q_1(v) = \frac{f_1(v)}{W(v)} \quad (2)$$

$$Q_n(v) = \frac{f_n(v)}{W(v)} \quad (3)$$

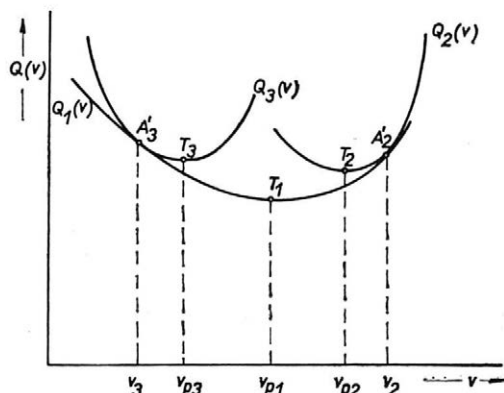
kde: $W(v)$ — výkonostní funkce
 $f_1(v); f_n(v)$ — příkonové funkce (obr. 1)
 $Q_1(v); Q_n(v)$ — funkce měrné práce, vztažené na jednotku objemu opracované hmoty

GEOMETRICKÉ FUNKCE ANALYZOVANÉHO PROBLÉMU

Předpokládejme, že je dána příkonová křivka $f_1(v)$ a dále pak příkonové křivky dané funkcemi $f_n(v)$. Příkonové křivky $f_n(v)$ se dotýkají křivky $f_1(v)$ v ódech A_n . Hledejme, v jakém vztahu jsou k sobě body A_n příkonových křivek f_n a dále pak dotykové body křivek měrných prací $Q_1(v) - Q_n(v)$, (A'_n) (jejich rychlostní souřadnice). Měrné práce jsou dány rovnicemi (2), (3).

2. Grafické znázornění vztahů dotykových bodů křivek Q_1, Q_n a jejich minim — Graphical representation of the relations of the contact points of curves Q_1, Q_n and their minimums

$Q_1(v)$ — obálka měrných prací
 $Q_2(v); Q_3(v)$ — křivky měrných prací
 T_1, T_2, T_3 — body minima



V následujícím rozboru pojednáme o tom, v jakém vzájemném vztahu jsou rychlostní souřadnice dotykových bodů křivek měrných prací $Q_n(v)$, $Q_1(v)$, optimální rychlosti křivek $Q_n(v)$ a optimální rychlost energetického minima křivky měrné práce $Q_1(v)$ (obr. 2). V rozboru se opíráme o některé výsledky (Janeček, 1974), jejichž odvození pro zdlouhavost neuvádíme.

Sledujme nejprve vztah mezi rychlostní souřadnicí dotykového bodu $A_2(A'_2)$ a optimální rychlostí v_{p2} , dotýká-li se křivka měrné práce $Q_2(v)$ křivky $Q_1(v)$ napravo od optimální rychlosti v_{p1} (obr. 2). Je-li funkce měrné práce $Q_1(v)$ stoupající, pak musí splňovat nerovnost

$$Q'_1(v) > 0 \quad (4)$$

kde: $Q'_1(v)$ — první derivace funkce měrné práce podle v

Provedením derivace funkce měrné práce dostáváme výraz rozhodující o znamení ve tvaru

$$f'_1(v) \cdot v - f_1(v) \quad (5)$$

kde: $f'_1(v)$ — derivace příkonové funkce podle v

Platí-li nerovnost

$$f'_1(v) \cdot v - f_1(v) > 0 \quad (6)$$

křivka $Q_1(v)$ je stoupající a jestliže platí nerovnoměrnost opačná k (6), je funkce $Q_1(v)$ klesající.

Z experimentálních měření vyplývá, že hodnoty derivací příkonových funkcí mají v oblasti nízkých rychlostí malé hodnoty, které směrem do hodnot vyšších rychlostí prudce stoupají. Proto je nerovnost (6) splněna v oblastech vyšších rychlostí. V oblasti nižších rychlostí platí nerovnost opačná k nerovnosti (6).

Z řečeného vyplývá, že funkce $Q_1(v)$ je v oblasti nízkých rychlostí klesající a naopak v oblasti vyšších rychlostí stoupající. Pro křivku měrné práce $Q_2(v)$ platí obdobná úvaha. Pro optimální hodnoty v_{p1} , v_{p2} platí rovnice

$$v_{p1}f'_1(v_{p1}) - f_1(v_{p1}) = 0 \quad (7)$$

$$v_{p2}f'_2(v_{p2}) - f_2(v_{p2}) = 0 \quad (8)$$

V literatuře (Janeček, 1972) bylo uvedeno, že platí pro tečný bod A'_2 křivek Q_1 , Q_2

$$Q'_1(v_{A2}) = Q'_2(v_{A2}) \quad (9)$$

Proto platí vztah

$$f'_1(v_{A2}) v_{A2} - f_1(v_{A2}) = f'_2(v_{A2}) v_{A2} - f_2(v_{A2}) > 0 \quad (10)$$

Poněvadž v_{p2} splňuje rovnici

$$v_{p2}f'_2(v_{p2}) - f_2(v_{p2}) = 0 \quad (11)$$

dále rychlost v_{A2} splňuje nerovnost

$$v_{A2}f'_2(v_{A2}) - f_2(v_{A2}) > 0 \quad (12)$$

musí platit nerovnost

$$v_{p2} < v_{A2} \quad (13)$$

Z rozboru vyplývá, že dotkový bod A'_2 křivek měrných prací Q_1 , Q_2 , ležící napravo od optimální rychlosti v_{p1} , má rychlostní souřadnici posunutou směrem do oblasti vyšších rychlostí vzhledem k optimální rychlosti v_{p2} .

Obdobnou úvahu můžeme uvést pro dotkový bod A'_2 , ležící od optimální rychlosti v_{p1} nalevo (obr. 2). Z rozboru (Janeček, 1972) obdržíme nerovnost

$$v_{p2} > v_{A2} \quad (14)$$

Z nerovnosti (14) je patrné, že optimální rychlost křivky měrné práce $Q_2(v)$ je posunuta směrem do oblasti vyšší rychlosti vzhledem k rychlostní souřadnici v_{A2} tečného bodu A'_2 křivek Q_1 , Q_2 .

Hledejme, v jakém vztahu je rychlost v_{p1} , tj. rychlost charakterizující minimum křivky $Q_1(v)$, a optimální rychlost charakterizující minimum křivky $Q_2(v)$.

Z výrazu pro optimální rychlost vyplývají pro rychlosti v_{p1} a v_{p2} vztahy

$$v_{p1} = \frac{f_1(v_{p1})}{f'_1(v_{p1})} \quad (15)$$

$$v_{p2} = \frac{f_2(v_{p2})}{f'_2(v_{p2})} \quad (16)$$

Pro celý interval $(0 - v)$ — s výjimkou bodu $A_2(A'_2)$ — platí pro funkce $f_1(v)$, $f_2(v)$ (viz definovaný problém) vztah

$$f_1(v) < f_2(v) \quad (17)$$

Tudíž pro optimální rychlosti v_{p1} , v_{p2} funkcí $f_1(v)$, $f_2(v)$ platí

$$f_1(v_{p1}) < f_2(v_{p2}) \quad (18)$$

Bylo ukázáno, že pro interval $(v_{p1} - v)$ platí

$$v_{p2} < v_{A2}$$

V literatuře (Janeček, 1972) bylo odvozeno, že pro interval $(0 - v_{A2})$ platí nerovnost

$$f'_1(v_{p1}) > f'_2(v_{p2}) \quad (19)$$

Z výrazů (18), (17) a dále pak z rovnic (15) a (16) vyplývá nerovnost

$$v_{p1} < v_{p2} \quad (20)$$

Z odvozeného vyplývá: Optimální rychlost v_{p1} , charakterizující minimum $Q_1(v)$, je posunuta směrem do oblasti nižších rychlostí, než v jakých je optimální rychlost v_{p2} , je-li tečný bod A'_2 křivek $Q_1(v)$, $Q_2(v)$ napravo od minima křivky $Q_1(v)$.

Obdobně odvodíme vztah optimálních rychlostí v_{p1} a v_{p2} měrných prací, dotýkají-li se křivky $Q_1(v)$, $Q_2(v)$ nalevo od optimální rychlosti v_{p1} .

Z rozboru (Janeček, 1972) obdržíme

$$v_{p1} > v_{p2} \quad (21)$$

Z nerovnosti (21) je patrné, že optimální rychlost křivky měrné práce $Q_2(v)$ je posunuta směrem do oblasti nižších rychlostí, než v jakých je optimální rychlost v_{p1} .

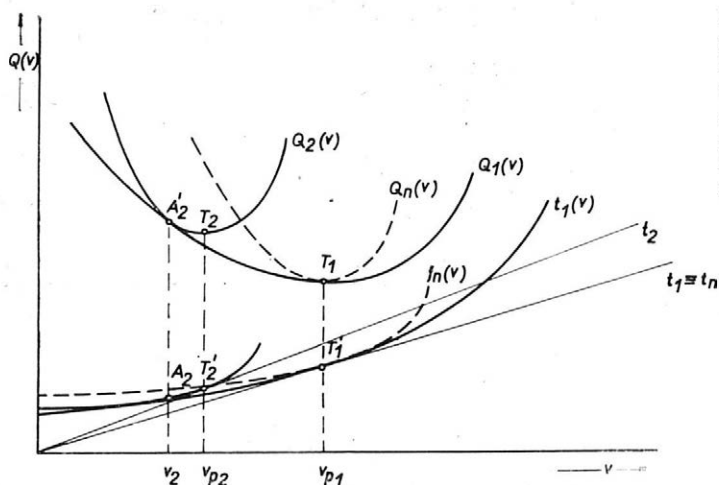
Pojednejme nyní o vztahu křivek $Q_n(v)$ k minimu křivky $Q_1(v)$ (obr. 3).

V literatuře (Janeček, 1972) bylo odvozeno, že v intervalu $(0 - v_{An})$ platí pro směrnice křivek $Q_1(v)$, $Q_n(v)$ vztah

$$Q'_1(v) > Q'_2(v) \quad (22)$$

Dále bylo dokázáno, že v intervalu $(v_{An} - v)$ platí pro směrnice křivek $Q_1(v)$ a $Q_n(v)$ vztah

$$Q'_1(v) < Q'_2(v) \quad (23)$$



3. Grafické znázornění grafů minim křivek Q_n
 Q minima křivky Q_1 —
 Graphical representation of the minimums of curves Q_n Q of the minimum of curve Q_1

- v_2 — rychlostní souřadnice dotykového bodu
- A'_2, A_2 — tečné body křivek měrných prací a příkonů
- T_2, T_1 — minima měrných prací
- T'_2, T'_1 — tečné body křivek příkonů s tečnou jdoucí počátkem
- $Q_1(v)$ — obálka měrných prací
- $Q_2(v); Q_n(v)$ — křivky měrných prací
- $f_2(v); f_n(v)$ — příkonové funkce
- $f_1(v)$ — obálka příkonů
- v_{p2} — optimální rychlost měrné práce
- v_{p1} — optimální rychlost obálky měrných prací
- t_1, t_2 — tečny jdoucí počátkem

Bylo odvozeno (Janeček, 1972) dále pro interval $0 - v_{p1}$

$$\begin{aligned} v_{An} < v_{pn} &\Rightarrow v_{An} < v_{p1} \\ v_{pn} < v_{p1} \end{aligned} \quad (24)$$

Pro interval $(v_{p1} - v)$ platí

$$\begin{aligned} v_{An} > v_{pn} &\Rightarrow v_{An} > v_{p1} \\ v_{pn} > v_{p1} \end{aligned} \quad (25)$$

Pro interval $(0 - v)$ — s výjimkou bodu A_n — jsou splněny nerovnosti

$$\begin{aligned} f_1(v) &< f_n(v) \\ Q_1(v) &< Q_n(v) \end{aligned} \quad (26)$$

a pro dotykové body $A_n(A'_n)$ bylo v předchozí části odvozeno

$$\begin{aligned} f'_1(v_{An}) &= f'_n(v_{An}) \\ Q'_1(v_{An}) &= Q'_n(v_{An}) \end{aligned} \quad (27)$$

Pro bod A_n zřejmě z definovaného problému platí

$$\begin{aligned} f_1(v_{An}) &= f_n(v_{An}) \\ Q_1(v_{An}) &= Q_n(v_{An}) \end{aligned} \quad (28)$$

Dále bylo odvozeno, že pro interval $\langle 0 - v_{p1} \rangle$ platí:

$$Q'_1(v) < 0$$

a pro interval $\langle v_{p1} - v \rangle$ platí vztah

$$Q'_1(v) > 0 \quad (29)$$

Obecně bylo odvozeno v literatuře (Janeček, 1972)

$$Q''_1(v) > 0 \quad (30)$$

Z uvedeného vyplývá, že v analyzované optimální rychlosti v_{p1} funkce $Q_1(v)$ je minimum funkce, neboť druhá derivace funkce $Q_1(v)$ je v této rychlosti kladně definitivní. Dále je funkce $Q_1(v)$ v intervalu $(0 - v_{p1})$ klesající a v intervalu $(v_{p1} - v)$ je stoupající.

Obdobně jako pro křivku $Q_1(v)$ platí uvedené vztahy pro křivku $Q_n(v)$.

Poněvadž platí $Q_1(v) < Q_n(v)$ pro celý interval $\langle 0 - v \rangle$ vyjma bodu A_n , platí tentýž vztah i pro hodnoty měrných prací v optimálních rychlostech v_{pn} , tzn., že platí

$$Q_1(v_{p1}) < Q_n(v_{pn}) \quad (31)$$

Výjimku z uvedené nerovnosti tvoří křivky $f_n(v)$, mající dotkový bod A_n v rychlostní souřadnici v_{p1} .

V tomto případě platí vztah

$$v_{p1} = v_{pn}$$

a pro funkční hodnoty křivek měrných prací platí

$$q_1(v_{p1}) = Q_n(v_{pn}) \quad (32)$$

neboť se rovnají funkční hodnoty křivek $f_1(v) = f_n(v)$

Z uvedených funkčních vztahů křivek $f_1(v)$, $f_n(v)$, $Q_n(v)$, $Q_1(v)$ a vztahů mezi rychlostmi v_{An} , v_{p1} , v_{pn} tak, jak byly odvozeny v předchozí části, vyplývá: Funkční hodnoty minima křivek $Q_n(v)$ je uvnitř poloroviny vytvořené křivkou $Q_1(v)$. Hodnoty $Q_n(v)$ jsou vyšší než hodnota minima křivky $Q_1(v)$, která ve svém extrému představuje absolutní minimum analyzované soustavy křivek. Výjimku z uvedeného tvoří funkce $f_n(v)$, z níž vyplývá funkce $Q_n(v)$, která má dotkový bod A'_n v bodě s rychlostní souřadnicí $v_{pn} = v_{p1} = v_{An}$ a jejíž souřadnice je totožná s rychlostní souřadnicí absolutního minima v_{p1} .

Ve zvláštním případě, tvoří-li křivky $f_n(v)$ parametrickou soustavu křivek daných rovnicí

$$F(v, \gamma, a) = 0 \quad (33)$$

kde: v — pojezdová rychlost

γ — hodnota příkonové funkce příslušející dané rychlosti

a — parametr

pak z rovnice vyplývá:

$$\frac{F(v, \gamma, \alpha)}{\delta \alpha} = 0 \quad (34)$$

Vyjádříme-li parametr α a dosadíme-li jej do rovnice (33), dostáváme rovnici $G(v, \gamma)$, která je obalovou křivkou $f_n(v)$.

Tatáž úvaha platí i pro soustavu křivek $Q_n(v)$. Tvoří-li křivky $Q_n(v)$ parametrickou soustavu křivek daných rovnicí (35)

$$\psi(v, \gamma_1, \alpha) = 0 \quad (35)$$

kde: γ_1 — hodnota měrné práce příslušející dané rychlosti
 α — parametr

a vyjádříme-li z rovnice

$$\frac{\delta \psi(v, \gamma_1, \alpha)}{\delta \alpha} = 0 \quad (36)$$

parametr α a dosadíme-li jej do rovnice (35), dostáváme

$$\kappa(v, \gamma_1) = 0 \quad (37)$$

která je obalovou křivkou soustavy křivek $Q_n(v)$.

Vyjádříme-li parametr α z rovnice

$$\frac{\frac{\delta \psi(v, \gamma_1, \alpha)}{\delta \gamma_1}}{\frac{\delta \psi(v, \gamma_1, \alpha)}{\delta v}} = 0 \quad (38)$$

a dosadíme-li jej do rovnice (35), dostáváme množinu minima křivek měrných prací, vztažených na jednotku objemu opracované hmoty, daných obecně rovnicí

$$\pi(v, \gamma_1) = 0 \quad (39)$$

Tato nově zavedená funkce (39) leží uvnitř poloviny tvořené křivkou $Q_1(v) = = f_1(v) [W(v)]^{-1}$ a dotýká se funkce $Q_1(v)$ v rychlostní souřadnici v_{p1} .

DISKUSE

Dosavadní práce, které vedly ke stanovení optimální rychlosti agregátů, se dělaly převážně graficko-výpočetní cestou. Takto nalezený extrém odpovídal vždy jednomu agregátu. Jestliže bylo analyzováno optimum agregátu určitého typu, předpokládalo to řadu experimentálních zkoušek, kterými bylo možné graficky vytvořit spojnici jednotlivých optim agregátů.

Při tomto řešení obvykle nebylo nalezeno absolutní minimum pro daný typ agregátu. Je to proto, že nebylo možné uskutečnit experimentální měření v požadovaném rozsahu a dále pak proto, že není možné zachovat pracovní podmínky agregátů konstantní

kočetně maximální účinnosti energetického zdroje, která v tomto případě musí být (vstantní), aby bylo možné nalézt obalovou křivku $f_1(v)$ pomocí křivek f_n .

Metodou uvedenou v předloženém článku lze na základě znalosti funkce $f_1(v)$, charakterizující energetickou náročnost daného pracovního procesu, nalézt energetický zdroj umožňující práci agregátu s optimálním režimem (vzhledem k předpokládanému pracovnímu procesu). Naopak, známe-li obalové křivky $G(v, \gamma)$ a $\pi(v, \gamma_1)$, můžeme posoudit, zda navržený agregát s charakteristikami $f_n(v)$, $Q_n(v)$ je pro daný pracovní proces vhodný, nebo nikoli.

ZÁVĚR

Z analýz vyplynulo:

Funkční hodnoty minim křivek měrných prací (vztahených na jednotku objemu opracované hmoty Q_n , charakterizujících agregáty s daným pracovním strojem a různými energetickými zdroji) jsou uvnitř poloroviny vytvořené křivkou $Q_1(v)$, charakterizující měrnou práci agregátu, tedy pracovní stroj — ideální energetický zdroj s konstantní účinností ζ_{max} . Hodnoty měrných prací $Q_n(v)$ jsou vyšší než hodnota minima měrné práce $Q_1(v)$, která představuje absolutní minimum analyzované soustavy křivek $Q_n(v)$ — $Q_1(v)$.

Výjimku tvoří příkonová funkce $f_n(v)$, z níž vyplývá funkce $Q_n(v)$, která má dotykový bod A_n v bodě s rychlostní souřadnicí $v_{pn} = v_{p1} = v_{An}$ a jejíž souřadnice v tomto případě je totožná s rychlostní souřadnicí absolutního minima v_{p1} . To znamená, že pro určité konkrétní podmínky je nutné konstruovat agregát s takovými parametry, které umožní práci agregátu v okolí rychlosti, charakterizující absolutní extrém.

Literatura

ANDERT, A.: Základní parametry soustavy traktorů pro čs. zemědělství v r. 1970. In: Sborník vědeckých prací VÚZT. Praha 1966.

ANDERT, A.: Studie o rozvoji energetických měničů ke komplexnímu řešení energetiky při pěstování a sklizení cukrovky. In: Sborník vědeckých prací VÚZT. Praha 1966.

ANDERT, A.: Vhodné energetické měniče a zdroje k využití energie ke klimatizačním účelům v zemědělské výrobě. In: Sborník vědeckých prací VÚZT. Praha 1968.

BEKKER, M. A.: Of the Road Locomotion. Michigan 1969.

BUDINSKÝ: Základy diferenciální geometrie s technickými aplikacemi. Praha, SNPL 1970.

JANEČEK, A.: Metoda matematického rozboru vztahu mezi měrným odporem a měrnou prací, vztahenou na jednotku objemu opracované hmoty. [Závěrečná zpráva Z-896.] Praha - Řepy, Výzk. ústav zem. techniky 1972.

JANEČEK, A.: Odvození obecného vztahu pro optimální rychlost charakterizující minimum měrné práce. Zeměd. Techn., 20, 1974, č. 1, s. 35-42.

Došlo dne 6. 4. 1977

ЯНЕЧЕК, А. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Анализ изменения оптимальной скорости при трансформации энергии разными источниками энергии. Земед. Techn., 23, 1977 (10) : 589-598.

Общим методом определения энергетического минимума, примененным при анализах в настоящей работе, можно на основе функции потребляемой мощности, характеризующей энергетическую требовательность данного рабочего процесса, найти источник энергии, позволяющий работу агрегата в оптимальном режиме с учетом намечаемого рабочего процесса. Если известна функция потребляемой мощности, характеризующая энергоемкость данного рабочего процесса, то можно судить, годен ли предлагаемый агрегат для данного рабочего процесса или нет.

енергетика; общий анализ; оптимальная скорость

JANEČEK, A. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepy): *Analysis of the Change of Optimal Speed in the Transformation of Power by Different Power Sources*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 589-598.

The power source enabling the work of the aggregate in an optimal régime needed for the process of work under study can be found on the basis of the power input function characterizing the need for power in the given work process. The general method of the determination of minimal power can be used for this purpose. If the input function characterizing the need for power in the work process is known, it can be inferred whether or not the proposed aggregate is suitable for the given process.

power engineering; general analysis; optimal speed

JANEČEK, A. (Forschungsinstitut der Landtechnik, Praha - Řepy): *Analyse der Änderung von Optimalgeschwindigkeit bei der Energieumformung durch verschiedene Energiequellen*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 589-598.

Mit einer allgemeinen Methode für die Ermittlung des Energiemindestwertes, die für Analysen im vorliegenden Aufsatz angewandt wurde, kann man aufgrund der Kraftbedarfsfunktion, die die Energieaufwendigkeit des gegebenen Arbeitsprozesses kennzeichnet, die Energiequelle finden, die die Arbeit des Aggregates im Optimalregime in bezug auf den betrachteten Arbeitsprozeß finden. Kennt man die die Energieaufwendigkeit des gegebenen Arbeitsprozesses charakterisierende Kraftbedarfsfunktion, so kann man beurteilen, ob das entworfene Aggregat für den gegebenen Arbeitsprozeß geeignet ist.

Energieanalyse; allgemeine Analyse; Optimalgeschwindigkeit

Adresa autora:

Ing. Adolf Janeček, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepy

J. Souček

SOUČEK, J. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Automatické řízení traktorů s kloubovým podvozkem*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10): 599—608.

Řízení a ovládání mobilních zemědělských strojů souvisí s pracovními operacemi, které tvoří náplň jednotlivých technologií výroby. Z hlediska činnosti obsluhy je patrné, že nejnáročnější operací po stránce nejenom fyzické, ale zejména duševní, je řízení směru jízdy stroje, která narůstá s rostoucí „velikostí“ stroje (geometrické rozměry a hmotnost) a se vzrůstající používanou pracovní rychlostí. Je zřejmé, že prvořadým úkolem při řešení automatizace mobilních zemědělských strojů je řešení automatiky řízení směru jízdy. Z toho důvodu bylo provedeno teoretické řešení včetně stanovení příslušných matematických závislostí, tj. matematického modelu automatického řízení konkrétního systému. Výpočet byl proveden na počítači při proměnných parametrech modelu a pro různé vstupní funkce. Matematické vztahy pro pohyb vozidla a jeho řízení jsme odvodili pro traktor s kloubovým typem podvozku, tj. pro systém řízení, který je používán téměř u všech traktorů s motorickým výkonem $N > 120$ kW a pohonem všech kol o stejném průměru. Teoretické předpoklady a výsledky řešení byly ověřovány na reálném modelu. Teoretické a praktické řešení regulačního obvodu dalo jednak potřebné podklady a závislosti a ukázalo shodnost, respektive rozdílnost teoretických a praktických výsledků. Příčiny rozdílnosti výsledků lze shrnout zhruba do těchto hlavních bodů: — zjednodušení matematického modelu, — idealizované poruchové funkce, působící prostřednictvím snímače na regulační okruh, — rozptyl, resp. rozdíl v parametrech skutečných a modelových členů regulačního obvodu, — nepřesnosti při měření a zpracování výsledků. Je obtížné sestavit obecný matematický model postihující všechny vlivy působící na soustavu (prokluz, svahovitost, síly od nářadí, rozložení hmotnosti, zvláštnosti konstrukce podvozku). Je však možné pro určité charakteristické podmínky a vlastnosti soupravy stanovit přenosové funkce, které by bylo možné považovat za dynamický model soupravy.

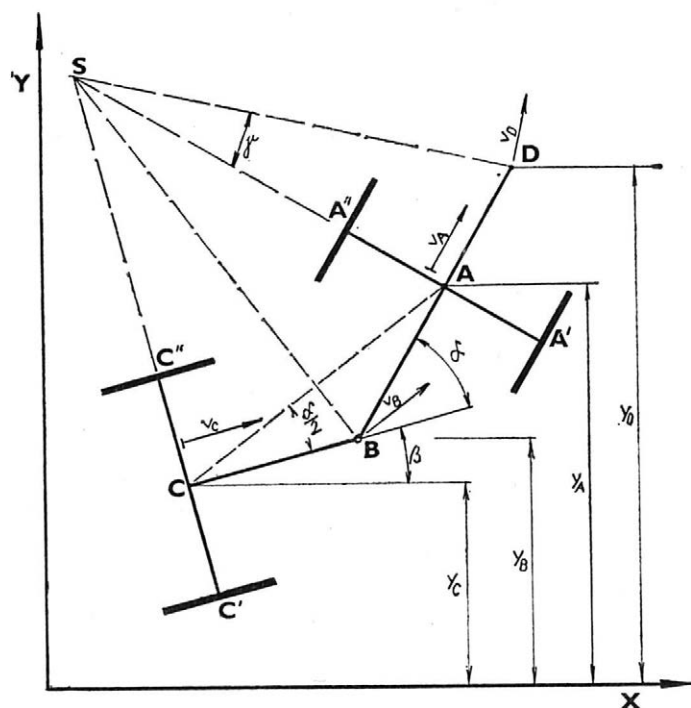
regulace; automatické řízení; kloubové podvozky; traktory

Automatické řízení směru jízdy usnadňuje jednu z nejnáročnějších operací při obsluze traktorových souprav. Bude-li tento problém vyřešen, bude možné používat vyšších pracovních rychlostí při dobré kvalitě práce, neboť řidič bude moci sledovat především funkci pracovních orgánů stroje. V současné době má rovněž význam při práci výkonných kolových traktorů v orbě mimo brázdu.

Na základě rozboru způsobů regulace podle principu řízení jsme úkol teoreticky řešili a stanovili jsme příslušné matematické závislosti, tj. matematický model automatického řízení konkrétního systému. Výpočet jsme udělali na analogovém počítači při proměnných parametrech modelu a pro různé vstupní funkce. Teoretické předpoklady a výsledky řešení jsme dále ověřovali na reálném modelu.

TEORETICKÉ ŘEŠENÍ

Matematické vztahy pro pohyb vzdidla a jeho řízení (matematický model) je odvozen pro traktor s kloubovým typem podvozku. Tento systém řízení je použit téměř u všech traktorů s motorickým výkonem $N > 120 \text{ kW}$ a pohonem všech kol stejného průměru. Pro vlastní řešení (matematický a reálný model automatického okruhu) byl jako klasický představitel uvedené koncepce podvozku použit traktor čs. výroby typu ŠT 180. Obdobně jsou řešeny např. i traktory sovětské výroby T 150 a K 700. Při odvozování matematické-



1. Schéma pohybu vozidla — Diagram of the movement of the vehicle

ho modelu jsme předpokládali, že (obr. 1): – otočný střed – kloub (bod B) leží prakticky uprostřed mezi hnacími osami, tj. vzdálenosti $\overline{AC} = \overline{BC} = d = 0,5 L$ (ŠT 180: $d = 1500$; K 700: $d = 1525$);

- úhlové výchylky rámu (α, β) jsou malé, takže lze psát pro $\operatorname{tg} \alpha \doteq \sin \alpha \doteq \alpha$,
- konstantní úhlová rychlost natáčení rámu $\omega_R = \text{konst}$,
- pojezdová rychlost je konstantní, to znamená, že není uvažován vliv prokluzu hnacích kol a změny otáček hnacího motoru na změnu pojezdové rychlosti ($v = 1 - 3 \text{ m s}^{-1}$),
- je zanedbán vliv bočních skluzů na vychýlení os (svah, terén, působící stíly zátěže),

Pro body podvozku platí navíc tato zjednodušující podmínka pro rychlost ve směru pohybu

$$v_A \stackrel{\cdot}{=} v_C \stackrel{\cdot}{=} v_D \stackrel{\cdot}{=} v$$

Dále uvedené přenosové funkce jsou odvozeny s ohledem na modelování soustavy na počítači podle obr. 1 a podle předchozích zjednodušení a předpokladů.

Bod A :

$$F_A = \frac{y_A}{\alpha + \beta} = \frac{v}{p} \text{ — pro přední osu}$$

Bod C:

$$F_C = \frac{y_C}{\beta} = \frac{v}{p} \text{ — pro zadní osu}$$

Vazba vodů AC:

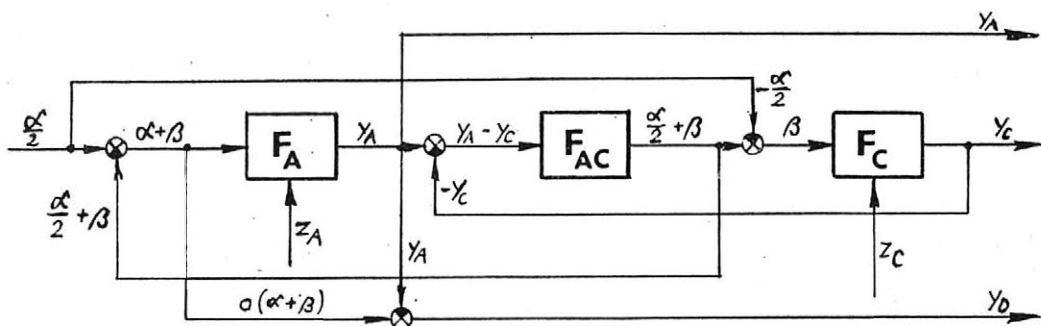
$$F_{AC} = \frac{\frac{\alpha}{2} + \beta}{y_A - y_C} = \frac{1}{2d} = \frac{1}{L}$$

Přenos řízení:

$$F_R = \frac{\alpha}{\omega_R} = \frac{1}{p}$$

Bod D : Je uvažována poloha snímače na vozidle v bodě D . Jeho poloha vzhledem k bodu A je dána rovnicí $y_D = y_A + a(a + \beta)$. Tento vztah plně postačuje pro vlastní řešení (modelování).

Na celý systém (vozidlo) působí vnější vlivy, způsobující změnu výchylky vozidla nezávisle na odchylce zadané dráhy — vliv příčného sklonu terénu (α_p), bočního skluzu některé nebo obou os (δ_p), vliv sil od neseného nebo taženého nářadí (P_H) atd. Lze tedy obecně psát, že poruchová veličina $z = f(\alpha_p, \delta_p, P_H, \dots)$. Při modelování je možné předpokládat samostatné působení sil z_C, z_A na zadní a přední osu jako na obr. 2, nebo působení výsledné síly z v bodě B a současnou změnu úhlu β , přičemž $\beta = f(z)$. Je



2. Modelové schéma podvozku vozidla – Model diagram of the chassis of the vehicle

obtížné zjistit potřebné závislosti a parametry — prakticky není mezi jednotlivými vlivy závislost. Při modelování jsou tyto rušivé vlivy do značné míry respektovány vyšetřováním systému extrémními vstupními funkcemi — skoková a sinusová změna. U podvozku vyšetřovaného typu řízení nelze navíc řízením uspokojivě korigovat odchylku přední a zadní osy, způsobenou trvalým působením vnějších bočních sil na podvozek (jízda po vrstevnici, nesymetrické působení výsledné síly P_H od náradí, zejména neseného).

Vlastní řízení vozidla (volant $\rightarrow$ rozvaděč $\rightarrow$ hydraulické válce $\rightarrow$ podvozek) představuje regulační okruh s pevnou zpětnou vazbou — servomechanismus, kde určitému úhlu natočení volantu odpovídá určitý úhel natočení rámu podvozku. Okruh automatického řízení je napojen na řízení vozidla prostřednictvím akčního členu regulátoru tak, že ten je přes odpovídající převod spojen přímo s volantem. Vzhledem k tomu, že jsme volili výslednou úhlovou rychlost podvozku menší než maximální, danou konstrukčními parametry hydraulického obvodu řízení, je pro určení přenosových vlastností řízení určující charakteristika akčního členu regulátoru.

Složení regulačního okruhu (obr. 3):

F_1 – snímač polohy – uvažován bez časových konstant (proporcionální) mechanicko-elektrický nebo elektronický – není zakreslen (slučovací bod)

F_2 — třípolohový regulátor s hysterezí

F_3 — akční člen — akční člen regulátoru, rozvaděč a hydraulické válce řízení s konstantní pracovní rychlostí (čerpadlo s konstantní dodávkou tlakové kapaliny v rozsahu pracovních otáček hlavního motoru)

F_4 — soustava — reprezentovaná body A, B, C, D (obr. 1)

F_5 — pružná zpětná vazba se zpožděním prvního řádu

Na základě odvozených vztahů a odpovídajícího blokového schématu okruhu jsme uskutečnili modelování na počítači, přičemž byly při vyšetřování měněny tyto parametry:

- amplituda a frekvence — vstupní funkce,
- pojezdová rychlost a úhlová rychlost řízení soustavy,
- konstanty zpětné vazby regulátoru.

Z hlediska obecnosti řešení je možné prakticky měnit všechny parametry v širokém rozmezí. Ale u okruhů, jež přicházejí v praxi v úvahu, především soustava (vozidlo, včetně řízení jako celku), je rozsah parametrů srovnatelných typů poměrně úzký:

- rozvor vozidla $L = 3 \pm 0,25$ (m),
- umístění snímače $a = 100-150$ (cm),
- úhlová rychlost natáčení řízení $\omega_R = 0,1-0,3$ (s^{-1}),
- pracovní (pojezdová) rychlost $v = 1-3$ ($m s^{-1}$).

Z toho lze odvodit, že modelové a skutečné výsledky lze v určitém rozmezí měnitelných parametrů soustavy (vozidlo podobného typu a koncepce) pokládat za obecné. S ohledem na stanovení vlivu měnitelných parametrů regulátoru, tj. necitlivost, parametry zpětné vazby a vzdálenost snímače od přední osy na kvalitu regulace (překmit, fázový posuv), byly tyto veličiny voleny vždy ve třech hodnotách pro různé velikosti vstupní funkce.

Frekvence vstupní funkce, uvažovaná v závislosti na pojezdové rychlosti a násobcích vlnové délky λ podle vztahu, je

$$f = \frac{v}{k \cdot \lambda}$$

kde: $k = 0,5; 1,0; 2,0; 4,0$ pro zvolenou základní délku vlny
 $\lambda = 10$ m

Výchylka A vstupní funkce byla použita stejná pro skokovou a sinusovou vstupní funkci jako násobek necitlivosti b pro člen s reléovou charakteristikou. Násobná konstanta byla volena $h = 1,0; 2,5; 5,0; 10,0$; takže

$$A = h b \sqrt{2} = (1,41; 3,53; 7,07; 14,14)b$$

S ohledem na praktické měření u reálného modelu bylo použito přednostně $A = 3,53; 7,07; 14,14b$.

Parametry zpětné vazby ($T, \bar{v}$) ovlivňují pro určité hodnoty ostatních veličin okruhu a vstupní funkce kvalitu regulace (chyba regulace, fázový posuv) a zejména stabilitu celého okruhu.

Zpětná vazba vytváří, jak je známo, z třípolohového regulátoru s polohami „více — 0 — méně“ regulátor impulsový. Tento typ se svými vlastnostmi, ve spojení se servo-

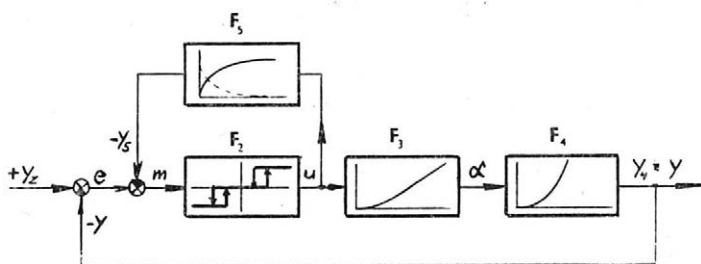
motorem s konstantní rychlostí, blíží regulátoru spojitému s PI vlastnostmi. Rozmezí hodnot zpětné vazby, použitých při řešení, bylo voleno s ohledem na konstrukční řešení použitého typu regulátoru a soustavy (vozidla). Fázový posuv vstupní funkce lze v určitém rozmezí kompenzovat posunutím snímače před přední osu — v tomto případě je pro určitou frekvenci vstupní funkce fázový posuv roven dopravnímu zpoždění (přesnější předstihu).

PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ

Abychom si ověřili matematický model, zhotovili jsme automatické řízení na tahu ŠT 180 (obr. 3). Regulační okruh byl realizován z těchto prvků:

- jako snímač polohy byl použit mechanický hmatáč ve spojení s odporovým vysílačem;
- ústřední člen tvořil tranzistorový třípolohový regulátor se zpožděnou zpětnou vazbou;
- akční člen regulátoru — elektromagnetické ventily ve spojení s hydraulickým rozvaděčem.

3. Zjednodušené blokové schéma automatického řízení — Simplified block diagram of automatic steering



Zkoušky automatického řízení se uskutečnily na modelové dráze se samotným traktorem (bez zatížení). Vzhledem k tomu, že se používá jako vstupní signál v regulační technice nejčastěji skokové a sinusové funkce, byly vytvořeny technické podmínky pro jejich skutečnou realizaci. Zhotovení sinusové stupňí funkce, představující zadanou dráhu, nebylo řešeno její skutečnou výrobou. Byla zvolena rovná vodící dráha a měněna vzdálenost vozidla od ní (žádaná hodnota) sinusovým „generátorem“, jehož pohon byl vázán na pojezdové ústrojí. Tím byla zaručena stejná vlnová délka sinusovky bez ohledu na pojezdovou rychlost. Při měření byly pak průběžně oscilografem zaznamenávány tyto údaje:

- výchylka snímače poruchové veličiny,
- vstupní funkce (dráha),
- vzdálenost přední osy od dráhy,
- úhlové natočení rámu řízení,
- spínací impulsy ovládání rozvaděče.

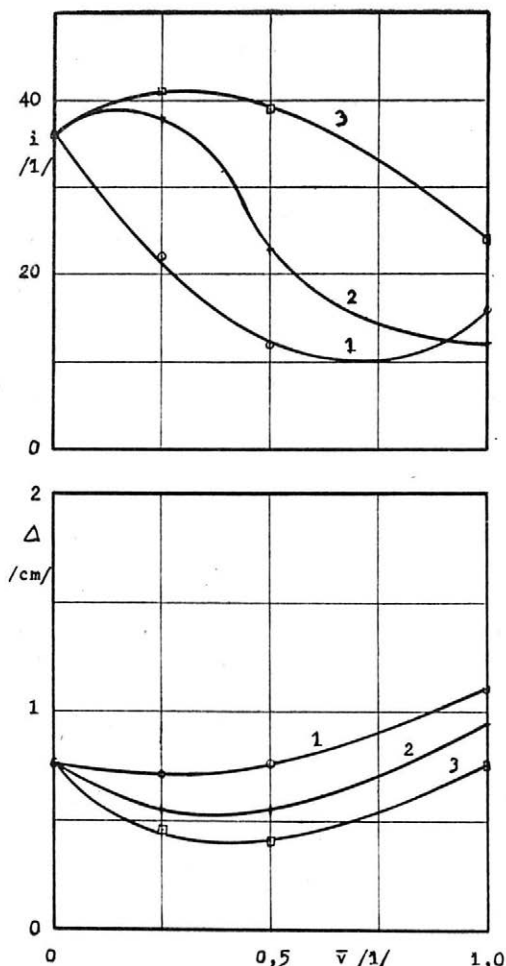
Při zkouškách byly měněny tyto veličiny obvodu:

- amplituda vstupní funkce při konstantní necitlivosti (A),
- délka vlny vstupní funkce (λ),
- pojezdová rychlost (v),
- konstanty zpětné vazby ($T, \bar{v}$).

Otáčky motoru jsme volili tak, aby pojezdové rychlosti odpovídaly rychlostem požadovaným a aby úhlová rychlost natočení rámu byla konstantní.

VÝSLEDKY

U astatické soustavy vyššího řádu se při vyšetření regulačního systému jako celku jedná především o zajištění dostatečné stability a nejmenší četnosti spínání regulátoru — z hlediska dané vyšetřované soustavy.



4. Závislost parametrů výstupní funkce na parametrech zpětné vazby (řešení na počítači) — The dependence of the parameters of the output function on the parameters of feedback (solution on a computer)

$$A = 7,07 \text{ cm}$$

$$\lambda = 40 \text{ m}$$

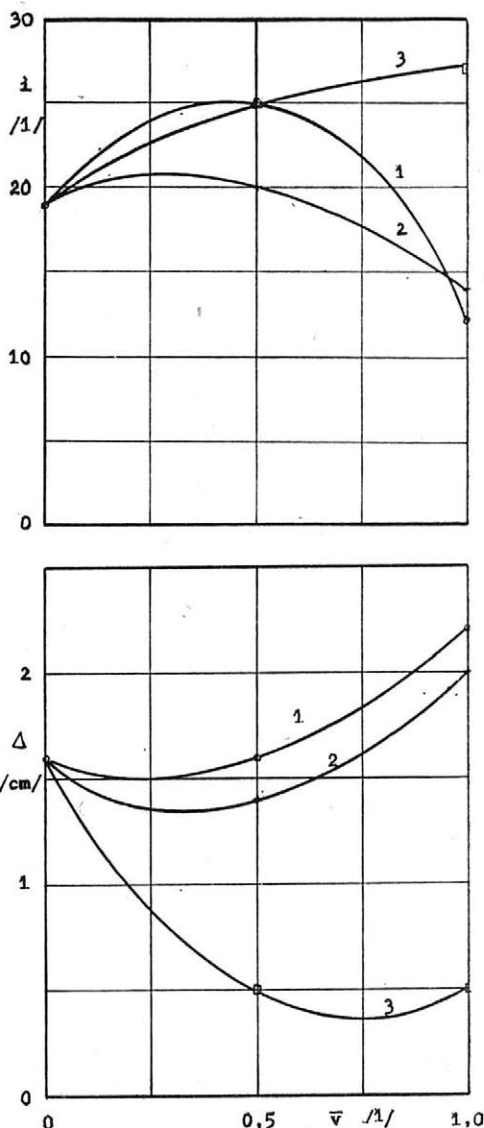
$$\omega_R = 0,2 \text{ s}^{-1}$$

$$v = 1,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$1 - T = 0,5 \text{ s}$$

$$2 - T = 1,0 \text{ s}$$

$$3 - T = 2,0 \text{ s}$$



5. Závislost parametrů výstupní funkce na parametrech zpětné vazby (reálný model) — The dependence of the parameters of the output function on the parameters of feedback (real model)

$$A = 7,07 \text{ cm}$$

$$\lambda = 20 \text{ m}$$

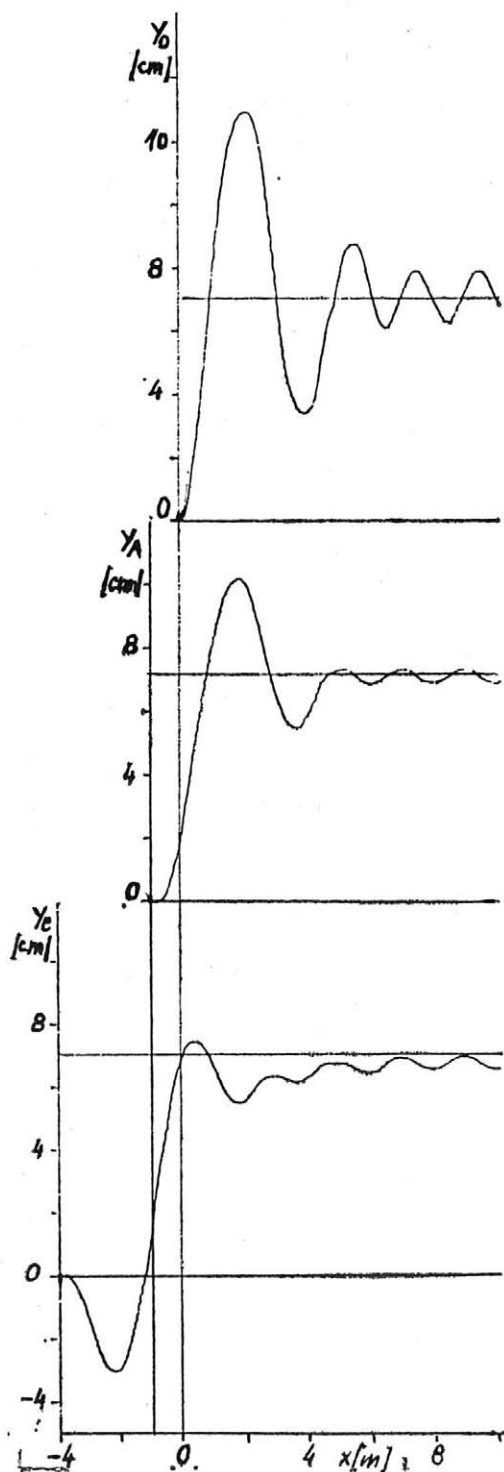
$$1 - T = 0,5 \text{ s}$$

$$2 - T = 1,0 \text{ s}$$

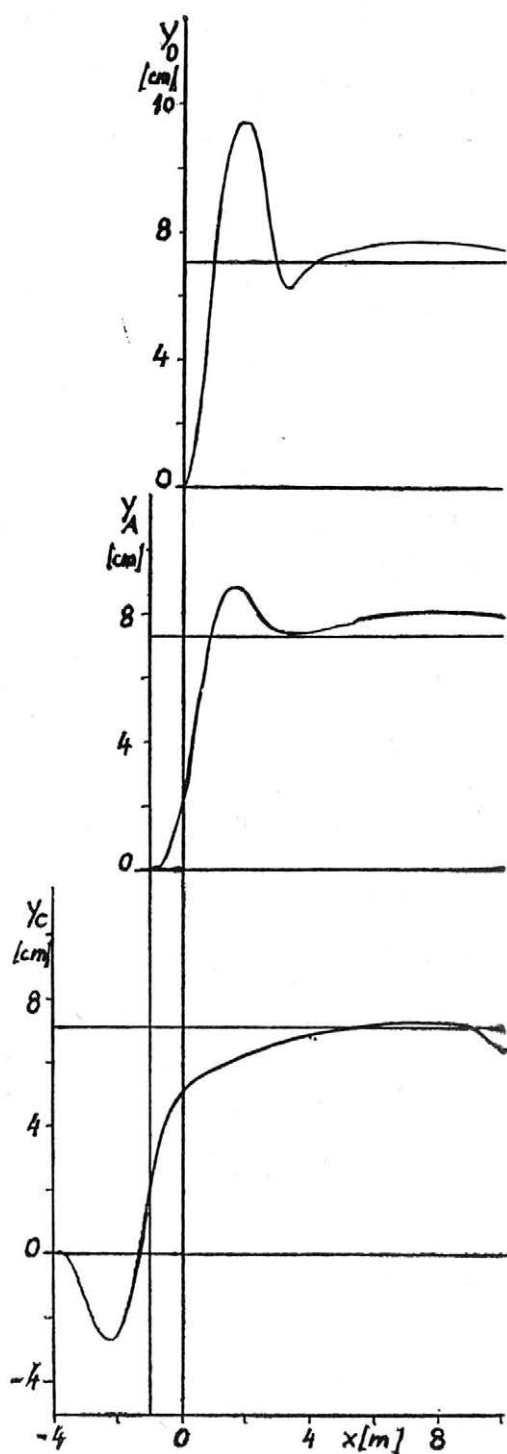
$$3 - T = 2,0 \text{ s}$$

$$\omega_R = 0,1 \text{ s}^{-1}$$

$$v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$$



6. Odezva obvodu na skokovou vstupní funkci při vlivnosti zpětné vazby $\bar{v} = 0,25$ — The response of the circuit to the input step function, with a significant influence of feedback $\bar{v} = 0,25$



7. Odezva obvodu na skokovou vstupní funkci při vlivnosti zpětné vazby $\bar{v} = 0,5$ — The response of the circuit to the input step function, with a significant influence of feedback $\bar{v} = 0,5$

K zajištění dostatečné stability celého obvodu bylo použito zpožděné zpětné vazby s možností změny parametrů — vlivnost ($\bar{v}$) a časová konstanta (T). Kritériem pro hodnocení kvality regulace u tohoto regulačního obvodu je především minimální regulační odchylka a minimální počet sepnutí akčního členu. Z ukázky na grafech (obr. 4, 5) je zřejmé, že minimální regulační odchylka a počet sepnutí je v tomto případě přibližně pro $\bar{v} = 0,5-0,75$ a $T = 1$ s. Obdobné průběhy jsou i pro $\omega_R = 0,1$ a $0,3 \text{ s}^{-1}$. Lze tedy s určitými omezeními obecně říci, že pro daný obvod vyhovuje uvedené nastavení konstant zpětné vazby. Z hlediska absolutní velikosti regulační odchylky a počtu sepnutí lze však v oblasti $\bar{v} = 0,5-0,75$ použít časové konstanty ve větším rozsahu, aniž by byla porušena stabilita obvodu nebo překročena maximální předpokládaná chyba regulace. Není však vhodné použít T menší než asi $0,25$ s a větší než asi $4,00$ s s ohledem na počet a délku sepnutí akčního členu — počet zásahů akčního členu je vyšší než u netlumeného obvodu, přičemž u velké časové konstanty T obvod kmitá téměř netlumenými kmity a naopak při velmi nízké hodnotě T dochází ke stavu, kdy zejména hydraulická část obvodu (vlastní řízení vozidla) již nestací reagovat a navíc je nadměrně zatěžována. Vliv zpětné vazby na chování obvodu je patrný z obr. 6, 7, a to zejména velikost útlumu u skokové vstupní funkce.

VLIV PARAMETRŮ SOUSTAVY

U soustavy, tj. traktoru, jsme sledovali především vliv změny úhlové rychlosti řízení (ω_R) na kvalitu regulace a stabilitu a dále vliv změny pojezdové rychlosti na stabilitu obvodu. Rozbor výsledků ukázal, že se vzrůstem hodnoty ω_R se snižuje chyba regulace. Zvyšuje se však stabilita celého obvodu a schopnost obvodu reagovat i na kratší vlnové délky λ (vyšší frekvence). Negativní stránkou je skutečnost, že se vzrůstem hodnoty ω_R vzrůstá i počet sepnutí. Pro vyšší ω_R je nutné použít i odpovídající menší časové konstanty T a vyšší hodnoty vlivnosti v zpětné vazby.

Vliv pojezdové rychlosti a úhlové rychlosti řízení na stabilitu byl zkoumán bez působení zpětné vazby. Jak je ze struktury obvodu zřejmé, jedná se o kmitavý obvod (astatická soustava vyššího řádu), jehož chování je určováno především velikostí pojezdové rychlosti a úhlové rychlosti řízení. Bylo zjištěno, že obvod s danými parametry pro $\omega_R = 0,1-0,3 \text{ s}^{-1}$ kmitá trvalými kmity s konstantní amplitudou do velikosti pojezdové rychlosti $v = 1 \text{ m s}^{-1}$; nad tuto rychlost kmity rychle narůstají. Frekvence vlastních kmitů se pohybuje přibližně od $0,4$ do $1,0 \text{ Hz}$. V rozmezí rychlosti $1,0-1,5 \text{ m s}^{-1}$ jsou konstantní kmity již jenom při $\omega_R = 0,3 \text{ s}^{-1}$. Je zřejmé, že se v daném případě projevuje i vliv značné hmotnosti stroje pohybujícího se na pružných pneumatikách a dále vliv koncepce podvozku, zejména řízení. Z uvedeného vyplývá, že pro vyšší pojezdové rychlosti je nutné vždy použít vyšších hodnot úhlové rychlosti řízení a zároveň snížit na nejmenší hodnotu časové konstanty soustavy. Současně je však nutné použít odpovídající parametry zpětné vazby T a v .

ZÁVĚR

Řešení daného regulačního obvodu dalo jednak potřebné podklady o závislosti, jednak ukázalo shodnost, respektive rozdílnost teoretických a praktických výsledků. Teprve potom je možné dále řešit tuto problematiku dalším zpracováním a upřesňováním teoretického modelu a reálného systému, a to nejen samotného traktoru, ale zejména agregátu. Sestavit obecný matematický model, který by postihl všechny vlivy působící a ovlivňující chování regulačního okruhu (prokluz, svaovitost, síly od náradí, rozložení

hmotnosti, zvláštnosti konstrukce podvozku, rozptyl v parametrech prvků celého regulačního okruhu atd.) je obtížné. Bylo by však možné pro určité charakteristické podmínky a vlastnosti soupravy stanovit ze změřených údajů přenosové funkce, jež by bylo možné považovat za dynamický model soupravy.

Rozdílnost teoretických a praktických výsledků je z hlediska absolutních hodnot a jejich průběhů pro praxi zanedbatelná. Příčiny rozdílnosti lze shrnout zhruba do těchto hlavních bodů:

- zjednodušení matematického modelu,
- idealizovaná poruchová funkce (sinus, skok), působící na regulační okruh (nejsou uvažovány další vlivy, působící zejména na soustavu),
- rozptyl, resp. rozdíl v parametrech skutečných a modelových členů regulačního obvodu,
- přesnost měření a vyhodnocování záznamů skutečného systému.

Přes uvedené rozdílnosti jsou výsledky vyhovující, využitelné s dostatečnou přesností pro další řešení a objasňují především problematiku řešení regulačního okruhu řízení.

Seznam symbolů

a (cm)	— vzdálenost snímače od přední osy
A (cm)	— amplituda
b (cm)	— necitlivost
d (cm)	— vzdálenost středu hnací osy od kloubu řízení
f (Hz)	— frekvence
F	— přenosová funkce
L (cm)	— rozvor vozidla
p	— operátor
T (s)	— časová konstanta
v (m s ⁻¹)	— pojezdová rychlost
y	— souřadná osa, proměnná kolmo ke směru jízdy
α (°)	— výchylka rámu podvozku
β (°)	— výchylka zadního dílu rámu od zadané dráhy
ω (s ⁻¹)	— kmitočet vstupní funkce
ω_R (s ⁻¹)	— úhlová rychlost řízení

Literatura

- BARTOŠ, J.: Dynamika impulsových regulátorů. Automatizace, 1973, č. 9.
 SOUČEK, J.: Automatizace řízení traktorů s kloubovým podvozkem. [Dílčí zpráva Z-1307.] Praha - Řepy, Výzk. ústav zeměd. techniky 1976.
 ŠABANOV, V. M.: Automatizacija voždenija traktorov. Traktory i selchozmašiny, 1970, č. 9.
 ŠREJTR, J.: Technická mechanika II. Kinematika, 2. část. Stát. nakl. techn. lit., Praha 1955.
 ŠREJTR, J.: Technická mechanika III. Dynamika. Stát. nakl. techn. lit., Praha 1960.

Došlo dne 23. 3. 1977

СОУЧЕК, Я. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы). Автоматическое управление тракторов с шарнирным шасси. Земед. Techn., 23, 1977 (10): 599-608.

Управление мобильными сельскохозяйственными машинами связано с рабочими операциями, которые представляют содержание отдельных технологий производства. С точки зрения обслуживания видно, что самой требовательной операцией не только в отношении физического труда, но особенно умственного, является управление движением машины, которая возрастает с увеличением размеров машины (геометрические размеры и масса) и с возраста-

нием применяемой рабочей скорости. Видно, что первоочередной задачей при решении автоматизации мобильных сельскохозяйственных машин является решение автоматизации управления движением машины. По этой причине проводилось теоретическое решение, в том числе определение соответствующих математических зависимостей, т. е. математической модели автоматического управления конкретной системы. Расчеты проиизводились на машине при переменных параметрах модели и для разных входных функций. Математические отношения для движения машины и ее управления мы выводили для трактора с шарнирным типом шасси, т. е. для системы управления, которая применялась почти у всех тракторов с мощностью двигателя > 120 кВт и приводом на все колеса одинакового диаметра. Теоретические предпосылки и результаты решения проверялись на реальной модели. Теоретическое и практическое решение цепи регулирования дало необходимые данные и зависимости и показало сходство, или различие теоретических и практических результатов. Причины различия результатов можно обобщить в основном в следующие главные пункты: упрощение математической модели, идеализированные функции повреждений, действующие посредством датчика на цепь регулирования, рассеяние, или различие в параметрах действительных и модельных членов цепи регулирования, неточности при измерении и обработке результатов. Трудно составить общую математическую модель, отражающую все влияния, действующие на систему (буксование, крутизна склонов, силы от орудия, разложение массы, особенности конструкции шасси). Однако, в определенных характерных условиях и для определенных свойств агрегата можно установить передаточные функции, которые можно было бы считать динамической моделью агрегата.

регулирование; автоматическое управление; шарнирные шасси; трактора

SOUČEK, J. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepy): *Automatic Steering of Tractors with Hinge-type Chassis*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 599-608.

The steering and control of mobile farm machines are related with operations involved in the technologies of production. As to the driver's work, the most difficult operation, needing the greatest physical and, in particular, mental exertion, is the control of the direction of the movement of the machine; the difficulty of the driver's job increases with the "size" of the machine (geometrical dimensions and weight) and with the higher speed of movement at work. Hence the main task of research into the automation of mobile farm machines is the solution of the problems of automatic steering. The author attempted to find a theoretical solution, including the determination of the relevant mathematical dependences: he constructed a mathematical model of the automatic control of a real system. The calculations were performed by means of a computer, using variable parameters of the model for different input functions. The mathematical relations for the movement of the vehicle and for its steering were derived for the hinge-type-chassis tractor, i. e. for a steering system used almost in all tractors with engine performance $N > 120$ kW and with four-wheel drive, the wheels being of the same diameter. The theoretical assumptions and results of solution were tested on a real model. The theoretical and practical solution of the problems of the control system provided the needed data and dependences and revealed the correspondence and/or difference between theoretical and practical results. The causes of the differences of results can be summed up under the following main headings: simplification of the mathematical model, idealized failure functions acting upon the recording circuit through a sensing unit, dispersion and/or difference in the parameters of the real and model members of the recording circuit, inaccuracy of measurement and of the processing of the results. It is a hard task to construct a general mathematical model involving all effects acting upon the system (slippage, slope, forces exerted by implements, distribution of weight, peculiarities of the design of the chassis). However, it is possible for certain characteristic conditions and properties of the system that transfer functions may be determined, to be treated as a dynamic model of the aggregate.

control; automatic steering; hinge-type chassis; tractors

Adresa autora:

Ing. Jan Souček, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepy

MĚŘENÍ TERMOFYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ ZEMĚDĚLSKÝCH MATERIÁLŮ

Z. Kittl, A. Jelínek

KITTL, Z. — JELÍNEK, A. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Měření termofyzikálních vlastností zemědělských materiálů*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10): 609—615.

V článku je popsána jedna z metod měření termofyzikálních veličin pevných látek, a to nestacionární metoda s použitím plošného zdroje tepla. Touto metodou byly zjišťovány tepelné vlastnosti některých zemědělských materiálů (vojtěšková moučka, moučka z řepky, řepné skrojky) a jejich závislosti na teplotě a objemové hmotnosti.

termofyzikální vlastnosti zemědělských materiálů; metoda měření

Základem všech metod měření termofyzikálních veličin je znalost rozložení teploty ve vzorku (teplotního pole). Toto teplotní pole můžeme při daných okrajových a počátečních podmínkách získat řešením diferenciální rovnice pro vedení tepla:

$$c\rho \frac{\delta T}{\delta t} = \operatorname{div} [\lambda \operatorname{grad} T] + q_v \quad (1)$$

kde: c — měrné teplo

λ — koeficient tepelné vodivosti

ρ — objemová hmotnost

q_v — výkon vnitřního tepelného zdroje v objemové jednotce

T — teplota

t — čas

Součin $c\rho$ bývá nazýván tepelnou kapacitou látky.

Při výběru vhodné měřicí metody na měření termofyzikálních vlastností zemědělských materiálů byl dán hlavní důraz na možnost měření všech požadovaných veličin (tepelné vodivosti, teplotní vodivosti a tepelné kapacity $c\rho$) v jedné aparatuře. S ohledem na charakter materiálu (vlhká pórézní látka) je nutné, aby měření probíhalo poměrně krátkou dobu a nevznikl tak nežádoucí přestup vlhkosti. Také výroba vzorků je dána možnostmi lisování ve vhodné formě. Zemědělské materiály nejsou tvořeny homogenní hmotou, a proto by měření mělo probíhat v poměrně velkém objemu (měření středních termofyzikálních veličin). S ohledem na uvedené požadavky byla zvolena nestacionární metoda s užitím plošného zdroje tepla s konstantním příkonem.

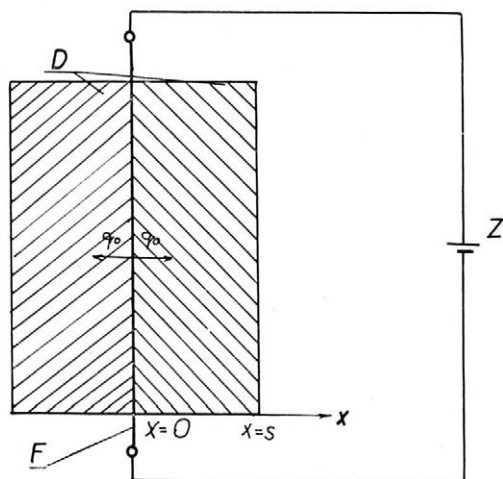
METODA MĚŘENÍ

Princip metody spočívá ve sledování teplotního pole na vzorcích s plošným zdrojem tepla při vhodné volbě počátečních a okrajových podmínek.

Přivedeme-li v čase $t = 0$ na prakticky nehmotnou kovovou fólii, umístěnou mezi dvěma rovnými, dostatečně velkými deskami o tloušťce s konstantní měrný výkon $2q_0$ (obr. 1) a zabráníme-li na zadní straně vzorku $x = s$ přenosu tepla do okolí, bude teplotní pole na deskách po určité době popsáno vztahem:

$$T(x, t) = \frac{q_0 s}{\lambda} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x}{s} \right)^2 - \frac{x}{s} + \frac{a t}{s^2} \right] + T_0 \quad (2)$$

kde: T_0 – konstanta



1. Schéma uspořádání vzorků – Schematic arrangement of the samples

D – desky (vzorky) měřené látky

F – topná fólie

Z – zdroj proudu

q_0 – měrný topný výkon fólie pro jednu desku

Tento vztah je dán řešením rovnice (1) pro kvazistacionární stav, tj. za předpokladu $\delta T(x, t)/\delta t = \text{konst.}$ Rovnice (2) představuje ekvidistantní paraboly druhého stupně, které se posouvají úměrně s časem.

Označíme-li ΔT rozdíl teplot $T(0, t)$ a $T(s, t)$ v libovolném okamžiku kvazistacionárního stavu, dostaneme z rovnice (2) pro koeficient tepelné vodivosti výraz:

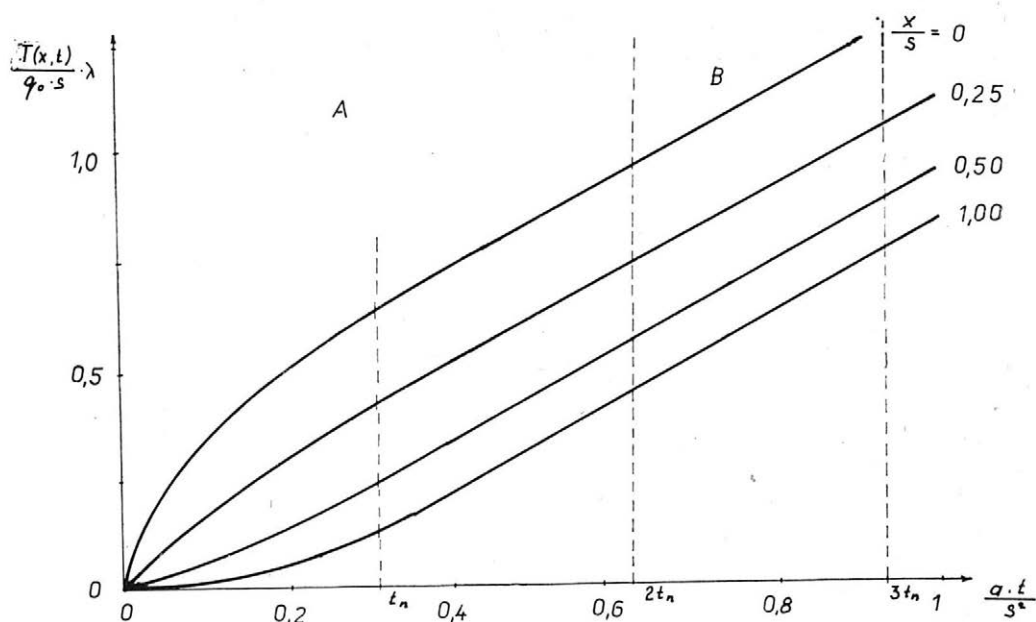
$$\lambda = \frac{q_0 s}{2\Delta T} \quad (3)$$

Tepelnou kapacitu a teplotní vodivost můžeme určit např. ze směrnice přímky $T(0, t)$:

$$c\rho = \frac{q_0}{s} \left[\frac{\delta T(0, t)}{\delta t} \right]^{-1} \quad (4)$$

$$a = \frac{s^2}{2\Delta T} \frac{\delta T(0, t)}{\delta t} \quad (5)$$

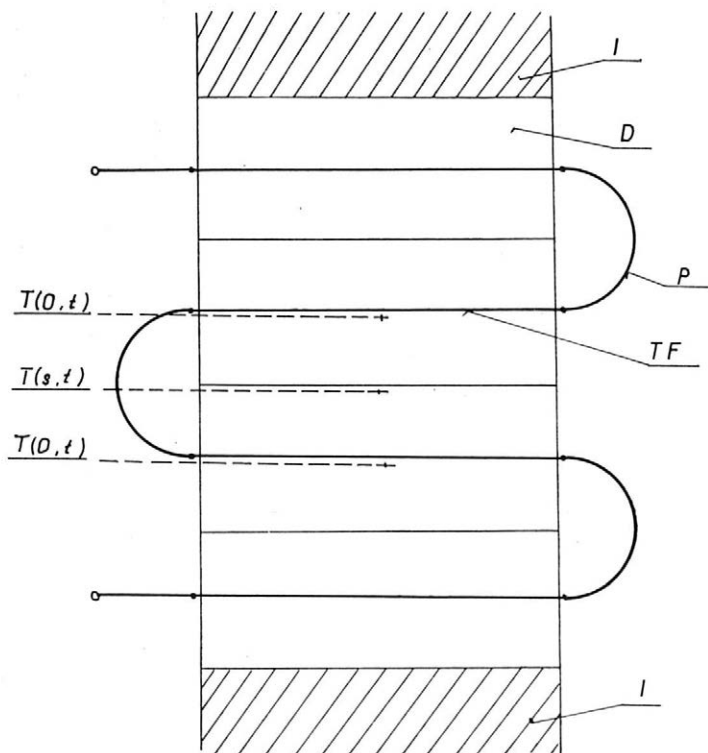
Platnost rovnice (2) je vázána na oblast kvazistacionárního stavu, a proto je nutné stanovit omezující časy měření. Kvazistacionární stav předchází tzv. oblast spouštění, charakteristická nulovým měrným tokem na okraji vzorku ($q = 0$ pro $x = s$). Mezi



2. Závislost teploty na čase během celého měření — The dependence of temperature on time in the course of measurement

A — spouštění a přechodový stav

B — kvazistacionární stav



3. Uložení vzorků a topné fólie — Placement of samples and the heating foil

I — čelní izolace
D — desky měřené látky
P — převaděč
TF — topná fólie

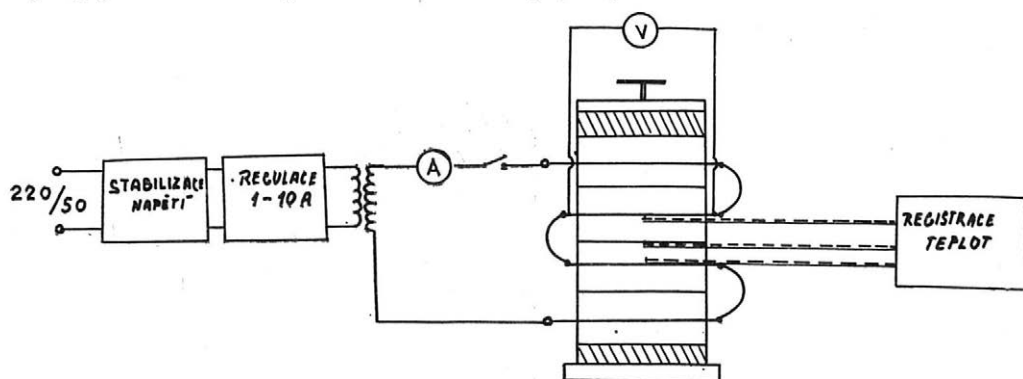
těmito stavy existuje ještě přechodová oblast (obr. 2). Dá se ukázat, že podmínka kvazistacionárnosti děje je již dostatečně přesně splněna v čase:

$$2t_n = \frac{2}{\pi} \frac{s^2}{a} \quad (6)$$

Obr. 3 ukazuje umístění topné fólie mezi deskami měřené látky. Takováto konfigurace, symetrická podle středu měřeného teplotního pole, zajišťuje splnění podmínky $q = 0$ v místě $x = s$, tj. vylučuje odvod tepla z této plochy. Čelní strany vzorků jsou izolovány, rovněž je zajištěno co nejmenší boční vyzářování použitím kovového krytu.

Rozměry a počet vzorků je nutno volit s ohledem na to, že tepelná izolace měřicího systému není dokonalá a při nevhodné konfiguraci by mohly vznikat nežádoucí boční a čelní tepelné ztráty. Musí se zvážit, zda v průběhu doby měření, při daných tepelných vlastnostech vzorků, nezpůsobují čelní a boční ztráty v místě měření deformaci teplotního pole, tj. lineární růst teploty v kvazistacionárním úseku. K měření byla zvolena konfigurace s osmi deskami (obr. 3). Takovéto uspořádání a dostatečná čelní izolace spolehlivě zabraňuje rozšíření poruchy ve směru osy x do měřeného pole. Uspořádání se čtyřmi deskami se ukázalo jako nevyhovující.

Teplota je měřena termočlánky ve třech místech v ose vzorků, dvakrát v místě $x = 0$ (pro možnost srovnání) a jednou v místě $x = s$. Zjišťuje se časový průběh těchto teplot, tj. křivky $T(0, t)$ a $T(s, t)$. Fólie je zahřívána střídavým proudem. Topný výkon fólie je zvolen tak, aby po dobu měření v kvazistacionárním úseku byl dostatečný vzrůst teploty (minimálně 3°C). Blokové schéma zapojení je na obr. 4.



4. Schéma elektrického zapojení — Electric circuit chart

MĚŘENÍ NA ZEMĚDĚLSKÝCH MATERIÁLECH

Měřené materiály byly vybrány s ohledem na to, jak se uplatňují jako součást tvarovaných krmiv. Vzorky byly lisovány na potřebné rozměry hydraulickým lisem a formou. Materiál, který se vkládal do formy, jsme nechali v takovém stavu, jakého se užívá při skutečné výrobě briket. Snažili jsme se pouze o to, aby na spodní a horní část vzorku nepřišly části materiálu, které by po slisování vyčnívaly ostrými hroty a které by mohly poškodit topnou fólii. Podélné rozměry formy (a tedy i vzorku) byly $0,1 \times 0,1$ m. Pokud nebyly proměřovány závislosti tepelných veličin na objemové hmotnosti, lisovaly se vzorky tlakem $31 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2}$. Ten odpovídá tlakům užívaným ve tvarovacích linkách. Množství lisovaného materiálu je voleno tak, aby při tomto tlaku byla tloušťka vzorků po úplném rozepnutí asi 1 cm. Po této době se také zjišťuje objemová hmotnost vzorků.

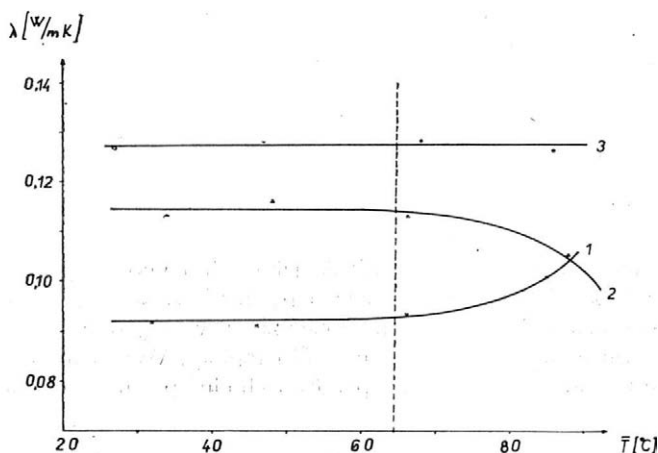
K měření bylo použito suchých materiálů s vlhkostí 5 až 10 %. Charakter vzorků pokud jde o pórovitost je pro různé materiály dosti odlišný. Převládá vláknitá (vojtěšková moučia) a zrnitá (řepné skrojky) struktura.

Aparatura se vzorky byla umístěna v klimatizačním boxu, nastaveném na požadovanou teplotu a vlhkost. Měření na jednotlivých materiálech probíhalo několikrát a byla určována chyba. Ta nepřekročila 2,5 %. Naměřené výsledky jsou shrnuty v tab. I. Je vidět, že měřené (suché) materiály mají charakter špatných vodičů tepla. Dá se předpokládat, že se vzrůstem jejich vlhkosti se tepelná vodivost podstatně zvýší.

I. Naměřené hodnoty vybraných materiálů — The values obtained in the measurement of selected materials

Materiál	λ (W/mK)	$c\rho$ (kJ m ⁻³ K ⁻¹)	a (m ² h ⁻¹)	Hustota ρ (kg m ⁻³)	Vlhkost φ (%)	Střední teplota $\bar{T}$ (°C)
Vojtěšková moučka	0,092±0,001	1162±12	(2,85±0,05) 10 ⁻⁴	580	7	32
Moučka z řepky	0,113±0,002	1097±18	(3,71±0,09) 10 ⁻⁴	780	10	34
Řepné skrojky	0,127±0,001	1153±15	(3,97±0,07) 10 ⁻⁴	730	6	27
Krmná směs	0,103±0,001	1281±15	(2,89±0,05) 10 ⁻⁴	755	6	27

Z grafu na obr. 5 je patrné, že koeficienty tepelné vodivosti jsou pro všechny tři měřené látky konstantní do teploty asi 65 °C. Nad 65 °C nastává u vojtěšky vzrůst λ a u řepkové moučky pokles. Odchylky při teplotě 90 °C činí asi 10 %. Při vyšších teplotách se s těmito materiály nepracuje. Tyto změny souvisí s biologickými procesy, které při teplotách nad 60 °C začínají v organických látkách obecně probíhat. U vzorků z řepných skrojek ani při vyšších teplotách ke změně λ nedochází. Biologický charakter tohoto materiálu se dost liší od charakteru vojtěškové a řepkové moučky. Jde o tzv. biologicky neaktivní materiál.

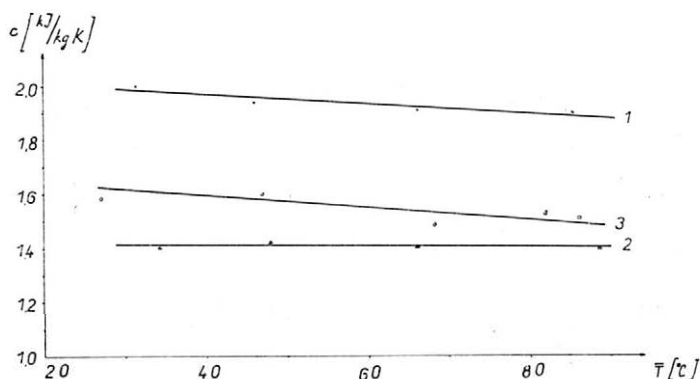


5. Teplotní závislosti koeficientů tepelné vodivosti — The thermal dependences of the coefficients of thermal conductivity

- 1 — vojtěšková moučka
- 2 — moučka z řepky
- 3 — řepné skrojky

Měrné teplo s rostoucí teplotou mírně klesá (graf na obr. 6).

Graf na obr. 7 ukazuje závislosti koeficientů tepelné vodivosti na objemové hmotnosti pro vojtěškovou moučku (1), moučku z řepky (2) a řepné skrojky (3) (plné křivky). Koeficient λ ve všech případech s rostoucím ρ roste. Čárkovaná křivka ukazuje vzrůst λ s ρ bez ohledu na druh materiálu pro vojtěškovou moučku, moučku z řepky a krmnou směs. Tyto moučky mají velmi podobnou vláknitou strukturu, na rozdíl od řepných skrojků, jejichž struktura je spíše zrnitá (λ nabývá podstatně vyšších hodnot). Z těchto závislostí se dá usuzovat na to, že důležitým faktorem ovlivňujícím tepelnou vodivost bude charakter struktury vzorků (vláknitá, zrnitá), a to bez ohledu na druh použitých komponentů.

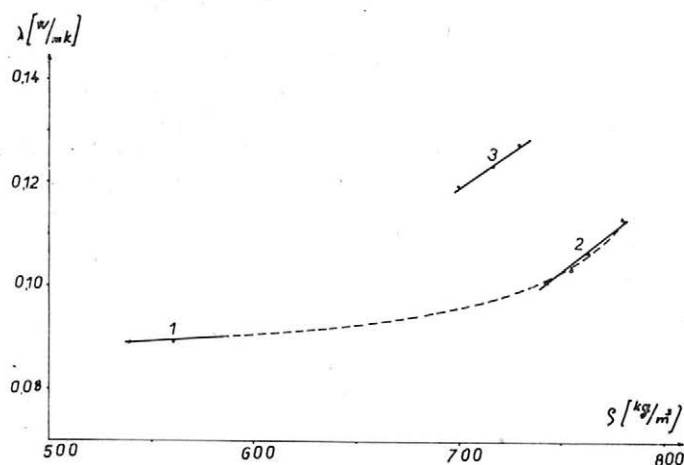


6. Teplotní závislosti měrných tepel — The thermal dependences of specific heats

- 1 — vojtěšková moučka
- 2 — moučka z řepky
- 3 — řepné skrojky

7. Závislost koeficientů tepelné vodivosti na objemové hmotnosti — The dependence of the coefficients of thermal conductivity on volume weight

- 1 — vojtěšková moučka
- 2 — moučka z řepky
- 3 — řepné skrojky



ZÁVĚR

Měřicí aparatura se ukázala jako velmi vhodná pro komplexní měření tepelných veličin zemědělských materiálů a jejich závislostí. Její použití lze rozšířit na jakýkoliv pevný materiál, u kterého je možné získat vzorky potřebných rozměrů. Měřicí rozsah je omezen možnostmi dostatečně měřit teploty. Vzhledem ke krátké době měření a k malým teplotním rozdílům je aparatura vhodná pro měření vlhkých materiálů.

Došlo dne 27. 7. 1977

КИТЛ, З. — ЙЕЛИНЕК, А. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Измерение термофизических свойств сельскохозяйственных материалов. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 609-615.

В статье описывается один из методов измерения термофизических величин плотных веществ, нестационарный метод с использованием плоскостного источника тепла. Этим методом определяли термические свойства некоторых сельскохозяйственных материалов (люцерновая мука, рапсовая мука, свекловичные обрезки) и их зависимости от температуры и объемного веса.

термофизические свойства сельскохозяйственных материалов; метод измерения

KITTL, Z. — JELÍNEK, A. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepy): *Measuring the Thermophysical Characteristics of Agricultural Materials*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 609-615.

The authors describe one of the methods of measuring the thermophysical parameters of solid substances — the non-stationary method with the use of an areal heat source. This method was employed for the determination of the thermal properties of some agricultural materials (lucerne meal, rape meal, beet tops) and their dependence on temperature and volume weight.

thermophysical characteristics of agricultural materials; method of measurement

KITTL, Z. — JELÍNEK, A. (Forschungsinstitut der Landtechnik, Praha - Řepy): *Messung der thermophysikalischen Eigenschaften von landwirtschaftlichen Produkten*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 609-615.

Im vorliegenden Aufsatz wird eine der Methoden für die Messung von thermophysikalischen Eigenschaften der Feststoffe beschrieben, nämlich die nichtstationäre Methode mit Anwendung einer Wärmequellenfläche. Mit dieser Methode wurden Wärmeeigenschaften von einigen landwirtschaftlichen Produkten (Luzernemehl, Rapsmehl, Rübenschnitzel) und deren Abhängigkeiten von der Wärme und Volumenmasse ermittelt.

thermophysikalische Eigenschaften der landwirtschaftlichen Produkten; Meßmethode

Adresa autorů:

Zdeněk Kittl, prom. fyz., ing. Antonín Jelínek, Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepy

z úseku zemědělská technika

Uvedené publikace je možné si vypůjčit osobně nebo písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, 120 56 Praha 2, Slezská 7. Výpůjční doba: pondělí až pátek od 9 do 18 hodin. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

D 64.961/22

Het combinaren van werkzaamheden.

Wageningen, IMAG, 1975. 27 s. 4 obr. 5 tab. Publikatie 22. (Zemědělské stroje — agregáty — použití)

D 66.106

Eksploatacija na mašinno-traktornija i avtomobilnaja park.

Sofija, Džržav. izd. za selskostop. lit. 1975. 343 s. 113 obr. (Zemědělské stroje — provoz — příručka / Strojní agregáty — provoz — příručka / Traktory — provoz — příručka)

D 66.119

Prognoziranje tehničeskoga sostojanja mašin.

Moskva, Kolos 1976. 286 s. 54 obr. 32 tab. (Zemědělské stroje a traktory — technický stav — prognózování)

D 66.214

ARSENJUK, Ju. V. — ILNYCKYJ, D. V. — ZOZULJA, A. I.

Технічне обслуговування ма́шынно-тракторного парку колхозів і радгоспів.

Kyjiv, Urožaj 1976. 109 s. 22 obr. 10 tab. (Zemědělské stroje — obsluha a údržba — příručka / Pohonné hmoty — zemědělské stroje — příručka / Traktory — obsluha a údržba — příručka)

C 23 742

Spravočnaja kniga po tehnologiji remonta mašin v sel'skom choz'iajstve.

Moskva, Kolos 1975. 599 s. obr. tab. (Zemědělské stroje — údržba a opravy — příručka / Motory — opravy — příručka)

E 38.101

Plastmasy u remontoému vyrobničtvi

Kyjiv, Urožaj 1976. 101 s. obr. tab. (Zemědělské stroje — opravy — plastické hmoty — použití — příručka)

D 64.416

Mechanizacija skladskich robot.

Kiev, Urožaj 1974, 184 s. 37 obr. 15 tab. (Mechanizace zemědělství — skladiště — příručka)

C 18.248/305

A tripod mount to aid in lifting heavy objects.

Washington, U. S. Depart. of agric. 1976, 2 s. 2 obr. Research note
RM-305. (Zvedací zařízení — pomocné — použití — leták)

K. Prokop, M. Špelina, A. Bílková

PROKOP, K. — ŠPELINA, M. — BÍLKOVÁ, A. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy; Vysoká škola zemědělská, Praha - Suchbátka): *Optimalizace počtu dopravních souprav*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 617-623.

Transportní procesy v rostlinné výrobě lze rozdělit do několika skupin podle toho, zda v místě nakládky (vykládky) pracují či nepracují nakladače (vykladače), zda nastává či nenastává fronta dopravních souprav, resp. nakladačů, resp. vykladačů v místě nakládky (vykládky), zda se dopravní souprava plní najednou či po dávkách, zda nastává či nenastává regenerace nakladače (vykladače). V článku je studován transportní proces, kde v místě vykládky nenastává fronta dopravních souprav, dopravní soupravy se plní najednou a regenerace nakladače ani vykladače nenastává. Ve 112 konkrétních případech tohoto procesu byl optimalizován počet dopravních souprav jednak klasickou metodou, jednak simulací. Srovnání výsledků ukázalo, že simulační metoda vede k reálnějším výsledkům; časové nároky na výpočet jsou ovšem vyšší.

rostlinná výroba; transportní proces; dopravní soupravy; fronty; optimalizace; stochastická simulace; sklizeň zaváděných pícnin; plánování; operativní řízení

Z technologických procesů vyskytujících se v rostlinné výrobě (Vzorové pracovní postupy, 1976) jde u většiny procesů mj. o přepravu materiálu; nazýváme tyto procesy stručně *transportními procesy*. V citované literatuře jde zejména o tyto pracovní postupy:

1. sklizeň zaváděných pícnin,
2. sklizeň silážní kukuřice,
3. sklizeň bulev cukrovky,
4. sklizeň chrástu cukrovky,
5. sklizeň zrnin,
6. sklizeň kukuřice na zrno,
7. sklizeň brambor,
8. hnojení tuhými průmyslovými hnojivy,
9. hnojení tuhými průmyslovými hnojivy letadlem,
10. hnojení statkovými hnojivy,
11. hnojení kejdou,
12. hnojení tekutými hnojivy,
13. úklid slámy,
14. setí zrnin,
15. setí cukrovky,
16. sázení brambor,
17. horkovzdušné sušení pícnin.

Uvedené pracovní postupy mají jeden společný rys, a to skutečnost, že vždy jde o přepravu materiálu z místa nakládky na místo vykládky dopravními soupravami. Systém je vystavený silným náhodným vlivům.

V místě vykládky může pracovat jedno nebo více zařízení, které budeme nazývat *nakladače*. Analogicky v místě vykládky může pracovat jeden nebo více *vykladačů*. Jak uvidíme dále, pojmy „dopravní souprava“, „nakladač“, „vykladač“ jsou chápány obecně; dopravní soupravou může v konkrétním případě být například rozmetadlo hnojiva, nakladačem sklízecí mlátička, vykladačem secí stroj ap.

Analyzujeme-li jednotlivé procesy podrobněji, vidíme, že v některých případech mohou dokonce nakladače nebo vykladače chybět. Tak například při hnojení chybí vykladače.

Význačným rysem dynamických systémů (procesů) zatížených náhodnými vlivy je tvoření *front*. Obecně se mohou tvořit čtyři typy front:

1. fronta nakladačů (čekajících na přistavení dopravní soupravy),
2. fronta vykladačů (čekajících na přistavení dopravní soupravy),
3. fronta dopravních souprav v místě nakládky (čekajících na uvolnění nakladače),
4. fronta dopravních souprav v místě vykládky (čekajících na uvolnění vykladače).

U jednotlivých procesů může nastat případ, kdy se některá fronta netvoří, resp. tvoří se tak zřídka, že ji můžeme zanedbat. Tak např. při sklápění se v místě vykládky zpravidla netvoří fronta dopravních souprav.

Analyzujeme-li procesy ještě podrobněji, pak můžeme počítat s případy, kdy ložný prostor dopravní soupravy se plní, resp. vyprazdňuje po dávkách, a mezi příjmem, resp. výdejem jednotlivých dávek může nakladač, resp. vykladač, resp. dopravní souprava čekat ve frontě. Opakem tohoto případu je typ pracovního postupu, kdy ložný prostor se plní najednou. Dávkové plnění je typické např. pro sklizeň zrnin, dávkové vyprazdňování např. pro setí nebo sázení, zatímco druhý případ nastává např. při sklizni pícnin.

Analýzu pracovních procesů je účelné podle okolností ještě dále prohloubit; například lze zavést pojem „regenerace“ nakladače, resp. vykladače, resp. dopravní soupravy. Regenerací nakladače (vykladače) rozumíme činnost, která směřuje k obnovení schopnosti nakladače (vykladače) znovu zahájit nakládku (vykládku) pokud je k dispozici dopravní souprava. Regenerací dopravní soupravy rozumíme obnovení schopnosti dopravní soupravy zahájit nakládku (vykládku), pokud je volný některý nakladač (vykladač). Regenerací nakladače může konkrétně být například jízda sklízecí mlátičky na poli; po naplnění zásobníku je mlátička připravena k nakládce. Regenerací dopravní soupravy je ovšem jízda na místo nakládky (vykládky).

V některých případech může regenerace chybět, např. při hnojení zpravidla nenastává regenerace nakladače.

Je zřejmé, že hloubka analýzy reálného dynamického systému není logicky omezena a bylo by možné v ní pokračovat. Otázkou je ovšem účelnost tak podrobné analýzy; účelnost je nutné posuzovat z hlediska cíle, který je v konkrétním případě sledován.

V našem případě byl formulován úkol optimalizovat počet dopravních souprav u sedmnácti uvedených strojních linek (Rozšíření vzorových pracovních postupů, 1977).

MATERIÁL A METODA

Prozatím byl úkol vyřešen pro linky, u nichž se netvoří fronta dopravních souprav v místě vykládky a u nichž se dopravní souprava plní najednou.

Úkol byl řešen dvěma nezávislými metodami: jednak „klasickou“ metodou (Špelina aj., 1973), jednak simulační metodou (Prokop, Bílková, 1977).

Klasická metoda je založena na značně zjednodušené představě o průběhu procesů; zejména se zde předpokládá, že se netvoří fronta nakladačů.

Klasickou metodou bylo uskutečněno 112 optimalizačních výpočtů; část výsledků je uvedena v tab. 1.

I. Optimální počty dopravních souprav T-815-AGRO při sklizni zavadlých pícein samojízdou řezačkou SPS-420 + SB-200 (výsledky byly získány klasickou metodou při hmotnosti nákladu 4,2 t, času vykládky 4 min, času organizačních prostojů 5 min) — Optimal numbers of transport sets T-815-AGRO in the harvesting of wilted fodder crops with the self-propelled chopper SPS-420 + SB-200 (the results were obtained by the traditional method; load weight 4.2 t, unloading time 4 min., organizational down-time 5 min.)

Rozšíření vzorových pracovních postupů (VÚZT Řepy 1977)

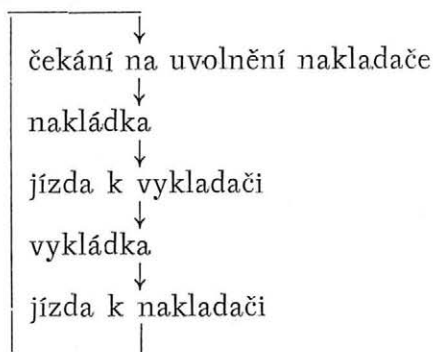
Počet dopravních prostředků		Stránka: 17					Typ soupravy: 2				
		výnos: 10,0, výkon.: 1,80 rychlost					výnos: 12,0, výkon.: 1,50 rychlost				
		20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0
Vzdálenost	10,0	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3
	12,5	5	4	4	4	3	5	4	4	4	3
	15,0	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4
	17,5	6	5	5	4	4	6	5	5	4	4
	20,0	6	6	5	5	4	6	6	5	5	4
Vzdálenost	10,0	výnos: 13,0, výkon.: 1,40					výnos: 14,0, výkon.: 1,30				
	12,5	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3
	15,0	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4
	17,5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4
	20,0	6	5	5	4	4	6	5	5	4	4
		6	6	5	5	4	6	6	5	5	4

V daném případě se jednalo o sklizeň zavadlých pícein samojízdou řezačkou SPS-420 + SB-200 pomocí dopravních souprav T-815 AGRO. Hmotnost jednoho nákladu byla 4,2 t, čas vykládky 4 minuty, čas organizačních prostojů 5 minut. Výpočty byly provedeny pro všechny kombinace čtyř výkonností, resp. výnosů (1,8; 1,5; 1,4; 1,3 ha h⁻¹, resp. 10; 12;

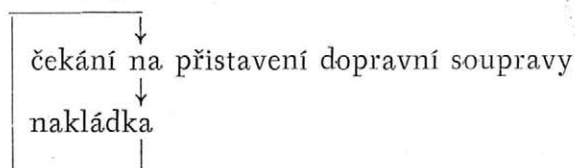
13; 14 t ha⁻¹), pěti rychlostí (20, 25, 30, 35, 40 km h⁻¹) a pěti vzdáleností (10; 12,5; 15; 17,5; 20 km).

Protože klasická metoda užívá dosti drastických zjednodušujících předpokladů, rozhodli se autoři tohoto článku vypracovat dokonalejší metodu optimalizace počtu dopravních souprav; metoda je publikována (Prokop, Bílková, 1977). Jde o stochastickou simulaci s proměnným časovým krokem. Předpokládá se, že všechny použité nakladače jsou téhož typu; stejný předpoklad je učiněn pro dopravní soupravy.

Každá dopravní souprava pracuje v tomto cyklu:



Každý nakladač pracuje v tomto cyklu:



Rychlost jízdy dopravní soupravy je náhodná veličina s normálním (Gaussovým) rozdělením. Střední hodnotou je jmenovitá hodnota rychlosti, směrodatná odchylka se vypočte z této střední hodnoty a z tolerance ($\approx 10\%$), tj. ze šířky intervalu, z něhož s praktickou jistotou hodnota náhodné veličiny nevybočí.

Režim fronty dopravní soupravy v místě nakládky je FIFO, tzn. že je-li v okamžiku uvolnění nakladače k dispozici více dopravních souprav, pak je nakládána ta souprava, která nejdéle čeká. Stejný režim má i fronta nakladačů. Předpokládá se, že nejmenší možný počet dopravních souprav je roven počtu nakladačů. Čas nakládky se vypočte z hmotnosti jednoho nákladu, hektarové výkonnosti nakladače a výnosu. Hodnota náhodné funkce „čas jízdy dopravní soupravy“ se vypočte z dopravní vzdálenosti a hodnoty náhodné veličiny „rychlost jízdy dopravní soupravy“. Krite-riální funkcí je součet prostojů (= čekání ve frontě) nakladačů a dopravních souprav.

VÝSLEDKY

Pro srovnání klasické a simulační metody bylo kromě dříve zmíněných 112 výpočtů klasickou metodou provedeno dalších 112 výpočtů simulační metodou s týmiž hodnotami vstupních veličin. Výsledky jsou uvedeny v tab. II.

II. Optimální počty dopravních souprav T-815-AGRO při sklizni zavadlých pícein samojízdou řezačkou SPS-420 + SB-200 (výsledky byly získány simulační metodou při hmotnosti nákladu 4,2 t, času vykladky 4 min, času organizačních prostojů 5 min – Optimal numbers of transport sets T-815-AGRO in the harvesting of wilted fodder crops with the self-propelled chopper SPS-420 + SB-200 (the results were obtained by the simulation method; load weight 4.2 t, unloading time 4 min., organizational down-time 5 min.)

Rozšíření vzorových pracovních postupů (VÚZT Řepy 1977)

počet dopravních prostředků		Stránka: 17					Typ soupravy: 2				
		výnos: 10,0, výkon.: 1,80					výnos: 12,0, výkon.: 1,50				
		rychlost					rychlost				
		20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0
Vzdálenost	10,0	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2
	12,5	4	3	3	3	2	4	3	3	3	2
	15,0	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3
	17,5	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	20,0	5	4	4	3	3	5	4	4	4	3
		výnos: 13,0, výkon.: 1,40					výnos: 14,0, výkon.: 1,30				
Vzdálenost	10,0	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2
	12,5	4	3	3	3	2	4	3	3	3	2
	15,0	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3
	17,5	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	20,0	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3

Srovnání výsledků v obou tabulkách potvrzuje hypotézu, že předpoklad klasické metody o absenci fronty nakladačů je nerealistický. Tohoto stavu lze totiž dosáhnout jen za cenu předimenzování počtu dopravních souprav, což jistě nelze považovat za optimum. (Stejně nelogická by byla snaha vymýtit čekání dopravních souprav ve frontě v místě nakládky; k tomu by bylo třeba zvýšit počet nakladačů na hodnotu podstatně vyšší než optimální.)

DISKUSE

1. Vypracovaná simulační metoda je vhodná zejména pro plánování; pro operativní řízení se jeví účelným vypracování různých simulačních metod pro jednotlivé skupiny pracovních postupů rozlišených prezencí, resp. absencí vykladačů, prezencí (absencí) tvorby jednotlivých ze čtyř typů front, prezencí, resp. absencí dávkové vykládky (nakládky), prezencí, resp. absencí regenerace nakladače (vykladače), aj. Některé z těchto metod již byly vyvinuty, jiné jsou součástí plánu výzkumu a budou realizovány v nejbližší době.

2. Simulační metody jsou obecně poměrně náročné na trvání výpočtů. Má-li být metoda použita přímo při operativním řízení, pak může být účelné pokusit se na základě série simulačních výpočtů vypracovat přibližnou metodu.

Přibližné metody lze rozdělit do dvou skupin:

- do první skupiny patří metody, které vznikly (podobně jako simulační metoda) na základě idealizované představy o průběhu procesu;
- do druhé skupiny patří metody, které vznikly na základě čistě matematických spekulací.

Lze si například představit, že zdokonalením klasické metody (o které jsme hovořili dříve) by mohla vzniknout přibližná metoda patřící do první skupiny.

Přibližná metoda je rychlá, ale poskytuje přijatelně přesné výsledky jen tehdy, jsou-li hodnoty vstupních veličin v určitých intervalech. Tento předpoklad však v praxi často není splněn; v takových případech není k dispozici jiná metoda kromě simulační.

Literatura

- PROKOP, K. — BÍLKOVÁ, A.: TRANSPORT II (standardní program v jazyce BASIC), VÚZT, Praha - Řepy 1977.
- ŠPELINA, M. aj.: Strojní linky v zemědělství a jejich ekonomika. Praha, SZN 1973.
- : Rozšíření vzorových pracovních postupů, VÚZT, Praha - Řepy 1977.
- : Vzorové pracovní postupy I, II. VÚZT, Praha - Řepy 1976.

Došlo dne 27. 7. 1977

ПРОКОП, К. — ШПЕЛИНА, М. — БИЛКОВА, А. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы; Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол): Оптимализация числа транспортных агрегатов. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (10): 617-623.

Транспортные процессы можно в растениеводстве разделить на несколько групп в зависимости от того, работают ли в месте погрузки (выгрузки) или же не работают погрузчики или разгрузчики, образуется ли в месте погрузки (выгрузки) очередь транспортных агрегатов, погрузчиков или разгрузчиков, загружается ли транспортный агрегат в один прием или по частям, наступает ли регенерация погрузчика (разгрузчика) или нет. В статье рассматривается транспортный процесс, при котором в месте разгрузки не образуется очередь транспортных агрегатов, транспортные агрегаты загружаются в один прием и регенерации ни погрузчика, ни разгрузчика не наступает. В 112 конкретных случаях этого процесса оптимизировалось число транспортных агрегатов как классическим методом, так и путем имитирования. Из сравнения результатов очевидно, что метод имитирования приводит к более реальным результатам, однако требовательность во времени для вычисления будет выше.

растениеводство; транспортный процесс; транспортные агрегаты; очереди; оптимизация; стохастическое имитирование; уборка подвяленных кормов; планирование; оперативное управление

PROKOP, K. — ŠPELINA, M. — BÍLKOVÁ, A. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepy; University of Agriculture, Praha - Suchdol): *Optimization of the Number of Transport Sets*. *Zeměd. Techn.*, 23, 1977 (10): 617-623.

Transport processes in crop production can be divided into several groups according to the following criteria: whether or not loaders (unloaders) work in the place of loading (unloading), whether or not the transport sets, or loaders, or unloaders, form queues in the place of loading (unloading), whether the transport set is loaded at once or by batches, whether the loader (unloader) is, or is not, regenerated. The authors studied a transport process in which there were no queues in the place of unloading, the transport sets were loaded at once, and the loader or unloader was not regenerated. The number of transport sets was optimized in 112 actual

cases of this process by the traditional method and by simulation. The comparison of the results proved that simulation gave more realistic results but the time needed for the calculation was longer.

crop production; transport process; transport sets; queues; optimization; stochastic simulation; harvesting of wilted fodder crops; planning; operational management

PROKOP, K. — ŠPELINA, M. — BÍLKOVÁ, A. (Forschungsinstitut der Landtechnik, Praha - Řepy; Landwirtschaftliche Universität, Praha - Suchdol): *Optimierung der Anzahl von Transportaggregaten*. Zeměd. Techn., 23, 1977 (10) : 617-623.

Die Transportprozesse in der pflanzlichen Produktion können in mehrere Gruppen unterteilt werden, je nach dem, ob an der Ladestelle (Entladestelle) Lade-(Entlade)-geräte arbeiten oder nicht arbeiten, ob sich an der Ladestelle (Entladestelle) eine Schlange von Transportaggregaten, bzw. Ladegeräten, bzw. Entladegeräten bildet oder nicht bildet, ob das Transportaggregat auf einen Schlag oder absatzweise beschickt wird, ob die Regeneration des Lade-(Entlade)gerätes eintritt. Im Aufsatz wird der Transportprozeß untersucht, wo an der Entladestelle keine Schlange von Transportaggregaten auftritt, die Transportaggregate auf einen Schlag beschickt werden und keine Regeneration des Ladegerätes oder Entladegerätes entsteht. In 112 konkreten Fällen dieses Prozesses wurde die Anzahl der Transportaggregate einerseits durch die klassische Methode, andererseits durch die Nachbildung optimiert. Der Vergleich der Ergebnisse ergab, daß die Nachbildungsmethode eher zu realen Ergebnissen führt; der Zeitaufwand für die Berechnung ist allerdings höher.

pflanzliche Produktion; Transportprozeß; Transportaggregate; Schlangen; Optimierung; stochastische Nachbildung; Anweilfütterernte; Planung; Operativleitung

Adresy autorů:

Karel Prokop, prom. ped.-mat., ing. Miroslav Špelina, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepy

Doc. RNDr. Alena Bílková, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol

Výběr z přírůstků
Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTIZ
z úseku zemědělská technika

Uvedené publikace je možné si vypůjčit osobně nebo písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, 120 56 Praha 2, Slezská 7. Výpůjční doba: pondělí až pátek od 9 do 18 hodin. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

C 17.528/238

Transporttechnik. Fahrzeugtechnik, Materialfluss- und Transportsystems. Deutscher Ingenieurtag Augsburg 1975. Düsseldorf, Vereins Deutscher Ingenieure 1975. 264 s. obr. tab. VDI-Berichte 238. (Doprava — mechanizace — sborník — NSR)

E 35.130/74

Mechanizacija transportno-pogruzočnych rabot v sel'skom chozjajstve. Jelgava, Min. sel. choz. SSSR 1974. 103 s. obr. tab. (Doprava — zemědělství — mechanizace — SSSR — Lot. SSR — sborník)

KISS, A.

C 18.585/129

Korszerű mezőgazdasági szállító eszközök.

Budapest, Felelős kiadó az Agroinform főigazgatója 1975. 2 s. obr. tab. Újelljárások 129. 1975. (Doprava — zemědělství — dopravní prostředky — leták)

BUZENKOV, G. M.

D 39.852/1976/9

Технический прогресс в механизации растениеводства.

Moskva, Znanije 1976. 60 s. (Mechanizace zemědělství — komplexní — rostlinná výroba)

ZUMBACH, W.

C 19.978/93

Erfahrungen mit Spatenrolleggen.

Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt f. Betriebswirtschaft und Landtechnik 1975. 5 s. 8 obr. 4 tab. Blätter für Landtechnik 93. (Brány lžicové — použití — výzkum — Švýcarsko)

D 55.119

Машины и механизация мелiorативных работ. Sbornik naučnych trudov. Gorki, Bel. s.-choz. akad. Tom 131. (1974). 70 s. obr. tab. (Mechanizace zemědělství — meliorace — sborník — SSSR — BSSR)

C 23.803

Grundwissen für Meliorationstechniker. 2. Aufl.

Berlin, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1974. 328 s. obr. tab. (Meliorace — mechanizace — příručka)

SANDIGURSKIJ, D. M. — BEZRODNOV, N. A.

D 66.125

Механизация поливных работ.

Moskva, Kolos 1975. 301 s. 161 obr. tab. (Zavlažování — mechanizace — příručka)

Velebil M.: Teplotní profily v kejdrových jámkách při působení chladného počasí	561
Kosek J.: Systém hodnocení energetické účinnosti zemědělské výroby	573
Janeček A.: Analýza změn optimální rychlosti při transformaci energie různými energetickými zdroji	589
Souček J.: Automatické řízení traktorů s kloubovým podvozkem	599
Kittl Z., Jelínek A.: Měření termofyzikálních vlastností zemědělských materiálů	609
Prokop K., Špelina M., Bílková A.: Optimalizace počtu dopravních souprav	617

СОДЕРЖАНИЕ

Велебил М.: Температурные профили в сборниках жидкого навоза при воздействии холодной погоды	570
Косек Я.: Система оценки энергоотдачи сельскохозяйственного производства	587
Янечек А.: Анализ изменения оптимальной скорости при трансформации энергии разными источниками энергии	597
Соучек Я.: Автоматическое управление тракторов с шарнирным шасси	607
Китл З., Йелинек А.: Измерение термофизических свойств сельскохозяйственных материалов	615
Прокоп К., Шпелина М., Билкова А.: Оптимализация числа транспортных агрегатов	622

CONTENTS

Velebil M.: Temperature Profiles in Slurry Pits under Cold Weather	571
Kosek J.: System of Evaluating the Power Effectiveness of Agricultural Production	587
Janeček A.: Analysis of the Change of Optimal Speed in the Transformation of Power by Different Power Sources	598
Souček J.: Automatic Steering of Tractors with Hinge-type Chassis	608
Kittl Z., Jelínek A.: Measuring the Thermophysical Characteristics of Agricultural Materials	615
Prokop K., Špelina M., Bílková A.: Optimization of the Number of Transport Sets	622

INHALT

Velebil M.: Temperaturprofile in Güllegruben bei der Einwirkung der kalten Witterungsbedingungen	571
Kosek J.: System der Bewertung des Energiewirkungsgrades in der landwirtschaftlichen Produktion	588
Janeček A.: Analyse der Änderung von Optimalgeschwindigkeit bei der Energieumformung durch verschiedene Energiequellen	598
Souček J.: Automatische Steuerung der Schlepper mit dem Gelenkfahrgestell	608
Kittl Z., Jelínek A.: Messung der thermophysikalischen Eigenschaften von landwirtschaftlichen Produkten	615
Prokop K., Špelina M., Bílková A.: Optimierung der Anzahl von Transportaggregaten	623

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.