

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

2

ČÍSLO 28 (LV)

PROSINEC 1982

10 Kčs

0044-3883

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Řídí redakční rada

Ing. Jiří Fiala, DrSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc.,
ing. Vladimír Dufek, prof. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. Fran-
tišek Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Dušan
Hutla, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Jiří Kulík, † Jan Květoň,
ing. Vladimír Píša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing.
Zdeněk Šteffl, CSc., Josef Višínský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, DrSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1982

■

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozbor a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělská technika. 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 решенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издает 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.

Dne 3. července 1982 náhle zemřel ve věku 61 let Jan Květoň, zakládající člen Výzkumného ústavu zemědělské techniky v Praze-Řepích. Tomuto ústavu — správnému usměrnění jeho vývoje a zabezpečení jeho povinností ve vztahu k rozvoji vědeckého poznání i potřebám zemědělské praxe — věnoval všechny své síly.

Jan Květoň vždy vycházel z víry v sílu kamarádského vztahu, uměl stmelovat kolektiv, a tím mu pomáhal dosáhnout významných pracovních úspěchů. Patřil neoddělitelně do pracovního kolektivu, vždy poradil a potěšil svým osobitým humorem.

Charakteristická byla jeho odpovědnost k práci a k lidem. Dlouhá léta pracoval ve vedoucích funkcích, ať již jako zástupce ředitele a vedoucí oddělení agrofyziky, nebo v poslední době jako vedoucí sekretariátu ředitele a jeho tajemník.

Pod jeho vedením se začínal vyvíjet nový vědní obor — agrofyzika; svými bohatými zkušenostmi v měřicí technice pomáhal v posledních letech utvářet novou vědní disciplínu — agrobioniku. Spolupracoval na mnoha významných úkolech a publikoval řadu článků ve vědeckých a odborných časopisech.

V roce 1971 bylo s. Květoňovi uděleno resortní vyznamenání „Vynikající pracovník zemědělství a výživy“. V roce 1977 byla jeho práce oceněna diplomem „Zasloužilý pracovník VÚZT I. stupně“. Za dobu své činnosti ve VÚZT obdržel mnoho čestných uznání od pracovníků v zemědělské praxi za pomoc a obětavost při uplatnění výsledků výzkumu v zemědělské velkovýrobě. Jeho práce byla pro ústav vždy velice důležitá.

Dlouhá léta pracoval Jan Květoň jako člen redakčních rad vědeckých časopisů. Zkušenosti a elán, který uplatňoval nejprve jako předseda, později jako člen redakční rady vědeckého časopisu Zemědělská technika, bude všem jeho spolupracovníkům citelně chybět. Kromě této působnosti pracoval ještě v ústřední sekci ČSVTS a v různých dalších funkcích.

Děkujeme Janu Květoňovi za všechno, co vykonal pro Výzkumný ústav zemědělské techniky, pro vědecký časopis Zemědělská technika a pro ostatní vědecké, řídicí a pedagogické instituce, za vždy uváženou dobrou radu, kterou byl ochoten kdykoliv poskytnout, a za přátelské prostředí, které v pracovním kolektivu pomáhal vytvářet. Zůstane nám navždy v paměti.

Pracovníci Výzkumného ústavu zemědělské techniky, Praha - Řepy,
členové redakční rady vědeckého časopisu Zemědělská technika

Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze-Řepích je od roku 1972 pověřen funkcí koordinačního střediska pro řešení problému „Mechanizace, elektrifikace a automatizace výrobních procesů v rostlinné a živočišné výrobě“ v rámci vědeckotechnické spolupráce členských států RVHP. Tento problém zahrnuje řadu významných mezinárodních úkolů, především z oblasti výzkumu nových výrobních postupů, zemědělské dopravy, zemědělské energetiky a využití strojů. Pracovníci VÚZT se podílejí na řešení většiny mezinárodních úkolů, ať již výzkumnou spoluprací, nebo v některých případech i jako organizátoři spolupráce na daném úkolu. Řešení mezinárodních úkolů je zajištěno založením výzkumného úkolu s odpovídající náplní v čs. plánu výzkumu s tím, že výsledky u nás získané jsou uplatňovány v mezinárodních úkolech a naopak výsledky řešení v ústavech ostatních států RVHP jsou k dispozici našim odborníkům.

Z témat řešení v rámci mezinárodní spolupráce je v tomto čísle vědeckého časopisu *Zemědělská technika* uveden příspěvek ing. S. Haše, CSc., spoluřešící využívání nových zdrojů energie; je zaměřen na rozbor jednotlivých činitelů ovlivňujících návrh vzduchových slunečních kolektorů k dosoušení píce. Práce ing. M. Špeliny, CSc., se zabývá významnou tematikou řešenou v mezinárodním úkolu „Vypracování vědeckých základů exploatace strojně traktorového parku“ a umožňuje stanovit objektivní potřebu strojové techniky v zemědělském podniku. V rámci mezinárodní spolupráce se zahajuje rozsáhlé řešení úkolů spadajících do oblasti automatizovaných soustav řízení. Do širokého spektra této problematiky se přiřazuje práce autorů ing. Z. Staňka, CSc., ing. M. Rumla, CSc., a ing. L. Rumlové, zabývající se studiem změn elektrických vlastností rostlin, které jsou integrálním ukazatelem vývojového a růstového stavu rostlin; znalosti těchto změn by mohly být podkladem pro praktické potřeby automatizované soustavy řízení.

Pracovníci VÚZT se podílejí na mezinárodním vědeckém životě mimo jiné i účastí na různých sympoziích a předávají své poznatky odborné veřejnosti. Tak např. příspěvek ing. J. Fialy, DrSc., ing. Z. Mareše, CSc., ing. O. Netík, CSc., a ing. E. Strouhala, CSc., referuje o výsledcích mezinárodní konference o racionalizaci zemědělské dopravy v NDR.

Ing. Jiří Fiala, DrSc.

Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy

CHARAKTERISTIKY SLUNEČNÍCH KOLEKTORŮ PRO OHŘEV VZDUCHU

S. Haš

HAŠ, S. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Charakteristiky slunečních kolektorů pro ohřev vzduchu*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12): 707–719.

Sluneční kolektory pro ohřev vzduchu se mohou používat i k sušení nebo dosoušení zemědělských plodin. Jejich účinnost a hodnota teploty ohřátého vzduchu závisí na konstrukčním uspořádání, velikosti průtoku vzduchu a na teplotě okolí. Práce obsahuje rozbor jednotlivých činitelů, které mají vliv na návrh vzduchových slunečních kolektorů k dosoušení píce. Je analyzována možnost volby různých absorbérů, tvaru vzduchového kanálu i otázka účinku transparentního krytu. Pro oblasti s nízkými rychlostmi větru lze při velkém průtoku ohřívání vzduchu, kterého je zapotřebí k dosoušení píce, výhodně používat i kolektory bez transparentního krytu.

účinnost slunečních kolektorů; vzduchové kolektory; činitel sdílení tepla v kolektoru; výpočet slunečních kolektorů

Sluneční kolektory pro ohřev vzduchu se uplatňují při sušení nebo dosoušení zemědělských rostlinných produktů, především píce a obilí. Využívají se nejjednodušší přenosné fóliové konstrukce nebo pevně zabudované kolektory, vytvářející někdy i zvláštní kolektorové střechy provozních objektů (Williams, 1961; Haš a Fiala, 1980; Sladký a Bradna, 1981).

Energetická účinnost vzduchových slunečních kolektorů závisí na jejich konstrukčních vlastnostech a na velikosti průtoku vzduchu (Dernede a Peters, 1978; Utzinger aj., 1980). Pro navrhování vzduchových kolektorů je třeba poznat základní principy absorpce a sdílení tepla v kolektoru, ale i jeho hydraulické vlastnosti, ovlivňující volbu příslušných ventilátorů pro dopravu vzduchu kolektorem i sušeným materiálem.

TEPELNĚ TECHNICKÉ A ENERGETICKÉ PARAMETRY VZDUCHOVÝCH KOLEKTORŮ

Měrný tepelný výkon slunečních kolektorů, to je užitečný výkon vztažený na jednotku plochy průmětu absorbérů, se vyjadřuje obvykle vztahem:

$$P_u = F_R [(\tau\alpha)E - U_L (T_{fi} - T_{ok})] \quad (1)$$

- kde: P_u — užitečný měrný výkon ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
 τ — součinitel propustnosti transparentního krytu (—)
 α — součinitel pohltivosti absorbérů (—)
 E — intenzita slunečního ozáření ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
 U_L — součinitel celkových ztrát ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 T_{fi} — teplota vstupujícího teplotního média ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{ok} — teplota okolního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)
 F_R — činitel využití energie v kolektoru (—)

Pro případ slunečních kolektorů, které ohřívají vnější atmosférický vzduch, je $T_{fi} = T_{ok}$ a rovnice (1) přechází na tvar

$$P_u = F_R (\tau\alpha) E \quad (2)$$

Činitel využití energie v kolektoru F_R lze stanovit z rovnice tepelné bilance elementu teplotnosné tekutiny (vzduchu). Tepelný výkon slunečního záření pohlceného jednotkovou elementární plochou absorberu je

$$P_u = (\tau\alpha) E - U_L (T_A - T_{ok}) \quad (3)$$

kde: T_A — teplota absorberu v místě bilancovaného elementu

Při sdílení tepla konvekcí je teplota teplotnosného média vždy nižší než teplota absorberu a má v libovolném místě kolektoru hodnotu T_f . Podíl mezi tepelným výkonem absorbovaného slunečního záření a výkonem přeneseným proudícímu vzduchu vyjadřuje činitel sdílení tepla v kolektoru F' :

$$F' = \frac{(\tau\alpha) E - U_L (T_A - T_{ok})}{(\tau\alpha) E - U_L (T_f - T_{ok})} \quad (4)$$

Tepelná bilance elementu jednotkové plochy kolektoru v místě y od vstupu vzduchu je popsána rovnicí (podle Duffie a Beckman, 1974):

$$m \cdot c \frac{dT_f}{dy} - F' ((\tau\alpha) E - U_L (T_f - T_{ok})) = 0 \quad (5)$$

kde: m — měrný hmotnostní průtok vzduchu vztažený na jednotku plochy průmětu absorberu ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

c — měrné teplo vzduchu ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

Integrací vztahu (5) a zavedením předpokladu, že pro $y = 0$ (vstup vzduchu do kolektoru) je $T_f = T_{fi} = T_{ok}$ a pro výstupní otvor je $T_f = T_{fe}$, dostaneme rovnici ohřátí vzduchu po průchodu kolektorem:

$$T_{fe} - T_{ok} = \frac{(\tau\alpha) E}{U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{F' \cdot U_L}{m \cdot c} \right) \right] \quad (6)$$

Protože pro užitečný výkon sdílení proudícímu vzduchu platí také

$$P_u = m \cdot c (T_{fe} - T_{ok}) \quad (7)$$

je po dosazení z rovnice (2) a úpravě

$$F_R = \frac{m \cdot c}{U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{F' \cdot U_L}{m \cdot c} \right) \right] \quad (8)$$

Ze vztahů (2) a (8) je již zřejmé, že účinnost vzduchového kolektoru je

$$\eta = \frac{P_u}{E} = \frac{(\tau\alpha) \cdot m \cdot c}{U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{F' \cdot U_L}{m \cdot c} \right) \right] \quad (9)$$

Rovnice (9) ukazuje, že účinnost slunečních kolektorů pro ohřev venkovního atmosférického vzduchu není závislá ani na teplotě okolí a teplotě ohřátého vzduchu, ani na intenzitě slunečního ozáření. Závisí především na konstrukčních parametrech ovlivňujících přestup tepla do vzduchu (činitel sdílení tepla v kolektoru F'), tepelné ztráty (U_L), dále na součiniteli pohltivosti absorberu (α) a součiniteli propustnosti transparent-

ního krytu (τ). Z hlediska provozování kolektoru je významná závislost účinnosti na měrném průtoku vzduchu. Ta má podle rovnice (9) exponenciální charakter. Pro jeho určení je potřebné znát i maximální hodnotu účinnosti, které by mohlo být teoreticky dosaženo při nekonečně velkém průtoku vzduchu. Řešením $\lim_{m \rightarrow \infty} \eta$ pomocí L'Hospitalova pravidla dostáváme

$$\eta_{max} = F'(\tau\alpha) \quad (10)$$

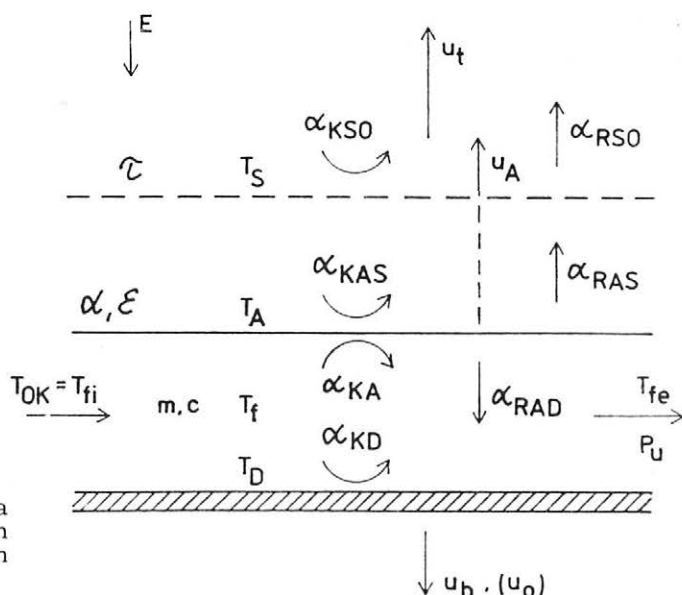
Jak bude dále ukázáno, je velikost sdílení tepla v kolektoru závislá na součiniteli přestupu tepla, který závisí na rychlosti, a tím i na průtoku vzduchu. Při $m \rightarrow \infty$ se i rychlost proudění, a tím i součinitel přestupu tepla blíží k ∞ . Tím dochází ke stavu, že $T_f \rightarrow T_{ok}$ a $T_A \rightarrow T_{ok}$. Z toho pak plyne na základě rovnice (4), že $F' \rightarrow 1$, takže maximální hodnota účinnosti pro $m = \infty$ je ovlivněna jen optickými ztrátami, charakterizovanými činitelem ($\tau\alpha$).

VLIV KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ NA ÚČINNOST KOLEKTORU

Hlavním prvkem kolektoru, v němž dochází k přeměně slunečního záření na teplo, je absorpér (obr. 1). Je součástí vzduchového kanálu, kterým proudí ohřívající se vzduch. Aby absorpér získal největší množství tepelné energie, musí pohltit co nejvíce slunečního záření, musí mít vysoký součinitel pohltivosti (α). Proto se opatřuje vhodnými absorpčními vrstvami a nátěry. Z důvodů nízkých ztrát sáláním by tyto vrstvy měly mít co nejnížší činitel sálání a nejnížší poměrnou sálavost (emisivitu, ϵ).

Absorpční vrstvy (a samozřejmě i základní materiál absorpéru) se ohřívají, a musí být proto při dosahovaných teplotách dostatečně stálé. Přitom je důležité mít na paměti, že maximální teploty nedosahuje absorpér při svém provozu, ale v době, kdy jím neproudí vzduch. K takovému stavu běžně dochází, a proto musí být kolektor pro takový stav dimenzován.

Přeměna sluneční energie v tepelnou probíhá v desce o ploše S , tloušťce v , měrné hmotnosti γ_d a s měrným teplem c_d podle zjednodušeného vztahu



1. Schéma přenosu tepla v kolektoru — Diagram of heat transmission in collector

$$(\tau\alpha) \cdot E \cdot S - U_L' \cdot T \cdot S = c_d \cdot \gamma_d \cdot S \cdot v \cdot \frac{dT}{d\tau_o} \quad (11)$$

ve kterém první člen levé strany rovnice je absorbované sluneční záření při časově stálé intenzitě ozáření E a druhý člen vyjadřuje hodnotu tepla, které se při oteplení desky o hodnotu T odvádí do okolního prostředí (k užitečnému ohřevu i jako tepelná ztráta), přičemž mírou odvodu tepla je součinitel přestupu tepla U_L' . Člen na pravé straně rovnice představuje tepelný výkon, kterým se deska v průběhu času τ_o ohřívá o hodnotu T nad teplotu okolí.

Řešením rovnice (11) separací proměnných a respektováním okrajové podmínky, že v čase $\tau_o = 0$ je $T = 0$, dostaneme vztah pro časový průběh ohřívání desky. Pro teplotu desky T_A , rovnající se součtu teploty okolí a ohřátí desky, je pak

$$T_A = \frac{(\tau\alpha) E}{U_L'} \left[1 - \exp \left(- \tau_o \cdot \frac{U_L'}{c_d \cdot \gamma_d \cdot v} \right) \right] + T_{ok} \quad (12)$$

Z rovnice (12) vyplývá, že konverzí slunečního záření stoupá teplota desky a v čase $\tau_o = \infty$ dosáhne maximální hodnoty

$$T_{Amax} = \frac{(\tau\alpha) E}{U_L'} + T_{ok} \quad (13)$$

Maximální hodnota teploty není závislá na materiálových vlastnostech desky, ale jen na absorbovaném záření a velikosti tepelných ztrát.

Celkové tepelné ztráty, které ovlivňují účinnost kolektoru, zahrnují především ztráty způsobené prouděním venkovního vzduchu a sáláním absorbéru do venkovního prostředí. Ztráty vedením tepla, které by mohly být způsobeny přímým tepelně vodivým spojením aktivních ploch kolektoru s kovovými prvky nosné konstrukce nebo objektu, je nutné vyloučit uložením všech teplovodných částí kolektoru na tepelně izolační podložky.

Tepelné ztráty konvekcí z čelní strany kolektoru jsou určovány součinitelem přestupu tepla mezi absorbérem a transparentním krytem a mezi krytem a okolním prostředím.

Pro přirozenou konvekci se udává pro vodorovně uložený kolektor (Duffie a Beckman, 1974).

$$\alpha_{KAS} = 1,613 \frac{(T_A - T_S)^{0,281}}{V_S^{0,157}} \left[1 - 0,0018 \left(\frac{T_A + T_S}{2} - 10 \right) \right] \quad (14)$$

$$\alpha_{KSO} = 5,7 + 3,8w$$

kde: α_{KAS} — součinitel přestupu tepla konvekcí mezi absorbérem a transparentním krytem ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

α_{KSO} — součinitel přestupu tepla konvekcí z transparentního krytu do okolí ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

T_S — teplota transparentního krytu ($^{\circ}C$)

V_S — vzdálenost transparentního krytu od absorbéru (m)

w — rychlost větru ($m \cdot s^{-1}$)

Ztráty konvekcí mohou být omezeny transparentním krytem. Při velkých průtocích vzduchu, při nichž se účinnost blíží své maximální hodnotě podle vztahu (10), nastává ovšem stav, kdy transparentní kryt s nízkou propustností zvyšuje zároveň optické ztráty kolektoru, takže za určitých okolností (o kterých bude dále zmínka) může mít kolektor bez krytu vyšší účinnost než kolektor s transparentním krytem.

Tepelné ztráty sáláním jsou určeny těmito součiniteli:

$$\alpha_{RAS} = \frac{\varepsilon_A \cdot \varepsilon_S}{\varepsilon_A + \varepsilon_S - \varepsilon_A \cdot \varepsilon_S} \cdot \frac{C_o}{10^8} (\dot{T}_A^2 + \dot{T}_S^2) \cdot (\dot{T}_A + \dot{T}_S) \quad (16)$$

$$\alpha_{RSO} = \varepsilon_S \cdot \frac{C_o}{10^8} (\dot{T}_S^2 + \dot{T}_{ok}^2) \cdot (\dot{T}_S + \dot{T}_{ok}) \quad (17)$$

kde: α_{RAS} — součinitel přestupu tepla sáláním mezi absorbérem a transparentním krytem ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

α_{RSO} — součinitel přestupu tepla sáláním mezi krytem a okolním prostředím ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

ε_A — poměrná sálavost vrchní strany absorbéru (—)

ε_S — poměrná sálavost transparentního krytu (—)

$\dot{T}_S$ — absolutní teplota transparentního krytu (K)

$\dot{T}_A$ — absolutní teplota absorbéru (K)

$\dot{T}_{ok}$ — absolutní teplota okolního vzduchu (K)

C_o — součinitel sálání černého tělesa ($5,67 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

Nemá-li kolektor transparentní kryt, platí rovnice (17) s tím, že místo ε_S se dosazuje ε_A a místo $\dot{T}_S$ je $\dot{T}_A$.

Ztráty sáláním z absorbéru lze snižovat nanesením vrstvy, která má co největší absorpci v oblasti slunečního spektra a co nejmenší sálavost v dlouhovlnné infračervené oblasti (3 až 20 μm). Určitého omezení ztrát lze dosáhnout i geometrickou úpravou absorbéru tak, že se provede ve formě zvlněné desky, s vlnami ve tvaru V. V takovém případě část sálavé energie dopadá opět na absorbér a nevyzařuje se do okolí. Parker (1978) uvádí výsledky měření, při nichž byla účinnost kolektoru se zvlněným absorbérem o 9,6 až 15 % vyšší než účinnost kolektoru s plochým absorbérem.

Na základě vztahů (14) až (17) je možné stanovit součinitel tepelných ztrát kolektoru jeho čelní stěnou (U_t):

$$U_t = \left(\frac{1}{\alpha_{KAS} + \alpha_{RAS}} + \frac{1}{\alpha_{KSO} + \alpha_{RSO}} \right)^{-1} \quad (19)$$

Jestliže má kolektor kryt, který propouští sálání absorbéru přímo do okolního prostředí, je třeba tuto ztrátu ještě připočítat k hodnotě U_t . Ztráta sáláním absorbéru přímo do prostoru U_A je

$$U_A = 4 \cdot \tau_A \cdot \varepsilon_A \cdot \frac{C_o}{10^8} \cdot \frac{(\dot{T}_A + \dot{T}_S)}{8} \quad (20)$$

kde: τ_A — součinitel propustnosti transparentního krytu pro záření v oblasti 3,5 až 20 μm

Ztráty zadní stěnou kolektoru U_b jsou určeny zpravidla vlastnostmi tepelné izolace:

$$U_b = \frac{\lambda_b}{d_b} \quad (21)$$

kde: λ_b — tepelná vodivost izolační vrstvy ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

d_b — tloušťka izolace (m)

Obdobně se určí ztráty bočními stěnami U_o tak, že se jejich velikost vztáhne na zadní stěnu kolektoru (poměrem plochy bočních stěn a plochy zadní stěny). U velkoplošných vzduchových kolektorů se ztráty bočními stěnami mohou zpravidla zanedbat.

Součinitel celkových tepelných ztrát kolektoru U_L je součet všech dílčích činitelů, tedy

$$U_L = U_t + (U_A) + U_b + (U_o) \quad (22)$$

Činitel sdílení tepla v kolektoru F' je určován součinitelem ztrát kolektoru a součinitelem přestupu tepla z absorberu do proudícího vzduchu. Aby se zlepšil přestup tepla z absorberu, je žádoucí upravit jeho zadní stěnu tak, aby měla co největší součinitel sálání, a dno vzduchového kanálu tak, aby zde nastávalo co největší pohlcování záření. Pro takové případy vzduchových kolektorů nejlépe zpracoval hodnoty činitelů sdílení tepla Parker (1981). Pro kolektory, v nichž vzduch proudí kanálem pod absorberem, vyplývá z přenosových rovnic vztah:

$$F' = \frac{H + a_{KA} \cdot U_b}{H + U_b (a_{KA} + a_{RA} + U_t) + U_t (a_{RA} + a_{KD})} \quad (23)$$

$$H = a_{KA} \cdot a_{KD} + a_{KA} \cdot a_{RA} + a_{KD} \cdot a_{RA} \quad (24)$$

kde: a_{KA} — součinitel přestupu tepla prouděním z absorberu do proudícího vzduchu ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

a_{KD} — součinitel přestupu tepla prouděním ze dna vzduchového kanálu ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

a_{RA} — součinitel přestupu tepla sáláním z absorberu ke dnu vzduchového kanálu ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

Součinitel přestupu tepla sáláním mezi absorberem a dnem kanálu lze vyjádřit obligátní formou:

$$a_{RA} = \frac{\varepsilon_{AK} \cdot \varepsilon_D}{\varepsilon_{AK} + \varepsilon_D - \varepsilon_{AK} \cdot \varepsilon_D} \cdot \frac{C_o}{10^8} (\dot{T}_A^2 + \dot{T}_D^2) \cdot (\dot{T}_A + \dot{T}_D) \quad (25)$$

kde: ε_{AK} — poměrná sálavost spodní strany absorberu (—)

ε_D — poměrná sálavost dna vzduchového kanálu (—)

$\dot{T}_A$ — absolutní teplota absorberu (K)

$\dot{T}_D$ — absolutní teplota dna kanálu (K)

Součinitel přestupu tepla prouděním ve vzduchovém kanálu závisí na charakteru vzduchového proudu. Vzhledem k tomu, že kolektorové kanály jsou vždy šterbinové, s výškou do 0,2 m, má Reynoldsovo číslo (Re) při rychlosti proudění 1 až 10 $m \cdot s^{-1}$ hodnoty v rozmezí $2 \cdot 10^4$ až $2 \cdot 10^5$. Při poměrně dlouhých kanálech se tedy v každém kolektoru dostatečně rozvine turbulentní proudění.

Pro stanovení součinitele přestupu tepla z desky ve šterbinovém kanálu je směrodatné Nusseltovo číslo (Nu). Při Prandtlově čísle pro vzduch 0,722 udávají Niles aj. (1978) na základě výsledků měření kolektorů hodnotu $Nu = 0,021 Re^{0,8}$.

Podle vztahů pro podobnostní kritéria při proudění vzduchu o teplotách v rozmezí 10 až 40 °C lze součinitel přestupu tepla prouděním a_K ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) uvádět ve vztahu

$$a_K = \frac{w^{0,8}}{d_e^{0,2}} \quad (26)$$

kde: w — rychlost proudění vzduchu ($m \cdot s^{-1}$)

d_e — ekvivalentní průměr potrubí (m)

Pro úzké kanály kolektorů se s dostatečnou přesností počítá s ekvivalentním průměrem

$$d_e = 2V_K$$

kde: V_K — výška kanálu kolektoru

Z rovnice (26) je zřejmé, že k dosažení vysoké hodnoty součinitele přestupu tepla je nutná co nejvyšší rychlost a co nejmenší výška kanálu. Jsou však ještě další možnosti. Přestup tepla z absorberu do vzduchu lze zlepšovat zvětšením plochy absorberu jeho zvlněním nebo jiným vytvarováním. Jestliže je tvarování napříč kanálu o šířce L_K a rozvinutá plocha má příčný rozměr L_A , zvětšuje se přestup tepla v poměru

$$p_A = \frac{L_A}{L_K} \quad (27)$$

Další možností je zvlnění dna kanálu tak, aby se ve směru proudu vzduchu stále měnil profil kanálu. Tím nastává stav, jako by kanál byl tvořen řadou trub, jejichž délka je vzdáleností jednotlivých překážek (vln) a ekvivalentní průměr je dvojnásobkem výšky kanálu zmenšené o výšku překážky. Jestliže poměr vzdálenosti překážek a ekvivalentního průměru je 1, je korekční faktor $p_D = 1,25 - 1,35$ (Cihelka aj., 1975).

Plochu pro přestup tepla je možné zvětšit také vytvořením žeber absorbéru, která zasahují do prostoru vzduchového kanálu. Přenesený výkon vztažený na průmět absorbéru je úměrný poměru oboustranné plochy žeber a průmětu plochy absorbéru a je určen činitelem vedení tepla žebrem. Jestliže je výška žebra l , jeho tloušťka δ , tepelná vodivost λ , počet žeber n , pak z přenosové rovnice vyplývá korekční faktor

$$p_z = \frac{2n \cdot \tanh al}{a \cdot L_K}, \text{ kde } a = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_K}{\lambda \cdot \delta}} \quad (28)$$

Celkové součinitele přestupu tepla z absorbéru a ze dna kanálu jsou pak

$$\alpha_{KA} = \alpha_K (p_A \cdot p_D + p_z) \quad (29)$$

$$\alpha_{KD} = \alpha_K \cdot p_D \quad (30)$$

Tvar absorbéru a kanálu může nepříznivě zvyšovat hydraulický odpor kolektoru při průtoku vzduchu, který závisí především na součiniteli tření vzduchu o absorbér a dno kanálu. Tření je závislé na absolutní drsnosti potrubí. Na základě výsledků měření doporučují Niles aj. (1978) používat hodnotu drsnosti až 0,8 mm.

Součinitel tření f lze určit podle experimentálního vztahu

$$f = \frac{1}{[1,14 - 2 \cdot \log(k/d_e)]^2} \quad (31)$$

kde: k — absolutní drsnost povrchu kanálu (m)

Celková tlaková ztráta kolektoru Δp , popř. s připojeným potrubím, je (Pa):

$$\Delta p = \left(\frac{f}{d_e} \cdot D_K + \sum \xi \right) \frac{\dot{v}^2}{2} \cdot \gamma \quad (32)$$

kde: D_K — délka kolektoru ve směru procházejícího vzduchu (m)

ξ — součinitel vřazených odporů (Cihelka, 1975)

γ — měrná hmotnost vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

Aby tlaková ztráta byla nízká, je třeba omezovat hydraulické odpory v proudu vzduchu. Ty mohou vznikat vlivem konstrukčních částí vložených do prostoru vzduchového kanálu jako nosné podpěry absorbéru, popřípadě transparentního krytu, nebo jako prvky pro zvlnění dna za účelem zvýšení přestupu tepla.

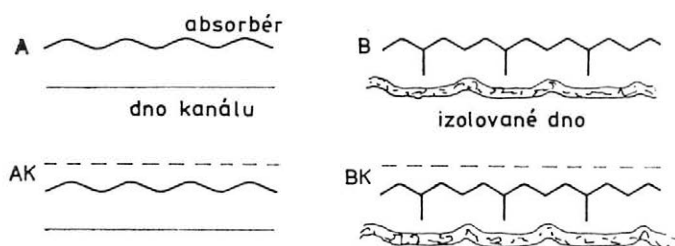
Podle údajů pro vzduchotechnické výpočty lze ve vzduchovém kanálu téměř bez ovlivnění výšky tlakových ztrát umístit překážku až do velikosti 0,25 V_L , pokud její poloměr zaoblení je větší než 0,12 V_L .

Výkon na krytí tlakových ztrát P_p (W) je dán součinem celkové tlakové ztráty a objemového průtoku vzduchu kolektorem a vzduchovým potrubím:

$$P_p = \frac{m \cdot L_K \cdot D_K}{\gamma} \cdot \Delta p \quad (33)$$

ÚČINNOST ZÁKLADNÍCH TYPŮ PLOCHÝCH VZDUCHOVÝCH KOLEKTORŮ

Porovnejme vlastnosti dvou druhů vzduchových kolektorů stejných rozměrů v závislosti na různém hmotnostním průtoku vzduchu. U obou kolektorů posudíme varianty s transparentním krytem a bez něho (obr. 2).



2. Analyzované typy kolektorů — Analyzed types of collectors

vzduch proudí za nákresnu

Kolektor typu A má absorbér z polokružnicovitých vln, bez transparentního krytu, dno vzduchového kanálu je rovné, bez tepelné izolace. Varianta AK má stejný absorbér i dno kanálu, ale je s transparentním krytem. Kolektor typu B má absorbér z trojúhelníkovitých vln o vrcholových úhlech 60° , s vnitřními žebry (tři žebra na každý metr šířky kolektoru), bez transparentního krytu, dno s příčnými trávky o výšce $0,25 V_L$ a vzdálenosti rovné $1,5 V_L$, s tepelnou izolací ($\lambda_b = 0,045 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, $d_b = 0,03 \text{ m}$). Varianta BK je opět stejná jako B, ale s transparentním krytem.

Všechny porovnávané kolektory mají rozměry: $D_K = 20 \text{ m}$; $L_K = 6 \text{ m}$; $V_K = 0,2 \text{ m}$. Vlastnosti jejich absorbérů: $\alpha = 0,95$; $\varepsilon_A = 0,9$; $\varepsilon_{AK} = 0,85$; $k = 0,0008 \text{ m}$. Vlastnosti žebířů: $\lambda = 200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $l = 0,15 \text{ m}$; $\delta = 0,002 \text{ m}$; $n = 18$. Vlastnosti transparentních krytů: $\tau = 0,85$; $\varepsilon_s = 0,88$. Vlastnosti vzduchu: $c = 1000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\gamma = 1,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

I. Hodnoty $M = \frac{tgh \cdot al}{a}$ pro různé tloušťky (δ) a šířky (l) žebířů [m] a různé součinitele přestupu tepla α_K [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] — The values of $M = \frac{tgh \cdot al}{a}$ for different thickness (δ) and widths (l) of ribs (m) and different coefficients of heat passage α_K [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

$\sigma = 0,001$ α_K	Šířka žebra l				$\sigma = 0,002$ α_K
	0,05	0,10	0,15	0,20	
5	0,048	0,086	0,111	0,126	10
10	0,046	0,076	0,091	0,096	20
15	0,045	0,069	0,078	0,080	30
20	0,043	0,069	0,063	0,070	40
25	0,042	0,058	0,062	0,063	50
30	0,040	0,054	0,057	0,058	60
40	0,038	0,048	0,050	0,050	80
50	0,036	0,044	0,045	0,045	100

II. Součinitele přestupu tepla (α) a činitele sdílení tepla (F') v kolektoru s polokružnicovým absorberem s transparentním krytem (AK) a bez něho (A) — The coefficients of heat passage (α) and factors of heat transmission (F') in collector with a semicircular absorber and transparent cover (AK), and without cover (A)

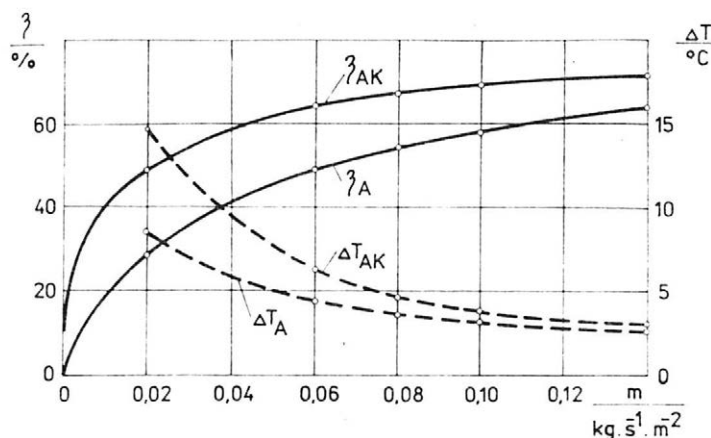
Hmotnostní průtok m (kg.s ⁻¹ .m ⁻²)		0,02	0,06	0,10	0,14
Rychlost vzduchu w (m.s ⁻¹)		1,67	5,00	8,33	11,67
α_{KA} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		9,9	23,9	35,8	47,0
α_{KD} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		6,3	15,2	22,8	29,9
α_{RAD} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		4,1	4,0	3,9	3,8
Činitel sdílení tepla v kolektoru při větru 3 m.s ⁻¹	F'_{AK}	0,685	0,835	0,882	0,907
	F'_K	0,369	0,569	0,659	0,714

Korekční faktory pro přestup tepla z absorberů a ze spodních částí vzduchových kanálů jsou pro kolektory typů A, AK: $p_A = \pi/2$, $p_D = 1$; pro kolektory typů B, BK: $p_A = 2$, $p_D = 1,3$. Korekční faktor pro žebra p_z je závislý na základním součiniteli přestupu tepla α_K , tloušťce a šířce žebra a pro zvolené příklady se počítá podle vzorce $p_z = 6 M$; hodnoty M jsou uvedeny v tab. I.

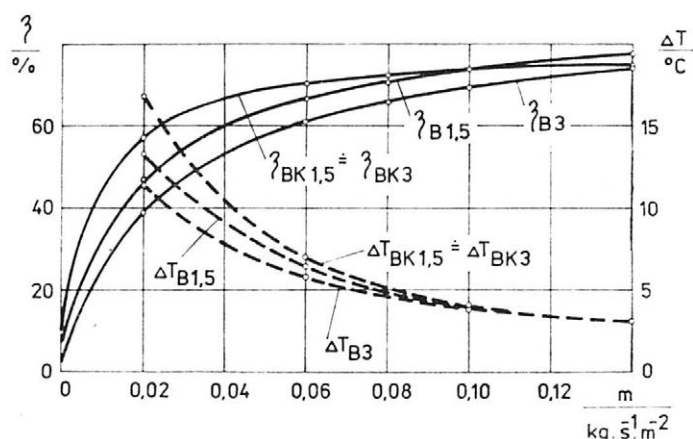
Tepečné ztráty kolektorů jsou vypočteny pro rychlost větru 3 m.s⁻¹. U kolektorů typu B, BK je proveden výpočet ještě pro rychlost větru 1,5 m.s⁻¹. Pro nekrytý kolektor typu B byla zjištěna závislost účinnosti na rychlosti větru do 8 m.s⁻¹.

III. Součinitele přestupu tepla (α) a činitele sdílení tepla (F') v kolektoru s trojúhelníkovým absorberem a izolací dna kanálu, s transparentním krytem (BK) a bez něho (B), při rychlosti větru 1,5 a 3,0 m.s⁻¹ — The coefficients of heat passage (α) and factors of heat transmission (F') in collector with a triangular absorber and with isolated canal bottom, with transparent cover (BK) and without it (B), at a wind speed of 1.5 and 3.0 m/s

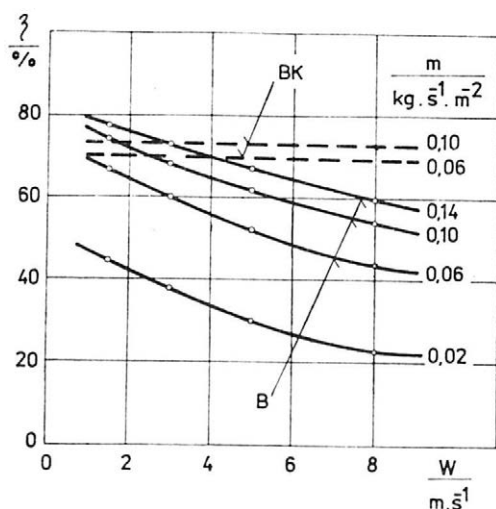
Hmotnostní průtok m (kg.s ⁻¹ .m ⁻²)		0,02	0,06	0,10	0,14
Rychlost vzduchu w (m.s ⁻¹)		1,67	5,00	8,33	11,67
α_{KA} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		21,2	51,4	71,4	91,8
α_{KD} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		8,2	19,7	29,7	38,8
α_{RAD} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		4,2	4,1	4,0	3,9
Činitel sdílení tepla v kolektoru při větru 1,5 m.s ⁻¹	$F'_{BK 1,5}$	0,824	0,918	0,940	0,953
	$F'_{B' 1,5}$	0,604	0,782	0,831	0,863
Činitel sdílení tepla v kolektoru při větru 3 m.s ⁻¹	$F'_{BK 3}$	0,812	0,912	0,935	0,949
	$F'_{B 3}$	0,536	0,729	0,788	0,826



3. Průběh účinnosti η a ohřátí vzduchu ΔT v závislosti na jeho průtoku m v kolektorech s polokružnicovým absorberem s transparentním krytem (AK) a bez něho (A) — The course of effectiveness η and air heating ΔT in dependence on air flow rate m in collectors with a semicircular absorber and with transparent cover (AK) and without the cover (A)



4. Průběh účinnosti η a ohřátí vzduchu ΔT v závislosti na jeho průtoku m v kolektorech s trojúhelníkovým absorberem s transparentním krytem (BK) a bez něho (B), při rychlosti větru 1,5 m·s⁻¹ ($\eta_{B 1.5}$, $\eta_{BK 1.5}$) a 3,0 m·s⁻¹ ($\eta_{B 3}$, $\eta_{BK 3}$) — The course of effectiveness η and air heating ΔT in dependence on air flow rate m in collectors with a triangular absorber with transparent cover (BK) and without the cover (B) at a wind speed of 1.5 m/s ($\eta_{B 1.5}$, $\eta_{BK 1.5}$) and 3.0 m/s ($\eta_{B 3}$, $\eta_{BK 3}$)



5. Závislost účinnosti vzduchových kolektorů (typu B, BK) na rychlosti větru (pro různé hmotnostní průtoky m) — The dependence of the effectiveness of air collectors (type B, BK) on wind speed (for different mass flows m)

IV. Tlakové ztráty (Δp) a výkon (P_p) potřebný na jejich krytí při různém hmotnostním průtoku a rychlosti vzduchu — Pressure losses (Δp) and performance (P_p) needed for their compensation at a different mass flow and air speed

Hmotnostní průtok m ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	0,02	0,06	0,10	0,14
Rychlost vzduchu w ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	1,67	5,00	8,33	11,67
Tlaková ztráta Δp (Pa)	4	39	108	212
Výkon na krytí tlakové ztráty P_p (W)	10	271	1252	3097

K volbě optimálních parametrů vzduchových kolektorů přispívá i velikost tlakových ztrát, popřípadě energetický výkon nutný pro krytí těchto ztrát. Pro tyto účely bereme v úvahu tlakové ztráty vlastního kolektoru, přechodu do sběrného potrubí, svislého potrubí o délce 10 m a kolena pro vstup do ventilátoru.

Vypočtené hodnoty součinitelů přestupu tepla ve vzduchovém kanálu a činitelů sdílení tepla v kolektoru jsou uvedeny v tab. II a III. Hodnoty účinnosti a oteplení vzduchu při intenzitě ozáření $600 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ jsou vyneseny na obr. 3 a 4. Na obr. 5 je znázorněna závislost účinnosti kolektorů bez transparentního krytu na rychlosti větru pro různé hmotnostní průtoky. Pro srovnání je zde uvedena i závislost zakrytých kolektorů s průtokem 0,06 a $0,1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Tab. IV obsahuje tlakové ztráty a výkon potřebný na krytí těchto ztrát při různém měrném hmotnostním průtoku vzduchu.

DISKUSE A HODNOCENÍ

Teoretické základy konverze slunečního záření a přenosu tepla ve vzduchových kolektorech vycházejí ze základních zákonitostí platných i pro kapalinové kolektory, ale jsou rozpracovány v daleko menší míře. Proto je stále nutné shromažďovat zejména experimentální poznatky jednotlivých autorů a dotvářet teoretickou základnu sdílení tepla, zejména ve vzduchovém kanálu. V tom smyslu přinesli již cenné poznatky dříve citovaní autoři. S využitím jejich údajů a na základě zde předkládaných úvah a výpočtů je zřejmé, že účinnost vzduchových kolektorů závisí především na velikosti průtoku vzduchu. To jasně dokumentují grafy na obr. 3 a 4. Stoupající účinnost s velikostí průtoku je ovlivněna i současným zvyšováním rychlosti proudění vzduchu. Zvyšující se rychlost však na druhé straně výrazně zvyšuje i tlakové ztráty v kolektoru a příslušejících vzduchovodech, a tím i výkon potřebný na jejich krytí (tab. IV). To ovšem snižuje energetickou účinnost kolektorových ohříváčů. Z tohoto důvodu je u méně účinných kolektorů (typu A) energeticky únosná rychlost proudění do 8 až $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, u účinnějších kolektorů by z předpokládaného hlediska mohla být v případě potřeby (např. při limitované výšce kanálu) i poněkud vyšší. Pro praktické potřeby lze doporučit rychlost proudění vzduchu v kanálu mezi 6 až $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Za zvláštní pozornost stojí analýza účinnosti vzduchových kolektorů s transparentním krytem a bez něho. Z tab. II a III a názorně z grafů na obr. 3 a 4 je zřejmé, že rozdíl účinnosti je výrazný u kolektorů s nízkou účinností (typu A). U kvalitnějších kolektorů (typu B) je rozdíl v účinnosti již méně výrazný. Důležité ovšem je, že se zvyšujícím se průtokem vzduchu se rozdíl v účinnosti zmenšuje a že při velkých průtocích, které jsou právě zapotřebí pro dosoušení sena ($0,06$ až $0,1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$), je dokonce účinnost kolek-

torů bez transparentního krytu větší než účinnost kolektorů s krytem. Rozdíl je pak tím větší, čím nižší propustnost má použitý transparentní kryt. V hodnocených případech se počítalo s propustností, kterou mají skleněné desky. U běžných plastických fólií (PE) může být propustnost na začátku používání obdobná, ale s dobou používání se poměrně rychle snižuje. Dost nízkou a s časem se rovněž zhoršující propustnost mají dnešní běžné skelné lamináty.

Účinnost kolektoru bez transparentního krytu je ovšem podstatně výrazněji závislá na tepelných ztrátách způsobených větrem. To dokumentuje graf na obr. 5. Z něho je zřejmé, že v oblastech s průměrnou rychlostí větru v letním období do 3 m.s^{-1} lze pro měrné hmotnostní průtoky vyšší než $0,08 \text{ kg.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ používat kolektory bez transparentního krytu téměř bez snížení, nebo dokonce se zvýšením účinnosti proti krytým kolektorům.

ZÁVĚR

Rozbory a některé dosud získané praktické zkušenosti (Macedo, 1978; Sladký a Bradna, 1981) dovolují již stanovit technické požadavky na velkoplošné vzduchové kolektory pro ohřev vzduchu k dosoušení píce, popř. jiných zemědělských plodin. Mají-li se sluneční ohřivače dále zdokonalit, je třeba studovat ještě podrobněji závislosti součinitelů přestupu tepla, tepelných ztrát, objasnit optimální potřebnou kvalitu tepelné izolace spodního dna vzduchového kanálu, vliv uspořádání absorbéru a dna kanálu na součinitele tření vzduchu a tlakové ztráty a hledat opticky i mechanicky vhodné materiály pro krytí vzduchových kolektorů pro oblasti s vyššími rychlostmi větru.

Literatura

CIHELKA, J. aj.: Vytápění a větrání. Praha 1975.

DERNEDE, W. — PETERS, H.: Wirkungsgrade von Solarluftkollektoren für Trocknungsanlagen. Landtechnik, 1978, č. 1.

DUFFIE, A. J. — BECKMAN, W. A.: Solar energy thermal processes. New York 1974.

HAS, S. — FIALA, J.: Nové energetické systémy v zemědělství. Zeměd. Techn., 26, 1980, č. 10, s. 631-637.

MACEDO, I. C.: Experimental evaluation of natural convection solar air heaters. Solar Energy, 20, 1978, s. 367-369.

NILES, P. W. aj.: Design and performance of an air collector for industrial crop dehydration. Solar Energy, 20, 1978, s. 19-23.

PARKER, B. F.: Performance test of three solar air heaters. Trans. ASAE, 21, 1978, č. 3.

PARKER, B. F.: Derivation of efficiency and loss factors for solar air heaters. Solar Energy, 26, 1981, s. 27-32.

SLADKÝ, V. — BRADNA, J.: Sluneční seník Zduchovice. Výsledky zkušebního provozu v roce 1981. [Výzkumná zpráva Z-1749.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1981.

UTZINGER, D. M. aj.: The effect of air flow rate in collector-storage walls. Solar Energy, 25, 1980, s. 511-519.

WILLIAMS, L. G.: Application of solar collector to hay and corn drying. Bois, Idaho, Paper ASAE, 1961.

Došlo dne 30. 6. 1982

ГАШ, С. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): *Характеристики солнечных коллекторов для обогрева воздуха*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 707-719.

Солнечные коллекторы для обогрева воздуха могут найти применение при сушке или досушивании сельскохозяйственных культур. Их эффективность и показатель температуры нагретого воздуха зависят от конструкции, размера протекания воздуха и от окружающей температуры. В данной статье анализируются отдельные факторы, обуславливающие проект воздушных солнечных коллекторов для досушки корма. Анализируется возможность подбора разных абсорберов, форма воздушного канала, а также вопрос действия прозрачного покрытия. Для области с малой скоростью ветра при большом расходе обогреваемого воздуха, необходимого для досушки зеленого корма, полезно применять коллекторы без прозрачного покрытия.

эффективность солнечных коллекторов; воздушные коллекторы; коэффициент теплопередачи в коллекторе; расчет солнечных коллекторов

HAŠ, S. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepesty): *Characteristics of Solar Collectors for Air Heating*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 707-719.

Solar collectors for air heating can also be used for drying or finishing farm crops. Their effectiveness and the temperature of warmed air depend on the design, on air flow rate, and environment temperature. The paper includes an analysis of the factors influencing the design of air solar collectors to be used for hay finishing. The possibility of choosing various absorbers, shapes of the air canal, and the problem of the effect of transparent cover are analyzed. Collectors without such covers can be used with advantage in regions with low wind speeds when the warmed air flow, needed for hay finishing, is high.

effectiveness of solar collectors; air collectors; factor of heat transmission in collector; calculation of solar collectors

HAŠ, S. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha - Řepesty): *Die Kennlinien der Sonnenkollektoren für die Lufterwärmung*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 707-719.

Die Sonnenkollektoren für die Lufterwärmung können auch bei der Trocknung oder Nachtrocknung von landwirtschaftlichen Fruchtarten verwendet werden. Ihre Wirksamkeit und Temperaturhöhe der erwärmten Luft hängen von der Konstruktion, von dem Luftdurchgang und der Umwelttemperatur ab. Die Arbeit bringt eine Analyse der einzelnen Faktoren, die den Vorschlag von Luft-Sonnen-Kollektoren für die Nachtrocknung vom Futtergut beeinflussen. Es wird die Möglichkeit der Wahl von verschiedenen Absorbern, von der Gestalt des Luftkanals und auch die Frage der Wirkung vom Transparentbedeckung analysiert. Für die Gebiete mit niedrigen Windgeschwindigkeiten können bei einem hohen Durchgang von erwärmter Luft, die bei der Nachtrocknung des Futtergutes benötigt wird, auch die Kollektoren ohne Transparentbedeckung mit Vorteil verwendet werden.

Wirksamkeit der Sonnenkollektoren; Luftkollektoren; Koeffizient des Wärmeaustausches im Kollektor; Berechnung der Sonnenkollektoren

Adresa autora:

Ing. Stanislav Haš, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, 163 07 Praha 6 - Řepesty

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.

MORARU, O. — IONESCU, M.

C 27.091

Mecanizarea recoltării legumelor în cimp.

București, Inst. de cercetări pentru pedologie și agrochimie 1980. 48 s., obr. (Zelenina — sklizeň — mechanizace — výzkum — Rumunsko)

ZANCHE, O. DE — CANDILO, M. DI — RANALLI, P.

D 63.651/155

Sull'impiego della pettinatrice-sgranatrice nella raccolta meccanica del pisello.

Catania, Associazione italiana di genio rurale 1979. S. 120-133, 3 obr., 6 tab. Estratto da atti del 3° convegno nazionale A. I. G. R., Catania, 16-19 maggio 1979. (Hrách — sklizeň — mechanizace — výzkum — Itálie)

BENTINI, M. — GUARNIERI, A.

C 25.993/30

Effetti del traffico delle macchine agricole sulla produzione dello spinacio da industria.

Bologna, Gruppo giornalistico edagricole 1980. S. 47-53, 14 obr., 1 tab. Estr. da Macchine e motori agricoli anno 38, n. 12. (Špenát — sklizeň — mechanizace — výzkum — Itálie)

MIKRJUKOV, V. N. — SYLKIN, M. I. — KROTOV, L. D.

E 42.724

Operator — životnovod.

Alma-Ata, Kajnar 1977. 230 s., 81 tab. (Mechanizace zemědělství — živočišná výroba — příručka / Pracovní postupy, — živočišná výroba — mechanizační zařízení)

Farm feed processing.

D 69.889/2125/1981

Pinner, Min. of agric., fisheries and food 1981. 38 s., 9 obr., Booklet 2125. (Krmivářské stroje / Krmiva — výroba — zařízení)

TEPLOTNÍ POLE V PŮDĚ PŘI KOMBINOVANÉM VYTÁPĚNÍ ZAKRYTÉ PĚSTEBNÍ PLOCHY

R. Adamovský

ADAMOVSKEÝ, R. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Teplotní pole v půdě při kombinovaném vytápění zakryté pěstební plochy*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12): 721–732.

Příspěvek se zabývá výpočtem a statistickým hodnocením teplotního pole v půdě při kombinovaném vytápění fóliového skleníku. Kombinovaným vytápěním se rozumí vytápění půdní a prostorové. Na základě statistického hodnocení naměřených hodnot teplot půdy se snaží prokázat, že při běžně používaných parametrech systému půdního vytápění zakrytých pěstebních ploch lze izotermu v dané hloubce v rovině kolmé k řadě topných trubek přibližně považovat za přímku, která by nahradila periodickou funkci průběhu teplot v půdě.

fóliový skleník; prostorové vytápění; půdní vytápění; teplota půdy; izoterma; analýza rozptylu; dvojné třídění

Systém půdního vytápění v objektech pro výrobu zeleniny a zeleninové sadby zajišťuje nejen vyšší teploty půdy v oblasti kořenového systému rostlin, ale musí zajistit i rovnoměrnost teplot půdy, která je pro vývoj rostlin neméně důležitá.

Při řešení problému předpokládáme, že se jedná o stacionární jev vedení a prostupu tepla poloohraňčeným masívkem s liniovými válcovými zdroji tepla. Teploty masívu se mění v závislosti na hloubce uložení a teplotě liniových válcových zdrojů tepla, jejich rozteči a průměru, na tepelných charakteristikách půdy a na teplotě prostředí nad poloohraňčeným masívkem. Rozdělení teplot v půdě při vyhřívání liniovými válcovými zdroji tepla lze charakterizovat periodickou funkcí, která je dána její střední hodnotou, amplitudou a periodou křivky.

Pro praktické potřeby je výpočet této periodické funkce velmi obtížný a bez výpočetní techniky v podstatě neřešitelný. Proto jsme se v tomto příspěvku pokusili na základě statistického hodnocení naměřených teplot půdy zjistit, jak významné jsou rozdíly teplot půdy měřené v různých místech ve stejné hloubce a v rovině kolmé k řadě topných trubek a zda je možné při běžně používaných parametrech systému půdního vytápění, tj. hloubce uložení topných trubek 0,4 m, jejich rozteči 0,4 m a průměru potrubí 0,025 až 0,032 m považovat pro praktické výpočty rozdělení teplot půdy v oblasti rhyzosféry izotermu v dané hloubce za přímku.

Tento předpoklad by velmi zjednodušil výpočet teplotního pole v půdě, a to speciálně tehdy, jsou-li rozdělovač a sběrač systému půdního vytápění umístěny na opačných stranách vytápěné plochy.

METODA

VŠEOBECNÉ PODMÍNKY POKUSU

Ve fóliovém skleníku FS 6 × 30 m bylo instalováno kombinované vytápění. Konvekční otopné plochy byly vytvořeny žebrovanými trubkami 76/3/156, umístěnými na bočních stěnách fóliového skleníku v délce 27,5 m. Topné plochy v půdě tvořily polyetylenové hadice rPE Ø 32 TPD 71-009-66, umístěné v půdě ve vzdálenosti 0,4 m od sebe a od povrchu. Půdní vytápění bylo napájeno vratnou vodou z prostorového vytápění bez možnosti jakkoliv regulovat průtok a teplotu topného média.

METODA MĚŘENÍ TEPLOT PŮDY A VZDUCHU

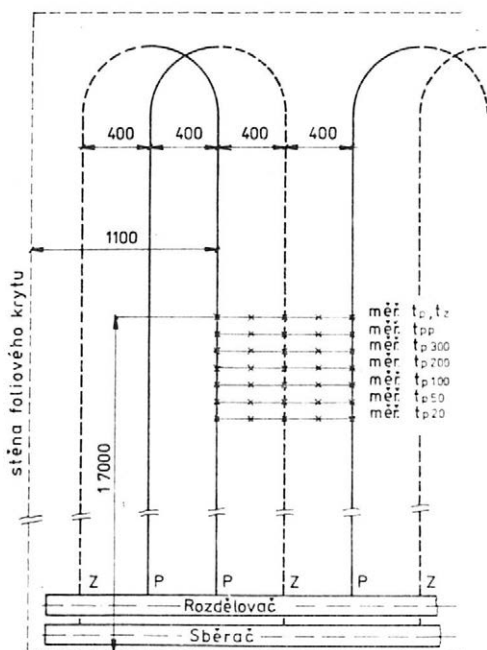
Ve fóliovém skleníku bylo půdní vytápění zajištěno šesti topnými smyčkami. Část topné smyčky připojenou na rozdělovač nazýváme přívodní větví topné smyčky (P), část připojenou na sběrač zpětnou větví topné smyčky (Z).

V literatuře (Šorin, 1968; Ioffe, 1958) je problém vedení a přenosu tepla u řady liniových válcových zdrojů tepla v poloohrazeném masívu teoreticky řešen vždy pro tři trubky, proto jsme i my vybrali z 12 topných větví tři větve, umístěné na levém kraji fóliového skleníku.

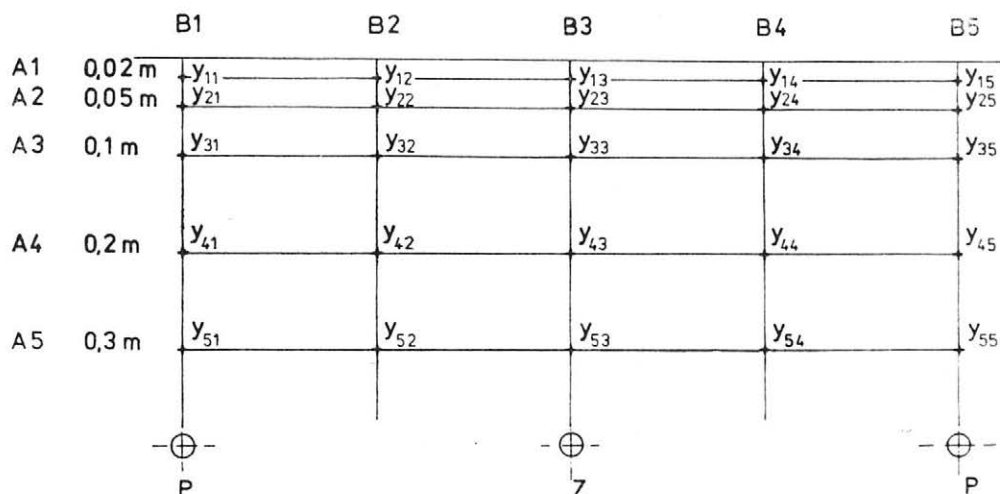
Teploty půdy jsme měřili půdními teploměry v hloubce 0,3 m, 0,2 m, 0,1 m, 0,05 m, 0,02 m. V každé hloubce, jak je znázorněno na obr. 1, bylo umístěno pět teploměrů.

Teploty povrchu přívodních větví a zpětné větve topných smyček a teploty mezi topnými smyčkami jsme měřili termoelektrickými články, kterými jsme měřili i teploty povrchu půdy. Hodnoty graficky zaznamenával bodový zapisovač ZEPAREX 24.

Dále jsme měřili teplotu vzduchu ve fóliovém skleníku ve výšce 0,2 m nad povrchem půdy a teplotu venkovního vzduchu. Schéma měření teplot půdy je uvedeno na obr. 2.



1. Schéma měření teplot půdy ve fóliovém skleníku — Schematic drawing of soil temperature measurement in plastic greenhouse



Měření jsme opakovali 25krát, takže jsme pro hodnocení použili 625 hodnot půdních teplot a 150 pomocných hodnot teplot vzduchu a topných ploch v půdě, které slouží k přesnějšímu určení podmínek jednotlivých měření.

liniových odvodů tepla o stejném jednotkovém výkonu q ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1}$), pak rozdíl teplot Δt , k terý vzniká v určitém místě poloohraničeného masívu od zdroje a jemu odpovídajícímu odvodu, bude:

$$\Delta t = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{\rho}{r} \quad (\text{K}) \quad (1)$$

kde: λ — součinitel tepelné vodivosti poloohraničeného masívu ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 ρ, r — odpovídající vzdálenosti odvodů a zdroje od daného bodu $A(x, y)$ (m)

Při velkých hodnotách $\frac{a}{d}$ lze ordinátu y_0 s dostatečnou přesností vypočítat podle vzorce:

$$y_0 = \sqrt{h^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

Pak podle Ioffeho (1958) bude poměrná hodnota teplot $\Theta(x, y)$ v bodě $A(x, y)$:

$$\Theta(x, y) = \frac{t(x, y) - t_0}{t_t - t_0} = \frac{\ln \frac{\cos h \left[\frac{2\pi}{a} \left(y_0 + y + \frac{2\lambda}{a} \right) \right] - \cos \left(\frac{2\pi}{a} x \right)}{\cos h \left[\frac{2\pi}{a} (y_0 - y) \right] - \cos \left(\frac{2\pi}{a} x \right)} \cdot (-) \quad (3)$$

$$2 \ln \left\{ \frac{2a}{\pi d} \sin h \left[\frac{2\pi}{a} \left(h + \frac{\lambda}{a} \right) \right] \right\}$$

kde: $t(x, y)$ — teplota půdy v bodě $A(x, y)$ ($^{\circ}\text{C}$)
 t_0 — teplota vzduchu nad poloohraničeným masívem ($^{\circ}\text{C}$)
 t_t — teplota povrchu liniového válcového zdroje tepla ($^{\circ}\text{C}$)
 a — součinitel přestupu tepla s povrchu poloohraničeného masívu do okolního prostředí ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

V obr. 4 jsou zakresleny vypočtené hodnoty teplot půdy pro sledovaný systém půdního vytápění, při kterém hloubka uložení topného potrubí byla 0,4 m, rozteč 0,4 m a jeho průměr 0,032 m. Výpočet jsme dělali pro teplotu vzduchu nad povrchem půdy $t_0 = 6,4^{\circ}\text{C}$ a střední hodnotu teploty půdy topného potrubí $t_t = 32,65^{\circ}\text{C}$ (teplota přírodní větve topné smyčky $t_p = 33,8^{\circ}\text{C}$ a teplota zpětné větve topné smyčky $t_z = 31,5^{\circ}\text{C}$).

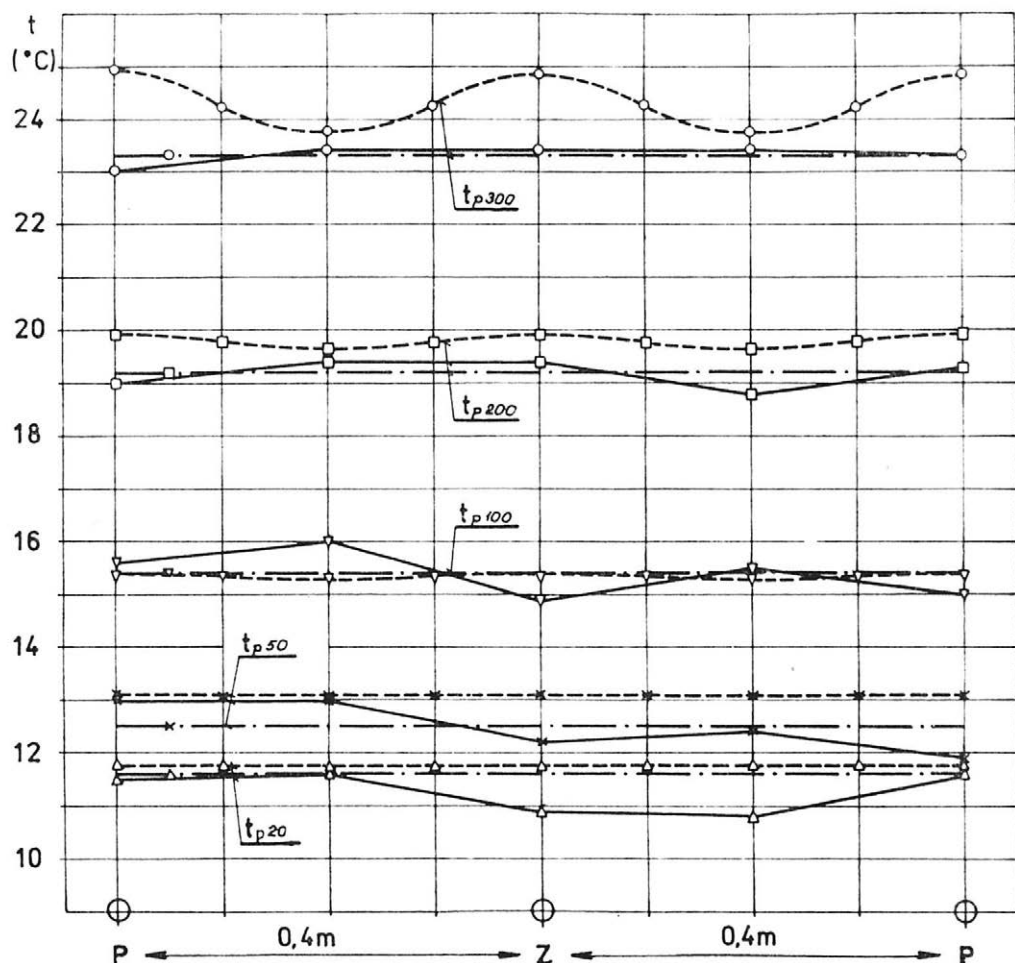
Vypočtené teploty jsme porovnávali s teplotami naměřenými při stejných parametrech topného systému a stejných teplotách topného média a při stejné teplotě nad povrchem půdy. Měřili jsme v nočních hodinách proto, aby teplota půdy nebyla ovlivněna slunečním zářením.

Rozdíl naměřených a vypočtených teplot je malý, činí 0,1 až 0,9 $^{\circ}\text{C}$ v hloubce 0,02 m; 0,1 až 1,2 $^{\circ}\text{C}$ v hloubce 0,05 m; 0,2 až 0,7 $^{\circ}\text{C}$ v hloubce 0,1 m; 0,3 až 0,9 $^{\circ}\text{C}$ v hloubce 0,2 m a 0,3 až 1,7 $^{\circ}\text{C}$ v hloubce 0,3 m pod povrchem půdy.

V denních hodinách jsou rozdíly naměřených a vypočtených teplot půdy podstatně vyšší, např. v hloubce 0,05 m pod povrchem půdy při $t_0 = 19,7^{\circ}\text{C}$ a $t_z = 33,75^{\circ}\text{C}$ je rozdíl teplot od 2,7 do 4,3 $^{\circ}\text{C}$.

MODEL DVOJNÉHO TRÍDĚNÍ A JEHO ANALÝZA

K modelu dvojného třídění a jeho analýze přivádí úloha ověření působení dvou faktorů na hodnotu teploty půdy. Jednak je to faktor hloubky, ve které měříme teplotu



4. Teplotní pole v půdě v rovině kolmé k řadě lineových válcových zdrojů tepla — The temperature field in soil in a plane perpendicular to the row of cylindrical heat sources

— — — naměřené teploty půdy
 — — — vypočtené teploty půdy
 — . — . — výsledek statistického hodnocení naměřených teplot půdy

půdy, označený A , jednak faktor horizontální, označený B , který určuje, ve kterém místě teplotu měříme.

Faktor hloubky měření teploty A má v našem případě $a = 5$ různých stupňů, které jsou označeny $A_1, \dots, A_5$. Faktor horizontálního umístění teploměru B má také $b = 5$ stupňů, které jsou označeny $B_1, \dots, B_5$. Při jednom měření jsme získali $a \cdot b = 25$ hodnot teplot půdy (tab. I).

Na jednu náhodně vybranou hodnotu teploty půdy působí faktor A na úrovni A_1 a faktor B na úrovni B_1 , tj. kombinace úrovní (A_1, B_1) . Na další náhodně vybranou hodnotu teploty půdy působí kombinace úrovní (A_1, B_2) atd., až na poslední hodnotu působí kombinace úrovní (A_a, B_j) . Na zkoumané hodnoty teplot půdy označené y_{ij} působí obecně kombinace úrovní (A_i, B_j) .

O naměřených teplotách půdy budeme předpokládat (přestože bylo v předchozí

I. Tabulka dvojného třídění — Table of two-way classification

		Faktor B					
		B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	$\sum_{j=1}^b y_{ij}$
Faktor A	A_1	$y_{11} = 11,5$	$y_{12} = 11,7$	$y_{13} = 10,9$	$y_{14} = 10,8$	$y_{15} = 11,6$	56,5
	A_2	$y_{21} = 13,0$	$y_{22} = 13,0$	$y_{23} = 12,2$	$y_{24} = 12,4$	$y_{25} = 11,9$	62,5
	A_3	$y_{31} = 15,6$	$y_{32} = 16,0$	$y_{33} = 14,9$	$y_{34} = 15,5$	$y_{35} = 15,0$	77,0
	A_4	$y_{41} = 19,0$	$y_{42} = 19,4$	$y_{43} = 19,4$	$y_{44} = 18,8$	$y_{45} = 19,3$	95,9
	A_5	$y_{51} = 23,0$	$y_{52} = 23,4$	$y_{53} = 23,4$	$y_{54} = 23,4$	$y_{55} = 23,3$	116,5
	$\sum_{i=1}^a y_{ij}$	82,1	83,5	80,8	80,9	81,1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij} = 408,4$

kapitole teplotní pole v půdě matematicky definováno jako periodická funkce), že se bude řídit modelem:

$$y = m + \alpha_i + \beta_j + e_{ij} \quad (4)$$

kde: $i = 1, 2, \dots, a = 5$
 $j = 1, 2, \dots, b = 5$

$\alpha_1 \dots \alpha_i \dots \alpha_a; \beta_1 \dots \beta_j \dots \beta_b$ jsou známé konstanty, pro které platí:

$$\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0 \quad \text{a} \quad \sum_{j=1}^b \beta_j = 0 \quad (5)$$

α_i — můžeme interpretovat jako vliv i -té úrovně A_i faktoru A

β_j — můžeme interpretovat jako vliv j -té úrovně B_j faktoru B

m — je obecný vliv společný všem $a \cdot b$ měřením

Chyby e_{ij} jsou odchylkami měření od součtu obecného vlivu m a vlivu úrovně faktorů, které se podílejí na vzniku měření. O chybách e_{ij} předpokládáme, že jsou pozorováním náhodné veličiny s normálním rozložením se střední hodnotou 0 a neznámým rozptylem σ^2 .

Měření teplot půdy, příslušná modelu (4), můžeme roztrždit do tzv. tabulky dvojného třídění podle toho, při které z úrovní kterého faktoru vznikla (Rod, 1979). Měření, společná i -té třídě podle kritéria A a j -té třídě podle kritéria B , tvoří tzv. podtřidu, která je označena (A_i, B_j). V našem modelu (4) a v tab. I obsahuje každá podtřída právě jednu hodnotu teploty půdy. Naměřené teploty jsou tříděny podle dvou kritérií, jedná se tedy o model dvojného třídění a analýzu rozptylu dvojného třídění.

Úlohou analýzy rozptylu při dvojném třídění je zjistit, zda se liší vlivy tříd podle kritéria A (resp. B) a liší-li se, pak zjistit, kde vznikají rozdíly, tj. testovat významnost kontrastů α_i (resp. β_j) a konstruovat pro ně intervaly spolehlivosti.

Test hypotézy, že efekty tříd podle A nebo B jsou si rovny, tj. že platí rovnice (5), jsme dělali na základě tabulky analýzy rozptylu dvojného třídění (tab. II — (Rod, 1979), kde:

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Počet stupňů volnosti	Průměrný čtverec
Faktor hloubky	$S_A = 487,6896$	$f_A = 4,0$	$MS_A = 121,9224$
Faktor horizontální	$S_B = 1,0416$	$f_B = 4,0$	$MS_B = 0,2604$
Chyba	$S_e = 1,8467$	$f_e = 16,0$	$MS_e = 0,1154$
Celkem	$S_T = 490,5779$	$f_T = 24,0$	—

$$K = \frac{1}{a \cdot b} Y_{..}^2 \quad (6) \quad Y_{..} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij} \quad (7)$$

$$S_A = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^a Y_{i.}^2 - K \quad (8) \quad Y_{i.} = \sum_{j=1}^b y_{ij} \quad (9)$$

$$S_B = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^b Y_{.j}^2 - K \quad (10) \quad Y_{.j} = \sum_{i=1}^a y_{ij} \quad (11)$$

$$S_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - K \quad (12) \quad S_e = S_T - S_A - S_B \quad (13)$$

$$f_A = a - 1 \quad (14) \quad f_B = b - 1 \quad (15)$$

$$f_e = (a - 1)(b - 1) \quad (16) \quad f_T = ab - 1 \quad (17)$$

$$MS_A = \frac{S_A}{f_A} \quad (18) \quad MS_B = \frac{S_B}{f_B} \quad (19)$$

$$MS_e = \frac{S_e}{f_e} \quad (20)$$

Hypotézu rovnosti vlivu α_i (resp. β_j) jsme ověřovali pomocí testové charakteristiky:

$$F = \frac{MS_A}{MS_e} \quad (21a) \quad F = \frac{MS_B}{MS_e} \quad (21b)$$

platí-li

$$F > F_{1-\alpha}(f_A, f_e) \quad (22a) \quad F > F_{1-\alpha}(f_B, f_e) \quad (22b)$$

zamítáme ověřovanou hypotézu s pravděpodobností chyby 1. druhu α je-li

$$F < F_{1-\alpha}(f_A, f_e) \quad (23a) \quad F < F_{1-\alpha}(f_B, f_e) \quad (23b)$$

nepodařilo se hypotézu zamítnout.

Přitom α představuje pravděpodobnost zamítnutí hypotézy, které volíme 0,05. V nerovnostech (22) a (23) značí pravá strana $(1 - \alpha)$ kvantil F -rozložení o f_A (f_B) a f_e stupňů volnosti, pro jejichž určení jsme použili tabulek kvantil Fischer-Snedecorova rozložení.

Pro hodnocení naměřených teplot půdy jsme vytvořili dvě hypotézy:

1. rozdělení teplot půdy v rovině kolmé k řadě liniových válcových zdrojů tepla není ovlivněno hloubkou, ve které je teplota půdy měřena (faktor houbky A);
2. rozdělení teplot půdy v rovině kolmé k řadě liniových válcových zdrojů tepla není ovlivněno místem měření teploty půdy (faktor horizontální B).

Výpočet tabulek dvojnásobného třídění a z nich vyplývajících tabulek analýz rozptylu dvojnásobného třídění je pro 25 měření velmi rozsáhlý, proto uvádíme v tab. I a II jen jeden příklad výpočtu hodnocení naměřeného teplotního pole v půdě pro teplotu vzduchu nad povrchem půdy a stejné parametry topného média jako v předchozí kapitole.

Z hlediska fyzikálně technického odporuje první hypotéza základnímu zákonu šíření tepla a sloužila jen k ověření použité metody hodnocení.

Při testu první hypotézy bylo z tabulek kvantil Fischer-Snedecorova rozložení určeno pro $\alpha = 0,05$, $F_{0,95}(4,16) = 3,0070$. V uvedeném příkladu (v němž $F = 1\,056,5199$) a ve všech 25 měřeních platí při hodnocení této hypotézy rovnice (22a), která hypotézu zamítá.

Při testu druhé hypotézy je pro $\alpha = 0,05$, $F_{0,95}(4,16) = 3,0070$. Pro daný příklad (ve kterém $F = 2,2564$) a ve všech 25 měřeních platí při hodnocení této hypotézy rovnice (23b), tzn., že se nám tuto hypotézu nepodařilo zamítnout.

Pro technické výpočty teplotního pole v půdě při uvedených parametrech systému půdního vytápění můžeme tedy s dostatečnou přesností předpokládat, že izoterma v dané hloubce v rovině kolmé k řadě topných trubek je přímkou.

PŘÍBLIŽNÁ NÁHRADA PERIODICKÉ FUNKCE PŘÍMKOU

V této kapitole chceme potvrdit předchozí předpoklad a zároveň najít přibližnou rovnici izotermy, která by nahrazovala periodický průběh teploty v půdě.

Předpokládáme, že střední hodnota závislé proměnné y (naměřená teplota) je vázána s nezávisle proměnnou x (horizontální umístění teploměru) vztahem:

$$y = \alpha + \beta x \quad (24)$$

Úlohou je odhadnout regresní koeficienty α , β a ověřit hypotézu, že $\beta = 0$.

Výběrové regresní koeficienty a , b , které jsou bodovými odhady parametrů α , β při metodě nejmenších čtverců, jsme určili z podmínky:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 = \min \quad (25)$$

Výraz (25) je minimální pro:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (26)$$

$$\beta = b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (27)$$

kde:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (28)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (29)$$

Pro směrodatnou chybu regresního koeficientu b , označenou s_b , jsme použili vztahu (Rod, 1979)

$$s_b = s \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (30)$$

kde jsme s^2 získali ze vztahu:

$$s^2 = \frac{1}{n-2} \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n} - b^2 \sum_{i=1}^n x_i^2 + \frac{b^2}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 \right] \quad (31)$$

Po vyčíslení regresního koeficientu b jsme hypotézu, že $\beta = 0$, ověřovali t -testem pomocí testové charakteristiky:

$$t = \frac{b}{s_b} \quad (32)$$

Pravděpodobnost zamítnutí hypotézy, jestliže hypotéza platí, jsme zvolili $\alpha = 5\%$. Z tabulek kvantil Studentova t rozložení pro $\alpha = 5\%$ je kritická hodnota $t_{0,95}(3) = 3,182$.

Ve všech 125 měřeních platí:

$$|t| < t_{0,95}(3) \quad (33)$$

To znamená, že se nám nepodařilo zamítnout hypotézu $\beta = 0$. Můžeme tedy s dostatečnou přesností pro technické výpočty teplotního pole v půdě při uvedených parametrech systému půdního vytápění předpokládat, že izoterma v dané hloubce v rovině kolmé k řadě topných trubek bude mít průběh:

$$y = a \quad (34)$$

DISKUSE

V obr. 4 jsou shrnuty výsledky výpočtů teplotního pole, výsledky měření teplot půdy a výsledky statistického zpracování naměřených teplot půdy pro případ, při kterém teplota vzduchu nad povrchem půdy byla $t_o = 6,4^\circ\text{C}$ a střední hodnota teploty povrchu topného potrubí $t_t = 32,65^\circ\text{C}$.

Vypočtené teplotní pole v půdě se velmi přesně shoduje s naměřeným teplotním polem pro definovaný případ liniových válcových zdrojů tepla v poloohraničeném masívu, tzn. tehdy, není-li celé sledování ovlivněno slunečním zářením, které by ohřívalo povrch půdy a ovlivňovalo tepelné toky v půdě. K největším rozdílům naměřených a vypočtených teplot dochází v hloubce 0,3 m pod povrchem půdy, což je způsobeno nepřesným měřením skleněnými půdními teploměry. Chyba měření vznikla vedením tepla dlouhými stonky půdních teploměrů, takže jsme naměřili nižší teploty. Při kontrolním měření teploty půdy v této hloubce dvěma termočládky byly naměřené teploty cca o 1°C vyšší, což přibližně odpovídá teplotám vypočteným.

Závěry statistického hodnocení naměřených teplot půdy nám dovolují s dostatečnou přesností pro technické výpočty teplotního pole v půdě považovat při uvedených parametrech systému půdního vytápění izotermu v dané hloubce v rovině kolmé k řadě topných trubek za přímku, která může nahradit periodickou funkci průběhu teplot v půdě.

Výsledky měření teplot půdy mimo jiné vyvracejí i některé názory, že systém půdního vytápění způsobuje nerovnoměrné rozdělení teplot půdy, které nepříznivě ovlivňují pěstované plodiny. K podobným závěrům došli Kelm a Lanckow (1978) při měření teplotních polí ve skleníku G 300/4, používaném v NDR pro pěstování sazenic. Zde se jedná o systém půdního vytápění z polyetylenových trubek položených v segmentech kolmo ke směru lodě. Rozteč mezi trubkami o průměru 0,025 m je 0,5 m a hloubka uložení trubek 0,5 m. V tomto případě jsou rozdíly teplot v určité hloubce v rovině kolmé k řadě topných trubek nepatrně větší než v našem případě.

ZÁVĚR

V další fázi své práce se chceme zabývat přenosem tepla, teplotními poli a tepelnými toky v půdě při vytápění volných pěstebních ploch liniovými válcovými zdroji tepla umístěnými v určité hloubce pod povrchem půdy. Tento systém vytápění umožňuje využití nízkopotenciálního odpadního tepla k intenzifikaci zemědělské výroby.

Dále chceme sledovat, pro jaké další parametry topného systému, tj. hloubku uložení topných trubek, rozteč, průměr a teploty topného média, je teplotní pole v určité hloubce půdy v rovině kolmé k řadě topných trubek natolik rovnoměrné, že periodický průběh teploty půdy lze nahradit přímkou.

V poslední době se také objevuje nevyřešená otázka izolace spodní vrstvy půdy pod topnými trubkami. Tato izolace kladně ovlivní tepelné toky v půdě směrem k povrchu půdy, i když se zvýší investiční náklady na celý systém půdního vytápění.

Ve spolupráci s Výzkumným a šlechtitelským ústavem zeleniny a speciálních plodin v Hurbanově hledáme optimální teploty půdy v oblasti kořenového systému různých odrůd zeleniny v kontextu s teplotou okolního prostředí. Vyřešení tohoto problému by umožnilo optimalizovat systém půdního vytápění z hlediska požadavků pěstovaných rostlin a úspory tepelné energie.

Použitá označení

A	— obecné označení faktoru hloubky	(—)
$A_1; t_{p20}$	— teplota půdy v hloubce 0,02 m	(°C)
$A_2; t_{p50}$	— teplota půdy v hloubce 0,05 m	(°C)
$A_3; t_{p100}$	— teplota půdy v hloubce 0,1 m	(°C)
$A_4; t_{p200}$	— teplota půdy v hloubce 0,2 m	(°C)
$A_5; t_{p300}$	— teplota půdy v hloubce 0,3 m	(°C)
B	— obecné označení faktoru horizontálního umístění teploměru	(—)
$B_1; B_5$	— teplota půdy měřená nad přívodní větví topné smyčky	(°C)
B_2	— teplota půdy měřená mezi přívodní a zpětnou větví topné smyčky	(°C)
B_3	— teplota půdy měřená nad zpětnou větví topné smyčky	(°C)
B_4	— teplota půdy měřená mezi zpětnou a přívodní větví topné smyčky	(°C)
F	— testová charakteristika Fisher-Snedecorova rozložení	(—)
MS	— průměrné čtverce	(°C ²)
S	— součty čtverců	(°C ²)
a	— počet úrovní faktoru hloubky	(—)
b	— počet úrovní faktoru horizontálního	(—)
e_{ij}	— odchylka měření	(—)
f	— počet stupňů volnosti	(—)

m	— obecný vliv společný všem měřením	(—)
q	— jednotkový výkon liniového válcového zdroje tepla	(W.m ⁻¹)
s	— odhad rozptylu	(—)
t	— testová charakteristika Studentova t rozložení	(—)
t	— teplota	(°C)
t_p	— teplota povrchu potrubí přívodní větve topné smyčky	(°C)
t_{pp}	— teplota povrchu půdy	(°C)
t_o	— teplota vzduchu ve fóliovém skleníku	(°C)
t_t	— střední teplota povrchu liniového válcového zdroje tepla	(°C)
t_z	— teplota povrchu potrubí zpětné větve topné smyčky	(°C)
$t(x, y)$	— teplota půdy v bodě $A(x, y)$	(°C)
y_{ij}	— obecné označení zkoumané veličiny	(—)
α	— součinitel přestupu tepla s povrchu poloohraničeného masívu do okolního prostředí	(W.m ⁻² .K ⁻¹)
α	— pravděpodobnost zamítnutí hypotézy, když hypotéza platí	(—)
α_i	— vliv i -té úrovně A_i faktoru A	(—)
β_j	— vliv j -té úrovně B_j faktoru B	(—)
λ	— součinitel tepelné vodivosti půdy	(W.m ⁻¹ .K ⁻¹)

Literatura

IOFFE, I. A.: O stacionarnom temperaturnom pole v poluograničennom massive s vnutrennimi cilindričeskimi istočnikami tepla. *Ž. techn. Fiz.*, XXVIII, 1958, č. 5.

KELM, I. — LANCKOW, J.: Ergebnisse zur Temperatur und zum Wärmeverbrauch bei der Bodenheizung für die Jungpflanzenanzucht im G 300. *Gartenbau*, 25, 1978, č. 8.

ROD, J. a kolektiv: Učební texty PGS biometrie. Přírodovědecká fakulta University J. E. Purkyně, Brno 1979.

ŠORIN, S. N.: Sdílení tepla. Praha, Státní nakladatelství technické literatury 1968.

Došlo dne 30. 6. 1982

АДАМОВСКИЙ, Р. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Температурное поле в почве при комбинированном отоплении прикритой пашни. *Zeměd. Techn.*, 28, 1982 (12) : 721-732.

Статья занимается расчетом и статистической оценкой температурного поля в почве при комбинированном отоплении пленочной теплицы. Под комбинированном отоплении подразумевается отопление почвы и пространства. На основе статистической оценки измеренных значений температуры почвы автор старается доказать, что при нормально применяемых параметрах системы почвенного отопления закрытых грунтов (пашни) изотерму на данной глубине в плоскости, перпендикулярной к ряду нагревательных трубок, приблизительно можно считать прямой, которая заменила бы периодическую функцию хода температур в почве.

пленочная теплица; пространственное отопление; почвенное отопление; температура почвы; изотерма; анализ дисперсии; двойная классификация

ADAMOVSKEJ, R. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepy): *The Temperature Field of the Soil in a Plastic Greenhouse with a Combined Heating System*. *Zeměd. Techn.*, 28, 1982 (12) : 721-732.

The paper deals with the calculation and statistical evaluation of the temperature field in the soil in a plastic greenhouse heated in a combined way. Combined heating is a combination of the heating of the space under the foil and heating of the soil. The objective is to demonstrate, on the basis of the statistical processing of the obtained values of soil temperatures, that in the soil heating system with parameters currently used in spaces under glass or foil, the isotherm at a given

depth in a plane perpendicular to the row of heating pipes can be considered to be approximately a straight line which would replace the periodic function of the course of temperatures in soil.

plastic greenhouse; space heating; soil heating; soil temperature; isotherm; analysis of variance; two-way classification

ADAMOVSKEÝ, R. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha - Řepy): *Das Temperaturfeld im Boden bei einer kombinierten Heizung einer bedeckten Anbaufläche*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 721-732.

Der Aufsatz befaßt sich mit der Berechnung und statistischen Auswertung des Temperaturfeldes im Boden bei einer kombinierten Heizung des Folienhauses. Unter der kombinierten Heizung versteht man die Heizung der Bodenfläche und des Raumes. Auf Grundlage einer statistischen Bewertung der gemessenen Werte der Bodentemperatur sollte nachgewiesen werden, daß bei den üblich verwendeten Parametern des Systems der Bodenheizung von bedeckten Anbauflächen die Isotherme in gegebener Tiefe in der senkrecht zu der Reihe von Heizungsrohren stehenden Ebene für eine Gerade gehalten werden kann, die die periodische Funktion des Temperaturverlaufes im Boden ersetzen würde.

Folienhaus; Raumheizung; Bodenheizung; Bodentemperatur; Isotherme; Analyse der Streuung; zweifache Sichtung

Adresa autora:

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

ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI ROSTLIN JAKO INDIKOVATELNÉ PRVKY ZEMĚDĚLSKÉHO PŘEDMĚTU PRO POTŘEBY AUTOMATIZOVANÉ SOUSTAVY ŘÍZENÍ

Z. Staněk, M. Ruml, L. Rumlová

STANĚK, Z. — RUML, M. — RUMLOVÁ, L. (České vysoké učení technické, fakulta elektrotechnická, Praha; Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Elektrické vlastnosti rostlin jako indikativní prvky zemědělského předmětu pro potřeby automatizované soustavy řízení*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12): 733–744.

Práce zdůrazňuje nezbytnost stanovit ty znaky zemědělského předmětu, které by mohly sloužit jako podklad pro konkrétní potřeby automatizované soustavy řízení (ASŘ). Zabývá se především indikací některých elektrických vlastností rostlin. Autoři sledovali chování rostlinného pletiva jako vodiče elektrického proudu, stanovili jeho voltampérovou charakteristiku a závislost proudu na kmitočtu a vzdálenosti elektrod. Zjišťovali rovněž chování rostlinného pletiva jako článku RC při připojení na skokové napětí. Došli k závěru, že elektrické vlastnosti rostlin jsou integrálním ukazatelem vývojového a růstového stavu rostliny a její fyziologické „pohody“. Jakýkoliv zásah do života rostlin má za následek změnu některého ze sledovaných elektrických parametrů. Studium těchto změn by mohlo v budoucnu tvořit podklad pro praktické potřeby ASŘ.

znaky zemědělského předmětu; rostlinné pletivo; vodič elektrického proudu

Zemědělský předmět je z hlediska ASŘ soubor biologických i abiotických reálií, kterými se technologicky zabývá rostlinná a živočišná výroba. Je tedy objektem zemědělských technologií.

Pro potřeby ASŘ musí být známy rozhodující kvality (znaky, stavy, fáze) zemědělského předmětu, které určují technologický zásah, např. ošetření porostu, sklizeň, přihnojení či signalizaci chorobného stavu plodiny. Tyto znaky zemědělského předmětu nelze již jen odhadovat na základě zkušenosti, jak je tomu až doposud.

Velmi často se ovšem přesně neví, které znaky mají tvořit spolehlivá vstupní data k ASŘ. Např. bude třeba v soustavě ochrany rostlin objektivizovat jednotlivá vývojová stadia ohrožení plodiny škodlivým faktorem a tato stadia vyjádřit kvantitativně ve spolehlivých hranicích, aby mohl být zvážen a vyhodnocen povel pro ochranné opatření (např. postřik). K tomu účelu musí být současně vyvinuta spolehlivá metoda, která signální znak kontaktně či distančně registruje.

V jednoduchých případech stačí snímat z předmětu jeden znak, který svojí změnou dává podklad k technologické operaci (opticky registrovaná barva plodů — sklizeň). Častěji bude registrováno více znaků, které musí být zpracovány tak, aby tvořily v korelačních vztazích signál optimálního pásma a v neoptimálním pásma aby poskytovaly podklad pro opravné opatření. Tak např. ve skleníku budou registrovány: vzdušná teplota a vlhkost, vodní kapacita půdy, obsah kyslíčnicku uhlíčitého ve vzduchu, teplota půdy či substrátu, světelné veličiny, rychlost proudění vzduchu a signál z modelové rostliny, který bude snímán jako integrální hodnota fyziologické „pohody“. Na základě

programu a počítačového zhodnocení bude poměr jednotlivých znaků prostředí skleníku udržován či korigován.

Pro představu o různé kvalitě podkladů pro řízení technologie uvádíme dva příklady:

a) Ošetření porostů ozimů po přezimování

Tradiční podklad: 1. subjektivní odhad porostu.

Podklad pro ASŘ: 1. kvantifikace hustoty porostu,
2. zdravotní stav porostu,
3. stav půdní struktury,
4. rozbor živin v půdě,
5. analýza růstu a vývoje kontrolních dílců,
6. chemický rozbor porostu.

b) Signalizace výskytu fytoftóry u rajčat a režim postřiků

Tradiční podklad: 1. subjektivní odhad počátku tvorby skvrn na rostlinách či plodech.

Podklad pro ASŘ: 1. indikace elektrických vlastností modelových rajčat,
2. průběžné počítačové vyhodnocování relativní vlhkosti vzduchu a jeho teploty jako podklad pro stanovení možného výskytu fytoftóry,
3. změna spektrální charakteristiky povrchu rostlin.

První příklad rozhodování o stavu porostu evidentně objektivizuje a staví přiřhnojo-vání a další ošetření porostu na vědeckou základnu.

V druhém případě je možné zasáhnout proti chorobě až o tři týdny dříve, než je možné ji subjektivně zjistit, a tím proti ní účinně bojovat. Elektrické vlastnosti modelových rajčat signalizují totiž iniciaci nákazy o 14 až 21 dní dříve než lze určit podle vzhledu rostlin a plodů. Počítačové hodnocení vlhkostních a tepelných poměrů ve skleníku za vegetační období dává dosti přesný předpoklad pro určení okamžiku možného výskytu choroby. Objektivně zjišťovaná změna spektrální charakteristiky porostu umožňuje signalizovat začátek choroby o pět až deset dní dříve než subjektivní prohlídka.

V současné době se v oboru biologických podkladů pro ASŘ rozvíjí ve světovém měřítku hlavně metodika snímání (indikace) a technického zpracování signálu. Daleko méně se věnuje pozornost studiu a stanovení těch biologických znaků, které by mohly být programovány jako stav fyziologické „pohody“ či optima určité plodiny, tedy hodnot dávajících předpoklad takovým technologickým opatřením, která povedou k maximální produkci.

Aby mohly být využity určité znaky zemědělského předmětu pro ASŘ, je nutné vytvořit širokou experimentální základnu, která by systematicky hodnotila u jednotlivých plodin i u jednotlivých technologií vhodnost indikace a složité vztahy mezi větším počtem znaků tak, aby výsledkem programu i počítačového zpracování byla maximální produkce, dosažená neekonomičtější variantou rozhodování. Je pochopitelně velké množství volitelných znaků pracovního zemědělského předmětu, které by mohly být vzaty v úvahu pro konkrétní potřeby ASŘ. V jednotlivých technologiích se však zřídka vyskytují znaky, které určují jednoznačný podklad pro ASŘ. Daleko častější bude indikace a vyhodnocení více znaků. Proto se domníváme, že je třeba hledat integrální ukazatele, které by celkově informovaly o stavu zemědělského předmětu.

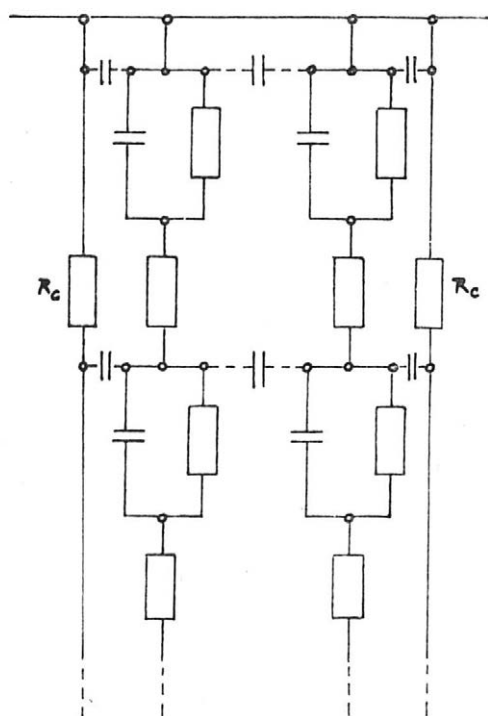
Ve svém příspěvku se zabýváme indikací některých elektrických vlastností rostlin, které by mohly sloužit jako integrální způsob zjišťování fyziologického stavu rostlin.

Celulózový skelet blány rostlinné buňky se z fyzikálního hlediska chová jako dielektrikum a polopropustnost pro ionty zde představuje vodivou cestu (odpor), připojenou paralelně k dielektriku. Vnitřek buňky, tvořený převážně cytoplazmou, představuje rovněž vodivé prostředí (odpor) připojené sériově k oběma předchozím prvkům. I když se rostlinné buňky od živočišných liší, předpokládají např. Vrána a Netušil (1975) stejný model i u buněk živočišných. Nepatrně odlišný model rostlinné buňky, jen s poněkud jiným uspořádáním prvků, uvádějí např. Meleščenko (1965), Arčevkov a Bošernican (1979).

Z hlediska vedení elektrického proudu představuje libovolná část rostlinného těla určitý počet sérioparalelních kombinací článků RC (obr. 1).

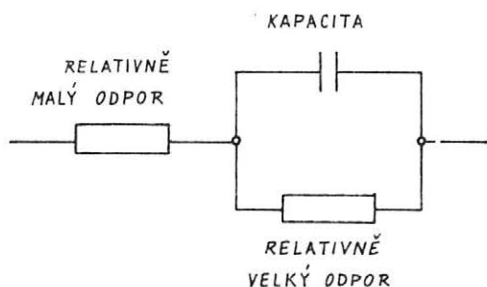
Elektrický model rostliny si můžeme v prvním přiblížení představit podle obr. 2. Kromě prostého sérioparalelního spojení základních článků existují ještě další kapacitní a odporové kapacitní vazby příčné, naznačené čárkovaně. Cévy a cévní svazky, které nemají sériovou kapacitní složku, představují odpory R_c .

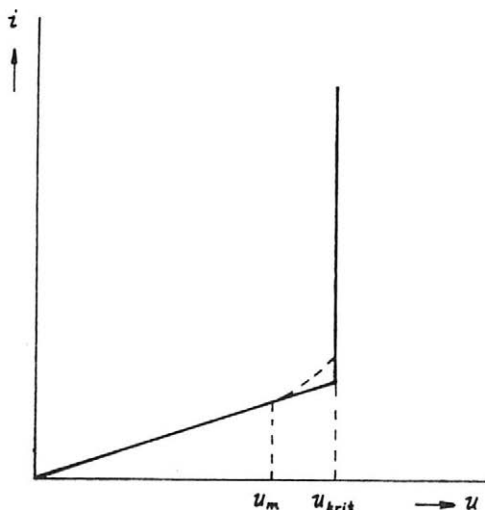
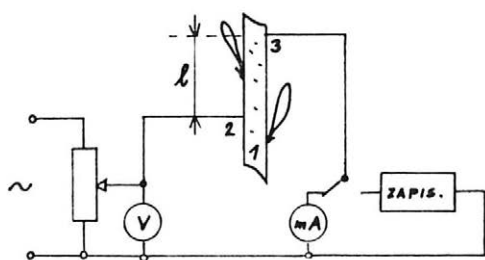
Všimněme si, jak dalece tomuto modelu odpovídá skutečné chování rostlin jako vodičů elektrického proudu. Zapojme do elektrického obvodu např. čerstvý řízek stonku nějaké rostliny, jak ukazuje obr. 3. Zvyšujeme-li střídavé napětí za současného měření proudu, dostaneme voltampérovou charakteristiku (obr. 4). Pro napětí od nuly až do určité mezní hodnoty U_m se proud řídí Ohmovým zákonem. Za mezní hodnotu napětí začne proud mírně nelineárně vzrůstat (na obr. 4 znázorněno přerušovanou čarou). Dosáhne-li proud kritického napětí U_{krit} , přestává být funkcí napětí a vzrůstá v závislosti na čase a jiných činitelích až do určité vrcholové hodnoty i_v . Až do napětí U_m je voltampérová charakteristika vratná, nad U_m vykazuje hysterezi. Popsanou závislost proudu na dvou nezávisle proměnných — napětí a čase — ukazuje obr. 5. V daném případě je



1. Elektrický model buňky — An electric model of cell

2. Elektrický model rostlinného pletiva — An electric model of plant tissue





3. Zapojení pro měření voltampérové charakteristiky rostlinného pletiva — Connection for the measurement of the volt-ampere characteristics of plant tissue

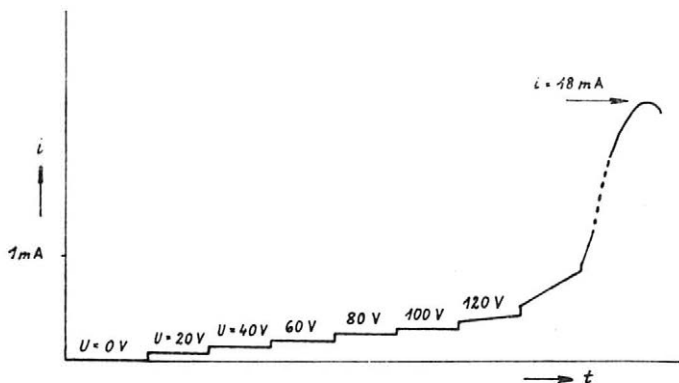
4. Voltampérová charakteristika rostlinného pletiva — The volt-ampere characteristics of plant tissue

reprodukována křivka registrovaná zapisovačem. Velikost U_m a U_{krit} závisí jak na druhu, tak i na vývojovém a růstovém stadiu rostlin. Další závislosti, které bude v praktickém použití snímání znaků pro ASŘ třeba respektovat, jsou vzdálenosti elektrod a volba místa jejich vpichu. Mezní napětí je u rostlin malých a středních výšek v oblasti stovek voltů, u rostlin vysokých a u stromů v oblasti jednotek až desítek kilovoltů. Proto nelze v terénu pozorovat poškození rostlin elektrickým proudem, a to ani při přímém dotyku, např. při dotyku vrcholu stromu s vedením vysokého napětí.

Při kritickém napětí U_{krit} nastává lavinový elektrický průraz buněčných stěn, který vede na postižené rostlině k viditelným změnám (změna barvy, ztráta turgoru, únik vody v blízkosti elektrod a před dosažením proudu i_v i oteplení, které současně přispívá k rozkladu a zániku buněk a pletiv).

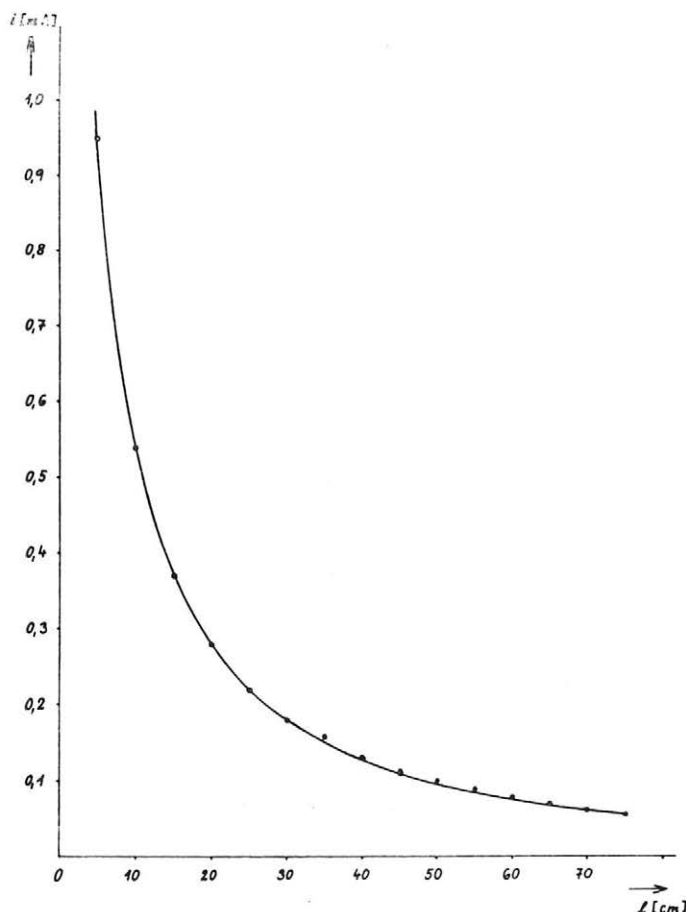
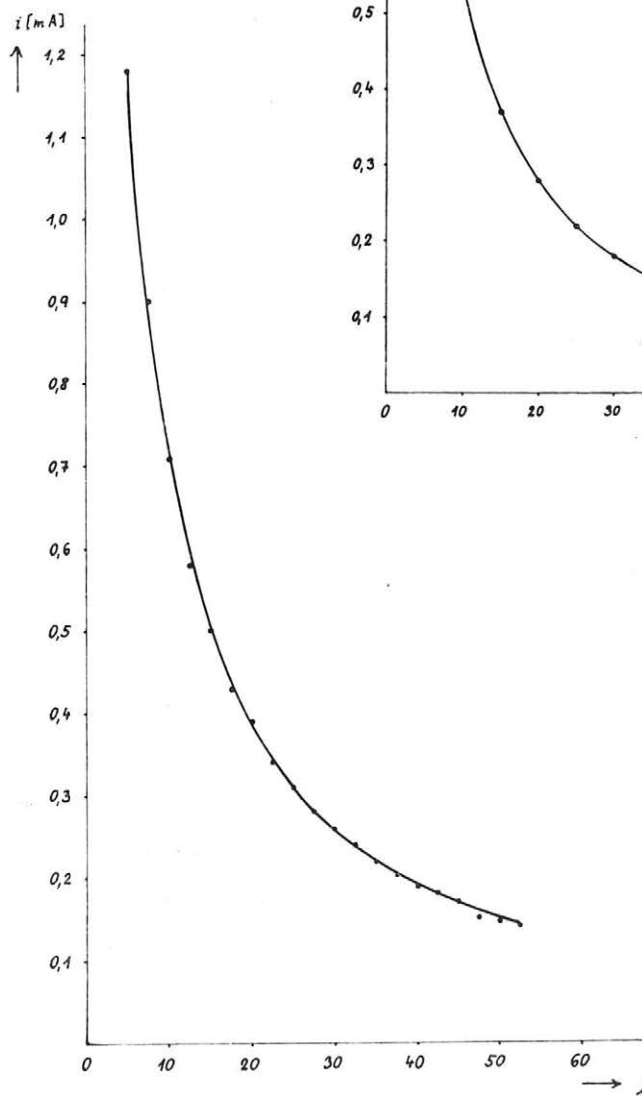
Proud v lineární části V—A charakteristiky je závislý na druhu rostlin a na kmitočtu. Při kmitočtu 20 až 50 Hz a sinusovém časovém průběhu dosahuje maximálně desetiny mA pro vzdálenost elektrod 5 až 10 cm. Při aplikaci stejnosměrného napětí je proud ještě nižší. Charakter křivek (obr. 4 a 5) je i při stejnosměrném napětí shodný. Uplatňují se ovšem typické polarizační a rozkladové efekty, tj. vývoj vodíku na katodě a rychlé vysoušení v okolí anody.

Lavinovitě probíhající elektrické průrazy buněčných stěn, ke kterým dochází po dosažení U_{krit} , jsou provázeny vznikem pulsů, které jsou nejprve ojedinělé, ale stoupajícím proudem jejich počet roste a dostává charakter šumu. Tento šum je možné v někte-

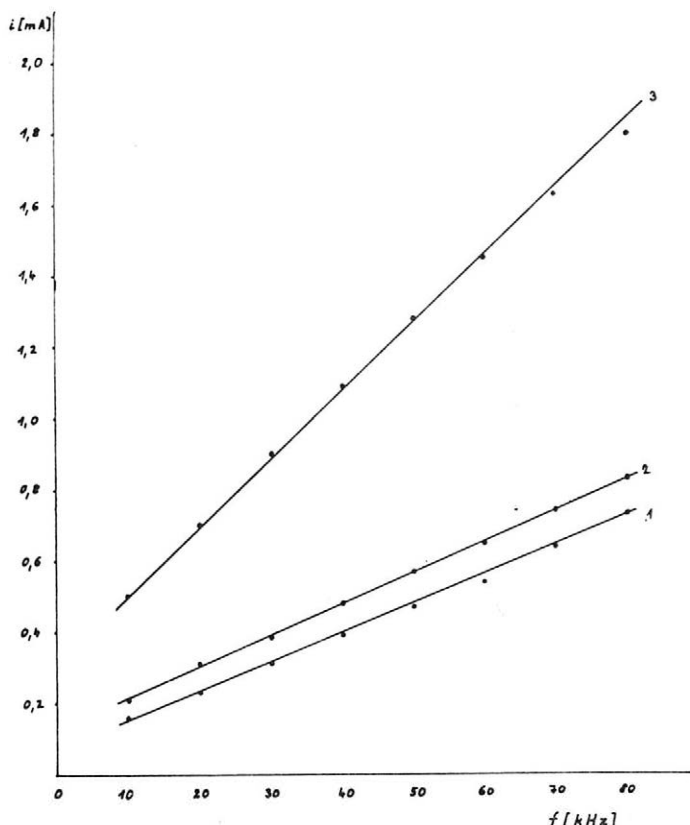


5. Vedení elektrického proudu rostlinným pletivem: závislost proudu na napětí a čase; vzdálenost elektrod $l = 120$ mm — list smetanky lékařské — The conduction of electric current in plant tissue: dependence of current on voltage and time, electrode distance $l = 120$ mm — leaf of common dandelion

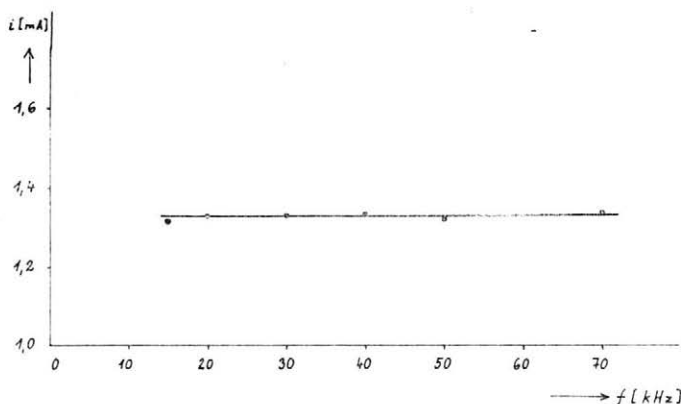
6. Vedení elektrického proudu rostlinným pletivem: závislost střídavého proudu na vzdálenosti elektrod při konstantním napětí $U = 100$ V a frekvenci $f = 50$ Hz — letorost akátu — The conduction of electric current in plant tissue: dependence of alternating current on electrode distance at constant voltage $U = 100$ V and frequency $f = 50$ Hz — an annual shoot of black locust



7. Vedení elektrického proudu rostlinným pletivem: závislost střídavého proudu na vzdálenosti elektrod při konstantním napětí $U = 100$ V a frekvenci $f = 50$ Hz — letorost javoru — The conduction of electric current in plant tissue: dependence of alternating current on electrode distance at constant voltage $U = 100$ V and frequency $f = 50$ Hz — an annual shoot of maple



8. Vedení elektrického proudu rostlinným pletivem: závislost proudu na frekvenci při konstantním napětí $U = 10$ V a vzdálenosti elektrod $l = 70$ mm — 1 — bramborová hlíza, 2 — list jírovce, 3 — list tavolníku — The conduction of electric current in plant tissue: dependence of current on frequency at constant voltage $U = 10$ V and electrode distance $l = 70$ mm — 1 — potato tuber, 2 — a leaf of horse chestnut, 3 — a leaf of Spiraea



9. Vedení elektrického proudu rostlinným pletivem: závislost proudu na frekvenci při konstantním napětí $U = 10$ V a vzdálenosti elektrod $l = 100$ mm — vegetační vrchol černého bezu usmrcený varem — The conduction of electric current in plant tissue: dependence of current on frequency at constant voltage $U = 10$ V and electrode distance $l = 100$ mm — growing point of elder killed by boiling

rých případech indikovat osciloskopicky nebo akusticky. Je to jev do značné míry ekvivalentní Barkhausenovu šumu vznikajícímu při magnetování feromagnetik.

O odporově kapacitním charakteru vodivosti rostlinných pletiv poněkud svědčí i závislost střídavého proudu na vzájemné vzdálenosti elektrod. Ukázky jsou na obr. 6 a 7.

Kmitočtová závislost proudu při konstantním sinusovém napětí a konstantní vzdálenosti elektrod v rozsahu kmitočtu 20 až 80 kHz je uvedena na obr. 8. Vyplývá z ní, že platí vztah

$$i = U\omega C$$

kde: U — napětí

C — kapacita

$\omega = 2\pi f$ — úhlová frekvence

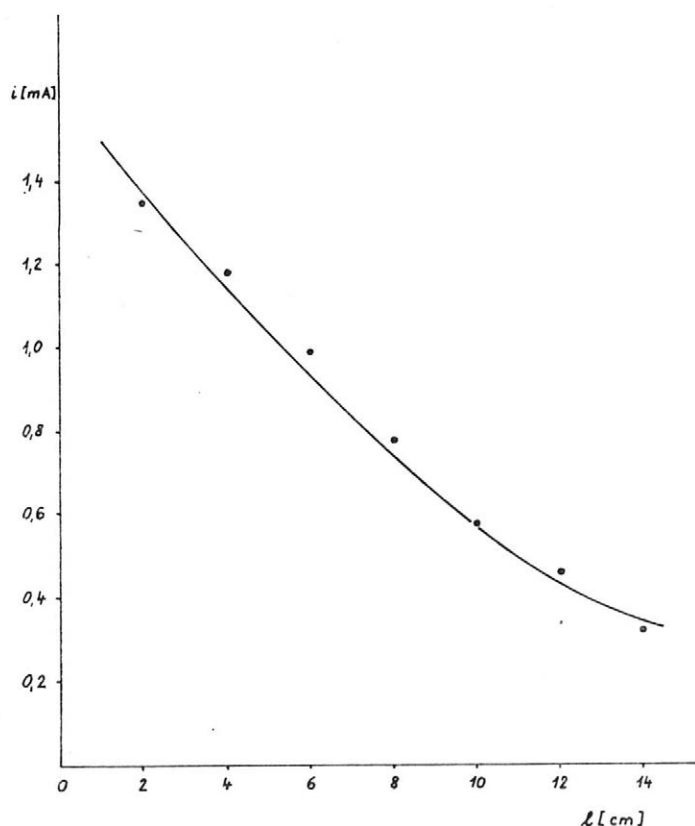
f — kmitočet

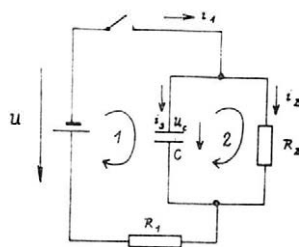
To znamená, že závislost proudu na kmitočtu je lineární při konstantní vzdálenosti elektrod, čili konstantní kapacitě. Z této křivky snadno odvodíme impedanci rostlinného pletiva jako poměr napětí a proudu.

Závislosti demonstrované na obr. 6 a 7 se změni, dojde-li k zániku buněčné struktury, tj. k zániku kapacitní složky impedance. Znázorňují to obrázky 9 a 10.

Charakteristické chování lze očekávat i při skokovém připojení rostliny nebo její části na stejnosměrné napětí. Toto připojení je možné řešit jako přechodový jev, přičemž složitou strukturu podle obr. 2 nahradíme podle Théveninovy věty (popř. Nortonovy věty) jednoduchým RC článkem. Předpokládáme, že stejnosměrné napětí připojíme spínačem V na nějakou část rostliny v okamžiku $t = 0$. Dále předpokládáme, že v čase

10. Vedení elektrického proudu rostlinným pletivem: závislost proudu na vzdálenosti elektrod při konstantním napětí $U = 10$ V a frekvenci $f = 50$ Hz — vegetační vrchol černého bezu usmrcený varem — The conduction of electric current in plant tissue: dependence of current on electrode distance at constant voltage $U = 10$ V and frequency $f = 50$ Hz — growing point of elder killed by boiling





11. Článek RC jako elektrický model rostlinného pletiva, zapojený v obvodu pro skokové připojení na stejnoměrné napětí — The RC cell as an electric model of plant tissue connected in circuit for D. C. surge voltage

$t = 0$ byl buněčný kondenzátor bez náboje, čili $u_c(0) = 0$. Zajímá nás napětí na C v závislosti na čase t a časový průběh proudu i_1 . Podle obr. 11 platí:

$$\text{pro uzel A } i_2 + i_3 - i_1 = 0 \quad \text{čili} \quad i_1 + C \frac{du_c}{dt} - i_2 = 0 \quad (1)$$

$$\text{pro smyčku 1 } R_1 i_1 + u_c - U = 0 \quad (2)$$

$$\text{pro smyčku 2 } R_2 i_2 - u_c = 0 \quad (3)$$

Nejprve hledáme napětí u_c , a proto vyloučíme proměnné i_1 , i_2 tak, že rovnici (2) dělíme R_1 , rovnici (3) dělíme R_2 a potom odečteme rovnici (3) od rovnice (2) a dosadíme z rovnice (1):

$$C \frac{du_c}{dt} + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) u_c = \frac{U}{R_1} \quad (4)$$

Po vydělení C dostaneme:

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{R_1 + R_2}{CR_1 R_2} u_c = \frac{U}{CR_1} \quad (5)$$

Tato rovnice má řešení

$$u_c = K e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (6)$$

kde

$$\tau = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C \quad (7)$$

Pro $t = 0$ je $u_c(0) = 0$, a proto

$$u_c(0) = K e^{-\frac{0}{\tau}} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = 0 \Rightarrow K = - \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (8)$$

Napětí na kondenzátoru je tedy

$$u_c = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (9)$$

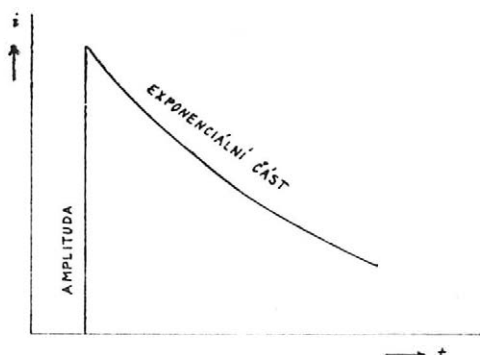
Velikost jednotlivých proudů v obvodu je:

$$i_2 = \frac{u_c}{R_2} = \frac{U}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (10)$$

$$i_3 = C \frac{du_c}{dt} = \frac{U}{R_1} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (11)$$

$$i_1 = i_2 + i_3 = U \left[\frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{R_2}{R_1(R_1 + R_2)} e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \quad (12)$$

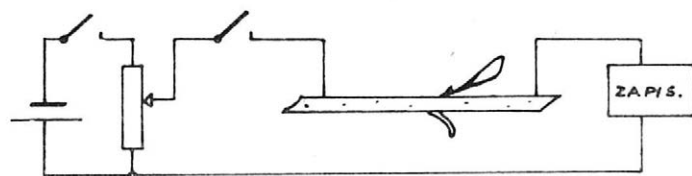
Vidíme, že odezvou na přiložené skokové napětí U na článek RC , a tím i na rostlinu, je skokový vzrůst proudu, po němž následuje exponenciální pokles (obr. 12).



12. Odezva článku RC nebo rostlinného pletiva na přiložené skokové napětí — The response of the RC cell or plant tissue to the application of surge voltage

Elektrický obvod, ve kterém se na rostlinný orgán pomocí tlačítka připojuje volitelné skokové napětí a měří se proudová odezva, je znázorněn na obr. 13. Tento jednoduchý obvod má mnoho praktických použití. Je jím možno např. identifikovat nekrotické části rostlin, sledovat kontinuálně účinek některých plyných i kapalných látek a hnojiv i vliv některých fyzikálních faktorů vnějšího prostředí.

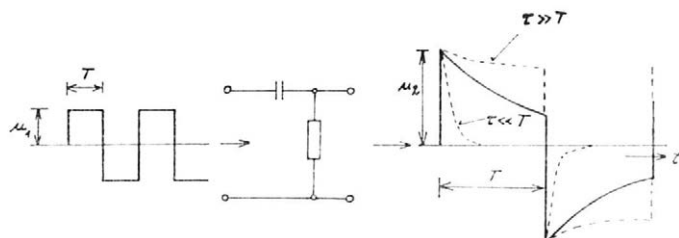
13. Schéma elektrického obvodu pro měření proudové odezvy na připojení volitelného skokového napětí na rostlinné pletivo — A schematic drawing of the electric circuit for the measurement of the current response after connection of adjustable surface voltage gradient to plant tissue



Francouzský patent č. 7430721 z roku 1974 užívá popsaného principu k zjišťování životaschopnosti semen zemědělských plodin. Semena máčená dvě hodiny ve vodě vykazují po přiložení skokového napětí různé amplitudy a různé strmé exponenciální části získaných signálů. Znakem nekvalitních a neživotaschopných semen je velká amplituda a málo strmá exponenciální část.

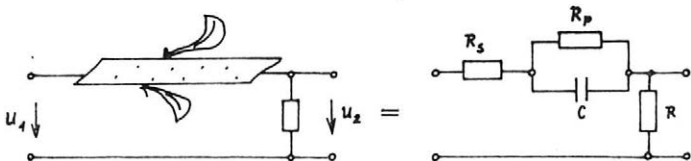
Popsaný princip jednorázového přikládání stejnosměrného napětí ke zkoumanému objektu je možné ještě dále zdokonalit, a to použitím samočinně periodicky se opakujícího skokového napětí, tedy střídavého napětí s obdélníkovým průběhem. Když takové napětí připojíme na čtyřpól tvořený podélnou kapacitou a příčným odporem (obr. 14), dostane-

14. Přenos periodického obdélníkového signálu derivačním obvodem RC — The transmission of periodic square signal by the RC differentiating circuit



me signál, který je přibližnou první derivací signálu vstupního, neboť je-li $\frac{1}{\omega C} \gg R$, pak proud je určen jen velikostí kondenzátoru a platí přibližně, že $u_1 = u_c$ a $u_2 = RC \frac{du_1}{dt}$.

Výstupní napětí je tedy úměrné první derivaci napětí vstupního. O derivační schopnosti tohoto obvodu rozhoduje časová konstanta τ , daná součinem $\tau = RC$. Je-li τ ve srovnání s půlperiodou T velká, pak na výstupu dostaneme dva krátké impulsy stejného tvaru a opačné polarity. Amplituda výstupního signálu je stejná jako amplituda signálu vstupního.



15. Derivační obvod s částí rostliny jako článkem RC — The differentiating circuit with part of plant as an RC cell

Podélnou kapacitu v derivačním obvodu RC však můžeme nahradit rostlinným orgánem či pletivem (obr. 15). Při konstantním R ovlivňují všechny tři prvky R_s , R_p a C , které představují rostlinu, časovou konstantu, a tím i průběh a strmost exponenciální části výstupního napětí, a to tak, že s poklesem kteréhokoliv z uvedených prvků τ klesá a naopak. Paralelní a sériový odpor současně ovlivňují amplitudu výstupního napětí tak, že při nulových nebo nule blízkých hodnotách R_s , R_p je výstupní napětí co do amplitudy téměř totožné se vstupním napětím a s jejich růstem klesá.

Rostlinné pletivo s porušenou či částečně zaniklou buněčnou strukturou (choroby, poškození) nemá kapacitní složku a obdélníkové napětí v obvodu podle obr. 15 přenáší s téměř stejnou amplitudou a bez derivačního zkreslení.

Jákykoliv vliv na rostlinu, který se biochemicky a fyzikálně manifestuje do rostlinného pletiva, má za následek změnu některého z parametrů R_s , R_p nebo C . Nejčastěji jsou ovlivňovány oba odpory. Kapacitní složku likvidují jen velmi drastické zásahy (např. extrémní teplota, masivní poškození chorobou).

DISKUSE

V současné době vzniká nesporně nový aplikovaný vědní obor, který byl vyvolán nutností přesně kvantifikovat biologické i abiotické děje (fáze, stavy), které by měly tvořit podklad k ASŘ. Složení týmů řešících tuto problematiku si lze představit např. takto: biolog, biochemik, fyzik, elektronik, programátor a zemědělský technolog. Výčet není jistě úplný, protože v určitých případech bude nutné řešit problémy i s meteorology, pedology, matematiky atd. V podstatě jde o to, jak kvalifikovaně odpovědět na dotaz programátora, které hodnoty mají být sledovány, v jaké korelaci a v jakém rozmezí, určit znaky krizových situací a stanovit opatření jako výsledek ASŘ.

Z tohoto hlediska se již dnes úspěšně řeší např. snímání teplot rostlin ve skleníkovém hospodářství jako řídicí veličina úrovně mikroklimatu (Mackroth, 1975). Slibně se rozvíjí získávání podkladů pro ASŘ distančními optickými metodami při použití infračerveného záření, jako je mapování půd a evidence ekologických poměrů (Kristof a Baumgardner, 1975). Ke stanovení vlhkosti v půdě je možné použít infračervenou termografii či termometrii (Blad a Rosenberger, 1978). Touto metodou lze závčas indikovat v porostech nedostatek některých živin (Wildman aj., 1976).

Při hledání jednotlivých znaků zemědělského předmětu a způsobu snímání těchto znaků je třeba dávat přednost znakům integrálním, které v souhrnu signalizují požadované informace, a pokud je to možné, zvýhodňovat metody distanční před kontaktními.

V příspěvku jsme se zaměřili na elektrické vlastnosti rostlin. Tyto vlastnosti tvoří integrální ukazatel o vývojovém a růstovém stavu rostliny a celkový pohled na její fyziologickou „pohodu“.

Vycházíme-li ze zjištění, že jakýkoli zásah do života rostliny má za následek změnu některého z jejích elektrických parametrů (R_s , R_p , C , ev. Z a dalších), lze připustit, že v budoucnosti bude možné najít metody, které budou využívat těchto znaků jako zdroje informací pro ASŘ. Protože při tomto způsobu získávání podkladů pro ASŘ jsou znaky snímány kontaktně, bude třeba vypracovat statisticky věrohodnou metodu využití modelových rostlin, které by byly zdrojem těchto informací.

ZÁVĚR

1. Pro ASŘ v rostlinné výrobě je nezbytné ověřit a spolehlivě stanovit ty znaky zemědělského předmětu, které budou sloužit za podklad k programu.

2. V příspěvku jsme jako model volili studium elektrických vlastností rostlin jako integrální metodu jejich fyziologického stavu tak, aby snímané hodnoty mohly sloužit za podklad k ASŘ.

3. Na základě uvedených měření je možné konstatovat, že jakýkoliv zásah do vývoje a růstu rostliny, event. dosažení nových kvalit (např. dosažení určitého vývojového stadia, změna úrovně výživy, vznik choroby, reakce na vnější prostředí) má za následek změnu některého z elektrických parametrů. Studium těchto změn by v budoucnosti mohlo tvořit podklad pro praktické účely ASŘ.

4. K snímání integrálních elektrických vlastností bude zřejmě nutné použít testovacích rostlin, které budou totožné s pěstovanou kulturou (odrůda či semenářská šarže i termín výsevu) a budou umístěny ve stejném prostředí, např. ve skleníku. Domníváme se, že tato metoda by mohla být vhodná především pro využití ve skleníkovém hospodářství.

Literatura

- ARČAKOV, A. V. — BOŠERNICAN, V. A.: Izmerenije polnovo soprotivlenija rasti-telnoj tkani. Mech. Elektr. sel. Choz., 1979, č. 3, s. 45-46.
BLAD, B. L. — ROSENBERGER, N. J.: An "eye in the sky". Span, 21, 1978, č. 1, s. 4-6.
KRISTOF, S. J. — BAUMGARDNER, M. P.: Changes of multispectral soils patterns with increasing crop canopy. Agr. J., 67, 1975, č. 3, s. 317-321.
MACKROTH, K.: Die Blattertemperatur als Führungsgrosse zur Regelung des Ge-wachshausklimas. Gartenbauwiss., 1975, s. 106-134; s. 259-287.
MELEŠČENKO, C. N.: K voprosu o prirodě izmeněnija električeskich svojstv rasti-telnoj tkani pri izmeněniji vněšnich uslovij. Biofiz., 1975, č. 2, s. 22-25.
VRÁNA, M. — NETUŠIL, M.: Lékařská elektronika. Praha, Avicenum 1975.
WILDMAN, W. E. — NEJA, R. A. — CLARK, J. K.: Low-cost aerial photography for agricultural management. Calif. Agric., 30, 1976, č. 4, s. 4-7.

Došlo dne 30. 6. 1982

СТАНЕК, З. — РУМЛ, М. — РУМЛОВА, Л. (Чешский политехнический институт, электро-технический факультет, Прага; Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Электрические свойства растений в качестве определяемых эле-ментов сельскохозяйственного предмета для нужд автоматизированной системы управления. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 733-744.

В данной статье подчеркивается необходимость определения тех признаков сельскохозяйствен-ного предмета, которые могли бы служить в качестве отправного материала для конкретных нужд автоматизированной системы управления (АСУ). Прежде всего статья занимается определением некоторых электрических свойств растений. Авторы изучали поведение расти-

тельной ткани как проводника электрического тока, определяли его вольтамперную характеристику и зависимость тока от частоты и расстояния электродов. Также они определяли поведение растительной ткани как RC-звена при подключении на разрядные напряжения. Авторы пришли к заключению, что электрические свойства растений являются интегральным показателем состояния роста и роста растения и его физиологического «благополучия». Любое вмешательство в жизнь растения вызывает изменение некоторого из изучаемых электрических параметров. Изучение этих изменений в будущем могло бы создать предпосылки для практических нужд АСУ.

признаки сельскохозяйственного предмета; растительная ткань; проводник электрического тока

STANĚK, Z. — RUML, M. — RUMLOVÁ, L. (Bohemian Technical College, Electrotechnical Faculty, Praha; Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepý): *The Electric Properties of Plants as Elements of an Agricultural Object Indicated for the Purposes of an Management Information System*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 733-744.

Emphasis is laid on the need for determining the traits of the agricultural object that could serve as a basis for studying the actual requirements of the management information systems (MIS). Attention is mainly drawn to the indication of some electric properties of plants. The plant tissue was studied in its behaviour as conductor of electric current. The volt-ampere characteristics of this tissue and the dependence of current on frequency and on the distance of electrodes were determined. The behaviour of plant tissue was also studied as an RC cell in the case of connection to surge voltage. It was concluded that the electric properties of plants constitute an integral parameter of the development and growth state of the given plant and its physiological "welfare". Any intervention in the life of plants results in a change in some of the studied electric parameters. The study of these changes should provide findings for practical use in management information systems in future.

traits of the agricultural object; plant tissue; conductor of electric current

STANĚK, Z. — RUML, M. — RUMLOVÁ, L. (Technische Hochschule, Sektion für Elektrotechnik, Praha; Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha - Řepý): *Elektrische Eigenschaften der Pflanzen als Anzeigerelemente des landwirtschaftlichen Objektes für den Bedarf des automatisierten Systems der Leitung*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 733-744.

Die Arbeit betont die Notwendigkeit, diejenigen Merkmale des landwirtschaftlichen Objektes festzulegen, die als Unterlage für konkreten Bedarf des automatisierten Systems der Leitung (ASL) dienen könnten. Die Arbeit befaßt sich vor allem mit dem Indizieren von manchen elektrischen Eigenschaften der Pflanzen. Die Autoren untersuchten das Verhalten des Pflanzengewebes als Leiter des elektrischen Stroms, sie legten seine Voltamper-Charakteristik und die Abhängigkeit des Stromes von der Frequenz und Entfernung der Elektroden fest. Sie stellten ebenfalls das Verhalten des Gewebes als RC-Gliedes beim Anschluß an die Sprungspannung fest. Die Autoren ziehen die Schlußfolgerung, daß die elektrischen Eigenschaften der Pflanzen den Integralanzeiger des Entwicklungs- und Wachstumsstandes der Pflanze und ihres „Wohlbefindens“ sind. Jeder beliebige Eingriff in das Pflanzenleben hat die Veränderung eines diesen untersuchten elektrischen Parameter zu Folge. Das Studium solcher Veränderungen könnte in kommenden Jahren eine Unterlage für den praktischen Bedarf des ASL darstellen.

Merkmale des landwirtschaftlichen Objektes; Pflanzengewebe; Leiter des elektrischen Strom

Adresa autorů:

Ing. Zdeněk Staněk, CSc., České vysoké učení technické, fakulta elektrotechnická, Suchbátarova 2, 160 00 Praha 6

Ing. Milan Ruml, CSc., ing. Luba Rumlová, Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepý

VÝPOČET ZDŮVODNĚNÉ POTŘEBY STROJOVÉ TECHNIKY V ZEMĚDĚLSKÉM PODNIKU

M. Špelina

ŠPELINA, M. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Výpočet zdůvodněné potřeby strojové techniky v zemědělském podniku*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12): 745–756.

Nezbytnost objektivně znát potřebu strojové techniky v zemědělském podniku plyne jednak z růstu počtu strojů, jednak ze stálého vzestupu jejich cen. Kritérii, podle nichž se potřeba strojů hledá, je mnoho. Některá se mohou doplňovat, proto se postupuje podle kritéria maximálního přínosu, minimální potřeby stálých pracovníků a minimální potřeby investic. Důležitým kritériem se stává minimální potřeba energie. Základem výpočtu je určení optimálních agrotechnických lhůt, nejlépe podle známého průběhu biologických ztrát. Z možných způsobů provedení pracovních operací je nutné vybrat takovou kombinaci, která vyhovuje zadanému kritériu. Konečně je vhodné zkoumat výhodnost organizace práce v jedné prodloužené směně, nebo ve dvou směnách denně, a tak dospět k optimálnímu řešení. Vysvětlená metoda výpočtu byla ověřena na mnoha konkrétních příkladech. Je přenesena do středního samočinného počítače; v jeho paměti je trvale uložena část vstupů (např. údaje o doporučených strojích). Údaje charakterizující zemědělský podnik se pochopitelně případ od případu mění.

objektivní potřeba strojové techniky; metody výpočtu na samočinném počítači; kritéria optimalizace při výpočtu potřeby strojů

Dnešní zemědělskou výrobu není možné si představit bez použití strojové techniky. Ta nahrazuje ubývající pracovní síly a svou cenou (při pořizování) nebo náklady na provoz (při posuzování hospodářského výsledku) ovlivňuje ekonomiku zemědělského podniku. Např. v ČSSR v roce 1980 z každých 1000 Kčs zemědělské hrubé produkce zhruba 150 Kčs odčerpaly náklady na odpisy, na údržbu a opravy strojů a na pohonné hmoty.

Počet strojů používaných v zemědělství je značný (např. jen traktorů pracuje asi 135 tisíc kusů), jejich sortiment je rozsáhlý a ceny jednotlivých strojů se pohybují ve státisících, někdy i miliónech Kčs.

Za této situace je nezbytné mít k dispozici metodu umožňující podle objektivních kritérií vymezit, kolik a jakých strojů by měl zemědělský podnik vlastnit.

Požadavek vyvinout takovou metodu není nový; jeho řešením se zabývaly výzkumné ústavy všech zemí, v nichž došlo k prudkému postupu procesu mechanizace. Byla navržena celá řada způsobů výpočtu s různou složitostí, z nichž se některé uplatnily v širší míře v zemědělské praxi. Rovněž v ČSSR byla této problematice věnována pozornost. Tak např. ve Výzkumném ústavu zemědělské techniky v Praze - Řepích byla v letech 1962–1964 propracována základní metoda výpočtu (ve spolupráci s NDR), která byla později přepracována pro použití samočinného počítače (1966–1968), zdokonalována pro zvětšující se zemědělské podniky (1972–1974) a rozšířena o použití většího množství kritérií (1976–1977). V současné době se podle ní dělají v mezích možností plynoucích z omezené kapacity projektové organizace výpočty pro zájemce ze zemědělské praxe.

METODA

Vlastní metoda výpočtu jak v původní podobě (ruční výpočet), tak v úpravě pro využití samočinného počítače rozvrhuje potřeby strojů do tří částí:

- určení optimálních agrotechnických lhůt (dále ATL) k provedení pracovních operací,
- výběr optimální kombinace pracovních postupů, resp. způsobů provedení na sobě nezávislých pracovních operací,
- naznačení optimální organizace nasazení strojové techniky v průběhu roku a stanovení zdůvodněné potřeby mobilních strojů a pracovních sil (tzn. pro rostlinnou výrobu a navazující úseky výroby vnitropodnikové).

Metoda se nezabývá určováním potřeby strojů trvale zabudovaných ve stavbách a budovách (vychází z předpokladu, že tyto stroje tvoří technologické vybavení a jsou řešeny spolu s projektem příslušné stavby nebo budovy).

Základním krokem řešení bylo studium metod používaných v různých zemích (těchto metod bylo identifikováno více než 100) zejména z hlediska použité cílové funkce. Na jeho základě byly stanoveny požadavky, jimž by měla vyhovovat metoda vhodná pro socialistické podniky prvovýroby v čs. zemědělství. Byl navržen vhodný algoritmus, bylo zadáno jeho naprogramování a po odladění na počítači EC-1030 byla uskutečněna série ověřovacích propočtů pro několik zemědělských podniků. Paralelně byla vytvářena báze dat (zvláště ve formě vzorových pracovních postupů a charakteristik mobilních energetických prostředků a pracovních strojů). Potom se (nejprve pro FMZVŽ, později pro žadatele z praxe) dělaly výpočty, jejichž počet do současné doby přesáhl 450. V roce 1981 byl program výpočtu převeden také na počítač EC 10-40. Metoda byla nabídnuta k široké aplikaci jednak Agroplánu Praha, jednak Podniku racionalizace řízení a výpočetní techniky Praha.

VÝSLEDKY

POŽADAVKY NA METODU VÝPOČTU ZDŮVODNĚNÉ POTŘEBY STROJOVÉ TECHNIKY

Po analýze mnoha metod podrobného výpočtu strojové techniky používaných v zahraničí byly zformulovány, především z hlediska možností čs. zemědělství, zásadní požadavky na vhodnou metodu:

- a — potřebná úroveň mechanizace musí být prokázána objektivními ekonomickými ukazateli;
- b — musí být respektován biologický charakter některých zemědělských materiálů vystupujících jako pracovní předmět;
- c — je nutné sledovat dynamiku ve vývoji pracovní síly (úbytek počtů, růst nákladů na pracovníka, změny v kvalifikaci ap.);
- d — musí být respektovány zvláštnosti komplexní mechanizace, zejména možnost volit nejvýhodnější z několika použitelných pracovních postupů a nasadit ucelené strojní linky.

Metoda výpočtu zdůvodněné potřeby strojové techniky musí být použitelná pro velké zemědělské podniky s výměrou až několika (desítek) tisíc hektarů zemědělské půdy.

HLAVNÍ ZÁSADY UPLATNĚNÉ V METODĚ VÝPOČTU

Při určování optimálních ATL (první část řešení) je přesnost výpočtů úzce závislá na úrovni vědomostí o chování biologického pracovního předmětu a na podrobnosti požadavků denní organizace výroby v zemědělském podniku. K vlastní úpravě ATL se přistupuje:

- podle průběhu biologických ztrát,
- nebo podle zjednodušeně vyjádřené závislosti na počasí,
- bez respektování závislosti na počasí.

Úprava klíčových ATL podle průběhu biologických ztrát vychází z poznatku, že při nevčasném (především opožděném) provedení vznikají ztráty na produktu. Podle literatury nemají tyto ztráty ve vztahu k času provedení operace ve dnech lineární průběh. V závislosti na stejném faktoru (tj. času ve dnech, vyjadřujícím nepřímo výkonnost) klesají při nasazení rozhodujících jednoúčelových strojů jejich pevné náklady připadající na jednotku. Optimální ATL odpovídá minimu součtu křivek vyjadřujících jednak růst jednotkových ztrát, jednak snížení jednotkových nákladů (Souhrada, 1973).

Je-li pro produkt známa lhůta úplných ztrát, pak optimální ATL (A_o)

$$A_o = \frac{F_o}{W_d} \quad (\text{dní}) \quad (1)$$

přitom

$$F_o = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{W_d^2 \cdot N_k}{C_v \cdot k_z}} \quad (\text{ha}) \quad (2)$$

$$k_z = \frac{h}{T_u^2} \quad (\text{t. ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}) \quad (3)$$

Konkrétní údaje o nelineárním průběhu biologických ztrát byly zatím v ČSSR získány pouze na několika zemědělských podnicích pro obiloviny. Pro sklizeň dalších plodin se v literatuře uvádí přibližný průběh ztrát, vyjádřený lineárně (pomocí součinitele včasnost k_v); výpočet potom probíhá odlišně:

$$G_j = \frac{W_d \cdot n_j}{N_k} + Z_d \cdot n_j \quad (\text{Kčs. ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}) \quad (4)$$

$$Z_d = h \cdot C_v \cdot k_v \quad (\text{Kčs. ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}) \quad (5)$$

Každému z n_j dní ATL odpovídá určitá výše souhrnu jednotkových pevných nákladů pracovních strojů a jednotkové hodnoty ztrát G_j . Hodnota tohoto souhrnu pro několik počátečních dnů ATL klesá (převažující vliv jednotkových pevných nákladů), po dosažení minima opět stoupá (převažující vliv jednotkové hodnoty ztrát).

Jestliže

$$G_k = \min \{ G_1, G_2, \dots, G_x \} \quad (\text{Kčs. ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}) \quad (6)$$

pak

$$A_o = n_k \quad (\text{dní}) \quad (7)$$

Určení optimální ATL v dalších dvou případech je velmi jednoduché: jde-li o pracovní operaci závislou na počasí, resp. dalších faktorech znemožňujících využít každý kalendářní den pro práci, pak

$$A_o = A_k \cdot k_m \quad (\text{dní}) \quad (8)$$

a konečně jestliže pracovní operace musí být provedena za jakýchkoliv podmínek, potom

$$A_o = A_k \quad (\text{dní}) \quad (9)$$

Ve všech pracovních operacích, v nichž je podchycena sklizeň produktu, se stanovuje celková dosažitelná výše hrubé produkce snižena v odpovídajících případech o biologické ztráty.

Z vlastních poznatků potvrzených literaturou vyplynulo, že při výpočtu zdůvodněné potřeby strojové techniky je ve druhé části výpočtu nutné postupně řešit tyto dílčí problémy:

- a — výběr vhodných souprav pro jednotlivé operace,
- b — sestavení vhodných strojních linek pro celé pracovní postupy nebo jejich úseky,
- c — výběr nejvýhodnějších pracovních postupů, event. jejich kombinací tam, kde lze některý úsek pracovního procesu dělat několika pracovními postupy,
- d — zjednodušení struktury parku MEP.

Úlohy (a), (b) byly odděleny od výpočtu zdůvodněné potřeby strojové techniky jako samostatné a do vstupních údajů jsou přebírány jejich výsledky. Je známo, že v zemědělské výrobě lze některou pracovní operaci (popř. jejich skupinu) dělat několika způsoby. Každý z nich je zajištěn jiným typem soupravy nebo strojní linky. Tyto typy jsou charakterizovány odlišnými exploatačními a ekonomickými parametry.

Mnoho odvětví zemědělské výroby poskytuje hlavní a vedlejší produkt (obiloviny — zrna, sláma, cukrovka — bulvy, chrást). Někdy lze každý produkt zpracovat několika způsoby, které nemusí být na sobě závislé. Přitom však může existovat způsob, kterým lze současně zpracovat jak hlavní, tak vedlejší produkt (u obilovin to byla třířádková sklizeň, u cukrovky přímá kombajnová sklizeň).

Tyto okolnosti jsou základem pro vytváření skupin výběru; výběrem se tedy rozumí každý z několika způsobů provedení určité skupiny pracovních operací (výjimečně jednotlivé operace).

Volba optimálního výběru z několika výběrů možných se řídí podle účelové funkce. Je-li ve výpočtu větší množství skupin výběrů, např. jedna skupina u sklizně obilovin, druhá u sklizně píce, je zapotřebí prozkoumat, zda řešení zvolené v jedné skupině výběrů vyhovuje i druhé skupině. Nadřazenou se stane ta skupina výběrů, ve které je možné dosáhnout nejvyšší hrubé produkce, nebo kde je největší rozsah práce a přitom používá stejných klíčových strojů jako další (podřízená) skupina výběrů.

Pro podřízenou skupinu výběrů se navrhne přednostně to řešení, které bylo vybráno v nadřazené skupině. Pokud takové řešení úplně nevyčerpá zadaný rozsah práce, hledá se pro zbývající část nejvýhodnější řešení ze všech způsobů provedení, které jsou v podřízené skupině výběrů možné.

Pro každý výběr se při výpočtu stanovuje výkonnost odpovídající soupravy nebo strojní linky (za hodinu, den, v rámci ATL), dále jejich potřebný počet (včetně počtu obsluhujících pracovníků) a odvodí se provozní a investiční náklady. Již dříve — v první části výpočtu — byla u sklizňových operací vyčíslena hrubá produkce. S využitím těchto charakteristik se hledá optimální výběr (nebo jejich kombinace) V_k :

— podle kritéria maximálního hospodářského přínosu

$$Z_i = H_i - N_i \rightarrow \max \quad (\text{Kčs}) \quad (10)$$

(jestliže $H_i = 0$, pak $\text{opt. } Z_i = \min N_i$)

optimální kombinaci V_k odpovídá Z_i ;

— podle kritéria minimální potřeby pracovníků

každému z V_i výběru nebo jejich kombinací odpovídá určitá potřeba pracovníků S_i ($i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$);

jestliže

$$S_k = \min \{S_1, S_2, \dots, S_n\} \quad (\text{osob}) \quad (11)$$

pak optimální kombinací je V_k ,

— podle kritéria minimálních měrných investičních nákladů každému z V_i výběru odpovídají určité měrné investiční náklady C_i (přitom $i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$);

jestliže:

$$C_k = \min \{C_1, C_2, \dots, C_n\} \quad (\text{osob}) \quad (12)$$

pak opět optimální kombinací je V_k .

Nezbytné ekonomické a exploatační charakteristiky výběrů (výkonnosti, přímé a investiční náklady ap.) se vypočítávají podle obecně známých vztahů. Po uzavření optimalizačních výpočtů u výběrů jsou sestaveny (přiřazením těch operací a pracovních postupů, které nejsou zahrnuty do skupin výběrů) varianty, rozlišované dále podle kritérií optimalizace. Každá varianta je vlastně modelem charakterizujícím průběh výroby za určitých podmínek.

Stanovení zdůvodněné potřeby strojové techniky a pracovních sil je závěrečnou částí výpočtu; přitom se v podstatě vytvářejí další modely, které zkoumají výhodnost odlišné organizace denního nasazení strojové techniky v zemědělském podniku. Bylo prokázáno, že vícesměnné nasazení během dne snižuje potřebu strojů, ale zvyšuje nároky na pracovní síly. Za určitých relací mezi ročními náklady na stroj a na pracovníka je výhodnější než nasazení v jediné, třeba prodloužené směně. Různý počet směn při denním nasazení strojové techniky v období pracovního vypětí tak může značně ovlivnit jeho délku a náročnost na počet strojů a pracovníků. Přitom je možné podle agrotechnických zásad přesunovat začátek ATL některých operací (jestliže by se promítl do období pracovního vypětí) a hledat takové uspořádání, které špičku co nejvíce omezuje. Jinou možností, jak omezit potřebu strojů a pracovníků v období pracovního vypětí, je přesun některých operací na výkonnější, v daném období nenasazované stroje (musí být předvídan ve vstupních údajích).

V podstatě tak mohou pro každou variantu vzniknout dvě alternativy: s jednosměnným a vícesměnným denním nasazením.

Výsledný počet strojů pro splnění zadaného rozsahu práce musí být udán celým číslem a musí zajistit provedení zadaného rozsahu práce beze zbytku. V závislosti na ocenění živé a zhmotnělé práce vycházejí pro jednotlivé alternativy různé vlastní náklady výroby, a tím i jejich různá efektivnost. Méně výhodné alternativy jsou pak z dalšího výpočtu vyloučeny.

POSTUP VÝPOČTU

Ve vstupních údajích musí být nejprve popsán zadaný úkol, a to podrobným rozpisem předpokládaného průběhu výroby na jednotlivé pracovní operace, popř. jejich skupiny. Osvědčilo se dodržovat sled:

- zpracování půdy;
- hnojení (průmyslovými i statkovými hnojivy všeho druhu);
- setí, ošetřování během vegetace, sklizeň a posklizňové ošetření, popř. prvotní zpracování jednotlivých plodin (pícniny, obiloviny, okopaniny, atd.);
- ochrana plodin a kultur;
- operace určené pro živočišnou výrobu (dovoz zeleného krmení, dovoz krmiv a steliv, denní vyvážení hnoje ap.);
- traktorové práce pro ostatní výrobní úseky (přidruženou a pomocnou výrobu).

Charakteristikami předpokládané výroby jsou rozsah práce (v hektarech, tunách nebo jiných jednotkách), hektarové výnosy (u sklizňových operací) a stálá cena za jednotku výrobku.

Popis časového období, v němž mají být pracovní operace uskutečněny, obsahuje datum pravděpodobného začátku, obvyklé trvání (v počtu kalendářních dní), informaci,

zda operaci může zpomalit nepříznivé počasí nebo jiné okolnosti, a informaci o lhůtě úplných ztrát, event. hodnotě součinitele včasnosti. Poslední dva údaje se používají zatím zřídka. Lhůtou úplných ztrát se rozumí časový úsek od okamžiku možného zahájení sklizně, v němž by došlo k zániku užité hodnoty sklizeného produktu. Součinitel včasnosti vyjadřuje úbytek produktu za vymezenou časovou jednotku (hodinu, den) od stejného okamžiku. Obě informace vyjadřují zjednodušeně průběh tzv. biologických ztrát.

Další skupina vstupních ukazatelů charakterizuje soupravy nebo strojní linky, kterých má být použito pro mechanizaci pracovních operací. Je to především nezbytný počet obsluhujících pracovníků v kvalifikačním členění do tří kategorií. Dále se uvádí druh a počet mobilních energetických prostředků a pracovních strojů v jedné soupravě nebo strojní lince. Pro identifikaci se používá čtyřmístný kód podle jednotného číselníku strojů. Budou-li použity stroje poháněné elektromotory, uvede se štítkový příkon v kilowatech. Mohou být zavedeny i stacionární linky (pro posklizňové ošetření obilovin, brambor ap.).

K určení nejvýhodnější alternativy nasazení strojů a k výpočtu jejich potřeby jsou nezbytné základní exploatační ukazatele: výkonnost soupravy nebo strojní linky za hodinu operativního času, údaj o využití času směny operativním časem, informace o možnosti dvousměnného denního nasazení a dosažitelné délce prodloužené (jediné) směny.

Všechny uváděné vstupní údaje se zapisují do matice, jež může dosáhnout rozměru až 300 řádků (řádek odpovídá jednotlivé operaci nebo jejich skupině) a 45 sloupců. Tato matice v podstatě podchycuje kalendářní plán prací, prostředky pro jejich provedení a v hrubých rysech charakterizuje základní podmínky hospodaření v zemědělském podniku. Vytváří první část báze dat, s níž se v průběhu výpočtu stále pracuje; tato část je specifická pro každý zemědělský podnik. Jejím základem jsou „Vzorové pracovní postupy“ zpracovávané výzkumnými ústavy ve stanovených časových intervalech.

Druhou část báze dat vytvářejí informace usměrňující nebo omezující výpočet. Před zahájením výpočtu se připravují na zvláštním formuláři a obsahují:

- informativní údaje o zemědělském podniku (název, adresa, výměra zemědělské a orné půdy),
- charakteristiku úseků pracovního procesu, pro které se ve výsledcích vyžadují dílčí výpočty;
- pravděpodobný počet pracovních dnů v jednotlivých měsících;
- informace usměrňující rozsah ročního nasazení traktorů a nákladních automobilů (např. podíl na režijní dopravě, zastupitelnost typů ap.). Celá škála dalších informací o energetických prostředcích se čerpá z třetí části báze dat.

Pro vytváření jednotlivých variant je nutné znát (kódovým a typovým označením) klíčové stroje ve výběrech. Tato informace umožňuje respektovat již uvedenou nadřazenost výběru.

Varianty je možné ekonomicky zhodnotit díky informacím o ročním nákladu na pracovníka, o hodinové odměně přechodného pracovníka, o hrubé produkci a neměnných složkách vlastních nákladů (mění se složky jsou určeny v průběhu výpočtu přímo).

Dosud nevybudovanou samostatnou bázi dat o jednotlivých operacích zastupují základní informace o součiniteli včasnosti a možnosti posunu ATL ve srovnání se zadaným datem pravděpodobného začátku.

Poslední (třetí) část báze dat soustřeďuje informace o jednotlivých strojích. Je uspořádána podle třídníkových čísel odpovídajících typům strojů a obsahuje zejména informace umožňující výpočet:

- jednotkové spotřeby pohonných hmot,
- přímých nákladů na jednotku nasazení (v členění na náklady za odpisy, na péči o provozní spolehlivost, na pohonné hmoty a na ostatní konstantní náklady.)

Mimoto se zde uvádí minimální roční výkonnost, cena stroje a některé doplňující informace normativního rázu.

Třetí část báze dat je trvale nahrána do vnější paměti výpočetního systému. První a druhá část báze dat se připravuje pro každý zemědělský podnik, a tím pro každý výpočet samostatně; nezbytné informace ze třetí části se vyvolávají podle třídníkových čísel strojů zavedených do výpočtu.

Vstupní informace se předávají do výpočetního systému (s výjimkou třetí části báze dat) na děrných štítcích. Jejich příprava musí proběhnout přímo na zemědělském podniku, pro který se má zdůvodněná potřeba strojové techniky vypočítat, ve spolupráci vedoucích techniků podniku a odborníka z výpočetního závodu. Třetí část báze dat je periodicky novelizována VÚZT Praha a zachycuje vždy tu část soustavy strojů, která má být v období příštích pěti až šesti let běžně dodávána.

VÝSLEDKY VÝPOČTU

V průběhu řešení se v první a druhé části získává značný rozsah výsledků, z nichž část má z hlediska účelu výpočtu charakter orientační. Nejpodstatnějšími výsledky jsou:

- průběh potřeby mobilních energetických prostředků (= MEP) a pracovníků, uspořádaný podle pentád a měsíců a podle jednotlivých variant a alternativ. Představuje mj. rámcový celoroční plán nasazení jednotlivých MEP a pracovníků a může najít uplatnění v plánování;
- doporučená struktura parku MEP s podrobnými údaji o předpokládaném využití (nasazení v hodinách za rok, spotřeba PH, náklady na provoz ap.) zahrnující traktory, nákladní automobily a samojezdné stroje;
- potřeba pracovníků podle kvalifikačních hledisek, porovnaná současně s počtem očekávaným ve výhledu (zadáno zemědělským podnikem jako vstupní údaj);
- s určováním potřeby strojů souvisí přímo očekávaná pracnost a energetická náročnost výroby v jednotlivých odvětvích. Získané údaje o nich mohou být použity jednak pro řízení provozu, jednak pro kalkulaci přímých nákladů na odvětví nebo výrobní úsek;
- potřeba všech ostatních strojů stanovená buď rozbořem jejich nasazení během roku, nebo podle normativu zavedeného do báze údajů o jednotlivých strojích. Potřeba strojů se tiskne v uspořádání do skupin podle jejich příbuznosti. Kromě počtů strojů se rovněž uvádí cenová náročnost, jejíž úhrn vyjadřuje celkovou hodnotu nového strojního parku.

Výpočty jsou tištěny počítačem do devíti druhů tabulek a mohou být — pokud vstupní údaje byly perfektní — přímo používány v zemědělském podniku bez dešifrování a úprav.

DISKUSE

Bylo zkoumáno více než 100 různých metod výpočtu potřeby strojové techniky. Přehled o nich uvádějí Špelina (1979) a Vokounová (1977, 1981).

Tyto metody byly podrobně analyzovány a bylo zjištěno, že základní odchylky v nich vyplývají z vytyčené cílové funkce. Nejstarší známé metody si kladly jako cíl úplné splnění všech operací ve vymezených agrotechnických lhůtách (to lze popsat jako staticky

pojatý výklad vazby mezi pracovním předmětem a pracovním prostředkem, nepřihlíží se k disponibilnímu počtu pracovních sil a nelze prokázat, že vypočtená potřeba strojové techniky je objektivně nutná). U všech novějších metod se zmíněný požadavek považuje za výchozí a k němu se přiřazuje jako cílová funkce:

- minimalizace počtu strojů (nebo pořizovacích nákladů na ně);
 - minimalizace nákladů na používání strojové techniky;
- maximalizace hospodářských přínosů (zisku) podniku.

Při analýze metod výpočtů používajících těchto cílových funkcí byly — při konfrontaci s podmínkami běžnými v čs. zemědělství — zjištěny mnohé nedostatky. Tak např. kritérium minima počtů strojů (nebo podobně minima pořizovacích nákladů na stroje) nemůže být objektivní, pokud by nebralo v úvahu dlouhodobě vzestupný trend nákladů na pracovní síly. Rovněž tak nelze přesně vyjádřit měnící se vztah mezi úrovní mechanizace a pracovním předmětem používáním jednoznačně určených (praxí zdůvodněných) agrotechnických lhůt. Konečně by při minimalizaci nákladů na používání strojové techniky nemělo být používáno jednoznačně určených přímých nákladů na jednotku práce stroje — ty se totiž mění podle dosažené roční výkonnosti. Byla-li tato výkonnost při výpočtu nákladů známá (bez ní je nelze určit), je při současně zadaném rozsahu práce vlastně dán nezbytný počet strojů a optimalizační výpočet by byl zbytečný.

Byl vysloven předpoklad, že všechna uvedená kritéria by mohla (po úpravách postupu výpočtu) najít za určitých podmínek samostatné uplatnění, neboť ani jedno z nich nemusí být v konkrétní situaci vyčerpávající. Nelze rovněž vyloučit formulaci kritéria minimální spotřeby energie (zatím nebyla zavedena). Rozhodnutí, které kritérium používat, závisí na typu zemědělského podniku (prvovýroba a terciální sféra mají odlišné výrobní úkoly), na ekonomických nástrojích pro něj platných a zejména na váze a ocenění faktoru, který výrobu nejvíce omezuje.

Zásadní podmínkou, ze které se v čs. zemědělství při hledání zdůvodněné potřeby strojové techniky vychází, je povinnost splnit plán výroby rozepsaný do jednotlivých pracovních procesů a operací.

Ve VÚZT byl vzat za základ výpočtu zdůvodněné potřeby strojové techniky požadavek přispět vhodnou úrovní mechanizace k dosažení co největšího hospodářského přínosu pro zemědělský podnik. Lze jej splnit jednak snahou po dosažení maximální produkce, při níž může strojová technika napomáhat

- prováděním všech operací s přímým dodržením kvalitativních požadavků,
 - splněním klíčových operací v optimální ATL,
- jednak relativním snižováním některých složek vlastních nákladů na výrobu.

V tomto směru lze působit na provozní náklady na mechanizaci a na náklady na pracovní sílu.

Největší roli hraje včasné splnění klíčových operací, mezi které se řadí zejména orba, setí, ochranné zásahy, sklizeň (sběr) produktu. Nezbytným předpokladem je znalost a formalizace těch biologických pochodů, jež přímo ovlivňují výši výnosu nebo kvalitu produktů.

Co nejnižší jednotkové náklady stroje lze při výpočtu respektovat pouze nepřímo, určí-li se pomocí minimální nutné roční výkonnosti hranice výhodnosti vlastnictví u těch strojů, jež je jinak možné najmout nebo využívat v kooperaci.

Minimálních pracovních nákladů bude dosaženo tehdy, bude-li zemědělskou výrobu při určovaném stupni mechanizace zajišťovat optimální kombinace počtu stálých pracovních sil a rozsahu práce přechodných pracovníků (měnících se v závislosti na nákladech za každou z těchto kategorií a na cenách doporučeného počtu mechanizačních prostředků).

Konečně maximálního hospodářského přínosu pro zemědělský podnik bude dosaženo tehdy, bude-li nalezena optimální varianta z možných kombinací mezi úrovní výroby, potřebou pracovních sil a potřebou mechanizačních prostředků, vyjádřená soustavou finančních ukazatelů.

Výpočet podle kritéria maximálního hospodářského přínosu zpravidla určí zemědělskému podniku vysokou potřebu strojů a relativně nízkou potřebu stálých pracovníků. Protože počet strojů na trhu je velice omezen (nízké dodávky) a navíc zemědělský podnik smí nakupovat stroje pouze do výše určitého limitu administrativně stanoveného nadřízeným orgánem, musí prioritu dostat kritérium minima investic. Předpokladem je, že určité operace nebo pracovní postupy mohou být provedeny několika typy strojů lišících se svými cenami. Ve výsledcích bude pochopitelně dána přednost levnějším strojům; protože tyto stroje bývají méně výkonné, vzroste potřeba živé práce. V tomto případě nemohou být zaručeny nejnižší náklady na výrobu.

V čs. zemědělství se však v některých oblastech (zvl. na Oborových podnicích státních statků) setkáváme s jiným extrémem — s velice nízkým počtem pracovních sil. Má-li zde být splněn státní plán zemědělské výroby, je nutné jít cestou co nejvyšší produktivity práce (nebo obráceně minimální potřeby živé práce). Postup je v podstatě obrácený než u kritéria minimální potřeby investic: je nutné používat strojů s co nejvyšší výkonností.

Aby mohla být zvládnuta tři odlišná řešení, musí být plně respektovány určité zvláštnosti komplexní mechanizace. Je např. známo, že některé pracovní procesy mohou být zajišťovány různými pracovními postupy. Každý z nich se hodí do určitých výrobních podmínek a je jinak náročný na potřebu strojů a pracovníků. Tyto postupy ovšem musí být paralelně zaváděny do podkladů a v rámci výpočtu se pak zkoumá, do jaké míry je určité technické řešení výhodné. Využívá se rovněž další zvláštnosti komplexní mechanizace, tj. možnosti uspořádat stroje do strojních linek. Nevylučuje se však ani možnost použít samostatně pracujících souprav. Druhá možnost je u všech zkoumaných metod běžná, nebyla však nalezena metoda, která by ve výpočtu používala ucelených strojních linek.

ZÁVĚRY

Na základě požadavků čs. zemědělských podniků byla po podrobném studiu metod používaných v zahraničí vyvinuta ve VÚZT Praha - Řepy nová metoda výpočtu zdůvodněné potřeby strojové techniky. Tato metoda má ve srovnání s ostatními některé zvláštnosti: připouští např. paralelní řešení podle několika účelových funkcí a přihlíží ke zvláštnostem komplexní mechanizace více, než bylo až dosud obvyklé. Je založena na využití výpočetní techniky.

Popsaná metoda byla (po provedení ověřovacích výpočtů) použita v rámci úkolu zadaného FMZVž, tj. stanovit normativy potřeby strojové techniky pro 7. pětiletku. Výpočty se dělaly pro 187 zemědělských podniků. Již dříve sloužila při plnění obdobného úkolu (stanovení normativů potřeby pro 6. pětiletku) tehdy jednodušší metoda výpočtu pro určení počtu strojů zhruba pro 160 zemědělských podniků. Vlastní výpočty byly uzavřeny v r. 1978; od té doby došlo na vyžádání zemědělských podniků nebo pro účely výzkumu k dalším asi 120 výpočtům.

Ukazují se tyto oblasti použití:

- a) pro přímé použití v zemědělské praxi (ovšem naráží se na potíže při realizaci výsledků s ohledem na nedostatek strojů na trhu),
- b) pro výpočet normativů vyjadřujících potřebu strojů pro větší plánovací jednotky (okres, kraj, republiku),

c) pro teoretické vyšetřování vhodnosti zavedení nového pracovního postupu (v rámci technologického výzkumu),

d) pro modelování organizace denního nasazení strojové techniky v zemědělském podniku s vyšetřením jeho ekonomických výsledků.

Lze předpokládat, že nová metoda výpočtu zdůvodněné potřeby strojů se v oblasti využití v budoucnu rozšíří v souvislosti se zaváděním systémů automatizovaného řízení výroby.

Výsledek výpočtu představuje obraz, jak by měl být za určitý časový úsek (5–6 let) zemědělský podnik vybaven, aby dosáhl co nejlepších ekonomických výsledků.

Seznam použitých označení

A_k	— kalendářní ATL, dní
A_o	— optimální ATL, dní
C_i	— měrné investiční náklady strojů v i -té operaci, 10^3 Kčs
C_v	— stálá jednotková cena produktu, Kčs. $\cdot t^{-1}$
F_o	— optimální sklizená plocha, ha
G_j	— souhrn jednotkových pevných nákladů pracovních strojů a jednotkové hodnoty ztrát, Kčs. $\cdot ha^{-1} \cdot d^{-1}$
h	— hektarový výnos, t. $\cdot ha^{-1}$
$H_{(i)}$	— výhledová hrubá produkce v daném odvětví RV (v i -tém řádku), Kčs
k_m	— součinitel pracovních dní
k_v	— součinitel včasnosti (pro určení výše denních ztrát)
k_z	— jednotkové denní ztráty produktu, t. $\cdot ha^{-1} \cdot d^{-1}$
n_j	— počet dní ($j = 1, 2, \dots, k, \dots, x$)
N_i	— přímé náklady provozu stroje (strojní linky) v i -tém řádku, Kčs. $\cdot stroj^{-1}$
N_k	— roční pevné náklady pracovních strojů, Kčs
T_u	— lhůta úplných ztrát, dní
V_k	— optimální z i -možných (kombinací) výběrů
W_d	— denní výkonnost stroje, ha. $\cdot d^{-1}$
Z_i	— hospodářský přínos (zisk event. ztráta) v i -tém řádku, Kčs
Z_d	— jednotková hodnota ztrát produktu, Kčs. $\cdot ha^{-1} \cdot d^{-1}$

Literatura

SOUHRADA, J.: Výzkum včasnosti provádění sklizňových prací a jejího vlivu na využití strojů. [Výzkumná zpráva.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1973.

ŠPELINA, M.: Metoda výpočtu zdůvodněné potřeby strojové techniky pro zemědělský podnik. [Výzkumná zpráva Z-1577.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1979.

VOKOUNOVÁ, V.: Metody, event. ukazatele při stanovování zdůvodněné potřeby strojů v zemědělském provozu. [Literární anotovaná rešerše.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1977.

VOKOUNOVÁ, V.: Normativní metody, event. normativy potřeby zemědělské strojové techniky. [Literární anotovaná rešerše.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1981.

Došlo dne 30. 6. 1982

ШПЕЛИНА, М. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Расчет обоснованной потребности в машинной технике в сельскохозяйственном предприятии. Земед. Techn., 28, 1982 (12): 745-756.

Объективное знание потребности в машинной технике в сельскохозяйственном предприятии вытекает как из роста числа машин, так и из постоянного роста их цены. Существует не-

сколько критериев, согласно которым ищется потребность в машинах. Некоторые из них могут дополняться, поэтому отдается предпочтение согласно критерию максимального вклада, минимальной потребности в постоянных рабочих и минимальной потребности в капиталовложениях. Важным критерием считается минимальная потребность в энергии. В основу расчета входит определение оптимальных агротехнических сроков, лучше всего согласно известному ходу биологических потерь. Из возможных способов выполнения рабочих операций необходимо выбрать такую комбинацию, которая удовлетворяет заданному критерию. Наконец, полезно проверить выгодность организации труда в одной продленной смене или в двух сменах ежедневно и таким образом прийти к оптимальному решению. Объясненный метод расчета был проверен на нескольких конкретных примерах. Данные метода обрабатывались на средней электронно-вычислительной машине: в ее запоминающем устройстве хранится часть входов (например, данные о рекомендуемых машинах). Данные характеризующие сельхозпредприятие, конечно, меняются случай от случая.

объективная потребность в машинной технике; методы расчета на электронно-вычислительной машине; критерии оптимизации при расчете потребности в машинах

SPELINA, M. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepý): *Calculation of Justified Requirement for Machines in an Agricultural Enterprise*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 745-756.

The need for objective knowledge of the requirement for machines in an agricultural enterprise derives from the growth of the number of machines and from the steady increase in their prices. There are many criteria by which the requirement for machines is determined. Some of them may overlap. The usual procedure therefore is to use the criterion of maximum benefit, minimum requirement for permanent workers, and minimum need for capital investment. The minimum energy requirement becomes an important criterion at present. The calculation is based on the determination of optimum agrotechnical terms, preferably from the known course of biological losses. A combination complying with the given criterion should be chosen from among the possible ways of performing work operations. Finally, it is advisable to study the advantages of the organization of work within a single prolonged shift or in two shifts daily, and to reach the optimum solution in this way. The explained method of calculation was verified and tested on many actual cases. It was computerized: a medium-size computer holds in its memory part of the inputs (e. g. data on recommended machines). The data characterizing the agricultural enterprise naturally vary from case to case.

objective requirement for machines; computer method of calculation; criteria of the optimization of the calculation of the requirement for machines

SPELINA, M. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha - Řepý): *Die Berechnung des begründeten Bedarfes an Maschinentechnik in einem landwirtschaftlichen Betrieb*. Zeměd. Techn., 28, 1982 (12) : 745-756.

Die Notwendigkeit, den Bedarf an Maschinentechnik in einem landwirtschaftlichen Betrieb zu kennen, folgt einerseits aus der steigenden Maschinenanzahl, andererseits aus der ständigen Erhöhung der Maschinenpreise. Es gibt viele Kriterien, nach den der Maschinenbedarf ermittelt wird. Manche von ihnen können sich ergänzen, deshalb geht man nach dem Kriterium des Maximalbeitrages, Minimalbedarfes an ständig Beschäftigten und Minimalinvestitionsbedarfes vor. Ein wichtiges Kriterium wird der minimale Energiebedarf. Die Berechnung geht von der Bestimmung der optimalen agrotechnischen Termine aus, nach dem bekannten Verlauf der biologischen Verluste. Von den eventuellen Durchführungsverfahren — Arbeitsvorgänge ist eine solche Kombination auszuwählen, die dem gegebenen Kriterium entspricht. Schließlich ist von Vorteil, die Vorteilhaftigkeit der Arbeitsorganisation in einer verlängerten Arbeitsschicht oder in zwei Schichten täglich zu untersuchen und auf diese Weise zu der optimalen Lösung kommen. Die angeführte Berechnungsmethode wurde an vielen konkreten Fällen überprüft. Sie wird mit einem Rechner mittlerer Kapazität bearbeitet, im Speicher welchen dauerhaft ein Teil

von Angaben (z. B. die Angaben über die empfohlenen Maschinen) gespeichert wird. Die Angaben über den landwirtschaftlichen Betrieb verändern sich begreiflicherweise vom Fall zu Fall.

objektiver Bedarf an Maschinentechnik; Methoden der Berechnung anhand eines Rechners; Kriterien der Optimierung bei der Berechnung des Maschinenbedarfes

Adresa autora:

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

MEZINÁRODNÍ KONFERENCE O RACIONALIZACI ZEMĚDĚLSKÉ DOPRAVY V NDR

Doprava v zemědělství má — na rozdíl od dopravy veřejné a podnikové v ostatních odvětvích — mnoho zvláštností. Především je nerovnoměrně rozložena během kalendářního roku a maximální požadavky na ni jsou v období sklizně okopanin a objemových materiálů. Dále se uskutečňuje převážně v terénních podmínkách a přepravované materiály mají objemovou hmotnost 20 až 2000 kg m⁻³.

Zemědělská doprava se z hlediska své technické úrovně stává limitujícím činitelem dalšího rozvoje zemědělské výroby.

Význam zemědělské dopravy byl zdůrazněn na 13. plenárním zasedání ÚV KSČ, které ve svých závěrečných usneseních doložilo dodat do zemědělství v sedmé pětiletce 10 000 nákladních automobilů o užitečné hmotnosti nad 8 t a 6500 ks nakladačů.

S našimi podmínkami srovnatelné úkoly a cíle v oblasti dopravy a manipulace mají i v NDR, jak dokumentuje tab. I. V obou státech je potřebné v oblasti zemědělské dopravy především zvýšit výkonnost, a to hlavně zvětšením podílu automobilové dopravy. Podobnost výrobních podmínek a řešených výzkumných úkolů se promítá i do formy mezinárodní vědeckotechnické spolupráce Výzkumného ústavu zemědělské techniky, Praha - Řepy s Forschungszentrum für Mechanisierung Schlieben/Bornim, Betriebsteil Meissen, která je od roku 1975 realizována v rámci Stálé pracovní skupiny pro zemědělství ve Společném hospodářském výboru ČSSR/NDR. Tato oboustranná vědeckotechnická spolupráce přináší jednak dělbu řešení výzkumných problematik, jednak společná řešení, při nichž koncentrace výzkumných potenciálů obou ústavů napomáhá rychleji dosáhnout vytčených cílů.

V poslední době je značná pozornost věnována nejen hledání nových řešení, ale i racionálnímu využívání dosavadní dopravní a manipulační techniky.

K prohloubení vzájemné informovanosti v této oblasti přispěla mezinárodní vědeckotechnická konference „Racionalizace dopravních, manipulačních a skladovacích procesů v zemědělství“, která se konala ve dnech 25. a 26. 3. 1982 v Lipsku za účasti odborníků z NDR, ČSSR, SSSR a MLR.

První den jednání byl společný pro všechny účastníky konference a byl věnován zásadním referátům zástupců centrálních řídicích orgánů NDR a referátům významných zahraničních hostů. Druhý den probíhala jednání ve třech pracovních sekcích, které byly tematicky zaměřeny na:

1. formování procesu dopravy a manipulace v zemědělství z hlediska celostátních a podnikových pohledů;
2. racionální aplikaci procesu dopravy a manipulace v technologických postupech rostlinné a živočišné výroby;
3. konstrukci racionalizačních prostředků pro dopravu a manipulaci.

Konferenci zahájil prof. H. Mainz, předseda sekce mechanizace zemědělství, lesnictví a potravinářství Kammer der Technik, který v úvodním projevu zdůraznil význam a úkoly oblasti dopravy a manipulace v zemědělství.

I. Porovnání objemu přepravy v roce 1980 (v mil. t)

Dopravce	ČSSR	NDR
Železnice	287	311
Veřejná silniční doprava	330	167
Zemědělská doprava	400	340

Zásadní projev v plenárním zasedání přednesl prof. K. Mührel, ředitel pobočky FZM Meissen, který připomněl objemy dopravy v zemědělství (tab. I) a technické možnosti, jak zabezpečit tuto dopravu, včetně výše předpokládaných dodávek dopravní a manipulační techniky do zemědělství. V procesu dopravy a manipulace je v NDR zapojeno 40 % všech pracujících v zemědělství a zemědělská doprava spotřebuje 45 % pohonných hmot, které jsou zemědělství k dispozici. Jedním ze základních úkolů zemědělství NDR je úspora 21 % motorové nafty vůči skutečnosti v roce 1980; předpokládá se, že převážná část bude ušetřena právě v oblasti dopravy a manipulace. Možnosti úspor vidí prof. Mührel ve zvýšení objemu sušiny při dopravě kejdy, v lepší organizaci dopravy, jako je např. důsledné užívání souprav automobilů s přívěsy, v technickém řešení dopravních prostředků, ve snížení objemu energeticky náročných technologií, v řešení nakládky a vykládky a v racionalizaci celého procesu dopravy, manipulace a skladování.

Ze zahraničních hostů vystoupil dr. A. Schibbanov, vedoucí oddělení dopravy Státního výboru pro zemědělství RS, který se zaměřil na metody využívání autoparku v zemědělství.

Za delegaci ČSSR promluvil ing. J. Fiala, DrSc., ředitel VÚZT Praha - Řepy a ing. E. Strouhal, CSc., z téhož pracoviště. Jejich referát shrnoval poznatky racionálního utváření procesu dopravy a manipulace v zemědělství ČSSR.

S praktickými poznatky vystoupili dále představitelé zemědělské praxe.

Druhý den jednání, které probíhalo v odborných sekcích, byl věnován výměně poznatků předních pracovníků výrobních a zemědělských podniků a výzkumných ústavů z NDR a dalších zahraničních hostů. Důraz byl kladen na hledání možností, jak racionálně řešit proces dopravy a manipulace v technologických linkách jednotlivých plodin, popř. při zajišťování potřeb živočišné výroby.

Přednesené referáty se zabývaly možnostmi přechodu na energeticky méně náročné technologie a zvýšení podílu automobilové dopravy ze současných 30 % na více než 40 % hmotnostního objemu zemědělské dopravy.

Velmi zajímavé byly příspěvky o jednotném systému objemových nástaveb pro dopravní prostředky, navrženém ve FZM Meissen, jehož realizace, která bude zahájena v roce 1983, přispěje ke snížení provozních nákladů o 15 %, ke zvýšení výkonnosti až o 40 % a ke snížení spotřeby pohonných hmot o 25 %. Efektivní výsledky se očekávají od zařízení k tahači K 700 pro naskladňování siláže a senáže do horizontálních žlabů. Jedno zařízení je schopno uskladnit za hodinu více než 150 t silážní kukuřice do skladovací výše až 6 m. Rovněž toto zařízení bude od roku 1983 vyráběno sériově.

Pro manipulační mechanizační práce v objektech živočišné výroby je připravován stájový traktor HT 140, který bude plnit úkoly nakládačů, energetického zdroje pro dávkovací krmné vozy, bude uklízet chodníky a hnojné chodby, zametat a bude pohánět různé speciální agregáty. Výroba by měla být zahájena v roce 1985. Zajímavé poznatky byly uvedeny v přehledu techniky pro sklizeň píce do obřích balíků.

Mnohé referáty seznámily s konkrétními efekty dosaženými při zavedení navržených realizačních opatření v zemědělských podnicích NDR. Racionalizační opatření se týkala i možnosti budovat provizorní zpevněné komunikace a skladovací místa tvořená rohožemi z pásů starých automobilních pneumatik.

Svým rozsahem a hloubkou, s jakou se o problémech jednalo, dal seminář mnohé podněty k dalšímu možnostem řešení problematiky zemědělské dopravy. Přednesené referáty pracovníků FZM Meissen a VÚZT Praha podtrhly důležitost a význam vědeckotechnické spolupráce obou ústavů při řešení společných úkolů. Touto spoluprací lze zkracovat etapy zemědělského výzkumu. Je jen třeba, aby společné výsledky našly rychlou realizaci v oblasti strojírenské výroby obou států.

Ing. Jiří Fiala, DrSc., ing. Zdeněk Mareš, CSc., ing. Oldřich Netík, CSc., ing. Emil Strouhal, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy

OBSAH

Za Janem Květoněm	705
Fiala J.: Vědecké práce Výzkumného ústavu zemědělské techniky v Praze - Řepich	706
Haš S.: Charakteristiky slunečních kolektorů pro ohřev vzduchu	707
Adamovský R.: Teplotní pole v půdě při kombinovaném vytápění zakryté pěstební plochy	721
Staněk Z., Ruml M., Rumlová L.: Elektrické vlastnosti rostlin jako indikovatelné prvky zemědělského předmětu pro potřeby automatizované soustavy řízení	733
Špelina M.: Výpočet zdůvodněné potřeby strojové techniky v zemědělském podniku	745

AKTUALITY

Fiala J., Mareš Z., Netík O., Strouhal E.: Mezinárodní konference o racionalizaci zemědělské dopravy v NDR	757
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Гаш С.: Характеристики солнечных коллекторов для обогрева воздуха	719
Адамовский Р.: Температурное поле в почве при комбинированном отоплении закрытой пашни	731
Станек З., Румл М., Румлова Л.: Электрические свойства растений в качестве определяемых элементов сельскохозяйственного предмета для нужд автоматизированной системы управления	743
Шпелина М.: Расчет обоснованной потребности в машинной технике в сельскохозяйственном предприятии	754

CONTENTS

Haš S.: Characteristics of Solar Collectors for Air Heating	719
Adamovský R.: The Temperature Field of the Soil in a Plastic Greenhouse with a Combined Heating System	731
Staněk Z., Ruml M., Rumlová L.: The Electric Properties of Plants as Elements of an Agricultural Object Indicated for the Purposes of a Management Information System	744
Špelina M.: Calculation of Justified Requirement for Machines in an Agricultural Enterprise	755

INHALT

Haš S.: Die Kennlinien der Sonnenkollektoren für die Lufterwärmung	719
Adamovský R.: Das Temperaturfeld im Boden bei einer kombinierten Heizung einer bedeckten Anbaufläche	732
Staněk Z., Ruml M., Rumlová L.: Elektrische Eigenschaften der Pflanzen als Anzeigerelemente des landwirtschaftlichen Objektes für den Bedarf des automatisierten Systems der Leitung	744
Špelina M.: Die Berechnung der begründeten Bedarfes an Maschinenteknik in einem landwirtschaftlichen Betrieb	755

Rukopisy odevzdány k tisku 27. 8. 1982 — Podepsáno k tisku 3. 11. 1982



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, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2.